エジプト・アラブ共和国
水資源灌漑省

エジプト・アラブ共和国
灌漑水資源管理改善事業準備調査

ファイナル・レポート
（先行公開版）

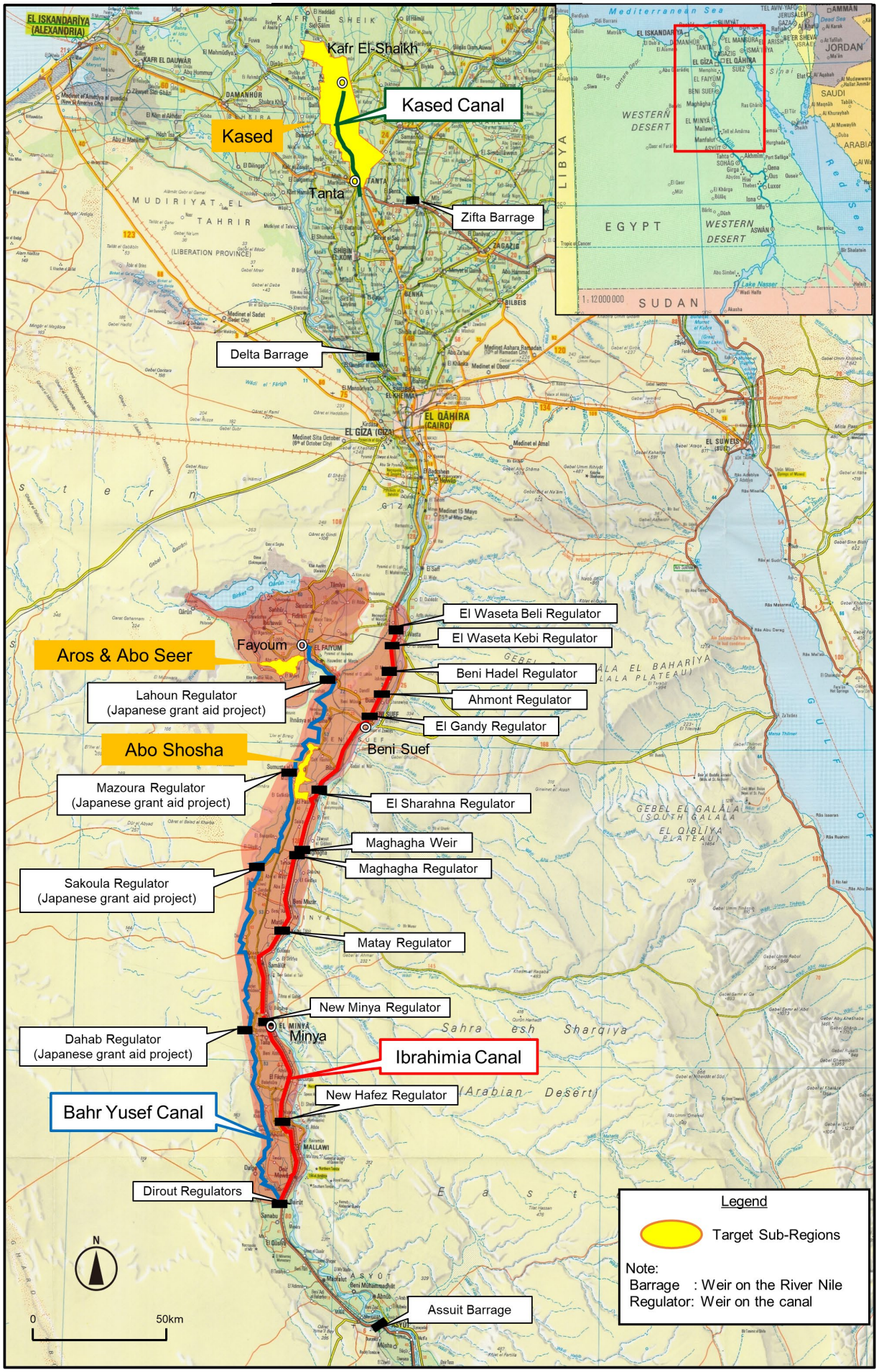
2023 年 9 月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社　三祐コンサルタンツ

中欧
JR(P)
23-013

調査対象地域位置図


Kafr El-Shaikh
Kased Canal
Kased
Tanta
Zifta Barrage
Delta Barrage
El Waseta Beli Regulator
El Waseta Kebi Regulator
Aros & Abo Seer
Fayoum
Beni Hadel Regulator
Lahoun Regulator
(Japanese grant aid project)
Ahmont Regulator
El Gandy Regulator
Abo Shosha
Beni Suef
Mazoura Regulator
(Japanese grant aid project)
El Sharahna Regulator
Maghagha Weir
Maghagha Regulator
Sakoula Regulator
(Japanese grant aid project)
Matay Regulator
New Minya Regulator
Minya
Dahab Regulator
(Japanese grant aid project)
Ibrahimia Canal
New Hafez Regulator
Bahr Yusef Canal
Dirout Regulators
Assuit Barrage
Legend
Target Sub-Regions
Note:
Barrage : Weir on the River Nile
Regulator: Weir on the canal
0
50km
N

要　約

序論

0.1　本報告書は、「エジプト国灌漑水資源管理改善事業」の準備調査にて作成した最終報告書（案）である。本報告書は、一連の関連資料のレビューと現地調査によって得られた主要な結果を示し、その結果に基づいて、新しい水理構造物の建設、水理構造物の改修、大規模水路のライニング、維持管理用機材の調達、近代的な圃場灌漑の導入など、プロジェクトのコンポーネントを提示している。さらに、事業費の積算、プロジェクト評価、環境・社会配慮等についても記述している。

1. プロジェクトの背景、目標、調査枠組み等

1.1　エジプトは、年平均降水量が 51mm しかない極端に雨の少ない国である。ナイル川はエジプトの水資源の 90%以上を占めているが、その流量は国際協定により年間 555 億 cum に規制されている。エジプトでは、近年の急激な人口増加（2008 年から 2017 年まで年平均 2.04%増）や農地の拡大により、水需要が増加している。その結果、同国の一人当たりの年間水資源量は 720cum（2017 年）となり、水不足の目安とされる 1,000cum を大きく下回っている。

1.2　エジプトの水消費量の約 95%は農業分野が占めており（National Water Resources Plan 2037）、農業における水資源の有効活用は喫緊の課題となっている。これまでエジプト政府は、主に幹線水路上に位置する調整堰の建設や改修を通じて、適切な水分配の実現に努めてきた。また、日本の ODA も同取り組みを支援している。しかし、同国の灌漑用水路網は非常に長く、基幹水路から末端水路まで灌漑施設が老朽化していることや、用水路内の土砂堆積等により、灌漑システム全体の配水管理や農地への必要水量の供給が困難になっている。

1.3　以上を背景として、2016 年 8 月、エジプト政府は日本政府に対し、上エジプト、また中央デルタに位置する対象地域の農業生産の改善と住民の所得・生活水準の向上を目的とした「灌漑水資源管理改善事業」の支援を要請した。この要請を受け、JICA は 2018 年 11 月 22 日にエジプト政府と「灌漑水資源管理改善事業」の準備調査の枠組みに関する議事録（MD）に合意・署名した。議事録に基づき、本準備調査が 2021 年 7 月に正式に開始された。

1.4　本事業「灌漑水資源管理改善事業」の目的は、対象地域の農地に平等な配水を実現し、農産物の生産性向上を通じて住民の生活水準の向上に寄与することである。この目的を達成するため、本準備調査では、本事業の目的、概要、事業内容、事業費、実施スケジュール、実施方法（調達・建設）、事業実施体制、運営・維持管理体制、環境・社会配慮等の調査を行い、日本の資金による ODA 融資事業として実施するための評価を行う。

1.5　本事業および準備調査の対象地域は、上エジプトおよび中央ナイルデルタの以下の地域である。

- ✓ 上エジプト：Bahr Yusef 基幹水路（約 313km）と Ibrahimia 基幹水路（約 256km）掛かりの灌漑地区
- ✓ 中央デルタ：Gharbia 県と Kafr El Sheik 県に広がる Kased 幹線水路（34km）掛かりの灌漑地区

1.6　上記の事業対象地域の中で、3 つの優先地区（priority sub-region）が水資源灌漑省によって選定されている。ここでいう地区（sub-region）とは、基幹水路あるいは幹線水路、そしてそれ以

降の支線水路や Meska[1]、また圃場内水路（Marwa）や灌漑圃場から構成される一連の灌漑水を受ける灌漑地区を意味している。事業対象地域には、Bahr Yusef 掛かりにて 31 地区（sub-region）、Ibrahimia 掛かりにて 48 地区、また Kased 地区はそれ自体が灌漑地区（sub-region）となっている。これら 80 の灌漑地区から以下の 3 つの優先地区が選択されており、これらは FS の対象地区となる。

- ✓ Abo Shosha 地区：Beni Suef 県に位置している Ibrahimia 基幹水路掛かり
- ✓ Aros & Abo Seer 地区：Fayoum 県に位置している Bahr Yusef 基幹水路掛かり
- ✓ Kased 地区：中央デルタ内の Gharbia 県に位置している Kased 幹線水路掛かり

2. エジプト国農業における機会と課題

2.1 エジプトの水資源は、1）淡水と 2）再生水からなり、前者はナイル河川水を主とし、他に地下水、雨水・洪水、後者は農業排水、下水、海水淡水化等で構成される。2015/16 年現在、エジプトの水資源全体に占める再生水の割合は 17%にのぼる。淡水では、よく知られているように、ナイル河川水が最も多く、約 88%の年間 55.5BCM を占めている。再生水については、農業排水が主で、再生水全体の 90%を占めている（Statistical Yearbook 2019）。

2.2 水資源の消費面では、農業が他部門よりはるかに多くの水を使用している。農業は全使用量の 80%以上を消費しているのに対し、飲料・保健部門では 12～14%、工業部門ではわずか 1.6%、ロスはわずか 3%程度である。実際、水の総使用量は年間約 73～76BCM であるのに対し、年間利用可能な淡水の総量は約 63BCM に過ぎない。このことは、エジプトの水収支が再生水の利用によって保たれていることを意味しており、その割合は現在 17%に達している（2015/16 年時点、National Water Resources Plan 2037）。

2.3 エジプトでは、水資源の利用可能性と将来の水利用を予測する研究が行われており、これは国家水資源計画（NWRP）に反映されている。NWRP では、2015 年を基準年として、2037 年までの水の利用可能量と利用量を予測している。それによると、ベースとなる水需要量 80.25BCM は、2037 年には 88.95BCM に増加する。この NWRP の推定とは別に、Statistical Yearbook（2018 年）では、同じ基準年 2015 年の水利用量を 76.25BCM（NWRP37 のものより 4BCM 少ない）と推定しており、こちらも 2037 年に向けて比例的に増加することが見込まれている。

2.4 NWRP では、エジプトにおける将来の農業用水の利用可能量について、いくつかの条件下で簡単なシミュレーションを試みている。農業以外の用途が優先される条件、すなわち、農業以外の水配分を優先し、残りの水量を農業部門に割り当てるという条件では、農業部門に利用できる水は 2015 年の 57.10BCM から 2037 年には 53.30BCM に減少する。このように減少した水量で同じ面積、同じ作物を栽培するためには、NWRP2037 に示された数値によれば、2037 年には灌漑効率を 14.24%も向上させる必要がある。

2.5 2022 年現在、エジプトでは灌漑・農業開発に関連する 2 つの全国規模の事業が進行中である。一つは、主に二次水路にコンクリートライニングを導入するもので、もう一つは、粘土やシルト質の土壌が多い旧耕地に近代的な圃場灌漑を導入するものである。前者のコンクリートライニングの導入は 2020 年に開始され、2024 年までの 4 年間で全国合計 20,000km の二次水路に導入することが目標となっている。また、後者においては、約 400 万 feddan の広大な旧耕地に近代的

[1] Meska（メスカ）とは支線水路から配水を受ける最末端の水路であるが、支線水路までが政府（MWRI）管理の対象であるのに対し、Meska 以降は農民による管理対象、また農民の資産である。Meska はエジプトの他の水路と同じく圃場面より低く設置されている。

な農地灌漑を導入する予定である。

3.　事業対象地域の概要

3.1　事業対象地域の特徴

3.1　　事業対象地域は、ナイル河谷とナイルデルタに属している。Bahr Yusef と Ibrahimia 基幹水路掛かりの灌漑地域は、カイロ手前のナイル川上流に形成された河川渓谷に住む人々が生活する地域である。ナイルデルタは東西 240 km に亘るが、西の Rosetta 支流と東の Damietta 支流に挟まれる地域が中央デルタと呼ばれる。Gharbia 県と Kafr El Sheik 県に位置する Kased 幹線水路の灌漑地区は、この中央デルタに位置している。

3.2　　年間 555 億 cum のうち、50 億 cum が Bahr Yusef 基幹水路に、36 億 cum が Ibrahimia 基幹水路に割り当てられている（出典 : NWRP 2017）。Bahr Yusef 基幹水路は、その末端において Fayum 県の農地を灌漑するが、50 億 cum のうち、上工水用の 2 億 cum を含む 26 億 cum が Fayoum 県には割り当てられている。一方、Kased 幹線水路は、定期的な流量記録はないが、年間 6 億 cum の取水があると推定されている。

3.3　　エジプトの農村は、人口の集中する母村とその周辺に散在する小集落からなる。優先地区である Abo Shosha 地区、Aros & Abo Seer 地区および Kased 地区に関する村の数は、各々14 村、10 村および 34 村となる。Abo Shosha 地区、Aros & Abo Seer 地区、Kased 地区の農地所有者数はそれぞれ 17,032 世帯、11,324 世帯、39,056 世帯で、1 世帯あたりの平均土地保有面積はそれぞれ 1.08 fed/HH、1.30 fed/HH、0.82 fed/HH と小さい。

3.4　　受益世帯数は、各優先地区における灌漑面積と、各優先地区における一世帯あたりの平均農地から推定される。Abo Shosha 地区、Aros & Abo Seer 地区、Kased 地区の受益世帯数は、それぞれ 16,600 戸、10,300 戸、117,000 戸であり、3 つの優先地区における合計は 143,900 世帯である。JICA 調査団が実施した農家経済調査の各優先地区における平均世帯人数を用いると、Abo Shosha 地区、Aros & Abo Seer 地区、Kased 地区の受益者数は、それぞれ 101,260 人、58,710 人、538,200 人と見積もられる。3 つの優先地区での受益者数の合計は 698,170 人と推計される。

表 3.1 事業対象地域における受益者数の推計

Sub-region	Service Area (fed) (a)	Ave. Landholding (fed/HH) (b)	No. of Households (c)=a/b	Ave. No. per Household (d)	Estimated Beneficiaries (e)=cxd
Abo Shosha	17,881	1.08	16,600	6.1	101,260
Aros & Abo Seer	13,330	1.30	10,300	5.7	58,710
Kased	95,976	0.82	117,000	4.6	538,200
Total	**127,187**	**0.88**	**143,900**	**4.9**	**698,170**

出典：MALR および JICA 調査団

3.2　事業対象地域の灌漑システム

3.5　　上エジプトにおける本事業の開始地点である Dirout 堰群は、ナイル川の Assuit 堰地点にある Ibrahimia 取水工を水源としている。Assuit 堰の Ibrahimia 取水工は 2018 年に KfW の資金で改修されており、Dirout 堰群は円借款プロジェクトで改修中であり、2025 年ごろに完工する予定である。Bahr Yusef 基幹水路に設置された 4 つの調整堰については、すでに日本の無償資金協力により更新を完了しているが、Ibrahimia 基幹水路に設置されている 8 つの調整堰については、現在まで大規模なリハビリは行われていない。

3.6　　Bahr Yusef 基幹水路は、ナイル川から分岐した自然河川を利用したものであり、大きく蛇

行した土水路である。水路の総延長は約 313km で、総面積約 582,000 feddan（245,000ha）の農地を灌漑している（衛星画像解析による検出面積）。Bahr Yusef 基幹水路掛かりの灌漑水は、同基幹水路および幹線水路では 24 時間通水であり、それ以降の水路では輪番制が適用されている。Bahr Yusef 基幹水路で運ばれた灌漑用水は、最終的には排水路を通って Fayoum 県内の Qarun 湖や Rayan 湖に流出する。

3.7 Ibrahimia 基幹水路は 1873 年に完成した人工水路で、総延長 350km（うち Dirout 堰群下流は 256km）と世界最長の水路の一つである。この水路は、Minya 県と Beni Suef 県の 2 県にまたがる約 479,000 feddan（202,000ha）の広大な地域を灌漑している（衛星解析による検出面積）。Ibrahimia 基幹水路に設置されている調整堰は 8 基で、過去 20 年間に大規模な改修は行われていない。調整堰と取水施設の数は、Bahr Yusef 幹線水路の約 2 倍であり、受益地区をより小さく分割して灌漑している。

3.8 上エジプトの対象地域に加え、中央デルタの Kased 幹線水路掛かりの灌漑地区が対象地域となっている。Kased 幹線水路は、El Rayah Monofy 水路から分水した Tanta 船運水路を水源としている。Kased 幹線水路の長さは約 42km、支線水路は全部で 263km あり、灌漑面積は約 96,000 feddan（約 40,000ha）である。現在、Kased 灌漑システムの取水地点には取水施設がないため、Tanta 船運水路から自然分水がなされている。

3.9 本調査では、FS を実施するために、前述のように 3 つの優先地区が選定されている。2021 年 7 月 13 日に開催された第 1 回運営委員会（キックオフミーティング）では、上エジプト地域から Fayoum 県の Aros & Abo Seer 地区、Beni Suef 県の Abo Shosha 地区、また中央デルタから Kased 地区が選定された。これらの優先地区では、それぞれ約 18,000feddan、13,000feddan、96,000feddan の純灌漑面積となる。

3.3 事業対象地域の現況灌漑効率

3.10 Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路上には、両基幹水路の始点部を含み調整堰が設置されている。ここで、作付パターンや実際の作付・収穫された面積があれば、水資源灌漑省が所有する標準的な作物消費水量表を参照して、それら作物の消費水量の算定が可能となる。流量データと作物別の消費水量を比較することで、灌漑効率を算定することができる。この方法は、現状において最も精度の高い灌漑効率が算定されると考えられる。

3.11 作付けパターン、すなわち作物の種類とそれらが作付けされた時期を把握するために、毎年発行される農業土地開拓省の農業統計（冬作物、夏作物、ナイル作物）データを参照する。実際の作付面積は、Sentinel-2 データを用いた 2017/18 から 2019/20 の近年の衛星画像解析により推定する。水資源灌漑省で使用されている標準的な作物ごとの水消費量表により、月ごと・作物ごとの単位面積当たりの作物による水消費量を求める。

3.12 上記の手順で、排水の再利用を考慮しない淡水に対する灌漑効率は、年平均（2 月から 12 月の平均）で Bahr Yusef 基幹水路、Ibrahimia 基幹水路、Bahr Yusef と Ibrahimia 基幹水路全体で、0.560、0.577、0.567 となった。また、最も灌漑効率が高くなる 6 月から 8 月までの夏期の灌漑効率は、Bahr Yusef、Ibrahimia、Bahr Yusef と Ibrahimia 全体でそれぞれ 0.692、0.721、0.705 となった。

3.13 排水の再利用を考慮した場合、灌漑効率は年平均（2～12 月の平均、なお 1 月は停止期間）で Bahr Yusef、Ibrahimia、Bahr Yusef と Ibrahimia 全体でそれぞれ 0.505、0.522、0.510 となる。ま

た、最も灌漑効率が高くなる 6～8 月の夏期の灌漑効率は、Bahr Yusef、Ibrahimia、Bahr Yusef と Ibrahimia 全体でそれぞれ 0.515、0.547、0.548 となった。排水の再利用を考慮すると、作物に利用可能な水量が増えるため、真水のみを対象とした場合よりも効率が低くなることに留意されたい。

3.4　事業対象地域の農業

3.14　Bahr Yousef 基幹水路、Ibrahimia 基幹水路、Kased 幹線水路の旧耕地の作付率はそれぞれ 196%、200%と高い水準に達している。ナイル川流域とデルタ地帯の土壌は、"Legend of the Soil Map of the World" (UNESCO, 1974) によると、石灰質土壌である Calcaric Fluvisols (Jc) に分類され、これが地表から少なくとも 20～50cm のところに存在する農業に適した土壌となっている。なお、ナイルデルタの北部では塩害が問題になっており、塩分を排出するために稲作が行われてきた。

3.15　Bahr Yousef 基幹水路や Ibrahimia 基幹水路が位置する上エジプトでは、夏期の主要作物はメイズで、コメはほとんど栽培されていない。冬期の主要作物は小麦とベルシーム（牧草の一種）である。Kased 幹線水路のある中央ナイルデルタでは、夏季の主要作物はコメである。特に、Kased 幹線水路の下流域に位置する Kafr El Sheikh 県は、エジプトで最もコメを生産する県である。しかしながら、全国的な水不足により、2022 年現在、Kased 地区内の稲作はわずか 10%に規制されている。

3.16　作物の流通に関しては、農家は仲買人を通じて、あるいは倉庫や貯蔵庫を備えた農業銀行（ABE）の村支所に収穫物を自分で出荷している。各県には冷蔵倉庫やニンニク、タマネギ農産加工施設もある。輸出に関しては、まず仲買人が農家から商品を選別して仕入れ、農産物加工会社や輸出業者に販売している。広く流通する作物には、ブドウ（生）、ザクロ（生）、ニンニク（生）、タマネギ（乾燥粉末）などが含まれる。

3.17　農業普及員の高齢化は、農業普及サービスにおける大きな課題である。農業普及員は、知識や技術を長年の業務経験や研修の受講から蓄積しているが、これらの資産が普及員の定年によって農村地域から失われつつある。近代圃場灌漑の導入促進には農業普及員の役割は不可欠である。2021 年 5 月に国会で承認された水資源法では、農業協同組合に MWRI の技術支援を受けながら Meska 改善と近代灌漑を指導する役割が与えられている。

3.5　衛星画像解析による作付面積の推移

3.18　JICA 調査団は、実際の作付面積（灌漑面積）の経年変化を知るために、衛星画像解析を実施した。分析対象期間は、2000 年から 2020 年までの 21 年間である。分析対象は、Assuit 堰以降の Bahr Yusef と Ibrahimia 基幹水路掛かりの灌漑地区全体であり、流量データのある堰によって定義される灌漑セクションの作付け（灌漑）面積を評価している。解析では、農業年を冬期の作付期と夏期・ナイル期の作付期の 2 つに分けた。

3.19　Bahr Yusef 基幹水路掛かりでは、Dirout 堰群と Sakoula 調整堰の区間、Sakoula 調整堰と Lahoun 調整堰の区間、Hassan Wasef の区間で、21 年間に冬期と夏/ナイル期の総作付面積が増加している。Ibrahimia 基幹水路掛かりでは、Dirout 堰群と Maghagha 堰の区間と、Maghagha 堰と El Wasta の区間の 2 つの灌漑セクションの作付面積が冬期と夏/ナイル期に減少している。また、Kased 地区の作付面積は、21 年間で両作付期とも減少していることが示された。

3.20　MALR の農業統計と衛星画像解析の結果を比較した結果、次のことが明らかになった；① Kahr El Shaikh 県と Gharbia 県では、統計上の作付面積の減少が解析では観察されない年がある。② Beni Suef 県では、夏/ナイル作物の面積に分析との間で約 5 万から 20 万 feddan の差がある。

③ Fayoum 県では、冬作物の面積に大きな差異がある。④ Minia 県の冬/夏/ナイル作物の面積は統計データが年によって変動しているが、解析ではこれが観察されなかった。

3.6　農民の近代圃場灌漑導入に係る意向

3.21　農民の近代圃場灌漑施設に対する認識や導入に対する意見は、聞き取り調査および環境社会配慮の一環として実施したステークホルダー協議によって得られた。聞き取り調査によると、3 つの優先地区の平均で、サンプル世帯の 64%がドリップ灌漑について知っていた。スプリンクラー灌漑については、平均で 43%の世帯が知っており、ドリップシステムより少なかった。ほとんどの世帯が、砂漠の新規開拓農地で実際に行われている最新の灌漑システムを知っており、新規開拓農地ではドリップ灌漑がより実践的であることが認識されている。

3.22　本調査では、「ドリップ灌漑システムのコストが 42,900～57,000 LE/ha（約 18,000～24,000LE/fed）であれば、導入したいと思うか」との質問を行った。その結果、約 9 割の農家が「いいえ」と回答した。この「いいえ」の理由で最も多かった理由は、ドリップ灌漑システムのコストが高いことで、「いいえ」と回答した 9 割の回答者のうち 73%を占めている。スプリンクラー灌漑システムについても、「スプリンクラー灌漑システムのコストが 42,900～57,000 LE/ha（約 18,000～24,000LE/fed）であれば、導入したいですか」と質問を行った。その結果、ドリップ灌漑と同様に 96%の農家が「いいえ」と回答し、その理由として「コストが高い」が最も多く、「いいえ」と回答した 96%のうち 64%を占めている。

3.23　ステークホルダー協議の結果によると、近代圃場灌漑施設の導入に対するモチベーションは、優先地域によって異なることがわかった。農地灌漑の導入に最も前向きなのはデルタの Kased（Gharbia 県）、次いで Abo Shosha（Beni Suef 県）、最も保守的なのは Aros & Abo Seer（Fayoum 県）であった。会議で最も多く挙げられた要望として、近代的な灌漑技術を適用して成功した事例を示すために、展示圃場の設置が必要であることが挙げられた。これは、多くの農家が新規開拓農地で成功した事例を見聞きしたことはあっても、旧農地で成功した事例にふれることがほとんどないためである。

4.　事業計画の策定

4.1　受益面積の確定と目標灌漑効率の設定

4.1　上エジプトの対象地域は、Bahr Yusef と Ibrahimia の 2 つの基幹水路と、Beni Suef 県に位置する Abo Shosha 地区、また Fayoum 県内の Aros & Abo Seer 地区といった優先灌漑地区である。中央デルタの対象地域は Kased 地区であり、その受益地は Gharbia 県と Kafr El Sheik 県に跨がる。以下の表は、事業対象地域の特徴をまとめたものである。

表 4.1 事業対象地区の概要(Bahr Yusef 基幹水路、Ibrahimia 基幹水路)

General	Bahr Yusef	Ibrahimia	Remarks
Service Area (by MWRI) *	778,102 feddan (326,803 ha)	669,072 feddan (281,010 ha)	Only Minya, Beni Suef, and Fayoum, excluding Giza
	1,447,174 feddan (607,813 ha)		
Service Area (Net, by satellite)	582,298 feddan (244,565 ha)	479,828 feddan (201,528 ha)	
	1,062,126 feddan (446,093 ha)		
Design Discharge	227 m^3/s	186 m^3/s	Provided by MWRI
Unit Design Discharge	0.3898 l/s/F (0.928 /ha)	0.3876 l/s/F (0.923 /ha)	
Water Allocated (Annual Total)	5,000 MCM	3,600 MCM	From NWRP2017
Water Allocated (Annual, Irrigation)	approx. 4,600MCM	approx. 3,312 MCM	92%** of total assumed
Water Allocated (cm for Irrigation)	188 cm/ annual	164 cm/annual	Divided by Net SA
Drainage W. for Qarun & Rayan	500 MCM	－	Per annum

Facilities			
Total Length of the Canal	313 km	256 km ***	
Nos of Regulators on the Canal	4	8	
Nos of Feeding Pump Stations	14	None	
Farmers			
Nos of Beneficiary Farmer Households	892,543		Divided by A. farmland
Nos of Beneficiary Population	5,265,750		HH members: 5.9****
Estimated Average Farmland****	1.19 feddan (0.50 ha)		Ave of B. Suef&Fayoum

出典：MWRI、General Directorates of Beni Suef, Fayoum, Gharbia、衛星データ
備考：＊ 当該面積は水資源灌漑省から提供された値であるが、衛星画像解析より求めた作付面積を大きく上回るため、以降の計画策定には用いない。
** 生活用水と工業用水は Bahr Yusef 水路と Ibrahimia 水路によって Minya、Beni Suef、Fayoum の 3 県に供給されており、その割合は約 8%と灌漑局から報告されている。
*** Ibrahimia 基幹水路はダイリュート堰より上流部に延伸しているが、ここではダイリュート堰以降の延長のみ示す。
**** 農家経済調査結果で得られた Abo Shosha と Aros&Abo Seer の世帯あたり平均の構成員数（表 3.9.3 参照）。
***** Agriculture Directorate(Cooperative)から共有された平均の農地面積。

表 4.2 事業対象地区の概要(3 優先地区)

Abo Shosa, Beni Suef Governorate	Indicators		Remarks
Service Area (by MWRI) *	19,870 feddan (8,345 ha)		
Service Area (Net, by satellite)	17,881 feddan (7,510 ha)		
Total Length of Main Canal (Nos)	34.4 km (1)		
Total Length & Nos of Branch Canals (Nos)	53.27 km (20)		Excl. Sub-branches
Nos of Farmer Households	16,600		Divided by A. farmland
Nos of Population	101,260		HH members: 6.1**
Estimated Average Farmland	1.08 feddan		Cooperative data
Aros & Abo Seer, Faiyum Governorate	Aros	Abo Sheer	Remarks
Service Area (by MWRI)	13,565 feddan (5,697 ha)		
Service Area (Net, by satellite)	13,330 feddan (5,599 ha)		
Total Length of Main Canal (Nos)	9.8 km (1)	3.5 km (1)	
Total Length of Branches (Nos)	40.4 km (4)	6.4 km (3)	Incl. sub-branches
Nos of Beneficiary Farmer Households	10,300		Divided by A. farmland
Nos of Beneficiary Population	58,710		HH members: 5.7**
Estimated Average Farmland	1.3 feddan		Cooperative data
Kased, Gharbia & Kafr El Sheik Governorates	Indicators		Remarks
Service Area (by MWRI)	95,461 feddan (40,094 ha)		
Service Area (Net, by satellite)	95,976 feddan (40,310 ha)		
Total Length of Main Canal (Nos)	42.2 km (1)		
Total Length of Branch Canals (Nos)	262.9 km (46)		Excl. Sub-branches
Nos of Beneficiary Farmer Households	117,000		Divided by A. farmland
Nos of Beneficiary Population	538,200		HH members: 4.6**
Estimated Average Farmland	0.82 feddan (based on Koror data)		Cooperative data
Total of 3 Sub-regions			
Service Area (by MWRI) *	128,896 feddan (54,136 ha)		
Service Area (Net, by satellite)	127,187 feddan (53,419 ha)		
Total Length of Main Canal (Nos)	89.9 km		
Total Length of Branch Canals (Nos)	362.97 km		Excl. Sub-branches
Nos of Beneficiary Farmer Households	143,900		Divided by A. farmland
Nos of Beneficiary Population	698,170		HH members: 4.9**
Estimated Average Farmland***	0.88 feddan		Cooperative data

出典：MWRI、General Directorates of Beni Suef, Fayoum, Gharbia、衛星データ
備考：＊ 当該面積は水資源灌漑省から提供された値であるが、衛星画像解析より求めた作付面積を上回る場合が多いため、以降の計画策定には用いない。 ** 農家経済調査結果で得られた世帯あたり平均の構成員数（表 3.9.3 参照）。 *** Agriculture Directorate(Cooperative)から共有された平均の農地面積。

4.2　事業の計画・設計において重要な点は、施設のリハビリ/再建設および、近代的な圃場灌漑の導入により達成される灌漑効率のレベルである。通常、全体の総合灌漑効率は、1）搬送効率、2）配水効率、そして 3）圃場適用効率の 3 つの効率を乗じて算出される。

4.3　各条件下での総合灌漑効率の推定値と現在の灌漑効率からの増加分の検討を下表にて行なった。表中のケース A～D は、搬送効率と配水効率の検討ケースである。一方、圃場灌漑効率の

改善については、現状を含めて計 6 ケース（ケース 1～6）を設定した。以下は、搬送・配水効率と圃場灌漑効率を変化させた場合の総合灌漑効率の算出結果である。

1) 現在実施中の支線水路のライニング工事を考慮して配水効率を 5%向上させた場合、近代的圃場灌漑を 40%の面積に導入すれば、灌漑効率の目標値である 14%の達成は可能である（ケース B-3）。エジプト政府は大規模水路を除くほぼ全ての支線水路にコンクリートライニングを実施する予定である。一方、近代的圃場灌漑施設の導入につき農家の合意取得に時間を要する可能性もあることから、JICA 調査団は、このシナリオ（ケース B-3）を推奨する。

2) 配水効率を最大 95%（8%増）に引き上げ、さらに政府の意向である近代的な圃場灌漑施設をデルタの北部地域を除く全域に導入した場合（ケース C-6）、灌漑効率は最大 32%ほど増加する可能性がある。このシナリオは、エジプト国において長期的には理想的な目標であるといえる。

3) ケース C に加えて、ケース D では搬送効率が 5%向上する。この場合、基幹水路と幹線水路もコンクリートライニングが必要となる。灌漑効率の増加は、ケース C のものからそれほど大きくはなく、例えば 32.2%から 38.8%といったように増加は 6.6%に過ぎない。連続流で運用される幹線水路にコンクリートライニングを施すことは、困難な工事となりコスト増にもつながる。したがい、JICA 調査団は、このような連続通水する水路へのコンクリートライニングの導入は推奨しない。

表 4.3 目標灌漑効率の設定

	Category	Efficiency Current	Increment	Efficiency Improved	On-farm & Overall	On-farm Efficiency	Cases and Shares by On-farm Irrigation Method					
							Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
Case A	Conveyance	0.90	0%	0.90	Surface	0.70	100%	80%	60%	40%	20%	0%
	Distribution	0.88	0%	0.88	Sprinkler	0.80	0%	10%	20%	30%	40%	50%
					Drip	0.90	0%	10%	20%	30%	40%	50%
					On-farm E.	-	0.70	0.73	0.76	0.79	0.82	0.85
	Effi. before On-farm	**0.79**		**0.79**	Overall E.	-	0.55	0.58	0.60	0.63	0.65	0.67
	Increment					-	0.0%	5.1%	9.4%	13.8%	18.1%	22.4%
Case B	Conveyance	0.90	0%	0.90	Surface	0.70	100%	80%	**60%**	40%	20%	0%
	Distribution	0.88	**5%**	0.92	Sprinkler	0.80	0%	10%	**20%**	30%	40%	50%
					Drip	0.90	0%	10%	**20%**	30%	40%	50%
					On-farm E.	-	0.70	0.73	**0.76**	0.79	0.82	0.85
	Effi. before On-farm	**0.79**		**0.83**	Overall E.	-	0.58	0.61	**0.63**	0.66	0.68	0.71
	Increment					-	5.8%	10.4%	**14.9%**	-	24.0%	28.5%
Case C	Conveyance	0.90	0%	0.90	Surface	0.70	100%	80%	60%	40%	20%	**0%**
	Distribution	0.88	**8%**	0.95	Sprinkler	0.80	0%	10%	20%	30%	40%	**50%**
					Drip	0.90	0%	10%	20%	30%	40%	**50%**
					On-farm E.	-	0.70	0.73	0.76	0.79	0.82	**0.85**
	Effi. before On-farm	**0.79**		**0.86**	Overall E.	-	0.60	0.62	0.65	0.68	0.70	**0.73**
	Increment					-	8.9%	13.5%	18.2%	-	27.5%	**32.2%**
Case D	Conveyance	0.90	**5%**	0.95	Surface	0.70	100%	80%	60%	40%	20%	**0%**
	Distribution	0.88	**8%**	0.95	Sprinkler	0.80	0%	10%	20%	30%	40%	**50%**
					Drip	0.90	0%	10%	20%	30%	40%	**50%**
					On-farm E.	-	0.70	0.73	0.76	0.79	0.82	**0.85**
	Effi. before On-farm	**0.79**		**0.90**	Overall E.	-	0.63	0.66	0.68	0.71	0.74	**0.76**
	Increment					-	14.3%	19.2%	24.1%	-	33.9%	**38.8%**

出典：JICA 調査団

4.2 大型水理構造物の建設（コンポーネント 1）

4.4　既存の水理構造物について一連の現地調査を実施し、その結果、S1 と評価された施設は再建設が必要、また S2 と評価された施設はリハビリや改修が必要と判断した。S1 と評価された構造物の内、Kased 幹線水路に建設されている Mahlet Menouf 調整堰（19.33KM）、および Sorad 調整堰（30.36KM）は施設規模が大型である。また、Kased 幹線水路の取水口には水理構造物がないため、適切な水の取水が困難となっている。

4.5　以上を踏まえ、Kased 取水工、新 Mahalet Menouf 調整堰、新 Sorad 調整堰の 3 つの水理構造

物について、施設レイアウトと構造仕様を検討した。3 つの調整堰の基礎は、Kased 取水工では基礎杭を選択し、新 Mahlet Menouf 調整堰と新 Sorad 調整堰は地盤改良を選定した。ゲート形式は、メンテナンス性、修繕のし易さ、製造コストなどの観点から、エジプトの一般的な形式である Fahmy Henen ゲートを 3 つの調整堰に適用することとしエジプト側と合意した。計画される 3 つの構造物の主要寸法は以下の通りである。

表 4.4　各調整堰の堰標高、堰幅等の仕様

Regulator's name		Regulator basement	Design water level	Pier clearance	Extra height for F.H. gate	Pier head level U/S (Height)	Pier head level D/S (Height)	Gate Vents width (numbers)	Entire width of regulator (Between abutments)
Kased Intake	Kased C.	EL 5.70m	EL 9.70m	0.50m	0.50m	EL 10.70m (5.00m)	EL 10.20m (4.50m)	3.0m (4vents)	15.0m
	Tanata N. C	EL 5.70m	EL 9.70m			EL 10.70m (5.00m)	EL 10.20m (4.50m)	3.0m (4vents) +11.0m (one Nav. Lock)	7.0m
New Mahlet Menouf		EL 4.00m	EL 7.10m			EL 8.10m (4.10m)	EL 7.60m (3.60m)	3.0m (4vents)	15.0m
New Sorad		EL 3.10m	EL 5.60m			EL 6.60m (3.50m)	EL 6.10m (3.10m)	3.0m (4vents)	15.0m

出典：JICA 調査団

4.3　小規模水理構造物の建設、水理構造物のリハビリ（コンポーネント 2、3）

4.6　対象地域の水理構造物の再建･修復を明確にするため､JICA 調査団は､Bahr Yusef と Ibrahimia 基幹水路、および優先度の高い 3 地区において、建設・設置された水理構造物を調査した。調査は 2 段階で行われ、第 1 段階は構造物全体の機能性に焦点を当て、S1（最も機能状況が低い）から S5（ほとんど問題がない）までのランクを付け、第 2 段階は物理的な状態に焦点を当て、損傷が激しい構造物については S1、S2 といった再建やリハビリが必要なレベル付けを行った。

4.7　1 段階目の構造物調査結果より、S1 ランク施設は水理機能を回復させるために最も優先的に再建されるべきであり、これは調査対象の灌漑施設 560 のうち 39 施設、すなわち 7%を占めていることが判った。S2 ランクの施設は、2 番目に高い優先度であり、概ね補修によって対応可能である。2 段階目調査では、S1、S2 構造物のみを現場で調査し、灌漑局の最終判断を含めた再評価を行った。最終的な評価ランクは以下のように決定された（S1 ランクの構造物の詳細については、表 4.6 を参照）。

表 4.5　現地で確認された S1 および S2 構造物数、および灌漑局による最終的な数量

Category	From Field		ID HQs Finalization		Difference		Remarks
Evaluation (S1/S2)	S1	S2	S1	S2	S1	S2	
Aros	4	3	4	3	0	0	
Abo Seer	6	0	7	0	1	0	
Abo Shosha	1	24	1	24	0	0	
Kased	15	22	3 (0)*	1	-12	-21	
Bahr Yusef	0	9	0	5	0	-4	
Ibrahimia	15	86	7	80	-8	-6	
Total	41	144	22 (19)*	113	-19	-31	

＊/ Kased 取水工（新規）、Mahlet Menouf 調整堰（更新）および Sorad 調整堰（更新）を示している。これらは、大型水理構造物の新規建設となる。カッコ内は当該 3 つの大型構造物を除いた数量である。
出典：JICA 調査団、MWRI ID 本局

表 4.6 地区別 S1 に評価された構造物

No.	Ref. No.	Structure Type	Location	Structure Name	Survey Score			Measures
					Body	Gate	Total	
Abo Seer (Fayoum)								
1	S1-AA-1	Intake	km 0.00	Abo Seer intake	50	35	85	All replacement (including the road)
2	S1-AA-2	Intake	km 1.754	Omar Bek intake	35	35	70	All replacement.
3	S1-AA-3	Intake	km 1.755	Bahr El Kashef intake	35	-	70	All replacement.
4	S1-AA-4	Weir	km.1756	Bahr El Kashef Weir	35	35	70	All replacement.
Aros (Fayoum)								
1	S1-AA-5	Intake	km 5.666	El Maasra intake	35	-	70	All replacement.
2	S1-AA-6	Weir	km 5.674	Defno Weir	35	-	70	All replacement.
3	S1-AA-7	Intake	km 5.671	El Swafna intake	35	-	70	All replacement.
4	S1-AA-8	Weir	km 5.674	El Barq Weir	35	-	70	All replacement.
5	S1-AA-9	Intake	km 1.277	Khamas sawaki (5 wheels)	50	50	100	All replacement (reinstall water wheels)
6	S1-AA-10	Intake	km 1.745	Talat Sawaki (2 wheels)	50	50	100	All replacement (reinstall water wheels)
7	S1-AA-11	Screen		Bahr Yusef trash screen	Added by ID			New construction with electrical system, at the upstream of Lahoun regulator.
Abo Shosha (Beni Suef)								
1	S1-AS-1	Intake	km 215.00 IB canal LHS	Abo Shosha intake	45	40	85	Replace the upstream part.
Kased (Gharbia)								
1*	S1-KA-1	Regulator	km 22.000	Sorad cross Regulator *	47	25	72	All replacement (to be studied with structural test)
2*	S1-KA-2	Regulator	km 12.000	Mahlet Menouf Regulator *	44	50	94	All replacement (with electric system).
3*	S1-KA-3	Intake	-	Kased intake *				New construction at the intake point
Ibrahimia (Beni Suef)								
1	S1-IB-1	Intake	229.700 RHS	Intake of Ahmed Pashe El Bahria	30	50	80	Replace the body & gate (incl. edge & upper layers of the conduit).
2	S1-IB-2	Tail Escape	249.175	Tail escape of El Saida	38.5	33	71.5	Replace the upstream part (with electrical system).
3	S1-IB-3	Weir	273.237	Bani Hader Weir	38.5	50	88.5	All replacement.
4	S1-IB-4	Tail Escape	279.16	El Zawia Tail Escape	35	35	70	Replace the upstream part.
5	S1-IB-5	Tail escape	-	El Fent canal tail escape	added by ID			New construction.
Ibrahimia (Minya)								
1	S1-IB-6	Intake	113.35	Intake of Kom El Zoheir (Right)	40	46	86	Replace the upstream part.
2	S1-IB-7	Intake	114.325 LHS	Intake of Kom El Zoheir (Left)	40	46	86	Replace the upstream part.

*/これらは、大型水理構造物の新規建設となるため、コンポーネント 1 として別途に基本設計を行っている（4.3 大型水理構造物の建設（コンポーネント 1）参照）。
出典：JICA 調査団、灌漑局/県技術者との現地調査、MWRI ID 本局による最終化

4.4 大型水路（Bahr Yusef、Ibrahimia、Kased 水路）の改修（コンポーネント 4）

4.8　水理シミュレーション結果によると、Bahr Yusef と Ibrahimia 両基幹水路ともに流下能力が不足しており、設計流量の流下時に越流する可能性がある。通水断面が不足している水路では、浚渫による対策に加え、堤防を嵩上げすることで断面不足を補うことが可能である。シミュレーションした越流深度の規模から、嵩上げは概ね 1m 程度で十分であることが想定される。このように小さい越流深さの場合、コンクリート擁壁を設置して対応することが妥当である（下表参照）。

表 4.7　Bahr Yusef 基幹水路の嵩上げ区間

Bahr Yousef canal			
Left bank		Right bank	
Distance from DGR	Length(km) *	Distance from DGR	Length(km) *
61.202 - 70.772km	9.570 (1.431)	66.746 - 68.983km	2.237 (1.059)
79.241 - 80.249km	1.008 (0.754)	77.929 - 79.895km	1.966 (1.449)
216.623 - 219.626km	3.003 (0.932)	94.638 - 97.705km	3.067 (2.093)
Sub total	13.581km (3.117km)	Sub total	7.270km (5.411km)
		Grand total	20.851km (8.528km)

注 1：Dirout 堰群(DGR)からの距離を示す Distance のうち、区間内に点在する対象範囲を合計距離(Length)で示す。
注 2：( )内はコンクリート擁壁設置区間。
出典：JICA 調査団

表 4.8 Ibrahimia 基幹水路の嵩上げ区間

Ibrahimia canal			
Left bank			
Distance from DGR	Length(km) *	Distance from DGR	Length(km) *
1.459 - 10.957km	9.498 (2.903)	117.068 - 120.442km	3.374 (0.000)
11.935 - 17.977km	6.042 (2.272)	121.929 - 131.434km	9.505 (1.165)
24.476 - 31.016km	6.540 (3.657)	131.434 - 138.429km	6.995 (0.277)
31.016 - 36.966km	5.950 (1.703)	141.453 - 149.93km	8.477 (4.420)
45.455 - 49.961km	4.506 (0.999)	155.398 - 159.927km	4.529 (2.937)
52.963 - 59.957km	6.994 (1.493)	163.418 - 170.418km	7.000(3.258)
60.780 - 61.456km	0.676 (0.246)	171.418 - 179.42km	8.002 (4.507)
83.949 - 89.948km	5.999 (0.496)	182.421 - 188.732km	6.311 (2.622)
93.448 - 100.443km	6.995 (1.264)	191.006 - 206.236km	15.230 (0.891)
101.445 - 103.814km	2.369 (0.000)		
Sub total	55.569km (15.033km)	Sub total	69.423km (20.077km)
		Grand total	124.992km (35.110km)

注：Dirout 堰群(DGR)からの距離を示す Distance のうち、区間内に点在する対象範囲を合計距離(Length)で示す。
注 2：( )内はコンクリート擁壁設置区間。
出典：JICA 調査団

4.9　Bahr Yusef 基幹水路はもともと自然河川であったために、曲率の大きな数多くの湾曲部がある。湾曲部における水衝部では洗堀が、水裏部では堆砂が進行して、流れを阻害する要因となっている。これらの湾曲部は、流下能力を低下させる主な要因の一つであり、水路壁面の浸食、さらに農地や居住地等の背後地に被害が生じないように対策を講じることが必要である。既存資料と現地調査によれば、45 箇所の湾曲部が確認されているが、湾曲が特に大きい個所に蛇籠（ギャビオン）を設置する。同工法を採用する合計は 8.61km である。

表 4.9　Bahr Yusef 基幹水路に存在する湾曲部対策箇所リスト

No.	Jurisdiction GD	From the Dairy Route Distance (km)	Curve length (m) *	No.	Jurisdiction of directorate	Distance from DGRs (km)	Curve length (m) *
1	East Minya	6.10	350 (350)	26		105.00	300 (0)
2		6.80	400 (0)	27		108.00	350 (350)
3		7.30	400 (400)	28	West Minya	136.70	200 (200)
4		8.90	400 (400)	29		163.70	250 (0)
5		10.10	300 (300)	30		164.50	250 (0)
6		12.20	350 (0)	31		210.00	100 (100)
7		14.10	400 (400)	32		211.50	200 (200)
8		14.85	250 (0)	33		213.00	200 (200)
9		16.50	350 (350)	34		214.50	400 (0)
10		18.10	250 (250)	35		215.50	160 (160)
11		22.80	400 (400)	36		216.50	200 (0)
12		23.50	350 (350)	37		217.00	400 (0)
13		48.90	300 (0)	38	Beni Suef	218.20	300 (300)
14		50.70	300 (0)	39		219.00	200 (0)
15		60.80	400 (400)	40		219.50	300 (0)
16	West Minya	61.60	500 (0)	41		221.00	300 (0)
17		64.50	250 (0)	42		222.00	50 (0)
18		71.05	500 (500)	43		224.00	200 (200)
19		72.75	300 (0)	44		225.00	400 (400)
20		75.40	300 (300)	45		231.00	250 (250)
21		76.10	400 (400)				
22		79.05	300 (300)				
23		85.50	450 (450)				
24		87.40	350 (350)				
25		89.79	350 (350)	Total			13,910 (8,610)

注 1：( )内は蛇籠（ギャビオン）工法採用区間。
出典：Cooperation Planning Survey on the Irrigation Sector (upper Egypt and Middle Delta) in Egypt (JICA, 2018)

4.10 Kased 幹線水路の水理解析結果によると、現況においては水路からの越流は発生しない。しかしながら、Kased 幹線水路沿いでは浸潤に伴い膨張する Black Cotton Soil が存在し、その結果、護岸法面の腹み出しが部分的に生じている。Gharbia Irrigation Directorate への聞取りから、特に改修の優先度の高い 2 区間（No.1 および No.6）への対策を事業含むこととする。したがい、施工時に水路開削を生じない、矢板工法を優先的に採用する。

表 4.10 Kased 幹線水路の護岸改修区間

No.	Distance from Kased .C B.P.	Length (km)	Remarks
1	**11.56 - 14.46km**	**2.90**	To be protected
2	15.16 - 17.60km	2.50	No protection, monitoring only
3	19.56 - 21.26km	1.70	ditto
4	28.00 - 29.30km	1.30	ditto
5	29.30 - 31.00km	1.70	ditto
6	**33.00 - 33.12km**	**0.12**	To be protected
	Total length	10.22	
	Target section length	**3.02**	Sheet pile introduced

出典：JICA 調査団

4.5 支線水路の改修、ライニング（コンポーネント 5）

4.11 エジプトでは、間断灌漑を行っている支線水路を対象として 2020 年からコンクリートライニング工事を進めている。このため、本事業では、優先 3 地区の支線水路にもコンクリートライニング工事を実施する。将来の目標灌漑効率によると、支線水路が受け持つ配水効率（distribution efficiency）につき現況の 0.88 から 0.92 に上昇させれば必要な総合灌漑効率の改善、すなわち節水が可能となる。全線ライニング時の配水効率を最大値の 0.95 と仮定すれば、支線水路全延長の約 6 割をライニングすれば必要な節水量は可能となる。

4.12 上記に基づき、基本的には上流部からライニングを行うことを前提に、全路線長の 60%にてコンクリートライニングを行う。なお、Abo Shosha 地区と Aros & Abo Seer 地区ではこれまでコンクリートライニングは実施されていないが（2023 年 3 月時点）、Kased 地区においては既に MWRI によってライニングが実施されている。この既施工事済み延長を含めて 6 割のライニングを目標としている。これにより、Abo Shosha 地区、Aros & Abo Seer 地区、Kased 地区の優先 3 区においては、それぞれ 53km、32km、90km の支線水路がコンクリートライニングされる。

4.13 現在行われているコンクリートライニング工法（厚さ 10 cm）は、水路からの漏水防止という観点、そして必要とされる工事速度等を勘案すれば、妥当なライニング工法といえる。ただし、現在の 30cm（～最大 50cm）と厚い基盤の設置は、水路断面積減少による水路内水位の低下を防止する効果は少ない。また、粗石を積み上げた基盤の透水性が著しく高いことから、ライニングの目地を通じた浸透や、クラックが発生した場合の浸透水によって法面の背面に小規模な崩壊が発生する可能性がある。

4.14 上記の考察に基づき、最も望ましいのは有機分を含まない粘土やシルト分を含めて粒度調整された良質の土砂材を用いた基盤を成形することである。しかしながら、エジプトでは有機分を含まない粘土やシルトの入手が困難な可能性があるため、その場合には砂と礫の混合剤を基礎地盤の状況に応じて 20～30cm で敷設することとする。なお、地下水位が高い、もしくは湧水がある場所では、背後にサンドベッド（5～8 cm 程度）を作成し、ジオテクスタイルを敷設、その上にプレキャスト・コンクリート・パネルを敷設することが考えられる。

4.6　水管理システム（コンポーネント 6）

4.15　MWRI による水管理は、長年にわたり実施されてきたものであり、現場での経験が蓄積された技術である。しかしその一方で、営農形態の多様化に伴う水需要変化への対応、供給量に基づくリアルタイムな水配分への対応、水資源の有効利用への要請、近代灌漑システム導入に伴う節水農業への対応など、昨今の時代の要望に向けた柔軟かつ適切な水管理が求められている。

4.16　各 General Directorate（GD）of Irrigation（Gharbia、Beni Suef、Fayoum）、タンタ水配分部局、カイロ水配分局への聞き取りを通じて、監視対象は調整堰、取水口、堰、県境に位置する施設などが要望として挙がった。監視施設として、Kased 水路沿い調整堰、Gharbia GD と Kafr El-Sheikh GD の管轄区域にある主要な支線水路取水口、Tanta 1 堰の上流で分水する支線水路沿いの中流地点と上流地点を対象とする。なお、Abo Shosha 水路と Aros & Abo Seer 水路においては、既に新ダイルート堰群建設事業で監視対象となっているため、本事業での対象施設から除外する。

表 4.11 Kased 地区における監視対象の要望施設と監視機器

GD	Canal	Name	Facility	Proposed Facility	Responsible Project
Gharbia	Kased	Kased Intake	Regulator	WL, CCTV, Gate Status, Discharge	This Project
		Tanta 1	Regulator	WL, CCTV, Gate Status	
		Tanta 2	Regulator	WL, CCTV, Gate Status	
		Mahlet Menouf	Regulator	WL, CCTV, Gate Status	
		Site-1	Intake	WL, CCTV, Gate Status, Discharge	
		Site-2	Intake	WL, CCTV, Gate Status	
		Site-3	Intake	WL, CCTV, Gate Status	
		Site-4	Intake	WL, CCTV, Gate Status	
		Site-5	Intake	WL, CCTV, Gate Status	
		Site-6	Intake	WL, CCTV, Gate Status, Discharge	
		Site-7	Cana	WL	
		Site-8	Canal	WL	
		Sorad	Regulator	WL, CCTV, Gate Status, Discharge	
		-	Monitoring Room	Monitoring System	

出典：JICA 調査団

4.17　先進的な水管理方法として、作付面積をフォローするための衛星画像分析の導入を提案する。これにより、MWRI は作付け状況、また収穫が行われた面積の情報を取得し水管理システムに反映させることが可能となる。現在、一般に公開されている衛星画像（SAR や光学画像）を取得することで直近の作付け状況を把握することが可能である。この情報を用い、作付け範囲の変遷や作物の生育段階を考慮して灌漑水の供給を管理することが可能となる。

4.7　維持管理用機材の調達（コンポーネント 7）

4.18　水路維持管理局（Central Directorate for Canal Maintenance）の Gharbia 事務所と Minya 事務所が現在保有している維持管理用機材は全体的に老朽化が進んでおり、メンテナンスや修理に手間を要している。また、故障して修理不可能な機材や、スペアパーツや消耗品が入手できなくなり修理が不可能となった機材が複数あり、事務所の敷地内に放置してある。ワークショップ内にある機材は、1984 年に USAID によって供与されたものと、MWRI が 1980～1990 年代頃に調達したものがあるが、いずれもかなり老朽化している。

4.19　水路の維持管理用機材の選定にあたっては、1）ほぼ全ての機材が老朽化しているため（耐用年数を超えている）、用水路の維持管理に必要な機材は全て更新する；2）水路維持管理局で保

有実績が無い、もしくは保有実績が少ない機種であっても、作業の効率化に寄与する機種を新たに導入する；3）コンクリートライニング水路（支線水路）の維持管理のため新しい機種を導入する、4）現場で故障した機材は、修理のため現場に急行して機材のメンテナンスと修理を行える機材を導入する、等を考慮する。以上より、下表の維持管理用機材およびワークショップ機材の調達を事業コンポーネントに含めることとする。

表 4.12 維持管理用機材 調達リスト

No.	Name of Machinery	Specification	Required Number	
			Gharbia Office	Minya Office
1	Long Armed Hydraulic Excavator	14ton class, Bucket capacity: 0.28m3	1	1
2		30ton class, Bucket capacity: 0.69m3	1	1
3	Hydraulic Excavator (Standard Type)	7ton class, Bucket capacity: 0.30~0.37m3	1	1
4		20ton class, Bucket capacity: 0.50~1.20m3	1	1
5	Floating (Amphibious) Hydraulic Excavator	20~25ton class, Bucket capacity: about 1m3	1	1
6	Wheel Loader	16ton class, Bucket capacity: 2.7~4.0m3	1	1
7		22ton class, Bucket capacity: 3.6~5.2m3	1	1
8	Backhoe Loader	6~7ton class, Loader bucket capacity: 0.8m3	1	1
9		7~8ton class, Loader bucket capacity: 1.0m3	1	1
10	Dump Truck	Loading capacity: 12ton (7m3)	1	1
11		Loading capacity: 25ton (14~16m3)	1	1
12	Truck Loader Crane	Maximum loading capacity: 12ton	1	1
13	Rough Terrain Crane	Maximum loading capacity: 30ton	1	1
14	Low Bed Semi-Trailer	Width of platform: more than 3.0m	1	1
15	Tractor (Crawler Type)	3ton class with rubber crawler	1	1
16	Small Mowing Boat	less than 2ton class, weed harvester	1	1
17	Mowing Machine for Submerged grasses	2~3ton class, weed harvester	1	1
18	Work Truck (Mobile Workshop)	Air compressor, welding machine, generator, and mechanic tool set etc.	1	1
19	Forklift Truck	Diesel engine type, Loading capacity: 7~8ton	1	1
		Total	**19**	**19**
		Grand Total	**38**	

出典：JICA 調査団

表 4.13 ワークショップ機材 調達リスト

No.	Name of Workshop Equipment	Required Number		Reasons for Procurement
		Gharbia Office	Minya Office	
1	Hydraulic Press Machine	1	1	Renewal due to low performance
2	Welding Machine, Diesel Engine	1	1	Renewal due to dysfunction
3	Welding Machine, Electric	1	1	Renewal due to outdated
4	Electric Cutter (for steel cutting)	1	1	Renewal due to outdated
5	Portable Crane	1	1	Renewal due to dysfunction, low performance
6	Hydraulic Hose Fitting Press Machine	1	1	New procurement - repair of hydraulic system

出典：JICA 調査団

4.8 近代圃場灌漑の導入（コンポーネント 8）

4.20 スプリンクラーやドリップによる灌漑、すなわち近代圃場灌漑は、既にエジプトの New Lands のほぼ全域と Old Lands の一部で見ることができる。近代圃場灌漑は、従来の灌漑方法よりも少ない水量で作物の根元だけに灌漑する方法である。近代圃場灌漑を考える場合、土壌の性質と作物の種類に基づいて灌漑の間隔日数を設定する必要がある。間隔日数は TRAM を用いて計算して間隔日数を 5 日間とし、一日の灌漑時間は農民グループが管理する典型的な近代圃場灌漑システムを設計する目的から日中の 12 時間とする。

4.21　圃場末端まで圧力送水方式となる灌漑システムでは、集合ポンプの適切な運転を確保するために、適切な面積を設定する必要がある。本計画では、近代圃場灌漑整備の際に、集合ポンプを設置する最大面積は 30 feddan 程度を目安とする。近代圃場灌漑は、Meska から圃場への揚水を行う集合ポンプ、サンドフィルター、液肥混入機、パイプライン、ドリップチューブまたはスプリンクラー、リーチング用の吐き出しバルブなどから構成される。

4.22　スプリンクラー灌漑とドリップ灌漑の標準レイアウトでは、農民の必要性に応じて既存の Meska を地下に埋設しコンクリートパイプに置き換え、そこから集合ポンプで揚水して灌漑用水を主パイプラインへ送水する。主パイプラインは、既存の Marwa に沿って埋設される。主パイプラインからは支線パイプラインが圃場に設置される。約 30 feddan の標準的なレイアウトによると、全体の工事費は、スプリンクラー灌漑システムで 58,000 LE/feddan、ドリップ灌漑システムで 60,000 LE/feddan である。

4.23　集合ポンプの設置や近代圃場灌漑システムの導入には、農民の組織化とトレーニングの提供が必要である。組織開発および能力開発として、3 段階のトレーニングプログラムを提案する。ステージ 1 として、MWRI のスタッフ、特に CDIAS に対して、外部の専門家や MWRI 内の専門家による TOT トレーニングを実施する。第 1 段階の研修対象者が第 2 段階では指導者の役割を果たすが、第 2 段階における受講者は GDIAS と新たに雇用される IAS の契約職員である。そして、第 3 段階では、GDIAS と IAS 契約職員が、各対象エリアにおける農家の能力向上研修を行う。

4.24　近代圃場灌漑は、運用と保守に高度な技術を必要とするため WUA を組織化し、このシステムに対応できるようにする必要がある。その意味で、近代圃場灌漑システムは、30 feddan を標準とする限定的な面積で整備すべきである。1 つの WUA には、計画、意思決定、実行という 3 つの分権的な階層があり、その中でサブ計画グループ、総会、実施委員会等がそれぞれ役割を果たすことになる。同様の組織構造は、Meska WUA の代表を要する支線水路 WUA としても設立される。

4.25　農民が高価な近代圃場灌漑システムを導入するにあたって支援するため、JICA 調査団は第一に ABE と NBE が PFI として多数の農民エンドユーザーに小口の貸出を行うツーステップローン（TSL）の可能性を検討した。しかし、これらの PFI には制約や運営リスクがあるため、JICA 調査団は、本事業における近代圃場灌漑システム導入の支援のためには、アドバンス方式によるディスバースを推奨する。

4.9　Fayoum 地区における近代圃場灌漑導入の停止

4.26　Fayoum 地域の水源は、Bahr Yusef 基幹水路のみで、1）Hassan Wassef 幹線水路と 2）Bahr Yusef 基幹水路の 2 つの幹線水路系統から成る。この 2 つの水路から、年間 26 億 CUM の水量が Fayoum 全域に供給されている。水利用の最大の消費者は灌漑である。圃場に灌漑された水は自然に浸透し、地下への浸透後、3 次排水路、2 次排水路、幹線排水管、そして最後に Qarun 湖と Rayan 湖の 2 つの湖に流れ込む。Fayoum 地域から水が外部に排出されることはない。

4.27　これらの湖には、湖の水位を維持するために、MWRI が決定した流下させるべき排水量の規定がある。規定された年間排水量は、Rayan 湖と Qarun 湖それぞれにおいて 100 MCM/年と 400 MCM/年である。合計 500MCM は、Fayoum 全域に割り当てられる 2,600MCM の 19.2%に相当する。一方、Rayan 湖と Qarun 湖の年間蒸発量は、それぞれ約 160MCM と 400MCM である。すなわち、Rayan 湖への排水量は 160MCM に増やさないと湖が小さくなる可能性がある。また、Qarun 湖への規定量 400MCM は、実際の年間蒸発量とほぼ均しいため維持する必要がある。

4.28　Fayum 地域に供給される灌漑用水のうち、JICA 調査団の試算によれば、61%が作物消費水として、27%が Qarun 湖と Rayan 湖の 2 つの湖への排水として、残りの 12%が深層浸透や蒸発などの損失として消費される。この Fayoum 全域における水収支の推計から、Fayoum 地域の Bahr Yusef 基幹水路から供給される全灌漑水に対する現在の総合灌漑効率は 61%と算出され、灌漑水の一部として排水の再利用量を加えると効率は 57%に低下する。

4.29　現在、Fayoum 地域の農家は旧耕地の外側の周辺地域に開発された新しい土地を除いて地表灌漑を実施している。Fayoum 地域に近代圃場灌漑が導入されると、圃場灌漑からの浸透、そして排水路への浸透が変化し、それに伴って Qarun 湖や Rayan 湖への排水が大きく変化する。Fayoum 地域への近代圃場灌漑の導入に伴う将来の排水量の変化を、近代圃場灌漑の灌漑効率（ドリップ灌漑は 0.95、スプリンクラー灌漑は 0.8、現在の地表灌漑は 0.70）を適用して検証した。

4.30　検証の結果、節水型の圃場灌漑方式の導入により、圃場からの排水量は減少し、例えば、10%の面積にスプリンクラーを設置すると排水量は 3%減少し、10%の面積にドリップ灌漑を行うと 7%減少することが判明した。さらに、湖の水位を維持することを条件に、スプリンクラーを全面導入した場合は年間 218MCM、ドリップ灌漑を全面導入した場合は年間 451MCM の淡水を追加で放出する必要がある。その際、湖の塩分濃度が劇的に変化することとなる。

4.31　Qarun 湖と Rayan 湖の水位と水質が維持されなければ、観光、製塩、漁業など多くのステークホルダーが影響を受けることとなり、環境面・社会面に大きなインパクトを及ぼす。したがい、JICA 調査団は、Fayoum 地域に近代的な圃場灌漑を導入することは推奨しない。その代わり、湖への排水量を減らすことなく灌漑方法を近代化する 1 つとして、農民が効率的かつ平等に水を利用できるように、幹線・支線の水路改修と合わせて Meska の改修を推進することを提案する。

4.10　農業開発計画

4.32　灌漑システムの改善と近代的な灌漑の導入による公平な水分配は、農民がより収益性の高い作付けパターンに変更することを促す。また、農民の保守的な指向を考慮すると、本事業による作付けパターンは、以下の 2 つのケースを想定する。ケース 1 は現在の作付けパターンから変更しない場合であり、ケース 2 ではある程度収益性の高い園芸作物に変更するものとする。エジプトでは、広い範囲での作付け強度は全体として非常に高い。よって、本事業による作付け強度は、現状から変更しないことを提案する。作付けパターンは以下の表の通りである。

表 4.14　上エジプトにおける計画作付体系および作付率

Season	Without Project			With Project: Case1			With Project: Case 2		
	C.I. (%)	Crop	C.I. (%)	C.I. (%)	Crop	C.I. (%)	C.I. (%)	Crop	C.I. (%)
Winter	88	Wheat	51	88	Wheat	51	88	Wheat	51
		Long berseem	23		Long berseem	23		Long berseem	21
		Sugar beet	7		Sugar beet	7		Sugar beet	7
		Vegetables & other	19		Vegetables & other	19		**Vegetables**	**21**
Summer	77	Maize	63	77	Maize	63	77	Maize	60
		Sorghum	13		Sorghum	13		Sorghum	12
		Oil crop	5		Oil crop	5		Oil crop	5
		Vegetables & other	19		Vegetables & other	19		**Vegetables & Other**	**23**
Nile	15	Maize	49	15	Maize	49	15	Maize	41
		Vegetables & other	51		Vegetables	51		**Vegetables & other**	**59**
Permanent	16	Sugar cane	20	16	Sugar cane	20	16	Sugar cane	20
		Cotton	27		Cotton	27		Cotton	27
		Fruit trees	53		Fruit trees	53		Fruit trees	53
Total	196			196			196		

出典：JICA 調査団

表 4.15 デルタ地域における計画作付け体系および作付率

Season	Without Project			With Project: Case1			With Project: Case 2		
	C.I. (%)	Crop	C.I. (%)	C.I. (%)	Crop	C.I. (%)	C.I. (%)	Crop	C.I. (%)
Winter	95	Wheat	46	95	Wheat	46	95	Wheat	46
		Long berseem	23		Long berseem	23		Long berseem	20
		Sugar beet	17		Sugar beet	17		Sugar beet	17
		Vegetables & other	14		Vegetables & other	14		**Vegetables & other**	**17**
Summer	86	Rice	10	86	Rice	10	86	Rice	10
		Maize	34		Maize	34		Maize	28
		Vegetables & other	56		Vegetables & other	56		**Vegetables & other**	**62**
Nile	5	Maize	59	5	Maize	59	5	Maize	29
		Vegetables & other	41		Vegetables & other	41		**Vegetables & other**	**71**
Permanent	15	Sugar cane	1	15	Sugar cane	1	15	Sugar cane	1
		Cotton	70		Cotton	70		Cotton	70
		Fruit trees	29		Fruit trees	29		Fruit trees	29
Total	200			200			200		

出典：JICA 調査団

4.33　プロジェクトによる単位収量の増加は、2 つの側面から予想される。すなわち、1）灌漑改善による水利用の増加と公平な水分配の効果、2）近代圃場灌漑システムによる作物栽培の改善効果である。水不足が発生しやすい下流域に位置する農家は、灌漑改善の恩恵をより多く受けることができる。この効果による単位収量の増加の程度は、上流と下流の農場間の単位収量が平準化されると仮定する。近代圃場灌漑の効果としては、作物栽培のための合理的な水利用や理想的な施肥が可能になることである。このような精緻な作物栽培方法は、収量の増加をもたらす。

4.34　収量増加の程度は、JICA 調査団が実施した農業経済調査の結果および入手可能な過去の調査結果に基づいている。要約すると、灌漑整備による収量増加は、現在の収量から 5%～15%程度増と予想される。近代圃場灌漑システムについては参照した資料の栽培条件が多岐に亘るため、ドリップやスプリンクラー導入において 11%～40%増という保守的な増加率を設定する。

5.　融資計画、事業コスト、実施体制等

5.1　事業コンポーネントと実施形態

5.1　　次表は事業コンポーネントと主たる工事内容、そして担当する部局をまとめたものである。本事業では合計 8 コンポーネントが実施される。なお、コンポーネント No.8 の「Modern On-farm Irrigation (MOI)」は、1）近代圃場灌漑施設・設備の調達と建設、2）近代圃場灌漑を導入する農民に対する IIS が実施する農民組織化や研修の 2 つのサブコンポーネントで構成される。

表 5.1　事業コンポーネントと主要工事内容、および想定実施官庁

No.	Component	Contents	Responsible
1	Large Hydraulic Structure Construction (LHSC) 大型の水理構造物建設	Construction of; 1) Kased Intake, 2) Mahlet Menouf Regulator, and 3) Sorad Regulator (Kased 幹線水路水路上の 3 堰の建設)	RGBS
2	Small Hydraulic Structure Construction (SHSC) 小規模水理構造物建設	Construction of; 1) Beni Hedear Weir of Ibrahimia, 2) intakes of, e.g. Abo Seer, Omar Bek, Bahr El Kasheir, etc., 3) tail escapes, 4) culvert and aqueduct, etc. (S1 と診断された Beni Hedear Weir 等々の小規模水理構造物の建設)	IS
3	Hydraulic Structure Rehabilitation (HSR) 水理構造物改修	Rehabilitation of Hydraulic Structures assessed as S2 including replacement of gates, gate appurtenant (S2 と診断された水理構造物の改修・リハビリ)	IS
4	Large Canal Rehabilitation (LCR) 大型水路改修	Rehabilitation including canal sectioning and slope protection, and/or partial lining for large canals, e.g. Bahr Yusef and Ibrahimia principal canals and Kased main canal (大型水路のリハビリや斜面保護工の実施)	IS
5	Branch Canal Rehabilitation and	Rehabilitation including canal sectioning and concrete lining for the canals other than above, e.g. branch canals, small main	IS

No.	Component	Contents	Responsible
	Lining (BCRL) 支線水路改修＆ライニング	canals（上記を除く支線水路の改修およびコンクリートライニング、注：エジプトでは全国 2 万 km を目標とするコンクリートライニング工が実施中である）	
6	Water Management Improvement (WMI) 水管理	Procurement and installation of water management equipment, and development of visual on-time monitoring system（水管理機器の設置およびモニタリングシステムの導入。なお、Bahr Yusef と Ibrahimia 基幹水路に関しては 2023 年実施中の New Dirout Group of Regulators 事業において含まれている。したがい、主として Kased 地区が対象となる）。	IS
7	Procurement of Maintenance Machineries (PMM) 維持管理用機材調達	Procurement of maintenance machineries（水路維持管理用機材の調達、またワークショップ用機材の調達。日常的な水路内土砂浚渫といった維持管理作業は多くの場合地元の業者に委託して実施）	General Directorate of Channel Maintenance
8	Modern On-farm Irrigation (MOI)近代圃場灌漑入 8.1 Construction（建設） 8.2 Organizing & Trainings（組織化と研修）	8.1 Installment of modern on-farm irrigation system composed of sprinkler and drip facilities, including one-lifting pump stations and pipelines, together with the improvement of Meska by means of lining or installation of pipes（ドリップやスプリンクラーなどの近代圃場灌漑施設の導入、集合ポンプや Meska 改善工事含む）	Irrigation Improvement Sector (IIS)
		8.2 Organizing of the farmers into WUAs, and trainings to the farmers who introduce modern on-farm irrigation（農民の組織化と農民が近代圃場灌漑施設利用にあたって必要となる研修の実施）	
9	Project Management 事業管理	Procurement of vehicles and office equipment, trainings, monitoring of project progress and evaluation of the project, and dispute board（プロジェクト管理用の車両、研修、モニタリング＆評価、紛争裁定委員会の設置）	IS

出典：JICA 調査団

5.2　　表 5.2 は、各コンポーネントの実施方法として、国際競争入札（ICB）、国内競争入札（LCB）、また、直営方式（DFA）を示したものである。なお、エジプト国内の業者が必要な事前資格条件を満たしている限り、ICB への参加は可能である。下表には、融資機関から MWRI に対して実行される資金のフロー形態も併せて提案している。

表 5.2　事業コンポーネントと実施形態、および資金ディスバース方式

No.	Component	Implementation Modality	Fund Flow Modality
1	Large Hydraulic Structure Construction (LHSC)	**ICB**	**Transfer**
2	Small Hydraulic Structure Construction (SHSC)	LCB	Advanced
3	Hydraulic Structure Rehabilitation (HSR)	LCB	Advanced
4	Large Canal Rehabilitation (LCR)	LCB	Advanced
5	Branch Canal Rehabilitation and Lining (BCRL)	LCB	Advanced
6	Water Management Improvement (WMI)	LCB	Advanced
7	Procurement of Maintenance Machineries (PMM)	LIB / ICB	**Transfer**
8.1	Modern On-farm Irrigation (MOI-C), Construction	LCB	Advanced
8.2	Modern On-farm Irrigation (MOI-T), Trainings	**DFA (by IAS of IIS)**	Advanced
9	Project Management (PM), including dispute board	**DFA**	Advanced
10	Consulting Services (CS)	**ICB**	Transfer

注：ICB は International Competitive Bidding、LCB は Local (national) Competitive Bidding、LIB は Limited International Bidding（基本的に ICB と同等だが、事前に選定された業者のみが入札に参加）、DFA は MWRI が実施する Direct Force Account work を意味している。
出典：JICA 調査団、2022 年

5.3　　資金の流れは、コンポーネントごとの実施形態を参照し、また、資金提供者からの効果的な資金の払い出しと資金提供者への確実な会計処理の観点からも設計されなければならない。国際調達（ICB、大規模建設工事やコンサルタントサービスなど）については、Transfer Procedure を適用すべきである。一方、現地調達（LCB や直営工事など）の支出には、Advance Procedure を推奨する。

5.2　事業コスト、事業の実施体制

5.4　　プロジェクト費用の見積もりにおいて、No.2（SHSC）小型水理構造物の建設と Mo. 3（HSR）水理構造物改修工事、および No.8（MOI）近代圃場灌漑 コンポーネントに関しては、下記を考慮する。

1) No.2（SHSC）小型水理構造物の建設と Mo.3（HSR）水理構造物改修工事（HSR）の二つのコンポーネントは、優先地区内での小規模～中規模水理施設の更新や改修を行う。上エジプトの二つの優先地区（Abo Shosha と Aros & Abo Seer 地区）は、Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路掛かりの全体から見れば非常に小さな面積であり、かつコストも小さい。したがい、同様の地区があればこの二つのコンポーネントは拡大して実施すべきである。

2) No.8（MOI）近代圃場灌漑の導入については、エジプト政府は塩害が想定される下デルタを除いて基本的には全面に導入する予定である（目標約 400 万 feddan）。3 つの優先地区においても、全面積に導入が計画されているが、環境面から Fayoum 地区に位置する Aros & Abo Seer 地区には導入すべきではない。近代圃場灌漑の導入においては、農民からの合意取りが必要となるため、時間を要することが考えられる。このことから、事業地区としてはすべてをカバーするものの、ローンで実施すべき地域は Abo Shosha 地区と Kased 地区の 10%のみに導入することをベースケースとし、その他、Meska を選択して計 1,080 feddan のみでパイロット的に実施する場合を参考ケースとして提案する。

非公開情報

非公開情報

5.6 本事業を構成するコンポーネントは MWRI 内の複数の部署（Sector および Section）に関係しているため、事業目的の達成に向けて事業を統括する運営委員会（Steering Committee: SC）を設置する。SC の下には中央レベルの事業管理ユニット（Project Management Unit: PMU）と地方レベルの地方調整ユニット（Regional Coordination Unit: RCU）を設置する。PMU および RCU は、全てのコンポーネントを成功裏に完了する責務を負う。地方レベルで事業実施の責を担う RCU については、Kased 地区のコンポーネントは Tanta に設置される RCU、Bahr Yusef 地区と Ibrahimia 地区のコンポーネントは Beni Suef に設置される RCU の 2 カ所に設けることとする。

6. 事業評価

6.1 事業の経済評価

6.1 COVID-19 流行やウクライナ戦争の影響により、コメを除く主要農産物の国際市場価格は、2020 年から 2022 年に 1.5 倍から 2 倍に高騰した。化学肥料の国際市場価格も同期間に 2.5 倍から 3 倍に高騰している。2020 年以来国内市場価格も高騰しているが、国際市場価格の価格上昇幅は、国内市場のそれを上回っている。このような特殊な状況を鑑み、国際市場価格から算定する品目の経済価格算定においては、2020 年から 2022 年の平均価格を用いて算定することとした。

6.2 事業実施による経済効果は次のように定義できる。すなわち、1）作物単収の増加、2）作物生産費の削減、3）作物別作付率の変更、すなわち収益性の高い園芸作物の作付け増、および 4）

総作付率の増加である。上述の農業開発計画に基づき、事業実施によるこれら効果項目について数量的に算定する。

6.3　事業実施による増加便益は、Case 1（作物単収の増のみで作物別作付け率は変更なし）と Case 2（作物単収の増と園芸作物の作付率増）と他の効果算定分類である Case A、B および C との組み合わせで算定する。Case A は、灌漑施設の改修／建設に依る改善（灌漑改善）を実施する場合、Case B は近代圃場灌漑（MOI）のみを実施する場合、および Case C は、灌漑改善と MOI の両方を実施する場合（フルスケールの実施）である。Case 1-A から Case 2-C の各 3 優先地区における増加便益は、下表に示すとおりである。

表 6.1 事業実施による増加便益（経済価格）

Category	Sub-region	Service Area (fed)	Incremental Benefit (000 LE)					
			Case 1-A	Case 2-A	Case 1-B	Case 2-B	Case 1-C	Case 2-C
Upper Egypt	Abo Shosha	17,881	73,784	87,361	20,668	22,954	96,088	110,734
	Aro & Abo Seer	13,330	55,005	65,126	-	-	55,005	65,126
Delta	Kased	95,976	392,049	506,013	130,340	149,463	530,921	653,803
Total		127,187	520,838	658,500	151,008	172,417	693,014	829,663

出典：JICA 調査団
注：MOI（Case B および Case C）は、Abo Shosha 地区と Kased 地区の 10%に導入することを計画している。

6.4　上記の経済的便益モデルで費用－便益フローを作成して、事業による経済的内部収益率を算定した。設定されたケースにおける EIRR は、11.2%から 20.3%である。全てのケースにおいて、エジプト国での資本の機会費用である 10%を超える結果となった。また割引率 10%で換算した純現在価値（NPV）は、いずれのケースでもプラスとなった。それゆえ本事業は、経済的観点から妥当であると判断できる。

表 6.2 事業による経済的内部収益率（EIRR）および純現在価値（NPV）

Case	Description	EIRR	NPV (000 LE)
Case 1-A	No change of cropping pattern, Irrigation Improvement	15.9%	1,083,357
Case 2-A	Increase of horticulture crop, Irrigation Improvement	20.3%	1,994,718
Case 1-B	No change of cropping pattern, Modern On-farm Irrigation (MOI)	11.2%	65,639
Case 2-B	Increase of horticulture crop, Modern On-farm Irrigation (MOI)	13.5%	207,368
Case 1-C	No change of cropping pattern, Irrigation Improvement + MOI	15.0%	1,217,393
Case 2-C	Increase of horticulture crop, Irrigation Improvement + MOI	18.7%	2,194,872

出典：JICA 調査団

6.2　農家財務評価

6.5　経済分析と同様のモデルで農業所得分析モデルを作成する。この場合、財の市場（財務）価格を用いる。農業所得分析では、上エジプト（Abo Shosha および Aros & Abo Seer）とデルタ（Kased）の 2 つのモデルを作成する。モデルは 1feddan 当りの単位で作成し、純農業所得の算定では、実際の現金で残される金額を算定するため、生産費から自家労働の価値換算金額は除く。

6.6　農業所得分析では、農家が MOI を導入した場合の償還可能性に焦点を当てて分析する。このため、農業所得分析は、MOI を導入するケース（Case1-B と Case2-B）およびフルスケール（Case1-C と Case2-C）について実施する。1feddan 当りの増加農業所得は、11,011LE/feddan（上エジプトの Case1-B）から 19,672LE/feddan（デルタの Case2-C）の幅で算定された。作物生産費の外数として、近代圃場灌漑施設の年維持管理費用を初期投資額の 1%と仮定し、590LE と見積もる。このコストを農業所得から差し引くと、増加農業所得は 10,421LE/feddan から 19,082LE/feddan と算定される。

表 6.3　農業所得分析：Feddan 当たりの増加農業所得

Region		Upper Egypt				Delta			
Case		Case 1-B	Case 1-C	Case 2-B	Case 2-C	Case 1-B	Case 1-C	Case 2-B	Case 2-C
Without Project (LE/fed)	Gross Income	41,908				49,221			
	Production Cost	15,245				18,478			
	Net Farm Income	**26,663**				**30,743**			
With Project (LE/fed)	Gross Income	51,598	56,452	53,673	58,612	60,441	65,226	63,615	68,519
	Production Cost	13,924	14,164	14,530	14,769	16,939	17,147	17,895	18,104
	Net Farm Income	**37,674**	**42,288**	**39,143**	**43,843**	**43,502**	**48,079**	**45,720**	**50,415**
1) Incremental Farm Income (LE/fed)		**11,011**	**15,625**	**12,480**	**17,180**	**12,759**	**17,336**	**14,977**	**19,672**
Maintenance cost of Modern Irrigation		590	590	590	590	590	590	590	590
2) Incremental Farm Income (LE/fed)		**10,421**	**15,035**	**11,890**	**16,590**	**12,169**	**16,746**	**14,387**	**19,082**

出典：JICA 調査団

6.7　Case1-B、Case2-B および Case1-C、Case2-C についてキャッシュフロー分析を実施した。償還期間 10 年間におけるキャッシュフロー分析では、累計の純農業所得はいずれの地区のいずれのケースでも償還金額と 10 年間に発生する維持管理費や置き換え費用の総額を上回る。しかしながら、増加農業所得に対する償還額等費用の割合は、上エジプトおよびデルタの Case1-B（MOI のみ導入し作付率に変化がない場合）で各々86%および 74%に達する。増加便益による償還は可能であるも、この割合が低いほど農家は近代圃場灌漑施設の導入を動機づけられる。

6.8　Case2-B（MOI 導入と園芸作物の作付率増）では、増加農業所得に対する償還等費用の割合は、上エジプトとデルタで各々76%および 63%となる。収益性の高い園芸作物への作付けの転換は、農家により大きな便益を残すこととなる。すなわち、より近代圃場灌漑施設の導入に前向きになると思われるが、あわせて償還期間の延長といった措置をとれば、さらなる動機付けとなる。

6.9　さらに、Case1-C と 2-C（灌漑改善と MOI の組み合わせ）においては、上エジプトでの増加農業所得に対する償還等費用の割合は、各々61%と 55%にまで下がる。デルタにおける Case1-C および Case2-C では、各々55%および 48%まで下がる。灌漑施設の改修／建設による灌漑改善は、農業所得のさらなる増加につながることから、近代圃場灌漑施設導入の動機付けを強めることに寄与すると考えられる。

7.　環境・社会配慮、用地取得等

7.1　環境・社会配慮

7.1　エジプトの環境行政責任機関は、環境省（MOE）とエジプト環境庁（EEAA）である。EEAA は、新規事業の EIA（環境影響評価）申請に対する審査と事業の環境許認可に責任を負う。EEAA 発行の EIA ガイドラインでは、事業の新規申請時に EEAA が決定する環境カテゴリ毎に EIA プロセスの申請・審査手順を規定している。本事業の実施省庁である MWRI は、本事業の開始前に EIA プロセスを適切に完了させる必要がある。

7.2　エジプトの EIA ガイドラインと JICA 環境社会配慮ガイドラインの GAP 分析を行った結果、JICA ガイドラインの要求事項の多くをエジプト EIA ガイドラインではカバーしており、基本的に両者の間にギャップはないことを確認した。本事業は、JICA 環境社会配慮ガイドラインによるカテゴリ分類において、JICA 環境カテゴリ B に分類されている。

7.3　本事業のプロジェクトコンポーネントは、その性質から、主に 2 つの括り（水路・水利施設の土木工事および機材調達、近代的圃場灌漑施設の導入）に分類される。水路での土木工事では建設時における周辺環境への影響が予想され、近代的圃場灌漑施設の導入では供用時における環

境・社会への影響が予想される。

7.4　プロジェクト地域のベースとなる自然環境の特徴として、Fayoum 県に位置する Qarun 湖と Rayan 湖は国の保護区およびラムサール条約湿地等に指定されていることが挙げられる。両湖は、鳥類をはじめとする生物種の生息地となっている。Fayoum 県のプロジェクト地域における水路土木工事のエリアは両湖から 20km 程度離れており、土木工事が湖に直接影響を与えることは想定されない。一方、近代的圃場灌漑施設の導入は、節水型農業をコンセプトとしており農業排水の減少が想定されるため、それらの農業排水を水源としている両湖への影響については慎重に検討する必要がある。（「4.10 近代的圃場灌漑施設の導入に伴う Fayoum 地域の灌漑開発」参照）。

7.5　プロジェクトに対する代替案の検討（事業を実施しない案を含む）を行った。近代的圃場灌漑施設の導入については、Aros & Abo Seer 地区（Fayoum 県）における実施は、Qarun 湖と Rayan 湖に与える負の影響が非常に大きいと評価されたため棄却した。代わって、事業による便益と環境への影響のバランスを考慮し、老朽化した水理構造物、また水路や Meska の改良のみを実施していく代替案を採択した。

7.6　プロジェクトに対する環境社会影響評価について、スコーピング結果および環境・社会配慮調査結果を踏まえて評価を行った。水路・水理施設の土木工事では、建設期間中、大気質、水質、建設廃棄物、騒音・振動などに関するいくつかの負の影響が予想される。近代的な農地灌漑のプロジェクトでは、建設期間中に与える大きな負の影響はあまり予想されないが、プロジェクトの供与期間中に受益農家の営農、水管理、経済状況などについて影響が予想される。

7.7　環境社会影響評価の結果に基づき、緩和策およびモニタリング計画を策定した。水路・水理施設の土木工事においては、建設工事によりいくつかの負の影響を緩和するために、必要な緩和策を計画した（例：建設機械や車両の適切なメンテナンス、防音設備のある車両の使用、建設排水の必要な対策、建設時間の考慮、事故の防止策、居住者の安全確保等）。

7.8　近代的圃場灌漑施設の導入では、供用期間において水管理、営農技術の変更、グループによる共同水管理、農家が負担する設置費用など、受益農家の社会面への影響が予想される。これらの影響に対して、調査・設計・建設と並行して実施を予定しているソフト支援（WUA 支援プログラム）が緩和策となる。WUA 支援プログラムは MWRI の IIS（Irrigation Improvement Sector）が、建設開始前より活動を実施することとする。

7.9　モニタリング計画では、建設期間中の排水の水質状況、建設廃棄物の処理状況、安全対策状況などの必要なモニタリングを実施する。また、灌漑用水路の水質モニタリングや Fayoum 地域の灌漑配分量など、一部のモニタリング項目は供用期間中もモニタリングを実施する。IIS によるソフト支援（WUA 支援プログラム）のモニタリングは、MWRI のプロジェクト実施ユニット（PMU および RCU）の監督下で、IIS の活動報告書の確認を通じて実施される。

7.10　2022 年 11 月～12 月に一連のステークホルダー協議を開催した。協議は合計 9 カ村で開催され、各々の優先地区からそれぞれ 3 村を選択した。協議の中で農民から寄せられたコメントは、主に近代的圃場灌漑システムに関わるものであった。参加者の多くは、New Lands での事例を見て、近代的圃場灌漑の利点については知っていたが、Old Lands で適用されている事例を見たことはほとんど無かった。そのため、パイロットとしての展示圃場の設置や、事業による技術支援の提供を要望された。このことは、WUA 設立にあたっての支援をあわせて考慮される。

7.2　用地取得

7.11 本事業で計画されている水路（主水路、本水路、支水路）および水理構造物の土木工事は、すべて既存の灌漑用水路内に位置する。これらの灌漑用水路は、MWRI の管理区域内にあり、建設予定地内には家屋等は存在しない。よって、住民移転および新規の用地取得は予定されない。なお、建設資材を保管するための土地は、MWRI の管理区域内である灌漑用水路に沿う敷地内にて確保される。

7.12 農地に導入される近代的圃場灌漑施設の構成は、揚水ポンプ、管路システム、散水機器（スプリンクラー、ドリップ等）が 1 組となる。揚水ポンプ施設用の土地は、公共スペースであるサキア（水車）の用地を利用する。管路は、既存の Marwa（圃場内水路）の土地に設置する。したがって、既存の土地利用の範囲内で施設を配置するため、住民移転および新規の用地取得は予定されない。

8. 結論と提言

8.1 結論

非公開情報

- ✓ 本事業は、国家経済の観点から、検討した 6 つのケースすべてにおいて、EIRR 11.2～20.3%を示している。具体的には、灌漑施設改善のみを実施した場合の EIRR は 15.9%（作付け体系変化なし）および 20.3%（園芸作物の増加）、近代圃場灌漑のみを導入した場合の EIRR は 11.2%（作付け体系変化なし）と 13.5%（園芸作物の増加）、さらに灌漑施設改善と近代圃場灌漑の両方を同時に実施したケースでは 15.0%（作付け体系変化なし）と 18.7%（園芸作物の増加）である。いずれのケースも、多くの開発プロジェクトで適用されている資本の機会費用 10%を上回るリターンを示している。
- ✓ 事業がない現況における 1 feddan 当り農業所得は標準モデルで、上エジプトで 26,663 LE/feddan、デルタで 30,743 LE/feddan と計算され、比較的貧困な農家モデルで、21,164 LE/feddan と計算される。そして、事業による農業所得増により、標準モデルでは上エジプトで 43,843 LE/feddan、デルタで 50,415 LE/feddan となり、貧困世帯モデルでは 32,425 LE/feddan となる（灌漑施設改善と近代圃場灌漑導入の両方を考慮）。すなわち、所得の増加率は、各々、64%、64%、53%となる。このことから事業による農業所得の増加は農家の所得を向上させるとともに、これは事業目的に謳われている受益農民の収入および生計向上に大きく寄与する。なお、事業対象地域の平均的な家族構成員 5 名の場合、1 世帯の貧困ラインは 51,420 LE と計算される（2019/2020 年単価）ことから、貧困ラインに近づけること、すなわち貧困削減に寄与するが、1 feddan あたりの農業所得のみでは貧困ラインをいまだ下回っている。

8.2 提言

1) 本事業ではコンポーネントが 8 つある。また、実施形態も Kased 幹線水路上の 3 つの堰、維持管理用機材の調達は国際入札（ICB）、小規模な工事の場合は国内入札（LCB）、さらに直営（近代圃場灌漑導入に伴う農民の組織化、研修）による実施と多岐にわたる。特に国内入札

を想定している支線水路のライニング（BCRL）や近代圃場灌漑の導入（MOI）はパッケージ数も多い。このため、中央に Project Management Unit、上エジプトの Beni Suef 市とデルタの Tanta 市に Regional Coordination Unit を設立することを計画しているが、プロジェクト管理や調達に豊富な経験を有する専属の MWRI 職員を確実に配置すべきである。

2) 基幹水路や幹線水路内に位置する構造物は、狭い水路断面内で通水しながら工事を行なう必要があるため、施工計画が重要となる。エジプト国内で類似規模の水路内での工事経験を持つ建設業者の選定が望ましい。また、幹線道路脇や居住地が隣接する場所となる施設もあるため、周辺施設への安全配慮の計画提案や必要に応じて関係機関との調整を十分に行える業者を選定することが必要となる。特に、Kased 幹線水路上に新規に建設される 3 堰（Kased 取水工、Mahlet Menouf 調整堰、Sorad 調整堰）は、比較的水量の多い条件下、かつ幹線道路脇や居住地に近い場所での工事となるため経験豊富な建設業者を ICB にて選定することが必要である。非通水環境下でも工事が可能、または支線水路以下の水路工事においては、エジプト国内の建設業者でも十分可能と思われるため、LCB での入札が適切である。

3) Kased 取水工は Navigation Authority からの要請により船通しを計画しているが、実際上、舟運はなされていないため、設置が不要となる可能性がある。実施に向けては、Navigation Authority と再度の協議を行い船通しの設置可否について確認することが望まれる。船通しが不要となれば、躯体コンクリート量の減、および左岸側工事の仮締切範囲の減や基礎杭の減によるコスト縮減が見込まれる。また、Kased 幹線水路の 3 堰の基礎は、Kased 取水工が基礎杭、Mahlet Menouf 調整堰と Sorad 調整堰においては地盤改良を選定している。実施設計時の追加の水路内ボーリング調査により良好な地盤状況が確認されれば、範囲の縮小または、直接基礎（地盤改良を伴わない）の採用により、コストの縮減を行うことが見込まれる。

4) 一連の水理シミュレーションの結果、将来、近代圃場灌漑施設が導入され節水がなされた場合でも、水路内の調整堰を適宜運用することによって水路内水位を上昇させることができることから、その下位の支線水路への配水は可能であることが判明した。その際、エジプトの水路勾配は 1/10,000～1/15,000 と非常に緩勾配であることから（ただし、Fayoum 地区を除く）、概ね 10～15 km 毎に設計通りに機能する調整堰が必要となる。すなわち、水路内水位の調整および下位水路への配水を、将来の節水に伴い灌漑用水が減少した状態でも可能とするため、概ね 10～15 km 程度に一か所は十分に機能する調整堰を確保しておくことが必要となる（Kased 幹線水路に新規建設される堰は、既存の Tanta 1 調整堰を含めて約 10 km 毎に設置される）。

5) 近代的灌漑システム導入のための金融支援スキームに関し、当初、TSL を念頭に入れていたが、本件、TSL 実施に伴う次の三つの事業リスクをヘッジするため、アドバンス方式によるプロジェクトローンを活用すべきである。リスクとしては、第一に銀行ローン申請資料の煩雑さ等から農民が近代圃場灌漑導入を躊躇する可能性があること、第二にエジプトの農業向け貸出シェアの約 7 割を占める ABE（PFI の最有力候補）では 2016 年に外貨借入局が廃止されたため、制度上、TSL スキームに PFI として参加できないリスクがあること、そして第三に不良債権問題の不透明さ、適時情報公開体制の未整備、TSL の経験不足（2016 年以降）等があげられる。

6) 本事業実施の経済的妥当性は確認されているが、特にドリップやスプリンクラーといった近代圃場灌漑の導入については、投資に見合う便益を確実に発現させるために、農家の適切な施設操作による単収の増大と化学肥料投入費用の節減の実現が不可欠であると共に、収益性

の高い園芸作物の作付増が重要な要素となる。このため、農家への近代圃場灌漑システムを用いた栽培技術指導と施設運営のための農民組織化を確実に実施することが不可欠である。さらには、農家の初期投資に対する償還期間につき 10 年から 20 年への延長や、不作や穀物価格が暴落した時に、返済の免除や延期をするといった補助政策などを農家にあらかじめ明示して施設導入への動機付けを促すことが考えられる。

7) 近代圃場灌漑（ドリップやスプリンクラーの利用）は、節水や肥料の節減のみならず収量の増加による作物収益の向上に寄与する。しかしながら、旧耕地（Old Lands）で初めて近代圃場灌漑システムを導入する農家にとっては、機器の扱いに慣れ、フルスケールでの単収増を達成するには時間を必要とすると考えられる。旧耕地にはわずかであるが、水不足が発生している水路下流部などで一部、近代圃場灌漑を実施している農家も存在する。これらの農家は、新規開拓農地での先行農家、またドリップなどの機材供給業者や農業普及員から近代灌漑システムの運用方法を学んでいる。このことから、初めて近代灌漑システムを導入しようとする農家には、展示圃場とともに一連の技術研修を提供することが必要である。研修は IAS（Irrigation Advisory Services）の地方職員が中心となって農民を対象に行うこととする。

8) Fayoum 地区に関しては、スプリンクラーやドリップといった近代圃場灌漑施設の導入を推奨しない。Fayoum 地区の末端には Quarn 湖と Rayan 湖が存在しているが、同地区への近代圃場灌漑施設の導入は両湖への排水量を大きく減少させる（例えばスプリンクラーを 10%面積に導入した場合 3%の排水量の減少、ドリップであれば 7%の減少となる）。両湖には観光業、塩精製業、漁業等に携わる多くのステークホルダーが存在しており、湖の塩湖としての水質および水位の両方を維持すべきである。すなわち、Fayoum 地区においては幹線・支線レベルの水路改修と併せて、効率的な水管理を実現するための Meska の改修など、排水量を減少させない状況下での灌漑施設の改善を図っていく事が推奨される

9) 先進的な水管理方法として、作付面積をフォローするための衛星画像分析の導入を提案している。これにより、MWRI は作付け状況、また収穫が行われた面積の情報を取得し適切な必要水量に基づく水配分が可能となる。また、衛星画像を用いれば生育不良といったより多くの用水供給を必要とする範囲を把握することも可能である。加えて、本事業の実施により水利用にかかる効率が改善されることが期待されるが、それと同時に運用管理面の改善が望まれる。現状では全国 26 の General Directorate for Irrigation に属する Directorate Engineer が施設操作を、Maintenance Section のエンジニアが日常管理と簡易メンテナンスを行っているが、これらの情報はナイル川の主要な堰を除いてほとんど共有されていない。これら施設の管理状況の発信・閲覧を関係者間で、例えばクラウド上で、更新・共有できるようなシステムを導入することが必要である。

本　文

目　次

位置図
要約
目　次
図表リスト
参考文献リスト

第１章　プロジェクトの背景、準備調査業務の枠組み 1-1
1.1　プロジェクト・準備調査業務の背景 1-1
1.2　事業の目的 1-1
1.3　準備調査業務の目的 1-1
1.4　事業・調査対象地域 1-2
1.5　関係官庁・機関等 1-2

第２章　エジプト国農業における機会と課題 2-1
2.1　エジプト国灌漑歴史、水利用、排水利用等 2-1
2.1.1　エジプト国灌漑の歴史的発展 2-1
2.1.2　エジプト国のカテゴリー別水資源とセクター別消費 2-1
2.1.3　将来の水需要と灌漑効率増加へのインプリケーション 2-3
2.2　農業・灌漑セクターにおける政策・開発計画 2-5
2.2.1　エジプトビジョン 2030（持続的成長戦略: SDS） 2-5
2.2.2　国家気候変動戦略 2050 2-6
2.2.3　国家水資源計画（2017、2037） 2-6
2.2.4　持続的農業開発計画 2030 2-8
2.2.5　全国規模の実施中プロジェクト：コンクリートライニングと近代圃場灌漑システム 2-11
2.3　事業実施に関連する組織 2-12
2.3.1　水資源灌漑省（MWRI） 2-12
2.3.2　農業土地開拓省（MALR） 2-13
2.4　ドナー支援事業（本項目は英文報告書に記載しない） 2-15
2.4.1　欧州連合（EU） 2-15
2.4.2　アフリカ開発銀行（ADB） 2-17
2.4.3　ドイツ復興金融公庫（KfW） 2-18
2.4.4　国際協力機構（JICA） 2-18
2.4.5　国際連合食糧農業機関（FAO） 2-19
2.4.6　国際農業開発基金（IFAD） 2-21
2.4.7　マルチドナーによる支援事業 2-22
2.4.8　その他支援事業 2-23

第 3 章　事業対象地域の概要 3-1
3.1　事業対象地域の特徴 3-1
3.1.1　優先地区の選定 3-1
3.1.2　地理的位置づけ 3-1
3.1.3　農家受益世帯数および受益者数 3-1
3.1.4　気象：気温、雨量および湿度 3-3
3.1.5　水文・灌漑水量 3-4
3.1.6　社会状況 3-5
3.1.7　貧困状況 3-8
3.1.8　ジェンダー状況の概略 3-10
3.2　事業対象地域の灌漑システム：上エジプト 3-12
3.2.1　上エジプトの灌漑システム 3-12
3.2.2　Bahr Yusef 基幹水路の灌漑システム 3-16
3.2.3　Ibrahimia 基幹水路の灌漑システム 3-17
3.2.4　上エジプト地区の優先地区 3-18
3.3　中央デルタ・Kased 地区の灌漑システム 3-22
3.3.1　ナイルデルタにおける灌漑 3-22
3.3.2　Kased 地区の灌漑システム 3-22
3.4　灌漑施設の維持管理 3-26
3.4.1　灌漑施設の維持管理に係る組織 3-26
3.4.2　水路維持管理局の体制 3-26
3.5　Meska 改良と近代灌漑の実施 3-30
3.5.1　 Irrigation Improvement Project (IIP) 3-30
3.5.2　 近代圃場灌漑に関する事例 3-32
3.6　実取水量と作付面積に基づく現状の灌漑効率 3-37
3.6.1　現状の灌漑効率の推定手順 3-37
3.6.2　現状の灌漑効率の算定 3-40
3.6.3　計画に用いる灌漑効率 3-42
3.6.4　灌漑水資源省 Planning Sector が算出した灌漑効率との比較 3-42
3.6.5　MWRI による灌漑効率の考え方、また過大な灌漑効率となる背景（英文には記載しない） 3-43
3.7　事業対象地域における農業および農業普及 3-46
3.7.1　農地利用および土壌 3-46
3.7.2　作付け体系および生産 3-48
3.7.3　主要作物の流通 3-54
3.7.4　農業普及サービス 3-55
3.7.5　農業協同組合 3-56

3.8 衛星画像解析による作付面積の経時変化 3-58
3.8.1 解析方法 3-58
3.8.2 灌漑セクション別の灌漑面積（作付面積） 3-60
3.8.3 県別の灌漑面積（作付面積） 3-62
3.9 農家経済状況および近代圃場灌漑導入に係る農民意向 3-65
3.9.1 農家経済調査概要 3-65
3.9.2 農家経済調査対象農家の特徴 3-65
3.9.3 農家経済調査に基づく水不足の状況 3-67
3.9.4 農家経済調査に基づく作物生産量 3-68
3.9.5 農家経済調査に基づく農業収入、農外収入および支出 3-69
3.9.6 農家経済調査に基づくその他の特徴 3-71
3.9.7 近代圃場灌漑施設に対する認識および導入に係る意向 3-72
3.10 エジプト国農業セクターに関する金融サービスの現状 3-78
3.10.1 エジプト金融市場の発展 3-78
3.10.2 農村・農業金融サービスの現状 3-78
3.10.3 エジプト国農村・農業金融にかかる規制の枠組みと支援政策 3-79
3.10.4 近代灌漑設備整備のための現行金融スキームの概要 3-80
3.10.5 資金調達に関する家計調査の結果 3-82

第4章 事業計画策定 4-1
4.1 事業計画策定の方向性と計画策定にあたっての基本緒言の設定 4-1
4.1.1 事業計画策定の方向性と想定される事業コンポーネント 4-1
4.1.2 事業対象地域の灌漑面積決定 4-3
4.1.3 目標灌漑効率の設定 4-7
4.1.4 必要管理水位（RWL: Regulating Water Level）と設計流量の決定 4-12
4.2 水理解析および水路改修にかかる検討 4-16
4.2.1 解析手法および流量条件の設定 4-16
4.2.2 Bahr Yusef 基幹水路および Ibrahimia 基幹水路 4-18
4.2.3 Abo Shosha 地区 4-23
4.2.4 Aros & Abo Seer 地区 4-31
4.2.5 Kased 地区 4-36
4.3 大型水理構造物の建設（コンポーネント 1） 4-51
4.3.1 水理構造物建設予定地点における地質・構造物調査結果 4-51
4.3.2 大型水理構造物の基本設計（Kased 取水工、Mahlet Menouf 調整堰、Sorad 調整堰） 4-54
4.4 小規模水理構造物の建設、水理構造物のリハビリ（コンポーネント 2、3） 4-68
4.4.1 アプローチと調査方法 4-68

4.4.2　1 段階目の構造調査(全数調査) 4-69
4.4.3　2 段階目の構造物調査（S1 および S2 施設に関する調査） 4-73
4.5　大型水路（Bahr Yusef、Ibrahimia、Kased 水路）の改修（コンポーネント 4） 4-81
4.5.1　Bahr Yusef と Ibrahimia 基幹水路の整備計画 4-81
4.5.2　Bahr Yusef 基幹水路湾曲部の整備計画 4-88
4.5.3　Kased 幹線水路 4-89
4.6　支線水路の改修、ライニング（コンポーネント 5） 4-90
4.6.1　一般的な水路のライニング工法 4-90
4.6.2　現在のエジプトでのライニング工法の考察 4-93
4.6.3　コンクリートライニング導入による水位低下、水位維持のために必要な水路幅減少規模 4-94
4.6.4　代替案（現況コンクリートライニングからの改善案） 4-95
4.6.5　3 優先地区におけるコンクリートライニング導入区間 4-98
4.6.6　コンクリートライニングによる浸透量の低減 4-100
4.7　水管理システム（コンポーネント 6） 4-103
4.7.1　水路における既存の水配分状況 4-103
4.7.2　マクロ・メゾレベルでの水管理の向上 4-104
4.7.3　栽培面積を適宜フォロー可能な視覚的水管理システムの導入 4-107
4.8　維持管理用機材の調達（コンポーネント 7） 4-109
4.8.1　コンクリートライニング水路の維持管理方法 4-109
4.8.2　水路維持管理用機材の更新・導入 4-110
4.8.3　ワークショップ機材の更新・導入 4-111
4.9　近代圃場灌漑の導入（コンポーネント 8） 4-113
4.9.1　近代圃場灌漑の方式 4-113
4.9.2　近代圃場灌漑オプション 4-114
4.9.3　TRAM に基づく近代圃場灌漑のオペレーション 4-116
4.9.4　近代圃場灌漑基本設計 4-117
4.9.5　代表的な近代圃場灌漑施設の仕様およびコスト 4-118
4.9.6　ソーラーパワーによるポンプ運転 4-124
4.9.7　近代灌漑導入による作物栽培研修プログラム 4-125
4.10　近代的圃場灌漑施設の導入に伴う Fayoum 地域の灌漑開発 4-127
4.10.1　Fayoum の全体水収支 4-127
4.10.2　Fayoum における将来の全体水収支の変化 4-133
4.10.3　Rayan 湖を犠牲にする場合の近代的圃場灌漑施設導入の可能性 4-137
4.11　近代圃場灌漑のためのファイナンス支援 4-139
4.11.1　ツー・ステップ・ローン 4-139
4.11.2　アドバンス方式によるプロジェクトローン 4-145
4.11.3　近代灌漑設備整備のための金融スキームの提案 4-146

4.12 近代圃場灌漑における水利組合の設立 4-148
4.12.1 MWRI と農家の間での水管理デマケ―ション 4-148
4.12.2 水管理改善プロジェクト（IIP）における水利組合の設立 4-148
4.12.3 近代圃場灌漑における水利組合の設立 4-149
4.12.4 3 優先地区における WUA の想定数 4-151
4.13 営農計画 4-152
4.13.1 営農計画策定の枠組み 4-152
4.13.2 上エジプト地域における営農計画 4-153
4.13.3 デルタ地域（Kased 地区）における営農計画 4-157

第 5 章 融資計画、事業コスト、実施体制等 5-1
5.1 融資計画および円借款の対象部分 5-1
5.1.1 事業の範囲とコンポーネント 5-1
5.1.2 円借款における融資的確範囲 5-2
5.2 コンポーネント別の実施形態と資金フロー 5-3
5.2.1 コンポーネント別実施方法 5-3
5.2.2 コンポーネント別の資金フロー形態：Transfer 方式と Advance 方式 5-4
5.3 事業費積算、パッケージングおよび他優先地区を含めたスケールアップ 5-7
5.3.1 積算のベース 5-7
5.3.2 コンポーネント別および全体事業費 5-8
5.3.3 コンポーネントのパッケージング 5-18
5.4 コンポーネント別および全体事業実施スケジュール 5-19
5.5 事業実施体制 5-22
5.5.1 関係省庁 5-22
5.5.2 MWRI による類似事業の経験 5-24
5.5.3 中央レベルおよび地方レベルにおける事業実施体制 5-25
5.6 事業実施後の維持管理体制 5-27
5.6.1 水理施設の操作・維持管理 5-28
5.6.2 水管理施設の操作・維持管理 5-28
5.6.3 維持管理用機材およびワークショップ機材の維持管理体制 5-28
5.6.4 近代圃場灌漑施設の操作・維持管理について 5-29
5.7 借款コンサルタントサービス 5-29
5.8 エジプト水管理分野で必要となる技術支援 5-32

第 6 章 事業効果の検討 6-1
6.1 事業の経済評価 6-1
6.1.1 経済評価の仮定 6-1
6.1.2 経済価格による事業費 6-3
6.1.3 経済的便益 6-3

6.1.4　経済効率性 6-8
6.2　農業所得分析 6-9
6.2.1　農業所得モデル 6-9
6.2.2　事業実施による農業所得の増加 6-10
6.2.3　近代灌漑システムに係る費用返済 6-13
6.2.4　貧困世帯の近代灌漑システムに係る費用返済 6-15
6.2.5　事業による貧困軽減への貢献 6-16
6.2.6　事業による食料安全保障への貢献 6-16
6.3　プロジェクトの運用と効果に関する指標案 6-16
6.3.1　水理構造物と水路の改修・建設 6-17
6.3.2　近代圃場灌漑（MOI: Modern On-farm Irrigation） 6-17

第７章　環境社会配慮 7-1
7.1　事業コンポーネント 7-1
7.2　環境社会配慮にかかる法制度・組織 7-5
7.2.1　環境社会配慮にかかるエジプトの法制度・組織 7-5
7.2.2　エジプトの環境基準 7-9
7.2.3　ギャップ分析 7-11
7.3　環境社会影響評価 7-15
7.3.1　ベースとなる環境社会の現状 7-15
7.3.2　代替案の検討 7-21
7.3.3　スコーピングおよび環境社会配慮調査の TOR 7-23
7.3.4　環境影社会配慮調査結果 7-28
7.3.5　影響評価 7-32
7.4　緩和策およびモニタリング計画 7-39
7.4.1　緩和策および費用 7-39
7.4.2　モニタリング計画および費用 7-42
7.5　実施体制 7-44
7.6　苦情処理 7-46
7.7　ステークホルダー協議 7-47
7.8　用地取得・住民移転 7-53
7.9　環境チェックリストおよびモニタリングフォーム 7-54
7.9.1　環境チェックリスト（案） 7-54
7.9.2　モニタリングフォーム（案） 7-57
7.10　気候変動 7-62
7.10.1　緩和策（温室効果ガスの削減） 7-62
7.10.2　適応策 7-63

第 8 章　事業実施・案件管理上の留意点 8-1
8.1　リスク管理シート 8-1
8.2　事業実施にあたっての留意事項 8-3
8.2.1　水管理における受益者参加 8-3
8.2.2　近代圃場灌漑施設の導入に係る受益者からの積極的受容 8-4
8.2.3　事業実施におけるジェンダー配慮 8-5
8.2.4　貧困農民における近代圃場灌漑施設の導入に係る支援 8-7
8.2.5　大規模 3 堰の施設の設計変更にかかる工事費への影響 8-8

第 9 章　結論と提言 9-1
9.1　結論 9-1
9.2　提言 9-1

略語

ABE	Agricultural Bank of Egypt	エジプト農業銀行
AfDB	African Development Bank	アフリカ開発銀行
AES	Agricultural Extension Sector	農業普及局（農業土地開拓省）
AMS	Agricultural Mechanization Sector	農業機械課局（水資源灌漑省）
ARC	Agricultural Research Center	農業研究センター（農業土地開拓省）
ASFS	Agricultural Services and Follow-up Sector	農業サービス・フォローアップ局
BCWUA	Branch Canal Water Users' Association	支線水路水利組合
BOD	Biochemical Oxygen Demand	生化学的酸素要求量
BOQ	Bill of Quantities	数量計算書
CAPMAS	Central Agency for Public Mobilization and Statistics	市民動員・統計中央庁
CBE	Central Bank of Egypt	エジプト中央銀行
CDIAS	Central Department for Irrigation Advisory Service	灌漑助言サービス中央局
CDIIP	Central Department of Irrigation Improvement Project	灌漑改善事業中央局
CDWD	Central Directorate of Water Distribution	配水中央局
CDCM	Central Directorate for Canal Maintenance	水路維持管理局
COD	Chemical Oxygen Demand	化学的酸素要求量
DD	Detailed Design	実施設計
DFA	Direct Force Account	直営工事
DGRs	Dirout Group of Regulators	ダイリュート堰群
DWB	District Water Board	地方水委員会
DO	Dissolved Oxygen	溶存酸素
EC	Electric Conductivity	電気伝導度
EEAA	Egyptian Environmental Affairs Agency	エジプト環境庁
EGP	Egyptian Pound	エジプトポンド
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的内部収益率
EMMP	Environment Management and Monitoring Plan	環境管理モニタリング計画
EPADP	Egyptian Public Authority for Drainage Project	エジプト排水庁
ESA	Egyptian General Authority for Land Survey	エジプト土地測量庁
EU	European Union	欧州連合
EVI	Enhanced Vegetation Index	強化植生指数
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	国際連合食糧農業機関
FIMP	Farm-level Irrigation Modernization Project	圃場灌漑近代化プロジェクト
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務内部収益率
GD	General Directorate	地方局（灌漑水資源省、県レベル）
GDI	Gender Development Index	ジェンダー開発指数
GDIAS	General Directorate of Irrigation Advisory Service	灌漑助言サービス地方局
GDIIP	General Department of Irrigation Improvement Project	灌漑改善事業地方局
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GII	Gender Inequality Index	ジェンダー不平等指数
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale	ドイツ国際協力公社

	Zusammenarbeit	
GNSS	Global Navigation Satellite System	全球測位衛星システム
GNP	Gross National Product	国民総生産
GOE	Government of Egypt	エジプト政府
GOJ	Government of Japan	日本政府
HDI	Human Development Index	人間開発指数
HEPS	Horizontal Expansion Project Sector	水平拡大事業局
IAS	Irrigation Advisory Service	灌漑助言サービス
IBRD	International Bank for Reconstruction and Development	国際復興開発銀行
ICB	International Competitive Bidding	国際競争入札
ICT	Information and Communication Technology	情報通信技術
ID	Irrigation Department	灌漑局（水資源灌漑省）
IFAD	International Fund for Agricultural Development	国際農業開発基金
IIIMP	Integrated Irrigation Improvement and Management Project	統合灌漑改善管理事業
IIP	Irrigation Improvement Project	灌漑改善事業
IIS	Irrigation Improvement Sector	灌漑改善局（水資源灌漑省）
IMT	Irrigation Management Transfer	灌漑管理移管
IS	Irrigation (Affairs) Sector	灌漑部局（ID配下）
IWMD	Integrated Water Management District	統合水管理地方局
IWRM	Integrated Water Resource Management	統合水資源管理
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JSSS	JICA Standard Safety Specification	JICA安全標準仕様書
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau	復興金融公庫（独）
LA	Loan Agreement	融資契約
LCB	Local Competitive Bidding	国内競争入札
LE	livre égyptienne (French for Egyptian pound)	エジプトポンド
MALR	Ministry of Agriculture and Land Reclamation	農業土地開拓省
MD	Minutes of Discussions	討議議事録
MED	Mechanical and Electric Department	機械・電気局
MOA	Memorandum of Agreement	覚書
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer	中分解能撮像分光放射計
MOE	Ministry of Environment	環境省
MOF	Ministry of Finance	財務省
MOH	Ministry of Housing, Utilities and Urban Development	住宅・公共サービス都市開発省
MOI	Modern On-farm Irrigation	近代圃場灌漑
MOIC	Ministry of International Cooperation	国際協力省
MWRI	Ministry of Water Resources and Irrigation	水資源灌漑省
NBE	National Bank of Egypt	エジプト国立銀行
NCW	National Council for Women	国家女性評議会
NH_3	Ammonia	アンモニア
NPL	Nonperforming Loan	不良債権ローン
NPV	Net Present Value	純現在価値
NWRC	National Water Research Center	国立水研究センター
NWRP	National Water Resources Plan	国家水資源計画
OFIDO	On-farm Irrigation Development in the Old Lands	旧耕地における圃場灌漑開発事業

OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries	石油輸出国機構
O&M	Operation and Maintenance	操作・維持管理
PFI	Participating Financial Institution	参加金融機関
PS	Planning Sector	計画局（水資源灌漑省）
RD	Record of Discussions	討議議事録
RGBS	Reservoirs and Grand Barrages Sector	貯水池・大堰局
SADS2030	Sustainable Agricultural Development Strategy towards 2030	持続的農業開発戦略（2030）
SCF	Standard Conversion Factor	標準変換係数
SDS	Sustainable Development Strategy	持続可能な開発戦略
SS	Suspended Solid	懸濁物質
STAR	Sustainable Transformation for Agricultural Resilience in Upper Egypt Project	上エジプト地域レジリエンスのための持続的農業転換事業
SWMT	Strengthening for Water Management Transfer	水管理移転強化
TCP	Technical Cooperation Project (of JICA)	技術協力プロジェクト（JICA）
TDS	Total Dissolved Solid	全溶解物質
T-N	Total Nitrogen	全窒素
TOR	Terms of Reference	特記仕様書
T-P	Total Phosphorus	全りん
TSL	Two Step Loan (of JICA)	ツー・ステップ・ローン
TSS	Total Suspended Solid	総懸濁物質
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
USAID	United States Agency for International Development	米国国際開発庁
WARUS	Project for Drainage Water Quality Control for Irrigation in Middle Delta	中央デルタ灌漑のための排水水質管理・再利用プロジェクト
WB	World Bank	世界銀行
WMIP	Water Management Improvement Project	水管理改善事業
WTO	World Trade Organization	世界貿易機関
WUA	Water Users' Association	水利組合
WUO	Water Users Organization	水利組織

単位換算

1 lb (pound)	0.453 592 kg
1 kilogram	2.205 pounds
1 ton (long ton)	2240 pounds
1 metric ton	1000 kilograms 2204.623 pounds
1 pond	0.4536 kg
1 kg	2.2046 ponds
1 Gallon	4.5461 litre
1 Litre	0.2200 Gallon
1 inch (in.)	2.54 cm
1 feet (ft.)	30.5 cm
1 meter	3.279 feet
1 kilometer	0.621 mile
1 mile	1.601 kilometer

1 acre (ac)	0.40468 ha
1 hectare (ha)	2.471 ac
1 ac-ft	1233.4 cum
1 square kilometer	0.386 sq.mile
1 Milliard	One thousand millions; equivalent to U.S. billion

通貨換算（2022 年 11 月時点）

1 US$ = 147.5 Japanese Yen (TTB)
1 EGP = 6.38 Yen (TTS)
1 US$ = 23.12 EGP

会計年度

7 月 1 日から翌年 6 月 30 日

表リスト

表 2.1.1 エジプト国で利用可能なカテゴリー別水資源量とセクター別水消費量の傾向 2-2
表 2.1.2 NWRP と統計書（Statistical Yearbook）による水需給バランス（2015 年） 2-3
表 2.1.3 将来の水利用と農業セクターでの利用可能水量 2-3
表 2.1.4 NWRP による 2015 年と 2037 年の水供給比較 2-4
表 2.2.1 主たる行動指標（Egypt Vision 2030） 2-5
表 2.2.2 気候変動適用に関する必要なコストとセクター 2-6
表 2.2.3 NWRP2017 における戦略 2-7
表 2.2.4 持続的農業開発計画 2030（更新版）アクションプランにおける国家プロジェクトの内容（1-1 および 1-2 のみ） 2-9
表 2.2.5 持続的農業開発計画 2030（更新版）アクションプランにおける国家プロジェクトの達成指標(1-1 および 1-2 のみ） 2-10
表 3.1.1 優先地区の農地および農地所有規模別農地所有者数 3-2
表 3.1.2 事業対象地域における受益者数の推計 3-3
表 3.1.3 事業対象地域の月別平均最高気温（2020 年） 3-3
表 3.1.4 事業対象地域の月別雨量（2020 年） 3-3
表 3.1.5 事業対象地域の月別平均湿度（2020 年） 3-3
表 3.1.6 事業対象地域における保健指標 3-6
表 3.1.7 下水道整備率（2021 年） 3-6
表 3.1.8 事業対象地域の非識字率および基礎教育の中退率 3-7
表 3.1.9 事業対象地域の道路舗装率 3-7
表 3.1.10 エジプト国のジェンダーインデックススコア 3-10
表 3.2.1 水配分協定に基づく比率 3-12
表 3.2.2 新 Dirout 堰群における最大流量（設計流量） 3-13
表 3.2.3 Bahr Yusef 基幹水路上の主要構造物リスト 3-16
表 3.2.4 Bahr Yusef 基幹水路上の灌漑施設のゲート形式 3-17
表 3.2.5 Ibrahimia 基幹水路上の主要構造物リスト 3-17
表 3.2.6 Ibrahimia 基幹水路上の灌漑施設のゲート形式 3-18
表 3.2.7 Abo Shosha 地区（Beni Suef 県）の要約 3-19
表 3.2.8 Aros & Abo Seer 地区（Fayoum 県）の要約 3-19
表 3.2.9 Abo Shosha 灌漑地区の水路長と水路掛り面積（Beni Suef 県） 3-20
表 3.2.10 Aros & Abo Seer 灌漑地区の水路長と水路掛り面積（Fayoum 県） 3-21
表 3.3.1 Kased 地区の主要施設リスト 3-23
表 3.3.2 Kased 地区の水路長と水路掛り面積（Gharbia 県） 3-24
表 3.4.1 水路維持管理局の人員構成 3-27
表 3.4.2 水路維持管理局（Gharbia 事務所）の維持管理用機材 3-27
表 3.4.3 水路維持管理局（Minya 事務所）の維持管理用機材 3-28
表 3.4.4 ワークショップ機材の状態（Gharbia 事務所および Minya 事務所） 3-29
表 3.5.1 IIIMP の資金概況 3-31
表 3.5.2 実施パートナーと活動の内訳 3-31
表 3.5.3 IIIMP における Meska 改良事業の概況 3-31
表 3.5.4 Meska 改良に向けた IAS の対応ステップと各ステージの内容 3-32
表 3.5.5 Meska 改良事業の仕様の例 3-32
表 3.5.6 Meska 改良による教訓 3-32
表 3.5.7 個人農家レベルによる近代灌漑の導入事例 3-34

表 3.5.8 Field Irrigation Development PMU の実施事業 3-34
表 3.5.9 近代灌漑整備導入に向けたプログラムのステップ 3-35
表 3.5.10 IAMP を構成する事業 3-35
表 3.5.11 EU Water STAR による事業実施への主な勧告事項 3-36
表 3.6.1 現状の灌漑効率を算定するためのデータと方法 3-37
表 3.6.2 Bahr Yusef 受益地のセクション別および月別の取水量 3-38
表 3.6.3 Ibrahimia 受益地のセクション別および月別の取水量 3-38
表 3.6.4 衛星画像から算定されたエリア 3-39
表 3.6.5 MWRI が利用している標準的な作物の水消費量表 3-39
表 3.6.6 灌漑以外の水使用、上工水、排水再利用、水路から水路およびナイル川からの供給 3-40
表 3.6.7 総合灌漑効率（排水再利用を考慮しない場合、淡水に対する灌漑効率） 3-41
表 3.6.8 総合灌漑効率（排水再利用を考慮した場合、排水再利用を含めた全使用水量に対する灌漑効率） 3-41
表 3.6.9 計画や設計で用いる基準の灌漑効率（現状の総合灌漑効率） 3-42
表 3.6.10 MWRI Planning Sector による Fayoum 地区の灌漑効率の算定 3-43
表 3.6.11 MWRI Planning Sector と JICA 調査団算出の灌漑効率の比較 3-43
表 3.6.12 MWRI、JICA 調査団、MWRI Planning Sector 算定の灌漑面積 3-45
表 3.7.1 事業対象地域が位置する郡の土地利用 3-46
表 3.7.2 様々な土壌タイプの物理的・化学的分析 3-48
表 3.7.3 上エジプト 4 県の作付け面積（2010/11 から 2015/16 の平均） 3-50
表 3.7.4 デルタ 2 県の作付け面積（2010/11 年から 2015/16 年の平均） 3-50
表 3.7.5 Kased 幹線水路掛かりの作付け面積（コメの作付面積調整後） 3-53
表 3.7.6 旧耕地における主要作物の単収と世界平均との比較（単位：トン/ha） 3-54
表 3.7.7 事業対象地域の農業普及センター数 3-56
表 3.7.8 各県の村落農協数 3-56
表 3.9.1 農家経済調査の対象村 3-65
表 3.9.2 農地面積規模別の分布 3-65
表 3.9.3 世帯構成員による農業従事 3-66
表 3.9.4 調査対象農家における主要作物 3-67
表 3.9.5 農地位置別の平均収量（1） 3-68
表 3.9.6 農地位置別の平均収量（2） 3-69
表 3.9.7 平均月間支出額（LE） 3-71
表 3.9.8 近代圃場灌漑施設導入にかかる意見徴収・集約結果（Abo Shosha, BeniSuef） 3-75
表 3.9.9 近代圃場灌漑施設導入にかかる意見徴収・集約結果（Aros & Abo Seer, Fayoum） 3-76
表 3.9.10 近代圃場灌漑施設導入にかかる意見徴収・集約結果（Kased, Gharbia） 3-77
表 3.10.1 農民向け政策融資プログラム 3-80
表 4.1.1 事業計画策定の方向性（案 2 を採用） 4-1
表 4.1.2 本件事業計画で提案されるコンポーネント 4-2
表 4.1.3 2 つの衛星画像分析手法の比較（LANDSAT 利用と Sentinel-2 利用） 4-3
表 4.1.4 作物毎・地域別 Ground Truth 調査の結果（NDVI ピーク値） 4-3
表 4.1.5 衛星画像分析に基づく純灌漑面積（作付面積）と MWRI の灌漑面積の比較 4-4
表 4.1.6 MWRI 面積、MWRI Planning Sector 報告面積および JICA 調査団算出面積の比較 4-5
表 4.1.7 事業対象地区の概要(Bahr Yusef 基幹水路、Ibrahimia 基幹水路) 4-6
表 4.1.8 事業対象地区の概要(3 優先地区) 4-7
表 4.1.9 灌漑効率の種類と対象施設 4-8
表 4.1.10 現状の各効率と灌漑効率 4-8

表 4.1.11 コンクリートライニングによる搬送効率向上の例（FAO） 4-9
表 4.1.12 既往調査による圃場適用効率の値 4-9
表 4.1.13 圃場灌漑適用効率 4-10
表 4.1.14 目標灌漑効率設定のための各種条件 4-10
表 4.1.15 目標灌漑効率の設定 4-11
表 4.1.16 2018-2020 における基幹水路の月平均流量記録（m^3/s） 4-12
表 4.1.17 Bahr Yusef および Ibrahimia 基幹水路の月別単位消費水量 4-12
表 4.1.18 Kased 地区の月別単位消費水量 4-13
表 4.1.19 作物別単位消費水量表から算定される Bahr Yusef および Ibrahimia 基幹水路における単位必要水量 4-14
表 4.1.20 実測流量から算定される Bahr Yusef および Ibrahimia 基幹水路における単位必要水量 4-14
表 4.1.21 作物別単位消費水量表から算定される Kased 地区における単位必要水量 4-14
表 4.1.22 地区別の単位設計流量 4-15
表 4.2.1 解析対象水路概要表 4-18
表 4.2.2 Dirout 堰群地点における検討流量 4-19
表 4.2.3 水路表面の状態別の粗度係数一覧表 4-19
表 4.2.4 解析対象水路諸元（Abo Shosha 地区） 4-23
表 4.2.5 解析ケース一覧（Abo Shosha 地区） 4-24
表 4.2.6 境界条件一覧表（Abo Shosha 地区） 4-24
表 4.2.7 ポンプ場諸元一覧（Abo Shosha 地区） 4-25
表 4.2.8 解析対象水路上の堰一覧（Abo Shosha 地区） 4-25
表 4.2.9 各支線水路への配水に必要な水位一覧（Abo Shosha 地区） 4-25
表 4.2.10 取水地点の水位一覧（Abo Shosha 幹線水路：現行条件） 4-28
表 4.2.11 取水地点の水位一覧（Abo Shosha 幹線水路：夏作期将来条件） 4-28
表 4.2.12 取水地点の水位一覧（Abo Shosha 幹線水路：冬作期将来条件） 4-29
表 4.2.13 支線水路の解析条件（Abo Shosha 地区） 4-29
表 4.2.14 各水路における将来条件での最大水位低下量（Abo Shosha 地区） 4-31
表 4.2.15 解析対象水路諸元（Aros & Abo Seer 地区） 4-31
表 4.2.16 解析条件一覧表（Aros & Abo Seer 地区） 4-32
表 4.2.17 境界条件一覧表（Aros & Abo Seer 地区） 4-32
表 4.2.18 解析対象堰および水車一覧（Aros & Abo Seer 地区） 4-33
表 4.2.19 将来条件における水位低下量（Abo Shosha 地区） 4-36
表 4.2.20 解析対象水路諸元（Kased 地区） 4-37
表 4.2.21 解析対象水路の堰一覧（Kased 地区） 4-37
表 4.2.22 解析ケース（Kased 地区、2021 年時流量条件：夏季 52.0m^3/s） 4-38
表 4.2.23 解析ケース（Kased 地区、2021 年時流量条件：冬季 18.0m^3/s） 4-38
表 4.2.24 解析ケース（Kased 地区、2022 年時流量条件：冬季 15.0m^3/s） 4-38
表 4.2.25 境界条件一覧表（Kased 地区） 4-41
表 4.2.26 境界条件一覧表（Kased 地区上流） 4-41
表 4.2.27 浄水場一覧（Kased 地区） 4-41
表 4.2.28 各取水地点における必要水位一覧（Kased 地区） 4-42
表 4.2.29 解析結果一覧（Kased 幹線水路：現況および将来条件の比較） 4-43
表 4.2.30 解析結果一覧（Kased 幹線水路：将来条件における Mahlet Menouf 改修前後の比較） 4-44
表 4.2.31 各取水地点における必要水位と解析水位との比較（Kased 幹線水路） 4-45
表 4.2.32 解析結果一覧（Kased 地区支線水路） 4-45
表 4.2.33 各取水地点における必要水位と解析水位との比較（Kased 地区支線水路水路） 4-45

表 4.2.34 解析結果一覧（Tanta Navigation 水路、新堰建設前の条件） 4-48
表 4.2.35 解析結果一覧（Tanta Navigation 水路、新堰建設後の条件） 4-49
表 4.3.1 Tanta 調整堰の一軸圧縮強度 4-51
表 4.3.2 Sorad 調整堰の一軸圧縮強度 4-53
表 4.3.3 Kased 幹線水路上の各調整堰の水理条件 4-54
表 4.3.4 Kased 取水工建設位置の検討 4-55
表 4.3.5 New Mahlet Menouf 調整堰新設位置の検討 4-56
表 4.3.6 Sorad 調整堰新設位置の検討 4-58
表 4.3.7 対象地区内の既設調整堰のゲート径間長と通水幅範囲 4-59
表 4.3.8 ゲート形式の比較 4-59
表 4.3.9 調整堰の規模別の許容流速値 4-60
表 4.3.10 調整堰上げの算定方法 4-61
表 4.3.11 各調整堰の水理検討結果 4-61
表 4.3.12 各調整堰の主要部敷高の一覧 4-61
表 4.3.13 各調整堰の調整堰柱のゲート標高と高さ 4-62
表 4.3.14 各調整堰の調整堰柱天端標高と高さ 4-63
表 4.3.15 各調整堰のエプロン長さと厚さの検討結果 4-63
表 4.3.16 各調整堰の護床工長の検討結果 4-63
表 4.3.17 Kased Intake の杭基礎の配列 4-64
表 4.3.18 各調整堰の遠方操作室の大きさ 4-65
表 4.3.19 想定される各調整堰の工事期間中の通水量と締切り工法 4-65
表 4.4.1 データシート(調整堰の例) 4-70
表 4.4.2 1 段階目調査に関する評価シート(調整堰の例) 4-70
表 4.4.3 S1～S5 の総合評価に関する判定基準 4-70
表 4.4.4 灌漑施設のインベントリー 4-71
表 4.4.5 2 段階目調査の評価シート（調整堰の例） 4-74
表 4.4.6 S1 と S2 で再評価された施設（受益地・施設種類別） 4-75
表 4.4.7 現地で確認された S1 および S2 構造物数、および灌漑局による最終的な数量 4-76
表 4.4.8 S1 に評価された構造物（地区別に整理） 4-76
表 4.4.9 S2 に評価された構造物（地区別に整理） 4-77
表 4.5.1 護岸形式と合成粗度の比較検討表 4-81
表 4.5.2 Bahr Yusef 基幹水路整備計画断面 4-82
表 4.5.3 Ibrahimia 基幹水路整備計画断面 4-82
表 4.5.4 Bahr Yusef 基幹水路水位 4-82
表 4.5.5 Ibrahimia 基幹水路水位 4-83
表 4.5.6 Bahr Yusef 基幹水路浚渫土量集計表 4-86
表 4.5.7 Ibrahimia 基幹水路浚渫土量集計表 4-86
表 4.5.8 Bahr Yusef 基幹水路の嵩上げ区間 4-87
表 4.5.9 Ibrahimia 基幹水路の嵩上げ区間 4-88
表 4.5.10 Bahr Yusef 基幹水路に存在する湾曲部対策要請箇所リスト 4-88
表 4.5.11 Kased 幹線水路の護岸改修区間 4-89
表 4.6.1 水路の改修による水深の変化 4-94
表 4.6.2 コンクリートライニング工法の代替案 4-96
表 4.6.3 Abo Shosha 地区の支線水路リスト 4-99
表 4.6.4 Aros & Abo Seer 地区の支線水路リスト 4-99
表 4.6.5 Kased 地区の支線水路リスト 4-100

表 4.6.6　支線水路へのコンクリートライニング導入による灌漑効率の変化 4-101
表 4.6.7　支線水路のコンクリートライニング導入による損失低減 4-101
表 4.6.8　標準的な支線水路断面からの蒸発損失量の推定 4-101
表 4.6.9　支線水路へのコンクリートライニング導入による灌漑効率の変化 4-102
表 4.6.10　支線水路のコンクリートライニング導入による損失低減効果 4-102
表 4.7.1　監視対象の要望施設と監視機器 4-105
表 4.7.2　監視対象施設がかりの地区名と面積 4-105
表 4.7.3　Kased 水管理システム改善の概算工事費 4-107
表 4.7.4　一般公開されている衛星画像システム 4-107
表 4.8.1　維持管理用機材 調達リスト 4-110
表 4.8.2　維持管理用機材の使用目的 4-111
表 4.8.3　ワークショップ機材 調達リスト 4-111
表 4.9.1　Old lands 農家の近代灌漑施設の導入状況 4-113
表 4.9.2　近代灌漑導入に向けた提案 4-114
表 4.9.3　近代灌漑導入の整備ケース 4-115
表 4.9.4　FAO による代表的な土壌の特性 4-116
表 4.9.5　土壌の種類と想定作物別の灌漑間隔 4-116
表 4.9.6　近代灌漑システムの設計条件 4-117
表 4.9.7　標準的な圃場レイアウト 4-118
表 4.9.8　Meska パイプラインの仕様 4-119
表 4.9.9　ポンプと幹線管路の仕様 4-119
表 4.9.10　スプリンクラー灌漑とドリップ灌漑の仕様（圃場(0.8 feddan)あたり） 4-119
表 4.9.11　潅漑対象面積と散水ブロック 4-120
表 4.9.12　3 つの優先地区から選定したモデル地区 4-121
表 4.9.13　各モデル地区のポンプ台数 4-121
表 4.9.14　対象灌漑面積に対するポンプと幹線管路の仕様 4-122
表 4.9.15　スプリンクラー灌漑システムの概算工事費（33.3 feddan 相当） 4-123
表 4.9.16　ドリップ灌漑システムの概算工事費（33.3 feddan 相当） 4-123
表 4.9.17　優先地区ごとの概算工事費 4-123
表 4.9.18　灌漑規模や散水機器レイアウトごとの概算工事費の例 4-124
表 4.9.19　ソーラーパワーによるポンプ仕様およびコスト 4-125
表 4.9.20　近代灌漑の技術研修計画 4-126
表 4.10.1　Fayoum への月別の配水量（MCM）（規定割り当て水量：2,600 MCM） 4-128
表 4.10.2　Rayan 湖および Qarun 湖への排水量 4-129
表 4.10.3　Rayan 湖における湖表面からの蒸発量 4-129
表 4.10.4　Qarun 湖における湖表面からの蒸発量 4-130
表 4.10.5　Fayoum 全域の純作物水消費量（MCM） 4-130
表 4.10.6　Fayoum 地域の全体水収支バランス 4-131
表 4.10.7　Fayoum 地域の灌漑効率 4-132
表 4.10.8　New Land 農地および Old Land 農地別の純および総計（Gross）の圃場灌漑水量 4-134
表 4.10.9　現状の排水状況の推定（排水の水源別） 4-134
表 4.10.10 異なる圃場灌漑方式別の圃場灌漑効率 4-134
表 4.10.11 圃場灌漑効率および分配効率により構成される全体（システム）灌漑効率 4-135
表 4.10.12 近代圃場灌漑施設、水路ライニング導入に伴い湖に流出する排水量の変化 4-136
表 4.10.13 近代圃場灌漑、水路ライニングに伴い湖に流出する排水量の変化、および湖保持のために必要とされる流量 4-136

表 4.10.14 近代圃場灌漑、水路ライニング導入に伴い Fayoum にて必要とされる流量（湖への流出の有無別） 4-136
表 4.10.15 Qarun 湖を維持する条件下での必要水量（Rayan 湖は維持しない条件） 4-138
表 4.10.16 Qarun 湖を維持する条件下での近代的圃場灌漑による灌漑効率(Rayan 湖は維持しない条件） 4-138
表 4.11.1 JICA ツー・ステップ・ローンにかかる条件概要書 4-139
表 4.11.2 TSL のケースにおける PFI 候補の業務概況 4-140
表 4.11.3 TSL のケースにおける PFI 候補の財務健全性指標 4-141
表 4.11.4 PFI 候補の財務諸表(単位 Billion LE) 4-141
表 4.11.5 エンドユーザーとなる農家にとっての諸条件 4-143
表 4.11.6 ツー・ステップ・ローン案件における JICA 定期報告書 4-144
表 4.11.7 JICA 支援スキームの条件 4-145
表 4.12.1 3 優先地区における Meska WUA と農家の想定数 4-151
表 4.13.1 営農計画策定の想定 4-153
表 4.13.2 近代灌漑導入による聞き取り農家の作付転換 4-153
表 4.13.3 上エジプトにおける計画作付体系および作付率 4-154
表 4.13.4 計画増収率 4-155
表 4.13.5 事業実施による増収率の設定 4-155
表 4.13.6 既存試験研究と農家経済調査結果との比較による増収率 4-155
表 4.13.7 種々の近代灌漑の試験研究による増収率 4-156
表 4.13.8 デルタ地域における計画作付け体系および作付率 4-157
表 5.1.1 事業コンポーネントと主要工事内容、および想定実施官庁 5-1
表 5.1.2 プロジェクトコンポーネントとドナー・MWRI 間における想定プロジェクト費用分担 5-2
表 5.2.1 事業コンポーネントと実施形態、および資金ディスバース方式 5-3
表 5.3.1 Bahr Yusef と Ibrahimia 水路掛かりの 14 最優先地区と Aros & Abo Seer、Abo Shosha 地区の比較 5-10
表 5.3.2 Abo Shosha と Aros & Abo Seer 地区の 2 コンポーネントのコスト、および 14 最優先地区の場合のコスト 5-10
表 5.3.3 近代圃場灌漑施設の導入規模に関する検討（Fayoum 地区を除く全面積の 1 割と 2 割を想定） 5-12
表 5.3.4 近代圃場灌漑施設をパイロットで導入する場合（ソーラーシステム込み） 5-13
表 5.3.5 コンポーネント毎の事業コスト（近代圃場灌漑施設の導入 No.8 を 10%の面積を対象として実施する場合）: ベースケース 5-14
表 5.3.6 コンポーネント毎の事業コスト（近代圃場灌漑施設の導入 No.8 をパイロット的に計 1,080 feddan で行う場合）: 参考ケース 5-16
表 5.3.7 コンポーネント別のプロジェクトパッケージング（想定される入札ロット数） 5-18
表 5.4.1 全体およびコンポーネントごとの事業実施工程 5-21
表 5.5.1 MWRI の各局による本件事業にかかる類似事業の経験 5-25
表 5.5.2 Project Management Unit (PMU)と Regional Coordination Unit (RCU)の職員配置 5-27
表 5.7.1 融資案件で必要とされる主要なコンサルタントの専門性 5-29
表 5.7.2 借款コンサルタント要員の配置計画 5-31
表 5.8.1 エジプト水管理分野で必要となる技術支援 5-32
表 6.1.1 標準変換係数（Standard Conversion Factor: SCF） 6-1
表 6.1.2 主要品目の市場価格と経済価格 6-2
表 6.1.3 経済価格による事業費 6-3
表 6.1.4 単位あたりの収量増加一覧 (%) 6-4

表 6.1.5　近代灌漑システムにおける作物生産コストの削減（上エジプト） 6-4
表 6.1.6　作付面積と作付率（上エジプト：Abo Shosha） 6-5
表 6.1.7　作付面積と作付率（上エジプト：Aros & Abo Seer） 6-5
表 6.1.8　作付面積と作付率（デルタ：Kased） 6-5
表 6.1.9　事業による増加便益のケース 6-6
表 6.1.10 ケース A：灌漑改善による増加便益（経済価格）（上エジプト：Abo Shosha） 6-6
表 6.1.11 ケース B: 近代灌漑による増加便益（経済価格）（上エジプト：Abo Shosha） 6-6
表 6.1.12 ケース C：フルスケール実施時の増加便益（経済価格）（上エジプト：Abo Shosha） 6-6
表 6.1.13 ケース A：灌漑改善による増加便益（経済価格）（上エジプト：Aros & Abo Seer） 6-7
表 6.1.14 ケース A：灌漑改善による増加便益（経済価格）（デルタ：Kased） 6-7
表 6.1.15 ケース B: 近代灌漑による増加便益（経済価格）（デルタ：Kased） 6-7
表 6.1.16 ケース C：フルスケール実施時の増加便益（経済価格）（デルタ：Kased） 6-8
表 6.1.17 事業実施による EIRR および NPV の算定 6-8
表 6.1.18 感度分析 6-9
表 6.2.1　農業所得モデル（上エジプト） 6-9
表 6.2.2　農業所得モデル（デルタ） 6-9
表 6.2.3　事業実施時の財務モデル（上エジプト：ケース 1-B） 6-10
表 6.2.4　事業実施時の財務モデル（上エジプト：ケース 1-C） 6-10
表 6.2.5　事業実施時の財務モデル（上エジプト：ケース 2-B） 6-10
表 6.2.6　事業実施時の財務モデル（上エジプト：ケース 2-C） 6-11
表 6.2.7　事業実施時の財務モデル（デルタ：ケース 1-B） 6-11
表 6.2.8　事業実施時の財務モデル（デルタ：ケース 1-C） 6-11
表 6.2.9　事業実施時の財務モデル（デルタ：ケース 2-B） 6-12
表 6.2.10 事業実施時の財務モデル（デルタ：ケース 2-C） 6-12
表 6.2.11 農業所得分析：Feddan あたりの農業所得増加 6-12
表 6.2.12 キャッシュフロー分析（上エジプト） 6-14
表 6.2.13 キャッシュフロー分析（デルタ） 6-14
表 6.2.14 伝統作物のみ耕作する農業所得モデル（上エジプト）事業なし 6-15
表 6.2.15 伝統作物のみ耕作する農業所得モデル（上エジプト Case 1-B） 6-15
表 6.2.16 伝統作物のみ耕作する農業所得モデル（上エジプト Case 1-C） 6-15
表 6.2.17 事業実施による年間農産物生産量の増 6-16
表 6.3.1　水路の復旧・建設に関する指標（案） 6-17
表 6.3.2　近代的な農地灌漑の指標（案） 6-18
表 7.1.1　想定される事業コンポーネント 7-1
表 7.2.1　エジプトの EIA 制度による環境カテゴリの定義 7-6
表 7.2.2　エジプトの EIA 制度による環境カテゴリ分類リスト（農地開拓事業、灌漑・排水事業） 7-6
表 7.2.3　エジプト EIA 制度による EIA 調査報告書の構成（カテゴリ C の場合） 7-7
表 7.2.4　公共目的による不動産収用法（Law No.10） 7-8
表 7.2.5　エジプトが批准する主な環境社会配慮にかかる国際協定・条約 7-9
表 7.2.6　大気質汚染にかかるエジプト環境基準 7-9
表 7.2.7　騒音にかかるエジプト環境基準 7-9
表 7.2.8　建設作業時の振動基準 7-10
表 7.2.9　排水水質にかかるエジプト環境基準 7-10
表 7.2.10 JICA 環境社会配慮ガイドラインとエジプトの環境社会配慮にかかる法制度のギャップ分析結果 7-11

表 7.2.11 住民移転および用地取得にかかる JICA ガイドラインとエジプト法制度とのギャップ分析結果 7-13
表 7.3.1 エジプトにおける国指定の自然保護地のリスト(位置は下図参照) 7-15
表 7.3.2 エジプトの世界遺産（自然遺産・文化遺産） 7-17
表 7.3.3 代替案の検討（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達） 7-22
表 7.3.4 代替案の検討（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入） 7-22
表 7.3.5 スコーピング結果（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達） 7-23
表 7.3.6 スコーピング結果（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入） 7-25
表 7.3.7 環境社会配慮調査の TOR 7-28
表 7.3.8 環境社会配慮にかかる調査結果（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達） 7-29
表 7.3.9 環境社会配慮にかかる調査結果（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入） 7-31
表 7.3.10 環境社会影響評価（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達） . 7-33
表 7.3.11 環境社会影響評価（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入） 7-35
表 7.4.1 緩和策および実施体制・費用（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達） 7-39
表 7.4.2 影響評価結果項目と対応する緩和策の対応表（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入） 7-41
表 7.4.3 緩和策および実施体制・費用（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入） 7-41
表 7.4.4 モニタリング計画および実施体制・費用（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達） 7-42
表 7.4.5 モニタリング計画および実施体制・費用（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入） 7-43
表 7.7.1 ステークホルダー協議の開催対象の村 7-47
表 7.7.2 ステークホルダー協議の開催日時、場所 7-47
表 7.7.3 ステークホルダー協議の参加者 7-48
表 7.7.4 事業全体にかかる質疑・意見等 7-49
表 7.7.5 近代圃場灌漑施設導入にかかる意見徴収・集約結果（Abo Shosha, BeniSuef） 7-50
表 7.7.6 近代圃場灌漑施設導入にかかる意見徴収・集約結果（Aros & Abo Seer, Fayoum） 7-51
表 7.7.7 近代圃場灌漑施設導入にかかる意見徴収・集約結果（Kased, Gharbia） 7-52
表 7.9.1 環境チェックリスト（案） 7-54
表 7.9.2 モニタリングフォーム（案）（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達） 7-58
表 7.9.3 モニタリングフォーム（案）（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入） . 7-60
表 7.10.1 プロジェクトによる CO_2 削減量の試算 7-62
表 7.10.2 エジプトの気候変動に対するレジリエンスと適応策に対する方策 7-63
表 8.1.1 リスク管理シート 8-1

図リスト

図 2.1.1 エジプト国内の主要な灌漑施設図 2-1
図 2.1.2 水資源量の種別ごとの比率 2-2
図 2.1.3 エジプト国におけるセクター別水使用量 2-2
図 2.2.1 エジプト消費者物価指数（CPI）（前年同月比） 2-10

図 2.3.1　水資源灌漑省（MWRI）組織図 2-12
図 2.3.2　灌漑局（ID）組織図 2-13
図 2.3.3　農業土地開拓省（MALR）組織図 2-14
図 3.1.1　Bahr Yusef 基幹水路月別取水量 3-4
図 3.1.2　Bahr Yusef 基幹水路年別取水量 3-4
図 3.1.3　Ibrahimia 基幹水路月別取水量 3-5
図 3.1.4　Ibrahimia 基幹水路年別取水量 3-5
図 3.1.5　エジプトの貧困率および極貧率の推移 3-8
図 3.1.6　エジプトの人口および人口成長率 3-8
図 3.1.7　地域別貧困率の推移 3-9
図 3.1.8　世帯構成員数別貧困率 3-9
図 3.1.9　世帯構成員数別世帯数の分布 3-9
図 3.2.1　対象とする上エジプト地域の灌漑施設 3-12
図 3.2.2　Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路の平面模式図 3-13
図 3.2.3　Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路の水路掛りの受益面積 3-14
図 3.2.4　Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路の Sub-region ごとの水路掛りの受益面積 3-15
図 3.2.5　灌漑施設のゲート形式 3-16
図 3.2.6　上エジプト地区の優先地区（左：Aros & Abo Seer 地区、右：Abo Shosha 地区） 3-19
図 3.2.7　Abo Shosha 地区の水路模式図 3-20
図 3.2.8　Aros & Abo Seer 地区の水路模式図 3-21
図 3.3.1　デルタ地区の主要な堰と水路 3-22
図 3.3.2　Kased 地区の主要な水路網 3-22
図 3.3.3　Kased 地区の平面模式図と水路掛りの受益面積 3-23
図 3.3.4　Kased 地区の水路模式図 3-25
図 3.4.1　水路維持管理局 組織図 3-26
図 3.4.2　水路維持管理局の維持管理用機材（Gharbia 事務所） 3-28
図 3.4.3　水路維持管理局のワークショップ機材（Gharbia 事務所） 3-29
図 3.6.1　現状の灌漑効率（Ie）の算定フロー 3-37
図 3.6.2　流量把握が可能な調整堰/取水工と受益地 3-38
図 3.6.3　上エジプトの一般的な夏の作付けパターン 3-39
図 3.6.4　淡水に対する Bahr Yusef と Ibrahimia 水路係の総合灌漑効率 3-41
図 3.6.5　排水再利用を考慮した Bahr Yusef と Ibrahimia 水路係の総合灌漑効率(6 月-9 月中旬) 3-41
図 3.6.6　JICA 調査団推計と MWRI 灌漑セクターの蒸発散量（作物消費水量）の推計比較 3-42
図 3.6.7　MWRI 方式による灌漑効率の算定（排水の新規地区への利用） 3-44
図 3.6.8　MWRI 方式による灌漑効率の算定（排水の同地区内への利用） 3-44
図 3.7.1　規模別農地所有者割合 3-46
図 3.7.2　規模別農地所有者数による累積農地面積 3-47
図 3.7.3　エジプトの土壌特性分布 3-47
図 3.7.4　上エジプト（旧耕地）4 県の現況作付体系 3-51
図 3.7.5　デルタ（旧耕地）2 県の現況作付体系 3-52
図 3.7.6　Kased 幹線水路掛かりの現況作付体系（コメの作付面積調整後） 3-53
図 3.7.7　小麦の流通経路 3-55
図 3.7.8　青果物の流通経路 3-55
図 3.8.1　衛星画像解析により作成した作付エリアマップの例 3-58
図 3.8.2　衛星画像解析のフローチャート 3-59
図 3.8.3　灌漑セクション 3-59

図 3.8.4　Bahr Yusef 基幹水路掛かりの灌漑セクション別の作付面積 3-60
図 3.8.5　Ibrahimia 基幹水路掛かりの灌漑セクション別の作付面積 3-61
図 3.8.6　Giza および Kased の灌漑セクションの作付面積 3-62
図 3.8.7　対象県および灌漑セクション 3-62
図 3.8.8　県別の灌漑面積（作付面積） 3-64
図 3.9.1　農地区画数の分布 3-66
図 3.9.2　大型家畜飼養頭数の分布 3-67
図 3.9.3　対象地区別の水不足の状況 3-68
図 3.9.4　feddan あたりの農業収入と農業所得 3-69
図 3.9.5　世帯あたりの農業収入と農地面積の分布 3-69
図 3.9.6　1feddan あたりの農業収入分布 3-70
図 3.9.7　家畜の保有状況 3-70
図 3.9.8　平均農外収入 3-70
図 3.9.9　近代灌漑を知っている農家の割合 3-73
図 3.9.10　農家が考えるドリップ灌漑のメリット 3-73
図 3.9.11　農家が考えるドリップ灌漑のデメリット 3-73
図 3.9.12　農家が考えるスプリンクラー灌漑のメリット 3-73
図 3.9.13　農家が考えるスプリンクラー灌漑のデメリット 3-73
図 3.10.1　エジプトにおける金融包摂 3-78
図 4.2.1　現況水位および近代灌漑導入後水位の検討結果例 4-16
図 4.2.2　エネルギー式による計算結果例 4-17
図 4.2.3　HEC-RAS による水理解析結果例（水路縦断） 4-18
図 4.2.4　Bahr Yusef 幹線水路 水理縦断図（現況） 4-20
図 4.2.5　Ibrahimia 幹線水路 水理縦断図（現況） 4-21
図 4.2.6　現況最新河床高と計画河床高の関係図 4-22
図 4.2.7　Bahr Yusef 基幹水路湾曲部水路断面状況図 4-22
図 4.2.8　Abo Shosha 地区模式図（左）と解析対象水路位置図（右） 4-23
図 4.2.9　Abo Shosha 幹線水路の水位縦断図（現行条件） 4-26
図 4.2.10　Abo Shosha 幹線水路の水位縦断図（現行および将来条件での比較） 4-27
図 4.2.11　Abo Shosha 幹線水路の水位縦断図（既存堰の水位調節機能の有無比較） 4-27
図 4.2.12　Abo Shosha 幹線水路の水位縦断図（フィーダーポンプ稼働の有無比較） 4-27
図 4.2.13　水位縦断図（Talt 支線水路：現況 vs 将来条件） 4-30
図 4.2.14　水位縦断図（Sheikh Abid 支線水路：現況 vs 将来条件） 4-30
図 4.2.15　水位縦断図（Abo Shosha 支線水路 1：現況 vs 将来条件） 4-30
図 4.2.16　水位縦断図（Dushtoot 支線水路：現況 vs 将来条件） 4-30
図 4.2.17　Aros & Abo Seer 地区模式図（左）と解析対象水路位置図（右） 4-32
図 4.2.18　El Ghaba 支線水路縦断図（測量結果：茶色線、設計断面：オレンジ破線、修正断面：茶色破線） 4-33
図 4.2.19　水位縦断図（Aros 幹線水路：現況および将来条件） 4-34
図 4.2.20　水位縦断図（Abo Seer 幹線水路：現況および将来条件） 4-35
図 4.2.21　将来条件における水位低下箇所（Abo Seer 幹線水路） 4-35
図 4.2.22　水位縦断図（Abo El Meir 支線水路：現況および将来条件） 4-35
図 4.2.23　水位縦断図（El Ghaba 支線水路：現況および将来条件） 4-36
図 4.2.24　水位縦断図（Defno & Dayr Defno 支線水路：現況および将来条件） 4-36
図 4.2.25　Kased 地区水路系統図（左）、解析対象水路位置図（中）、および作成モデル（右） ... 4-37
図 4.2.26　灌漑ローテーションシステム模式図（Kased 地区：夏作期） 4-39

図 4.2.27　灌漑ローテーションシステム模式図（Kased 地区：冬作期 4-40
図 4.2.28　水位縦断図（Kased 幹線水路：現況条件） 4-43
図 4.2.29　水位縦断図（Kased 幹線水路：将来条件における Mahlet Menouf 改修前後の比較） 4-44
図 4.2.30　水位縦断図（Gannabeit Shabshir 支線水路） 4-46
図 4.2.31　水位縦断図（Smella 支線水路） 4-46
図 4.2.32　水位縦断図（Damat 支線水路） 4-47
図 4.2.33　水位縦断図（Samahat 支線水路） 4-47
図 4.2.34　水位縦断図（Rowena 支線水路） 4-47
図 4.2.35　水位縦断図（Tanta Navigation 水路始点～Tanta1 堰：新堰建設前） 4-48
図 4.2.36　水位縦断図（Tanta Navigation 水路始点～Batanonya 堰：新堰建設前） 4-48
図 4.2.37　水位縦断図（Tanta Navigation 水路始点～Tanta1 堰：新堰建設後） 4-49
図 4.2.38　水位縦断図（Tanta Navigation 水路始点～Batanonya 堰：新堰建設後） 4-49
図 4.3.1　Kased 取水工候補地基礎地盤の N 値と簡易柱状図 4-51
図 4.3.2　Tanta 調整堰 No.1 の簡易柱状図（左：T22-1 孔、右：T22-2 孔） 4-52
図 4.3.3　Mahlet Menouf 調整堰候補地基礎地盤の N 値と簡易柱状図 4-52
図 4.3.4　Sorad 調整堰の簡易柱状図（左：S22-2 孔, 右：S22-1 孔） 4-53
図 4.3.5　Sorad 調整堰候補地基礎地盤の N 値と簡易柱状図 4-53
図 4.3.6　New Mahlet Menouf および New Sorad 調整堰の基礎 4-64
図 4.3.7　半川締切り工法 4-65
図 4.3.8　Kased 取水工・平面計画図（新規建設） 4-66
図 4.3.9　Mahlet Menouf 調整堰・平面計画図（更新） 4-66
図 4.3.10　Sorad 調整堰 平面計画図（更新） 4-67
図 4.4.1　構造物調査の流れ 4-68
図 4.4.2　各施設数の割合 4-71
図 4.4.3　各地区の施設数 4-71
図 4.4.4　各施設評価の分布割合 4-72
図 4.4.5　各地区の評価分布 4-72
図 4.4.6　問題別 S1、S2 評価施設の状況 4-72
図 4.4.7　S1 と S2 の施設数 4-76
図 4.4.8　S1 と S2 評価にかかる施設の種類別の割合 4-76
図 4.4.9　1 段階目の調査結果 S2 から再評価された S1 施設の例（Abo Seer 取水口） 4-79
図 4.4.10 S2 評価の施設例（Kased 幹線水路の Eknaway 取水口） 4-80
図 4.5.1　整備断面の説明図 4-82
図 4.5.2　Bahr Yusef 基幹水路 水理縦断図（整備計画：Max.Q） 4-83
図 4.5.3　Bahr Yusef 基幹水路 水理縦断図（整備計画：14%up） 4-84
図 4.5.4　Bahr Yusef 基幹水路 水理縦断図（整備計画：32%up,Min.Q） 4-84
図 4.5.5　Ibrahimia 基幹水路 水理縦断図（整備計画：Max.Q） 4-85
図 4.5.6　Ibrahimia 基幹水路 水理縦断図（整備計画：14%up） 4-85
図 4.5.7　Ibrahimia 基幹水路 水理縦断図（整備計画：32%up,Min.Q） 4-86
図 4.5.8　嵩上げコンクリート擁壁 4-87
図 4.5.9　湾曲部法面保護と洗掘対策 4-89
図 4.6.1　調整堰による水位維持の一例 4-95
図 4.6.2　コンクリートライニングの標準断面（厚さ 15cm の粒度調整済み基盤を導入） 4-96
図 4.6.3　コンクリートライニングの標準断面（厚さ 20-30cm の粗石と砂の混合材を基盤として導入）
..... 4-97
図 4.6.4　プレキャスト・コンクリート・パネルライニングの標準断面とパネル平面図（地下水が高い

場合） 4-97
図 4.6.5 埋め戻し部の模式図 4-98
図 4.7.1 Kased 水路掛かりでの監視対象施設 4-106
図 4.7.2 水管理システムのデータフロー図（例） 4-106
図 4.7.3 ある地区における栽培状況を示す衛星画像例 4-108
図 4.7.4 近代的な水管理システム概念図 4-108
図 4.8.1 トラクター進入用のコンクリート床版およびステップブロック 4-109
図 4.9.1 農家が個人で導入した近代灌漑施設の一例 4-114
図 4.9.2 標準的な圃場レイアウト平面（100 feddan を 3 分割のケース） 4-118
図 4.9.3 近代灌漑システムの配置の例 4-120
図 4.9.4 間断灌漑の散水イメージ 4-120
図 4.9.5 モデル地区 4-121
図 4.9.6 モデル地区（Abo Shosha） 4-121
図 4.9.7 モデル地区（Aros と Kased） 4-122
図 4.9.8 ポンプ場と吸水升の標準レイアウト図 4-123
図 4.9.9 農民組織化のための 3 層構造研修メカニズム 4-126
図 4.10.1 Fayoum 地域の概要 4-127
図 4.10.2 Fayoum 地域への実際の年間配水量 4-127
図 4.10.3 Qarun 湖への排水量 4-128
図 4.10.4 Fayoum の全体水収支バランス（2018 年） 4-132
図 4.10.5 Fayoum の全体水収支バランス（2019 年） 4-132
図 4.11.1 資金フローおよび実務フロー案（TSL 方式） 4-143
図 4.11.2 資金フローおよび実務フロー案（プロジェクトローン方式） 4-146
図 4.12.1 エジプトにおける灌漑システムの管理体制 4-148
図 4.12.2 Meska 水利組合の一般的配置 4-148
図 4.12.3 Meska WUA の組織構造 4-149
図 4.12.4 支線水路 WUA の組織構造 4-150
図 4.13.1 上エジプトにおける計画作付体系および作付率 4-154
図 4.13.2 デルタ地域における計画作付け体系および作付率 4-157
図 5.2.1 Advance 方式と Transfer 方式における資金フロー 5-5
図 5.2.2 Advance 方式による資金フロー詳細 5-5
図 5.3.1 3 段階に区分された地区 5-9
図 5.5.1 灌漑セクター（IAS、通常は IS と略される）の組織図 5-22
図 5.5.2 灌漑改善セクター（IIS）の組織図 5-23
図 5.5.3 貯水池・大堰セクター（RGBS）の組織図 5-23
図 5.5.4 水資源灌漑地方総局の組織構成例 5-24
図 5.5.5 事業実施体制 5-25
図 6.1.1 主要品目の国際市場価格推移 6-2
図 7.1.1 灌漑サブ地域における灌漑システムの模式図 7-1
図 7.1.2 事業コンポーネントの位置 7-3
図 7.1.3 近代的圃場灌漑施設に伴う WUA 設置のイメージ図 7-4
図 7.1.4 近代圃場灌漑施設の標準図 7-4
図 7.2.1 EEAA の組織図 7-5
図 7.2.2 エジプトにおける環境カテゴリ分類の決定フロー 7-6
図 7.3.1 エジプトにおける国指定の自然保護地の位置 7-16
図 7.3.2 エジプトの IBAs（Important Birds Areas） 7-16

図 7.3.3　エジプトの KBAs (Key Biodiversity Areas) 7-17
図 7.3.4　エジプトのラムサール条約湿地 7-17
図 7.3.5　事業地区概要と Fayoum 県に位置する 2 つの湖（Qarun 湖と Rayan 湖） 7-19
図 7.5.1　工事中の緩和策およびモニタリングの実施体制（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達） 7-45
図 7.5.2　工事中の緩和策およびモニタリングの実施体制（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入） 7-45
図 7.5.3　工事開始前および供用時のソフト支援活動（緩和策）およびモニタリングの実施体制（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入） 7-45
図 7.6.1　苦情処理フロー（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達） 7-46
図 7.6.2　苦情処理フロー（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入） 7-46
図 7.7.1　ステークホルダー協議の写真 7-52

参考文献リスト

章	資料名		発行元	原本の言語	URL（2023 年 3 月時点）
	和名	英名			
2	国家水資源計画 2017/ 2037	National Water Resources Plan 2017/2037	MWRI	English	https://faolex.fao.org/docs/pdf/egy147082.pdf
2, 6	統計書（年間）	Statistical Yearbook (annual)	CAPMAS	Arabic/ English	https://www.capmas.gov.eg/Pages/Publications.aspx?page_id=5104&Year=23577
2	国家気候変動戦略 2050	National Climate Change Strategy 2050	Government of Egypt	English	National Strategy for Climate Change 2050 (sis.gov.eg)
3	-	The World Factbook 2006	CIA	English	https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/egypt/
3	エジプト・アラブ共和国保健医療セクター情報収集・確認調査ファイナルレポート（2017）	Health Sector Cooperation Planning Survey in Arab Republic of Egypt Final Report, JICA (2017)	JICA	Japanese/ English	https://libopac.jica.go.jp/search/detail?rowIndex=9&method=detail&bibId=1000030569
3	保健人口調査（2014）	Demographic Health Survey (2014)	Ministry of Health and Population (funded by USAID, UNICEF and UNEFPA)	English	https://www.unicef.org/egypt/media/1351/file/Egypt%20Demographic%20and%20Health%20Survey%202014.pdf
3	-	Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene, Joint Monitoring Program (JMP), 2017	UNICEF, WHO	English	https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2020/04/WHO UNICEF-Joint-Monitoring-Program-for-Water-Supply-Sanitation-and-Hygiene-JMP-%e2%80%93-2017_ENG.pdf
3	報告書	PMU COMPLETION REPORT IBRD Loan no 7291-EGTIIS, Integrated Irrigation Improvement and Management Project, August 2016	Ministry of Water Resources and Irrigation	English	-
3	報告書	Irrigation Modernization in the Nile Delta and Valley, December 2020	EU Water STARS	English	-
3	統計書	Bulletin of Agricultural Boundaries and Properties 2017	CAPMAS	Arabic / English	-
3	研究書	Fertilizer use by crop in Egypt	FAO	English	-
3	研究書	Soil fertility management in Egypt Regional Workshop on Soil Fertility Management Through Farmer Field Schools in the Near East	-	English	-
3	農業統計	Bulletin of Important Indicators of the Agricultural Statistics Winter Crops,	MALR	Arabic / English	-

章	資料名		発行元	原本の言語	URL（2023 年 3 月時点）
	和名	英名			
		Summer and Nile Crops			
3	-	Bulletin of the Agriculture Statistics	MALR	Arabic / English	-
3	市民動員・統計中央庁 (CAPMAS)	Central Agency for Public Mobilization and Statistics	CAPMAS	Arabic	https://www.capmas.gov.eg/HomePage.aspx
3	収支調査 2019-2020	Income & Expenditure Search 2019-2020	CAPMAS	Arabic	https://www.capmas.gov.eg/Pages/Publications.aspx?page_id=5109&YearID=23629
3	エジプト人間開発報告書 (2021)	Egypt Human Development Report 2021	UNDP and Ministry of Planning and Economic Development	English	https://egypt.un.org/en/146158-egypt-human-development-report-2021
3	農業農村セクターの国別ジェンダーアセスメント – エジプト (2021)	Country Gender Assessment of the Agricultural and Rural Sector – Egypt(2021)	FAO	English	https://www.fao.org/documents/card/fr/c/CB8060EN
3	グローバルジェンダーギャップ報告書 (2022)	Global Gender Gap Report 2022	World Economic Forum	English	https://www.weforum.org/reports/global-gender-gap-report-2022/in-full
3	エジプト女性のエンパワーメントのための国家戦略 2030 (2017)	National Strategy for the Empowerment of Egyptian Women 2030 (2017)	National Council for Women	English	http://ncw.gov.eg/wp-content/uploads/2018/02/final-version-national-strategy-for-the-empowerment-of-egyptian-women-2030.pdf
3	国別ジェンダープロフィール (2019)	Country Gender Profile (2019)	Islamic Development Bank	English	https://www.isdb.org/sites/default/files/media/documents/2020-10/Egypt%20Gender.pdf
8	事業管理ユニット完了報告書 (IBRD Loan no 7291-EGT) 統合灌漑改善・管理事業 (IIIMP)	MWRI (2016) *PMU Completion Report (IBRD Loan no 7291-EGT) Integrated Irrigation Improvement and Management Project (IIIMP)*	MWRI	English	-
4	-	HEC-RAS Hydraulic Reference Manual Version 5.0 (February 2016)	Hydrologic Engineering Center	English	https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Reference%20Manual.pdf
4	-	Open-Channel Hydraulics	Chow, Ven Te	English	-
4	-	Irrigation Modernization in the Nile Delta and Valley (December 2020)	EU Water STARS	English	-
4	-	Implementation Completion and Results Report for Egypt Farm-Level Irrigation Modernization (June 2018)	World Bank	English	-
4	-	Financing Options for A Blended Financing Instrument to Support Irrigation	EU Water STARS	English	-

章	資料名		発行元	原本の言語	URL（2023 年 3 月時点）
	和名	英名			
		Modernization at the Farm Level (Mar. 2021)			
4	-	Assessment of Modern Irrigation Systems in the Old Lands of the North Delta, Technical Report for Joint Experiment Research between MWRI and JICA (January 2021),	Water Management Research Institute, Kafr El-Sheikh Research Station MWRI	English	-
4	エジプト国 中央デルタ灌漑のための排水水質管理・再利用プロジェクト	The Project for Drainage Water Quality Control for Irrigation in Middle Nile Delta in the Arab Republic of Egypt (Mar. 2016)	JICA	Japanese / English	https://libopac.jica.go.jp/search/detail?rowIndex=30&method=detail&bibId=1000025882
4	-	Overhead and Drip irrigation system effects on tomato growth and yield in California's Central Valley (December 2014)	Horltechnology	English	https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/24/6/article-p637.xml
4	-	Efficient management of water and nutrients in drip irrigation and fertigation.	The Fluid Journal, Winter 2017 Vol. 25, No.1. Issue #95	English	https://fluidfertilizer.org/wp-content/uploads/2017/03/W17-A2.pdf
4	-	Effect of drip irrigation on yield of cabbage under mulch and non-mulch conditions.	Agricultural Water Management, Vol 58, Issue 1, January 2003	English	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377402000847#:~:text=The%20use%20of%20drip%20irrigation%20either%20alone%20or,irrigation%20treatment%20%28VF%29%20followed%20by%206.99%20for%200.6VD.
4	-	Implications of Adopting Drip Irrigation System on crop yield and gender-sensitive issues: the case of Haramaya District, Ethiopia (September 2020)	Journal of Open Innovation	English	https://www.mdpi.com/2199-8531/6/4/96
4	-	Water Saving with the use of different irrigation systems under Egyptian conditions (July 2012)	Irrigation and Drainage, Misr J. Ag. Eng.	English	https://www.researchgate.net/publication/342852538_WATER_SAVING_WITH_THE_USE_OF_DIFFERENT_IRRIGATION_SYSTEMS_UNDER_EGYPTIAN_CONDITIONS
4	-	Sprinkler irrigation – an asset in water scarce and undulating areas (June 2018)	ICAR Research Complex for NEH Region Umiam, Meghalaya, India	English	https://www.researchgate.net/publication/325870811_Sprinkler_irrigation_-_An_asset_in_water_scarce_and_undulating_areas

章	資料名		発行元	原本の言語	URL（2023 年 3 月時点）
	和名	英名			
4	-	Yield performance of red onion under different irrigation management in Jaffna Peninsul (2008)	JSc-EUSL Vol.5. No.1. 2008, Sri Lanka	English	https://www.digital.lib.esn.ac.lk/server/api/core/bitstreams/75a1daa5-e02d-4594-a190-046aa55d3daa/content
5	水資源灌漑省組織図	MWRI Structure	MWRI	Arabic	https://www.mwri.gov.eg/
6	-	OECD (Details of Public Revenues – Egypt)	OECD	English	https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=REVEGY
6	-	Commodity price Forecasts (October 2022)	World Bank	English	https://thedocs.worldbank.org/en/doc/d8730a829c869c7aeaba547eb72d6b3f-0350012022/related/CMO-October-2022-forecasts.pdf
7	環境影響評価ガイドライン第 2 版 (2009)	Guidelines of Principles and Procedures for Environmental Impact Assessment 2nd edition (2009)	EEAA	English	https://www.eeaa.gov.eg/Service/67/sub/171/index
7	公共目的による不動産収用法（法律 No. 10/1990）	Law No. 10/1990 on expropriation of real estate for public benefit and improvement	Egyptian governme nt	Arabic	
7	環境保護法（法律 No. 4/1994）	Law No. 4/1994 Environmental Protection Law	Egyptian governme nt	Arabic	-
7	ナイル川および水路等の汚染に対する保護法（法律 No. 48/1982）	Law No.48/1982 Regarding the Protection of the Nile River and Waterways against Pollution	Egyptian governme nt	Arabic	https://www.eeaa.gov.eg/Laws/55/index
7	エジプト生物多様性にかかる戦略と行動計画（2015-2039）（January 2016）	Egyptian Biodiversity Strategy and Action Plan (2015 - 2030), Ministry of Environment, Egypt (January 2016)	Ministry of Environme nt	English	-
7	ラムサール湿地情報シート（RIS）	Information Sheet on Ramsar Wetland (RIS)	Ramsar Conventio n Wetland Secretariat	English	https://faolex.fao.org/docs/pdf/egy156958.pdf
7	環境報告書（2022）	State of Environment 2022	Ministry of Environme nt	Arabic	https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/EG2040RIS.pdf
7	エジプト国家固形廃棄物管理プログラム	National Solid Waste Management Program (NSWMP) Egypt	EEAA	English	https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/EG2041RIS.pdf
7	農業のための水質	Water Quality for Agriculture (1994)	FAO	English	https://www.eeaa.gov.eg/Reports/Index
8	事業管理ユニット完了報告書 (IBRD Loan no 7291-EGT) 統合灌漑改善・管理事業 (IIIMP)	PMU Completion Report (IBRD Loan no 7291-EGT) Integrated Irrigation Improvement and Management Project (IIIMP) (2016)	MWRI	English	-
8	事業パフォーマンスアセスメント報告書 – 統合灌漑改	Project Performance Assessment Report - Arab Republic of Egypt –	WB	English	https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/04394c94-f6ab-5b26-a2e7-

章	資料名		発行元	原本の言語	URL（2023 年 3 月時点）
	和名	英名			
	善・管理事業及び圃場レベル灌漑近代化事業 (Report No. 173462) (2022)	Integrated Irrigation Improvement and Management Project and Farm-Level Irrigation Modernization Project (Report No. 173462)			19e29d304597/content
8	エジプト農村女性のプロフィール (2018)	UN Women (2018) Profile of women in rural Egypt	UN Women	English	https://egypt.unwomen.org/sites/default/files/Field%20Office%20Egypt/Attachments/Publications/2018/05/Profile%20of%20rural%20women%20%20final%20version.pdf
8	エジプトにおける女性、灌漑、社会規範 “変化の進展と現状の維持” 『水資源政策』 21(4) (2019)	Women, irrigation and social norms in Egypt: ‘The more things change, the more they stay the same?’, Water Policy 21(4) (2019)	Najjar Dina, Baruahb Bipasha and Garhic Aman El	English	https://www.researchgate.net/publication/331461637_Women_irrigation_and_social_norms_in_Egypt_'The_more_things_change_the_more_they_stay_the_same'

第１章　プロジェクトの背景、準備調査業務の枠組み

1.1　プロジェクト・準備調査業務の背景

エジプト・アラブ共和国では、年間平均降雨量が 51mm 程度（世界平均 880mm）と極めて少ない。さらに、国内の水資源の 9 割以上を供給するナイル川の年間水利用可能量が、国際水利協定により年間 555 億 m^3 に限定されている。そして、近年の急激な人口増加（10 年間平均 2.04%、2008 年～2017 年）と農地拡大等により水資源の需要は増加しており、当国の一人当たり年間水資源量 720m^3（2017 年）は、一般的な水不足状態の目安である 1,000m^3 を大幅に下回っている [1]。

限られた水資源であるが、同国の農業セクターは国全体の水消費量の 95%を占めている。すなわち、農業セクターにおける水資源の有効利用および節水は喫緊の課題となっている。同国政府はこれまで、我が国の資金協力を含む基幹水路の堰の新設・改修等を通じ、計画に基づく適正な水配分を目指してきた。しかしながら、長大な水路網には未だ灌漑施設の機能劣化や水路の堆砂による通水阻害があり、灌漑水系全体での配水管理が困難であるため、末端の圃場に必要な水量を適時配水できていない。

以上の課題に対し、同国政府は 2015 年に策定した長期開発戦略「エジプト・ビジョン 2030」の中で、農業セクターを経済開発の柱の 1 つと位置づけ、効率的かつ持続的な水資源利用を目指している。また、「国家水資源計画」（1997 年～2017 年）では、柱の 1 つとして灌漑における水資源の効率的利用を、さらに 2009 年に策定した「持続的農業開発戦略 2030」では、水利用単位あたりの農業生産性向上を目標としている。そして、改定された「国家水資源計画」（2017 年～2037 年）では、末端圃場における点滴灌漑やスプリンクラー等の近代灌漑の導入も重要施策となっている。

こうした背景を踏まえエジプト国政府は、ナイル川流域の上エジプトおよび中央デルタにおいて、灌漑施設の整備・改修により、基幹水路から末端水路、圃場に至る灌漑システム全体における適正な水配分を図り、もって対象地域全体の農業生産の向上と対象地域住民の所得・生活水準の向上に資するため、2016 年 8 月に灌漑水資源管理改善事業への支援を日本に要請した。これに応じて JICA は、2018 年 11 月 22 日に本件準備調査の枠組み等について取りまとめた討議議事録をエジプト国政府と合意・署名し、今般「灌漑水資源管理改善事業」に係る準備調査（Preparatory Survey）を実施することとなった。

1.2　事業の目的

本事業は、ナイル川流域の上エジプトおよび中央デルタにおいて、灌漑施設の整備・改修により、基幹水路から末端水路に至る水域全体の適正な水配分を図り、もって対象地域全体の農業生産性の向上ならびに対象地域住民の所得・生活水準の向上に資することを目的とする。

1.3　準備調査業務の目的

本件準備調査業務（Preparatory Survey）は、エジプト政府からの要請に基づき、灌漑水資源管理改善事業（以下、「本件事業」）の目的、概要、事業費、実施スケジュール、実施（調達・施工）方法、事業実施体制、運営・維持管理体制、環境および社会面の配慮等、我が国有償資金協力事業として実施するための審査に必要な調査を行うことを目的とする。

[1] UN: World Water Development Report (2015), P12, Figure 1.1 https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000231823

1.4 事業・調査対象地域

本件事業および準備調査の対象地域は、ナイル川を水資源とする上エジプトと中央デルタに位置する以下の 2 カ所の灌漑地域である。これらを事業対象地域と呼ぶが、その中に位置する個々の灌漑単位については地区（region または sub-region）と呼ぶ。

これら地域が調査対象として選択された背景としては、上エジプトについては、2022 年現在、実施中の新 Dirout 堰群事業の効果発現のため、そこより分岐している 2 本の基幹水路の改善が必要とされ、さらに支線水路から末端レベルまでの面的な改善の必要性が認められたためである。また、デルタに位置する調査地域は、上エジプトとは異なる農業や最下流で水不足が上エジプトよりもより厳しい問題があるデルタ地域でも事業対象地域を選択すべきといった背景から選択されたものである。

- ✓ 上エジプト：Bahr Yusef（バハルヨセフ）基幹水路掛かり（約 313km）と Ibrahimia（イブラヒミア）基幹水路掛かり（約 256km）の灌漑地域（Miniya 県、Beni Suef 県、Fayoum 県に跨がる）
- ✓ 中央デルタ：Kased（カセッド）幹線水路掛かり（約 42km）の灌漑地域（Gharbia 県と Kafr El Sheik 県に跨がる）

注：基幹水路（principal canal）とはナイル川から取水されている、あるいはナイル川から導水のために建設されているキャリアー（Carrier）と呼ばれる大型の水路から取水している主要な水路である。調査対象地域内では、Bahr Yusef と Ibrahimia の 2 本の水路が基幹水路となる。また、幹線水路は基幹水路から分岐する場合がほとんどであるが、連続通水下で運用されている。幹線水路に続くのは支線水路（secondary）となるが、これ以降、間断灌漑が実施されている。

上記の事業対象地域の中で、3 つの優先地区（priority sub-region）が水資源灌漑省によって選定されている。ここで、「地区（sub-region）」とは、基幹水路あるいは幹線水路、そしてそれ以降の支線水路や Meska[2]、また圃場内水路（Marwa）や灌漑圃場から構成される一連の灌漑水を受ける灌漑地区を意味している。事業対象地域には、Bahr Yusef 掛かりにて 31 地区、Ibrahimia 掛かりにて 48 地区、また Kased 地区はそれ自体が含まれている[3]。これら 80 の灌漑地区から以下の 3 つの優先地区が選択されており、これらは FS の対象地区となる。

- ✓ Abo Shosha 地区：Beni Suef 県に位置している Ibrahimia 基幹水路掛かり
- ✓ Aros & Abo Seer 地区：Fayoum 県に位置している、Bahr Yusef 基幹水路掛かり
- ✓ Kased 地区：中央デルタ内の Gharbia 県に位置している Kased 幹線水路掛かり

1.5 関係官庁・機関等

本件事業の実施機関は、水資源灌漑省（Ministry of Water Resources and Irrigation：MWRI）である。水資源灌漑省には多くの部局が配置されているが、そのうち灌漑局（Irrigation Department：ID）が本件調査における CP 機関となる。また、農業分野の政府機関として、農業土地開拓省（Ministry of Agriculture and Land Reclamation：MALR）が関係する。

[2] Meska（メスカ）とは支線水路から配水を受ける最末端の水路であるが、支線水路までが政府（MWRI）管理の対象であるのに対し、Meska 以降は農民による管理対象、また農民の資産である。Meska はエジプトの他の水路と同じく圃場面より低く設置されている。

[3] エジプト国灌漑セクター情報収集・確認調査（上エジプト及び中央デルタ）ファイナルレポート、2018年2月を参照

第 2 章　エジプト国農業における機会と課題

本章では、灌漑が不可欠なエジプト農業の課題と可能性について述べる。まず、灌漑開発の歴史的背景、セクター別の水の利用、水不足に対応するための排水の再利用について述べる。次に、農業および灌漑部門に関連する政策や計画について検討する。

2.1　エジプト国灌漑歴史、水利用、排水利用等

2.1.1　エジプト国灌漑の歴史的発展

古代から 19 世紀後半に至るまで、エジプトではナイル川の洪水期を利用した水盤灌漑 [1]が行われていた。ナイル川は、6 月下旬から水位が上昇を開始し 9 月に最大水位に達し、その後は減衰していく。毎年の洪水を堤防、水路といった流域のシステムを用いてある程度制御しながら圃場に 40 日から 50 日間貯留した。そして、ナイル川の水位低下後、土壌が湿潤な時に作付けが行われた。洪水は土壌塩分の除去や上流から肥沃なシルトがもたらされる利点があったが、作付けは年に 1 度だけ可能であった。

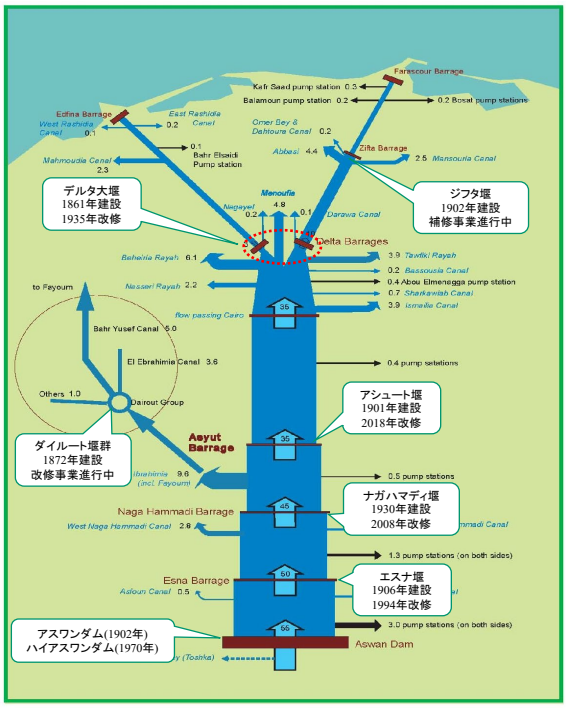


図 2.1.1　エジプト国内の主要な灌漑施設図
出典：NWRP 2017 資料を加工

年に 1 度の水盤灌漑から通年灌漑への転換は、1861 年の当時では世界最大級であったデルタ大堰の完成により開始された。その後、ジフタなどの大堰や 1902 年完成のアスワンダム、さらに 1970 年のアスワンハイダムの完成もあって近代的な灌漑システムが構築されてきた（図 2.1.1 参照）。アスワンハイダムの建設により、伝統的な季節的水盤灌漑農地が全面的に通年灌漑にシフトし、ナイル渓谷からデルタ地域に用排水路網が建設され今日に至っている。

灌漑近代化の歴史は、灌漑労働の個別化が進行するプロセスでもあった。すなわち古代から 19 世紀後半に至る水盤灌漑においては地域コミュニティ共同の灌漑労働が必須であったが、19 世紀後半以降はより小さな村民単位の揚水機（サキヤ）の利用、続いてエンジンポンプ利用による農民個々での灌漑労働へと変化してきた。そして、1990 年代になって以降、水利用の効率化を図るため農民の組織化による末端レベルでの水利用の共同化－Meska 単位での共同ポンプの設置等－が進められている。

2.1.2　エジプト国のカテゴリー別水資源とセクター別消費

表 2.1.1 にエジプト国において年間当たりで利用可能な水資源量をカテゴリー別に、また水消費量をセクター別に要約する。水資源は第一に源水と排水の再利用に区分することができる。そして前者はナイル川の水量（表内 No.1.1 参照）、地下水（No.1.2）、さらに降雨や洪水等（No.1.3）から構成され、後者は農業用水からの排水（No.2.1）、下水からの排水再利用（No.2.2）、そして塩水淡水化による水量（No.2.3）より構成される。なお、排水等の再利用量は全水資源量の約 17%に達していることが判る（図 2.1.2 参照、表内 No.4）。

[1] ここでいう水盤灌漑とは、アスワンハイダムがなかった時代の洪水時の水を貯留して使う灌漑方式であり、洪水灌漑と呼ばれることもある。

源水に注目するとナイル川水量がその多くを、すなわち約 88%を占めていることが判る（当該水量は 1959 年 11 月 8 日にエジプト国とスーダン国で署名された United Arab Republic and Sudan Agreement (With Annexes) For The Full Utilization of the Nile Waters にて、エジプト側に年間 555 億 m^3 の利用が合意されている）。一方の排水再利用を見ると、農業用水からの排水分が最も多く全排水量の約 90%を占めていることが判る。

消費サイドを見ると（表内 No.7 以下を参照）、農業セクターが最大の水使用を行っていることが判る。農業セクターは全消費量の約 80%を使用し、続くのが上水＆保健セクターでの 12～14%となる。また、工業用の水量はわずか 1.6%を消費しているに過ぎない。その他、水面よりの蒸発ロスを 3%ほど見込んでいる（図 2.1.3 参照）。

年間あたりの合計消費量は約 730～760 億 m^3 に達していることが判る（表内 No.7 参照）。他方、源水（表内 No.1 参照）は 630 億 m^3 程度であることから、エジプト国においては排水の再利用を前提として水需給バランスが保たれていることが判る（表内 No.9 参照）。排水の再利用量は、利用可能な水資源の中ではナイル川水量に次ぐ 2 位を占めており、その比率は近年では 17%ほどに達している（図 2.1.2、表内の No.4 参照）。

表 2.1.1　エジプト国で利用可能なカテゴリー別水資源量とセクター別水消費量の傾向

No.	Particulars	Year	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16
1	Fresh Water Resources	BCM/year	63.00	62.85	63.10	63.10	63.63	63.94	63.10	63.30	63.05
1.1	Nile Water	BCM/year	55.50	55.50	55.50	55.50	55.50	55.50	55.50	55.50	55.50
1.2	Groundwater	BCM/year	6.20	6.25	6.30	6.30	7.50	7.70	6.70	6.90	6.90
1.3	Rains & Floods	BCM/year	1.30	1.10	1.30	1.30	0.63	0.74	0.90	0.90	0.65
2	Recycled Water Total	BCM/year	NA	NA	NA	10.65	10.53	11.46	12.90	13.10	13.20
2.1	Agricultural Drainage Water	BCM/year	NA	NA	NA	9.30	9.17	10.10	11.50	11.70	11.90
%2.1	*No.2.1 / No.2*	*%*	*NA*	*NA*	*NA*	*87.3%*	*87.1%*	*88.1%*	*89.1%*	*89.3%*	*90.2%*
%2.1	*No.2.1 / No.1*	*%*	*NA*	*NA*	*NA*	*14.7%*	*14.4%*	*15.8%*	*18.2%*	*18.5%*	*18.9%*
%2.1	*No.2.1 / No.7.1*	*%*	*NA*	*NA*	*NA*	*15.3%*	*14.9%*	*16.3%*	*18.4%*	*18.8%*	*19.1%*
2.2	Sewage Water Recycling	BCM/year	NA	NA	NA	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.20
2.3	Sea Water Desalination	BCM/year	NA	NA	NA	0.05	0.06	0.06	0.10	0.10	0.10
3	**No.1 + No.2**	**BCM/year**	**NA**	**NA**	**NA**	**73.75**	**74.16**	**75.40**	**76.00**	**76.40**	**76.25**
4	No.2 / (No.1 + No.2)	%	NA	NA	NA	14.4%	14.2%	15.2%	17.0%	17.1%	17.3%
5	Population	'000 pop.	72,940	74,439	76,099	77,840	79,618	81,567	83,667	85,783	87,963
6	Water volume (excl. Recy)	CUM/P/yr	864	844	829	811	799	784	754	738	717
7	Uses of Water Total	BCM/year	70.23	73.60	73.85	73.75	74.50	75.50	76.00	76.40	76.25
7.1	**Agriculture Use**	BCM/year	**60.00**	**61.30**	**61.30**	**60.90**	**61.50**	**62.10**	**62.35**	**62.35**	**62.15**
7.2	Drinking and Health Uses	BCM/year	6.60	9.00	9.35	9.55	9.60	9.70	9.95	10.35	10.40
7.3	Industry Uses	BCM/year	1.33	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
7.4	Loss by Evaporation	BCM/year	2.30	2.10	2.00	2.10	2.20	2.50	2.50	2.50	2.50
%7.1	**% of Agriculture Use**	**%**	**85.4%**	**83.3%**	**83.0%**	**82.6%**	**82.6%**	**82.3%**	**82.0%**	**81.6%**	**81.5%**
%7.2	% of Drinking & Health	%	9.4%	12.2%	12.7%	12.9%	12.9%	12.8%	13.1%	13.5%	13.6%
%7.3	% of Industry Uses	%	1.9%	1.6%	1.6%	1.6%	1.6%	1.6%	1.6%	1.6%	1.6%
%7.4	% of Loss by Evaporation	%	3.3%	2.9%	2.7%	2.8%	3.0%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%
8	No.7 / No.1	%	111%	117%	117%	117%	117%	118%	120%	121%	121%
9	No.7 / (No.1 + No.2)	%	NA	NA	NA	NA	100%	100%	100%	100%	100%

出典：Statistical Yearbook 2016 for the data from 2007/08 to 2014/15, and Statistical Yearbook 2018 for 2015/16.

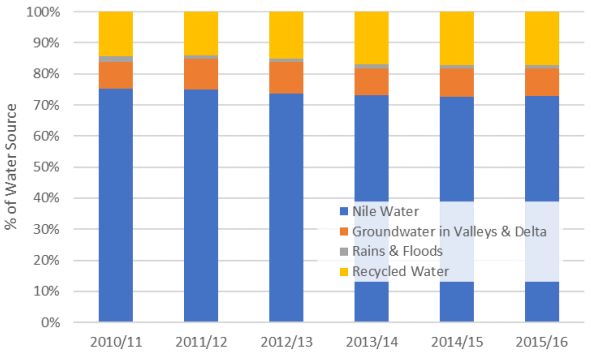


図 2.1.2　水資源量の種別ごとの比率
出典：Statistical Yearbook 2016, 18

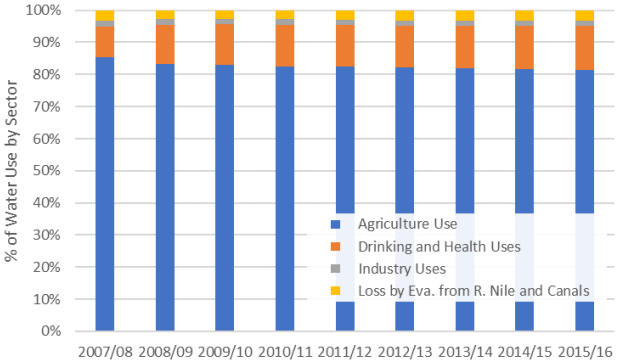


図 2.1.3　エジプト国におけるセクター別水使用量
出典：Statistical Yearbook 2016, 18

2.1.3 将来の水需要と灌漑効率増加へのインプリケーション

National Water Resources Plan（NWRP）では、2037 年までのエジプト国における水需要、また水供給量の予測を行っている。NWRP では 2015 年をベース年としているが、同年における水利用可能量につき、前出の表 2.1.1 に示した統計書（Statistical Yearbook）の数値とあわせて下表に示す。また、下表においては 2015 年における NWRP による水需要（配分量）と統計書による使用量を右側に整理する。

表 2.1.2 NWRP と統計書（Statistical Yearbook）による水需給バランス（2015 年）

Water Supply	NWRP	Statistics	Allocation/ Consumption	NWRP	Statistics
	2015 Base	2015/16		Allocation	Consumption
Conventional Water Sources	(BCM/Year)	(BCM/Year)		(BCM/Year)	(BCM/Year)
Nile	55.50	55.50	Drinking (Fresh W only)	10.75	10.40
Deep Groundwater	2.10	1.51	Industry	5.40	1.20
Rainfall & Flash Floods	1.30	0.65	Agriculture	61.10	62.15
Desalination	0.35	0.10	Drainage to Sea	Nil	Nil
Sub-total	**59.25**	**57.76**	Evap, losses	2.50	2.50
Unconventional Sources	(BCM/Year)	(BCM/Year)	Environmental Balance	0.50	0.00
Shallow Groundwater (Delta)	7.50	5.39			
Re-use of Ag. Drainage Water	9.31	11.90			
Treated Wasted Water Re-used	4.19	1.20			
Sub-total	**21.00**	**18.49**			
Total Water Available	**80.25**	**76.25**	**Total W. Allocation/Uses**	**80.25**	**76.25**
Ratio	(A)	(B)	-	(B) / (A)	95%

出典：National Water Resources Plan, Statistical Yearbook (2018)

表 2.1.2 によると NWRP は 2015 年時点で利用可能な総水量を 80.25 BCM と推定し、その内訳として Conventional 水源として 59.25 BCM、Unconventional 水源として 21.00 BCM を示している。他方、統計書によると 2015 年時点の利用可能な水量は 76.25 BCM、そして Conventional 水源として 57.76 BCM、Unconventional 水源としては 18.49 BCM としている。上表右側の配分量（allocation）や使用量（consumption）を見ると、エジプト国ではこれらは左側に示す利用可能な水量とバランスしている。NWRP と統計書の違いは、前者が使用可能量と配分量ベースであるのに対し、後者は実際の使用可能量と消費量ベースであることが主な要因である。

NWRP や統計書を見ると、年間 80.25 BCM を利用することができ、目標値である年間 80.25 MCM の割当水量も実現できることが分かる。しかしながら、実際の利用を考えると、2015 年現在、エジプトで消費に利用可能な水量は、下水処理水や排水再利用水、地下水、淡水化水などの非慣用的用水を含めても、年間 76.25 BCM に限られると認識する必要がある（2015 年ベース年）。

NWRP は 2037 年までの水需要量の推移を提示している。これを表 2.1.3 の上側に要約する（表内の No.1～No.7 参照）。これによると 2037 年においては 88.95 BCM の水需要が発生することとなる。すなわち、2015 ベース年の 80.25 BCM からは 8.7 BCM ほどの増加となるが、これらはナイル河川水の 3 BCM 利用増とあわせてバランスを取ることを想定している（表 2.1.4 参照）。

表 2.1.3 将来の水利用と農業セクターでの利用可能水量

No.	Particulars	Year	2015 (Base)	2020	2030	2037	Remarks
1	Population	M. Capita	88	102	129	145	
2	Domestic Water	BCM/Year	10.75	11.50	13.30	14.00	
3	Industries	BCM/Year	5.40	5.50	5.70	5.75	
4	Agriculture	BCM/Year	61.10	61.80	64.20	66.00	
5	Evaporation Loss	BCM/Year	2.50	2.55	2.55	2.60	
6	Environmental Balance	BCM/Year	0.50	0.55	0.55	0.60	
7	**Total Required Water**	**BCM/Year**	**80.25**	**81.90**	**86.30**	**88.95**	
8	2015 Statistics Water	BCM/Year	76.25				Including recycled waters
9	Water Available for Agr.	BCM/Year	57.10	56.15	54.15	53.30	No.8-(No.2+No.3+No.5+No.6)

No.	Particulars	Year	2015 (Base)	2020	2030	2037	Remarks
	Efficiency to Improve	**%**	**8.13**	**9.65**	**12.87**	**14.24**	(No.13(2015) - No.9) / No.13(2015)
	Water Use Forecast based on 2015 Statistics						
10	Domestic Water	BCM/Year	10.40	11.13	12.87	13.54	
11	Industries	BCM/Year	1.20	1.22	1.27	1.28	
12	Evaporation Loss	BCM/Year	2.50	2.50	2.50	2.50	
13	Water for Agriculture	BCM/Year	62.15	61.40	59.62	58.93	No.8-(Noo.10:No.12)
	Efficiency to Improve	**%**	**Balanced**	**1.20**	**4.08**	**5.18**	(No.13(2015) - No.13) / No.13(2015)

出典：National Water Resources Plan, and JICA Survey Team's Estimation

上記の表 2.1.3 の下段においては、将来の水需給のバランスを以下の条件のもと試算を行っている。

表 2.1.4 NWRP による 2015 年と 2037 年の水供給比較

Water Supply	NWRP 2015 Base	NWRP 2037 M.Probable
Conventional Water Sources	(BCM/Year)	(BCM/Year)
Nile	55.50	58.50
Deep Groundwater	2.10	3.85
Rainfall & Flash Floods	1.30	1.40
Desalination	0.35	1.00
Sub-total	**59.25**	**64.75**
Unconventional Sources	(BCM/Year)	(BCM/Year)
Shallow Groundwater (Delta)	7.50	7.20
Re-use of Ag. Drainage Water	9.31	11.04
Treated Wasted Water Re-used	4.19	5.96
Sub-total	**21.00**	**24.20**
Total Water Available	**80.25**	**88.95**
Difference, BCM/Year		**8.7**

出典：National Water Resources Plan

1) 将来の水利用可能量は、実際の消費量と使用可能量に基づいて推定されている統計書の数値である、基準年 2015 年の年間 76.25 BCM に固定する（利用可能な量と配分量を基にしたものではない）。

2) 農業以外の利用（生活、工業、蒸発、環境関係水量等）を優先することとし、NWRP や統計書で示された農業用水以外の配分量をまず維持する。そして、残りを農業用水に割り当てることとする（NWRP では表 2.1.3 の 9、統計書では No.13 を参照）。

3) 農業以外の水利用を優先させることは上記の条件 2）と同じであるが、上水、工水等の将来の利用量は 2015 年の統計書による数値をベースにして、NWRP で示される増加率を考慮して将来の増加水量を推定する。そして、76.25 BCM からこれら農業以外の必要水量を差し引いた残量を農業分野で利用可能な水量と設定する。

上記の条件 2）の基での試算によると、2015 年時点で農業セクターに利用可能な水量 57.10 BCM は 2037 年では 53.30 BCM まで減少する。ここで、将来における農地面積、農作物につき 2015 年時点と同じものを想定した場合、この農業セクターでの利用可能量の減少をオーフセットするためには 8.13%（2015 年）から 14.24%（2037 年）もの灌漑効率の増加が必要となる。また、条件 3）の下で試算を行った場合、2037 年にて必要とされる灌漑効率の増加分は 5.18%となる。

したがい、本準備調査においては目標とする灌漑効率の増加分につき、その目標年を NWRP に示される 2037 年とした場合、14%の灌漑効率増を目標とすることを提案する。14%もの増大は施設の改善のみではほぼ不可能であることから、作物の転換、圃場灌漑方式の転換－伝統的な表流水灌漑からスプリンクラーなどへの転換－、また水管理の向上等が必須となる。

2.2 農業・灌漑セクターにおける政策・開発計画

2.2.1 エジプトビジョン 2030（持続的成長戦略：SDS）

エジプト国は、参加型プロセスを通じ、2014～2015 年に持続的成長戦略（Sustainable Development Strategy、以下「SDS」）として、エジプトビジョン 2030 を取りまとめた。SDS は、豊かな生活における新世代の権利を考慮し、生活の質と福祉を改善するための一般的な枠組みを提供するものである。SDS は 3 つの主要な側面（dimension）－経済、社会、環境－を基軸とし、2030 年までの実施に必要となる主要な介入分野、キーとなる行動評価指標、プログラムとプロジェクト等から構成されている。

挑戦的な目標として SDS は、エジプトが 2030 年までに、GDP（2015 年 41 位）、市場競争力（2015 年 116 位）、人間開発指数（2015 年 110 位）、生活の質（2015 年 135 位）、および腐敗防止（2015 年 94 位）の分野において、上位 30 カ国内に入ることを掲げている。これらの目標を達成するために、2015 年（現在）、2020 年、および 2030 年において主要な行動目標の指標を設定している。主たる指標を以下に示す。

表 2.2.1 主たる行動指標（Egypt Vision 2030）

No.	Indicators	2015(Current)	2020	2030
	Economic Dimension			
1	Real GDP growth rate (%)	4.2	10	12
2	GDP per capita (USD)	3436	40,00	10,000
3	Share of real GDP in real world GDP (%)	0.21	0.4	1.0
4	Poverty headcount ratio at national poverty lines (%)	26.3	23.0	15.0
5	Public debt to GDP ratio (%)	92.7	85.7	75.0
6	Budget deficit as percentage of GDP (%)	11.5	7.5	2.28
7	Macroeconomic environment indicator (Rank)	137	100	30
8	Value of fuel subsidy (Billion EGP)	126.2	0	0
	Social Dimension			
1	Geographical gap in human development index	0.086	0.06	0.04
2	International rank of the gender gap index	129	100	60
3	Percentage of population under extreme poverty line (%)	4.4	2.5	0
4	Life expectancy at birth (years)	71.1	73	75
5	Children mortality rate, below 5 years old (%)	27	20	15
6	Illiteracy rate (15-35 years old), %	28	7	7
	Environmental Dimension			
1	Ratio of total water consumption (%)	107	100	80
2	Fresh water resources per capita (renewable), m3/year	650	750	950
3	Sanitation as percentage of the total sewage (%)	50	60	80

出典：エジプトビジョン 2030

上記の表が示すように、特に経済面での目標は非常に挑戦的と思われる。目標を達成するために、SDS では 3 つの側面において、それぞれいくつかのプログラムとプロジェクトを提案している。灌漑を含む水セクターと農業セクターは、主として経済面に関連し、そして環境面にも一部関連している。これらの側面において、主要な水と農業に関連する提案されたプログラム及びプロジェクトは、以下のとおりである（注：以下に示す番号は、SDS のプログラム及びプロジェクトの番号である）。

1) 経済側面における水関連のプログラム/プロジェクト
   - ✓ 合理的な水利用 (No.46)
   - ✓ 水資源の開発(No.49)
2) 経済側面における農業関連のプログラム/プロジェクト
   - ✓ 4 百万 acre の開発プロジェクト (No.4)
   - ✓ 農地の開発と農産業の支援 (No.40)

- ✓ 戦略的共同体のための集荷所や保管施設の設立 (No.41)
- ✓ 近代農業センターの設立 (No.43)
- ✓ Damietta 地区の穀類を保管・交易するための国際的な物流センターの設置 (No.66).

3) 環境側面における水質改善関連のプログラム/プロジェクト

- ✓ 持続的な水システムを支援するインフラ施設の拡張 (No.2).

SDS では、プログラム及びプロジェクトのタイトルのみが提示されており、詳細は示されていない。しかしながら、SDS はその枠組みにおいて、合理的な水利用に沿った農業の発展を強調しており、上記に示すように関連するプログラム及びプロジェクトも多く挙げている。これらは、本プロジェクトとも関連するものである。

2.2.2 国家気候変動戦略 2050

エジプトは、2022 年の国連気候変動会議（COP27）開催に先立ち、5 月 19 日に「国家気候変動戦略 2050」を発表した。同戦略は、1）様々な分野における持続可能な経済成長と低排出ガス開発の達成、2）気候変動に対する適応能力と回復力の強化、および関連する負の影響の緩和、3）気候変動対策ガバナンスの強化、4）気候変動適用のための資金インフラの強化、5）気候変動対策に関する科学研究、技術移転、知識および意識の向上、という 5 つの柱に基づいて策定されている。

第二の柱では、政策レベルの目標として、目標 (2.c)「気候変動の影響から国の資源を保全する」を掲げている。この下で、「廃棄物を減らし、水資源の利用効率を高める政策を展開する」、「農地の肥沃度を継続的に維持し、農地と水資源を保全する」という政策方針を提言している。これらは本事業の目的に合致している。また、同戦略ではセクター毎の適応策コストも示されており、総事業費 1,130 億ドルのうち、灌漑・水資源関連事業が最も多く、591 億 800 万ドル（52%）が必要とされている。

表 2.2.2 気候変動適用に関する必要なコストとセクター

Sector	Cost (million USD)	Time frame
Agriculture	52,400	2022/2050
Transport	1,273	2021/2023
Civil Aviation	9.1	2022/2024
Irrigation and Water Resources	**59,108.3**	**2022/2037**
Biodiversity	199.1	2020/2030
Total	113 billion dollars approximately	
*Out of a total of about $113 billion, there is about $18.3 billion in funding, so the funding gap is about $94.7 billion)		

出典：National Strategy for Climate Change 2050 National Strategy for Climate Change 2050 (sis.gov.eg)

2.2.3 国家水資源計画（2017、2037）

最初の国家水資源計画（National Water Resources Plan: NWRP）は、2017 年を目標年とし 2005 年に策定された。その後 2017 年の目標年を迎えて、それまでの取り組みを評価するとともに計画を更新し、2037 年を目標とする新たな計画（NWRP 2037）が策定された。

1）NWRP2017

水資源灌漑省は、適切な水資源管理がなければ「水」がこの国の社会経済開発の阻害要因になるとの認識のもと、2005 年 5 月、NWRP 2017 をオランダ政府の協力を得てとりまとめた。この計画策定の主題は、エジプト国が将来に予想される人口増加と、限られた利用可能水量のもとで、いかに水資源を守るかにあるとしている。この下、次の水資源政策の戦略が示された。

表 2.2.3 NWRP2017 における戦略

戦略	内容
新規水源の開発	・ ナイル用水を増加させる可能性を調査するためのナイル流域の関係諸国との調整 ・ 地下水：緻密なモニタリングを含む西部の砂漠地域での深層地下水開発、シナイや東部砂漠地帯の深層地下水開発のポテンシャルの調査、水産や農業への塩分を含んだ地下水開発の可能性の追求、ナイル帯水層の浅い地下水の管理の増加 ・ 降雨や洪水による開発：地中海沿岸の小規模降雨農業の活性化、シナイ半島における洪水防御とその水の有効利用の可能性の追求 ・ 海岸地域の除塩：要求に応じた鹹水あるいは塩水の除塩の増加
既存水資源のより良い利用の確立（灌漑管理改善、排水再利用、処理汚水の再利用等）	・ 上水・工水の需要管理：量水システムの設立と改修や課金構造の適用 ・ 漏水等のロスの削減：量水器の設置／修正 ・ 処理水の再利用 ・ 水産と舟運 ・ 灌漑効率の改善

出典：Water for Future, National Water Resources Plan 2017 National_Water_Resources_Plan_2017_en.pdf (unescwa.org), MWRI(Jan 2005)より調査団作成

2) NWRP 2037

エジプト国最初の水資源計画である NWRP 2017 が最終年を迎えるにあたり、NWRP 2037 が 2017 年に策定された。NWRP 2037 では、前計画である NWRP 2017 が実施主体の意思決定を促す調整構造が十分でなかったという反省の下、より強力なガイダンスを意図している。また、2016 年のナイル流域での旱魃によりエジプトも水不足の影響を受けたが[1]、この経験も踏まえ、将来に亘る水需給の逼迫とその対処を急務として、国の重要な計画として位置づけられている。

NWRP 2037 は、「すべての人々への水の安全保障（Water security for all）」を目標に掲げている。この目標達成の指標として、2037 年まで水ストレス指標が一人当たり年間 450m^3 を下回らないこと（2015 年は 658m^3/年/人）、および ADB で開発された Asian Water Security Index[2]が、現状のレベル 2（Engaged）からレベル 4（Effective）に向上することを掲げている。

NWRP 2037 は、エジプト国の人口増加に牽引される水需要の増大と、気候変動やナイル流域国の経済開発の進展によるナセル湖への流入量の不安定化に留意している。そのため、これまでの供給主導戦略（Supply-driven Strategy）や配水システムおよび水利用の効率化という需要側の戦略（Demand-oriented Strategy）だけでは十分ではなく、水不足の状況に適応していくための戦略（Adaptive Strategy）を組み込んでいる。

すなわち、NWRP 2037 では水不足状態への適応を急務の課題としている。これは、水利用者の参加型水管理を含むイノベーションを必要とする。水不足の増大は、水供給側と水利用者側の間に緊張をもたらすことになる。MWRI はこの緊張を認識し、適応戦略（Adaptive water management）により水利用者が組織的に水管理の解決策を探るよう動機づけ、イノベーションが起こる環境を作り上げるとしている。そして、特に農業セクターでのイノベーション追及を指向している。

水不足は、農業セクターに最も強い影響を与えると捉えられている。種々のシナリオにおいて水不足は、単位土地当たりの水供給量が将来的に 6～11%減少すると推測している。このような水不足状況下で農業生産を維持するためには、少ない用水量で生産できる技術革新や水消費量の少ない作物への転換、また支線レベルでの水利組合の組織化などが適応策として必要となる。

[1] この年エジプト政府は、水消費量の大きい水稲の作付面積制限を徹底した。異例にも違法作付者の水稲を圃場に植わった状態で焼却処分するなどの徹底ぶりであった。

[2] ADB は National Water Security Stage として、Asian Water Security Index を提示している。Index は 5 段階から構成され、レベル 1：Hazardous からレベル 5：Model とされている。エジプト国は現状をレベル 2（Engaged）、そして目標をレベル 4（Effective）としている。

一方で灌漑用水の供給に責を有する MWRI は、灌漑施設の更新、灌漑配水の改善および配水量や水消費量の正確な計測システムの確立などが必要となる。農民が革新的な新しい技術に投資するには、水の確保に対する信頼が非常に重要である。水不足下であっても正確で信頼できる灌漑用水を圃場までの供給することは、将来に適応策を実施するために不可欠な条件とされている。

NWRP 2037 は、以上の目的を達成するため、以下の 4 つの目標を掲げている。

1） 統合水管理の計画および実施に向けた環境を改善する
2） 淡水源の利用可能量増大
3） 水質の改善
4） 水利用管理の強化

MWRI は上記 4 つの目標の下に様々な対策を計画しているが、年間当たりの投資額および維持管理費用の合計は 440 億 LE（2,860 億円）と見積もられている。この金額は 2017/18 年政府支出の 3.5%に相当する（エジプト国財務省資料より算出)。なお、目標 4「水利用管理の強化」において、灌漑インフラの整備、末端灌漑（農民による灌漑）システムの改善、および農業セクターの水管理効率向上といった成果が設定されており、本件プロジェクトは、これら成果の達成に寄与するプロジェクトになる。

2.2.4 持続的農業開発計画 2030

農業土地開拓省は2009年に2030年を目標年とする「持続的農業開発戦略（Sustainable Agricultural Development Strategy: SADS）2030」を策定した。その後、2020 年の 12 月に同計画を更新した（「持続的農業開発戦略 更新版（Updated Sustainable Agriculture Development Strategy: Updated SADS）2030」)。更新版では計画に具体性を持たせるため、2020～2025 年および 2025 年～2030 年のぞれぞれの期間に達成すべき目標、目標を達成するために実施すべき国家プログラムおよび国家プロジェクトについて、アクションプランとして取り纏めている。

同計画（更新版）に掲げるビジョン、ミッション、戦略目標を以下に述べる。戦略目標の内、2. 持続可能な農業の強化（天然農業資源の持続的利用に焦点）は、水資源管理にも関係する項目である。すなわち、同計画においても農業生産における水利用の効率化が戦略目標達成のためのアプローチとして示されている。

ビジョン：
継続的かつ急速でダイナミックな農業セクターの成長に基づく、総合的な経済・社会開発の達成、また特に貧困層の救済、地方の貧困削減に配慮する。

ミッション：
開発資源の効率的な利用と、地理的および環境優位性の活用、農業地域の多様性を通じた食糧安全保障と地方住民の生計向上および栄養改善に基づくエジプト農業の近代化を行う。

戦略目標：
1. 食糧安全保障と栄養改善の達成および農産物輸入量の削減（栄養不足・食料不安への対応、持続可能な農業成長および農業生産性向上）
2. 持続可能な農業の強化（天然農業資源の持続的利用に焦点）
3. 農村部の貧困削減、生計改善および生活改善（焦点：上エジプト）
4. 気候変動への対応および緩和策の適応
5. 国内・国際市場の農産物競争力向上（バリューチェーン強化、輸出量の増加）

6. 農業就労支援（特に、若者層および女性）

同計画（更新版）のアクションプランでは、「限られた水資源の管理と合理的な農業への水資源利用」の観点に最大限の優先順位が置かれている。近い将来予測されるナイル川の水資源の減少に対応しつつ限られた水資源を利用して耕作地拡大を図るためには、灌漑技術の近代化が重要であるとしている。よって、同計画（更新版）では、持続的な灌漑水利用の視点に立った灌漑管理システムの改善および近代的灌漑技術の活用に対して優先順位が与えられている。

同計画（更新版）のアクションプランには、9 つの国家プラグラムと付随する国家プロジェクトが計画されている。その内、「1. 持続的な農業資源のための国家プログラム」の中で、「1-1. 入植農地拡大のための国家プロジェクト」および「1-2. 圃場灌漑および灌漑水利用合理化のための国家プロジェクト」が計画されている（表 2.2.4 参照）。それら国家プロジェクトの期待される成果として、“Old Lands[3]（旧耕地）における圃場灌漑開発（1-1. (1)）”、“灌漑システムの近代化（1-2. (3)）”、“農家間での均等な水配分（1-2. (4)）”といった事項が挙げられており、本事業の目的とも合致するものである。

表 2.2.4 持続的農業開発計画 2030（更新版）
アクションプランにおける国家プロジェクトの内容（1-1 および 1-2 のみ）

Name of National Program	1. The National Sustainable Use of Agriculture Resource Program
Name of National Project	**Main Expected Results**
1-1. The National Project on Land Reclamation	***(1)*** Expand the area of new lands in desert areas, which is mostly depend on groundwater resources and ***the water expected to be saved from the on-farm irrigation development project in the old lands.*** (2) Increase per-capita share of land. (3) Update data for the newly reclaimed land in promising areas for horizontal expansion, and include them in an information system for reclaimed lands. (4) Maximize the return from other agricultural inputs and rationalize its use and environmental impact. (5) Reclamation and farming of 1.5 million feddan in various areas where the requirements of agriculture production are available (land, water, climate and human resources). (6) Development of Center and North Sinai (around 500,000 feddan), among which 128,000 feddan is already implemented, and the rest (372,000 feddan) is under study in Center and North Sinai to determine the arable lands and estimate the cost of their reclamation and operation. (7) Generate about 2 million new job opportunities. (8) Identify the best land use in terms of cropping mix which is suitable for the soil characteristics and water quality.
1-2. The National Project for the development of on-farm irrigation and rationalization of irrigation water use in agriculture	(1) Increase the cultivated area in the Nile Valley and Delta regions by around 160-200 thousand feddan, which is currently used in ditches, Marwas and Masqas (ditches). (2) Improve land fertility and contribute to increase its productivity by 20-30%. ***(3) Improve the irrigation system in the old and new lands to the improved and modernized irrigation system.*** ***(4) Achieve equity in the distribution of irrigation water among farmers.*** (5) Increase the productivity of land unit from 15 to 20% in the developed areas. (6) Raise the average income of small farmers by 15-20%. (7) Add financial capital (capitalization) to the agriculture land value as a result of the improvements. (8) Maintain and improve farmers' health by reducing the impacts of endemic diseases. (9) Contribute to the improvement and modernization of irrigation management (estimation of irrigation water requirements) at the national level. (10) Provide energy needed for irrigation. (11) Double agricultural mechanization rates and increase agricultural intensification rates from around 177% to 195% by 2030. (12) Increase investment opportunities for manufacturing equipment and advanced on-farm irrigation raw materials, and increase farmers' income. (13) Create enabling environment to stimulate commercial business and investment market in Egypt.

出典: EGYPT 2030 Updated Sustainable Agriculture Development Strategy

[3] エジプトの農地は、大きくは Old Lands (旧耕地)と砂漠を開拓した New Lands（新規開拓農地）に分類される。

上述した国家プロジェクト（1-1 および 1-2）に対するアクションプランの達成指標では、近代的な圃場灌漑技術（近代的な表流灌漑方式、スプリンクラー、ドリップ）の農地適用率を 2030 年までに 31.7%まで引き上げることを目標としている。さらには、圃場灌漑効率を現状の 50%から 2030 年までに 100%（220 万 feddan：約 92.4 万 ha）まで向上させるといった目標を掲げている。

表 2.2.5　持続的農業開発計画 2030（更新版）
アクションプランにおける国家プロジェクトの達成指標（1-1 および 1-2 のみ）

Project	Performance Indicators		
	Current Status	2025	2030
1-1. The National Project on Land Reclamation	- Reclamation of new lands	1.5 million feddan	-
	- The ratio of agriculture exports to total good exports: 20%	26%	30%
	- Creation of new job opportunities (the ratio of labor in the agriculture sector) 25%	28%	30%
	- ***The ratio of lands irrigated using the advanced and modern irrigation methods (modernized surface irrigation, sprinkler, drip): 16.5 %***	***28.5%***	***31.7%***
1-2. The National Project for the development of on-farm irrigation and rationalization of irrigation water use in agriculture	- Increase the productivity by laser leveling	10-15%	-
	- Increase the productivity by sub-soiling deep tillage	10-15%	-
	- ***On-farm irrigation efficiency: 50%***	***75%***	***100% (2.2 million feddan)***
	- Increase the land productivity by	20%	30%
	- Irrigation water savings	0.6 billion m^3	1 billion m^3
	- Increase the mean income for small farmers by	15%	20%
	- Agriculture intensification rates: 177 %	185%	195%

出典：EGYPT 2030 Updated Sustainable Agriculture Development Strategy

農業土地開拓省の「持続的農業開発戦略 2030」は、水資源の効率的利用について、NWRP2017 に示される目標を共有している。しかしながら施策については、農業土地開拓省の管轄となる圃場レベルでの灌漑効率改善や品種改良等の手段に限られる。堰や水路等の灌漑施設改善や全般的な水管理改善による灌漑効率の改善の施策は水資源灌漑省が受け持つところとなる。

2022 年 2 月のウクライナ戦争の勃発により、2022 年 3 月以降消費者物価指数は前年同月比較で 12～19%の高騰を示しており（図 2.2.1 参照）、エジプトの主食である小麦粉の価格も高騰している。小麦は年間一人当たり 145kg を消費する重要な主穀である。一方、小麦需要の約 6 割を輸入に依存しており、うち 85%をロシアとウクライナから輸入[4]しているため、同戦争による小麦不足が懸念されている。

黒海穀物協定によりウクライナの穀物輸出は 2022 年 11 月、前年比で 30.8%減となっているものの継続しており[5]、また、ロシアの穀物および肥料輸出も、EU や米国は経済制裁の適用除外としている[6]。しかしながら、小麦やメイズ、また化学肥料の国際市場価格は高騰しており、エジプト農業への影響が懸念されている。

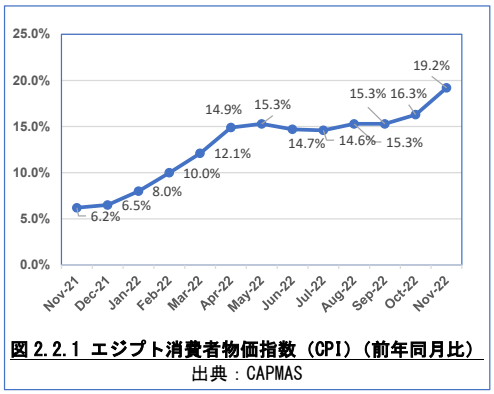


図 2.2.1 エジプト消費者物価指数（CPI）（前年同月比）
出典：CAPMAS

エジプト政府は、国営サイロを通じて農家の小麦買取価格を毎年設定しているが、2021 年に 5.5LE/kg であった価格を 2022 年には 6.7LE/kg に引き上げている。エジプトは肥料輸出国であるが、国際価格の高騰は国内の肥料価格にも影響する。農家は、農協を通じて政府補助金付きの安価な肥料を入

[4] Egypt: Impacts of the Ukraine and Global Crises on Poverty and Food Security, IFPRI Aug. 2022
[5] https://www.cnn.co.jp/world/35196253.html (2022 年 12 月 18 日アクセス)
[6] How sanctions on Russia and Belarus are impacting exports of agricultural products and Fertilizer, IFPRI Nov. 9, 2022

手できるが、面積あたりの購入可能量が定められているので、農家は市場から必要に応じ追加購入するため肥料投入量減への影響も懸念される。このような国際情勢の影響に対する農業生産者への時宜に応じた対策の実施は、本長期ビジョンの達成に適うものでもある。

2.2.5 全国規模の実施中プロジェクト：コンクリートライニングと近代圃場灌漑システム

2022 年現在､エジプトでは灌漑･農業開発に関連する 2 つの国家プロジェクトが進行中である。一つは、原則として幅 6m 以下の支線水路にコンクリートライニングを導入するものであり、もう一つは、粘土やシルト質の土壌が多い Old Lands（旧耕地）に近代的な圃場灌漑設備－スプリンクラーやドリップ灌漑－を導入するものである。

1）支線水路へのコンクリートライニングの導入

支線水路を対象としたコンクリートライニングは、2019 年に政府によって決定された [7]。2020 年から実施に移されているが、全体の目標は 2024 年までの 4 年間で全国の支線水路の合計 2 万 km にコンクリートライニングを導入することである。基本的には、ローテーション灌漑を行う支線水路で、水路底幅が 6m 以下のものにコンクリートライニングを導入する。冬期は 10 日間、夏期は 5 日間の灌漑水遮断期を利用して、ライニング工事を実施している。

上記の計 2 万 km もの支線水路のライニングを 4 年間で達成するため、MWRI では、灌漑セクター（IS)、灌漑改良セクター（IIS)、貯水池・大堰セクター（RGBS)、水平拡大プロジェクトセクター（HEPS）の 4 つの機関が実施している。IS が 13,000 km、残りの 7,000 km を IIS、RGBS、HEPS の 3 セクターが分担して実施している。

年度別の目標は、2020/21 年度（2020 年 7 月 1 日～2021 年 6 月 30 日）と 2021/22 年度（2021 年 7 月 1 日～2022 年 6 月 30 日）の最初の 2 年間で 7,000 km、予算は 175 億 LE（9 億 1000 万＄)、2022/23 年度（2022 年 7 月 1 日～2023 年 6 月 30 日）は 1,200 km で予算は 40 億 LE（2 億 800 万＄）である。一方、コンクリートライニングの開始から 2022 年 7 月末までの実績は、最初の 2 年間の目標の約 80%に相当する 5,615 km となり、2022 年 8 月現在では別途に計 4,210 km が建設中である。

コンクリートライニングの km 当たりの工事単価は、2020/21 年～2021/22 年が 250 万 LE（13 万＄)、2022/23 年（2022 年 7 月 1 日～2023 年 6 月 30 日）が 330 万 LE（17 万 3000＄）である。最新の単価 330 万 LE（173,333＄）で計算すると、総延長 20,000 km のライニングコストは約 660 億 LE（35 億＄）となる可能性がある。エジプト政府は、2021 年度時点では、このコンクリートライニング工事を国家予算で進める意向であったが、2022 年度に入り、ウクライナ危機、また世界的なインフレ高などにより政府予算が逼迫してきた。したがい、今後の実施における政府予算の確保は厳しい状況になりつつある。

2）近代的な圃場灌漑施設（スプリンクラーやドリップ灌漑）の導入

近代的な圃場灌漑施設の導入は、上記のコンクリートライニングと合わせて検討された。農地への近代的圃場灌漑施設の導入には農家の同意が必要であり、時間を要するため、まずは支線水

[7] 支線水路へのコンクリートライニングの導入は、2019 年に大統領、首相、水資源灌漑省大臣による協議の結果、大統領によって決定された事項である（当時、エチオピア国における Grand Ethiopian Renaissance ダムが建設中であったため、エジプト国へのナイル河川水の流入が減少する懸念から、節水のために考慮された案である)。そのため、水資源灌漑省は the President’s guidance に従い、財務省に予算を要求、支線水路に係るコンクリートライニング工事を開始したが、省令等に定められた特段の政府文書は存在しない。

路のコンクリートライニングを開始し、その後、2021 年 8 月に近代的圃場灌漑施設の導入が正式に決定された[8]。全体の目標は、400 万 feddan の広大な農地に、スプリンクラーやドリップを導入することである。政府は、このような大規模な近代化を 4 年以内に完了させたいと考えており、MWRI と MALR の 2 つの省庁によって実施される。

2022 年 9 月現在、Beni Suef 県は MALR、Qalyubia 県は MWRI が近代的圃場灌漑施設の導入を行うこととなっている（他の県は未定）。近代的な農地灌漑の導入にかかる単価は、導入する施設の品質に大きく影響を受けるが、1 feddan 当たり 30,000 LE から 50,000 LE 程度となる。この単価で計算すると、総事業費は 1,200 億 LE～2,000 億 LE、62 億 $ ～104 億 $ 相当となる可能性がある。

2.3 事業実施に関連する組織

2.3.1 水資源灌漑省（MWRI）

水資源灌漑省（Ministry of Water Resources and Irrigation: MWRI）は、エジプト国における水資源の調査・管理ならびにこれらに関連する灌漑排水施設等の計画策定から実施設計、施工管理、施設の維持管理に至るまで、水資源行政全般についての責任官庁である。水資源灌漑省は本局レベル（中央レベル）において計 8 の部局から構成されており、各部局の呼称は Affairs、Public Authority、Center、そして Department 等とされている（図 2.3.1 参照）。

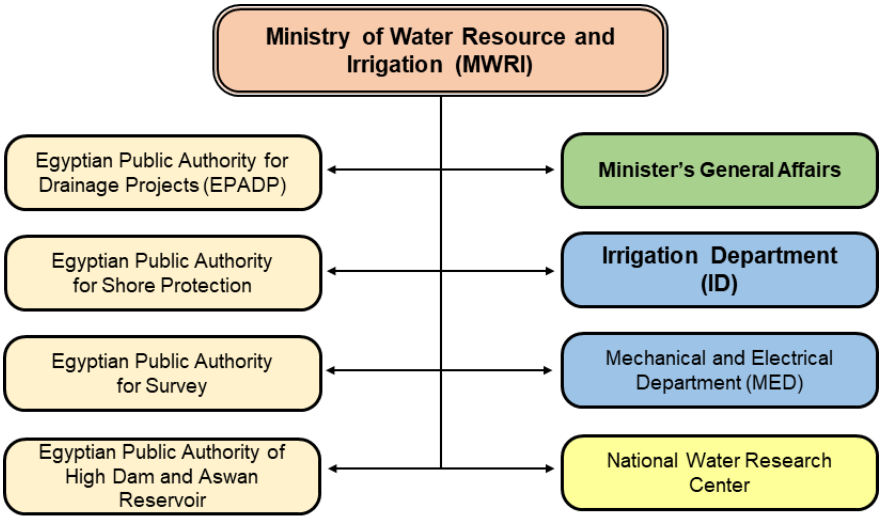


図 2.3.1 水資源灌漑省（MWRI）組織図
出典：JICA 調査団

本件事業の実施機関は灌漑局（Irrigation Department: ID）である。MWRI の中で中心的な存在でもある灌漑局は、河川やダムを含む灌漑システム全体の建設・維持管理などを担っている。灌漑局は中央政府レベルでは灌漑セクター（Irrigation Affairs Sector: IS）、灌漑改善セクター（Irrigation Improvement Sector: IIS）をはじめとする計 16 もの部署によって構成されているが（図 2.3.2 参照）、さらにそれぞれは複数の下位の部署を有していたり、また地方の事務所を有していたりする。

[8] 近代圃場灌漑施設の導入には巨額の予算が必要となるため、財務省、NBE、ABE、そして MWRI と MALR の 5 者からなる Joint Cooperation Protocol が 2021 年 8 月 5 日付けで署名・締結されている。当該文章タイトルは「National Initiative for the Irrigation Improvement and the Transition to Modern Irrigation」とされているが、近代圃場灌漑施設導入の資金を財務省が NBE と ABE に供与、そして農民は両銀行からのローンによって施設を整備するが、その際の実施機関として MWRI と MALR が責を持つことを合意している。なお、第 7 条には本文書の confidentiality が記載されている。また、その後、水資源灌漑省は 2022 年 5 月 9 日付けにて Ministerial Decree No. 143（2022）にて近代圃場灌漑施設の導入を行うことを決定している。

灌漑セクター（Irrigation Affairs Sector: IS）は本件事業に類するような灌漑施設の建設・改修事業を実施する部署であるため、他セクターと比べて人員や予算規模が大きい。この灌漑セクターは、中央政府レベルでは Water Distribution（水配分）と Canal Maintenance（水路の維持管理）という部署を擁している。また、灌漑セクターは General Directorate of Water Resources and Irrigation と呼ばれる地方事務所を全国 29 か所に置いている。この General Directorate 事務所が現場レベルの事業実施の責任主体なる。

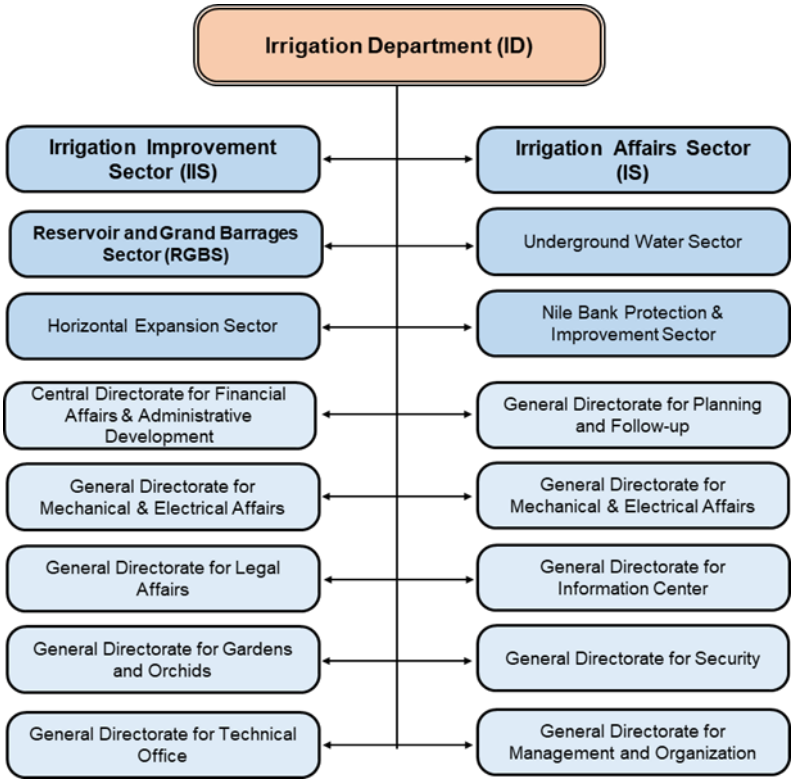


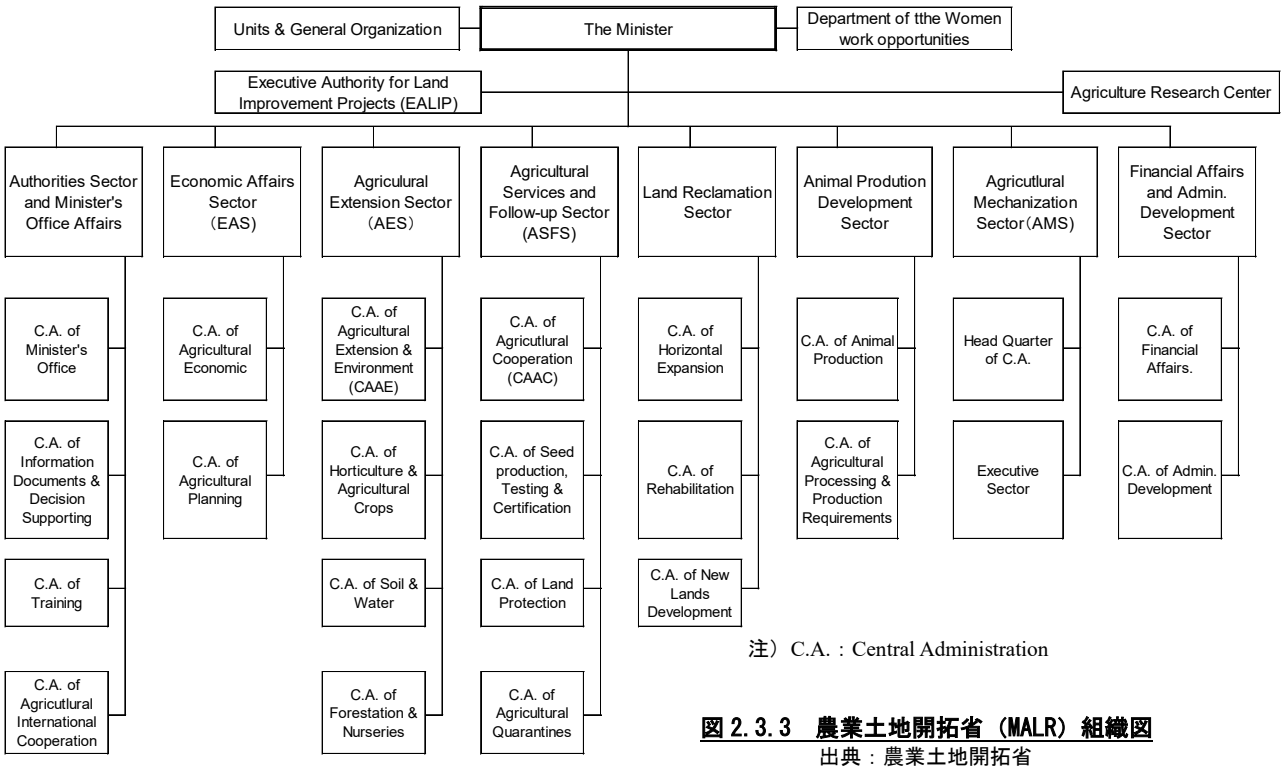
図 2.3.2 灌漑局（ID）組織図
出典：JICA 調査団

灌漑セクターは主として事業のハード面を担当するが、灌漑改善セクター（IIS）は、受益農家への対応、例えば近代圃場灌漑システムの操作・管理を担当する水利組合の設立を行うこととなる。IIS の本局は灌漑改善と灌漑助言サービスといった 2 つの部署から構成されているが、部署ごとに地方に展開する灌漑改善局（General Directorate of Irrigation Improvement）または灌漑助言サービス局（General Directorate of Irrigation Advisory Services）と呼ばれる地方事務所がある。

貯水池・大堰セクター（RGBS）は、Kased 取水工、Mahlet Menouf 調整堰、Sorad 調整堰などの大規模調整堰の建設を担当することとなる。これらはすべて Gharbia 県と Kafr El Sheikh 県内に展開する Kased 灌漑地域内に位置している。RGBS は、2023 年現在、円借款で建設中の Dirout グループ調整堰をはじめ、大規模な調整堰や取水堰などで多くの事業を実施してきた。RGBS は地域事務所を設置していないが、例えば Assuit 取水堰や Delta Barrage 等の大規模な堰には管理事務所が併設されている。

2.3.2 農業土地開拓省（MALR）

農業土地開拓省（Ministry of Agriculture and Land Reform: MALR）は、8 つの行政部局（セクター）から構成される。それらは、大臣官房局、経済局、農業普及局、農業サービス・フォローアップ局、土地開拓局、畜産局、農業機械化局、および財務・総務局である（図 2.3.3 参照）。農業機械化局は、これまでわが国無償資金協力や 2KR で機械化センター建設や農機の供与をおこなってきている。また、農業サービス・フォローアップ局では、技術協力プロジェクト「小規模農家の市場志向型農業改善プロジェクト」を実施してきた。



注）C.A.：Central Administration

図 2.3.3 農業土地開拓省（MALR）組織図
出典：農業土地開拓省

部局（セクター）に加えて、農業資材から農産加工を含む種々の研究を行うための農業研究所（Agriculture Research Center: ARC）が設置されている。さらに、On-farm 灌漑改善を含む農地整備事業を担う庁として、土地改良庁（Executive Authority for Land Improvement Projects: EALIP）が設立されており、新規農地開拓から圃場整備、土壌改良、On-farm 灌漑改良等の事業を担っている。EALIP をカウンターパート機関として、これまで IFAD や GIZ も On-farm 灌漑改善に係る事業などを実施してきている。灌漑を含む農業技術の普及は、農業普及局が担い、ARC や EALIP と協力して業務を実施している。

全国の各村には、農業サービス・フォローアップ局配下の農協中央部が監督する村落農業協同組合が配置されている。エジプト政府が社会主義政策を採っていた 1970 年代まで、村農協は行政の末端機構として作物作付・販売統制、資材流通統制、農地管理等、農業生産・流通を統制する組織として機能していた。このような統制下にあって農家の生産意欲が減退、農業生産の低迷が見られたことから、エジプト政府は、1970 年代後半から自由化政策に舵を切った。これにより、農家は自由に作物を選択できるようになり、また販売先も小麦 [9]を除くほとんどの作物で自由化された。

このため、農協の行政機構としての役割は、現在は補助金付き肥料の組合員への販売と農地の管理などに縮小している。1980 年に農協法が制定され、農協は農民の経済活動を推進する経済団体として改めて規定されたが、独自のビジネスを進める農協は限られている。一方、農業統計の基礎となる、各年の作物別作付面積及び生産量は、農協が収集し、村農協⇒郡⇒県⇒中央と集約され、毎年の農業統計が作成されている。

[9] 小麦は、現在でも国営企業が買取を行っている。パンの小売価格に比して、小麦の生産者からの買取価格を政府が高く設定しているので、農家は政府に販売することが有利となっている。

2.4 ドナー支援事業（本項目は英文報告書に記載しない）

水資源や灌漑運営管理の分野を支援している主なドナーである EU、FAO および IFAD による 2010 年代半ば以降の主な事業は次のとおりである。

2.4.1 欧州連合（EU）

EU	EU Water Sector Technical Assistance and Reforms Support (EU Water STARS) Irrigation Modernization in the Nile Delta and Valley (December 2020)	Feb. 2018 – Dec. 2020

1) 目的

従来の湛水灌漑農業から近代的灌漑農業への移行に向けた実践的な展望や道筋を作成し、農業、財務、計画・企画及び水資源管理に関わる関係者間で共有する。

2) 灌漑近代化に向けた実践的な展望

2-1) 事業の提案

次の 3 事業（A、B、C）で構成された灌漑農業近代化プログラム（IAMP）の提案

(A); ナイルデルタの近代化包括プログラム（農村・農業及び水管理の形態転換の近代化プロセスに伴う社会・経済面、情報伝達等の分野の制度・規制や PMU の枠組み作り）:（事業予算：€5 - 10 百万、US $ 4.5 - 9 百万、LE 90 - 180 百万）

(B1); 上エジプト・ナイルデルタにおける実証事業（最小 1 地域）;（1 事業当たり事業予算：€80 - 120 百万、US$70 - 105 百万、LE14 - 22 億）

(B2); 中部エジプト・ナイルデルタ及びファユームにおける実証事業（最小 1 地域）;（1 事業当たり事業予算: €130 - 200 百万、US$115 - 175 百万、LE24 - 36 億）

(B3); 下エジプト・ナイルデルタにおける実証事業（最小 1 地域）;（1 事業当たり事業予算：€190 - 285 百万、US$170 - 250 百万、LE34 - 52 億）

(C); 近代化に向けた刷新的アプローチに係る実証事業 ;（事業予算: €5 - 10 百万、US$4.5 - 9 百万、LE90 - 180 百万）

事業予算合計 A + B + C: €410 - 625 百万、US$365 - 550 百万、LE75 - 113 億（ただしこの金額は実証事業数により異なる） [US $ 1.0 = €0.8、1.0EGP(エジプトポンド) = 0.06258 US $ = €0.055]

プログラム（IAMP）の特性は、農業と水管理の統合によって近代化を目指すことである。

平均投入額は約 EGP48,000／feddan で、圃場改善に 63%（~EGP 30,000）、灌漑スキーム改善に 31%（~EGP 15,000）、制度改善に 6%（~EGP 3,000）と算定される。予備分析によると、実証事業の IRR は下エジプト、中部エジプト及び上エジプト、デルタで 10%と概算される。

2-2) 事業に当たっての主な勧告事項

事業地域面積 ; 1 地域 10,000‐15～20,000 feddan の数地域（計 50～60,000 feddan）

水供給スキーム ; 可能なかぎり“連続灌漑”とする。Meska 及び Marwa の土水路は低圧管 uPVC に置き換える。Meska 始点では電動ポンプを設置する。Meska レベルで WUA を設立する。

圃場レベル ; 灌漑近代化プロセスの技術的支援、バリューチェーンの強化、民間セクターの参加促進、営農ビジネス計画の策定、等が必要。

財政 ; 財源に関わる財務分析(ドナー、国の支援、等)、財務・経済便益、等の分析

訓練・研修 ; 対象者は灌漑セクターの技術者及び WUAs、Farmers Field School（FFS）の活用。

出典: EU Water Sector Technical Assistance and Reforms Support (EU Water STARS), Irrigation

Modernization in the Nile Delta and Valley, December 2020, EU

EU	EU Water Sector Technical Assistance and Reforms Support (EU Water STARS) Financing Options for a Blended Financing Instrument to Support Irrigation Modernization at the Farm Level	Feb. 2018 – AUG. 2020

1） 背景

MWRI は、上記の EU Water STARS 事業に従って 950,000 feddan で灌漑農業の近代化を促進する意向である。MWRI は、財務支援サービス業者（FSPs）が、事業参加農民が必要な備品・機器を購入するに当たり財務的に入手可能な製品を提供できる、事を望んでいる。

2） 本件の目的

1. 農民が圃場レベルの灌漑近代化を選択するに当たり、a) 財政的に負担可能な費用であること、b) 混成的な財務手段を活用すること、に係る基本的な財務データを明らかにすること。
2. a) 提案する財務手段のビジネスケースを確認する際の財務及びリスク査定の詳細、b) 最適な財源や財務手段の構成、を提供すること。

3） 農業セクターの財務、圃場レベル灌漑近代化の経済便益、財務分析及びリスクの査定

圃場レベルの近代化に当たっては、グループローン或いはクレジット仲介の小売業者を通じた融資を活用することが推奨される。財務分析とリスク査定は、本件で開発した Appraisal Model によって行い、必要な資金の投入、ローン利率及び財源オプションに関わる“基本ケース”と 6 シナリオが評定された。

4） 最適な財務、財源等の組み合わせ

最適なケースは、“基本ケース”（EGP10,000／feddan、財源;€500 百万、EGP 9,500 百万、近代化面積 950,000 feddan、EU 投資不履行€100 百万、商業利率 7%、商業銀行資金€500 百万、等）となった。財源の地域別配分は、北部デルタ 44%、南部デルタ 10%、北部上部デルタ 26%、南部上デルタ 10%、Giza 及び Qaliubiya 5%、Alexandra 及び Ismailia 5%、となった。

5） 本件実施期間；2018 年 2 月～2020 年 8 月（30 か月）

出典：EU Water Sector Technical Assistance and Reforms Support (EU Water STARS), FINANCING OPTIONS FOR A BLENDED FINANCING INSTRUMENT TO SUPPORT IRRIGATION MODERNIZATION AT THE FARM LEVEL, Draft REPORT (MARCH, 2021)

EU	Support to the National Water Resources Plan	Mar. 2014 – 2017

事業費: 上限予算として 260 万 EURO　　2014 年～2017 年

出資機関: European Union（Water Sector Reform Program Phase Ⅱ(WSRP Ⅱ)の枠組みの中）

事業目的: 既存のエジプト国家水資源計画（NWRP2017）をアップデートして 2050 年ビジョンの枠組みにまで拡張し、さらにエジプトの異なるコンテクストを代表する 6 県の地域水資源計画を策定するために、MWRI に技術的支援を提供する。具体的には NWRP2037 の策定を支援する。

背景: NWRP2037 策定の背景としては、NWRP2017 がその対象期間を終えることに加え、次に示す事項が認識されている。すなわち、水不足とその社会的影響の大きさと緊急性が明らかになったこと、エジプトビジョン 2030 が策定されたことで、統合水資源管理（IWRM）が準拠すべき新たな政策枠組みが登場したこと、また、初めの NWRP（NWRP2017）の実施を通じて、水資源に係る将来の意志決定に反映すべき教訓を得られたこと、などである。

技術支援内容: 計画が参加型アプローチを通じて策定されるように、技術的支援は以下の点に留意して、すべてのステークホルダーの強力な参画のもので実施される。1. 既存の水資源に係

る情報（量・質）と、様々な水利用者からの水需要を統合する。2. 情報をユーザーフレンドリーな形（GIS、地図、表）で処理・提供する。3. ステークホルダー協議を組織・促進する。4. 国・県レベルで MWRI に技術的サポートを提供する。5. 水資源計画に係るコミュニケーションおよび情報アクセスを促進する。6. 6 県の地方水資源計画の情報を用いて NWRP を更新し、国レベルで求められる IT 支援のスコープを定める。7. NWRP のためのパイロット IT プラットフォームを構築する。8. その他 8 県については水資源計画について研修を実施する。なお、NWRP2037 は、2017 年に発行されている。

出典：Contract forecast notice（EuropeAid/135684/FH/SER/EG.）、国家水資源計画（NWRP）2037、EU WEB サイト（https://www.eeas.europa.eu/eeas/european-union-supports-egypts-national-water-resources-plan_en）から調査団作成

2.4.2 アフリカ開発銀行（ADB）

ADB	National Drainage Project (NDP)	Jul 2015 – Jun 2021
事業費: € 74.99 百万　　事業期間: 2015 年～2021 年 6 月 出資機関:アフリカ開発銀行借款€50.20 百万及びエジプト政府€24.79 百万（カウンターパート）		
上位目標:水資源の有効利用と排水システムの効率性改善の最適化を図る。 **事業コンポーネント:** コンポーネント 1（€61.10 百万）; 1.1 地下及び地表排水の土木工事、1.2 土木工事の設計・施工管理、コンポーネント 2 （€13.00 百万）; 2.1 排水システム O&M のための機械・機器の購入、2.2 EPADP パイプ製造工場の更新、2.3 技術調査、2.4 CUAs 及び EPADP スタッフ訓練、コンポーネント 3（€0.89 百万）; 3.1 事業調整管理組織の設立、3.2 M&E の確立、会計、調達システムの確立		

出典：事業評価レポートおよび MWRI スタッフ

ADB	MASTER PLAN STUDY FOR THE REHABILITATION/REPLACEMENT OF MAJOR HYDRAULIC STRUCTURES ON THE NILE	Apr. 2010(signature) – Feb. 2017(last disbursement)
事業費: UA* 2,295,036 （内 UA.600,000 が ADB、UA.1,242,904 が AWF 出資） 事業期間: 2010～2017 年　出資機関:アフリカ開発銀行（ADB）、African Water Facility（AWF） *) UA: Unit of Account（UA1 = Euro 1.09806= LE 8.70631, 2009 年 6 月時点）		
調査目的: エジプト国内の主要水利施設について評価・設計を行い、エジプトの統合水資源管理（IWRM）の計画実施に貢献すること。IWRM 計画は、水資源分配の効率性を改善すると共に、洪水のリスクや被害を提言することを目的としている。 **調査背景:** 水不足が深刻なエジプトにおいて、水資源分配の効率性の重要性は極めて高く、求められる効率性を確保するためには、ダム、堰、制水工等からなる水利施設が適正な管理状況に置かれている必要がある。大半の水利施設は 19 世紀末～20 世紀初頭にかけて造成された非常に古いものであることから、老朽化が進行しているために安定性や安全性を欠くといった課題を抱えている。エジプト政府は水利施設の改修・再建設に取り組んでいるが、膨大な施設数に対して効率的な将来の対応計画を立てるために、優先順位付けと資源投入の促進を図るマスタープラン策定の必要性が示された。 **事業コンポーネント:** 1. 現地調査および地理情報システム（GIS）データベースの開発 : 75 か所に分散した 200 の水利管理構造物について現地調査を実施する。MWRI の RGBS が使用することを念頭に、データニーズとデータの適切な構造を決定し、GIS データベースを設計・構築する。2. 安全性評価と意思決定支援システムの開発 : 50 の水利施設について、安定性分析と安全性評価を実施する。資本投資を必要とする構造物について特定し優先順位付けをするため、GIS に基づいた意思決定支援システムを開発する。3. マスタープラン策定と優先主要構造物の詳細		

設計の準備：意思決定支援システムに基づく優先順位リストを用いて、各構造物に対する介入タイプ、リハビリや更新に係る推奨スケジュール、概算費用を含んだマスタープランを策定する。マスタープランについて戦略的環境アセスメントを行い、経済的費用対効果を分析する。優先順位の高い主要構造物について、フィージビリティー調査、詳細設計、入札書類の準備等を実施する。4. 事業マネジメント：事業マネジメントを実施する。
なお、2023 年 2 月時点において、これらの調査結果を踏まえて事業実施に至った施設は無い。

出典：African Development Bank - African Water Facility (2009) Appraisal Report および MWRI スタッフ聞取り

2.4.3 ドイツ復興金融公庫（KfW）

KfW	New Assuit Barrage & Hydropower Plant Project	Dec. 2011 – Aug. 2018

事業費: US$ 490 百万（KfW より EUR300 百万、エジプト政府より EUR150 百万）
事業期間: 2011 年～2018 年　　出資機関:ドイツ復興金融公庫（KfW）

事業目標: 100 年以上前に造成されて既に老朽化している Assuit Barrage の下流側 400m の地点に新しい堰を建設し、さらに新設する堰には水力発電所を統合し、環境負荷の少ない電力創出を行う。主たる目的は、現在世代と将来世代の水資源ニーズを充足することである。灌漑用水をコントロールすることで、エジプトの耕地面積の約 20%に相当する 1,650,000feddan の面積を有する中エジプト（Giza, Fayoum, Beni Suef, Minya, Asyut）における灌漑を改善することを目指す。また、クリーンエネルギーの創出、複数セクターにおける雇用創出、そして陸上および水上交通の改善も事業目的の一つとなっている。

事業効果:

プロジェクトは、約 500 万人（その多くは貧困層で、小規模農業に従事している）の収入確保と雇用創出を行う。建設段階においては、建設セクターを中心に工業や電気産業セクターに約 6,800 人の雇用を創出し、さらに約 300 人が堰および水力発電所のオペレーターとして正規雇用されるとしている。水力発電所の発電量は約 200GWh/年で、およそ 13 万世帯の電力を供給し、年間約 10 万トンの炭素排出量が削減される。陸上交通および水上交通も改善され、特にナイル川を横断する 4 レーン高架道路は、百万人を超える居住者を抱える Assuit 市街への食糧供給路としても機能することとなる。

事業主要コンポーネント: 幅 17m のラジアルゲート 8 基を備えた水門、8MW のタービン発電機を 4 基備えた水力発電所（合計発電能力 32MW）、船舶通過のための 120m×17m の double navigation lock（閘門）、4 レーンの高架道路、高さ 11m の堰堤、Ibrahimia Canal Head regulator の改修と移転、さらに、貯水池、変電所、アクセス道路、送電線の敷設等や、環境へのネガティブな影響を予防・低減・補償するための環境配慮も事業コンポーネントに含まれる。

出典： KfW WEB サイト（https://www.kfw.de/stories/index-en.html）、The Arab Republic Egypt Presidency WEB サイト(https://www.presidency.eg/)、および Global Data WEB サイト(https://www.globaldata.com/)に記載された各種記事を基に調査団作成

2.4.4 国際協力機構（JICA）

JICA	Project for Construction of New Dirout Group of Regulators	Apr. 2022 – Mar. 2025

事業費: 58.54 億円（L/A）　　L/A 期間: 2015 年 3 月～2025 年 3 月（2023 年現在工事実施中）
出資機関:日本国政府

事業目標・背景: 高い人口増加率と経済成長率に伴い農業・工業・生活用水の水需要が大幅に増加するエジプトにおいて、水需要の 80%以上を占める農業セクターにおける効率的かつ合理

的な水利用の実現は喫緊の課題である。ここで、既存の Dirout 堰群は、上エジプトにおいてナイル川年間利用可能水量の 17%に相当する年間 96 億㎥の灌漑用水を、7 つの幹線水路によって農地 60 万 ha に配水する起点として重要な役割を担っている。しかし 1872 年の造成後、大規模な改修は行われないまま約 150 年が経過し、老朽化によって著しく機能を低下させており、早急な改修が求められている。このため、既存の Dirout 堰群の下流に新しい堰群を建設し、併せて水管理システムの強化支援を行なう。これにより、効率的な水配分の実現を図り、対象地域の農業生産性の向上に寄与する。対象地域は、Assuit の Dirout および周辺流域（Giza, Beni Suef, Fayoum, Minya）となる。

事業効果: Dirout 堰群の建設によって、効率的な水配分の実現を通じて農業生産性が向上し、エジプトにおいて貧困人口が集中する上エジプトの農民の所得向上に寄与することが期待されている。加えて、本体工事によって同地域の雇用創出に寄与することも期待される。

事業主要コンポーネント: 新 Dirout 堰群建設工事 : 5 堰の堰体の新設、ゲート製作・据付（Double leaf gates 6m(幅)×8 門：計 2 堰、Sigle leaf gate 2m(幅)×11 門：計 3 堰）、統合水管理システム構築にかかる、監視システム整備、中央監視センター建設。エジプトにおける JICA の類似案件の事後評価では、改修した堰の下流側取水管理施設における過剰取水によって、必要な地域への適正な水配分が阻害されたことが判明している。本事業ではこの教訓を踏まえ、堰の新設のみならずリアルタイムでの流量管理の能力強化を図ることとし、水管理システムの導入が組み込まれている。

出典：JICA ODA 見える化サイトおよび「エジプト・アラブ共和国新 Dirout 堰群建設事業 詳細設計調査 報告書（2017 年 5 月）」から調査団作成

2.4.5 国際連合食糧農業機関（FAO）

FAO	Technical Assessment on the On-farm Irrigation Development in the Old Lands (OFIDO)	2009 - 2020

1) 概観

農業土地開拓省（MALR）は標記事業（OFIDO）を、IFAD 資金を活用して 8 県（Kafer el-Sheikh、Beheira、Minya、Beni Sueif、Assiut、Sohag、Qena 及び Luxor)で実施した。エジプト政府は、今後の農業水管理分野の投資戦略と政策を評定すること目指して FAO に、上記 OFIDO 事業の 3 県（Kafer el-Sheikh, Assiut 及び Sohag）における灌漑改善活動を技術的に評価することを委託した。技術評価は、技術及び経済の各コンポーネントで行った。

2) 技術評価

(a) 水生産性;夏期作物（トウモロコシ、コメ、綿花、ソルガム、飼料作物）と冬期作物（小麦、テンサイ、トマト）の水生産性（収益）の分析

(b) ポンプの圧力テスト：改善 Meska のポンプ効率の評価。ラバーシール、シリコンシール、パイプ周りの砂層が推奨される。

(c) 流量：改善 Meska の水供給量を満たすポンプ容量は十分であるが、ポンプ効率は低い。パイプや給水栓の不良のためにシステム内の配分が悪い。非改善 Meska（土水路）の搬送効率は 88.43%（延長 60m:Assiut）、77.25%（146.3m: Sohag）、78.28%（180 m: Kafer el-Sheikh）であった。

(d) RAP による評価：i) 水収支状況；作物要求量に対する水供給は十分である。農民レベルにおける水需要と供給についての理解向上に向けたキャパビルが必要。ii) 組織；農民は責務（役割）の認識が低い。キャパビルが必要。維持や修繕を定期的に行うための適切なガイダンスや必要な器機を備える必要がある。iii) 水配分の質的評価;水配分状況、ポンプ場、Meska パイプライン、Marwa パイプライン、指示系統を評価。

(e) フィールド観察：フィールドにおける不適切な灌漑システムの原因を明らかにした。
(f) 水理モデル：圧力管による水配分を適切に行うために行った。
(g) 圃場用地確保の評価：開水路区間をパイプ埋設することによって圃場面積が増加し、それによって作物収益が増加する。
(h) 圃場レベルの費用便益の分析：適用されている水利費は実際の運営費用を超えている。実際のポンプエネルギー費用と水利費の間の格差は事業目的の達成を難しくしている。
(i) 費用投資評価：農民の改善費用の償還に関する無理解や最近の通貨切り下げに起因する金融苦が利益への還元を難しくしている。農民による償還費用は、灌漑施設の資産の償却期間(15 年)に基づき明確にする必要がある。農民の債務は、灌漑インフラの大規模な修繕費用が農民の財務容量を超えることから Meska レベルのインフラに限定すべきである。

出典：On-farm Irrigation Development in Old Lands (OFIDO), Technical Assessment, FINAL REPORT, 2020, FAO

FAO	The Project for Enhancement of Agricultural Productivity	Apr. 2023 – Mar. 2024

1) 概要：

本プロジェクトは、エジプト国の食料安全保障のために農業生産性の改善に取り組むエジプト政府を支援するプロジェクトとして、日本政府から FAO に対して 5 億 2000 万円を無償供与して実施される。2023 年 3 月 10 日に、国際協力大臣および水資源灌漑大臣等の列席の下、日本国大使と FAO 代表の間で E/N の署名が行われた。

本プロジェクトは、農業用水の生産性と気候変動に対するレジリエンスを高めることを目標に、上エジプト地域およびデルタ地域の小規模農家を対象として、近代圃場灌漑設備や太陽光発電によるポンプ、電化グリーンハウス、耐塩性品種等の導入・実証を行う。本プロジェクトを通じて食料安全保障や農村社会の改善に対し、統合的で革新的な解決策を十分に活用することを目指すものである。プロジェクトにおいては、乾燥地農業の先進研究でしられる鳥取大学や JICA の技術協力プロジェクトである小規模農家の市場志向型農業改善プロジェクト（ISMAP）と共同する予定である。

2) 政府関係機関：

エジプト水資源灌漑省（MWRI）をリード機関とし、農業土地開拓省（MALR）からも支援を得る。

3) 事業コンポ―ネント：

本プロジェクトは、小規模農家による水利用効率の増加、作物単収の増加、および農家所得の増加を目標とし、以下の 4 つのコンポーネントにより活動を実施する。

1．近代灌漑はエネルギー利用と水生産性を最適化する、ことが実証される。
このコンポーネントでは、Minya 県、Qena 県および Kafr El Sheikh 県に近代圃場灌漑設備と太陽光発電によるポンプ場を有する試験圃場を設置し、灌漑用水やエネルギーの節減率、更に土壌の塩類集積度合いを測定し、作物単収や農家収益を調査して、近代灌漑導入の技術的および経済的効果を実施証する。

2．Farmer Field School (FFS)を通じて、小規模農家が知識や技術を強化し、Climate-smart Water Management（CSWM）を実践する。
近代灌漑の利用に係る研修プログラムや教材を作成し、FFS で農家に研修を施すファシリ

テイターを研修する。研修は本邦（鳥取大学）での研修も含まれる。

3．小規模農家が GAP（Good Agricultural Practice）に基づいて近代圃場灌漑と CSWM の導入を促進し、農家の能力が向上する。

4．小規模農家が Small Agri-business Development (SABD) により持続的な生計向上活動に従事する。

小規模農家に対して SABD の研修を実施し、クレジットへのアクセス改善等を図る。

出典：FAO

2.4.6 国際農業開発基金（IFAD）

IFAD	Sustainable Transformation for Agricultural Resilience in Upper Egypt Project Design Report	Oct. 2012 – Oct. 2019

1) 概論: The Sustainable Transformation for Agricultural Resilience (STAR) プログラムは、上エジプトの小規模農家や貧困／女性／若人弱者の生活水準向上に寄与することを目的としている。プログラムの拡大目標は 24 灌漑地区、160 村の 240,000 世帯 (1.2 百万人)である。

2) プログラム対象県; Menya、Assuit および Sohang

3) 活動内容; 事業対象地区の農村部に設立されている組織（農協、水利組合、ユースグループ、女性グループ）や起業家へのキャパビル支援、また農村部の市場の機能強化、2）小規模農家の生産性とレジリエンスを高めるための営農支援、流通支援、農産加工支援等、3）事業管理と政策立案者の事業への参加

4) STAR コンポーネント:

コンポーネント	サブコンポーネント
1 制度、企業、市場の強化	1.1 市場制度や出資経営者の強化
	1.2 マイクロ企業経営体の育成
2 小農の生産向上及びレジリエンス強化	2.1 灌漑インフラ及び管理への投資
	2.2 作物栽培による営農改善
3 プログラム管理及び政策連携	3.1 プログラム管理
	3.2 政策連携

5) 費用 ('000 USD):

財源	投入費用	経常経費	合計
i) ローン			173,271
IFAD	60,820	2,410	63,230
アフリカ開発銀行	90,041	-	90.041
OFID	20,000	-	20,000
ii) 贈与			14,051
IFAD	1,306	-	1,306
WFP	9,874	-	9,874
Adaption Fund	2,352	519	2,871
iii) 政府	13,161	2,295	15,457
iv) 受益者			66,861
受益者賦課金	12,764	-	12,764
民間金融機関	54,097	-	54,097
合計	**264,416**	**5,225**	**269,641**

出典：Sustainable Transformation for Agricultural Resilience in Upper Egypt Project Design Report, Main report and annexes. IFAD (Document Date: 29/10/2019)

IFAD	On-farm Irrigation Development Project in the Old lands (OFIDO)	Dec. 2010 – Dec. 2020

1) 事業費: US$ 92.16 百万

2) 出資機関: IFAD 借款 US$61 百万／IFAD 贈与 US$1.0 百万／政府 US$30.16 百万
3) 事業期間: 2010 年～2020 年
4) 事業対象地区：下エジプト（Kafr El Sheikh、Beheira）、上エジプト（Assiut、Sohag、Qena、Minya、Beni Suef、Luxor）
5) コンポーネント

コンポーネント 1：灌漑・水管理

灌漑改善および既存配水システムの近代化、末端農家のための公平な水配分を実現する水管理能力の強化、持続的な灌漑および作物生産の増加のためのより効果的な農家および関係者の参加を通して、水利用性の向上および圃場内水路システムの効率を改善する。

1) 3 県(Assuit、Sohag 及び Qena)の Meska 及び Marwa のパイプ化による水路更新
2) 2 県(Kafer El-Sheikh 及び Behira)の Marwa 更新
3) 地表灌漑改善の実践及び圃場灌漑システムの改善
4) 果物や野菜圃場の現地適応灌漑方式の適用
5) 気候変動に対応した作物用水量の適用
6) 圃場レベルの灌漑管理及び灌漑スケジュール改善

PDR 目標	見直し目標	実施中（2018 年 12 月時点）	
32,600 feddan	24,603 feddan	23,665 feddan	96%

注：PDR は Project Design Report の略

コンポーネント 2：農業競争力強化

各県の農業局普及部による作物生産、畜産、ポストハーベスト、灌漑水管理の実施。 2018 年 12 月時点で下エジプトにおいて 4,342 名の農民に対し、水管理と圃場内灌漑技術に関する研修を実施済み。

コンポーネント 3：地方企業およびマイクロファイナンス開発

中小企業開発庁（MSMEDA; Micro, Small, and Medium Enterprise Development Agency）による Community Development Association（CDA）、農業組合、Bank du Caire、ダイレクト・レンディングを通した地方企業およびマイクロファイナンス開発を実施。2018 年 6 月時点で 9,888 プロジェクトを対象に 8.8 百万 USD を支出した。MSMEDA は CDA や農業組合の職員に対する貸付に関わる能力強化も実施している。

出典:MALR 職員聞き取り、IFAD Project site: https://www.ifad.org/en/web/operations/-/project/1100001447、および On-farm Irrigation Development Project in Oldlands Supervision Report (December 2018)

2.4.7 マルチドナーによる支援事業

WB、KfW	Irrigation Improvement Project（IIP）	1996 - Dec. 2006

1） 目的

灌漑改善プロジェクト（IIP）は、灌漑水管理の改善を通じて、エジプト農民の経済・社会状況を改善し、作物生産と農民の収入を増加させることを目的としている。

2） 資金

WB とドイツ復興金融公庫（KfW）の資金により、フェーズ 1（IIS 1）とフェーズ 2（IIS 2）が実施されてきた。

1. IIS 1 は、1996 年から 2006 年にかけて実施され、ナイルデルタの 2 つの県（Beheira と Kafr El Sheikh）が対象であった。事業の対象面積は、248,000 feddan であり、総事業費は 182.3 百万 USD である。
2. IIS 2 は、IIS 1 の当初計画で終了できなかった事業を対象に、KfW が後継で実施したものである。IIS 2 では、2014 年 12 月まで灌漑施設改善を実施した以降も、電力の不具合で WUA への引き渡しが遅れていた施設に関する活動のため 2016 年まで継続された。

3） 事業内容

IIP は公平な水配分を実施するために、農家が共同で利用するポンプ場の建設や、WUA（Water Users Association）設立と組織強化支援などを行ったものである。IIP では、新たな WUA の設立支援とともに、ポンプ場や Meska 改良の設計から施工に至るまで一連のプロジェクト活動を行っている。

出典：PMU COMPLETION REPORT IBRD Loan no 7291-EGTIIS, Ministry of Water Resources and Irrigation, Integrated Irrigation Improvement and Management Project, August 2016

WB、KfW、オランダ、エジプト政府	Integrated Irrigation Improvement and Management Project：IIIMP	May 2006 – Dec. 2016

1） 目的

IIP1 と IIP2 の後継として実施されたのが、統合灌漑改善管理プロジェクト（Integrated Irrigation Improvement and Management Project：IIIMP）である。

2） 資金

2006 年から 2016 年にわたり実施された、7 年間のマルチドナープロジェクトである。

1. IIIMP は 2006 年から開始され、途中で事業が政情不安のため一旦中断（2011 年 1 月～2013 年 6 月）したものの、工期延長が行われ 2016 年に終了している。IIIMP には、MWRI の IIS に加えて、農業土地開拓省（MALR）や Ministry of Electricity and Energy といった多様な機関も参画している。
2. Meska 改良には 857 百万 LE が投入され、95,532 feddan を対象に工事が実施された。単位面積当たりの工事金額は、KfW では 10,464 /feddan LE、WB では 7,909/feddan LE、両事業の平均では 8,966/feddan LE となる。

3） 事業内容

プロジェクト地域は、中部・西部デルタ地域の Mahmoudia と Mit Yazid を対象（550,000 feddan）として、灌漑排水の管理能力強化や水利用の効率化を目指すものである。このプロジェクトの進め方は、先行の IIP と同様に、灌漑水利用の統合や農民参加型に基づく事業実施を基本とした取り組みである。

Meska 改良に際しては、Law 213（1994）に基づき WUA の設立が必須である。WUA は Meska 改良の計画と設計のプロセスに参加するとともに、WUA は施設の運用や維持管理において重要な役割を果たす。これらの一連のプロセスは、IIS 傘下の Irrigation Advisory Service（IAS）が担っている。

出典：PMU COMPLETION REPORT IBRD Loan no 7291-EGTIIS, Ministry of Water Resources and Irrigation, Integrated Irrigation Improvement and Management Project, August 2016

2.4.8 その他支援事業

上記以外の関連事業は次のとおりである。

EU- Joint Rural Development Program, under the European Neighborhood Program for Agriculture and Rural Development (ENPARD) Initiative in Egypt	Dec. 2014 – Oct. 2019
事業費: € 38 百万　　事業期間: 2014 年 12 月～58 か月 出資機関: EU; € 27 百万及びイタリア協調融資; € 11 百万	
上位目標: 3 県（Matrouh、Minya 及び Fayoum） において土地資源の持続的管理を通じて住民の生活を向上する。そのための目標として、1）水資源の管理と Good Agricultural Practices	

（GAPs）によって農業生産を増加する、2）農業及び農外収入活動の推進と現地資源の活用によって生計を改善する。

主要な取り組み：①灌漑水利用効率の改善：水質劣化と低水利用効率の現状改善、②世帯収入の増加：農村地域の雇用機会増、農外活動による収入源確保、③農家経営の改善：85%の農家が耕作面積 1.0ha 以下であることから農業の近代化技術（耕作、灌漑、農工業、市場・流通）適用によって改善。

出典：事業 WEB サイト：http://www.eu-jrdp.org 及び MWRI 事業スタッフ聞き取り

Program for Transboundary Water Management in the Nile River basin adopted	Oct. 2014 - 2020
事業費: €13,700,000　　事業期間: 2014 年～2020 年 出資機関: ドイツ（BMZ）: €3,500,000 及び EU€10, 200, 000.	
上位目標:ナイル川水資源の公平な利用による持続的な開発を通じてナイル川流域国間の関係強化を図る。エジプトと EU の二者協議に基づく調査の活動資金を提供する。 **成果:** 成果 0：流域国間の信頼構築に向けた支援、成果 1：水、エネルギー及び食料安全保障に係る水資源の共同評価プロセスに基づく水資源管理に向けた戦略オプションの接合点づくり、成果 2：適切な水資源管理計画づくりのプロセス開発、成果 3：広範、多重な関連分野の投資プログラムの制定、成果 4：政策と管理の枠組みの履行、成果 5：東部ナイルのカスケード方式ダム群に係る流域国の相互調和に向けた接合点戦略の策定、成果 6：広域水文・気象ネットワークの設立、成果 7：国境を越えた流域国間の水資源協同利用に係る政策合意の進捗、成果 8：プログラムの運営管理のための NBI 組織の強化	

出典：事業 WEB サイト：http://www.eu-jrdp.org 及び MWRI 事業スタッフ聞き取り

第 3 章　事業対象地域の概要

本章では事業対象地域[1]の概要について述べる。すなわち、事業対象地域の地理的位置づけ、人口や受益者、水文・気象、また農家経済調査を含む農業や農村社会の状況、さらには灌漑・排水状況について纏める。また、衛星画像分析に基づく実際の作付面積や実際に測定されている流量データを基に、Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路掛かりの灌漑効率を算定する。

3.1　事業対象地域の特徴

3.1.1　優先地区の選定

本事業計画における優先対象 3 地区、すなわち Abo Shosha、Aros & Abo Seer および Kased は、先行調査[2]で選定された 15 カ所の優先地区から選定され、2021 年 7 月 13 日に開催された本調査のインセプションレポート報告会にて承認された（位置については冒頭位置図を参照）。先行調査の 15 地区は、水不足の頻度、受益面積の規模、水利構造物の箇所当り支配面積、支線水路水利組合の設立割合および MWRI の期待度という 5 項目から選定され、Bahr Yusef 基幹水路掛かりから 8 地区、Ibrahimia 基幹水路掛かりから 6 地区、およびデルタの Kased 幹線水路が選定されている。

この 15 地区のうち、Kased 地区は唯一デルタからの地区であり、全支線水路に支線水利組合が設立済みであること等、灌漑管理改善におけるデルタのモデル地区となりうるため、本事業計画の優先地区として選定された。他の 2 地区については、Bahr Yousef 基幹水の最下流部に位置する Fayoum 県および Ibrahimia 基幹水路掛かりの下流部である Beni Suef 県から各々1 地区ずつ選定されることとなった。

2 地区の選定は、優先地区としてパイロットの位置づけとし、事業実施による展示効果を早期に示すことも踏まえて受益規模が中程度の地区が選定された。Fayoum 県からは、より多くの既存情報を有する Aros & Abo Seer 地区が選定された。Abo Shosha 地区は、Ibrahimia 基幹水路掛かりで水利構造物や水路の状況が最も悪いと判断され、優先地区として選定された。

3.1.2　地理的位置づけ

エジプト全土は大きく i) ナイル河谷およびナイルデルタ、ii) 西部砂漠、iii) 東部砂漠、iv)シナイ半島の 4 つの地域に分類される。本事業の対象地域は i) ナイル河谷およびナイルデルタに属する。上エジプトの対象地域は Minya 県、Beni Suef 県、Fayoum 県を流下する Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路によって灌漑される地区であるが、ここはナイル川に沿って形成された河谷に人々が居住した地域である。

ナイル川はカイロ以北の下流で、Rosetta 支流と Damietta 支流に分岐し、広大な三角州であるナイルデルタを形成して地中海に注ぐ。ナイルデルタは東西 240 km に亘るが、西の Rosetta 支流と東の Damietta 支流に挟まれる地域が中央デルタと呼ばれる。デルタにおける優先地区は Kased 幹線水路によって灌漑される Gharbia 県と Kafr El Sheik 県内の灌漑地である。中央デルタの灌漑地は、ナイル川によって形成された沖積地であるため、標高差がほとんどない平坦な地形である。

3.1.3　農家受益世帯数および受益者数

事業対象地域における農地や受益者の情報は、優先地区に位置する村落農業協同組合および調

[1] 本報告書では、優先地区および対象水路が位置する県を事業対象地域と呼称する。
[2] エジプト国灌漑セクター情報収集・確認調査(上エジプト及び中央デルタ)ファイナルレポート(JICA, 2018 年)

査団実施による農家調査から収集する。エジプトの農村は、人口の集中する母村とその周辺に散在する小集落からなる。母村には、村落農業協同組合が政府により設立されており、すべての農地所有者は、農協組合員として登録されている。農地を貸し出す農地所有者もあるので、実際の耕作者の数と農地所有者の数には差が生じる。しかし、借地の統計データは存在しないことから、農地所有者数を対象地区受益者数として代用する。

農協が管轄する農地の境界は、必ずしも優先地区幹線水路の灌漑受益農地と重ならない。このような条件下で、優先地区の幹線水路およびその支線水路から取水する農地が属する村を農業土地開拓省（MALR）への聞き取りおよび地図上での確認を行った。Abo Shosha 地区、Aros & Abo Seer 地区および Kased 地区[3]にかかる村の数は、各々14 村、10 村および 34 村となる。表 3.1.1 に、これら村の農協から収集した農地と農地所有者に係るデータを示す。

表 3.1.1 優先地区の農地および農地所有規模別農地所有者数

Sub-region		Abo Shosha (Beni Suef)		Aros & Abo Seer (Fayoum)		Kased (Gharbia)	
No. of Village		14		10		34	
Farmland by Village Cooperative (fed)		18,447		14,694		32,214	
No. of Land owners by size (fed)	Total	17,032		11,324		39,056	
	<1	9,795	57.50%	7,041	62.20%	25,782	66.00%
	1<2	3,596	21.10%	2,075	18.30%	7,079	18.10%
	2<3	2,009	11.80%	1,135	10.00%	2,977	7.60%
	3<4	592	3.50%	418	3.70%	1,841	4.70%
	4<5	418	2.50%	295	2.60%	865	2.20%
	5<	622	3.70%	360	3.20%	512	1.30%
Ave. Landholding (fed/HH)		**1.08**		**1.30**		**0.82**	

出典: Agricultural Directorates in Gharbia, Beni Suef and Fayoum, Ministry of Agriculture and Land Reclamation

表 3.1.1 の通り、農地所有規模別農地所有者数の過半は小規模であることが判る。Abo Shosha、Aros & Abo Seer および Kased 地区における 1 feddan (0.42 ha)未満の農地所有者割合は、各々57.5%、62.2%および 66.0%に及ぶ。一方で、5 feddan (2.1 ha)以上の農地所有者割合は、各々3.7%、3.2%および 1.3%に過ぎない。借地に関するデータは存在しないが、多くの農家が農地貸借を行っているとされる。例えば、家族・親族間で零細な農地を一人に集積して営農する例などもある。農業主体で生計を立てようとする農家は、借地により営農規模を大きくしようと努めている。

後述第 4 章の 4.1.2 で整理した各優先地区の灌漑面積（表 4.1.8 参照）と、上記表 3.1.1 に示す各地区の戸当り平均農地面積から受益世帯数を推計する。各優先地区の灌漑面積は下表左欄に示すように Abo Shosha 地区、Aros & Abo Seer 地区、Kased 地区にて各々17,881 feddan, 13,330 feddan, 95,976 feddan である。そして、戸当り平均農地面積は、Abo Shosha、Aros & Abo Seer および Kased 地区にて、各々1.08 fed (0.45 ha)/HH、1.30 fed (0.55 ha)/HH および 0.82 fed (0.34 ha)/HH という小規模になる（表 3.1.1 参照）。

このことから、Abo Shosha、Aros & Abo Seer および Kased 地区の受益世帯数は、各々16,600 戸、10,300 戸および 117,000 戸、3 優先地区の合計では 143,900 世帯となる。また、農家経済調査による各地区の平均世帯構成員数（第 3 章の表 3.4.3）を用いて受益者数を推計すると、Abo Shosha、Aros & Abo Seer および Kased 地区の受益者数は、各々101,260 人、58,710 人および 538,200 人となり、合計で 698,170 人と推計される。

[3] Kased 地区の Kafr El Sheikh 県側の支線水路に係る村はこの数字に含まれていない。

表 3.1.2 事業対象地域における受益者数の推計

Sub-region	Service Area (fed) (a)	Ave. Landholding (fed/HH) (b)	No. of Households (c)=a/b	Ave. No. per Household (d)	Estimated Beneficiaries (e)=cxd
Abo Shosha	17,881	1.08	16,600	6.1	101,260
Aros & Abo Seer	13,330	1.30	10,300	5.7	58,710
Kased	95,976	0.82	117,000	4.6	538,200
Total	**127,187**	**0.88**	**143,900**	**5.5**	**698,170**

出典：(a)：表 4.1.8、(b)：表 3.1.1、(d)：表 3.9.3 参照。

3.1.4 気象：気温、雨量および湿度

事業対象地域の気候は砂漠気候に分類され、11 月から 4 月までの穏やかな冬と 5 月から 10 月までの暑い夏の 2 つの季節に分けられる。2020 年における月別の平均最高気温を見ると、上エジプトでは 1 月の 19.5℃から 7 月の 39.8℃程度まで気温が推移している。中央デルタも同様の傾向であり、1 月の 19.5℃から 6 月の 35.4℃程度まで推移する。上エジプトと中央デルタを比較すると、南に位置する上エジプトの方が若干気温は高い。

表 3.1.3 事業対象地域の月別平均最高気温（2020 年） （単位：℃）

Governorate	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Ave.
Upper Egypt													
Fayoum	**21.3**	22.6	25.6	28.7	33.9	38.9	**39.8**	38.5	37.8	36.1	29.0	24.1	31.4
Beni Suef	**19.5**	23.7	24.9	26.4	34.7	**38.6**	38.3	37.1	33.7	32.4	28.3	23.2	30.1
Minya	**20.5**	23.4	23.2	27.3	35.0	37.6	**39.7**	38.3	36.4	33.6	28.6	21.7	30.4
Central Delta													
Gharbia	**19.5**	23.5	23.0	26.9	33.5	**35.4**	32.5	34.7	33.9	29.0	27.4	**19.5**	28.2

備考：最低気温、最高気温は強調にて示す。
出典： Statistical Yearbook 2021

雨量は、砂漠気候のため極めて少ない。上エジプトの 2020 年の雨量は、Fayoum 県で年間 65.9mm、Beni Suef 県で年間 47.6mm、Minya 県で年間 12.6mm である。中央デルタの Gharia 県では、年間 85.7mm である。降雨が発生する上エジプトでは冬場から夏場への移行期となる 1 月～3 月頃、中央デルタでは冬場に向かう 10 月から翌年の初めころとなっている。

表 3.1.4 事業対象地域の月別雨量（2020 年） （単位：mm）

Governorate	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Upper Egypt													
Fayoum	0	10.9	54.9	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	65.9
Beni Suef	1.1	2.3	44.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47.6
Minya	0	0.8	11.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.6
Central Delta													
Gharbia	3.5	5.0	45.9	1.0	0	0	0	0	0	22.0	0	8.3	85.7

出典：Statistical Yearbook 2021

湿度は、夏が低く冬が高い傾向にあり、4 月～6 月頃が最も乾燥した時期となる。2020 年の月別平均湿度を見ると、上エジプトで 54%、中央デルタで 60%程度を示している。すなわち、両者で 6%程度の開きがあり、砂漠気候がより強い上エジプトの方がより乾燥した気候となっている。

表 3.1.5 事業対象地域の月別平均湿度（2020 年） （単位：%）

Governorate	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Ave.
Upper Egypt													
Fayoum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Beni Suef	58	54	54	54	**43**	53	52	53	58	56	55	**59**	54
Minya	**60**	59	57	53	**43**	45	53	49	53	55	56	**60**	54
Central Delta													

Governorate	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Ave.
Gharbia	**52**	61	61	57	56	56	61	63	61	62	**66**	63	60

備考：最低湿度、最高湿度は強調にて示す。
出典：Statistical Yearbook 2021

3.1.5　水文・灌漑水量

ナイル川は勾配の小さい緩やかな河川であり、上エジプトにおける河川勾配は約 1/12,000、ナイルデルタにおける河川勾配は約 1/14,000 程度である。よって、本事業の対象となる基幹・幹線水路の勾配も小さいため、水の流れは緩やかで流下速度は小さい。流下速度が小さい場合、水路内の土砂堆積が懸念されるが、1902 年完成のアスワンダム、またその上流側の 1970 年に完成したアスワンハイダムの貯留によって、その下流に位置するナイル川や灌漑水路への土砂流入はわずかである。しかしながら、砂漠からの風砂による水路内堆砂が特に上エジプトでは見られる。

エジプトおよびスーダンの国際水利用協定により、ナイル川に対するエジプトの年間水利用可能量は 555 億 m^3 に定められている。555 億 m^3 の内、Bahr Yusef 基幹水路系では年間約 50 億 m^3、また Ibrahimia 基幹水路系では年間約 36 億 m^3 の水量が割り当てられている。なお、Bahr Yusef 基幹水路の末端は Fayoum 地区を灌漑するが、Fayoum 地区に割り当てられている水量は年間 26 億 m^3（内、2 億 m^3 は上水対象）である。その他、デルタに位置する Kased 幹線水路系では年間 6 億 m^3 程度が取水されている [4]。

1999 年から 2020 年までの Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路上に位置する主要な堰の取水量データを収集した。Bahr Yusef 基幹水路の取水量について、図 3.1.1 に月別取水量と図 3.1.2 に年別取水量を示す。月別取水量は、維持管理のために設けられる間断期である 1 月に最小値をとり、夏期の 7 月から 8 月に向けて増加し、その後減少する。最高値となる 7 月や 8 月には月あたり取水量は約 4.7～5.5 億 m^3 に達する。年別取水量は 2000 年代後半には増加したが、その後減少し、平均して 47.7 億 m^3／年の取水量となっている、すなわち、割り当てられている 50 億 m^3／年に近似している。

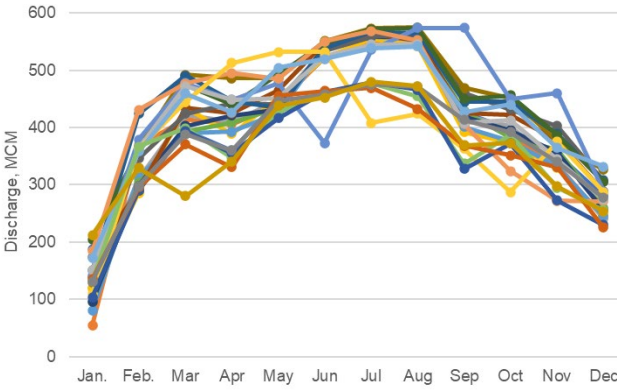


図 3.1.1 Bahr Yusef 基幹水路月別取水量
出典：Irrigation Sector, ID

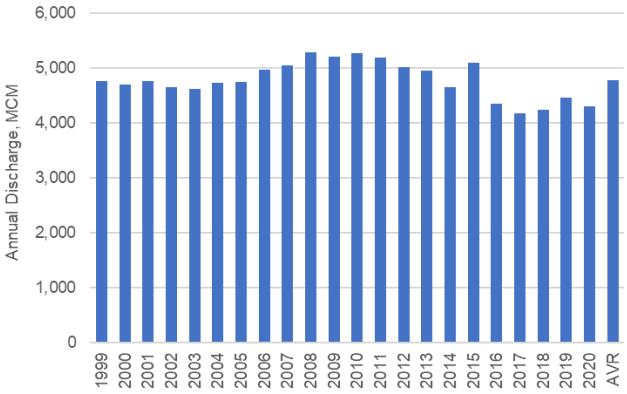


図 3.1.2 Bahr Yusef 基幹水路年別取水量
出典：Irrigation Sector, ID

Ibrahimia 基幹水路の取水量について、図 3.1.3 に月別取水量と図 3.1.4 に年別取水量を示す。月別取水量の全体の傾向は Bahr Yusef 基幹水路の取水量と同様であり、7 月に最高値の約 4.1～4.5 億 m^3 となる。年別取水量は 2007 年と 2008 年を例外として、減少傾向を示している。年あたり平均取水量は 38.5 m^3 億／年であり、割り当てられている 36 億 m^3／年を若干上回っている。

[4] エジプト国灌漑セクター情報収集・確認調査（上エジプト及び中央デルタ）ファイナル・レポート（JICA, 2018 年）

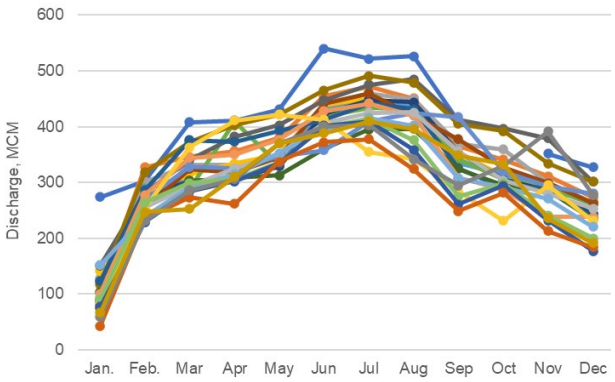


図 3.1.3 Ibrahimia 基幹水路月別取水量
出典：Irrigation Sector, ID

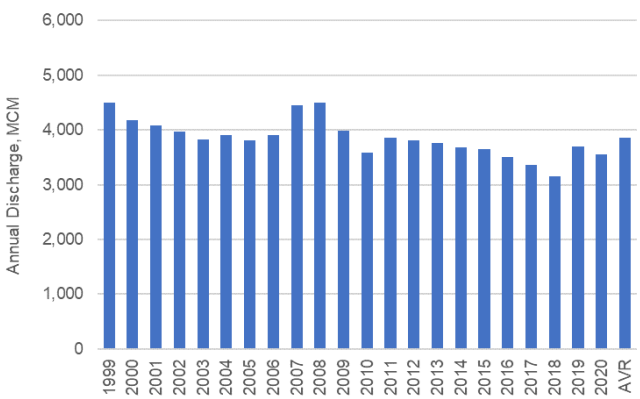


図 3.1.4 Ibrahimia 基幹水路年別取水量
出典：Irrigation Sector, ID

3.1.6 社会状況

1) 民族・言語・宗教 [5]

エジプトにおける民族は、全体の 99.7%がアラブ系エジプト民族であり、その他の民族の割合は 0.3%である。その他の民族には、砂漠で暮らす遊牧民であるベドウィンの他、ヌビア人等の先住民族が含まれる。ヌビア人はエジプト南部のアスワン地方に居住しており、民族コミュニティーは政府により保護されている。本件の事業地域には、これらの先住民族のコミュニティーは存在していない。いずれの民族も言語はアラビア語である。

エジプトにおける宗教は、全体の 90%がイスラム教徒であり、残りの 10%がキリスト教徒である。キリスト教徒の内、多くを占めるのがコプト教徒である。コプト教徒は、比較的に上エジプトに多いと言われており、本件の事業地域にも居住している。

2) 居住形態

エジプトの農村地域は、非常に平坦な農地が連なるが、その中でも標高が高いところに集住村落が形成されている。近年の人口増加により村落は拡大しており、特に水の確保できる用水路沿いに集落が拡大する傾向にある。エジプト人口センサス（2017 年）によると、事業対象地域が位置する県での平均世帯構成員数は、Gharbia 県、Beni Suef 県および Fayoum 県で各々3.87 人、4.32 人および 4.41 人となっている。一方で、コンクリート柱にレンガの壁を備えた 3 階建てもしくはそれ以上の高さになる家屋では、複数の親族が居住していることが多い。また、家屋では 1 階に牛などの大型家畜を飼養し、屋上に家禽等を飼う形態が一般的にみられる。

3) 保健医療

エジプトでは、保健医療サービスを公的医療施設では無料提供し、国民の保健医療サービスへのアクセス向上を実現してきた。しかしながら、一方では無料提供による予算不足や医薬品の不足、医療従事者の給与の低さ等によるサービスの質の低下が問題となっていた。1997 年以降に、保健セクター改革プログラムを進め、Family Health Model という家族単位での保険給付方式の導入など、医療サービスの公平性、効率性、質の向上をある程度達成している。さらに持続可能な医療保障制度の確立等が課題となっている [6]。

[5] The World Fact Book (CIA, 2006 estimation) Egypt - The World Factbook (cia.gov)
[6] エジプト・アラブ共和国保健医療セクター情報収集・確認調査ファイナルレポート、JICA（2017 年）3 頁

下表に、2014 年ではあるが直近の全国規模の標本調査である Demographic Health Survey から得られる事業対象地域の保健に係る指標を示す。5 歳未満児の死亡率（対 1000 出生）や妊婦の産前産後検診割合などで、Beni Suef 県や Minya 県の指標が全国平均に比して悪い傾向にある。また、女性が診療に係るのをためらう理由として、薬の入手や医療サービスの不在が多くあげられているが、保守的な世帯が多いとされる上エジプトの Beni Suef や Minya で、治療を受けるための（世帯主からの）許可を得ることに問題を感じる割合が高いことが特徴的である。幼児のワクチン接種率は Giza 県を除き、全国平均に比して高い。

表 3.1.6 事業対象地域における保健指標

Region	Upper Egypt				Delta	National
Governorate	Giza	Beni Suef	Fayoum	Minya	Gharbia	
Under-five years old mortality (to 1,000 birth)	25	43	25	42	29	27
% of mothers who had regular antenatal care prior to the last birth	79.6	74.8	75.6	70.2	83.3	82.8
% receiving postnatal care from skilled provider within the days of delivery	90.3	71.7	63.2	62.8	89.5	81.5
% of ever-married women age 15-49 reporting serious problem to access health care when they are sick						
Get permission to go for treatment	1.7	15.4	5.1	23.9	3.3	7.3
Get money for treatment	12.2	14.9	6.9	21.1	8.4	10.5
Distance to health facility	21.9	20.9	16.0	25.9	14.9	18.2
Have to take transport	25.8	22.2	16.5	31.8	19.0	20.9
Not wanting to go alone	41.0	35.5	29.1	47.5	21.7	31.3
Concern no female provider available	37.2	28.2	32.1	52.7	30.4	28.9
Concern no health provider available	53.8	41.1	51.2	65.7	57.2	47.5
Concern no drugs available	63.0	45.7	58.5	65.5	58.8	54.0
% of children age 18-29 months fully immunized (BCG, measles, DPT and polio)	87.5	91.8	96.8	92.0	91.4	91.0
Anemia in ever-married women age 15-49	25.3	45.1	23.9	52.7	19.8	25.2

出典：Demographic Health Survey (2014), Ministry of Health and Population (funded by USAID, UNICEF and UNEFPA) Egypt Demographic and Health Survey 2014 [FR302] (unicef.org)

4) 水・衛生の現状

エジプトでは、水の給水率は過去数十年で大幅に増加している。2014 年には、エジプトの人口の約 91%が自らの住居で直接水供給を受ける事が可能となった。2017 年には、安全な飲料水へアクセスできる人口割合は 98%（地方部 98%、都市部 99%）、衛生的なトイレ（床スラブあり）を使用できる人口割合は 97%（地方部 95%、都市部 99%）、自宅で水と石鹸の両方を使用することができる家庭の割合は 88%（地方部 85%、都市部 92%）となっている [7]。

一方で、下水道の整備率は、都市部ではほぼカバーされているものの、農村部での整備率が未だ低く、全国平均では 61.3%となっている。事業対象地域での下水道整備率は表 3.1.7 に示すように、25～73%となっており、Giza（Giza 市）や Gharbia（Tanta 市）のように大都市が位置する県では下水道整備率が高くなっている。下水処理場に接続されていない家屋は、各戸に簡易浄化槽を設置して、汲取車が下水を回収しているが、中には排水路に直接垂れ流している家屋もある。

表 3.1.7 下水道整備率（2021 年）

Governorate	Coverage of Sewerage (%)
Giza	73.70
Beni Suef	38.73
Fayoum	49.63
Minya	25.88
Gharbia	73.03
National	61.30

出典：エジプト上下水道公社

[7] 出典：UNICEF/WHO, Joint Monitoring Program (JMP), 2017 WHOUNICEF-Joint-Monitoring-Program-for-Water-Supply-Sanitation-and-Hygiene-JMP---2017_ENG.pdf (unwater.org)

Demographic Health Survey (2014)によると、事業対象地域で水と石鹸が使える手洗い設備を備えている世帯は、上エジプトの Giza 県、Beni Suef 県、Fayoum 県および Minya 県で各々93.3%、82.0%、73.4%および 73.5%となっている。デルタの Gharbia 県は、95.5%となっている。全国平均は 89.7%で、ここでも大都市が位置する県の割合が高く、Beni Suef、Fayoum および Minya 県が全国平均より低い。農村部では、一部水路で洗濯や食器洗いがいまだ行われている。

5) 教育

2017年エジプト人口センサスの結果によると、10歳以上の国民の非識字率は25.8%（男性21.1%、女性 30.8%）となっている。本事業対象地域で優先地区が位置する上エジプトの Beni Suef 県および Fayoum 県の非識字率は全国平均よりも高く、各々35.9%および 34.0%となっている。他方、デルタの Gharbia 県の非識字率は 21.4%であり、全国平均よりも低い。2006 年センサスの全国非識字率は 30.1%（男性 22.8%、女性 37.6%）であり、男女ともに識字率が向上している。

2017 年における 4 歳以上の基礎教育の中退率は、全国で 7.28%（男性 7.58%、女性 6.97%）で、Beni Suef 県および Fayoum 県では全国平均よりも低い一方、デルタの Gharbia では女性を除き高くなっている。全般的に女性の中退率が低くなっており、女性の識字率の向上に貢献していると推察される。なお、エジプトの公立学校教育は大学まで無償である。

表 3.1.8 事業対象地域の非識字率および基礎教育の中退率

Region	Governorate	Illiterate (%) (from 10 years old and above)			Dropout on basic education (%) (from 4 years old and above)		
		Male	Female	Total	Male	Female	Total
Upper Egypt	Giza	20.5	29.6	24.9	6.74	7.88	7.28
	Beni Suef	28.6	43.7	35.9	7.61	6.21	6.93
	Fayoum	28.5	40.0	34.0	6.92	6.73	6.83
	Minya	29.5	45.4	37.2	5.77	4.98	5.39
Delta	Gharbia	17.1	25.9	21.4	9.02	6.59	7.83
National		21.1	30.8	25.8	7.58	6.97	7.28

出典：Statistical Yearbook 2021（人口センサス（2017 年）の結果）

6) その他のインフラストラクチャー

エジプトは都市部のみならず農村部でもほぼ 100%電化されている。道路状況については、下表に示すように、舗装率は全国で 94%であり、事業対象地域でも 97～98%と高い舗装率である。道路密度は、都市部が多く含まれる Giza 県を除き 2.3～2.9 km/km^2 程度になっている。これら事業対象地域では農地も広がっており、全国の道路密度より低くなっている。

表 3.1.9 事業対象地域の道路舗装率

Region	Governorate	Road Length (km)			Arable Land (km^2)	Road Density (km/km^2)(*)
		Total	Paved	Unpaved		
Upper Egypt	Giza	7,228	7,094 (98%)	134 (2%)	1,406.3	5.1
	Beni Suef	3,729	3,670 (98%)	59 (2%)	1,357.8	2.7
	Fayoum	4,174	4,048 (97%)	126 (3%)	1,853.6	2.3
	Minya	6,649	6,477 (97%)	172 (3%)	2.449.9	2.7
Delta	Gharbia	5,339	5,260 (98%)	79 (2%)	1,872.5	2.9
National		193,841	182,949 (94%)	10,892 (6%)	42,800.1	4.5

注(*)：道路は砂漠地帯にも設置されていることから、居住可能地面積で除した道路密度は高めの数字となる。
出典：Statistical Yearbook 2021（2019 年 6 月 30 日現在）

3.1.7 貧困状況

調査対象地域に特定した貧困に関する統計データは公表されていないため、以下、エジプト全国や農村部と都市部を比較して貧困の状況について述べる。市民動員・統計中央庁（Central Agency for Public Mobilization and Statistics, CAPMAS）[8]が実施した収支調査によると、2019/2020年のエジプトにおける貧困率は29.7%であった。図3.1.5は、1999～2020年の貧困ラインおよび極貧ライン以下の人口比率の推移を示している[9]。2017/2018年から2019/2020年にかけて、恐らくは構造改革と社会保護施策を理由とした一定の改善がみられるものの[10]、この20年間の全体的傾向は貧困が拡大している。依然として高い人口増加率を背景に（図3.1.6）、非常に多くの人々が厳しい経済状態での生活を余儀なくされている。2019/2020年時点で、およそ3,000万のエジプト人が貧困ライン以下にあると推計される。

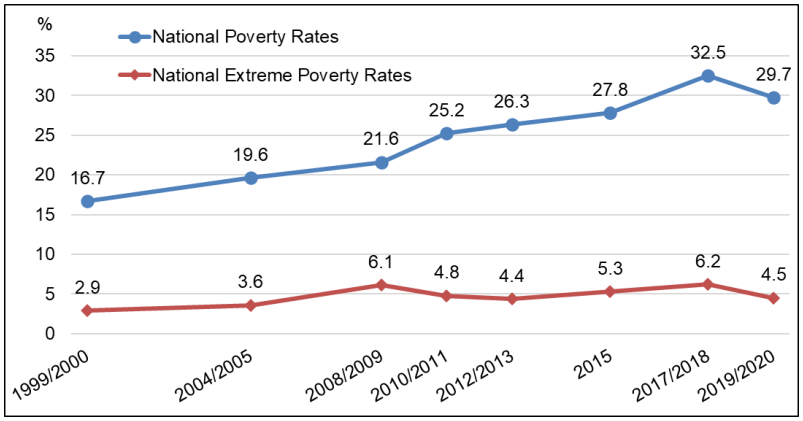


図3.1.5 エジプトの貧困率および極貧率の推移
出典：CAPMAS (2020) Income & Expenditure Search 2019-2020

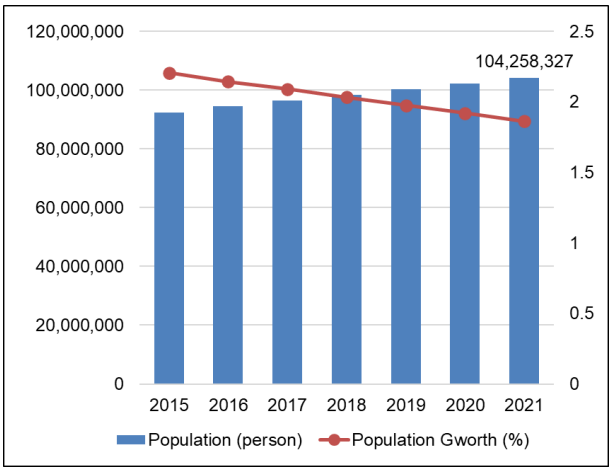


図3.1.6 エジプトの人口および人口成長率
出典：World Development Indicators

開発レベルの地域間格差と不均衡はエジプトの長年の課題である[11]。図3.1.7は、地域別の貧困率の推移を示している。概して、都市部の方が農村部よりも経済状態が良く、上エジプトの方が下エジプトよりも貧しいということが分かる。上エジプトの農村部が最も不利な状況に置かれていることは明らかであり、そこではおよそ半数の人が貧困状態にある。

さらに、下エジプトの農村部と上エジプトの都市部の関係性が近年逆転したことに触れておく必要がある。2015年には下エジプトの農村部の貧困率は上エジプトの都市部より低かったが、その後、下エジプトの農村部の貧困率は上昇し、2018/2020年には上エジプトの都市部よりもはるかに高い値となっている。このことは、農村部への貧困集積が加速していることを示唆している。

[8] https://www.capmas.gov.eg/HomePage.aspx
[9] 2019/2020年の月当たり一人当たり貧困ラインと極貧ラインは、それぞれEGP857、EGP550と定められている。CAPMAS (2020) *Income & Expenditure Search 2019-2020*
https://www.capmas.gov.eg/Pages/Publications.aspx?page_id=5109&YearID=23629
[10] UNDP and Ministry of Planning and Economic Development, Egypt (2021) *Egypt Human Development Report 2021*
https://egypt.un.org/en/146158-egypt-human-development-report-2021
[11] Ibid.

エジプトでは、貧困と世帯サイズに有意な相関がみられる[12]。図 3.1.8 から分かるように、構成員が 1～3 人の小さな世帯の貧困率は 10%以下であるのに対し、10 人を超える世帯の貧困率は驚くほど高い（約 80%）。

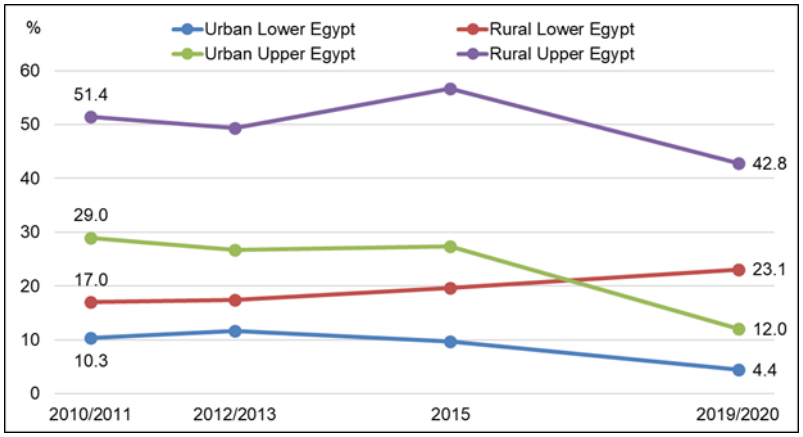


図 3.1.7 地域別貧困率の推移
出典：CAPMAS（2020）Income & Expenditure Search 2019-2020

農村部における一世帯の構成員数は、都市部のそれと比較して大きい（図 3.1.9）。都市部では 6 人以上の世帯が 15%未満であるのに対し、農村部では同程度の規模の世帯が約 20%を占める。出生率が高いことは農村部世帯の特徴であると報告されている[13]。これらの事項は、農村部で生きる人々の困難や、地域間格差のメカニズムを説明している。

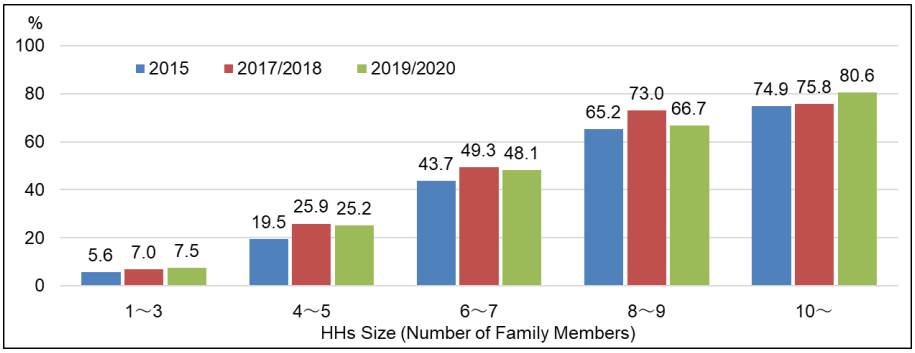


図 3.1.8 世帯構成員数別貧困率
出典：CAPMAS（2020）*Income & Expenditure Search 2019-2020*

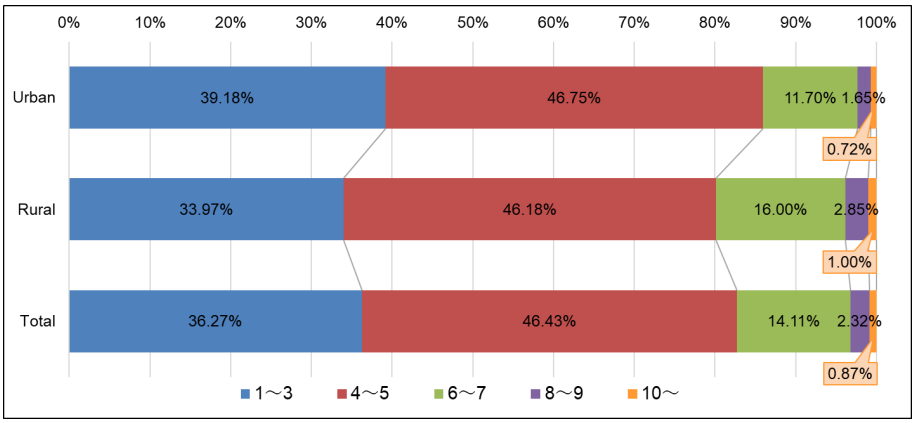


図 3.1.9 世帯構成員数別世帯数の分布
出典：CAPMAS（2017）*Census - Population 2017*

上記の貧困状況の下、公式な貧困層へのサポートとしては、Ministry of Social Solidarity によって極貧家庭に対する、500 LE/月（世帯あたり）が支給されている。あわせて、疾病時の薬代、手術台なども政府補助とされる。その他、農村部においては血族による相互扶助は比較的強く残され

[12] Ibid.
[13] FAO (2021) *Country Gender Assessment of the Agricultural and Rural Sector – Egypt* https://www.fao.org/documents/card/fr/c/CB8060EN

ているようである。例えば、極貧困世帯や母子家庭に対する親戚の交代での食事の提供、現金による直接的な支援、また収穫物の一部提供、就学児童がいれば学校関係の費用の協働負担等がなされている。

本件事業の主たる対象受益者は、図 3.1.7 で貧困地域と示された農村部に居住している。さらに、図 3.1.8 および図 3.1.9 が示すことを念頭に置くと、均分相続に基づく土地の細分化によって、農家の農業所得は低くなっていると想定される。政府の支援、また農村部では相互扶助による共助もいまだ機能しているが、本事業の重要性と必要性は高く、エジプトにおける貧困削減への貢献が期待される。

3.1.8 ジェンダー状況の概略

調査対象地域に特定したジェンダーに関する統計データは公表されていないため、以下、エジプト全国の状況について述べる。ジェンダー不平等を測るうえでは、男性の人間開発指数（Human Development Index, HDI）に対する女性の HDI 値の比率で定義されるジェンダー開発指数（Gender Development Index, GDI）が役に立つ。2019 年のエジプト人女性の HDI 値は 0.652、男性は 0.739 で、GDI 値は 0.882 となっており、男女間の HDI 達成率が最も不平等とされるグループ 5 に分類されている [14]。2019 年のジェンダー不平等指数 [15]（Gender Inequality Index, GII）は 0.449 で、162 か国中 108 位である [16]。

グローバルジェンダーギャップ報告書 2022 によれば、エジプトのグローバルジェンダーギャップ指数（Global Gender Gap Index）は 0.635 で、146 カ国中 129 位、中東北アフリカ 13 か国ではちょうど真ん中に位置している [17]。政治的エンパワーメントの項目で着実な改善が認められるものの [18]、経済への参加と機会や教育達成度といった項目がスコアを引き下げる結果となっている。

表 3.1.10 エジプト国のジェンダーインデックススコア

Indicators		Score	Rank	Year
Human Development Index (HDI)		0.707	116	2019
	Inequality-adjusted HDI (IHDI)	0.497	-	2019
	Gender Development Index (GDI)	0.882	Group 5	2019
	Gender Inequality Index (GII)	0.449	108	2019
Global Gender Gap Index (GGI)		0.635	129	2022
	Economic Participation and Opportunity	0.403	142	2022
	Education Attainment	0.971	103	2022
	Health and Survival	0.968	93	2022
	Political Empowerment	0.198	78	2022

出典 1: UNDP (2020) Briefing note for countries on the 2020 Human Development Report - Egypt
出典 2: World Economic Forum (2022) *Global Gender Gap Report 2022*

2014 年制定の憲法には、女性の権利やジェンダー平等を推進するいくつかの条文が存在する。憲法 9 条は全ての市民が差別のない平等な機会を得られることを宣言し、11 条では生活の全ての側面における男女間平等の達成に向けて国家が責務を負うことを提示している。エジプトのジェ

[14] Ibid.
[15] ジェンダー不平等指数は、リプロダクティブヘルス、エンパワーメント、経済活動の 3 つの次元におけるジェンダーに基づく不平等を反映している。
[16] Ibid.
[17] World Economic Forum (2022) *Global Gender Gap Report 2022, Insight Repor*t https://www.weforum.org/reports/global-gender-gap-report-2022/in-full
[18] 近年、エジプトの政治領域におけるジェンダー平等は僅かに改善してきている。国会議席の 25%を女性に割り当てることを規定した 2019 年の憲法改正と 2020 年の決定的選挙を経て、2021～2026 年の期間のエジプト議会で女性は 596 議席中 162 議席を獲得し、27%を占めることとなった。

ンダー平等促進に責を有する機関は、国家女性評議会（National Council for Women, NCW）である。

「持続的成長戦略：エジプトビジョン 2030」はジェンダーに配慮し、すべての戦略的柱において女性と若者の経済的社会的エンパワーメントの重要性に着目している[19]。2017 年に策定された「エジプト女性のエンパワーメントのための国家戦略 2030」は、1) 政治的エンパワーメントとリーダーシップ、2) 経済的エンパワーメント、3) 社会的エンパワーメント、4) 保護の 4 つの柱に基づいている[20]。これらに加え、近年、女性の権利やジェンダー平等を保障するいくつかの国家戦略や法律が策定ないしは改訂されている[21]。

[19] Ministry of Planning and Economic Development (2015) *Sustainable Development Strategy: Egypt Vision 2030*
[20] National Council for Women (2017) *National Strategy for the Empowerment of Egyptian Women 2030* http://ncw.gov.eg/wp-content/uploads/2018/02/final-version-national-strategy-for-the-empowerment-of-egyptian-women-2030.pdf
[21] UNDP and Ministry of Planning and Economic Development, Egypt (2021) *Egypt Human Development Report 2021* および Islamic Development Bank (IsDB) (2019) *Country Gender Profile* https://www.isdb.org/sites/default/files/media/documents/2020-10/Egypt%20Gender.pdf
たとえば、「女性に対する暴力撲滅のための国家戦略（2015-2020）」や「FGM 撲滅のための国家戦略（2016～2020）」の採択などがあげられる。また、投資法（2017 年第 72 法），包括的健康保険法（2018 年第 2 法）、相続法（2017 年第 219 法）といった重要な法改正が行われている。

3.2　事業対象地域の灌漑システム：上エジプト

エジプト国には、約 8,000 本の灌漑水路があり、基幹水路（Principal Canal）とはナイル川から導水のために建設されているキャリアー（Carrier）と呼ばれる大型の水路から取水している主要な水路である。調査対象地域内では、Bahr Yusef と Ibrahimia の 2 本の水路が基幹水路となる。また、幹線水路は基幹水路から分岐する場合がほとんどであるが、連続通水下で運用されている。幹線水路に続くのは支線水路（secondary）となるが、これ以降、間断灌漑が実施されている。なお、大規模な水路となるキャリアー水路はエジプト全国に 6 本、また基幹水路は 35 本存在している。

3.2.1　上エジプトの灌漑システム

上エジプト地域は、カイロ南部 Giza から Aswan までのナイル川流域地帯を指す。ここでは、本業務の対象地域を含む、Dirout 堰群から Giza 地区までの範囲を対象に、上エジプト地域の灌漑システムの概要を整理する。Dirout 堰群は、ナイル川に設置された Assuit 堰地点の Ibrahimia 取水工を水源としている。Dirout 堰群はその下流に広がる Assuit 県、Minya 県、Beni Suef 県、Fayoum 県、Giza 県の 5 つの県の耕作地に 7 つに分水された水路から灌漑水を配水している。そして、全分水流量の約 9 割が、Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路掛かりにて利用されている。右図に各基幹水路上の主要な調整堰を示す。

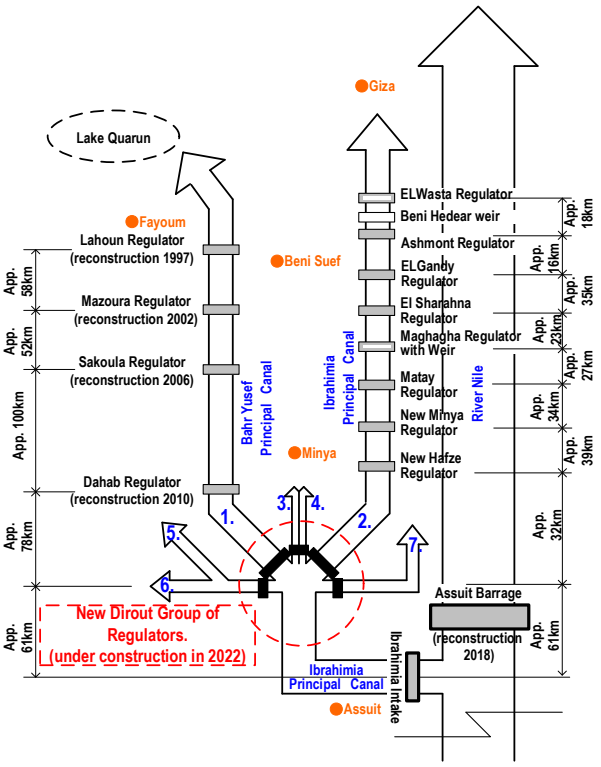


図 3.2.1　対象とする上エジプト地域の灌漑施設
出典：Dirout 堰群改修事業準備調査 2010 年を加工

基幹水路の流量調整を行う Ibrahimia 取水工は、2018 年に改修済みである（ドイツ復興金融公庫：KfW）。また、Dirout 堰群は改修（円借款：2022 年着工、2025 年頃完工）が予定されており、施設の近代化と機能回復がなされる予定である。加えて、Bahr Yusef 基幹水路上の全 4 つの調整堰は、我が国の無償資金協力事業により全て改修済みである。他方、Ibrahimia 基幹水路上の 8 つの調整堰は、これまで大規模な改修はなされていない。

Dirout 堰群での 2 つの基幹水路の水分配率は、表 3.2.1 に示す 2001 年の水分配協定に基づいて決定されている。この協定は Dirout 堰群関係県において配水割当量を合意したものであるが、協定に基づく Dirout 堰群の最大流量を表 3.2.2 に示す。新 Dirout 堰群からの水配分率は、表 3.2.1 を基本としているが運用においては分水流量の変動も多い。同様に Dirout 堰群の上流に位置する Assuit 地点における Ibrahimia 取水工における取水量も、その時々の水事情に配慮しながら運用されている。

表 3.2.1　水配分協定に基づく比率

Distributed area	Distribution ratio
Direct distribution (Assuit)	6.70%
Direct distribution (South Minya)	4.83%
Bahr Yusef	51.63%
Ibrahimia	36.84%
Total	100%

出典：Water Distribution in Ibrahimia Canal in Assiut among governorates (2001)

表 3.2.2 新 Dirout 堰群における最大流量（設計流量）

Canal from Dirout Group of Regulators (DGRs)	Max. discharge based on distribution ratio (m^3/s)	Design Max. discharge of New DGR (m^3/s)
Ibrahimia	161.62	186※
Bahr Yusef	226.50	227
Sahelyia	4.20	5
Diroutiah	11.70	12
Badraman	8.30	9
Abo Gabal	6.20	7
Irad Delgaw	8.60	9
Total	427.12	455

＊新 Dirout 堰群の詳細設計において、Ibrahimia 取水工の最大流量の見直しが MWRI から提示されたため、161.62m^3/s よりも大きくなった。

出典:ﾀﾞｲﾙｰﾄ堰群改修事業準備調査 2010 年 表 3.4.10、新ﾀﾞｲﾙｰﾄ堰群建設事業詳細設計調査 2017 年 表 1.1.1

Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路の平面模式図と、各水路掛りの受益面積は以下のように示される。なお、図 3.2.3 に示す面積は MWRI からの提供面積で有り、これらは純灌漑面積ではない（詳細は 4.1.1 を参照）。

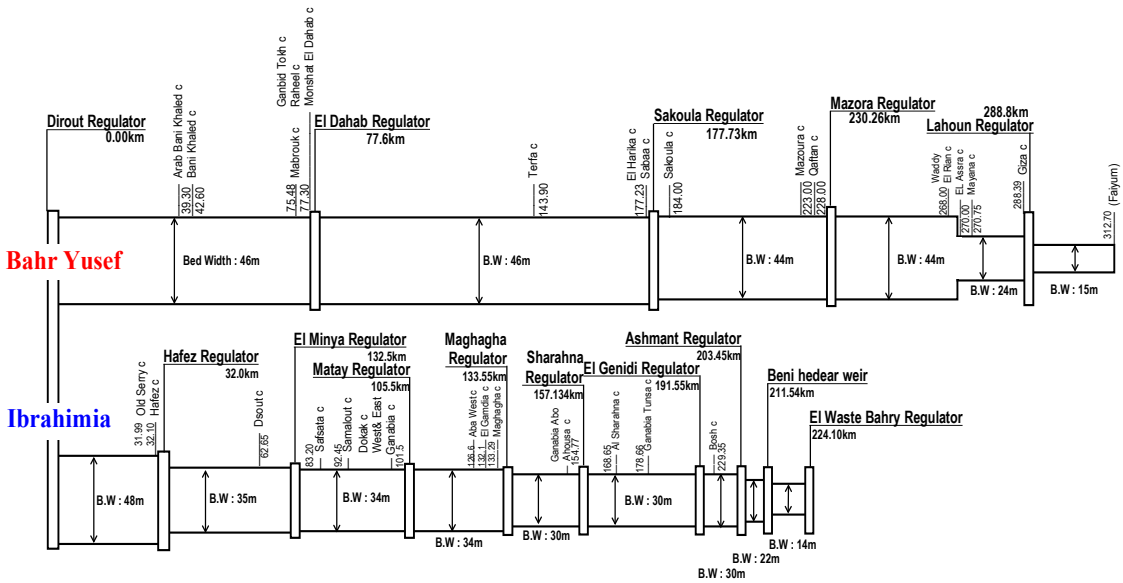


図 3.2.2 Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路の平面模式図

出典：エジプト国 灌漑セクター情報収集・確認調査（上エジプト及び中央デルタ）ファイナル・レポート 図 4.12 を加工

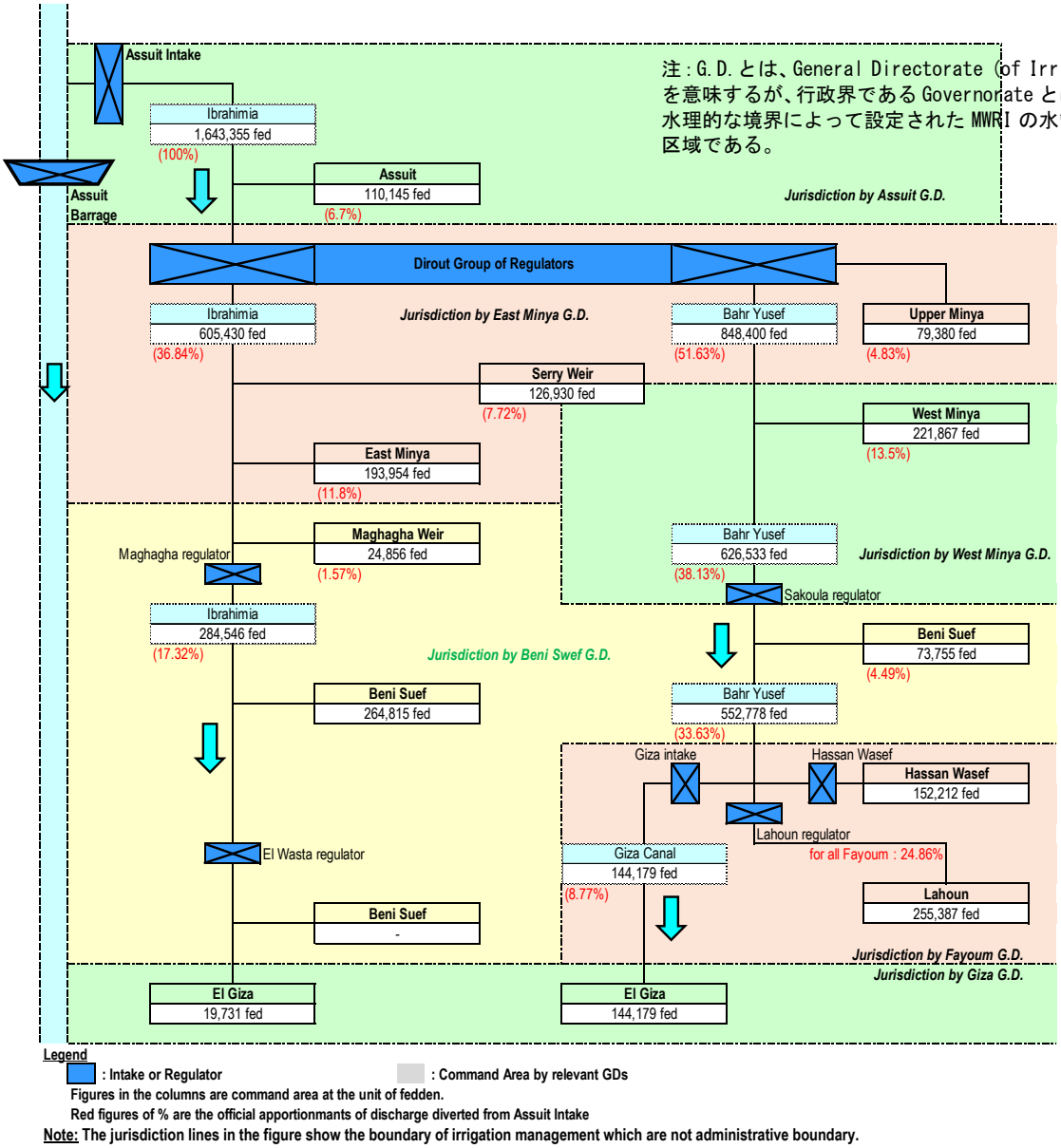


図 3.2.3　Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路の水路掛りの受益面積

出典：エジプト国 灌漑セクター情報収集・確認調査（上エジプト及び中央デルタ）ファイナル・レポート 図 4.14 を加工

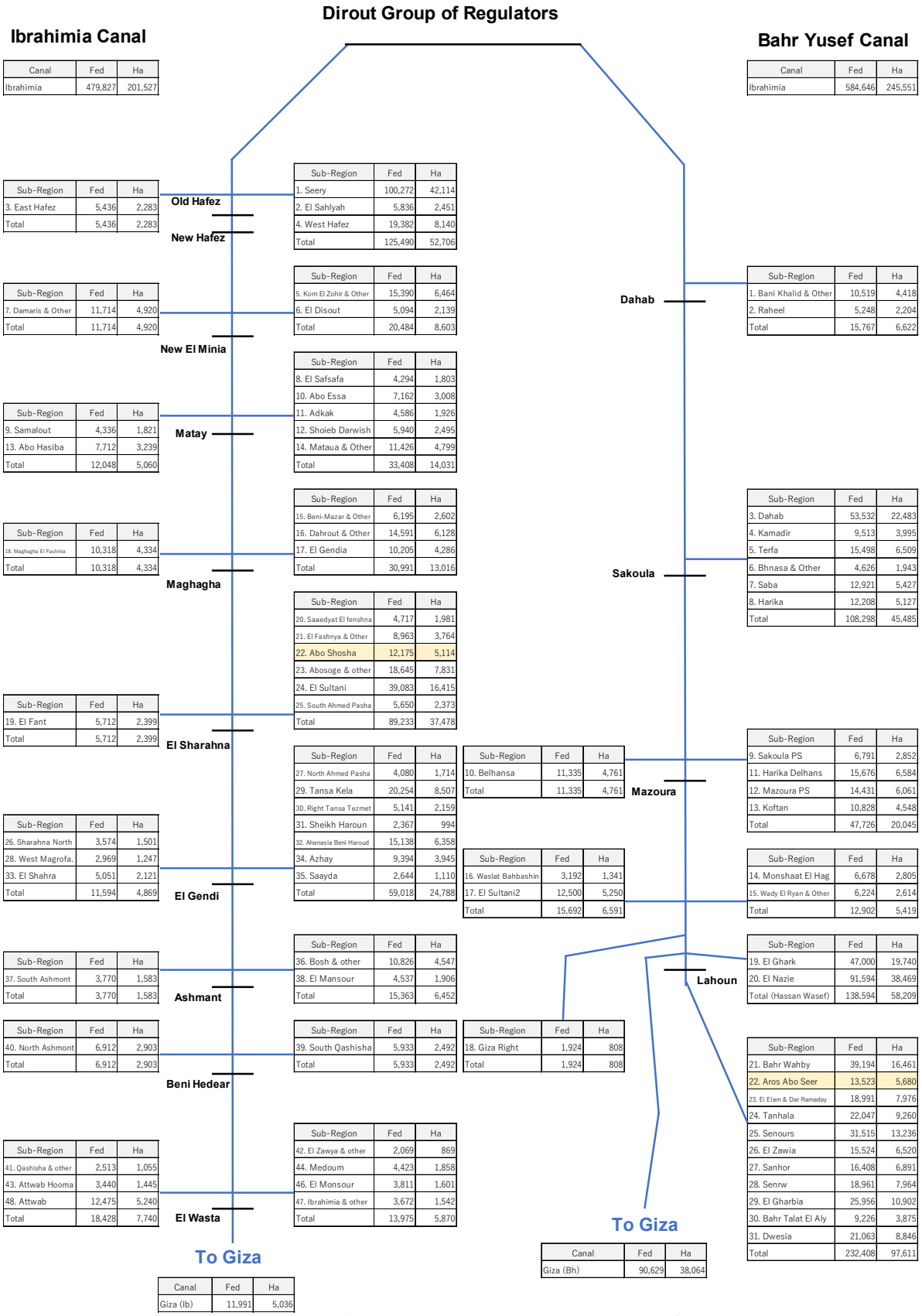


図 3.2.4 Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路の Sub-region ごとの水路掛りの受益面積

備考: 1/ 上記の面積は衛星写真を基に、灌漑面積のみを評価した。これらの値は MWRI が提示した値とは異なる。

備考: 2/ 上記の地域は、幹線-支線水路からなる灌漑システムによって灌漑されている一定の範囲を持つ灌漑地域に分割したものであり、Meska、Marwa とその受益地含み、これを sub-region と呼称している。この Sub-region の定義は、”JICA cooperation planning survey, final report, February 2018：P1-3”を参照した。

3.2.2 Bahr Yusef 基幹水路の灌漑システム

Bahr Yusef 基幹水路は、ナイル川から分岐した自然河川を利用したものであり、大きく蛇行した土水路である。Dirout 堰を起点にして、Assuit 県、Minya 県、Beni Suef 県を流下して、Lahoun 堰で Giza 支線用水路を分水し、Fayoum 盆地で終点となる。総延長は約 313 km、全体で約 85 万 feddan（36 万 ha）の耕地を灌漑している [1]。Bahr Yusef 基幹水路掛かりの灌漑水は、同基幹水路および幹線水路では 24 時間通水であり、それ以降の水路では 2 交替輪番制（5 日通水、5 日断水）や 3 交替輪番制（5 日通水、10 日断水）が適用されている。

Bahr Yusef 基幹水路の末端は Fayoum 県に位置し、排水路を経て Qarun 湖に注いでいる。Qarun 湖までの地形は、Lahoun 堰群付近から標高差 60～70m（1/500～1/600）を有していることから、水路からのポンプ揚水をせずに直接圃場に灌漑を行っている地区が多い。灌漑局への聞き取りでは約 95%が重力灌漑を適用しているとのことであるが、これらの地区では連続通水による灌漑が行われている。また、幹線水路内には落差高が多くみられるが、支線水路への分水を可能とするため水位の維持を行っている。Bahr Yusef 基幹水路上の主要な構造物は以下のように整理される。

表 3.2.3　Bahr Yusef 基幹水路上の主要構造物リスト

Location	Regulator	Intake/Others	Pump st.	Re-use pump st.	Total
Dirout regs. - Dahab reg.	1	9	2	3	15
Dahab reg. - Sakoula reg.	1	8	2	1	12
Sakoula reg. - Mazoura reg.	1	7	6	1	15
Mazoura reg. - Lahoun regs.	1	22	4	4	31
Total	**4**	**46**	**14**	**9**	**73**

出典：エジプト国 灌漑セクター情報収集・確認調査（上エジプト及び中央デルタ）　ファイナル・レポート表 4.23 を加工

Bahr Yusef 基幹水路の上流から、Dahab 堰、Sakoula 堰、Mazura 堰および Lahoun 堰の 4 つの調整堰が 50～100 km の間隔で設置されており、日本の無償資金協力により躯体やゲートが改修された。ゲートは越流型 2 段式ゲートが導入されており、効率的な水位調整による正確な流量調整が可能である。調整堰のゲートは、水資源灌漑省の水配分局から管理水位の指示を受けて、下流側水位を所定の水位に保つことを基本として操作が行われている。各調整堰のうち、県境に位置する調整堰では、調整堰の下流側で H～Q（水位～流量）曲線が作成されているため観測された水位を基に流量を求めることが可能である。

①越流型 2 段式ゲート（無償）	②吊り上げ型ゲート（1 段 or2 段）	③F.H.（Fahmy Hansen） ゲート
		

図 3.2.5　灌漑施設のゲート形式

出典：新 Dirout 堰郡建設事業詳細設計調査報告書から抜粋

水路内に設置された水理構造物のゲート形式は、無償資金協力で設置された越流型 2 段式ゲートを含めて 3 種類に大別される。エジプトに設置されている多くのゲートは、上図の②吊り上げ

[1] エジプト国灌漑セクター情報収集・確認調査（上エジプト及び中央デルタ）ファイナル・レポート、2018 年 2 月、P4-15 を参照。85 万 feddan（約 36 万 ha）には市街地面積が含まれている可能性がある。なお、衛星画像分析によるネットの作付面積（灌漑面積）は 67 万 feddan（約 28 万 ha）と算定された（Minya, Beni Suef, Fayoum, Giza の 4 県の計）。衛星画像分析による面積は MWRI の報告面積の 79%である。

型ゲート（1 段もしくは 2 段）、または、③F.H.(Fahmy Henen) ゲート形式である（表 3.2.4 参照）。吊下げゲート形式は、手動または電動式のものがある。F.H.ゲートは、ゲート上部に操作台を必要せずコスト安の構造であるため、堰や取水口のゲートとして多用されている。しかしながら、開度が大きくなると、ゲートが戸当り上部に突出するためバランスを崩し易いため、ゲートに傾きを生じた F.H.ゲートも散見される。

表 3.2.4 Bahr Yusef 基幹水路上の灌漑施設のゲート形式

施設区分	調整堰名称	ゲート型式		
		①	②	③
Regulator	Dahab Regulator	●		
	Sakoula Regulator	●		
	Mazoura Regulator	●		
	Lahoun Regulators	●		
Intake	Manshat EL-Dahab			●
	El-Hareka			●
	El-Sabaa			●
	Quftan			●
	Wesh El-Bab			●
	EL-Giza		●	
	Hassan Wasef		●	

備考：①:越流型 2 段式ゲート(無償)，②:吊り上げ型ゲート(1 段 or2 段)，③F.H.(Fahmy Hansen) ゲート

水路には水位調整堰に加えて、支線水路への取水施設（ゲート施設）、灌漑ポンプ場および排水ポンプ場などが設置されている。特に、大量の取水を行う大規模な排水再利用ポンプは、ほぼ MED（機械・電機局）が管轄している。先行調査[2]によれば、用水ポンプは、ポンプモーターの故障や塵芥物による吸込み口の阻害、および建屋のないことによる自然劣化の影響を受け易いこと等が問題点として挙げられている。

3.2.3 Ibrahimia 基幹水路の灌漑システム

Ibrahimia 基幹水路は人工水路であり 1873 年に完成した。全長 350 km に及ぶ世界最大級の長大水路である。同水路は、エジプト総督のサトウキビ農園を周年灌漑に転換することが建設当時の目的であったが、水路の完成により 55 万 feddan（約 23 万 ha）の周年灌漑が可能となった。現在では約 61 万 feddan[3]が灌漑地域と報告されているが、この面積は市街地などを含む可能性がある。

Ibrahimia 基幹水路上の調整堰は Bahr Yusef より多く、計 8 箇所に設置されているが、過去 20 年間において施設の大きな更新や改修はされていない。したがい、Bahr Yusef 基幹水路側の更新された調整堰と比較してゲート電動化等の機能の近代化は遅れている。Ibrahimia 基幹水路上の主要な構造物は表 3.2.5 のように整理される。また、Ibrahimia 基幹水路の灌漑施設のゲート形式を表 3.2.6 に整理する。

表 3.2.5 Ibrahimia 基幹水路上の主要構造物リスト

Location	Regulator	Intake/ Others	Weir	Siphon	Spilway/ Culvert	Re-use pump st.	Total
Dirout regs. - New Minya reg.	2	6	0	0	1	0	9
New Minya reg. - Maghagha weir	2	32	1	0	1	0	36
Maghagha weir - El Wasta	4	40	1	3	2	3	53
Total	**8**	**78**	**2**	**3**	**4**	**3**	**98**

出典：エジプト国灌漑セクター情報収集・確認調査（上エジプト及び中央デルタ）ファイナル・レポートの表 4.29 を加工

[2] エジプト国灌漑セクター情報収集・確認調査（上エジプト及び中央デルタ）F レポート、2018 年 2 月
[3] 灌漑農地に加えて市街地面積が含まれている可能性がある。衛星画像分析によるネットの作付面積（灌漑面積）は Minya、Beni Suef、Gaza の 3 県にて 49 万 feddan（約 21 万 ha）と算定された（61 万 feddan の約 80%）。

Bahr Yusef 基幹水路と比較して、Ibrahimia 基幹水路の灌漑施設の種類は多い。特に調整堰や取水口の数は、Bahr Yusef 基幹水路よりも約 2 倍の施設が設置されており、細かに受益地を区分しての灌漑がなされていることが伺える。このため、用水ポンプや排水再利用ポンプの設置数は Bahr Yusef 基幹水路に比べてかなり少なく（約 1/7）、地区全体の灌漑方式としては低コストであることが推察される。なお、Ibrahimia 基幹水路の排水再利用ポンプは IS（Irrigation Sector）の管轄である。ポンプ 1 基あたり 1 m^3/s 程度の能力を有するポンプ 4～5 機が、1 機場当りに配置されている。

Ibrahimia 基幹水路には、右岸側に併走するナイル川に放流する余水施設があるが、アスワンハイダムの建設により完全に洪水が調節されるため、現在はほぼ稼働していない状況である。

表 3.2.6 Ibrahimia 基幹水路上の灌漑施設のゲート形式

施設区分	調整堰名称	ゲート型式		
		①	②	③
Regulator	New Hafze Regulator		●	
	New Minia Regulator		●	
	Matay Regulator		●	
	Maghagha Regulator		●	
	El Sharahna Regulator			●
	El Gandy Regulator			●
	Ashmont Regulator			●
	EL Wasta Regulator			●
Intake	Irad El Maharak			●
	El Kosia			●
	East hafez			● (with crane)
	West hafez			● (with crane)
	Adkak			● (with crane)
	Gendia			● (with crane)
	EL Soultany			●
	Tansa			●
	EL Azhary			●
	Bosh			●
	El Mansour			●

備考：①:越流型 2 段式ゲート(無償)，②:吊り上げ型ゲート(1 段 or2 段)，③F.H.(Fahmy Hansen) ゲート

3.2.4 上エジプト地区の優先地区

本業務では、灌漑水資源管理改善に係る事業計画策定のため、3 地区を優先地区として選定する。2021 年 7 月 13 日に開催された第 1 回 Steering Committee（Kick-off meeting）の場で、上エジプト地区からは、Fayoum 県の Aros & Abo Seer 地区と Beni Suef 県の Abo Shosha 地区が選定された。なお、もう一つはデルタ地区の Kased 地区である。上エジプトに位置する Aros & Abo Seer 地区と Abo Shosha 地区内に存在する灌漑水路、受益面積等につき表 3.2.7～表 3.2.8 に、また 2 地区の灌漑水路網を図 3.2.6 に示す（灌漑水路網は水資源灌漑省の管轄下にある支線水路までを示す）。

水路の詳細については、Abo Shosha 地区については表 3.2.9 と図 3.2.7 に、Aros & Abo Seer 地区については表 3.2.10 と図 3.2.8 にそれぞれ示す。Abo Shosha 地区の支線水路は、一般的な 5-ON/5-OFF（夏期）や 5-ON/10-OFF（冬期）とは異なり、上流は 10-ON/5-OFF、下流では、水不足時は Bahr Yusef 基幹水路からのポンプ揚水による供給を受けながら 5-ON/10-OFF のローテーションで運用されている。Aros & Abo Seer 地区については、Fayoum 内の多くの他の支線水路と同様、連続通水にて運用されている（Fayoum 地区内の多くは重力配水が可能なため、一般的な連続通水で運用されている）。

表 3.2.7 Abo Shosha 地区（Beni Suef 県）の要約

General (Abo Shosha)	Indicators	Remarks
Service Area (by MWRI), 1/	19,870 feddan (8,345 ha)	
Service Area (Gross, by satellite), 2/	19,489 feddan (8,186 ha)	Net/0.92
Service Area (Net, by satellite), 3/	17,881 feddan (7,510 ha)	Av. of 3 yrs winter crop
Major Irrigation Method (To the Farm)	Pump up from Branches/Meska	
Major Irrigation Method (On-farm)	Furrow/ Basin	No modern irrigation
Rotational Irrigation	5-day ON 10-day OFF,	Many gates not operational
Facilities (Abo Shosha)		
Total Length of Main Canal (Nos)	34.4 km (1)	
Total Length & Nos of Branch Canals (Nos)	53.27 (20) 84.06 km (24+)	Excluding Sub-branches Including Sub-branches
Total Length & Nos of Branch Canals (Nos)	53.27 km (20)	Excl. Sub-branches
Nos of Regulators on the Main Canal	5	
Nos of Feeding Pump Stations	1 (Fr. Bahr Yusef Canal)	4 working 0.5 m^3/s, 10-17 hrs
Nos of Re-use Pump Stations	2	Talt PS, Mazora PS
Nos of Feeder Canal	1	Fr. BY to Abo Shosha

備考：1/水資源灌漑省が所有する公式の面積である。2/GIS によって受益地の輪郭線を確定、それに囲まれる面積を示している。すなわち、農地に加えて市街地や道路、また水路なども含まれる。3/衛星画像解析によって求めた作付面積を意味する。
出典：General Directorate of Irrigation, Beni Suef

表 3.2.8 Aros & Abo Seer 地区（Fayoum 県）の要約

General (Aros & Abo Seer)	Aros	Abo Seer	Remarks
Service Area (by MWRI), 1/	13,565 feddan (5,599 ha)		
Service Area (Gross, by satellite), 2/	14,571 feddan (6,120 ha)		Net/0.91
Service Area (Net, by satellite), 3/	13,330 feddan (6,120 ha)		Av. of 3 yrs winter crop
Major Irrigation Method (To the Farm)	Gravity		+Pump up w/ low head
Major Irrigation Method (On-farm)	Furrow/ Basin		No modern irrigation
Rotational Irrigation	Not Applied (Continuous irrigation)		
Facilities (Aros & Abo Seer)			
Total Length of Main Canal (Nos)	9.8 km (1)	3.5 km (1)	
Total Length of Branches (Nos)	40.4 km (4)	6.4 km (3)	Incl. sub-branches
Nos of Regulators on the Main Canal	0	0	
Nos of Feeding Pump Stations	0	0	
Nos of Re-use Pump Stations	0	0	
Nos of Drop Weirs	4	2	

備考：1/水資源灌漑省が所有する公式の面積である。2/GIS によって受益地の輪郭線を確定、それに囲まれる面積を示している。すなわち、農地に加えて市街地や道路、また水路なども含まれる。3/衛星画像解析によって求めた作付面積を意味する。
出典：General Directorate of Irrigation, Fayoum





図 3.2.6 上エジプトの優先地区
（左：Aros & Abo Seer 地区、右：Abo Shosha 地区）
出典：Google Earth を基図に JICA 調査団作成

表 3.2.9　Abo Shosha 地区の水路長と水路掛り面積（Beni Suef 県）

No.	Canal name	Length, km, 1/	Area (Satellite), feddan	Area, ha	Remarks
Abo Shosha Main Canal		34.4			
①	Abo Shosha Branch 1	4.56	519	218.0	
②	Mesqa Aref	2.10	432	181.4	
③	Abo Shosha Branch 2	2.84	459	192.8	
④	Abo Shosha Branch 3	2.00	610	256.2	
⑤	Talt canal	8.60	4,807	2,018.9	
⑥	Talt branch	2.30	513	215.5	
⑦	Shawky	2.05	225	94.5	
⑧	Henna	2.74	405	170.1	
⑨	Tawfik	1.65	903	379.3	
⑩	Branch 1 Abo Shosha	1.76	967	406.1	
⑪	Kamoun	0.56	445	186.9	
⑫	Mazoura	2.63	560	235.2	
⑬	Nousir	0.77	334	140.3	
⑭	Belani	1.76	340	142.8	
⑮	El Sheikh Abid	2.68	2,159	906.8	
⑯	Walida	2.75	622	261.2	
⑰	Al Kassaba	1.33	351	147.4	
⑱	Branch (1) Abo Shosha	4.69	535	224.7	
⑲	Branch (2) Abo Shosha	1.00	409	171.8	
⑳	Dashtout	2.60	1,044	438.5	
	End of Abo Shosha Main Canal	1.91	1,242	521.6	
	Total	53.27	17,881	7,510.00	

Note: 1/ sub-branch canal の水路長は含まないが、全ての水路掛りの灌漑面積を含む。⑤ Talt Canal, ⑮ El Sheikh Abid, ⑱ Branch (1) Abo Shosha, ⑳ Dashtout には、sub-branch 水路が存在している。それら sub-branch 水路の合計延長は 30.79km である。すなわち、Abo Shosha 幹線水路掛かりの全支線水路延長は 84.06km となる(53.27 + 30.79km)。
出典: Irrigation Directorate (Beni Suef)及び JICA 調査団よる衛星画像解析

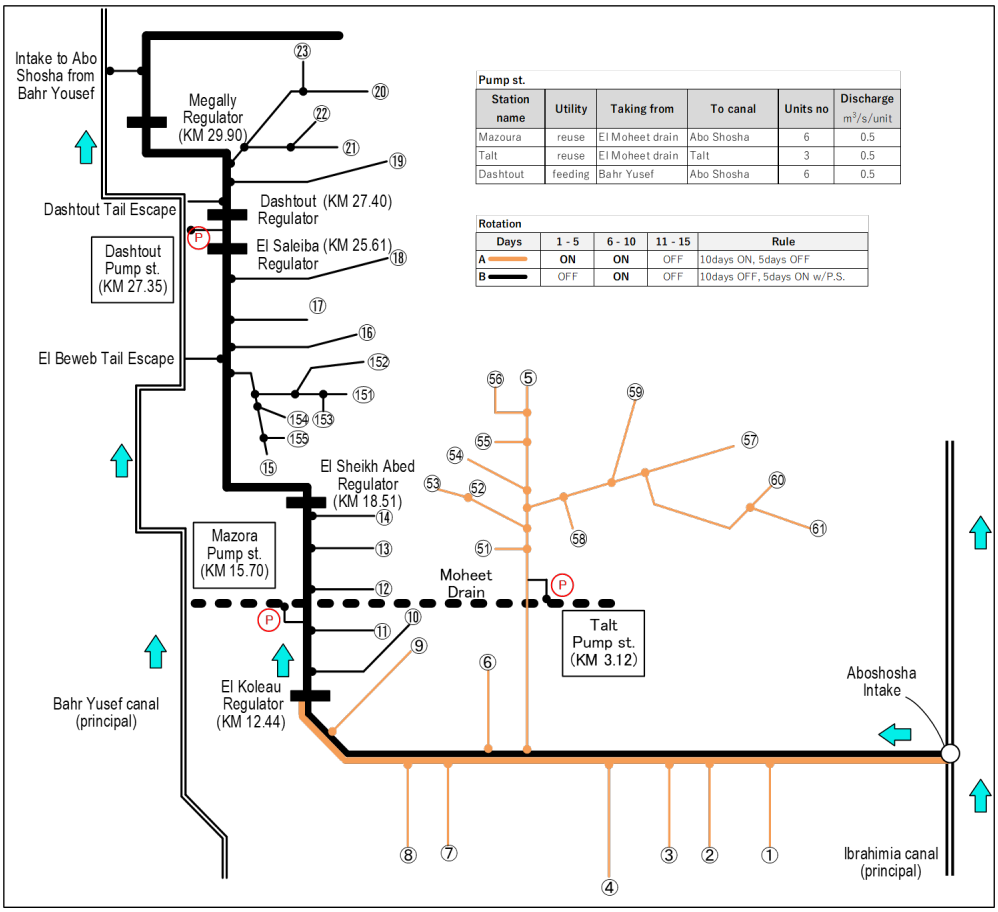


図 3.2.7　Abo Shosha 地区の水路模式図
出典: JICA 調査団, General Directorate of Irrigation (Beni Suef)によるデータを加工

表 3.2.10 Aros & Abo Seer 地区の水路長と水路掛り面積 (Fayoum 県)

No.	Canal name	Length km	Area (Satellite), feddan	Area, ha	Remarks
	Abo Seer Main Canal	3.50			
①	Bahr Abo Sir (main), /1	3.77	957	402.0	
②	Bahr Omar Bek	0.91	338	142.0	
③	Al Kashif	0.99	630	264.6	
④	Extension Bahr Abo Seer	0.74	621	260.8	
	Sub-total Abo Seer	6.41	2,546	1,069.4	
	Aros Main Canal	9.80			
⑤	Bahr Aros (main), 1/	9.61	1,563	656.6	
⑥	Bahr Defno Al oumomy, 2/	9.55	2,236	938.9	
⑦	Bahr Abo Al meir	7.59	2,574	1,080.9	
⑧	Bahr AL Ghaba	9.92	2,040	856.8	
⑨	Bahr Itsa al kebly, 2/	3.70	2,371	995.9	
	Sub-total Aros	40.38	10,784	4,529.1	
	Total	46.79	13,330	5,598.5	

Note: 1/ 面積は、幹線水路からの直接灌漑の面積, 2/ 水路長と受益面積は sub-branch を含む。
出典: Irrigation Directorate (Fayoum)および JICA 調査団よる衛星画像解析

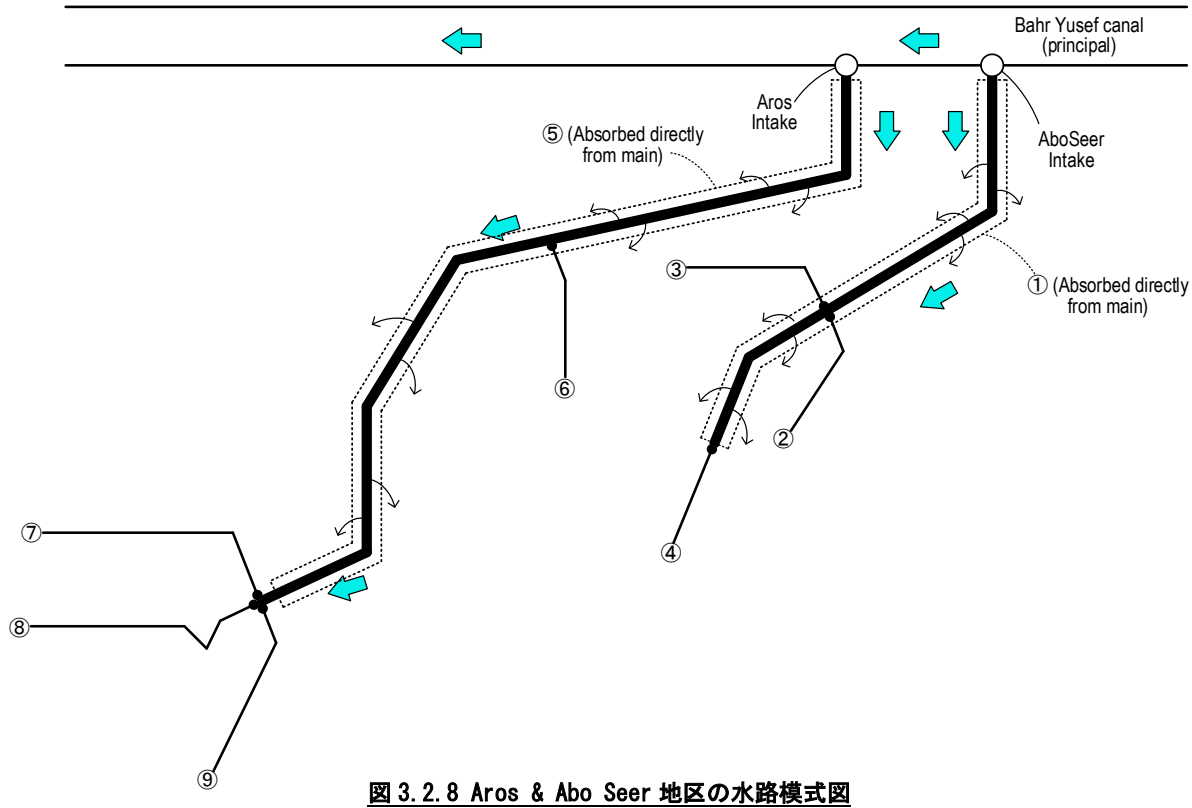


図 3.2.8 Aros & Abo Seer 地区の水路模式図
出典: JICA 調査団, General Directorate of Irrigation (Fayoum)によるデータを加工

3.3　中央デルタ・Kased 地区の灌漑システム

3.3.1　ナイルデルタにおける灌漑

ナイル川は、カイロの Delta Barrage により、デルタ西側の Rosetta 水路とデルタ東側の Damietta 水路に分水される。この他にも、人工水路である Menufa 水路、Behera 水路、Nasser 水路、Ismailia 水路、Tawfiki 水路へ導水され、7.2 百万 feddan（約 3 百万 ha）もの広大なデルタ地域の灌漑を行なっている（図 3.3.1 参照）。なお、Nasser、Behera、Tawfiki 水路はナイル川に建設されている Delta Barrage より直接取水される大型の水路であるが、これらはキャリアー[1]と呼ばれている。デルタ地域の灌漑方法は、圃場面より低い位置にある用水を圃場面まで汲上げて灌漑する方式であり、Fayoum 地区を除く上エジプトの調査対象地区と大きな違いはない。圃場内では、ほとんどが湛水灌漑（basin）や畝間灌漑（furrow）が行なわれている。

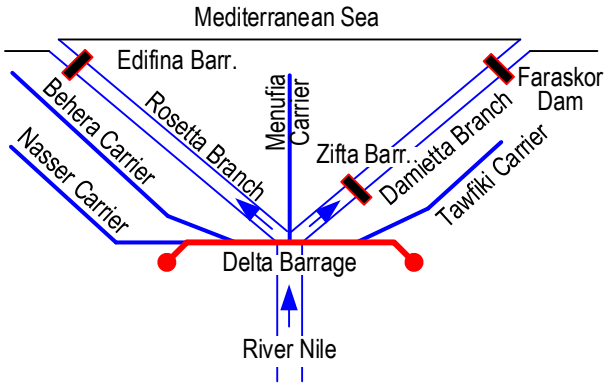


図 3.3.1　デルタ地区の主要な堰と水路
出典：先行調査報告書 図 4.14 を加工

3.3.2　Kased 地区の灌漑システム

デルタ地区の調査対象となる Kased 地区は、中央デルタに位置し、Gharbia 県と Kafr El Sheik 県に跨がった地区である。ナイル川上のデルタ堰から分水された Menufa 水路から El Rayah Monofy 水路へ分水され、さらに Tanta 船運水路（Tanta Navigation Canal）に分水して、Kased 幹線水路に導水される。Kased 幹線水路掛かりを図 3.3.2 に示すが、幹線水路 42km、支線水路約 205km を有し、灌漑面積約 9 万 6000 feddan（約 3 万 8000ha）を受益とする。

Kased 地区の灌漑システム始点には取水のための構造物はなく、Tanta 船運水路側の約 7.9km 下流の調整堰（navigation lock 付き）のゲートを用いた堰上げにより、Kased 取水地点で自然分水がなされている。しかしなが

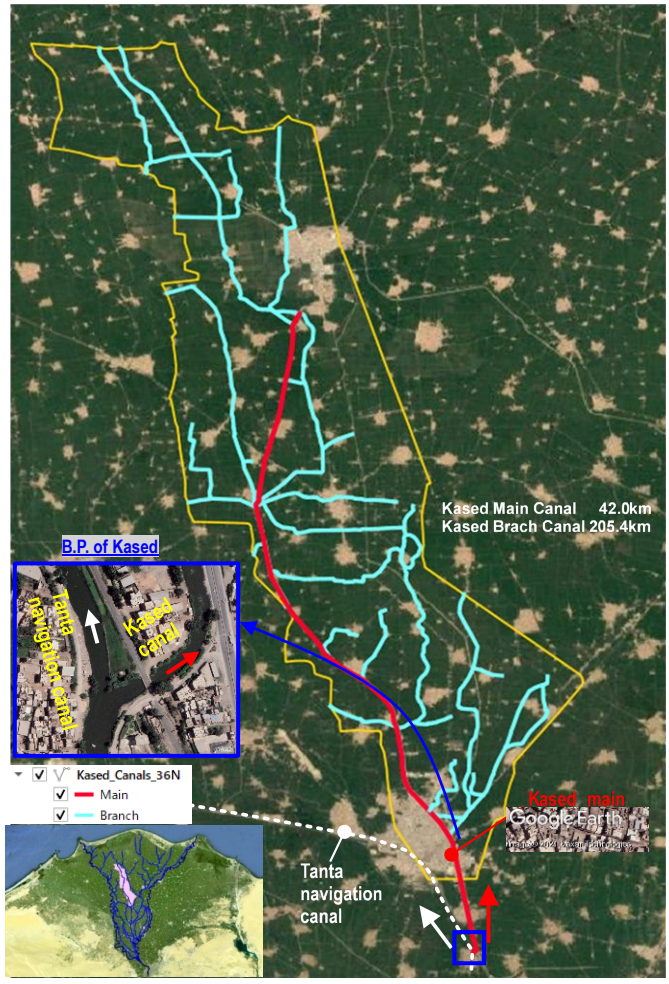


図 3.3.2　Kased 地区の主要な水路網
出典：Google Earth を基図に JICA 調査団作成

[1] エジプト国には、約 8,000 本の灌漑水路があるが、ナイル川から導水のために建設されている水路をキャリアー（Carrier）と呼称し、そこより分岐する大型の水路を基幹水路（Principal Canal）、さらに基幹水路より分岐する水路を幹線水路（Main Canal）と称している。通常、幹線水路までは連続通水下で運用されており、その後の支線水路（branch canal）以降は間断通水がなされている。なお、キャリアー水路はエジプト全国に 6 本、また基幹水路は 35 本存在している。幹線水路の数については、MWRI はデータを有していない。

ら、自然分水による Kased 側への送水量は十分かつ適切ではないことが、現地の灌漑局（General Directorate of Irrigation）から報告されている。

このため、下流調整堰のゲートを更に高くし、Kased 水路の分岐地点までの区間の水位を上げる方法が考えられるが、現地調査結果によると、当該区間の水路内護岸が脆弱なことに加え、水路の余裕高も不足している。そのため、水路内水位を上げた場合、隣接する排水路への漏水量の増大や、それに伴う水路盛土の一部崩壊など影響が広範囲に及ぶことが懸念される。

以上より、Tanta 船運水路に設置されている調整堰による Kased 水路への導水は、適宜の水配分・水管理が難しいと考えられる。また、Tanta 船運水路の法面被害の拡大や水路の余裕高不足から、同水路側の調整堰の改修による効果は限定的と思われ、Kased 幹線水路始点における取水堰の建設が望まれる。以下に Kased 地区の水路要約、各水路掛りの受益面、および平面模式図を示す。

表 3.3.1 Kased 地区の主要施設リスト

General (Kased)	Indicators	Remarks
Service Area (by MWRI), 1/	95,461 feddan (40,094 ha)	
Service Area (Gross, by satellite), 2/	111,551 feddan (46,851 ha)	Net/ 0.86
Service Area (Net, by satellite), 3/	95,976 feddan (40,310 ha)	Av. of 3 yrs winter crop
Major Irrigation Method (To the Farm)	Pump up from Branches/Meska	
Major Irrigation Method (On-farm)	Furrow/ Basin	Some improved Meska
Rotational Irrigation	5-day ON 5-day OFF, 5-day ON 10-day OFF	Summer, winter
Facilities (Kased)		
Total Length of Main Canal (Nos)	42.2 km (1)	
Total Length of Branch Canals (Nos)	262.9 km (46)	
Nos of Regulators on the Main Canal	3 (Gharbia), 1 (Kafr El Sheik)	
Nos of Feeding Pump Stations	0	
Nos of Re-use Pump Stations	6	

備考：1/水資源灌漑省が所有する公式の面積である。2/GIS によって受益地の輪郭線を確定、それに囲まれる面積を示している。すなわち、農地に加えて市街地や道路、また水路なども含まれる。3/衛星画像解析によって求めた作付面積を意味する。
出典：General Directorate of Irrigation, Gharbia, Kafr El Sheik

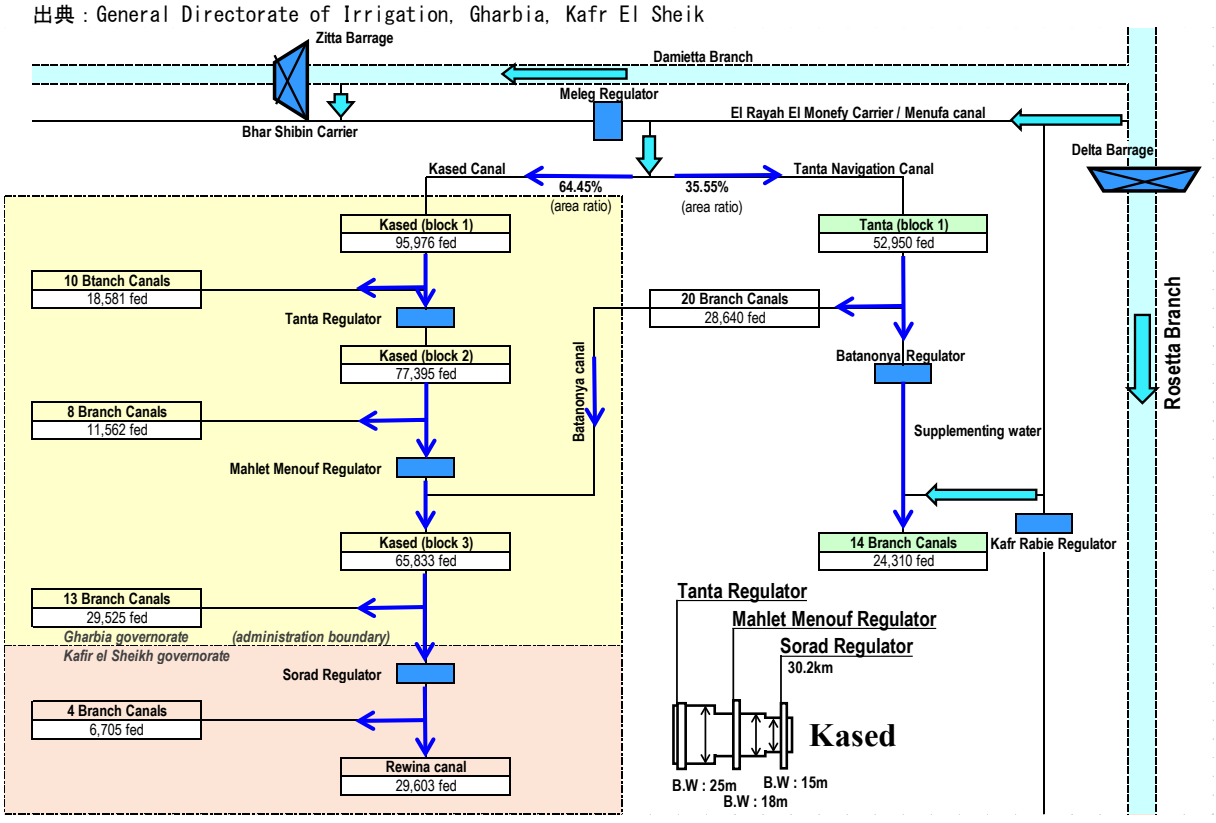


図 3.3.3 Kased 地区の平面模式図と水路掛りの受益面積

出典：エジプト国 灌漑セクター情報収集・確認調査（上エジプト及び中央デルタ）図 4.18 を加工

表 3.3.2 は、Kased 地区の水路の情報である。水路長と衛星画像解析による灌漑面積を示している。これらの面積は、市街地は除いた灌漑面積（net）で示されている。図 3.3.4 は、水路の概略模式図とローテーション灌漑システムを示している。この地域は、季節によって 2 種類のローテーションの方法が存在する。夏期には、すべての支線水路掛り地区は 2 つにグループ化され、5 日間の ON と 5 日間の OFF のローテーションが行われる。冬期は、支線水路掛り地区が 3 つにグループ化され、5 日間 ON、10 日間 OFF のローテーションが実施される。

表 3.3.2 Kased 地区の水路長と水路掛り面積（Gharbia 県）

No.	Canal name	Length km	Area (Satellite) feddan	Area, ha	Remarks
	Kased Main Canal	42.0			
①	Al kased	7.2	2,463	1,034.5	
②	Qaem Tanta	1.4	561	235.6	
③	Ekhnway	4.4	1,442	605.6	
④	Qohafa El Gedida	2.6	350	147.0	
⑤	Al Awqaf	2.9	851	357.4	
⑥	El Melqa	5.1	3,554	1,492.7	
⑦	Gann. Shabashir	11.2	1,151	483.4	
⑧	Abo Kharouf	2.8	851	357.4	
⑨	Sbrebay	14.1	4,905	2,060.1	
⑩	Ganbia1 of Shabsher	7.2	2,453	1,030.3	
⑪	Qahafa new	1.7	300	126.0	
⑫	Om Rabee	3.7	1,001	420.4	
⑬	El Wrety	2.0	501	210.4	
⑭	Smella	10.3	4,299	1,805.6	
⑮	Segen	3.6	706	296.5	
⑯	Ganbia2 of Kased	3.5	1,001	420.4	
⑰	El Nashw	4.2	1,902	798.8	
⑱	Boreg	3.6	1,852	777.8	
⑲	Ganbia4 of Kased	3.4	360	151.2	
⑳	Damat	11.5	4,655	1,955.1	
㉑	Waslet Damat	2.1	651	273.4	
㉒	Ganbia5 of Kased	1.8	671	281.8	
㉓	Ganbia6 of Kased	1.7	185	77.7	
㉔	Shoubra Baloola	6.7	1,902	798.8	
㉕	Qotor	7.5	3,153	1,324.3	
㉖	Sourad	7.9	3,904	1,639.7	
㉗	Negreeg	1.2	1,101	462.4	
㉘	Al Samahat	15.2	6,307	2,648.9	
㉙	El Taaleb	10.1	2,302	966.8	
㉚	El Fahimia	2.3	1,101	462.4	
㉛	Al Gamayel Al Qebliya	3.0	1,552	651.8	
㉜	Shenno	5.6	998	419.2	
㉝	Al Gamayel Al Bahiriya	4.2	1,652	693.8	
㉞	El Shakria	14.0	2,503	1,051.3	
㉟	Rewina	20.2	12,295	5,163.9	
㊱	Mehdet el kasab	4.1	1,261	529.6	
㊲	Al Muit Al Sharkqi	4.3	996	418.3	
㊳	Shaboora	1.9	871	365.8	
㊴	Dalil El Ghamia	2.3	350	147.0	
㊵	EL Ghamria	6.0	2,382	1,000.4	
㊶	Sandella	9.1	9,019	3,788.0	
㊷	El Khraba	5.0	701	294.4	
㊸	Om Dokhan	3.0	1,031	433.0	
㊹	Al Saath	2.7	551	231.4	
㊺	Al Saath Feeder	1.0	147	61.7	

No.	Canal name	Length km	Area (Satellite) feddan	Area, ha	Remarks
㊻	G1 Elyosra for Elkased	Cancel			
㊼	Direct btw G6 and Sorad Regulator	14.1	3,233	1,357.9	
	Total	263.4	95,976	40,309.9	

出典：Irrigation Directorate(Gharbia)および JICA 調査団よる衛星画像解析

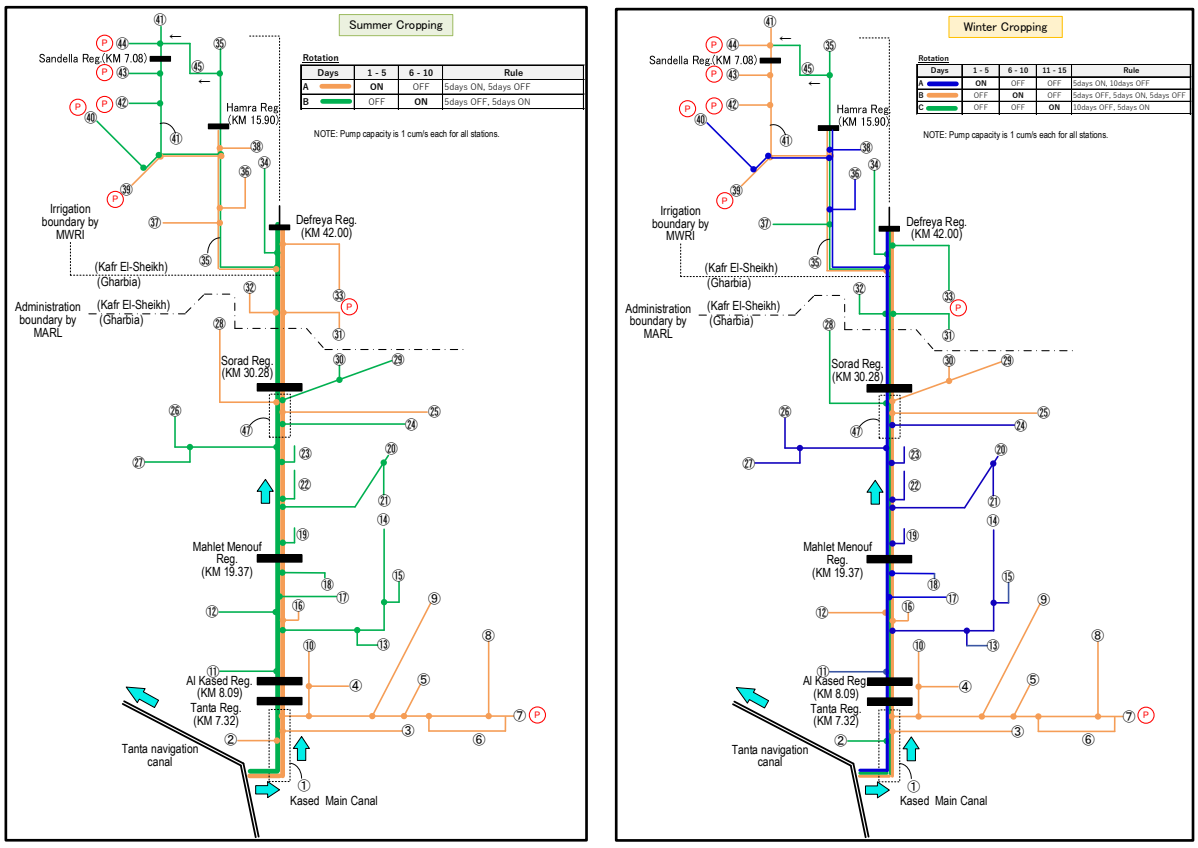


図 3.3.4 Kased 地区の水路模式図

出典：JICA 調査団 General Directorate of Irrigation (Gharbia)によるデータを加工

3.4 灌漑施設の維持管理

3.4.1 灌漑施設の維持管理に係る組織

灌漑施設の維持管理は民間企業に外注される他（例えば定期的な浚渫作業）、水路維持管理局（Central Directorate for Canal Maintenance）が担当している。水路維持管理局は灌漑局（Irrigation Department, ID）の灌漑セクター（Irrigation Affairs Sector）の傘下にある。地方レベル（General Directorate Level）においては、全国に 6 つの事務所がありそれぞれの事務所に機材の修理や鋼製構造物を製作するためのワークショップが併設されている（図 3.4.1 参照）。

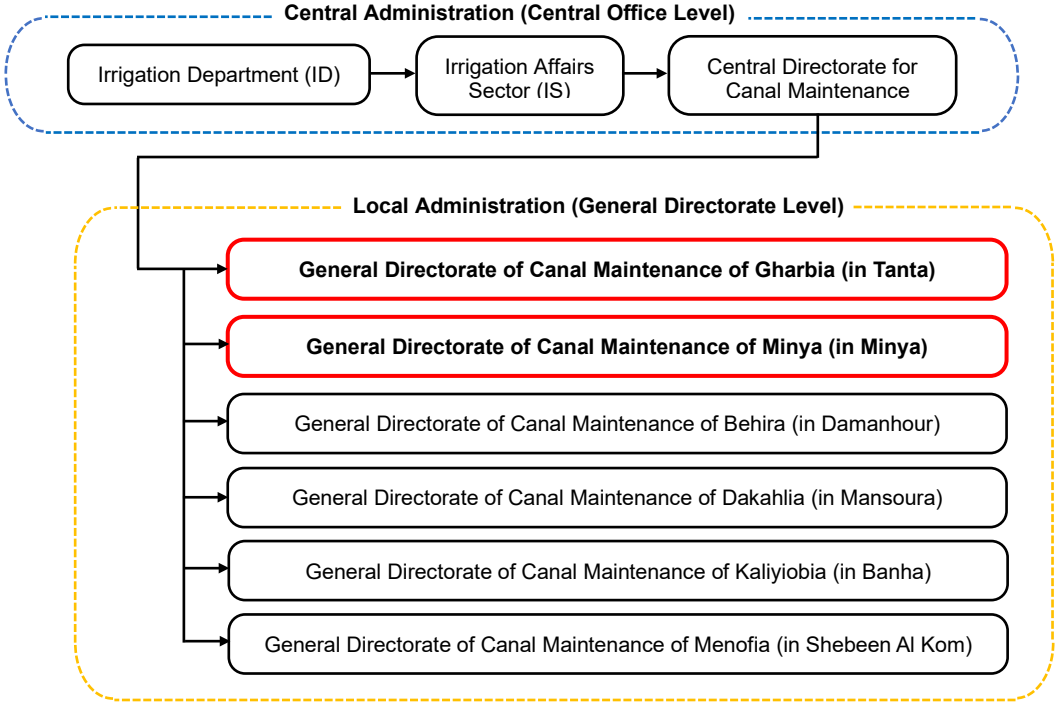


図 3.4.1 水路維持管理局 組織図
出典：水資源灌漑省

3.4.2 水路維持管理局の体制

1）水路維持管理局の業務内容

本業務の調査対象地区である Bahr Yusef と Ibrahimia 基幹水路掛かりの維持管理は Minya 事務所（Minya 市）、Kased 水路掛かりの維持管理は Gharbia 事務所（Tanta 市）が行っている。各地方事務所の主たる業務内容は、用水路の維持管理（堆積土砂、水草、ゴミ等の除去）、水路堤防および水路法面の補修、灌漑施設の維持管理用機材（バックホー、ホイールローダー等）のメンテナンスと修理、灌漑施設に設置する鋼製構造物（ゲート、スクリーン）の製作・補修、コンクリート構造物の簡易な補修等である。

維持管理用機材のメンテナンスと修理はワークショップで実施されており、特殊技能を要する修理（電気系統の修理等）は民間企業の整備士に委託している。なお、現場での作業中に維持管理用機材が故障した場合、その機材を現場からワークショップまで搬送して修理しているため、維持管理作業の進捗に支障が出ている。このため、ワークショップの職員は、移動式修理車輌の導入を強く望んでいる。

水位調整施設や取水施設に設置する鋼製スライドゲートと除塵用のスクリーンはワークショップで製作しており、大型のラジアルゲートは民間企業に製作を委託している。その他の鋼製構造

物（鋼製管や鋼製サイホン等）は、通商産業省（Ministry of Trade and Industry）の工場（Steel Factory）から調達している。

2）水路維持管理局の人員構成

本業務の調査対象地区を管轄する Gharbia 事務所と Minya 事務所に配属されている技術者を表 3.4.1 に示す。各事務所では Director General のもと、Engineer、Technician 等が水路の維持管理、そして機材の維持管理や鋼構造物の製作に従事している。なお、下表には事務職員は含まれない。

表 3.4.1 水路維持管理局の人員構成

No.	Gharbia Office		Minya Office	
	Position	Number of Staff	Position	Number of Staff
1	Director General	1	Director General	-
2	Mechanical Engineer	2	Mechanical Engineer	7
3	Electric Engineer	1	Technician (Electricity Equipment)	3
4	Agriculture Engineer	1	Technician (Steel Structure & Equipment)	10
5	Technician (Steel Structure & Equipment)	4	Technician (Lathe Machine)	3
6	Technician (Lathe Machine)	2	Technician (Carpenter)	4
7	Technician (Rubber Work)	4	Technician (Gate Facilities)	4
8	Technician (Electric Work)	3	Technician (Civil Work)	7
9	Technician (Maintenance)	5	Technician (Rubber Work)	1
10	Technician (Workshop)	3		
11	Technician (Mechanic)	3		
12	Driver/ Truck Driver	13		
	Total	**42**	**Total**	**39**

出典：水路維持管理局

3）水路維持管理局の保有機材（建設機械）

Gharbia 事務所と Minya 事務所が保有している機材名・製造年・機材の状態を表 3.4.2 および表 3.4.3 に示す。現有の機材は全体的に老朽化が進んでおり、メンテナンスや修理に手間を要している。また、故障して修理不可能な機材や、スペアパーツや消耗品が入手できなくなり修理が不可能となった機材が複数あり、事務所の敷地内に放置してある。

表 3.4.2 水路維持管理局（Gharbia 事務所）の維持管理用機材

No.	Name of Machinery	Year of Manufacture	Condition	Others
1	Wheel Excavator	2009	Active	Aged, maintenance and repair are frequently required.
2	Hydraulic Excavator	2004	Active	
3	Long Armed Hydraulic Excavator	2003	Active	
4	Backhoe Loader	2012	Active	
5	Backhoe Loader	2010	Not active	Broken and irreparable
6	Backhoe Loader	2009	Active	Aged, maintenance and repair are frequently required.
7	Wheel Loader	1998	Active	
8	Wheel Loader	2010	Active	
9	Wheel Loader	2007	Active	
10	Sweeper	1995	Active	
11	Truck Crane (Loading capacity: 25ton)	No data	Not active	Broken and irreparable
12	Dozer	No data	Good, but not active	Irreparable due to the lack of spare parts or consumables
13	Agricultural Tractor	No data	Active	
14	Agricultural Tractor	No data	Active	
15	Forklift Truck	1991	Active	Aged, maintenance and repair are frequently required.
16	Motor Grader	1991	Good, but not active	Irreparable due to the lack of spare parts or consumables
17	Motor Grader	1987	Good, but not active	Irreparable due to the lack of spare parts or consumables

出典：水路維持管理局

表 3.4.3 水路維持管理局（Minya 事務所）の維持管理用機材

No.	Name of Machinery	Year of Manufacture	Condition	Others
1	Hydraulic Excavator	1998	Active	Aged, maintenance and repair are frequently required.
2	Hydraulic Excavator	1998	Active	
3	Hydraulic Excavator	1998	Good, but not active	Hydraulic cylinder needs to be filled by hydraulic oil
4	Long Armed Hydraulic Excavator	2010	Good, but not active	Attachments (backet etc.) are required.
5	Dozer	2005	Active	
6	Dozer	1991	Active	
7	Backhoe Loader	1991	Active	Aged, maintenance and repair are frequently required.
8	Backhoe Loader	1991	Good, but not active	Hydraulic cylinder needs to be filled by hydraulic oil
9	Motor Grader	2005	Active	
10	Forklift Truck	1991	Active	Aged, maintenance and repair are frequently required.
11	Truck Crane (Loading capacity: 25ton)	1991	Good, but not active	Hydraulic cylinder needs to be filled by hydraulic oil
12	Sweeper	1998	Active	
13	Dump Truck	1990	Active	Aged, maintenance and repair are frequently required.
14	Dump Truck	1998	Active	
15	Dump Truck	1998	Active	
16	Dump Truck	2008	Active	
17	Pick-up Truck	2000	Active	
18	Pick-up Truck	2000	Active	

出典：水路維持管理局



Long Armed Hydraulic Excavator (Active)



Wheel Excavator (Active)



Backhoe Loader (Active)



Wheel Loader (Active)



Dozer (Not active)



Backhoe Loader (Not active)

図 3.4.2 水路維持管理局の維持管理用機材（Gharbia 事務所）
出典：JICA 調査団

4）水路維持管理局の保有機材（ワークショップ機材）

ワークショップ内にある機材は、1984 年に USAID によって供与されたものと、MWRI が 1980～1990 年代頃に調達したものがあり、かなり老朽化している。本調査にて、ワークショップ機材に関する聞き取り調査を Workshop Engineer および Workshop Technician を対象に実施した。聞き

取り調査より、現有する機材の更新と新たな機材の導入の要望があることが確認された（表 3.4.4 参照)。

表 3.4.4 ワークショップ機材の状態（Gharbia 事務所および Minya 事務所）

No.	Name of Workshop Equipment	Year of Manufacture	Conditions
1	Hydraulic Press Machine	1984 (USAID)	The pressing capacity of existing equipment is 25 tons. The workshop engineers and technicians want to use a 100 - 200 tons pressing machine.
2	Engine Lathe	1984 (USAID)	It is functioning, due to periodic maintenance and repair.
3	Cylinder Boring Machine	1984 (USAID)	It is functioning, due to periodic maintenance and repair.
4	Bench Electric Grinder	1984 (USAID)	It is functioning, due to periodic maintenance and repair.
5	Welding Machine with Diesel Engine	1984 (USAID)	It is broken and irreparable.
6	Welding Machine on Electricity	1988 (MWRI)	It is functioning. However, the workshop engineers and technicians want more high-performance equipment.
7	Air Compressor with engine	1984 (USAID)	It is functioning due to periodic maintenance and repair.
8	Electric Cutter	1984 (USAID)	It is functioning. However, the workshop engineers and technicians want the latest high-power type.
9	Portable Crane	1984 (USAID)	It is broken and irreparable. The workshop engineers and technicians want a crane with higher lifting capacity.
10	Steel Plate Cutting Machine	NA	The workshop engineers and technicians want a steel plate cutting machine for the manufacturing of gate bodies, etc.
11	Hydraulic Hose Fitting Press Machine	NA	The workshop engineers and technicians want a hydraulic hose press machine to repair the hydraulic system of the maintenance machinery and the workshop equipment.

出典：JICA 調査団



Outside View of Workshop



Inside View of Workshop



Welding Machine with Diesel Engine



Hydraulic Press Machine



Cylinder Boring Machine



Bench Electric Grinder

図 3.4.3 水路維持管理局のワークショップ機材（Gharbia 事務所）

出典：JICA 調査団

3.5 Meska 改良と近代灌漑の実施

エジプト国では、公平な水管理や灌漑用水の効率的な利用への取り組みは、今後もますます重要な課題の一つである。本節では、今までに実施された Meska 改良事業と近代圃場灌漑の取り組みについて整理する。

3.5.1 Irrigation Improvement Project (IIP)

1) 灌漑改善プロジェクト（IIP）

灌漑改善プロジェクト（IIP）は、WB とドイツ復興金融公庫（KfW）の資金により、フェーズ 1（IIP 1）とフェーズ 2（IIP 2）が実施されてきた。IIP は、灌漑水管理の改善を通じて、エジプト農民の経済・社会状況を改善し、作物生産と農民の収入を増加させることを目的としている。IIP 1 は、1996 年から 2006 年にかけて実施され、ナイルデルタの 2 つの県（Beheira と Kafr El Sheikh）が対象であった。事業の対象面積は、24 万 8000 feddan であり、総事業費は 182.3 百万 USD である。IIP 2 は、IIP 1 の当初計画で終了できなかった事業を対象に、KfW が後継で実施したものである。IIP 2 では、2014 年 12 月まで灌漑施設改善を実施した以降も、電力の不具合で WUA への引き渡しが遅れていた施設に関する活動のため 2016 年まで継続された。

エジプトの多くの灌漑水路は、圃場よりも低い標高に掘られた土水路である。そのため、農家が圃場へ灌漑するには、何らかの方法によって水路の水を汲み上げる必要がある。過去には家畜を駆動力とするサキアを使って、土水路から圃場の高さまで水を汲み上げて灌漑を行ってきた。しかし、現在は持ち運びが可能な小型ディーゼルポンプの普及により、個々の農家は小型ディーゼルポンプを使って水路から水を汲み上げるようになっている。

IIP は公平な水配分を実施するために、農家が共同で利用するポンプ場の建設や、Meska WUA（Water Users Association）設立と組織強化支援などを行ったものである。IIP では、新たな Meska WUA の設立支援とともに、ポンプ場や Meska 改良の設計から施工に至るまで一連のプロジェクト活動を行っている。

Meska 改良には、Meska の敷高を圃場よりも高く新たに建設する開水路タイプと、Meska を地中に埋設した低圧パイプラインに置き換える 2 つの改良タイプがある。前者は、圃場から 0.15m ほど高い敷高で開水路を建設し、圃場へは重力水で灌漑ができるように Meska の改良が行われる。パイプライン型は、既存の Meska の位置にパイプラインを布設するものである。両者とも、改良された Meska の起点には、支線水路から改良された Meska へ送水するポンプ場が建設される。

2) 統合灌漑改善管理プロジェクト（IIIMP）

IIP1 と IIP2 の後継として実施されたのが、統合灌漑改善管理プロジェクト（Integrated Irrigation Improvement and Management Project：IIIMP）である。これは、2006 年から 2016 年にわたり実施された、7 年間のマルチドナープロジェクトである。IIIMP は、WB、KfW、オランダ、エジプト政府からの拠出資金にて実施された。プロジェクト地域は、中部・西部デルタ地域の Mahmoudia と Mit Yazid を対象（55 万 feddan）として、灌漑排水の管理能力強化や水利用の効率化を目指すものである。このプロジェクトの進め方は、先行の IIP と同様に、灌漑水利用の統合や農民参加型に基づく事業実施を基本とした取り組みである。

表 3.5.1 に IIIMP の資金内訳、表 3.5.2 に各実施パートナーの活動コンポーネントを示す。IIIMP は 2006 年から開始され、途中で事業が政情不安のため一旦中断（2011 年 1 月～2013 年 6 月）し

たものの、工期延長が行われ 2016 年に終了している。IIIMP には、MWRI の IIS に加えて、農業土地開拓省（MALR）や Ministry of Electricity and Energy といった多様な機関も参画している。

表 3.5.1 IIIMP の資金概況

Financing Source	Amount	Remarks	Effective	Original Closing Dates	Extension
World Bank	USD 120,000,000	IBRD Loan	May 2006	Mar 2014	Mar 2016
Kreditanstalt fur	EUR 38,800,000	Loan (tranche I)	Dec 2008	Dec 2015	Dec 2016
Wiederaufbau	EUR 25,000,000	Loan (tranche II)	Feb 2012	Dec 2015	Dec 2016
(KfW)	EUR 2,000,000	Grant for Technical Assistance	Dec 2008	Dec 2015	Dec 2016
Netherlands	EUR 14,900,000	Grant for Financial Assistance	Jan 2007	Dec 2013	Mar 2014
GOE	EGP 575,000,000	National budget	May 2006	n/a	n/a

出典: PMU COMPLETION REPORT IBRD Loan no 7291-EGTIIS, Ministry of Water Resources and Irrigation, Integrated Irrigation Improvement and Management Project, August 2016

表 3.5.2 実施パートナーと活動の内訳

パートナー	活動内容
WB (IBRD)	（有償）施設改修と機材調達資金
KfW	（有償）施設改修資金
KfW	（無償）技術協力サービス
Netherlands	（無償）Water User Organizations (WUOs) と MWRI に関する組織制度開発および能力強化活動、地方庁舎建物の修復
GOE	エジプト政府によるカウンターパート予算

出典: PMU COMPLETION REPORT IBRD Loan no 7291-EGTIIS, Ministry of Water Resources and Irrigation, Integrated Irrigation Improvement and Management Project, August 2016

表 3.5.3 に IIIMP による Meska 改良の事業実施状況を示す。Meska 改良には 857 百万 LE が投入され、95,532 feddan を対象に工事が実施された。単位面積当たりの工事金額は、KfW では 10,464 /feddan LE、WB では 7,909/feddan LE、両事業の平均では 8,966/feddan LE となる。ここで、KfW 資金の単位面積当たりの工事金額が高いのは、Mahmoud 県において圃場内水路である Marwa のパイプライン布設が追加的に含まれていることによる。

表 3.5.3 IIIMP における Meska 改良事業の概況

Donor	Command area	Number of contracts	Combined final /Expected area (fed)	Total final /Expected cost (EGP)
KfW	Mahmoud	36	32,579	323,973,048
	Met Yazd	11	6,931	89,450,537
	KfW sub-total	47	39,510	413,423,585
Word Bank	Mahmoud	26	20,378	160,575,850
	Met Yazd	52	35,644	282,501,600
	World Bank sub-total	78	56,022	443,077,450
Grand total		125	95,532	856,501,035

出典: PMU COMPLETION REPORT IBRD Loan no 7291-EGTIIS, Ministry of Water Resources and Irrigation, Integrated Irrigation Improvement and Management Project, August 2016

Meska 改良は、IIP と同様に農民参加のもとで事業を進めている。Meska 改良に際しては、Law 213（1994）に基づき Meska WUA の設立が必須である。Meska WUA 設立の条件は、関係する農民の 50%を超える同意とされている [1]。Meska WUA は Meska 改良の計画と設計のプロセスに参加するとともに、施設の運用や維持管理において重要な役割を果たす。これらの一連のプロセスは、IIS 傘下の Irrigation Advisory Service（IAS）が担っている。

IIIMP の Meska 改良も IIP と同様にコストリカバリー方式がとられている。農家は、土地税に付加された形で投資コストを支払っていく。Law 213（1994）では、Meska 改良の費用はその投資を通じて利益を得る土地所有者から回収することが定められている。土木工事の費用は 20 年かけて

[1] Meska 改良にあたっては一カ所での揚水ポンプを用いることとなる。すなわち、共同でポンプを操作・維持管理していくことが必要になるが、この共同作業を実現していくために Meska WUA は設立される。その際の条件は、関係する農民の 50%を超える同意とされている。

返済を行うが、返済は無利子である。

IAS は、Meska 改良に際して以下の 5 つのステージを経て事業を進めていく（表 3.5.4）。Meska 改良後の施設が Meska WUA に一旦引き継がれると、その後の Meska WUA への支援は MALR による作物生産向上の農業普及活動に重きがおかれる。灌漑水管理は農家自身が担っていくことになるため、Meska WUA は適正な水管理の実施に向けて MWRI や MALR から灌漑水利用に関する情報を Meska WUA 自ら集めていく必要がある。

表 3.5.4 Meska 改良に向けた IAS の対応ステップと各ステージの内容

ステージ	内 容
Stage 1	社会的データ等、農民の名前と土地所有、プロジェクトの認知度、Meska WUA の義務、プロジェクトの関与の収集
Stage 2	Meska WUA の設立、標準規約の採択、役員（会長、会計、書記・副会長、ポンプ操作・保守）の選出
Stage 3	IAS と IIS との協議による物理的工事の計画と設計への受益者の参加と、提案された レイアウトの Meska WUA による書面での承認
Stage 4	IIS による工事監理、設計変更の提案、システムの O&M 支援
Stage 5	Meska WUA へのインフラの引き渡しと Meska WUA の正式登録

出典: PMU COMPLETION REPORT IBRD Loan no 7291-EGTIIS, Ministry of Water Resources and Irrigation, Integrated Irrigation Improvement and Management Project, August 2016

表 3.5.5 に Mahmoudia 地区の Serenbay 1 支線で実施された Meska 改良の工事仕様を示す。これは、対象面積 766 feddan に対して、15 カ所の Meska 改良を実施した事例である。2014 年に設計が終わり、2015 年 3 月から 2016 年 11 月に工事が完了し、総事業費は 6,389,750 LE である。対象面積（766 feddan）と Meska 改良（15 カ所）から、1 箇所当たりの Meska 改良の対象規模は約 50 feddan、平均の工事金額は 8,341/feddan LE となる。

表 3.5.5 Meska 改良事業の仕様の例

工事内容	仕様や規模
リフティングポンプ	3 台（電気稼働 2 台、ディーゼル稼働 1 台） 揚程：10.5～13m 対象面積：50～100feddan（最少面積：15feddan）
ポンプ場の建屋	4m×4.5m (Reinforced concrete with brick walls)
吸い込み口	直径 2.25m サイズのコンクリート升(水路と升の境にゲートとスクリーンを設置)
パイプライン	口径 200～400mm、材質（PVC）
圃場給水栓	口径 150mm、材質（PVC）

出典: PMU COMPLETION REPORT IBRD Loan no 7291-EGTIIS, Ministry of Water Resources and Irrigation, Integrated Irrigation Improvement and Management Project, August 2016

表 3.5.6 には、Meska 改良による教訓を示す。Meska 改良を行うことで、作物生産性の向上のみならず、土地利用面積の増加や Meska WUA 等の組織強化にも繋がる教訓が得られている。

表 3.5.6 Meska 改良による教訓

教 訓
IIIMP 初期の変化として、Meska 改良と Meska WUA の設立後、灌漑コストと時間が減少している
流量が改善されたことにより、特に支線水路の末端の農家で作物の収量が増加した
一部の WUA や BCWUA では、女性の参加者が増えている
Meska 改良の工事完了後、同じ Meska を利用している農民間の紛争が減少した
Meska の共同ポンプ場の設置により、末端の灌漑用水がゴミなどで水質が悪化する可能性が低くなった
Meska と Marwa のパイプライン化により、土地の利用面積が増加した

出典: PMU COMPLETION REPORT IBRD Loan no 7291-EGTIIS, Ministry of Water Resources and Irrigation, Integrated Irrigation Improvement and Management Project, August 2016

3.5.2 近代圃場灌漑に関する事例

エジプトの New Lands と Old Lands の一部では、スプリンクラー灌漑やドリップ灌漑が既に導入され始めている。Bahr Yusef 水路の西側に広がる New Lands では、Bahr Yusef 水路から送水される表流水や、一部、地下水を水源として民間企業や農家が近代灌漑を導入している。また、Old Lands

では、特に水路の末端地区の水不足や水質悪化が激しい一部の農家において、自前で近代灌漑施設を導入している。

上記の状況下、2021 年 9 月 1 日より MALR、MWRI、MOF（Ministry of Finance）と CBE（Central Bank of Egypt）が合意を行い、近代灌漑施設整備のためのプログラムが開始されている。このプログラムでは、370 万 feddan への近代灌漑設備の導入、加えて計 22,000 km の水路ライニングを 4 年間で実施する計画である。

エジプト政府の試算によると近代灌漑整備の導入には、30,000～40,000 /feddan LE のコストが掛かるとされており、総額で約 1100 億～1500 億 LE となる見込みである。既に、2021 年時点で 600 億 LE の自国予算の手当を行っているが、2022 年時点ではドナー等のファンドソースは決まっていない。なお、農家はこのプログラムを通じて金利 0%、償還期間 10 年間で近代灌漑設備のための借入を行うことができる。

上記の合意によると、水路のライニングは MWRI が担当し、近代灌漑整備は MWRI と MALR がそれぞれに約 200 万 feddan を分担して対応することが決まっている。既に MWRI は Qalyubia 県、MALR は Beni Suef 県で調査を開始している。2022 年 4 月時点においては、MWRI は近代灌漑施設の計画を開始し、MALR は技術設計資料と業者選定の準備を開始している。なお、MALR への聞き取りによると、近代灌漑整備に係る単価は 35,000～50,000/feddan LE と見積もっている。これには、共同ポンプ、Meska と Marwa の改良、従来の水盤灌漑や畝間灌漑のための給水栓設置等が含まれている。

以下に、MWRI、MALR に関連する近代灌漑整備の取り組みを示す。なお、以下の事例はいずれも上記の 2021 年 9 月より実施されている計約 400 万 feddan を対象とした近代灌漑導入ではなく、それ以前に実施された事例である。

1）MWRI（IIS）による事例

Fayoum には、MWRI が近代灌漑導入を初めて適用した Meska WUA がある。MWRI の GDIAS（General Directorate for Irrigation Advisory Services）は、この Meska WUA に対して近代灌漑整備を支援している。この Meska WUA は、近代灌漑を導入したい 12 名の農家が既存の WUA から独立して、2018 年に新たに設立された。以前は既存の Meska から水盤灌漑を行っていたが、灌漑水が不足して全面積を作付けできなかった。そのため、GDIAS を通じて近代灌漑導入の支援の要請を挙げ、近代灌漑整備の事業が実施された。

近代灌漑施設は MWRI が計画・設計および施工管理を行い、建設業者によって施工がなされた。Meska WUA は、IIP や IIIMP の場合と同様に、GDIAS 支援のもと計画・設計から参加している。近代灌漑整備の対象面積は 77 feddan で、12 名の農家で構成されている。一般に農家当たりの圃場面積が 1 feddan 程度であることに比べると、この Meska WUA は大規模な農家の集まりである。近代灌漑施設には、集合ポンプ、フィルター、パイプライン、スプリンクラーなど一連の機器が導入されている。

主な栽培作物は、スプリンクラー灌漑を使った飼料用作物である。スプリンクラーは 12m 間隔で設置されており、高さは 80cm で様々な作物に対応できる。さらに、スプリンクラーとコンクリートライニングをした水路の二つを整備しており、重力灌漑も可能な仕組みになっている。そのため、メイズ栽培では 6 回の灌漑のうち 5 回はスプリンクラーで灌漑し、6 回目の灌漑は水路から水盤灌漑を行い、土壌に溜まった塩分などを洗い流すリーチングを行っている。

近代灌漑システム導入により、作物生産が 30%増加したと報告されている。さらに、液肥を使うことで肥料散布の労力節減、灌漑用水の節約と水不足の解消、伝統的作物以外にトマトなどの野菜、薬草・香草といった作物多様化などの効果も得られている。なお、Meska WUA 組合長への聞き取り時には、近代灌漑施設の導入は規模の大きな農家の集まりであれば円滑に進むだろうが、1 feddan～2 feddan の小規模農家が集まっている地区で実施は難しいと思うため、十分な検討が必要だろうとの見解が述べられた。

表 3.5.7 個人農家レベルによる近代灌漑の導入事例

項目	仕様や規模	備 考
農家諸元	・灌漑面積：77feddan ・対象農家：12 名（平均面積 6.4fed/人）	・Fayoum 県 Silah 村、Al-Mahmoud WUA ・対象作物：メイズ、小麦、牧草など伝統作物を中心に栽培 ・施設導入後は、トマトなどの野菜、薬草・香草も栽培を開始
水源	・表流水	・Silah Al Omoumi 支線水路
ポンプ	・電力ポンプ（2 台,60HP）	・ポンプ地点～圃場まで約 1km ・2 系統で圧送（①スプリンクラー経路へ、②改良 Meska へ）
灌漑方法	・スプリンクラー灌漑	・Meska WUA は、MWRI の GDIAS（General Directorate for Irrigation Advisory Services）に要請。 ・2018 年、MWRI による近代灌漑導入のためのプロトコール作成の第 1 号。MWRI が施工管理し、軍（Ministry of Army Production）が施工。Meska WUA は、計画および設計から参加。 ・スプリンクラーは 12m 間隔で設置、高さは 80cm ・メイズの場合、6 回の灌漑（5 回がスプリンクラー、最後の 1 回が水盤灌漑を行いリーチング目的も併用）
導入後の変化	・開水路の既存 Meska をパイプライン化 ・液肥を使うことによる肥料散布の労力（労賃）節減 ・栽培作物の多様化	・作物生産性が 30%増大。作付面積が 10%増加。 ・水盤灌漑では、作物の生育に必要な水量を灌漑するのに 93 分/feddan かかったが、53 分/feddan に短縮。約 40%の節水が可能となったと判断。 ・開水路 Meska 時は、害虫が多く発生し雑草が繁茂したが今は軽減。 ・暗渠排水を入れて開渠排水路を一本化し、Meska 改良により土地が 10%増加。 ・スプリンクラーとコンクリートライニングした水路による重力灌漑と両方ができる仕組みで、水盤灌漑やリーチング利用ができる ・メイズ、小麦、牧草といった伝統作物のほか、トマトなどの野菜、薬草・香草を栽培も計画

出典：JICA 調査団による聞き取り

2) MALR (Field Irrigation Development Project Management Unit) による事例

MALR の近代灌漑整備の担当部署は、Field Irrigation Development PMU である。MALR が、過去に圃場灌漑整備事業を行ったことをきっかけに、2011 年に正式な部署として設立されたユニットである。これまでに、表 3.5.8 に示すように 3 つの事業を実施している。各事業は既に完了し実地中のドナーのプロジェクトは無い（2022 年 3 月時点）。現在は、2021 年 9 月 1 日に政府内で合意された近代灌漑施設整備のためのプログラムに取り組んでいる。

表 3.5.8 Field Irrigation Development PMU の実施事業

資金ソース	プロジェクト名	状況
World Bank	Farm Level Irrigation Modernization Project (FIMP)	2010～2017
IFAD	On-farm Irrigation Development in the Old Lands (OFIDO)	2009～2020
OPEC Fund	On-farm Irrigation Development Project (OFIDP)	2012～完了

出典: MARL 職員聞き取り

上記は、いずれも Meska または Marwa の改良事業であり、コストリカバリー方式で実施している。これは前述の IIS の Meska 改良事業と同様に、Meska 改良を希望する農家グループに対して面積等の割合から一人当たりのコストを算出し、農家は土地税に加えて Meska 改良事業のコストを支払っていく仕組みである。償還期間は改良 Meska の場合は 20 年間、改良 Marwa の場合は 10 年間に設定され、金利は 0%である。

2022 年 4 月時点において、MALR は Beni Suef 県で近代灌漑のパイロット事業を計画している。計画について政府は既に予算を手当てしており、Agricultural Bank of Egypt と National Bank of Egypt

に対して、今後 4 年間分として 60 billion LE を割り当てている。表 3.5.9 は、近代灌漑整備導入に向けたプログラムのステップである。

表 3.5.9 近代灌漑整備導入に向けたプログラムのステップ

Step	内 容
1	近代灌漑施設を導入したい農家グループが、農協に申請*)
2	農業土地開拓省スタッフが、土地の調査等行い導入費用を算出
3	農業土地開拓省スタッフが、農家グループから近代灌漑施設導入にかかる同意文書を取り付ける
4	農業土地開拓省が、銀行に農家グループからの同意文書を元に融資の申し込みを行う
5	4 と同時に、農業土地開拓省が施工業者の選定を実施
6	選定された施工業者宛てに、銀行から費用が振り込まれて施工に着手
7	農業土地開拓省が、コンサルタントを雇用して施工監理を実施
8	近代灌漑施設の設置後、農協が農家からお金を集めて銀行に返済していく、もしくは土地税に加えて返却

*) MALR の事業では、Meska WUA ではなく農家による任意グループが申請を行っている。
出典：MALR 職員への聞き取り

Beni Suef 県では、Old lands の 2,000 feddan を対象に近代灌漑導入を準備している（2022 年 3 月時点）。このうち 600 feddan は設計が完了しており（2021 年 10 月時点）、残りの地区についても設計作業を進めている。2,000 feddan は、既に農家グループが近代灌漑施設の導入に合意しており、上記の手順に基づいて進める予定である。

3) EU Water Sector Technical Assistance and Reforms Support (EU Water STARS)の事例

EU STARS は、従来の水盤灌漑から近代的灌漑農業への移行に向けて、実践的な展望や道筋を作成し、農業、財務、計画・企画および水資源管理に関わる関係者間で共有することを目的とした技術協力プロジェクトである（灌漑農業近代化プログラム（Irrigation and Agriculture Modernization Program：IAMP））。調査コンセプトは、農業と水管理の統合によって農業生産の近代化を目指すこととしている。2018 年 2 月に開始され、2020 年 12 月の当初の終了予定が延長され、2021 年 9 月に完了している。本調査の主たるコンポーネントは、表 3.5.10 に示す 5 つである。

表 3.5.10 IAMP を構成する事業

事業構成	内 容
A	制度・金融環境整備への貢献
B	水管理フレームワークの近代化
C	関連機関の能力開発
D	普及啓発のためのコミュニケーション・インフォメーションプランの策定
E	資源統合管理のための技術的検討の準備

出典：EU Water Sector Technical Assistance and Reforms Support (EU Water STARS), Irrigation Modernization in the Nile Delta and Valley, December 2020, EU

本調査を通じて、近代灌漑施設（ドリップ灌漑またはスプリンクラー灌漑）を導入するには、現在の支線水路レベルで連続通水が必要であり、現在のローテーション灌漑システムでは困難であると結論づけている[2]。EU Water STAR 担当者への聞き取りでは、近代灌漑導入には支線水路での連続通水の実施や、間断灌漑のインターバルを 3 日 ON、3 日 OFF ぐらいまでに短くする必要があるとのことである。また、IIP や IIIMP を通じて提案されてきたポンプは、電力駆動によるポンプであるが、農村部まで電線の設営が不十分な状況などから、ポンプの駆動方法を検討することが必要との見解である。

加えて、近代灌漑導入には、ただ単に圃場に設備を導入すればよいものではなく、圃場に繋がる一連の水路や施設が整備されて確実に圃場まで配水されることの重要性を述べている。今後、EU は EIB や EBRD を通じて、15 万 feddan（6 万 3000ha）の近代灌漑導入の実証事業を行う計画

[2] P.xiv, EU Water Sector Technical Assistance and Reforms Support (EU Water STARS), Irrigation Modernization in the Nile Delta and Valley, December, 2020, EU

を有している。実施地区は、エジプト政府が推進する水路ライニングなどのリハビリ事業が実施された地区である。計画地区は、デルタ、中エジプト（上エジプトの北側：Assiut、Minia、Beni Suef、Fayoum、Giza）、上エジプトにそれぞれ配分する予定とのことである。表 3.5.11 に事業実施にあたっての勧告事項を示す。

表 3.5.11 EU Water STAR による事業実施への主な勧告事項

勧告事項	
事業地域面積	・ 地域 10,000 - 15,000～20,000 feddan の数地域（計 50,000～60,000 feddan）
水供給スキーム	・ 可能なかぎり“連続灌漑”とする。 ・ Meska 及び Marwa の土水路は低圧管 PVC に置き換える。 ・ Meska 始点では電動ポンプを設置する。 ・ Meska レベルで WUA を設立する。
圃場レベル	・ 灌漑近代化プロセスの技術的支援。 ・ バリューチェーンの強化。 ・ 民間セクターの参加促進。 ・ 営農ビジネス計画の策定、等が必要。
財政	・ 財源に関わる財務分析（ドナー、国の支援、等）。 ・ 財務・経済便益、等の分析
訓練・研修	・ 対象者は灌漑セクターの技術者及び WUAs。 ・ Farmers Field School (FFS)の活用。

出典: EU Water Sector Technical Assistance and Reforms Support (EU Water STARS), Irrigation Modernization in the Nile Delta and Valley, December, 2020, EU

3.6 実取水量と作付面積に基づく現状の灌漑効率

Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路上には、両基幹水路の始点部を含み調整堰が設置されている。これらの堰では、水位観測を行うことにより流量を測定している。ここで、作付パターンや実際の作付・収穫された面積があれば、水資源灌漑省が所有する標準的な作物消費水量表を参考にして、それらの作物の消費水量の算定が可能となる。流量データと作物別の消費水量を比較することで、灌漑効率を算定することができる。この方法は、現状において最も精度の高い灌漑効率が算定されるものと考えられる。

3.6.1 現状の灌漑効率の推定手順

基本的な考え方は，受益地のある地点で記録された取水量と、作付パターンと作付面積に基づいて算出された作物の水消費量の推定値を比較することである。この比較により総合灌漑効率が求まることとなる。なお、灌漑効率は、通常、搬送効率、配水効率、圃場灌漑効率等に分解することができるが、ここで求める灌漑効率はこれらすべてが考慮された総合灌漑効率となる。本検討で使用したデータは以下の通りである。

表 3.6.1 現状の灌漑効率を算定するためのデータと方法

No.	項目	内容またはデータソース
1	流量（取水量）	Bahr Yusef と Ibrahimia の取水口を含む、Bahr Yusef と Ibrahimia 水路の調整堰で記録された日当り流量データ（1999 年から 2020 年の 22 年間）。
2	作付けパターン	農業統計の主要な作物指標 冬作物、夏作物、ナイル作物（MALR 資料）を参照
3	作付面積	2017/18 年から 2019/20 年までの Sentinel-2 データを用いた衛星画像解析により検出された作付面積（「4.1.1 プロジェクト対象地域と純灌漑面積」参照）。なお、「3.7 衛星画像解析による作付面積の推移」では、データの入手期間が長いことから Landsat 衛星画像を利用したが（ただし解像度は 30m×30m）、本解析では 10m×10m と高解像度な Sentinel-2 データを利用する。Sentinel-2 のデータは 2017 年からしか利用できないため、本解析では 2017/18 年以降のデータを利用した。本解析で推定した作付面積は、2017/18～2019/20 の 3 年間の季節別（夏期、冬期）平均作付面積である。
4	作物ごとの標準的な必要水量	MWRI (2010)による標準的な必要水量の表（面積当り単位水量）に基づく。
5	作物の消費水量	作付けパターンに応じて、作付け作物に応じた面積当りの標準単位必要水量（No. 4）に作付け面積（No. 3）を算出する。

出典：JICA 調査団

現状の灌漑効率を算定する手順を以下に、またそのフローを図 3.6.1 に示す。

1) 流量データが入手可能な取水工と調整堰掛りの受益地を対象に、図 3.6.2 に示すように、Bahr Yusef と Ibrahimia 沿いの受益地を 7 つのセクションに区分する。Bahr Yusef の受益地は 5 つのセクションに分けられる。Ibrahimia の受益地は 3 つのセクションに分けられるが、

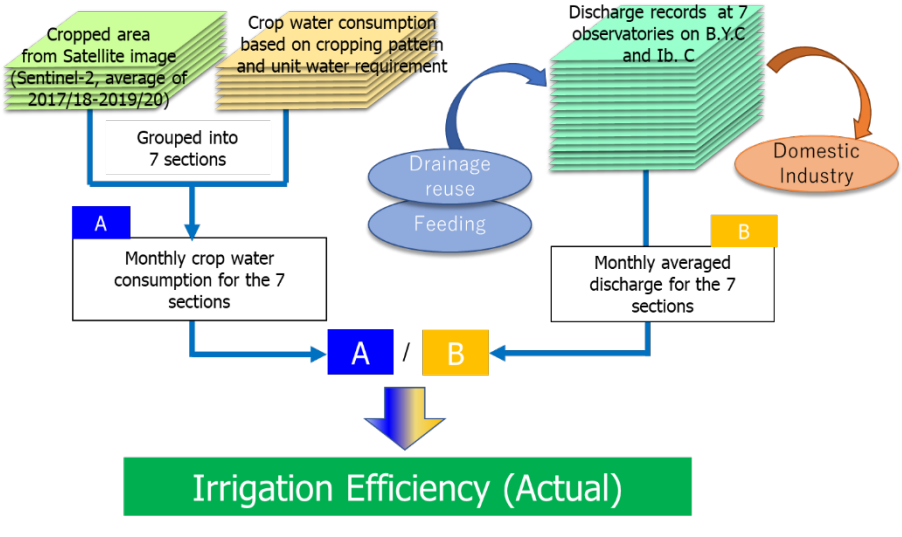


図 3.6.1 現状の灌漑効率（Ie）の算定フロー
出典：JICA 調査団

最後のセクション No.7 は Bahr Yusef 掛りと統合された形となる（このエリアの水路掛かりごとの面積の算定は困難である）。

2) あるセクションの施設（取水工や調整堰）で記録された流量データから、次のセクションで記録された流量データを差し引くことで、各セクション（各地域）での取水量を算定する。例えば、セクション No.1 のエリアで利用されている流量を計算するためには、Bahr Yusef の始点で記録された流量データから Sakoula 堰で記録された流量データを差し引くこととなる。なお、El Wasta 堰での流量データは入手できていないため、セクション No.6 の取水量は算出できない。以上の方法により、各セクションの取水量を月ごとに計算して、下表にまとめる。なお、各セクションで利用される流量は、衛星で検出された作付面積データに対応する 2018 年～2020 年の 3 年間の平均値として月別にまとめたものである。

表 3.6.2 Bahr Yusef 受益地のセクション別および月別の取水量

Section	Jan.	Feb.	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Sec.1 area (m3/s)	9.3	20.0	22.3	25.5	33.6	52.1	55.2	56.8	35.6	19.1	27.2	11.6
Sec.2 area (m3/s)	N/A	13.9	12.4	15.9	23.2	39.3	40.3	35.0	21.6	7.6	1.4	0.1
Sec.3 area (m3/s)	18.9	32.7	31.4	32.4	40.4	49.0	46.8	43.1	40.3	37.5	32.4	27.1
Sec.4 area (m3/s)	14.9	39.6	40.1	37.7	50.8	65.8	65.7	63.5	54.1	49.4	42.1	37.1
Sec.7 area (m3/s)	8.5	11.0	13.2	11.1	8.7	8.0	6.8	10.3	10.2	15.4	11.4	8.2

出典：2018 年～2020 年の流量データの平均、MWRI より入手

表 3.6.3 Ibrahimia 受益地のセクション別および月別の取水量

Section	Jan.	Feb.	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Sec.5 area (m3/s)	1.5	53.2	50.7	63.2	75.5	95.4	97.3	86.7	74.2	60.0	60.9	41.6
Sec.6+7 area (m3/s)	13.6	39.4	44.5	44.0	52.7	101.2	98.0	92.6	61.2	51.8	41.3	33.9
Sec.7 area (m3/s)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

出典：2018 年～2020 年の流量データの平均、MWRI より入手

3) 実際の作付面積は、2017/18～2019/20 をカバーする Sentinel-2 の衛星画像解析により推定する（詳細は 4.1.1　プロジェクト対象地域と純灌漑面積を参照）。統計資料にも作付面積が掲載されているが、データは灌漑用水路の受益単位ではなく、県（Governorate）単位でまとめられている。そのため、本解析で算定した作付面積の方が、灌漑効率を算定するためには適切である。衛星画像の解析により算定された作付面積をセクション別にまとめると、表 3.6.4 のようになる。

4) 作付けパターン、つまり作物の種類とそれらが作付けされた時期を把握するために、農業土地開拓省（MALR）のデータを参照することとし、農業統計の指標である「Bulletin of Important Indicators of the Agricultural Statistics Winter Crops, Summer and Nile Crops」を用いる。この数値は毎年発行されている。例として、典型的な夏の作付けパターンを図 3.6.3 に示す。次に、水資源灌漑省で使用されている標準的な作物ごとの水消費量表（表 3.6.5 参照）を用いて、月ごと・作物ごとの単位

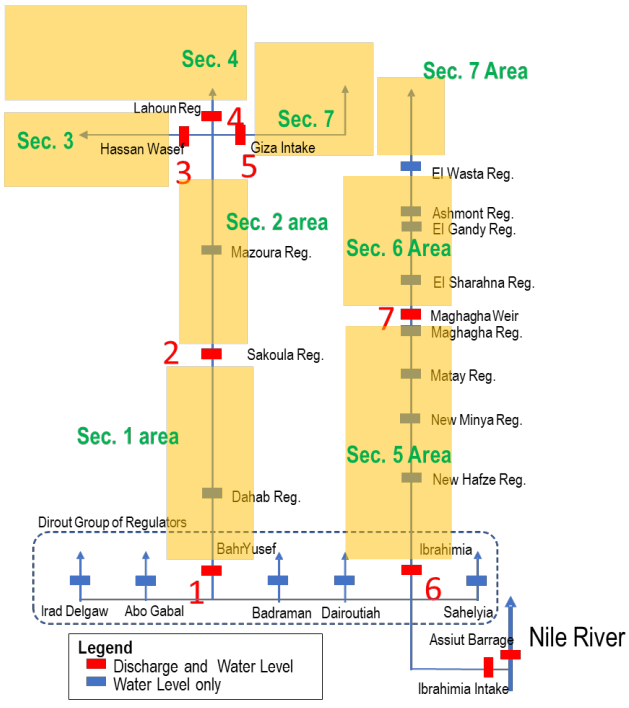


図 3.6.2 流量把握が可能な調整堰/取水工と受益地
出典：MWRI の情報をもとに JICA 調査団が作成

面積当たりの作物による水消費量を求める。そして、作物ごとの作付面積比を考慮して、単位面積あたりの水消費量を求める。

5) 衛星画像解析により検出された作付面積を上記の単位面積あたりの水消費量に乗じることで、区間エリア内（各セクションの面積）の作物の消費水量の合計が得られる。この作物消費水量と区間内で利用された流量を比較することで、関連した区間ごとの総合的な灌漑効率を算定することができる。この灌漑効率は、月ごと、セクションごと、Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路ごと、さらには両基幹水路をあわせた受益地全体での算定を行うこととする。

表 3.6.4 衛星画像から算定されたエリア

P.canal	Section	Area, feddan	Area, ha
B.Y.C	Sec.1 area	133,050	55,881
	Sec.2 area	78,244	32,862
	Sec.3 area	138,595	58,210
	Sec.4 area	232,410	97,612
Ib.C	Sec.5 area	258,852	108,718
	Sec.6 area	220,976	92,810
Sub. Total		**1,026,269**	**431,033**
B.Y.C	Sec.7 area /1	88,099	37,002
Ib.C	Sec.7 area	11,814	4,962
Total (++Sec.7 area)		**1,162,039**	**440,379**

1/：この面積は Giza 取水口から末端までを含んでいる。Giza 取水口から Al Ayat PS までの面積は 10,203 feddan である。
2/：この面積は、El Wasta から El Ayat PS までの面積である。
出典：Sentinel-2 衛星画像解析より

Season	Crop Intensity	Crop	Area (fed)	CI
Summer	77%	Rice	2,572	0.3%
		Maize	615,248	63%
		Sorghum	129,284	13%
		Oil crop	48,598	5%
		Vegetables	102,765	11%
		Other crops	79,588	8%
		Summer Total	978,055	100%

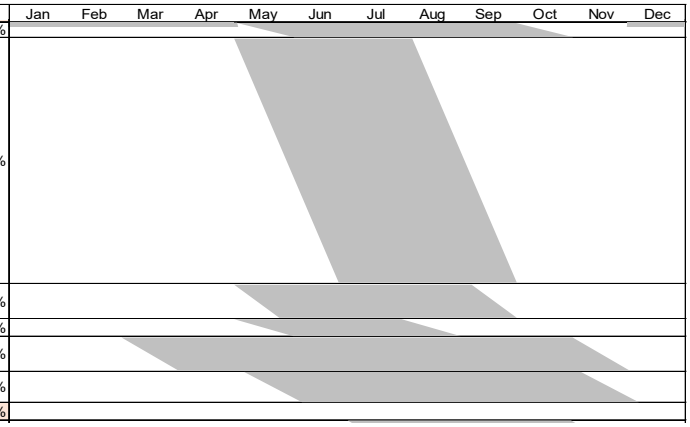


図 3.6.3 上エジプトの一般的な夏の作付けパターン
出典：農業統計の重要指標 冬作物、夏作物、ナイル作物、MALR

表 3.6.5 MWRI が利用している標準的な作物の水消費量表

L/s/ha

Crop Type	Crop	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Winter Crops	Wheat	0.236	0.323	0.495	0.446	0.063	0	0	0	0	0	0.044	0.215
	Beans	0.242	0.298	0.445	0.093	0	0	0	0	0	0	0.131	0.221
	Barley	0	0.487	0.289	0	0	0	0	0	0	0	0.441	0.444
	Fenugreek	0.204	0.261	0.267	0	0	0	0	0	0	0	0	0.253
	Lupines	0.196	0.266	0.267	0	0	0	0	0	0	0	0	0.258
	Chick beans	0.204	0.261	0.276	0	0	0	0	0	0	0	0	0.267
	Lentil	0.317	0.351	0.134	0	0	0	0	0	0	0.052	0.185	0.336
	S. Berseem	0.22	0.347	0	0	0	0	0	0	0	0	0.216	0.228
	L. Berseem	0.22	0.347	0.482	0.61	0.489	0	0	0	0	0	0.213	0.224
	Flax	0.355	0.423	0.243	0	0	0	0	0	0	0	0.135	0.243
	W. Onion	0.28	0.368	0.414	0.347	0	0	0	0	0	0	0	0.168
	Garlic	0.105	0.066	0.063	0.054	0	0	0	0.026	0.193	0.351	0.343	0.254
	W. Vegetables	0.105	0.066	0.063	0.054	0	0	0	0.026	0.193	0.351	0.343	0.254
	Others	0.373	0.393	0.243	0	0	0	0	0	0	0	0	0.13
Summer Crops	Cotton	0	0	0.114	0.359	0.59	0.741	0.814	0.382	0.191	0	0	0
	Rice	0	0	0	0	0.019	0.12	1.146	1.296	1.308	0.329	0	0
	Maize	0	0	0	0	0.183	0.586	0.57	0.605	0.135	0	0	0
	Sorghum	0	0	0	0	0.173	0.57	0.827	0.587	0.129	0	0	0
	Soya Beans	0	0	0	0	0.511	0.868	0.792	0.157	0	0	0	0
	Sugarcane	0.174	0.289	0.381	0.475	0.637	0.706	0.764	0.845	0.822	0.613	0.498	0.278
	Sesame	0	0	0	0	0.267	0.478	0.489	0.462	0.335	0	0	0
	Peanut	0	0	0	0	0.444	0.533	1.067	1.245	0	0	0	0
	Onions	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S. Vegetables	0	0	0.082	0.131	0.231	0.64	0.385	0.179	0.17	0.175	0.108	0
	Others	0	0	0	0	0	0	0.131	0.463	0.559	0.478	0.436	0.101
Nili Crops	N. Maize	0	0	0	0	0	0	0.224	0.59	0.691	0.47	0.15	0
	Sorghum	0	0	0	0	0	0	0.215	0.578	0.68	0.458	0.101	0
	N.Vegetables	0	0	0	0	0.019	0.093	0.231	0.358	0.316	0.246	0.181	0
	Gardens	0	0	0.265	0.413	0.426	0.478	0.534	0.605	0.606	0.403	0	0

出典：水資源灌漑省

6) 灌漑効率を推定する上で、取水工や調整堰によって放流された流量以外に考慮しなければならない水利用がある。それは、1）生活用水と工業用水、2）排水の再利用、3）水路から別の水路への供給、4）ナイル川からの供給等である。生活用水と工業用水は灌漑には利用できないことから、取水工や調整堰から放流された水量から差し引くことが必要となる。排水の再利用量については、作物を灌漑したすべての水量を考慮する場合、すなわち全体灌漑効率を推定する際には考慮すべきであるが、代わって、放流された淡水（Fresh Water）のみに対する灌漑効率を求める場合には考慮する必要はない。また、水路から別水路への供給量については、供給側からは差し引き、受け入れ側に加えることとなる。ナイル川からの供給は、供給を受けた水路に加える。これらを、以下の表にまとめる。

表 3.6.6 灌漑以外の水使用、上工水、排水再利用、水路から水路およびナイル川からの供給

Governorate	Domestic + Industry Use, CUM/s	Drainage Reuse, CUM/s		Feeding, CUM/s	
		Bahr Yusef (BY), (a/)	Ibrahimia (IB), (b/)	From BY to IB (c/)	From Nile to IB (c)
Minya	4.98 (1/)	23.02 (3/)	21.80 (1/)	-	-
Beni Suef	2.86 (2/)	11.70 (3/)	35.25 (2/)	4.50 (2/)	2.85 (2/)
Fayoum	8.01 (3/)	17.36 (3/)	0.00	-	-
Sum	15.84	52.08	57.05	4.50	2.85

出典： 1/: Mynia の水資源灌漑局より提供されたポンプ場のデータを基に JICA 調査団が算出。
2/ : Beni Suef の水資源灌漑局より提供されたポンプ場のデータを基に JICA 調査団が算出。
3/: 水資源配水中央局より提供されたデータ。

備考： a/: 排水の再利用については、ポンプオペレーターを含む灌漑局関係者へのヒアリングにより 5 月から 9 月中旬までの年間平均約 4.5 ヶ月間にわたって、再利用が行われているものと仮定している。
b/: ポンプ場のデータに基づく排水再利用量の推定では、1 日の稼働時間を 12 時間とし、5 月初旬から 9 月中旬までの年間合計 4 ヶ月半を稼働期間とした。また、ポンプの効率は、ポンプの摩耗を考慮し、仕様の 80%とした。
c/: ポンプ場のデータに基づく供給量の試算では、1 日の稼働時間を 12 時間とし、5 月上旬から 9 月中旬までの年間合計 4 ヶ月半の稼働を想定した。ポンプ効率は、比較的新しい施設が多いことを考慮し、仕様の 100%とした。

3.6.2 現状の灌漑効率の算定

以上の手順により、総合灌漑効率を算出し、図 3.6.4 および図 3.6.5、また表 3.6.7 と表 3.6.8 にまとめる。なお、1 月は水路の閉鎖期間にあたるため、この月の灌漑効率は算出していない。図 3.6.4 と表 3.6.7 は、排水の再利用を考慮しない淡水に対する灌漑効率であり、図 3.6.5 と表 3.6.8 は、排水の再利用を考慮した灌漑効率を示している。排水の再利用を考慮すると、作物が利用できる水量が多くなるため、灌漑効率は低くなる。その結果、以下のことが判る。

1) Ibrahimia 基幹水路掛かりの灌漑効率は Bahr Yusef 基幹水路のそれよりもやや高い。Bahr Yusef 基幹水路は自然河川に由来し、蛇行する箇所が多いのに対し、Ibrahimia 基幹水路は人工運河であり、非常に直線的な線形を呈している。このような水路形状の違いが、灌漑効率の差となって表れている可能性がある。

2) 排水の再利用を考慮しない淡水に対する灌漑効率は、年平均（2 月～12 月の平均）で Bahr Yusef 基幹水路、Ibrahimia 基幹水路、Bahr Yusef と Ibrahimia 水路全体で 0.560、0.577、0.567 となった。また、最も灌漑効率が高くなる 6 月から 8 月までの夏期の灌漑効率は、Bahr Yusef、Ibrahimia、Bahr Yusef と Ibrahimia 全体でそれぞれ 0.692、0.721、0.705 となった。

3) 排水の再利用を考慮した場合、灌漑効率は年平均（2～12 月の平均）で Bahr Yusef、Ibrahimia、Bahr Yusef と Ibrahimia 全体でそれぞれ 0.505、0.522、0.510 となる。また、最も灌漑効率が高くなる 6～8 月の夏期の灌漑効率は、Bahr Yusef、Ibrahimia、Bahr Yusef と Ibrahimia 全体でそれぞれ 0.515、0.547、0.548 となった。

4) 下図に示すように、5 月、10 月、11 月には、灌漑効率が 0.30 程度までしか上がらない月がある。しかし、これは必ずしもその月の灌漑効率が低いということではなく、夏期と冬期の間の作付けの変化、すなわち実際の農地では夏作物から冬作物へ徐々に推移している可能性があるが、本計算ではそれを十分に反映できないことに起因している可能性がある。また、実際の圃場では混作なども見られるが、このような作物の重なりも十分に反映されていないためである。

5) セクション毎に見ると、ほとんどのセクションでの灌漑効率は似通っているといえるが、セクション 2 の灌漑効率が低く、代わってセクション 1 の灌漑効率が比較的高くなっている。このことは、Sakoula 調整堰地点での放流量が過大評価されている可能性がある。Sakoula 調整堰地点の流量が過大評価されている場合、セクション 1 の利用水量が実際の利用水量よりも少なくなり、結果、セクション 1 の灌漑効率が高くなる。その結果として、セクション 2 の灌漑効率が低く算定されている可能性がある。

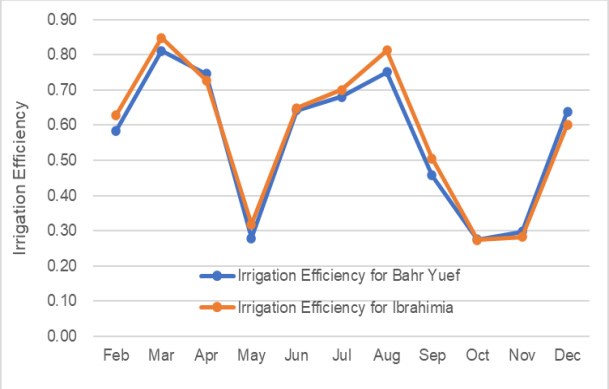


図 3.6.4　淡水に対する Bahr Yusef と Ibrahimia 水路係の総合灌漑効率
出典：MWRI 提供データに基づき JICA 調査団

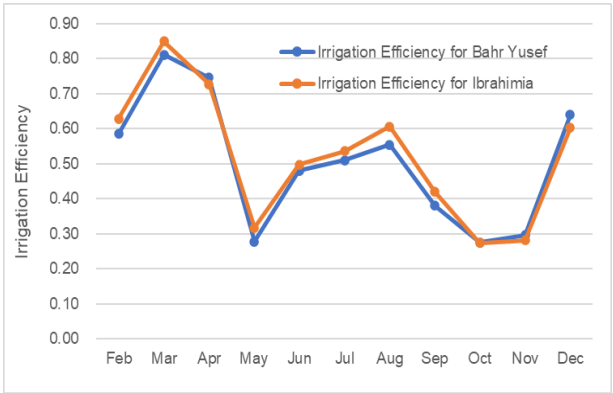


図 3.6.5　排水再利用を考慮した Bahr Yusef と Ibrahimia 水路係の総合灌漑効率(6 月-9 月中旬)
出典：MWRI 提供データに基づき JICA 調査団

表 3.6.7　総合灌漑効率（排水再利用を考慮しない場合、淡水に対する灌漑効率）

Canals	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Avg* (2-12)	Avg** (6-8)
Whole Bahr Yusef	0.585	0.811	0.746	0.278	0.643	0.681	0.751	0.458	0.275	0.297	0.639	**0.560**	**0.692**
Whole Ibrahimia	0.629	0.849	0.727	0.318	0.649	0.700	0.813	0.506	0.274	0.282	0.602	**0.577**	**0.721**
Whole BY + IB	0.605	0.828	0.737	0.297	0.648	0.689	0.778	0.479	0.273	0.289	0.619	**0.567**	**0.705**
Section 1	0.666	0.831	0.699	0.259	0.730	0.700	0.690	0.495	0.341	0.243	0.900	**0.596**	**0.707**
Section 2	0.473	0.732	0.552	0.189	0.384	0.395	0.493	0.386	0.432	0.000	0.000	**0.367**	**0.424**
Section 1 + 2	0.587	0.795	0.643	0.231	0.561	0.556	0.609	0.452	0.367	0.343	0.000	**0.468**	**0.575**
Section 3	0.464	0.668	0.626	0.247	0.567	0.635	0.726	0.376	0.203	0.228	0.435	**0.470**	**0.643**
Section 4	0.683	0.936	0.959	0.355	0.796	0.849	0.919	0.517	0.276	0.316	0.569	**0.652**	**0.855**
Section 3 + 4	0.584	0.818	0.805	0.307	0.695	0.757	0.839	0.456	0.244	0.278	0.513	**0.572**	**0.764**
Section 5 (US of IB)	0.574	0.839	0.649	0.284	0.663	0.689	0.823	0.454	0.270	0.250	0.577	**0.552**	**0.725**
Section 6+7 (MS-DS of IB)	0.698	0.858	0.839	0.362	0.636	0.708	0.796	0.569	0.280	0.327	0.631	**0.609**	**0.713**

備考：*：2 月から 12 月平均を意味する。 **：6 月から 8 月の夏期における灌漑効率を意味する。
出典：MWRI 提供の流量データ、および Sentinel-2 衛星画像データより求めた作付面積をもとに、JICA 調査団が試算

表 3.6.8　総合灌漑効率（排水再利用を考慮した場合、排水再利用を含めた全使用水量に対する灌漑効率）

Canals	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Avg (2-12)	Avg (6-8)
Whole Bahr Yusef	0.585	0.811	0.746	0.278	0.480	0.510	0.554	0.380	0.275	0.297	0.639	**0.505**	**0.515**
Whole Ibrahimia	0.629	0.849	0.727	0.318	0.498	0.536	0.606	0.420	0.274	0.282	0.602	**0.522**	**0.547**
Whole BY + IB	0.591	0.809	0.721	0.292	0.507	0.540	0.598	0.403	0.268	0.283	0.600	**0.510**	**0.548**
Section 1	0.666	0.831	0.699	0.259	0.407	0.408	0.410	0.335	0.341	0.243	0.900	**0.500**	**0.408**
Section 2	0.473	0.732	0.552	0.189	0.269	0.280	0.328	0.282	0.432	0.000	0.000	**0.322**	**0.292**
Section 1 + 2	0.587	0.795	0.643	0.231	0.348	0.354	0.379	0.315	0.367	0.343	0.000	**0.397**	**0.360**
Section 3	0.464	0.668	0.626	0.247	0.496	0.551	0.621	0.347	0.203	0.228	0.435	**0.444**	**0.556**
Section 4	0.683	0.936	0.959	0.355	0.661	0.705	0.757	0.464	0.276	0.316	0.569	**0.607**	**0.708**
Section 3 + 4	0.584	0.818	0.805	0.307	0.590	0.641	0.702	0.414	0.244	0.278	0.513	**0.536**	**0.644**

Canals	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Avg (2-12)	Avg (6-8)
Section 5 (US of IB)	0.574	0.839	0.649	0.284	0.542	0.565	0.657	0.400	0.270	0.250	0.577	**0.510**	**0.588**
Section 6 + 7 (Mid-DS of IB)	0.698	0.858	0.839	0.362	0.459	0.504	0.553	0.438	0.280	0.327	0.631	**0.541**	**0.505**

備考：*：2 月から 12 月平均を意味する。 **：6 月から 8 月の夏期における灌漑効率を意味する。
出典：MWRI 提供の流量データ、および Sentinel-2 衛星画像データより求めた作付面積をもとに、JICA 調査団が試算

3.6.3　計画に用いる灌漑効率

灌漑改善計画を立てる際には、目標灌漑効率を設定するためのベースとなる灌漑効率が必要である。また、調整堰や取水工といった施設の設計においては、通常、最大流量が必要とされることから、この最大流量が発生する夏期の灌漑効率を基準灌漑効率とする。すなわち、6～8 月の夏期の平均灌水効率を計画や設計にあたっての基準灌水効率とする。

次に、灌漑効率には、1）淡水に対する効率と、2）排水の再利用を含む全水利用量に対する効率、の 2 つがある。本計画では、後者の灌漑効率を参照することとする。これは、灌漑効率は、作物が消費した水量と供給された水量の比率で定義され、その水量の水源がどこであるかに関係ないためである（表 3.6.9 参照）。

表 3.6.9　計画や設計で用いる基準の灌漑効率（現状の総合灌漑効率）

Irrigation Efficiency	JICA	Applied in Planning	Remarks
Not Considering Drainage Re-use	0.705	-	淡水だけの利用を考慮
Considering Drainage Re-use	0.548	**Say, 0.55**	淡水に加えて、排水再利用も考慮

出典：JICA 調査団

3.6.4　灌漑水資源省 Planning Sector が算出した灌漑効率との比較

MWRI の Planning Sector は、Fayoum 地区を対象とした Water Accounting Plus in Fayoum, Egypt（October 2020）調査を実施している。この調査では、2010 年の衛星データを参照して、Wapor_V2 モデルにより作物の水消費量を推定している。この研究では、灌漑効率だけでなく、Fayoum 地区全体の水利用効率も推計している。そこで、当該調査で提示されているデータを用いて、以下では灌漑のみの効率を推計する。

表 3.6.10 は、当該調査で提示された Wapor_V2 モデルによる蒸発散量と衛星データによる作付面積から計算した消費水量を示している。衛星データは 2010 年のものであるため、表の 2 行目には 2010 年の Fayoum 地区に Bahr Yusef 水路から供給された水量データを示している。MWRI の配水局から提供された Fayoum 地区の飲料水データおよび排水再利用量から、表 3.6.9 のように、1）排水再利用を考慮しない淡水に対する効率、2）排水再利用を考慮した効率、の 2 ケースで灌漑効率を算出した。

表 3.6.11 に JICA 調査団と Planning Sector による灌漑効率の比較結果を示す。表より年間ベースでの両社の灌漑効率は非常に近い値を示している（差はわずか 4%である）。一方、夏期（6 月～8 月）の灌漑効率は、JICA 調査団算出の灌漑効率が高く、約 21%の差がある。この差は、JICA 調査団の蒸発散量は MWRI の標準作物消費量表を用いており、対する Planning Sector の蒸発散量は Wapor_V2 モデルによることから、両者の蒸発散量の違いに起因するものである。図

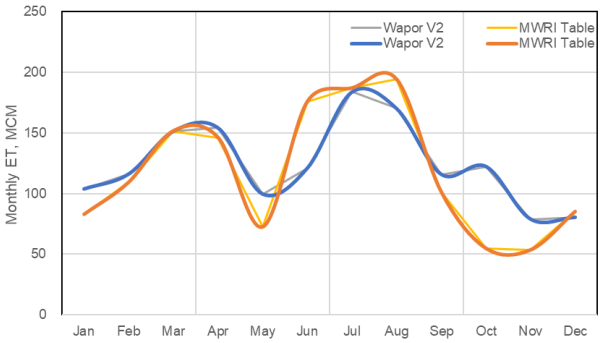


図 3.6.6　JICA 調査団推計と MWRI 灌漑セクターの蒸発散量（作物消費水量）の推計比較
出典：MWRI Crop Consumption Table, Water Accounting Plus in Fayoum

3.6.6 は、両者の蒸発散量を比較したものであるが、6～8 月の夏季には MWRI の標準作物消費量表による蒸発散量が多く、JICA 調査団推計の灌漑効率が高くなることが示唆される。

表 3.6.10 MWRI Planning Sector による Fayoum 地区の灌漑効率の算定

Month	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
ET (Wapor_V2), MCM	116	152	154	100	121	184	170	116	122	79	80	1,394
H.Wassef+Lahoun 2010, MCM	224	224	196	220	259	274	279	238	243	221	195	2,573
Drinking+Industry, MCM	19.38	21.45	20.76	21.45	20.76	21.45	21.45	20.76	21.45	20.76	21.45	231.13
(H.Wassef+Lahoun 2010) - Drink-Industry, MCM	205	203	175	199	238	253	258	217	222	200	174	2,342
Overall IE** (ET/(H.W.+Lah-Drink-Industy))	0.567	0.748	0.880	0.501	0.508	0.728	0.661	0.533	0.552	0.394	0.463	0.595
Average IE for Summer					0.632							
Drainage Re-use, MCM (2,931,241 m3/day)					45	47	47	23				161
(H.Wassef+Lahoun 2010-D-I)+Re-use, MCM	205	203	175	199	283	299	304	240	222	200	174	2,502
Overall IE incl. Re-use	0.567	0.748	0.880	0.501	0.427	0.615	0.560	0.483	0.552	0.394	0.463	0.557
Average IE for Summer, incl. Re-use					0.534							
Ratio of Drainage Re-use	0%	0%	0%	0%	19%	18%	18%	10%	0%	0%	0%	7%

注：ET（蒸発散量）は Water Accounting Plus in Fayoum, Egypt, October 2020 を参照した。H. Wassef 取水工と Lahoun 堰からの Fayoum 地区への供給量は 2010 年のもので、飲料水と工業用水、排水の再利用データ等は MWRI の Water Distribution Section から提供された 2019 年のものである。

表 3.6.11 MWRI Planning Sector と JICA 調査団算出の灌漑効率の比較

Irrigation Efficiency	JICA	Planning Sector	Ratio	Remarks
Against Fresh Water (Annual)	0.572	0.595	96%	
Against Fresh Water (Summer)	0.764	0.632	121%	
Against whole water (Annual)	0.536	0.557	96%	
Against whole water (Summer)	0.644	0.534	121%	

出典：JICA 調査団、Planning Sector of MWRI

3.6.5 MWRI による灌漑効率の考え方、また過大な灌漑効率となる背景（英文には記載しない）

MWRI の一部にはエジプトの灌漑効率につき、非常に高い効率を主張するケースが散見される。上記の Planning Sector が算出した Fayoum 地区における灌漑効率を JICA 調査団算出の灌漑効率と比較すれば、概ね類似した範囲にあるが、MWRI の一部はエジプトにおける灌漑効率は 80～90%と主張する場合もある（ただし、そのような結果につき計算過程を含めて提示はされていない）。

そのため、MWRI 側の灌漑効率の考え方につき、用水の配分に責を有する WDS（Water Distribution Sector）と協議を行ったが、MWRI の灌漑効率の算出手法について明らかとなった以下の 2 点の問題点について述べる。

- ✓ エジプトでは排水を利用して、再度の灌漑、あるいは再々度の灌漑がなされる事例が多い。この時、再度の灌漑、あるいは再々度の灌漑によって新たに作付けが可能となった面積を 2 重計上している。すなわち、面積を過剰に算定しており、高い灌漑効率となる。
- ✓ 今回、衛星画像分析によって作付面積（いわゆる純灌漑面積）を算定している。その結果、実際に作付けされた面積は MWRI の提示する面積よりも 2～3 割ほど小さいことが判った。すなわち、MWRI の灌漑面積は過大であり、そのことが高い灌漑効率につながっている。

1）排水再利用時における作付面積の 2 重計上

エジプトでは用水路の灌漑水（Fresh Water：淡水）を用いて灌漑した後、その灌漑地区から排出される排水を利用して、再度の灌漑、あるいは再々度の灌漑がなされる事例が非常に多い。この時、新たに灌漑された面積が、当初の灌漑予定地区の外側にあれば、追加で作付面積として計上できる。これは、旧耕地（Old Lands）の外側に隣接する新規開拓農地（New Lands）を排水再利用によって灌漑するような場合、妥当な考え方である。例えば、次図に示す模式では、灌漑に使用

された淡水は 100 に対し、排水再利用も含めて作付けがなされた面積は 80 となる。このことから、総合灌漑効率は一例として計算すれば 80%に達する。

しかしながら、排水再利用によって灌漑された面積が当初の面積に含まれている場合（図 3.6.7 では 65 の部分）、作付けされた面積に関し、追加での計上はとうぜん不可となるが、MWRI はこれを追加計上している。ここでは、再度の灌漑によって新たに作付けが可能となった面積は 2 重計上されることとなる。すなわち、面積を過剰に算定しており、高い灌漑効率となる。図 3.6.8 では実際に灌漑された実面積は 65 であるが、簡便的に排水再利用によって灌漑された面積を追加計上して合計の灌漑面積としている。結果、灌漑面積を一例として 80 と報告している。

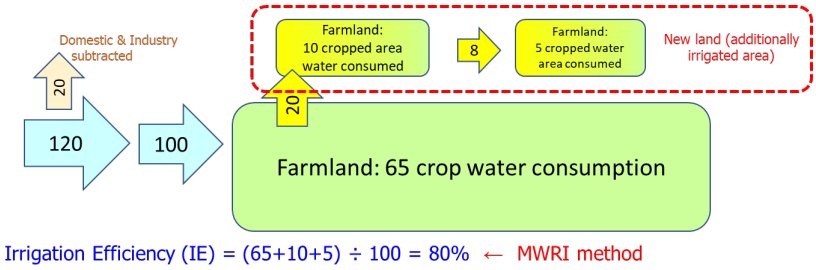


図 3.6.7　MWRI 方式による灌漑効率の算定（排水の新規地区への利用）
出典：MWRI Water Distribution Sector

上記のような場合、本来の灌漑効率は下記の 2 種によって表示されるべきである。すなわち、65%（淡水利用量に対して）、もしくは 51%（全使用量に対して）といった表示がなされるべきである。これらの灌漑効率は、例として MWRI が主張する効率よりも 20%程度低く算出される。

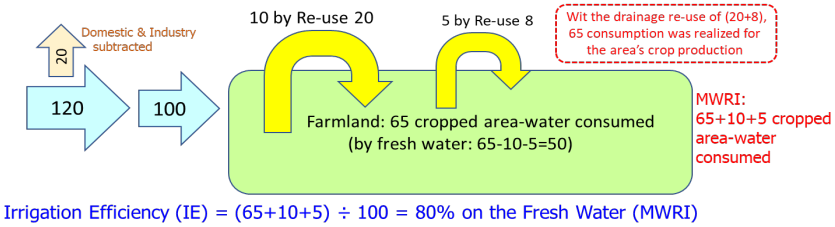


図 3.6.8　MWRI 方式による灌漑効率の算定（排水の同地区内への利用）
出典：MWRI Water Distribution Sector

淡水（Fresh Water）に対して：　Irrigation Efficiency (IE) = (65+0+0) ÷ 100 = 65%
全使用量に対して：　Irrigation Efficiency (IE) = (65+0+0) ÷ (100+20+8) = 51%

2）作付面積（灌漑面積）の過剰見積もり

エジプトにおける灌漑はファラオの時代より以前に始められたことが判っているが、水路や構造物の建設を伴うのは 1800 年代初頭に Mohamed Ali 統治下にて開始され、その後、順次、建設が進んできた。すなわち、現在の MWRI が提示する面積は過去から順次引き継がれてきたものがほとんどである。ちなみに、MWRI 内には Gross 灌漑面積（通常、村、町場、道路等を含む）と Net 灌漑面積（灌漑される純面積、作付された面積）といった区分けはなされていず、単に、Area Served、Service Area と呼称されているのみであり、それは灌漑用水を配水することが必要な面積として取り扱われている。

今回、衛星画像分析を行った結果、作付面積（実際に灌漑された面積）は MWRI が提示している面積よりも 2～3 割ほど小さい事が判った。すなわち、MWRI の灌漑面積、あるいは作付面積は過大であり、これは作物が消費した水量を過大に見積もることから、当然、灌漑効率は大きめに算出される。なお、衛星画像分析による面積については、MWRI 側の提案に基づいて同省内の Planning Sector が求めた面積との比較を下表に示す。

表 3.6.12 MWRI、JICA 調査団、MWRI Planning Sector 算定の灌漑面積

Governorate/ Directorate	MWRI (feddan)	JICA Team* (feddan)	Ratio (MWRI/JICA)	Planning Sec.** (feddan)
Minya	650,000	488,232	133%	489,620
Beni Suef	349,823	290,020	121%	300,790
Fayoum	490,000	376,904	130%	346,640
Total	1,489,823	1,155,156	**129%**	1,137,050 (98.4%***)

備考：*/ 2018-2020 平均、**/ 2021 season、***/ JICA 調査団算出面積との比率

上記の表によると、調査団が算出した面積と Planning Sector が算出した面積は後者が前者の 98.4%と極めて近い（なお、Planning Sector は Sentinel-2 画像につき 2022 年 2 月の 1 シーンのみを対象として分析を行っているが、調査団は月あたり 6 シーンを 3 年間にわたって分析、面積が大きくなる冬場の平均面積を算定している)。上表によると、MWRI が提示している面積は、調査団が衛星画像分析によって算定した面積の 129%にも相当している。

すなわち、実際の面積よりも 1.29 倍の面積にて作付けがなされたという前提で灌漑効率が算定されることになる。模式的に前出の灌漑効率の数値を用いると、当初 80%と算定された灌漑効率は 103%、65%の場合 84%に、そして 51%の場合は 66%に増加することとなる（下記の計算参照)。すなわち、1.29 倍に見積もられている作付面積は総合灌漑効率につき、約 15～23%程度の過大見積もりへとつながる可能性を示唆している。

Irrigation Efficiency (IE) = (65+10+5) ÷ 100 = 80%（**オリジナル**）
Irrigation Efficiency (IE) = (65+10+5) x 1.29 ÷ 100 = 103% (with Area Effect, increased by 129%)

Irrigation Efficiency (IE) = (65+0+0) ÷ 100 = 65% on the Fresh Water（**オリジナル**）
Irrigation Efficiency (IE) = (65+0+0) x 1.29 ÷ 100 = 84% on the Fresh Water (w/ Area Effect)

Irrigation Efficiency (IE) = (65+0+0) ÷ (100+20+8) = 51% on the Overall Water Consumed（**オリジナル**）
Irrigation Efficiency (IE) = (65+0+0) x 1.29 ÷ (100+20+8) = 66% on the Overall Water (w/ Area Affect)

3.7　事業対象地域における農業および農業普及

本節では事業対象地域の農業の現況について述べる。農地の利用や土壌条件、作付体系や生産状況、さらに流通や農業普及の現況についても述べる。なお、本節で述べる作付面積は県（Governorate）ごとにまとめられている農業統計を参照していることから、衛星画像分析を用いた灌漑地区ごとの作付面積の推移については次節に述べている。

3.7.1　農地利用および土壌

1）土地利用

事業対象地域では、居住区や商用地区の拡大、また道路の新設や産業団地の造成などが進んでいるものの、可耕地は事業対象県の約 90%を占めている。表 3.7.1 は、事業対象地域に位置する県下の郡の土地利用を示している。デルタの Kased 幹線水路の起点となる大都市 Tanda を除き、対象幹線水路沿いの県（郡）の可耕地率は 86%から 93%を占めていることが判る。

表 3.7.1 事業対象地域が位置する郡の土地利用

Target Area	Governorate（県）	District（郡）	Land Use (feddan)				
			Arable		Non-arable		Total
Area including Kased Main Canal Service Area	Gharbia	Tanta	57,354	90.4%	6,062	9.6%	63,416
		Tanta (city)	3,058	56.2%	2,386	43.8%	5,444
		Kotor	51,055	93.1%	3,759	6.9%	54,814
	Kafr El Sheikh	Kafr El Sheikh	82,399	93.3%	5,927	6.7%	88,326
		Desouk	63,964	90.4%	6,758	9.6%	70,722
	Total		257,830	91.2%	24,892	8.8%	282,722
Area including Bahr Yusef and Ibrahimia Canal Service Area	Fayoum	All	404,861	91.7%	36,466	8.3%	441,327
	Giza	All	290,426	86.7%	44,409	13.3%	334,835
	Beni Suef	All	284,882	88.1%	38,407	11.9%	323,289
	Minya	All	526,504	90.3%	56,799	9.7%	583,303
	Total		1,506,673	89.5%	176,081	10.5%	1,682,754

出：Bulletin of Agricultural Boundaries and Properties 2017, July 2017, CAPMAS

2）農地所有

エジプトにおける均分相続 [1]による農地の細分化が農業生産および農地零細化による貧困の課題となっている。対象県（郡）での 1 feddan（0.42ha）未満の農地所有者の割合は、約 50%から 70%近くを占める（図 3.7.1 参照）。例えば、Kased 地区が位置する県（郡）では、3 feddan（1.26ha）未満の農地所有者割合が 89%にも達する。Bahr Yusef 基幹水路および Ibrahimia 基幹水路に関係する県においても、3 feddan 未満の農地所有者割合は 80%以上に達している。

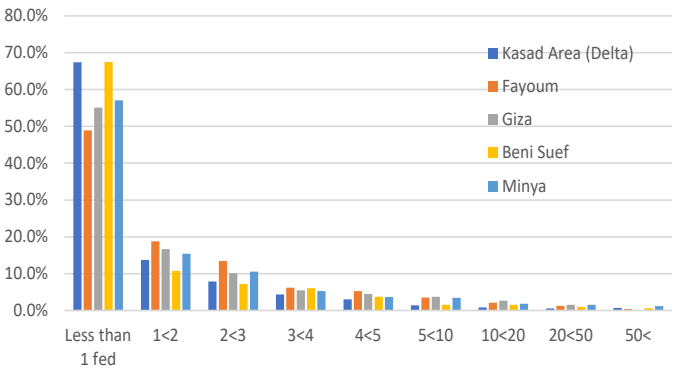


図 3.7.1 規模別農地所有者割合
出典：Bulletin of Agricultural Boundaries and Properties 2017

農地所有者には、自らは耕作せず土地を貸し出す所有者もあり、所有者の規模別割合と耕作者の規模別割合は異なってくる。借地のデータは存在しないものの、エジプト農村における農家（生産者）のほとんどが小規模農家であると考えられる（農業土地開拓省（MALR）では小規模農家を 3 feddan 未満と定義している）。それゆえ、近代灌漑の導入に際しては、小規模営農の観点からの

[1] エジプトでは親族の男性の相続人が女性の倍の面積を相続する。

技術的、経済的実施可能性を考慮する必要がある。

規模別農地所有者数による累積面積をみると、デルタの Kased 地区と Fayoum 県、Giza 県および Beni Suef 県では、3 feddan 未満の農地所有者が所有する農地は、全体の 40%から 50%となる。一方、Minya 県ではそれが 26%と占める割合が小さい（図 3.7.2 参照）。近代灌漑を農地全体に導入していくためには、多くの小規模農家を巻き込んでいく必要が示唆される。換言すれば、比較的大規模な農家のみに近代灌漑を導入するのであれば、農地全体の半分強までしかカバーできないということになる。

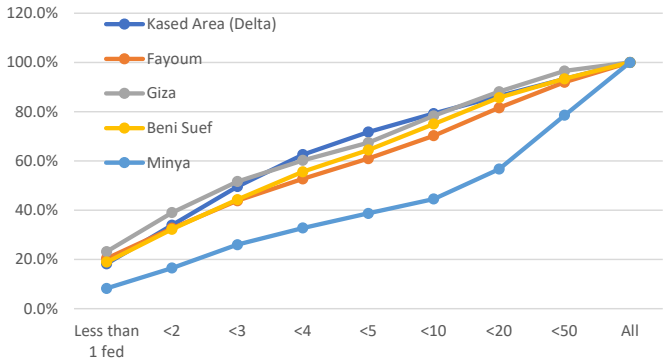


図 3.7.2 規模別農地所有者数による累積農地面積
出典：Bulletin of Agricultural Boundaries and Properties 2017

3） 土壌特性 [2]

事業対象地域は、旧耕地（Old Lands）と呼ばれるナイル渓谷とナイルデルタ地域に位置する。旧耕地の土壌は沖積土（粘土およびローム質）である。"Legend of the Soil Map of the World (UNESCO, 1974)"によると、デルタおよびナイル渓谷土壌は、Calcaric Fluvisols (Jc)に分類され（図 3.7.3 参照）、これは石灰質土壌であり、土壌表面から少なくとも 20cm から 50cm の間に分布している。

表 3.7.2 は、エジプト各地域の様々なタイプの土壌の物理的・化学的特性をサンプル調査した結果の平均値を示すものである。FAO（2005）の記述によると、有機物含有量が低く、従い総窒素濃度も低い。沖積土（粘土及びローム質）において、Olsen's method により決定される利用可能リンの含有量は一般的に中程度である。酢酸アンモニウムの中性溶液で抽出した利用可能な（水溶性および交換可能性）カリウム含有量は高いと示唆される。これがほとんどのエジプトの沖積土の典型的な特性である。微量栄養素は DTPA method により限界危険度以上は存在している。利用可能なリン、カリウムおよび微量栄養素のレベルは、石灰質および砂質土壌においては相当に低い [3]」と評価されている。

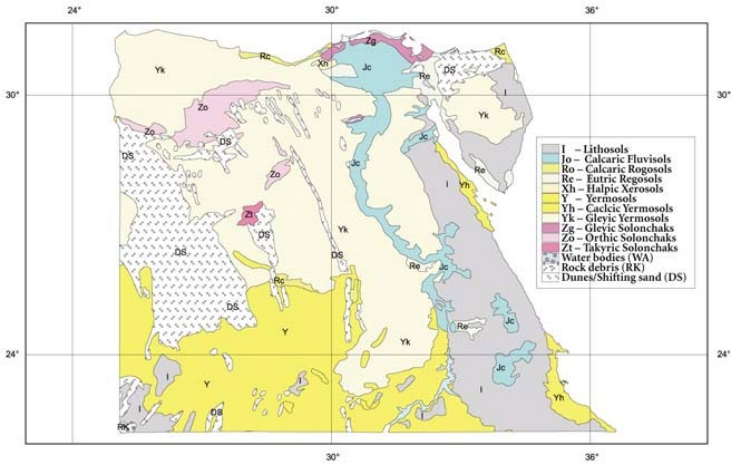


図 3.7.3 エジプトの土壌特性分布
出典：DSMW-FAO-UNESCO, quoted from "Fertilizer use by crop in Egypt", FAO 2005

[2] Fertilizer use by crop in Egypt, Land and Plant Nutrition Management Service, Land and Water Development Division, FAO, Rome, 2005 を参照。

[3] "Fertilizer use by crop in Egypt", Land and Plant Nutrition Management Service, Land and Water Development Division, FAO, Rome, 2005

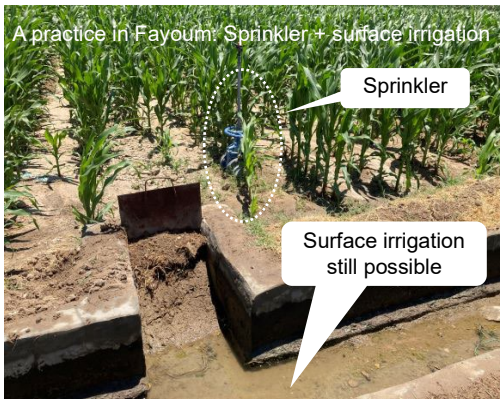
表 3.7.2 様々な土壌タイプの物理的・化学的分析

Region	North Delta	South Delta	Upper Egypt	East Delta	West Delta
Texture	Clayey	Clayey	Loamy clay	Sandy	Calcareous
PH	7.9-8.5	7.8-8.2	7.7-8.0	7.6-7.9	7.7-8.1
Percent total soluble salts	0.2-0.5	0.2-0.4	0.1-0.5	0.1-0.6	0.2-0.6
Percent calcium carbonate	2.6-4.4	2.0-3.1	2.6-5.3	1.0-5.1	11.0-30.0
Percent organic matter	1.9-2.6	1.8-2.8	1.5-2.7	0.35-0.8	0.7-1.5
Total soluble N (ppm)	25-50	30-60	15-40	10-20	10-30
ppm available P (Olsen)	5.4 -10	3.5-15.0	2.5-16	2-5.0	1.5-10.5
ppm available K (amm. acetate)	250-500	300-550	280-700	105-350	100-300
Available Zn (DTPA) (ppm)	0.5-4.0	0.6-6.0	0.5-3.9	0.6-1.2	0.5-1.2
Available Fe (DTPA) (ppm)	20.8-63.4	19.0-27.4	12.4-40.8	6.7-16.4	12-18
Available Mn (DTPA) (ppm)	13.1-45	11.2-37.2	8.2-51.6	3-16.7	10-20

出典：Taha, Soil fertility management in Egypt. Regional Workshop on Soil Fertility Management Through Farmer Field Schools in the Near East, Amman, Jordan, 2-5 October 2000.

塩類集積は特にナイルデルタの北部で課題となっている。近代灌漑の旧耕地への導入促進は、この塩類集積の問題を悪化させる可能性もあることから、EU による Water STARS プロジェクト[4]では、近代灌漑導入による塩類集積問題を調査している。この調査の主要な提言を下記に整理する。このような課題を踏まえて、Fayoum 県では定期的な表流水灌漑を実施している地区も存在しているが、近代圃場灌漑施設の導入後も表流水灌漑が実施可能な施設を設けることが望ましい。

- ✓ 土壌塩分は近代灌漑導入後に増加すると想定される。このため、土壌中塩分のモニタリングメカニズムと、塩分に伴う必要な浸出量の算定および浸出の様式について適切に設計・運用することが必要である。
- ✓ 断続的な浸出に合わせた石膏の投与が、エジプトで塩害のある土壌を開拓する際の通常の方法である。
- ✓ 作付けのローテーションで 2 年以上コメを作付けすることが推奨される。これが不可能な場合、定期的な表流水灌漑の実施（塩類の洗脱）が推奨される。
- ✓ 表流水灌漑実施のため、Meska や Marwa の改良ではパイプライン化だけではなく、塩分洗脱のため表流水灌漑も設計に考慮することが推奨される（右写真は Fayoum における事例）。
- ✓ 浸出による塩類を農地から排出するために排水システムも近代化すべきである。制御可能な排水施設は新しい方法の一つである。この方法は、必要な浸出を実施すると同時に節水できる可能性もある。



3.7.2 作付け体系および生産

1）対象地域の作付け体系

エジプトでは夏作（3 月/4 月から 9 月）、冬作（11 月から 5 月）およびナイル作（5 月から 10 月）の 3 作期に分類される。夏作と冬作が主要な作期であり、ナイル作期での作付面積は小規模である。この他に果樹等の永年作があるが、サトウキビと綿花は、エジプトの統計では永年作に分類されている。

[4] “EU Water Sector Technical Assistance and Reforms Support (EU Water STARS), Irrigation Modernization in the Nile Delta and Valley, December 2020”

農業土地開拓省（MALR）が作成している農業統計年報を整理して、事業対象地域が位置する県の現況作付け体系の作成作業を行う。下記に現況作付け体系作成の手順を示す。

- ✓ MALR 発行の農業作物統計（Bulletin of Important Indicators of the Agricultural Statistics Winter Crops, Summer and Nile Crops, MALR が毎年発行）を整理する。同統計書は県別のデータまで公表されているので、県別作物別にデータを整理する。
- ✓ MALR が類型化している作物種別に基づいて、冬作、夏作、ナイル作（夏秋作）[5]、および永年作毎にそれぞれ代表される作物、品目毎に、公刊されている統計書の直近 5 か年、2010/11 年から 2015/16 年の平均作付面積を計算する（2015/16 年は、2015 年秋から 2016 年春までの冬作の作付面積となる）。
- ✓ Bahr Yusef 基幹水路および Ibrahimia 基幹水路の受益は、Giza 県、Beni Suef 県、Fayoum 県および Minya 県の旧耕地の統計値を用いる。また、中央デルタの Kased 幹線用水路については、導水路がかかる Gharbia 県と Kafr El Sheik 県の旧耕地の統計値を整理する。

作物別作期に基づいて、現況の作付け体系を下表、および下図に示す。Bahr Yusef 基幹水路および Ibrahimia 基幹水路の位置する上エジプト地域では、夏作はメイズが主体で稲作はほとんど行われていない。特に近年では、節水のため政府が米の減反政策の徹底化を図っており、上エジプト地域では稲作が禁じられるに至っている。図 3.7.4 および図 3.7.5 に示すように、上エジプト対象県およびデルタ対象県の作付率は、各々196%および 200%と高い。

上エジプトの冬作は小麦と牧草（Berseem）が主体である。園芸作物は夏作が 13%、冬作が 11%を占めている。上エジプトはサトウキビの栽培が盛んであるが、近年は水消費量の多いサトウキビからテンサイへの転換が奨励されており、上エジプトでもテンサイの作付けが伸びている。上記上エジプト 4 県での 2003/04 年のテンサイの作付面積は 11,490 feddan（4,825ha）であったが、2015/16 年には 85,847feddan（36,055ha）と、12 年で 7 倍以上の作付け増となっている。

[5] ナイル作（Nile Season）は、エジプト独自の作期で夏秋作。夏の遅い時期から秋季にかけて作付けされる時期。

表 3.7.3 上エジプト 4 県の作付け面積（2010/11 から 2015/16 の平均）

Governorate	Cropped Area (fed) and Share (%) in Winter Season													
	Wheat		L. Berseem		Sugar beet		Legums		Vegetables		Other crops		Total	
Giza	31,790	21%	41,678	28%	528	0%	1,999	1%	61,914	42%	9,980	7%	147,888	100%
Beni Suef	126,640	53%	38,347	16%	27,165	11%	245	0%	34,335	14%	11,889	5%	238,621	100%
Fayoum	193,378	50%	91,935	24%	32,234	8%	1,134	0%	29,954	8%	37,408	10%	386,043	100%
Minya	215,651	63%	83,810	24%	19,921	6%	890	0%	14,631	4%	9,300	3%	344,203	100%
Total	**567,459**	**51%**	**255,769**	**23%**	**79,847**	**7%**	**4,268**	**0.4%**	**140,835**	**13%**	**68,577**	**6%**	**1,116,754**	**100%**
	Cropped Area (fed) and Share (%) in Summer Season													
	Rice		Maize		Sorghum		Oil Crops		Vegetables		Other Crops		Total	
Giza	0	0%	45,783	35%	814	1%	5,211	4%	52,542	40%	25,891	20%	130,240	100%
Beni Suef	1,149	1%	168,334	86%	4,026	2%	5,882	3%	8,190	4%	8,991	5%	196,573	100%
Fayoum	1,423	0%	119,137	40%	113,659	38%	6,095	2%	16,335	6%	40,047	13%	296,695	100%
Minya	0	0%	281,994	80%	10,786	3%	31,410	9%	25,698	7%	4,659	1%	354,546	100%
Total	**2,572**	**0.3%**	**615,248**	**63%**	**129,284**	**13%**	**48,598**	**5%**	**102,765**	**11%**	**79,588**	**8%**	**978,055**	**100%**
	Cropped Area (fed) and Share (%) in Nile Season													
	Maize		Sorghum		Vegetables		Other Crops		Total					
Giza	19,360	38%	0	0%	24,163	47%	7,591	15%	51,114	100%				
Beni Suef	35,677	85%	1,667	4%	2,177	5%	2,473	6%	41,994	100%				
Fayoum	37,946	61%	239	0%	17,430	28%	6,657	11%	62,272	100%				
Minya	0	0%	0	0%	37,341	100%	109	0%	37,450	100%				
Total	**92,983**	**48%**	**1,906**	**1%**	**81,112**	**42%**	**16,829**	**9%**	**192,830**	**100%**				
	Cropped Area (fed) and Share (%) of Perennial Crop													
	Sugar cane		Cotton		Fruit trees		Total							
Giza	1,704	4%	0	0%	37,387	96%	39,091	100%						
Beni Suef	387	2%	4,880	25%	14,391	73%	19,657	100%						
Fayoum	478	1%	47,928	70%	20,437	30%	68,843	100%						
Minya	37,200	53%	487	1%	32,058	46%	69,745	100%						
Total	**39,768**	**20%**	**53,296**	**27%**	**104,273**	**53%**	**197,337**	**100%**						

出典：Bulletin of Important Indicators of the Agricultural Statistics Winter Crops, Summer and Nile Crops, MALR

表 3.7.4 デルタ 2 県の作付け面積（2010/11 年から 2015/16 年の平均）

Governorate	Cropped Area (fed) and Share (%) in Winter Season													
	Wheat		L. Berseem		Sugar beet		Legums		Vegetables		Other crops		Total	
Garbia	152,986	46%	94,692	29%	13,423	4%	1,496	0%	59,750	18%	9,333	3%	331,680	100%
Kafr El Sheikh	235,303	45%	97,377	19%	129,183	25%	14,867	3%	10,957	2%	32,993	6%	520,680	100%
Total	**388,289**	**46%**	**192,069**	**23%**	**142,606**	**17%**	**16,363**	**1.9%**	**70,707**	**8%**	**42,326**	**5%**	**852,360**	**100%**
	Cropped Area (fed) and Share (%) in Summer Season													
	Rice		Maize		Sorghum		Oil Crops		Vegetables		Other Crops		Total	
Garbia	136,285	43%	66,276	21%	0	0%	193	0%	40,134	13%	77,134	24%	320,023	100%
Kafr El Sheikh	271,863	60%	70,496	16%	0	0%	504	0%	70,130	16%	36,996	8%	449,990	100%
Total	**408,149**	**53.0%**	**136,772**	**18%**	**0**	**0%**	**698**	**0%**	**110,264**	**14%**	**114,130**	**15%**	**770,013**	**100%**
	Cropped Area (fed) and Share (%) in Nile Season													
	Maize		Sorghum		Vegetables		Other Crops		Total					
Garbia	19,246	53%	0	0%	1,685	5%	15,582	43%	36,513	100%				
Kafr El Sheikh	3,914	98%	0	0%	74	2%	0	0%	3,988	100%				
Total	**23,160**	**57%**	**0**	**0%**	**1,758**	**4%**	**15,582**	**38%**	**40,500**	**100%**				
	Cropped Area (fed) and Share (%) of Perennial Crop													
	Sugar cane		Cotton		Fruit trees		Total							
Garbia	1,181	3%	12,018	30%	27,203	67%	40,401	100%						
Kafr El Sheikh	154	0%	79,568	88%	10,518	12%	90,239	100%						
Total	**1,334**	**1%**	**91,585**	**70%**	**37,721**	**29%**	**130,640**	**100%**						

出典：Bulletin of Important Indicators of the Agricultural Statistics Winter Crops, Summer and Nile Crops, MALR

Kased 幹線水路の位置する中央デルタでは、夏作は稲作が主体となっている、特に下流側の Kafr El Sheik 県は、米生産量がエジプトで最大の県である。冬作は、上エジプトと同様小麦と牧草が主体であるが、デルタでも水消費量の高いサトウキビからテンサイへの転換が早くから進められ、冬作に占めるテンサイの栽培面積も 17%を占める規模となっている。園芸作は、冬作と夏作で各々 8%および 14%となっている。

Season	Crop Intensity	Crop	Area (fed)	CI	Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
Winter	88%	Wheat	567,459	51%	
		Long berseem	255,769	23%	
		Sugar beet	79,847	7%	
		Legums	4,268	0.4%	
		Vegetables	140,835	13%	
		Other crops	68,577	6%	
		Winter Total	1,116,754	100%	
Summer	77%	Rice	2,572	0.3%	
		Maize	615,248	63%	
		Sorghum	129,284	13%	
		Oil crop	48,598	5%	
		Vegetables	102,765	11%	
		Other crops	79,588	8%	
		Summer Total	978,055	100%	
Nile	15%	Maize	92,983	48%	
		Sorghum	1,906	1%	
		Vegetables	81,112	42%	
		Other crops	16,829	9%	
		Nile Total	192,830	100%	
Permanent	16%	Sugar cane	39,768	20%	
		Cotton	53,296	27%	
		Fruit trees	104,273	53%	
		Permanent Total	197,337	100%	
Grand Total	196%		2,484,976		
Cultivated area (fed)			1,268,321		Average: 2011/12 - 2015/16

図 3.7.4 上エジプト（旧耕地）4 県の現況作付体系

出典：JICA 調査団作成の表 3.7.4 から作成

Season	Crop Intensity	Crop	Area (fed)	CI	Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
Winter	95%	Wheat	388,289	46%	
		Long berseem	192,069	23%	
		Sugar beet	142,606	17%	
		Legums	16,364	2%	
		Vegetables	70,706	8%	
		Other crops	42,326	5%	
		Winter Total	852,360	100%	
Summer	86%	Rice	408,149	53%	
		Maize	136,772	18%	
		Oil crop	698	0.1%	
		Vegetables	110,264	14%	
		Other crops	114,130	15%	
		Summer Total	770,013	100%	
Nile	5%	Maize	23,160	57%	
		Vegetables	1,758	4%	
		Other crops	15,582	38%	
		Nile Total	40,500	100%	
Permanent	15%	Sugar cane	1,334	1%	
		Cotton	91,585	70%	
		Fruit trees	37,721	29%	
		Permanent Total	130,640	100%	
Grand Total	200%		1,793,513		
Cultivated area (fed)			895,894		Average: 2011/12 - 2015/16

図 3.7.5 デルタ（旧耕地）2 県の現況作付体系

出典：JICA 調査団作成表 3.7.5 から作成

コメに関しては、水消費量が大きいため政府の作付け制限が非常に厳しくなってきており、コメの作付面積は近年急激に減少している。Kased 地区における 2022 年のコメ作付け規制は、Kased 幹線水路掛かり面積の 10%にまで制限されている。この規制条件を考慮し、デルタ地域における現況作付体系は、コメの作付率を 10%とし、図 3.7.5 に示すコメ作付け率の残りを他の作物にそれぞれの作付率に応じて按分し、全体の作付率が変わらないように調整する。調整した Kased 幹線水路掛かりの現況で想定される作付け体系を表 3.7.5 および図 3.7.6 に示す。

表 3.7.5 Kased 幹線水路掛かりの作付け面積（コメの作付面積調整後）

Governorate	Cropped Area (fed) and Share (%) in Winter Season													
	Wheat		L. Berseem		Sugar beet		Legums		Vegetables		Other crops		Total	
Garbia	152,986	46%	94,692	29%	13,423	4%	1,496	0%	59,750	18%	9,333	3%	331,680	100%
Kafr El Sheikh	235,303	45%	97,377	19%	129,183	25%	14,867	3%	10,957	2%	32,993	6%	520,680	100%
Total	**388,289**	**46%**	**192,069**	**23%**	**142,606**	**17%**	**16,363**	**1.9%**	**70,707**	**8%**	**42,326**	**5%**	**852,360**	**100%**
	Cropped Area (fed) and Share (%) in Summer Season													
	Rice		Maize		Sorghum		Oil Crops		Vegetables		Other Crops		Total	
Garbia	25,711	7%	128,337	34%	0	0%	408	0%	74,977	20%	149,162	39%	378,595	100%
Kafr El Sheikh	51,290	13%	136,508	35%	0	0%	1,063	0%	131,014	33%	71,543	18%	391,418	100%
Total	**77,001**	**10%**	**264,845**	**34%**	**0**	**0%**	**1,471**	**0%**	**205,991**	**27%**	**220,705**	**29%**	**770,013**	**100%**
	Cropped Area (fed) and Share (%) in Nile Season													
	Maize		Sorghum		Vegetables		Other Crops		Total					
Garbia	19,246	53%	0	0%	1,685	5%	15,582	43%	36,512	100%				
Kafr El Sheikh	3,914	98%	0	0%	74	2%	0	0%	3,988	100%				
Total	**23,160**	**57%**	**0**	**0%**	**1,758**	**4%**	**15,582**	**38%**	**40,500**	**100%**				
	Cropped Area (fed) and Share (%) of Perennial Crop													
	Sugar cane		Cotton		Fruit trees		Total							
Garbia	1,181	3%	12,018	30%	27,203	67%	40,401	100%						
Kafr El Sheikh	154	0%	79,568	88%	10,518	12%	90,239	100%						
Total	**1,334**	**1%**	**91,585**	**70%**	**37,721**	**29%**	**130,640**	**100%**						

Cultivated Area:	895,894 fed
Cropping Intensity:	200 %

出典：Bulletin of Important Indicators of the Agricultural Statistics Winter Crops, Summer and Nile Crops, MALR

Season	Crop Intensity	Crop	Area (fed)	CI
Winter	95%	Wheat	388,289	46%
		Long berseem	192,069	23%
		Sugar beet	142,606	17%
		Legums	16,364	2%
		Vegetables	70,706	8%
		Other crops	42,326	5%
		Winter Total	852,360	100%
Summer	86%	Rice	77,001	10%
		Maize	264,845	34%
		Oil crop	1,471	0.2%
		Vegetables	205,991	27%
		Other crops	220,705	29%
		Summer Total	770,013	100%
Nile	5%	Maize	23,160	57%
		Vegetables	1,758	4%
		Other crops	15,582	38%
		Nile Total	40,500	100%
Permanent	15%	Sugar cane	1,334	1%
		Cotton	91,585	70%
		Fruit trees	37,721	29%
		Permanent Total	130,640	100%
Grand Total	200%		1,793,513	
Cultivated area (fed)			895,894	

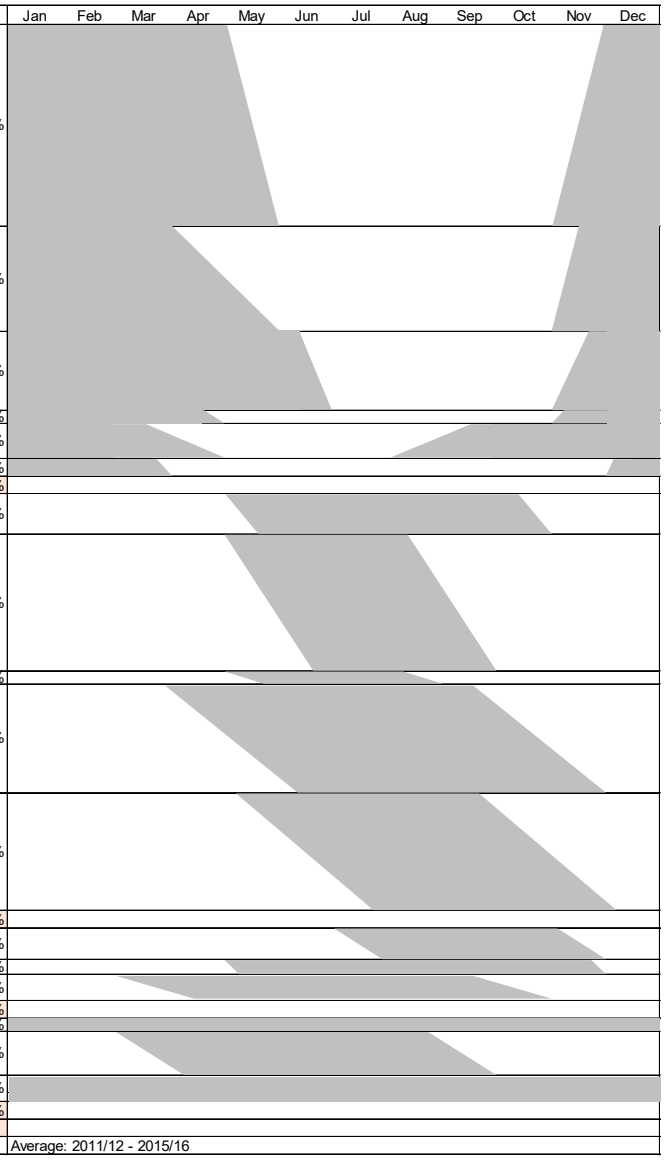


図 3.7.6 Kased 幹線水路掛かりの現況作付体系（コメの作付面積調整後）

出典：JICA 調査団作成表 3.7.6 から作成

2）対象地域の主要作物の生産性

一般的に、エジプトの作物生産性は、世界の平均と比べて非常に高い。これは、灌漑用水が確保され降雨がないことにより日照や温度条件が良いことによる（表 3.7.6 参照）。対象地域が位置する県の単収レベルはまちまちである。いくつかの作物は国家平均を上回る単収レベルにある。エジプトの生産性は非常に高いが、対象地域の農家で特に水路の下流側に位置する農家はたびたび水不足に見舞われており、従い十分な用水が行き渡れば、さらに生産性を上げられるポテンシャルがある。

表 3.7.6 旧耕地における主要作物の単収と世界平均との比較（単位：トン/ha）

Crop	Giza	Beni Suef	Fayoum	Minya	Gharbia	Kafr El Sheikh	Egypt	World
Wheat	7.10	6.38	6.88	6.79	6.88	6.40	6.81	3.32
Maize	8.05	7.57	6.40	8.00	8.67	8.55	7.79	5.50
Rice (Paddy)	-	-	-	-	8.60	9.38	9.48	4.57
Garlic	21.83	17.19	22.14	27.26	17.93	9.52	21.26	18.00
Onion	27.69	35.48	31.74	39.43	37.21	33.90	35.07	20.72
Summer Potato	23.57	23.05	-	20.24	33.69	39.31	28.86	20.26
Sugar beet	56.83	48.29	70.67	71.07	60.71	42.98	47.76	57.13
Winter Tomato	49.38	37.02	43.26	40.45	22.36	40.12	45.31	36.59
Summer Tomato	46.67	42.69	30.19	42.40	41.07	40.55	39.95	36.59

出典: Bulletin of Important Indicators of the Agricultural Statistics Winter Crops, Summer and Nile Crops, MALR; World data from FAOSTAT
備考：上記反収は 2015 年データである（小麦は 2014 年データ）。また、単位はトン/ha である。

3.7.3 主要作物の流通

1）穀類

小麦およびメイズは各々冬作および夏作の重要な作物で、エジプトの主食であるアエイシ（パン）の原料である。メイズ粉は小麦粉と混合されて製パンに使われていたが、近年ではむしろメイズは家畜飼料として利用されている。コメもエジプトでは主要な主穀であり、もっぱらナイルデルタで栽培されている。エジプトの農産物流通は自由化されているが、節水の観点から政府はコメの生産や輸出を規制している。

エジプトは世界で第 2 位から 3 位の小麦輸入国であり、消費量の 40%以上を輸入に依存している。政府は、毎年小麦の作期前に生産者買取価格を提示しており、農家はこの価格インセンティブにより農地の主要面積を小麦作に充てようと動機づけられる。このように小麦は食料安全保障上の戦略作物として政府が生産をコントロールしようとしている。

小麦の流通に関しては、政府系金融機関である農業銀行（ABE）が主要な役割を果たしており、生産者からの小麦買取、貯蔵、製粉工場への売り渡しを担っている。民間の流通業者も小麦売買に参入している。かつて農家は村落農協および県主要作物専門農協に出荷していたが、MALR は制度改革により ABE 村支所への出荷を強化している。ABE は小麦の貯蔵施設を有しているが、収穫から製粉工場への出荷まで 3～4 ヶ月間は青空貯蔵であることから品質劣化が発生すると見られる。

農村には小型の製粉所があり、農家は住居に貯蔵している小麦を製粉所で賃摺りし、家庭でアエイシを焼くことが多い。生産農家が土地なし住民に販売することもある。国内流通供給省は、大規模な製粉工場とサイロを有しており、流通業者はこれら大規模施設に小麦を搬送する。搬送先施設の選択は自由である。

アエイシの消費者は補助者と非補助者に分類される。認定された補助者は社会連帯省（Ministry

of Social Solidarity）に登録され、補助金により安価に販売されるアエイシの販売店で安価なアエイシを購入することがきる（図 3.7.7 参照）。

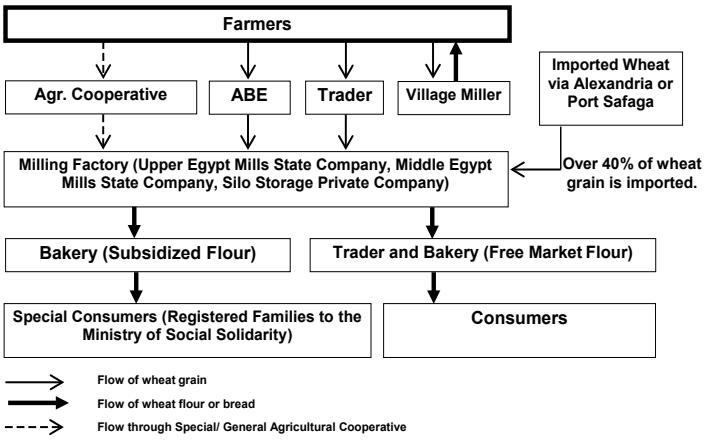


図 3.7.7 小麦の流通経路
出典：JICA 調査団

2）園芸作物（青果物）

青果物の流通は卸売を核とした流通網が形成されている。また各県にはニンニク、タマネギ等の農産加工施設、ジャガイモの保冷庫、果物の選別・予冷施設、漬物工場等を運営する業者が分布しており、これら農産物流通に関与している。本事業の実施により園芸作物の生産が増大する際には、基本的に以下の流通形態に沿って農家は市況をみながら作物を出荷していくことになる。

ナイル沿いの可耕地は南北に長く、緯度の違いによって収穫期が異なり、作物の出荷時期が長期に亘る特徴がある。各県の県都には、通常、県が運営する大規模な卸売市場が設置されており、卸売市場には敷地（ロット）と倉庫が用意され、卸売業者に提供される。卸売業者は携帯電話で仲買人に連絡を取り、近日中の取引量や市場価格を想定して青果物の荷受け量や価格を決めている。

エジプトでは“Shona” または “Wekala”と呼ばれる卸売業者がおり、一時的な卸売市場を設営して取引を行っている。この市場は、通常、収穫後の農地を利用して設営される。周辺農家がある特定の青果物の収穫物をこの一時的に設営された市場に持ち寄り、集まった仲買人がセリを行う。仲買人は全国に青果物を搬送していく。

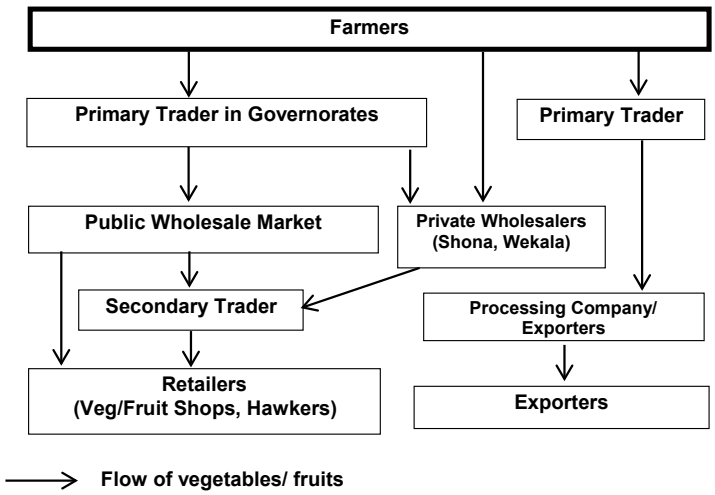


図 3.7.8 青果物の流通経路
出典：JICA 調査団

輸出に関しては、品質確保の面から独自の流通経路が成立している。仲買人は、農家から生産物を選別し、農産加工業者や輸出業者に販売する。輸出農産物はブドウ（生食用）、ザクロ（生食用）、タマネギ（乾燥粉）等多岐にわたる。こういった果物など輸出産品は、村や郡レベルで産地を形成することも多い（図 3.7.8 参照）。

3.7.4 農業普及サービス

農業普及サービスは、MALR の農業普及局が管轄である。農業普及局は、MALR 配下の農業研究所（ARC）と協力して、ARC により開発された栽培技術や作物の新品種を、普及員を通じて農家に伝達している。MALR 普及局への聞き取りによると、農業普及員の高齢化が主要な課題であり、普及員定年後に新規の普及員採用がなく普及員の総数が減少している状況にある。現在の普及員総数は 1,600 人を下回っている。砂漠地帯の県や都市部を除いても、1 県当りの普及員数は 90

人程度に過ぎない。農地所有者が約 499 万人[6]とされることから、普及員一人当たりの対象農地所有者は約 3,000 人にも上る。

農業普及員は、知識や技術を長年の業務経験や研修の受講から蓄積しているが、これらの資産が普及員の定年によって農村から失われつつある。それにもかかわらず、近代灌漑の導入促進には農業普及員の役割は不可欠である。県の下の行政区である郡レベルには農業普及センターが設置されており、農業普及員が農家への研修を実施している。表 3.7.7 に対象県下の郡に設置されている農業普及センターの数を示す。各郡に 1 か所または複数のセンターが設置されている。また、村レベルでは、各村に設立されている農業協同組合に普及員が配置されている。

表 3.7.7 事業対象地域の農業普及センター数

Ibrahimia & Bahr Yusef 基幹水路掛かり地域						Kased 幹線水路掛かり地域			
Minya		Beni Suef		Fayoum		Gharbiya		Kafr El Shake	
郡	No.	郡	No.	郡	No.	郡	No.	郡	No.
El-Edwa	1	El Wasta	1	El Fayoum	2	Tnata	4	Desouk	3
Maghagha	1	Beba	1	Sanors	1	Kotor	2	Kafr El Shake	5
Beni Mazar	1	Beni Suef	1	Yousef Sedek	3				
Matai	1	Semesta	1	Tamya	1				
Samalout	1	Naser	2	Ebshoaye	2				
El-Minya	1	El Fashen	1	Etsa	1				
Abokorkus	1	Ehnasya	2						
Mallawi	1								
Total	8	Total	9	Total	10	Total	6	Total	8

出典：MALR（表に示す数値は事業対象地域が位置する県、郡内のデータである）

3.7.5 農業協同組合

エジプトにおける農業協同組合は、1910 年に最初の農業協同組合が設立され、その出発点は農民の互助組織であった。その後、1950 年代から 1960 年代に、政府の農業生産計画を実施するエージェントとして農民を管理する機関に編成された。農民は、農協の指示に従うことで取引費用を節約でき、また農協を通じた供出・販売により、販売リスクを回避することができたが、生産から販売まですべて農協の管理下にあった。そのため、農民自らが生産拡大に取り組むインセンティブは希薄となった[7]。

1980 年代後半から生産・流通の自由化が進められ、農家は自由に作付けを決定し、民間流通業者に生産物を販売するようになった。このような流れの中で、今日の農協は、一部の投入資材の流通と農地の管理といった業務を実施している（農地所有者は基本的に組合員として農協に加入している）。なお、農協は ARC により導入された穀物種子、農薬や肥料を、補助金により市場価格より安価に設定された農協価格で農民に農地面積に応じた割当量を供与しており、中には綿花のように農協による防疫義務から強制的に与えているものもある。

農協の職員給与は政府により支給されており、農協は村の行政機構ともみなされるが、農協の意思決定は農民代表の理事会が行う。上述のように村レベルの農業普及員は、農協の事務所に配置されており、農業統計データの収集や農家への技術普及を行っている。農協は土地区画とその所有形態の記録と管理をしていることから、土地所有に関する全ての情報を保有している。土地の相続、移転に対して農協は公的な関与を行っている。これらの業務内容は農協で記録されており、農民が融資を受け

表 3.7.8 各県の村落農協数

Governorate	No. of Coop.
Gharbia	327
Kafr El Sheikh	249
Giza	154
Fayoum	221
Beni Suef	169
Minya	342

出典：Central Administration for Agriculture Cooperation (CAAC), MALR

[6] Bulletin of Agricultural Boundaries and Properties 2017, CAPMAS
[7] 山田編「エジプトの政治経済改革」2008 年アジア経済研究所

る際の保証根拠となっている。表 3.7.8 に各県の村落農協数を示す。

3.8 衛星画像解析による作付面積の経時変化

本節では衛星画像解析により把握した Dirout 堰群以下、および中央デルタの作付面積の時系列変化について述べる。本解析対象エリアは Kahr El Shaikh 県、Gharbia 県、Giza 県、Fayoum 県、Beni Suef 県、Minya 県、および Assuit 県に跨る。エジプト国においては、作付面積は即ち灌漑面積と同等と考えられる。本解析の目的は実作付面積（実灌漑面積）を把握するとともに、永年的な作付面積の変化を把握することである。本解析の対象年は 2000 年から 2020 年までの 21 年間である。

3.8.1 解析方法

本解析で用いた衛星画像は Landsat 5、Landsat 7、および Landsat 8 衛星のマルチスペクトル画像で、地上解像度は 30 m x 30 m である。本解析では主に正規化植生指数 NDVI（Normalized Difference Vegetation Index）と修正正規化水指数 MNDWI（Modified Normalized Difference Water Index）の 2 指数を用いた。NDVI は赤および近赤外バンドの反射率から求められ、MNDWI は緑および近赤外バンドの反射率から算出される。広く知られているように NDVI により地上の植生が検出でき、MNDWI により水面の検知が可能である。

本解析の解析条件として、1 年を冬作期と夏作／ナイル作期の 2 時期に分割し、各作付期を冬作は 11 月 1 日から翌年 5 月 14 日、夏作／ナイル作は 5 月 15 日から 10 月 31 日と設定した [1]。以下に解析手順を、また図 3.8.1 に作成した作付エリアマップの例を示す。解析結果には冬作と夏作／ナイル作の作付面積だけでなく、夏作／ナイル作期に行われるコメ作付面積も含む。解析対象期間が長く、かつ対象エリアが広大であることから Google Earth Engine[2]による画像処理と灌漑面積算出を行った。

i) 各作付期の最大 NDVI の算出
ii) MNDWI による河川や湖沼など開水面の特定
iii) MNDWI による水田の移植・播種期の湛水検出による水田エリアの特定
iv) 大津の方法 [3]による最大 NDVI 画像の 2 値化処理（作付エリアと非作付エリアの分割）
v) Google Earth 画像の目視確認による公園やゴルフ場など緑地の除外
vi) Google Earth 画像の目視確認によるナイル川沿いのポンプ揚水による違法灌漑エリアの除外

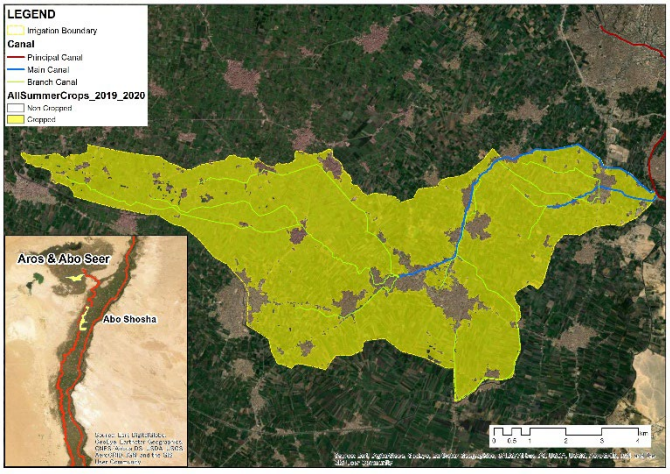


図 3.8.1 衛星画像解析により作成した作付エリアマップの例
出典：JICA 調査団

[1] 冬作期は凡そ 11 月から 5 月であり、主にコムギ、ベルシウム、テンサイ、野菜が作付けされる。夏作期は凡そ 5 月から 10 月である。上エジプトではメイズ、ソルガム、野菜の作付けが主であり、デルタではコメ、メイズの作付けが主である。ナイル作はエジプト独自の作期で夏秋作と呼ばれるが、作付け期は夏作と重複する。ナイル作の主な作物はメイズ、野菜である。（3.2.2 節参照）
[2] Google Earth Engine はクラウドコンピューティングにより衛星画像解析を行うことが出来る地理空間分析プラットフォームであり、衛星画像のダウンロードをせずに画像処理を行うことが出来る。
[3] 対象画像のピクセル値ヒストグラムを基に、閾値を算出し 2 クラスに分ける手法の 1 つ。閾値は各クラス内の強度分散を最小化し、かつクラス間の分散を最大化する値として決定される。

vii) 灌漑セクション[4]別および県別に冬作期／夏作・ナイル作期の作付面積の算出

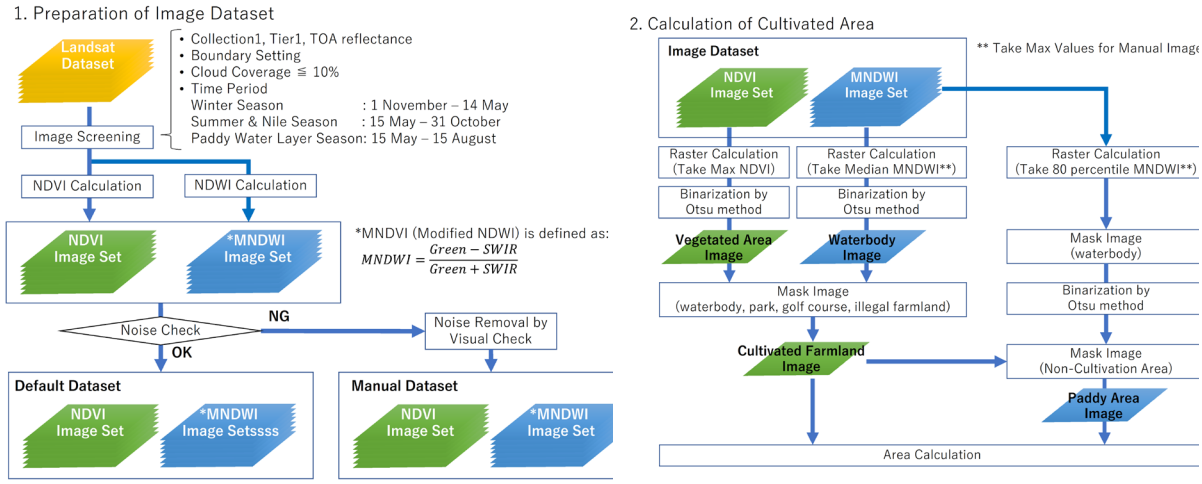


図 3.8.2　衛星画像解析のフローチャート
出典：JICA 調査団

本解析の制約条件を以下に 4 点挙げる。

i) Landsat 7 衛星に搭載されたセンサの 2013 年の故障により生じたノイズが画像の一部に観察された。このノイズが解析結果に影響した可能性がある。特に 2003 年から 2012 年の間には Landsat 5 および 7 の良画像の数が限られたため、解析には Landsat 7 のノイズのみられる画像も用いた。なお、同ノイズは画像の目視により可能な限り取り除いた。

ii) 図 3.8.2 に示す灌漑エリア（セクション）の境界は先行 JICA 調査により作成された GIS ファイル、デジタル標高モデル（SRTM DEM）、および Google Earth 画像の目視確認により決定した。

iii) 高 NDVI 値を示す灌漑用排水路沿いの樹木により灌漑エリア（作付エリア）を過大評価している可能性がある。

iv) 冬作期と夏作／ナイル作期の年 2 作を解析条件とし、年 3 作は考慮されていない。[5]

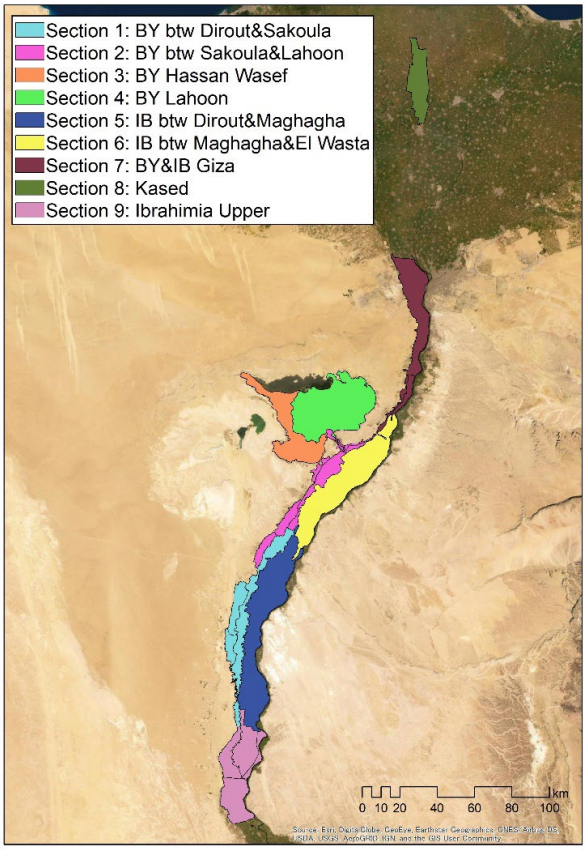


図 3.8.3　灌漑セクション
注：BY=Bahr Yusef 基幹水路，IB= Ibrahimia 基幹水路
出典：JICA 調査団

[4] 本解析では 9 つの灌漑セクションを扱う。そのうちセクション 9（Ibrahimia Upper）は Dirout 堰により灌漑されていないエリアであり、その上流側に位置している。本解析の目的は Dirout 堰群下の灌漑面積を把握することであるため、セクション 9 は 3.6.2 節の議論では除外している。しかしながら、3.6.3 節に示した県毎の灌漑面積の議論にはセクション 9 の灌漑面積も含まれる。

[5] 一部の農家が 1 作目を冬期、2 作目と 3 作目を夏期／ナイル作期に作付を行う年 3 作を行っていることがわかっている。多数の良画像が利用可能であれば年 3 作の特定が出来る可能性がある。しかしながら、雲被覆とノイズにより、ある年においてはひと月に利用可能な画像が 1 枚に限られるため、夏期／ナイル作期に行われる 2 作目、3 作目の特定は困難である。

3.8.2 灌漑セクション別の灌漑面積（作付面積）

Bahr Yusef 基幹水路掛かりの灌漑セクション 1、2、3、および 4 は Minya 県、Fayoum 県、Beni Suef 県に位置している（図 3.8.3 参照）。これら灌漑セクションの灌漑面積（作付面積）の解析結果を図 3.8.4 に示す。

セクション 1、2、および 3 において、解析対象の 21 年間で作付面積が冬作、および夏作／ナイル作の両者で増加していることがわかる。一方、セクション 4 では冬作の作付面積が減少し、夏作／ナイル作では殆ど変化がない。セクション 1 および 2 ではコメの作付が限られる。コメ作付はセクション 3 (Hassan Wasef) およびセクション 4 (Lahoun) において 2000/2001 年から 2007/2008 年の間に観察される。2000/2001 年のコメ作付面積は各セクションにおいて 10,000 feddan から 15,000 feddan であったが、2007/2008 年には約 21,000 feddan から 25,000 feddan に増加している [6]。

セクション 1（Dirout-Sakoula 間）においては、21 年間において冬作で 23,762 feddan（9,980 ha）の作付面積、夏作／ナイル作で 14,852 feddan（6,238 ha）の作付面積の増加がみられる。セクション 2 (Sakoula-Lahoun 間) の作付は冬作で 15,323 feddan (6,436 ha)、夏作／ナイル作で 13,948 feddan（5,858 ha）の面積が増加している。セクション 3（Hassan Wasef）はこれらに比べて増加した面積が小さく、冬作 10,366 feddan（4,354 ha)、夏作／ナイル作 6,618 feddan（2,780 ha）である。一方、セクション 4 (Lahoun) は冬作が 7,571 feddan (3,180 ha) 減少し、夏作／ナイル作が約 200,000 feddan から 210,000 feddan（84,000 ha から 88,200 ha）の間で推移している。

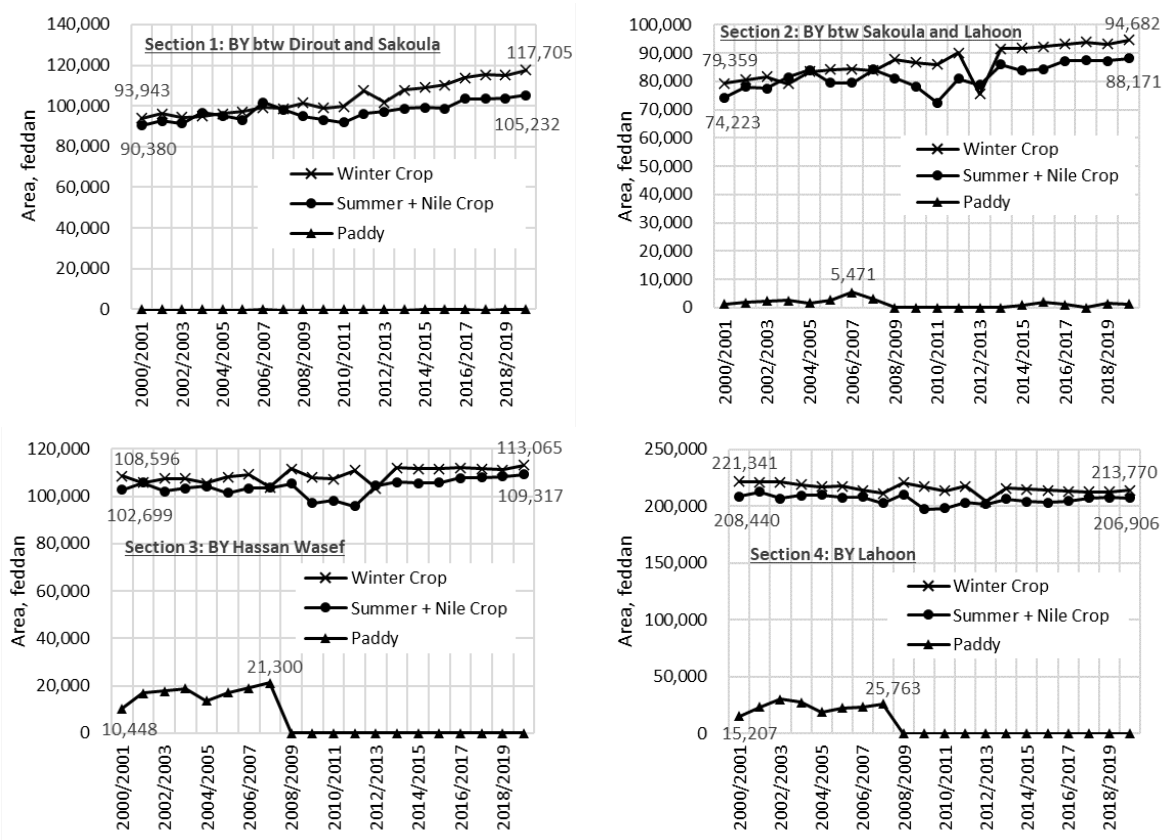


図 3.8.4 Bahr Yusef 基幹水路掛かりの灌漑セクション別の作付面積
出典：JICA 調査団

[6] セクション 3 および 4 の位置する Fayoum 県は 2008/2009 年より国の農業政策としてコメの作付けが禁止された。同政策により、2008/2009 年作よりコメの作付けが検出されていないと考えられる。

Ibrahimia 基幹水路掛かりの灌漑セクション 5 および 6 は Mynia 県、Beni Suef 県、および Giza 県に跨っている（図 3.8.3 参照）。図 3.8.5 に示した通り、両セクションにおいて解析対象の 21 年間の冬作（主にコムギ、ベルシウム）と夏作／ナイル作（主にメイズ、ソルガム、野菜）の作付面積には差がなく、両作付の灌漑面積（作付面積）は減少傾向にある。コメの作付面積は両セクションで非常に限定的であり、セクション 5 において 0 feddan から 50 feddan、セクション 6 において 0 feddan から 1,000 feddan の解析結果となった。両セクションの各作期の作付面積の減少量は 21 年間で約 10,000 feddan（4,200 ha）である。

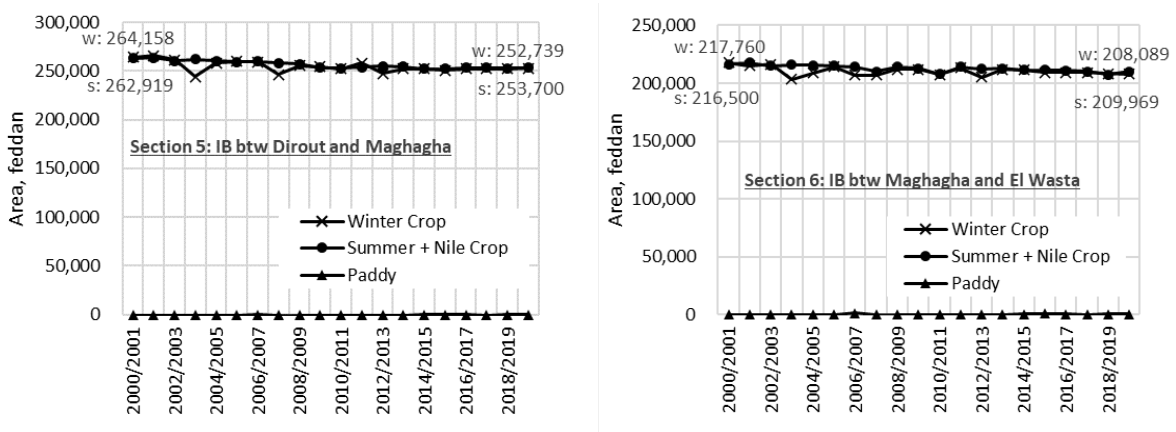


図 3.8.5 Ibrahimia 基幹水路掛かりの灌漑セクション別の作付面積

出典：JICA 調査団

セクション 7（Giza）は Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路の両水路の受益地区である。図 3.8.6 の左図に Giza の作付面積の推移を示す。毎年の夏作／ナイル作（主にメイズ、ソルガム、野菜）の作付面積は冬作（主にコムギ、ベルシウム）の作付面積を超過しており、夏作／ナイル作は 21 年間で 13,637 feddan（5,728 ha）が減少している。一方、冬作の作付面積も同様に減少し、減少量は 15,975 feddan（6,710 ha）である。Giza ではコメの作付は検出されていない。

図 3.8.6 の右図にセクション 8（Kased）の灌漑面積の推移を示す。Kased はデルタ地区に位置する唯一の調査対象エリアである。冬作（主にコムギ、ベルシウム）、夏作／ナイル作（主にコメ、メイズ、野菜）ともに作付面積が減少傾向を示しており、減少幅は冬作が 1,614 feddan（677 ha）、夏作／ナイル作が 8,541 feddan（3,578 ha）である。コメの作付については 2007/2008 年作において最大値 39,781 feddan（16,708 ha）となり、2019/2020 年作には 17,748 feddan（7,454 ha）まで減少している。コメ作付については、2010/2011 年、2014/2015 年、および 2017/2018 年作に面積の落ち込みが見られるが、これらは解析に用いた衛星画像に良画像の数が限られたためであると考えられる。

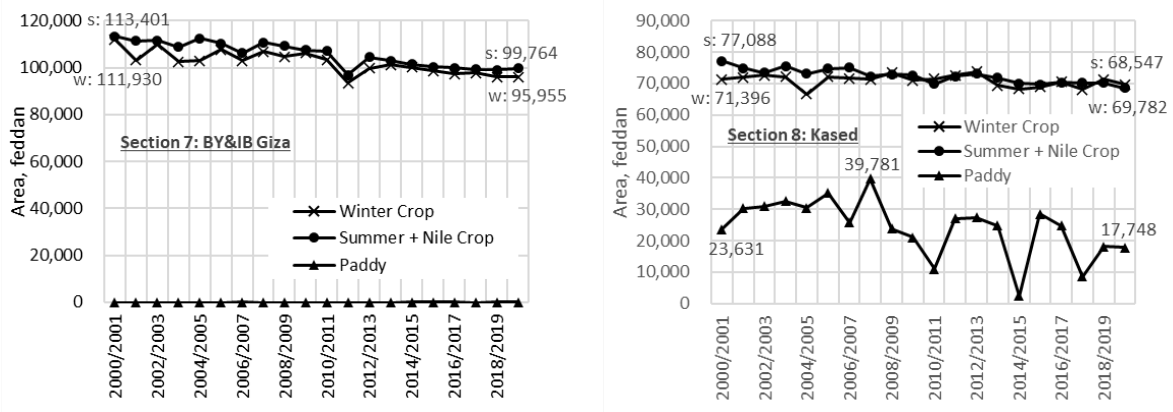


図 3.8.6　Giza および Kased の灌漑セクションの作付面積
出典：JICA 調査団

3.8.3　県別の灌漑面積（作付面積）

本節では衛星画像解析の結果と MALR の農業統計の比較を行う。農業統計は県毎に作物別の作付面積を整理していることから、衛星画像解析により県毎に灌漑面積（作付面積）を算出し、農業統計と比較した。図 3.8.7 に解析対象県の境界と灌漑セクションの位置を示す。

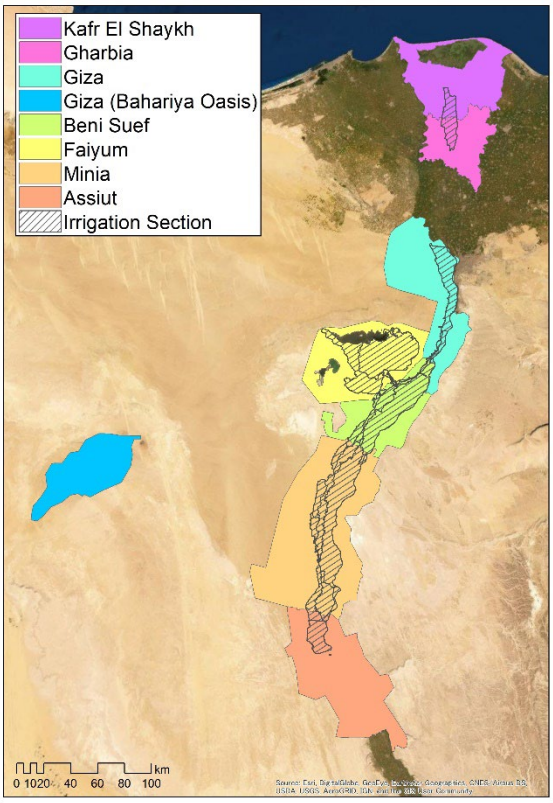


図 3.8.7 対象県および灌漑セクション
出典：JICA 調査団

本解析においては、灌漑セクションの境界ではなく県境界を基に作付面積の算出を行うため、灌漑セクションの外部の作付エリアも解析結果に含まれる。これら灌漑セクション外の作付エリアには地下水灌漑による作付や、Kased では対象地の外側のデルタ地区の作付、また上エジプトではアシュート堰より北部の作付が含まれる。前述の通り衛星画像解析は 2000/2001 年から 2019/2020 年を対象とするが、農業統計については 2003/2004 年から 2015/2016 年のみが利用可能であるため、本解析においては 2015/2016 年までを比較対象とする（2015/2016 年以降の農業統計は調査時点で未発行である）。

図 3.8.8 に衛星画像解析と農業統計の比較結果を示す。黒色実線が衛星画像解析による作付面積、赤色点線が農業統計の作付面積を示す（図 3.8.8 の Assuit 県に示された凡例を参照）。なお、コメ作付面積は夏作／ナイル作の作付面積の内数である。本解析の結果を以下に示す。

1) ナイルデルタに位置する Kahr El Shaikh 県と Gharbia 県について、農業統計では 2006/2007 年に夏作の作付面積の落ち込みが見られるが、衛星画像解析では検出されていない。また、2005/2006 年から 2010/2011 年の間に Gharbia 県で夏作の作付面積の減少がみられるが、同様に衛星画像解析では検出されず、緩やかな減少傾向を示すのみである。

2) Kahr El Shaikh 県と Gharbia 県のコメ作付面積について、農業統計では前者では 250,000 feddan から 350,000 feddan（105,000 ha から 147,000 ha）、後者では 100,000 feddan から 200,000 feddan

（42,000 ha から 84,000ha）の間で推移している。このコメ作付について、衛星画像解析値を農業統計値と比較すると、Kahr El Shaikh 県の 2005/2006 年や Gharbia 県の 2007/2008 年等において解析値と統計値が近似しているが、その他の年では大きな差がみられる。これは品質の良い衛星画像が少ないために移植期の湛水が MNDWI によって検出されなかったことが原因として考えられる。

3) Giza 県の農業統計値には Bahariya オアシスの作付面積を含む（Bahariya オアシスの位置は図 3.8.7 を参照）。図 3.8.8 の中段に Giza 県全体の作付面積と Bahariya オアシスのみの作付面積の推移を示す。Bahariya オアシスのみの作付面積を示す統計情報は調査時点で公表されていない。Giza 県全体の作付面積をみると、解析対象の 21 年間に解析値が僅かに上昇している。これは Bahariya オアシス周辺および New Land での新たな作付の増加によるものであると考えられる。Giza 県全体の統計値について、冬作では 2008/2009 年および 2014/2015 年にピークが見られ、一方、夏作では 2008/2009 年および 2012 年から 2015 年の間に落ち込みがみられるが、これらは衛星画像解析では検出されていない。

4) Beni Suef 県では統計値と解析値の夏作／ナイル作の作付面積の差が約 50,000 feddan から 200,000 feddan（21,000 ha から 84,000ha）みられる。衛星画像解析では NDVI により地上の植生を検出していることから、解析値が大きく外れるとは考えにくく、農業統計が夏作／ナイル作の作付面積を過小評価している可能性がある。解析結果では 21 年間で 17,313 feddan（7,271 ha）の冬作の作付面積の増加がみられた（2000/2001 年 : 287,475 feddan（116,960 ha）、2019/2020 年：304,788 feddan（128,011 ha））。同様に夏作／ナイル作においても 19,291 feddan（8,102 ha）の面積増加となった。

5) Fayoum 県では冬作の作付において統計値と解析値に大きな差がみられる。この差の 2003 年から 2016 年の間の平均値は 77,932 feddan（32,731 ha）である。統計値では 2007/2008 年から 2008/2009 年にかけて冬作の作付面積が急増しているが、衛星画像解析ではこれが検出されていない。また、解析では解析対象年の間に冬作は約 340,000 feddan（142,800 ha）、夏作／ナイル作は約 325,000 feddan（136,500 ha）前後の作付面積で推移し、面積が殆ど増減していないことがわかる。夏作の統計値は解析値と同様の傾向を示している。

6) Fayoum 県のコメ作付について、全年において解析値が統計値を超過している。解析値と統計値のいずれも最大値が 2007/2008 年に得られており、解析値が最大 50,378 feddan（21,158 ha）に対し、統計値は最大 30,253 feddan（12,706 ha）である。また、2008/2009 年作以降、わずかなコメ作付が統計上で記録されているが、衛星画像解析ではコメ作付は検出されなかった。

7) 2003 年から 2016 年の間、Minya 県の冬作および夏作／ナイル作の統計値は変動している。統計では、いずれの作期においても最大値が 2008/2009 年に得られている（冬作 : 457,891 feddan（192,314 ha）、夏作／ナイル作 : 486,401 feddan（204,228 ha））。しかしながら、解析では両作付において約 480,000 feddan（201,600 ha）程度の一定値が 2010/2011 年までみられ、2012/2013 年以降に漸増している。2019/2020 年の解析値は冬作において 588,371 feddan（247,116 ha）、夏作／ナイル作において 532,520 feddan（223,658 ha）となった。

8) Assuit 県では解析値と統計値のいずれも漸増しているが、2008/2009 年以降では統計値が解析値を上回っている。冬作の場合、統計では 2013/2014 年に最大値 359,363 feddan（150,932 ha）となっているものの、解析では 2019/2020 年においても 349,012 feddan（146,585 ha）の作付に留まっている。夏作／ナイル作付の最大値は統計値と解析値で異なる年に得られており、統計では 2014/2015 年に 348,283 feddan（146,278 ha）が記録されている一方、解析では 2019/2020 年に 239,571 feddan（138,420 ha）が得られている。

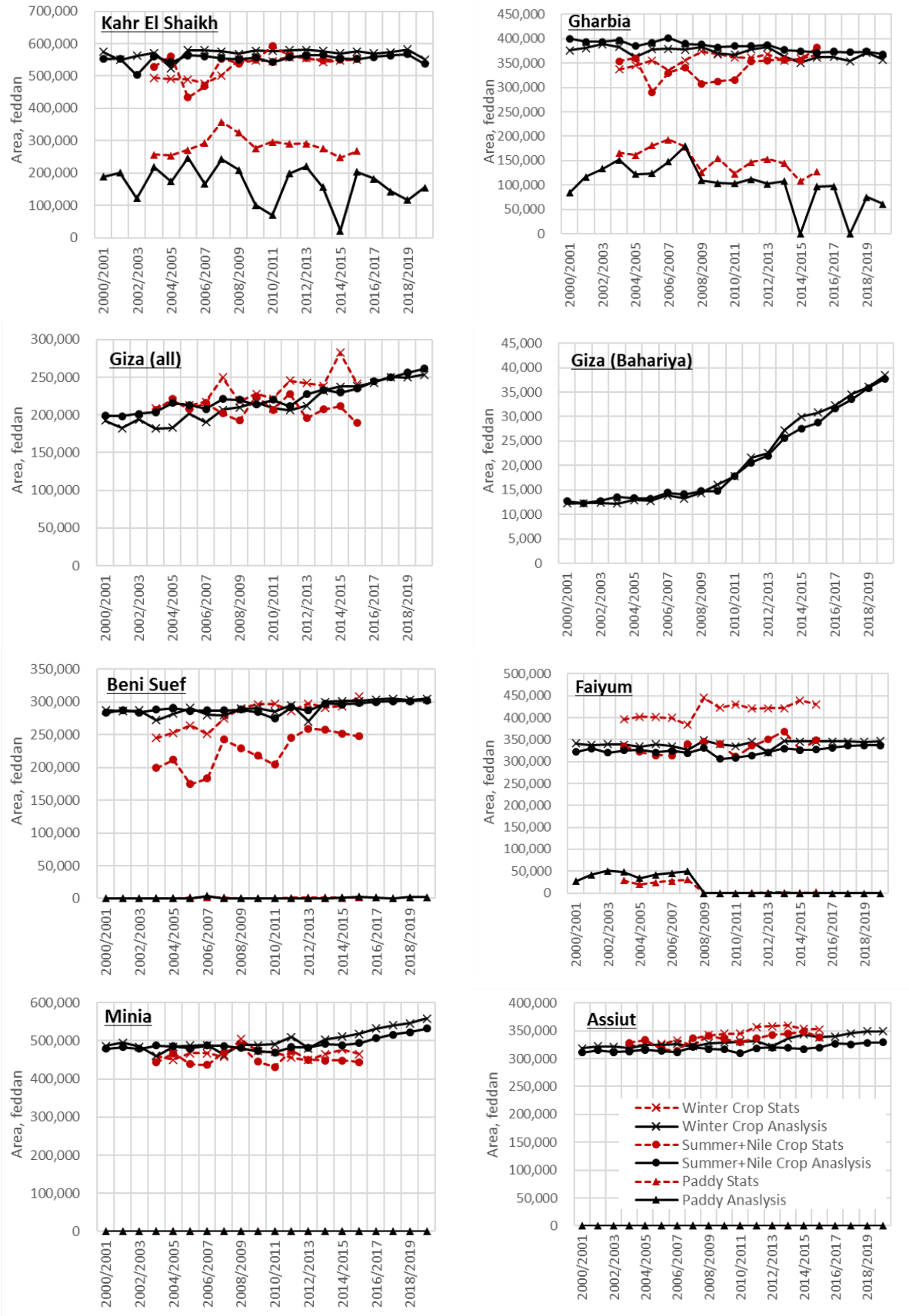


図 3.8.8 県別の灌漑面積（作付面積）

出典：Bulletin of the Agriculture Statistics (MALR 2004 to 2016)、JICA 調査団

3.9 農家経済状況および近代圃場灌漑導入に係る農民意向

本節では、質問票を用いた農家経済調査の結果、また環境社会配慮の一環で実施した受益農民を対象としたステークホルダー協議を通して把握した農民の近代圃場灌漑施設の導入に係る意向について述べる。なお、近代圃場灌漑施設の導入に係る意向は質問法調査でも聞き取りを行っている。

3.9.1 農家経済調査概要

2021 年 9 月から 10 月にかけて、事業対象地域における農家の現状を把握する目的で、農家経済調査を実施した。調査対象村は 3 つの優先地区おける灌漑局担当者の推薦に基づき決定した。具体的には、各優先地区において、水不足がほとんど起こっていない村、中程度の村、水不足に悩む村の代表として 3 村を選定した（表 3.9.1 参照）。

表 3.9.1 農家経済調査の対象村

Village with Water Condition	Abo Shosha (Beni Suef)	Aros & Abo Seer (Fayoum)	Kased (Gharbia)
Good	Dashtot	Masara Arfa	Mahlet Menouf
Moderate	El Mahmodya	El Gafra	Shobra barola
Shortage	Mazora	Bahr Abo Elmer	Damat

出典：JICA 調査団

水不足の各分類から 3 村、3 優先地区にて計 9 村を対象村とし、さらに各村から 30 農家、合計 270 農家を調査対象とした。本調査は質問票形式で行い、主に家族労働力、農地面積、栽培作物、収穫量、生産費、農業収入、農外収入、近代灌漑に関する知識、農業金融へのアクセス状況等の把握を行った。以下に、調査結果に基づき、優先地区の特徴をまとめる。

3.9.2 農家経済調査対象農家の特徴

1）土地所有面積

調査対象農家の農地面積規模別の分布を表 3.9.2 にまとめる。ここでの農地は、自作農地＋借用農地から貸出農地を除いたものと定義する。調査対象農家（Household: HH）の 80～90%の世帯では平均耕作面積が 3 feddan 未満であった。世帯当たりの平均農地面積は、1.38 feddan/HH から 1.62 feddan/HH である。県別統計データと比較すると、当該農家経済調査における 3 feddan 未満の農家の割合は、県別統計データの割合に近いことがわかる。そのため、調査対象農家の農地面積分布は、農地が細分化されている調査地域の特徴をよく表している。

表 3.9.2 農地面積規模別の分布

Site	Ave. fed	< 1 fed	1 < 2 fed	2 < 3 fed	3 < 4 fed	4 < 5 fed	5 fed <	Total
Abo Shosha	1.41	26 (29%)	40 (44%) (73%)	15 (17%) (90%)	5 (6%) (96%)	2 (2%) (98%)	2 (2%) (100%)	90
Beni Suef		*68%*	*79%*	*86%*	*92%*	*96%*	*100%*	
Aros & Abo Seer	1.62	40 (44%)	18 (20%) (64%)	14 (16%) (80%)	9 (10%) (90%)	4 (4%) (94%)	5 (6%) (100%)	90
Fayoum		*49%*	*68%*	*81%*	*87%*	*93%*	*100%*	
Kased	1.38	40 (44%)	22 (24%) (68%)	19 (21%) (89%)	8 (9%) (98%)	0 (0%) (98%)	1 (1%) (100%)	90
Gharbia		*67%*	*81%*	*89%*	*93%*	*96%*	*100%*	

出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）、Governorate レベルについては MALR の統計データより引用

調査結果によると、世帯当たりの農地数は 56～66%の対象農家が 1 区画のみの所有であった（図

3.9.1 参照)。また、2 区画以上所有している農家のうち、Abo Shosha、Aros & Abo Seer、Kased 地区ではそれぞれ 87%、77%、83%の農家が 1 ヶ所に集中して複数区画を所有している。このことから、大多数の農家は小規模農業を営んでおり、農地は 1 区画のみ、もしくは 1 ヶ所に集中していることがわかる。

2) 世帯構成員による農業従事状況

平均的な世帯構成員数は 5.5 人である。このうち、農業に従事する世帯構成員は 2.3 人である。なお、農業に従事する世帯構成員は、フルタイムとパートタイムの 2 種類に分類される。フルタイムとは、農業に専念し、他の仕事を持たないことを意味する。一方、パートタイムは、他の収入源を持ちながら、部分的に農業に従事していることを意味する。

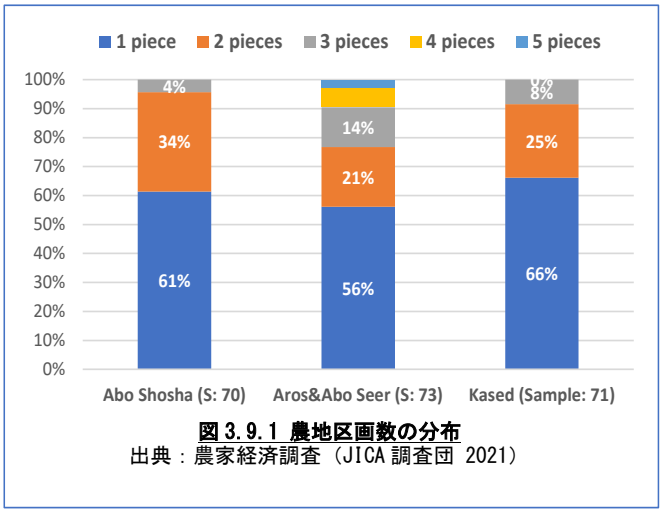


図 3.9.1 農地区画数の分布
出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

当該調査における回答者の約 65%がフルタイムで農業に従事し、27%がパートタイムで農業に従事している。残りの約 8%の回答者は、全く農業に従事していない。フルタイムの家族構成は、1 世帯あたり平均 1.1 人、パートタイムは 1.2 人である。多くの場合、世帯構成員のうち 1 人が完全に農業に従事し、もう 1 人がパートタイムで農業に従事している。この傾向は 3 つの優先地区すべてで見られる。ただし、表 3.9.3 に示すように、Aros & Abo Seer 地区ではフルタイムの世帯構成員の数が他の 2 地区よりも若干少ない。

表 3.9.3 世帯構成員による農業従事

Area	Ave. Family members	Ave. Full-time members	Ave. Part-time members	No. of members in Agriculture
Abo Shosha	6.1	1.3	1.2	2.5
Aros & Abo Seer	5.7	0.9	1.3	2.2
Kased	4.6	1.1	1.2	2.3
Average	5.5	1.1	1.2	2.3

注：表中の数字は世帯当たりの人数を示している。パートタイムでの農業従事者は、実際に農作業を行っているものを意味している。エジプトでは従来、農地を貸し出して実際には農作業に従事しない農地所有者をパートタイム農家と呼ぶことが多かったが、本表では、実際に農作業を行っている人数を示している。
出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

3) 栽培作物

調査対象農家の大多数は、1 作付シーズンに 1 つの作物のみを栽培している。Kased 地区では，90 農家のうち 88 農家が 2019/20 の夏冬期ともに単一作物を栽培していた。また、Abo Shosha 地区と Aros & Abo Seer 地区では，夏期に 2 作物以上を栽培している農家は 14 人であった。冬作物については、Abo Shosha 地区と Aros & Abo Seer 地区において、それぞれ 15 農家と 38 農家が 2 作物以上栽培している。このことから、当該調査対象地域においては、農家レベルでみた栽培作物の多様化はさほど進んでいないことがわかる。

夏作とナイル作の主要作物は、上エジプトではメイズであり、デルタ地域では米である。また、Fayoum 県においては、夏の主要作物としてソルガムが栽培されている。こうした背景には、近年、メイズが食用よりも飼料用として栽培されるようになったことがある。ソルガムもメイズ同様に飼料用として栽培されているが、ソルガムはメイズよりも水を必要としないためである。なお、調査対象地域において、夏作にトマトやキュウリなどの野菜を栽培している農家はほとんど見ら

れない結果となった。

冬作物としては、小麦とベルシーム[1]が主要作物であり、サトウキビの代替作物としてテンサイも冬作物として増えている。ただし、玉ねぎなどの冬野菜を栽培している農家は限定的である。

表 3.9.4 調査対象農家における主要作物

Area	Season	1st crop		2nd Crop		3rd Crop	
		No.	Crop	No.	Crop	No.	Crop
Abo Shosha	Summer	90	Maize, Sesame	14	Green fodder, Onions, Cucumber, Basil, Sesame	2	Basil, Green fodder
	Winter	90	Wheat, Sugar beet, Tomato, Berseem	15	Wheat, Berseem, Sugar beet	2	Berseem, Sugar beet
	Nile	2	Maize	-	-	-	-
Aros & Abo Seer	Summer	90	Sorghum, Maize	14	Cotton, Green fodder, Pineapple, Maize	2	Fodder, Zucchini
	Winter	90	Wheat, Berseem	38	Berseem, Wheat, Green fodder, Sugar beet	2	Berseem
	Nile	42	Maize, Green fodder	1	Berseem	-	-
Kased	Summer	90	Rice, Jasmine, Maize, Orange	2	Maize	-	-
	Winter	90	Wheat, Jasmine, Orange, Berseem, Onion	2	Berseem, Wheat	-	-
	Nile	-	-	-	-	-	-

注：No. は当該作物を 1 つまたは複数以上栽培している農家の数を示している。
出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

4）大型家畜

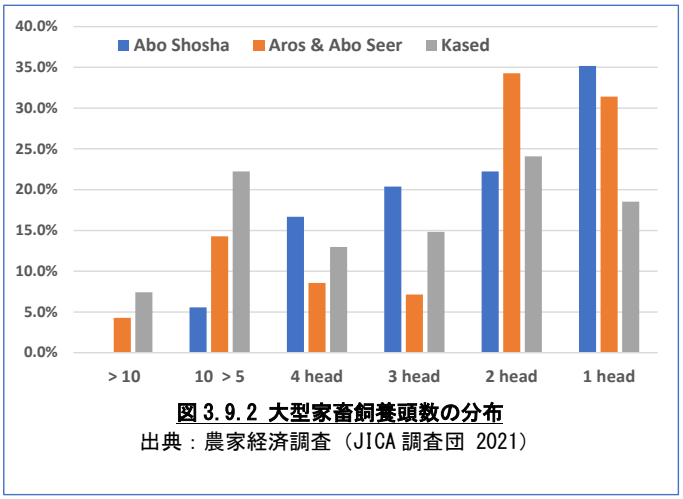


図 3.9.2 大型家畜飼養頭数の分布
出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

Abo Shosha、Aros & Abo Seer および Kased 地区で大型家畜であり主要な収入源ともなる乳牛、肉牛、水牛を飼っている調査対象農家は、それぞれ 54 世帯（60%）、70 世帯（78%）、54 世帯（60%）であった。牛や水牛を飼っている農家の平均飼養頭数は、Abo Shosha 地区で 2.4 頭、Aros & Abo Seer 地区で 3.1 頭、Kased 地区で 3.8 頭である。農家の大多数が牛や水牛を飼っていることから、メイズやソルガム、ベルシームなどの飼料作物の栽培は農家にとって重要であると考えられる。そのため、近代灌漑システムの導入する際には、こうした飼料作物の割合を考慮する必要があるといえる。

3.9.3 農家経済調査に基づく水不足の状況

調査対象農家に、夏作と冬作の水不足の程度について、「常に (always)」、「頻繁に (frequently)」、「ときどき (sometimes)」、「不足なし (no shortage)」の 4 つのカテゴリーに分類して質問を行った。図 3.9.3 は、これらのカテゴリー別に回答農家数を示したものである。なお、当該調査では、各優先地域において、水不足の程度が「大きい」、「中程度」、「小さい」の分類からそれぞれ 1 村ずつ、計 3 村を選定している。その結果、Aros & Abo Seer 地区では、水不足の程度が大きい村では、多くの農家が「常に」水不足に悩まされていると答えている。さらに、水不足が中程度の村の農家については、「頻繁に」水不足に悩まされていると答え、水不足が小さい村の農家は「ときどき」

[1] マメ科シャジクソウ属の植物で、牧草、緑肥作物として冬期に栽培される。エジプトクローバーとも呼ばれる。

水不足に悩まされていると答えている。

本調査結果の重要なポイントして、3つの優先地区すべてを通して、冬期の水不足が少ないことがあげられる。すべての優先地区において、冬期に「常に水不足になる」、あるいは「頻繁になる」と回答した農家は、夏期よりも少なく、調査対象農家の半数以上が冬作に水不足はないと答えている。この理由として、冬期は気温が低いため蒸発散量が少なく、栽培に必要な水量も少ないため、夏期ほど深刻な水不足にはならないということが考えられる。

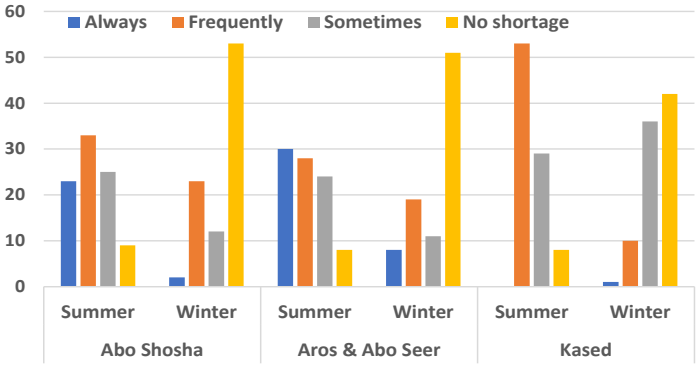


図 3.9.3 対象地区別の水不足の状況
出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

農地の位置にもよるが農家は水不足を補うために、近隣の排水路の水を個々人のポンプで揚水して灌漑に再利用している例が散見される。調査対象農家のうち、Aros & Abo Seer（Fayoum）地区では 90 農家中 32 農家が排水を再利用していると答えている。なお、Abo Shosha 地区では 2 農家のみ、Kased 地区では排水を再利用していると答えた農家はいなかった。

3.9.4　農家経済調査に基づく作物生産量

本調査では、主要作物の平均収量を農地の位置に応じて分析した。調査対象農家の農地の位置は、幹線水路の上流と Meska の上流（U-U）、幹線水路の上流と Meska の下流（U-D）、幹線水路の下流と Meska の上流（D-U）、幹線水路の下流と Meska の下流（D-D）に分類される。これらの農地位置の分類に基づき、調査対象農家の平均収量の比較を行った。

表 3.9.5 と表 3.9.6 は、調査対象農家の農地の場所別に平均収量をまとめたものである。その結果､U-U の農地の収量は他の農地場所よりも高いことが判る｡特に D-D の平均収量と比較すると、U-U の平均収量が非常に高いことがわかる。例えば、夏期のメイズでは、U-U と D-D の平均収量の差は 35%に達し、また冬期の小麦の平均収量の差は 18%となっている。ただし、U-U と D-D の収量の差は優先地区によっても異なっている。

この U-U と D-D の農地における平均収量差は、夏期に大きくなっており、前述した作付シーズンごとの水不足の状況と対応している。また、表 3.9.6 に示すように、当該農家経済調査の対象に含まれるコメ、タマネギ、ソルガムでは、U-U と D-D の収量格差が縮小していることがわかる。このことは、十分な量の灌漑用水が適切に配分されれば、最も下流の農地の収量が潜在的な収量増加として上流の農地のレベルまで増加することを示唆している。

表 3.9.5 農地位置別の平均収量（1）

Region	Unit	Maize (Summer)				Wheat (Winter)			
		U-U	U-D	D-U	D-D	U-U	U-D	D-U	D-D
Abo Shosha	No. of Sample	18	21	15	15	16	16	12	14
	Kg/fed	2,072	1,933	1,747	1,495	2,850	2,574	2,570	2,240
	Difference (%)	**139%**	**129%**	**117%**	**100%**	**127%**	**115%**	**115%**	**100%**
Aros & Abo Seer	No. of Sample	16	5	2	4	27	12	15	16
	Kg/fed	1,812	1,735	1,733	1,507	2,031	1,780	1,756	1,803
	Difference (%)	**120%**	**115%**	**115%**	**100%**	**113%**	**99%**	**97%**	**100%**
Kased	No. of Sample	9	7	3	2	12	9	10	3
	Kg/fed	2,655	2,784	2,500	2,100	2,632	2,655	2,846	2,320
	Difference (%)	**126%**	**133%**	**119%**	**100%**	**113%**	**114%**	**123%**	**100%**
Average	No. of Sample	43	33	20	21	55	37	37	33

Region	Unit	Maize (Summer)				Wheat (Winter)			
		U-U	U-D	D-U	D-D	U-U	U-D	D-U	D-D
	Kg/fed	2,097	2,084	1,859	1,555	2,400	2,336	2,315	2,035
	Difference (%)	**135%**	**134%**	**120%**	**100%**	**118%**	**115%**	**114%**	**100%**

U-U: upstream of branch canal and upstream of Meska
U-D: upstream of branch canal and downstream of Meska
D-U: downstream of branch canal and upstream of Meska
D-D: downstream of branch canal and downstream of Meska
出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

表 3.9.6 農地位置別の平均収量（2）

Region	Crop	Unit	Location of Farmland				Remarks
			U-U	U-D	D-U	D-D	
Aros & Abo Seer	Sorghum	No. of Sample	11	6	13	9	
		Kg/fed	1,378	979	1,244	1,196	
		Difference (%)	115%	82%	104%	100%	
Kased	Rice	No. of Sample	14	12	11	8	
		Kg/fed	3,621	4,041	3,775	3,708	
		Difference (%)	98%	109%	102%	100%	
	Onion	No. of Sample	6	4	3	5	
		Kg/fed	12,437	11,720	12,000	11,919	
		Difference (%)	104%	98%	101%	100%	

備考：U-U（幹線水路上流、Meska 上流）、U-D（幹線水路上流、Meska 下流）, D-U（幹線水路下流、Meska 上流）、D-D（幹線水路下流、Meska 下流）
出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

3.9.5 農家経済調査に基づく農業収入、農外収入および支出

1）農業収入

1 feddan 当たりの平均年間収入（Gross Income）は 23,563 LE で、1 feddan 当たりの平均年間所得（Net Income: gross income – production cost）は 10,107 LE である。図 3.9.4 に示すように、3 つの優先地区のうち Kased 地区の平均農業収入/feddan が 28,691 LE と最も高く、Abo Shosha 地区の 22,185 LE と Aros & Abo Seer 地区の 19,781 LE がそれに続く。これは、Kased 地区の回答者の中にはタマネギやジャスミンなどの高価値作物を栽培している農家がいるためである。他方で、Abo Shosha 地区と Aros & Abo Seer 地区の回答者の多くはメイズや小麦などの伝統的作物を栽培している。

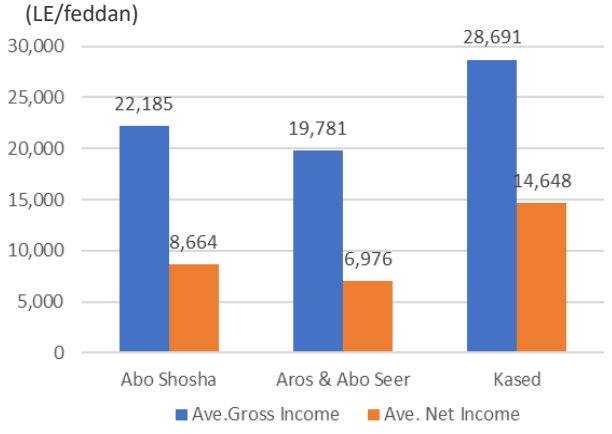


図 3.9.4 feddan あたりの農業収入と農業所得
出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

1 世帯当たりの農業収入は最大で約 208,000 LE/HH、最小で 1,980 LE/HH である。1 世帯あたりの平均農業収入は 29,495 LE/HH、中央値は 18,000 LE/HH となる。図 3.9.5 は、1 世帯あたりの収入水準とその農地面積の関係を示したものである。約 6 割の調査対象者の農業収入レベルは、25,000

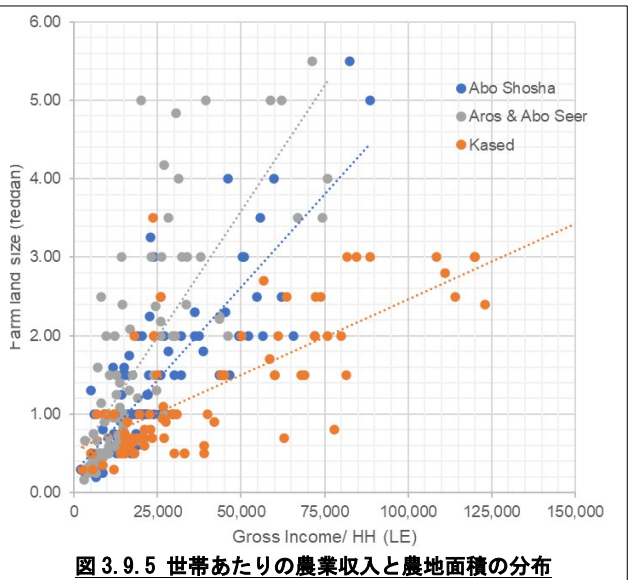


図 3.9.5 世帯あたりの農業収入と農地面積の分布
出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

LE/HH 未満であった。また、この図からは 1 feddan 以下の農地を所有する農家では、どの地域でも農業所得水準はほぼ同じであることがわかる。しかし、農地面積が大きくなるほど、地域間での農家の収入レベルの格差は大きくなる傾向にある。

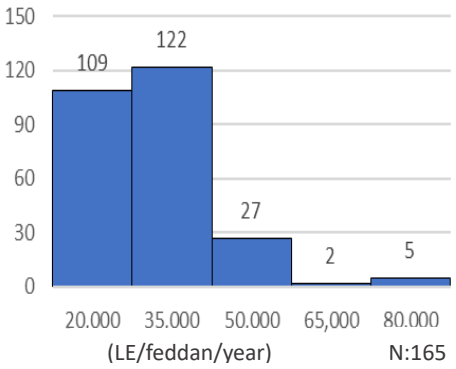


図 3.9.6　1feddan あたりの農業収入分布
出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

図 3.9.6 は、1 feddan 当たりの農業収入水準別の回答者数を示したものである。農家が栽培している作物の種類によって、収入レベルは異なる。1 feddan 当たりの年間収入が 20,000 LE 未満と回答した農家は 109 農家（回答者の約 40%）であった。この収入レベルでは、ほとんどの農家がメイズや小麦といった伝統的な作物のみを栽培している。122 戸の調査対象農家（回答者の 46%）は、1feddan あたり 20,000 LE から 35,000 LE の年間収入を得ている。このカテゴリーの農家は、伝統的作物に加えてテンサイや米などの、高価値の作物を栽培している。27 戸の調査対象農家（回答者の 10%）は、1 feddan あたり 35,000 LE から 50,000 LE の収入を得ている。このカテゴリーでは、タマネギなどの園芸作物を栽培している。1 feddan あたりの収入が 65,000 LE 以上となった農家は、わずか 7 農家（回答者の約 3%）であった。これらの農家は、Kased 地区でジャスミンを栽培している。

2）家畜

調査対象村の主要な家畜のひとつはロバである。ロバは輸送手段のための役畜であるが、調査対象者の 67%が所有している。続いて乳牛が 51%、家禽が 35%である。家畜からの主な収入源は、1）ミルク加工、2）肉牛、3）家禽の 3 つである。家畜からの平均収入は、肉牛が 19,682 LE で最も高く、次いで乳加工が 9,638 LE である。また、家禽類の平均収入は約 1,000 LE である。ただし、これらの収入は家庭での消費分を考慮していないため、家畜の経済的価値は上記の収入額よりも高い可能性がある。

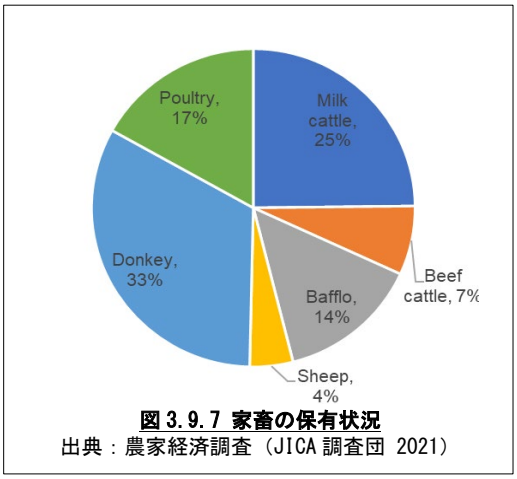


図 3.9.7 家畜の保有状況
出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

3）農外収入

調査対象農家の約 50%が農外収入を得ていると回答している。平均農外所得が最も高いのは Abo Shosha 地区で 34,786 LE/年・HH、続いて Kased 地区で 29,084 LE/年・HH、Aros & Abo Seer 地区で 20,770 LE/年・HH と続く。合計すると、平均的な農外収入は約 26,000 LE/年・HH である。農外活動で最も多いのは「雇用」による収入であった。回答者の約 7 割が

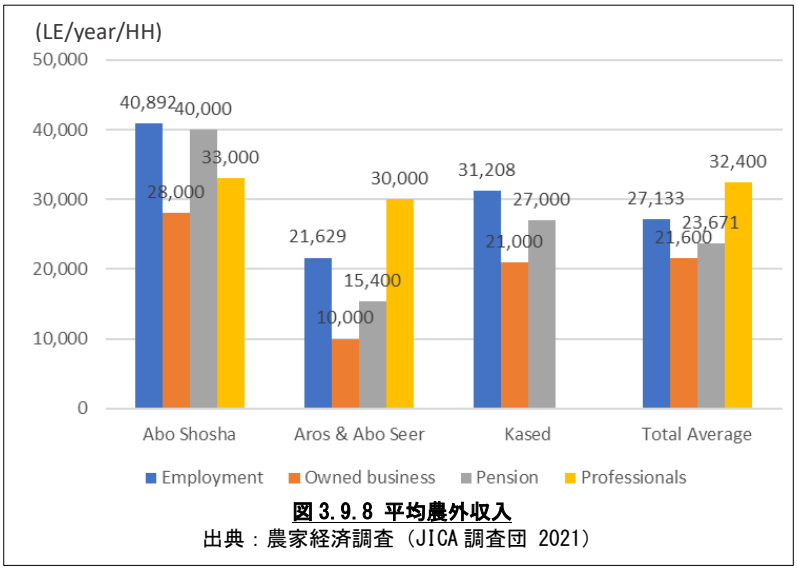


図 3.9.8 平均農外収入
出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

農外収入源として「雇用」と答えている。

なお、「雇用」には、教師、会社員、運転手などが含まれる。「雇用」の平均年収は約 27,000 LE/年である。「雇用」の場合、平均年収が最も高いのは Aros & Abo Seer 地区で 40,000 LE/年、最も低いのも Aros & Abo Seer 地区で 21,000 LE/年である。また、もう一つの一般的な農外収入源は「年金」で、平均年収は 23,000 LE/年であった。

最も高い農外収入（軍関連の収入を除く）は、年間約 32,400 LE である。これは、医者、弁護士、エンジニア、会計士などの専門職によるものである。これらの専門職の平均所得は高いが、従事している人数は非常に少なく、Abo Shosha で 8 人、Aros & Abo Seer で 2 人、Kased では該当者がいない結果となった。

4）支出

当該調査結果によれば 1 ヶ月の平均支出額は約 4,600 LE/月/HH[2]である。この平均支出額は、3 優先地区でほぼ同じ結果となった。最も支出が多いのは飲食で約 2,000 LE/月である。これは月間総支出の 44%を占める。2 番目に多いのは教育費で 710 LE/月、次いで医療費 650 LE/月となる。これらはそれぞれ月間の総支出の約 15%を占めている。

調査結果によると、飲食、教育、医療で支出のばらつきが大きくなっている。一方、電気、飲料水、排水処理については、他の項目と比較して支出額の変動が小さい。これらの費用のほとんどが光熱費であるが、公共料金として設定されていることから、全村で価格が固定されている。

表 3.9.7 平均月間支出額（LE）

Item	Abo Shosha	Aros & Abo Seer	Kased	Total Average	%
Food & Beverage	2,118	2,354	1,672	2,048	44
Clothing	706	502	585	598	13
Education	627	581	921	709	15
Electricity	334	343	341	339	7
Drinking water	145	186	158	163	3
Waste water treatment	63	33	56	50	1
Medical care	519	589	839	649	14
Others	173	101	77	117	3
Total	**4,683**	**4,689**	**4,648**	**4,673**	**100**

出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

3.9.6 農家経済調査に基づくその他の特徴

1）農産物マーケティング

本農家経済調査結果では、調査対象農家の多くがメイズ、米、ソルガム、タマネギなどの主な生産物を村の仲買人に売っていることがわかる。また、村外の仲買人に販売するケースや、自分で卸売市場へ出荷するケースも見受けられる。市場情報に関しては、主に仲買人や近所の農家、地元の卸売業者から得ていることが多い結果となった。

販売先については、調査対象の農家は多くは生産物を個人で販売している。実際、共同出荷を行っている農家はほとんど見られない。ただし、親族や近隣の農家と共同で販売することは多い。共同出荷は，村外の仲買人に農産物を販売する場合に報告されている。こうした共同出荷が行われている事例は少数ではあるものの、必要であれば農家は他の農家と共同活動を行うことがわかるため、農家の組織化を必要とする Meska 改良や灌漑改修事業のより一層の促進材料となりえる。

[2] 支出は月単位で回答しているため、医療や衣料など、毎月定期的に支出しない項目は回答に含まれていないことが多い。

2）農業機械化

トラクター（65HP）を所有しているのは、Kased 地区で 9 人（30%）、Abo Shosha 地区で 1 人（3%）、Aros & Abo Seer 地区ではゼロであった。トラクターを所有している農家は、耕作地が 3.5 feddan 以下であり、2.0 feddan 程度の農家が最も多い。そのため、トラクターを所有している農家は、必ずしも大規模農家とは言えない。こうしたトラクター所有農家は、近隣農家にトラクターを貸し出していることも多い。

ポンプはディーゼルポンプを所有している農家が多く、電動ポンプを所有している農家は皆無であった。また、ポンプは 20 年以上使い続けている農家が多いこともわかった。Kased 地区と Abo Shosha 地区では、50 の農家（56%）と 33 の農家（39%）が西暦 2000 年よりも前にポンプを購入している。農家は十分なメンテナンスを行い、機械の耐久年数を超えて使用することが多い。そのため、減価償却費を削減することができるが、これはメンテナンス費用とのトレードオフの関係にあるといえる。

Fayoum 県の Aros & Abo Seer では、90 農家中 58 農家（64%）がポンプを所有していない。Fayoum 県の大部分は重力灌漑が可能であるため、他のナイル渓谷やナイルデルタ地域と異なり、農地への灌漑にディーゼルポンプを使用しない農家も多い。したがって、Fayoum 県では、現在の灌漑方式と近代灌漑システムとの投資・O&M コストの差が大きくなり、農家の近代灌漑システム導入への動機付けのハードルが高くなる可能性がある。

3）農村金融

本調査対象農家のうち約 16%が金融機関からお金を借りていると回答している。Abo Shosha 地区では、融資を受けている割合は 20%（90 人中 18 人）、Aros & Abo Seer 地区では 18%（90 人中 18 人）、Kased 地区では 10%（90 人中 9 人）であった。借入を行っている農家は Kased が最も少ないが、平均借入額は Kased 地区の 65,875 LE/HH が最も多く、次いで Abo Shosha 地区の 42,375 LE/HH、Aros & Abo Seer 地区の 32,118 LE/HH となる。

借入先の中で最も回答数が多い金融機関はエジプト農業銀行（ABE）が 85%以上、次いで Banque Misr（7%）、Qahera Bank（7%）等の民間商業銀行が続く。融資の主な目的は農業が 70%近くを占め、次いで家畜が 14%であった。その他の理由として、車購入や生活環境の改善等があげられる。

平均借入金額は約 42,000 LE である。Kased 地区の平均借入額は 65,875 LE と最も高い。Kased 地区では、他の地域と比較して、タマネギなどの高価値作物を栽培している農家が多い。これらの農家は、伝統的な作物を栽培している農家よりも多くの資金を借りている。そのため、Kased 地区の平均借入額は、他の 2 地域に比べて大きいものになっていると考えられる。

金利については年率 5%という回答が最も多かった。金利については、年 5%と答えた農家が全体の約 30%を占め、次いで年 12%、年 16%となっている。単純平均金利は年あたり 12%、最大金利は年あたり 30%である。

3.9.7 近代圃場灌漑施設に対する認識および導入に係る意向

近代圃場灌漑施設については農家経済調査において質問票を用いてその認識、および導入についての意見を聞き取っている。これに加えて、環境社会配慮の一環で実施したステークホルダー協議においても近代圃場灌漑施設の導入についての意見、意向を聞き取っている。以下に、これらの結果について述べる。

1）農家経済調査において聞き取りした結果

図 3.9.9 は、調査対象農家がドリップ灌漑とスプリンクラー灌漑について知っている回答した人数の割合である。3 優先地区の平均で、調査対象農家の 64%がドリップ灌漑システムについて知っている。スプリンクラー灌漑システムについては、平均 43%が知っており、ドリップ灌漑システムよりもその認知度は低い。ほとんどの農家は、砂漠の新規開拓農地（New Lands）で実際に行われている近代灌漑システムを見たことがあるため、近代灌漑システムについて認識しており、新規開拓農地ではドリップ灌漑がスプリンクラー灌漑よりも実践されていることがこのような結果になったと考えられる。

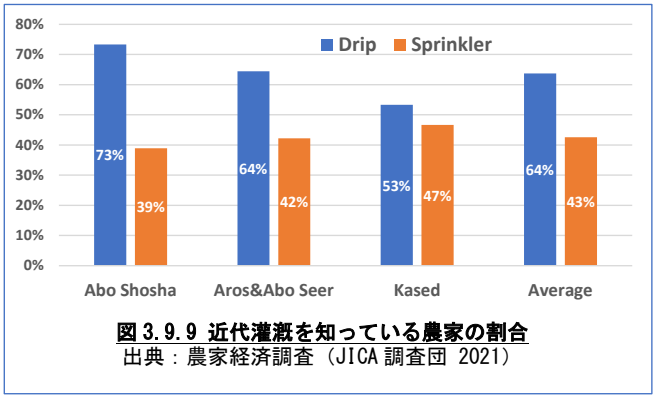


図 3.9.9 近代灌漑を知っている農家の割合
出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

当該調査対象農家の中で近代灌漑システムを導入している農家は皆無であるが、近代灌漑システムに対する農家の認識を図 3.9.10～3.9.13 にまとめる。ドリップ灌漑、スプリンクラー灌漑ともに、農家が考える利点は「節水」が最も多く、次いで「施肥量の軽減」、「生産性向上」である。

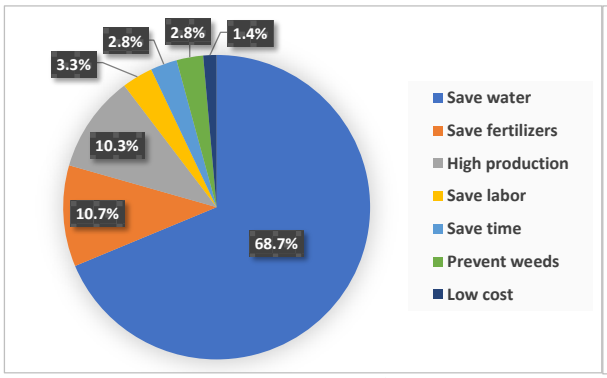


図 3.9.10 農家が考えるドリップ灌漑のメリット
出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

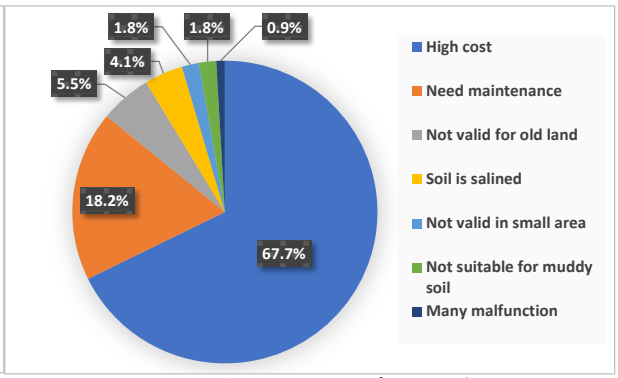


図 3.9.11 農家が考えるドリップ灌漑のデメリット
出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

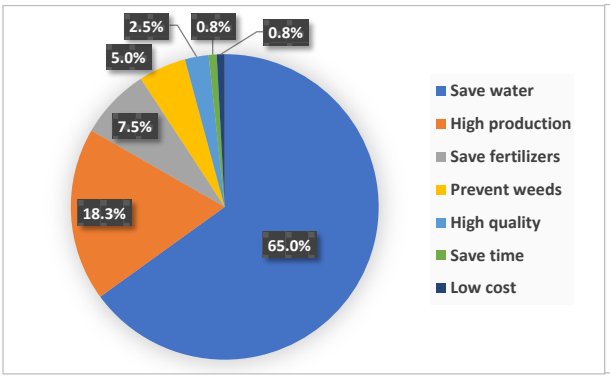


図 3.9.12 農家が考えるスプリンクラー灌漑のメリット
出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

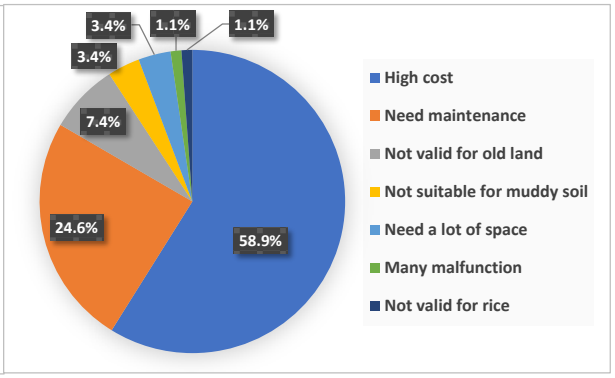


図 3.9.13 農家が考えるスプリンクラー灌漑のデメリット
出典：農家経済調査（JICA 調査団 2021）

デメリットとしては、近代灌漑システムへ投資や運用・保守にかかるコストの高さをあげる農家がほとんどである。また、旧耕地（Old Lands）に近代灌漑システムを導入することに不安を感じている農家もいる。こうした結果から旧耕地における近代灌漑システムの普及にあたっては、土壌条件などの適性や費用便益について、近代灌漑システムへの投資を考えている農家に説明することが必要であると考えられる。

本調査では、「ドリップ灌漑システムのコストが 42,900～57,000 LE/ha であれば、導入したいと思うか」との質問を行った。その結果、約 9 割の農家が「いいえ」と回答した。この「いいえ」の理由で最も多かった理由は、ドリップ灌漑システムのコストが高いことで、「いいえ」と回答した 9 割の回答者のうち 73%を占めている。スプリンクラー灌漑システムについても、「スプリンクラー灌漑システムのコストが 42,900～57,000 LE/ha[3]であれば、導入したいですか」と質問を行った。その結果、ドリップ灌漑と同様に 96%の農家が「いいえ」と回答し、その理由として「コストが高い」が最も多く、「いいえ」と回答した 96%のうち 64%を占めている。

上記の結果から、農家が近代的灌漑システムを導入する上で、コストの高さが主な制約要因になると考えられる。したがい、農家が近代灌漑システムを導入しやすくなるような資金スキームが必要であるといえる。考えられる資金スキームとしては、譲許的融資、無担保融資、土地税徴収にあわせた費用回収スキームなどが考えられる。現在、エジプト農業銀行が行っている融資制度では、農家は土地を担保にしなければならないため、融資の活用に消極的である。また、土地税の徴収の際に費用回収をあわせて行う方法については、Meska 改善プロジェクトにおいて実施されている。

2）ステークホルダー協議において聞き取りした結果

ステークホルダー協議 [4]は、農家調査を行った計 9 村を対象に実施した。ステークホルダー協議は、Abo Shosha 地区（Beni suef 県）の 3 村を 2022 年 11 月 13 日～15 日、Aros & Abo Seer 地区（Fayoum 県）の 3 村を 2022 年 12 月 4 日～6 日、Kased 地区（Gharbia 県）の 3 村を 2022 年 12 月 27 日～29 日に実施した。

ステークホルダー協議は、水資源灌漑省の IIS（Irrigation Improvement Sector）が主催し、各村の農家および農業従事に関係するコミュニティー関係者を集めて実施した。ステークホルダー協議は、各地域に設置されている公共施設（Municipality office, youth center 等）または農家代表の家屋に参加者を参集し、会議方式により開催した。参加人数は、各村で 16～39 人/村であり、9 村合計で 260 人が参加した。

ステークホルダー協議では、近代圃場灌漑施設導入に係る以下の事項に関して、協議を行った。

- 近代的圃場灌漑施設の施設構成の説明（施設のコストについては説明していない）
- 近代的圃場灌漑施設の導入に対する以下の詳細な意見徴収・集約
  - ✓ WUA をベースとした施設の導入
  - ✓ Meska の改修方法
  - ✓ 節水機器の種別（スプリンクラー、ドリップ、両機器併用）
  - ✓ 償還方法
  - ✓ 導入の意思確認

協議での詳細の質問内容と意見徴収・集約結果を地域別に表 3.9.8～3.9.10 に示す。近代圃場灌漑施設の導入に対する意識は地域間でモチベーションに差異が見られた。最も導入に対して積極的なのはデルタ地域の Kased 地区（Gharbia 県）の農民であり、ついで上エジプト地域の Abo Shosha

[3] 本農家調査は、調査団が 2022 年価格で積算を行う以前の、2021 年 9 月当時に MWRI への聞き取りによる金額を基礎に農家の意向を聞き取っている。事業費の積算および事業評価は、2022 年価格で再度調査を実施した上で行っているので、近代灌漑施設整備費も農家所得レベルも、本事業計画と本節の価格レベルとは異なるものとなっている。

[4] ステークホルダー協議は、環境社会配慮の一環として行われるもので、事業計画に対する住民の意向の確認および意見の反映等を目的とするものである。

地区（Beni Suef 県）、最も導入に対して懐疑的な姿勢を取ったのは上エジプト地域の Aros & Abo Seer 地区（Fayoum 県）の農民であった。

Aros & Abo Seer 地区では、導入に際し農家が所有する農地サイズが小さいことを問題として挙げており、グループ単位での施設の導入に対し不安を憶える農家が多いことが特徴として挙げられた。Aros & Abo Seer 地区での導入を図る場合、施設の規模・組織化に際し、それらの特徴に留意する必要がある（なお、本準備調査では Quaran 湖と Rayan 湖への影響の点から Fayoum 県における近代圃場灌漑施設の導入は提案しないこととしている。4.10 章を参照）。

共通して強く望まれた事項として、開拓農地である新農地（New lands）[5]での成功事例を見聞きしており魅力を感じるものの、従来の旧農地（Old lands）での成功事例を経験していないため、デモンストレーション圃場での実証を示してほしいとの要望が挙げられた。近代的圃場灌漑施設導入後の栽培方法やマーケティングにかかる要望も挙げられおり、事業によるソフト支援（組織化・技術支援）の中で、これらの農家の要望を満足するための技術支援活動が重要であることが確認された。

表 3.9.8 近代圃場灌漑施設導入にかかる意見徴収・集約結果（Abo Shosha, BeniSuef）

Items	Dashtot (Water condition/ Good)	El Mahmodya (Water condition/ Moderate)	Mazora (Water condition/ Shortage)
1. WUA をベースとした（農家グループをベースとした）近代圃場灌漑施設の導入に賛成か？（Yes/No）	Yes	Yes	Yes
	【代表的な意見】 • WUA による運用が必要であること同意する。 • WUA には近代圃場灌漑施設の経験を有した農家（含む大規模農家）の参加が望ましい。		
2. Meska 改良を行う場合、開水路タイプと暗渠タイプのどちらがよいか？（開水路タイプ//暗渠タイプ）	開水路タイプ	暗渠タイプ	開水路タイプ
	【代表的な意見】 • （「開水路タイプ」を選択した理由）水路が閉塞した場合の修繕が容易であり、水を目視することができる。 • （「暗渠タイプ」を選択した理由）水路へのゴミの投棄がひどく、暗渠によりこれを防ぎたい。		
3. 近代圃場灌漑施設の導入機器としてどの機器を使用したいか？（Drip or Sprinkler or Combination use）	Combination use	Combination use	Combination use
	【代表的な意見】 • デモンストレーション圃場を設置し、どの作物に対して、どのタイプの節水器具が最も有効であるのか、実証をしてほしい。 • 節水器具の使用について、方法・技術を上記圃場で示してほしい。 • 水利用のことを考えると、グループによる同一作物の栽培が好ましいと思うが、全ての農家の総意を得ることは難しいと思う。		
4. 近代圃場灌漑施設の導入によりどのような作物を栽培したいか？	Sugar beet, wheat, berseem, aromatic plant	Wheat, berseem, potatoes, maize	Wheat, berseem, maize, potato, aromatic plant
	【代表的な意見】 • 現在作付けしている作物と同じものの栽培を継続したい（上記の作物は既存の栽培作物）。		
5. コストの償還方法はどの方式がよいか？（銀行融資、土地とあわせた徴収等）	どちらでもよい	どちらでもよい	どちらでもよい
	【代表的な意見】 • 銀行融資または土地税と一緒の場合の徴収方法の具体的な違いがイメージできない。 • 自分達としては、利率が０であれば、どの償還方法であっても構わない。		
6. 近代圃場灌漑施設の導入に賛成か？（Yes/No）	条件付きで Yes	条件付きで Yes	条件付きで Yes
	【代表的な意見】 【Dashhot village】 • 近代的圃場灌漑施設に対する知識がないので、導入によりどのような効果があって、収益が向上するのか知識をまずは得たい。 • 開拓地の農地（New lands）でトマトの栽培事例を知っており、成功している		

[5] 砂漠における灌漑農業開発を意味するが、灌漑施設の整備は MWRI 配下の Horizontal Expansion Sector が担当、農地開拓は MALR 配下の Executive Authority for Land Improvement Projects が担当する。灌漑農地の整備後に入植がなされるが、入植にあたっては特段の補助金等の施策はないために、多くは大規模農家、企業的農家が近代圃場灌漑施設を導入して市場向け作物や輸出向け作物を栽培している。

Items	Dashtot (Water condition/ Good)	El Mahmodya (Water condition/ Moderate)	Mazora (Water condition/ Shortage)
	ことを知っている。New lands を見学し、施肥量が少なく、収量が高いというメリットを知った。しかし、村の中の農地において（Old lands において）使用されている例はなく、各農家は事例を学ぶ必要がある。 • 村の中にデモンストレーション圃場を設置して、成功事例を示してほしい。自分の農地（従来農地：Old lands）に適するのか結果を見たい（導入の条件）。 【El Mahmodya village】 • 近代的圃場灌漑施設が多くの利点を有することを知っている（収量増、節水効果大、費用削減効果（施肥・労力）等）。一方、Old lands（自分達の農地）で有効であるのかどうか成功事例を知らない。施設導入の前に、デモンストレーション圃場を設置し、実証を行ってほしい（導入の条件）。 • デモストレーション圃場の設置について、自分達の農地を提供すること可能である。 【Mazora village】 • 自分達の村では、New lands 農地を有する農家が多数おり、近代的圃場灌漑施設にかかる New lands での成功事例を知っている。一方、Old lands でうまく適合できるのか事例を知らないので、デモンストレーション圃場（例えば 2 feddans の農地）による実証で成功事例を示してほしい（導入の条件）。		

出典：JICA 調査団

表 3.9.9　近代圃場灌漑施設導入にかかる意見徴収・集約結果（Aros & Abo Seer, Fayoum）

質問内容	Masara Arfa (Water condition/Good)	El Gafra (Water condition/ Moderate)	Bahr Abo Elmer (Water condition/ Shortage)
1. WUA をベースとした（農家グループをベースとした）近代圃場灌漑施設の導入に賛成か？（Yes/No）	No	No	No
	【代表的な意見】 • （No の理由）導入する近代的圃場灌漑施設の規模感が大きいと感じる。5 karat（5/24 feddan）以下の農地面積の農家が多く存在するため、導入する施設の規模が大きすぎると農家の数が多くなり、グループによる導入・管理に不安を憶える。 • （No の理由）近接する農家であっても、グループによる導入に同意を得られるか不安がある。		
2. Meska 改良を行う場合、開水路タイプと暗渠タイプのどちらがよいか？（開水路タイプ//暗渠タイプ）	開水路タイプ	開水路タイプ	開水路タイプ
	【代表的な意見】 • （「開水路タイプ」を選択した理由）水路が閉塞した場合の修繕が容易であり、水を目視することができる。また、水路内の堆砂が少なくなる。		
3. 近代圃場灌漑施設の導入機器としてどの機器を使用したいか？（Drip or Sprinkler or Combination use）	栽培作物による	栽培作物による	Combination use
	【代表的な意見】 • （「栽培作物による」を選択した理由）Sprinkler よりも Drip の方が導入コストは高いと思う。栽培する作物によって導入したい機器は異なる。 • （「栽培作物による」を選択した理由）近代的圃場灌漑施設にかかる知識を持ち合わせていない。 • （「Combination use」を選択した理由）Berseem（牧草の一種）など特定の作物はスプリンクラーが適している。作物によって選択できる Combination use が最適と思う。		
4. 近代圃場灌漑施設の導入によりどのような作物を栽培したいか？	Wheat, berseem, maize, cabbage, tomato, leek, onion and cucumber	Wheat, berseem, potatoes, maize	Wheat, berseem, maize
	【代表的な意見】 • 現在作付けしている作物と同じものの栽培を継続したい（上記の作物は既存の栽培作物）。		
5. コストの償還方法はどの方式がよいか？（銀行融資、土地とあわせた徴収等）	銀行融資 (Agricultural bank)	銀行融資 (Agricultural bank)	銀行融資 (Agricultural bank)
	【代表的な意見】 • 銀行融資を選んでいるものの、土地税とあわせた徴収のシステムはよくわからない。どのような違いがあるのかわからない。		
6. 近代圃場灌漑施設の導入に賛成か？（Yes/No）	No	No	No
	【代表的な意見】 【Masara Arfa village】 • New lands で近代的圃場灌漑施設が大きく成功していることを知っている（収量増、水使用量減、施肥量減、生産コスト減）。ただし、Old lands で導入している事例を見た事がない。 • 各農家間で農地サイズに差がある。また、農地の標高差に差がある。これらの条件があり、近代的圃場灌漑施設の導入がうまくいくか心配である。		

	【El Gafra village】 • New lands での近代圃場灌漑施設の導入事例を見た事はあるが、Old lands での導入事例を見た事がなく、成功するか不安である。 • 近代的圃場灌漑施設導入は、コストが高いイメージがあり、Old lands に対する導入は難しいのではないかと感じる。 • 各農家の土地が小さいため、この状況下では近代的圃場灌漑施設導入は難しいのではないかと感じる。 • デモンストレーション圃場を設置してほしい。 【Bahr Abo Elmer village】 • 各農家の土地が小さいため、この状況下では近代的圃場灌漑施設導入は難しいのではないかと感じる。最大でも 10 feddan 以下の施設構成とする必要がある。 • 導入はコスト次第である。

出典：JICA 調査団

表 3.9.10 近代圃場灌漑施設導入にかかる意見徴収・集約結果 (Kased, Gharbia)

質問内容	Mahlet Menouf (Water condition/ Good)	Shobra barola (Water condition/ Moderate)	Damat (Water condition/ Shortage)
1. WUA をベースとした（農家グループをベースとした）近代圃場灌漑施設の導入に賛成か？ (Yes/No)	Yes	Yes	Yes
	【代表的な意見】 • WUA ベースによる施設導入および運用は容易であると思う。		
2. Meska 改良を行う場合、開水路タイプと暗渠タイプのどちらがよいか？ (開水路タイプ//暗渠タイプ)	両タイプ併用	両タイプ併用	開水路タイプ
	【代表的な意見】 • （「両タイプ併用」を選択した理由）住宅地を通過する Meska のみを暗渠、農地を通過する Meska は開水路としてほしい。開水路の方が水路の維持管理および水位の確認が容易である。一方、住宅地では家庭ゴミの投棄を防ぐため、暗渠としてほしい。		
3. 近代圃場灌漑施設の導入機器としてどの機器を使用したいか？ (Drip or Sprinkler or Combination use)	Combination use	栽培作物による	栽培作物による
	【代表的な意見】 • デモンストレーション圃場を設置し、どの作物に対して、どのタイプの節水器具が最も有効であるのか、実証をしてほしい。 • 栽培する作物によって、導入機器を選択したい。 • 最適な作物と導入機器の組み合わせについて、可能であればプロジェクトから推奨してほしい。		
4. 近代圃場灌漑施設の導入によりどのような作物を栽培したいか？	現状と同じ作物 (Traditional cops and vegetables)	現状と同じ作物 (Traditional cops and vegetables)	現状と同じ作物 (Traditional cops and vegetables)
	【代表的な意見】 • 現在作付けしている作物と同じものの栽培を継続したい。		
5. コストの償還方法はどの方式がよいか？ (銀行融資、土地とあわせた徴収等)	銀行融資 (Agricultural bank)	土地税による徴収	土地税による徴収
	【代表的な意見】 • （「銀行融資」を選択した理由）銀行融資の方が慣れている。 • （「土地税による徴収」を選択した理由）Improved Meska を導入する場合の償還方法と同じであり、慣れている。また、銀行融資の場合、土地を担保とする必要があるが、土地税と一緒の徴収の場合はその心配もない。		
6. 近代圃場灌漑施設の導入に賛成か？ (Yes/No)	Yes	条件付き Yes	Yes
	【代表的な意見】 【Mahlet Menouf village】 • New lands における適用事例を知っている。Olds lands でも成功するかもしれないとの期待を持っている。本事業による近代的圃場灌漑施設の導入に大きな興味を持っている。 • デモンストレーション圃場の設置・実証を通じて、Old lands による運用および成功事例にかかる試行を行ってほしい。 【Shobra barola village】 • 本事業による近代的圃場灌漑施設の導入に期待している。 • デモンストレーション圃場の設置による成功事例を先に知りたい（導入の条件）。 【Damat village】 • 事業による近代的圃場灌漑施設の導入を希望する。 • デモストレーション圃場の設置・実証を事業コンポーネントに取り込んでほしい。		

出典：JICA 調査団

3.10 エジプト国農業セクターに関する金融サービスの現状

本節では、エジプト国金融市場の発展状況や農業セクターに関する金融サービス、さらに農業金融に係る規制の枠組み等を整理する。なお、ここで対象とするのは主として近代圃場灌漑施設の導入にあたって想定される金融機関や金融サービス支援である。

3.10.1 エジプト金融市場の発展

エジプト中央銀行（CBE）の統計月報「Monthly Statistical Bulletin No. 308」（2022 年 11 月）記載の関連統計によれば、エジプトでは金融市場の発展段階が成熟期に入りつつある。まず、2021/22 年度末時点の預金総額は 7 兆 3,696 億 EGP で、2021/22 年度の名目 GDP 総額 7 兆 8,425 億 EGP の 94.0%に相当する。エジプトの一人当たり名目 GDP が 4,504US$であることを勘案すれば比較的高い水準にある。同時点で銀行セクターの負債の 73.3%は預金であり、しかも預金に占める自国通貨建ての割合が 85.4%と高い。

国内信用は 6 兆 7,576 億 EGP（対 GDP 比 86.2%）に達しており、金融深化も比較的高い水準にあるといえる。ただし、残された課題として、国内信用の民間向けが 2 兆 1,782 億 EGP（国内信用の 32.2%）にとどまっていることから、政府部門のウェイトが大きい金融資産構造となっていることが垣間見える。

3.10.2 農村・農業金融サービスの現状

信用包摂の観点からは、関連統計データが示す通り、近年、エジプトの銀行セクターは個人向け金融サービスを拡充させていることが伺える（下図参照）。

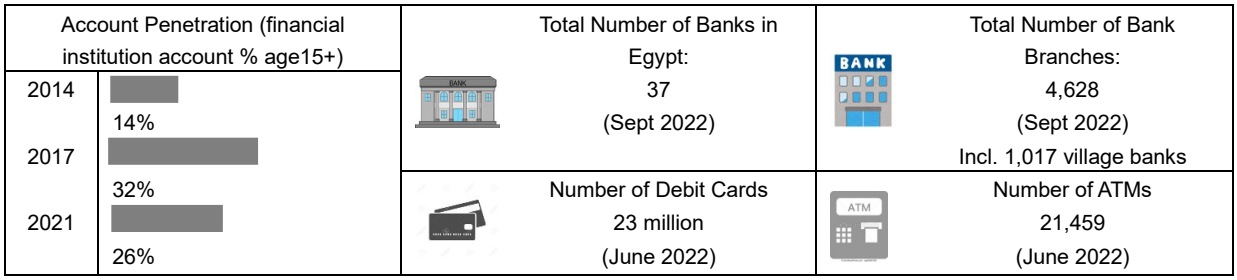


図 3.10.1 エジプトにおける金融包摂

出典：世銀 Global Findex Database 2021（2022 年）[1]、エジプト中央銀行 Monthly Statistical Bulletin No.308（2022 年 11 月）[2]
備考 1：農村における口座の浸透率は、6%（2011 年）、10%（2014 年）、29%（2017 年）と推移。
備考 2：エジプト中央銀行 Annual Report 2017/18（p.8）によれば、携帯財布利用者数は 1,200 万人超。

他方、銀行セクターにおける農業向けローンの関連データを見れば、農家の資金需要に必ずしも応えていない状況が推察される。銀行の貸出残高 3 兆 5,647 億 EGP（2022 年 6 月末）のうち非政府部門向けは 2 兆 2,081 億 EGP であるが、農業向けはわずか 527 億 EGP（非政府部門向け貸出比 2.4%）にとどまっている。要素費用表示の GDP における農業部門の割合が 12.1%（2020/21 年度）であることを勘案すれば（出典：IMF Country Report No.21/163 Arab Republic of Egypt (2021 年 7 月）p.34 [3])、エジプトでは農業向け貸出は僅かであると言える。

一般に、銀行は、気象変化等による収穫高や価格の変動性リスク、生産リスク、操業リスクといった農業に固有なリスクに起因する農業向け貸出の難しさに直面している。それ故に、世界各

[1] https://www.worldbank.org/en/publication/globalfindex/Data
[2] https://www.cbe.org.eg/en/EconomicResearch/Publications/Pages/MonthlyStatisticaclBulletin.aspx
[3] https://www.elibrary.imf.org/view/journals/002/2021/163/002.2021.issue-163-en.xml

国の農業向け貸出市場では、農業専門の国有商業銀行あるいは政府系金融機関が極めて重要な役割を果たしている。

エジプトでは、エジプト農業銀行（ABE）という政府系銀行が農業向け貸出市場を独占している。ABE は農業向け融資の約 7 割を占め、1,207 の支店網（エジプトの全ての銀行の店舗数の 26.4%）を有している。預金者数は 270 万人で、ローン顧客数は 170 万人（うち半数は「極貧地域」に所在）となっている。

一方、マイクロファイナンス活動に関する大統領令 No.141（2014 年 11 月 3 日）や金融監督庁（FRA）規則の下、約 450 ものマイクロファイナンス機関（MFI）（2015 年 5 月現在）が存在する。マイクロファイナンス機関は全体で 84 万の借入人を有し、貸出残高は 2 億 8,540 万 US$（45 億 EGP）であり、エジプト貸出市場、また農業向け貸出市場に比べても、その規模は僅かである。また、農村・農業向け貸出市場においてマイクロファイナンス機関がどの程度、量的・質的補完という役割を果たしているかは、客観データがないため明らかではない。

3.10.3 エジプト国農村・農業金融にかかる規制の枠組みと支援政策

ABE が農業向け貸出市場で約 70%のシェアを持ち極めて重要な役割を果たしていることを勘案すれば、まず、同銀行の業務を監督する CBE による規制の枠組み（中央銀行に関する法令 No.88（2003 年））を理解しておくことは重要である。

CBE アニュアルレポート 2019/20 年度版によれば、CBE はエジプトの銀行の財務健全性を維持すべく、最低所要自己資本や流動性比率、一顧客および関連企業に対する集中度合いや海外投資にかかる上限、期間・通貨にかかる資産・負債のミスマッチ消化といった規制基準を確立している。

現行のプルーデンス規制の下では、ABE を含む銀行は 10%の最低自己資本比率（CAR）を満たすことが求められている。バーゼルIIIによるレバレッジ比率についても遵守することが求められている。また、流動性リスク管理については、自国通貨、外貨それぞれにつき安定調達比率（NSRF）100%とともに、2019 年 10 月以降、流動性カバレッジ比率（LCR）100%も求められている。さらに、各銀行の財務データの正確性を担保するため、CBE は銀行に対し、自己資本充実度評価プロセス（ICAAP）を実施することや、国際財務報告基準 IFRS 第 9 号の基準による財務諸表の作成を求めている。

ABE は CBE のプルーデンス規制を遵守しなければならない一方、農業専門の政府系銀行としては、その使命を果たすことが強く求められている。使命とは、「ABE は、社会において金融包摂を深化させることを通じて国内経済に対する付加価値を実現する。顧客（農民、市民）のニーズに合致した銀行サービスや農業サービスを統合したパッケージとして提供することにより、農業セクターを支援・開発する。そして、農業・関連分野における中小企業に対する支援・資金供与を行う。」である（出典：ABE ウェブサイト [4]）。同時に両方の要請に対して継続的に応えていくことは決して容易な任務ではない。

エジプトの農業セクター開発の観点から、現在、政府/MALR は農家向け金融支援政策を実施しているが、エジプトの農業向け貸出市場における主要プレーヤーである ABE が農家に対しては次のような政策融資プログラムを提供している。

[4] https://abe.com.eg/vision-mission-and-mission/?lang=en

表 3.10.1 農民向け政策融資プログラム

1	Eligibility of beneficiary farmers	Egyptian farmers
2	Loan purpose	Equipment for modern irrigation (drip, sprinkler, solar system pump, etc.)
3	Maximum loan amount	EGP15,000 (/fed for drip irrigation), EGP20,000 (/fed for sprinkler)
4	Loan maturity	5 years
5	Grace period	6 months
6	Interest rate	5%
7	Collateral objective and requirement	No collateral (but CBE facilitates credit guarantees to ABE)
8	Requirement for credit guarantor(s)	n.a
9	Criteria for a sub-loan decision-making	n.a
10	Performance of the Loan Scheme (6 months since the launch of the program)	No. of disbursed loans (No.): 1,000 Disbursed loan amount (LE): n.a Repayment ratio of the loan (%): n.a

出典：エジプト農業銀行に対するヒアリング（2021 年 7 月）

3.10.4 近代灌漑設備整備のための現行金融スキームの概要

1）Meska 支払い方式

Meska 返済システムは、エジプトの近代的な圃場灌漑開発を強化するために有効に機能している。Meska や Marwa を整備するプロセスでは、農家が対象となる Meska から自分の農地に灌漑を行いたい場合、まず関係する農家や MWRI との間で合意を形成する。次に、農家は水利組合（WUA）を組織する。第三に、MWRI は自前の予算で改良型 Meska の設計・建設を実施する。建設費用は受益農家の負担となる。各受益農家の分担費用は各農地の大きさに応じて決定される。

返済負担は、各農家が毎年税務署に土地税を支払う（税務署の地方事務所職員が徴収する）際に、Meska 改善償還分も併せて支払う。つまり、5 年（ポンプの場合）または 20 年（水路施設の場合）で Meska 改善に要した事業費を政府に返済することになる。この返済システムでは、土地税の支払い領収書がなければ政府による補助金付き肥料を購入できないため農家が安易に土地税を滞納することはなく、それに伴い徴収される Meska 改善償還分についても、厳格に取り立てを行えば、融資スキームで発生する懸念のある不良債権化のリスクを軽減し得る。

もし政府が、農家が機器（スプリンクラーやドリップ灌漑など）を購入する近代的な灌漑開発プロジェクトに Meska の返済システムを適用することに同意すれば、第一に、各農家の返済負担が大幅に軽減されるため（償還期間 10 年、無利子）、受益農家にとってはこのシステムが望ましいといえる。なお、農家が集まって一つの集合ポンプからスプリンクラーやドリップを操作する圧力水を受けるためには、当該ポンプ係りの関係農家が集まって WUA を設立することが必須となる。

2）水資源・灌漑省およびエジプト国立銀行・農業銀行との協力に基づく金融スキーム

MWRI とエジプト国立銀行（NBE）との協定（2018 年 6 月）では、農家が近代的な灌漑システムを設置するために融資を申請したい場合は、まず、計画の詳細（面積、灌漑源、設備など）について MWRI の承諾を求める。次に、MWRI が提出された計画内容に基づいて、申請者の申請に対する評価を行う。そして、最終的に NBE が、MWRI の灌漑計画に対する承認に基づいて、内部の融資手続きを行うこととなる。融資条件は、金利 5%、返済期間 5 年である。

同スキームは、銀行が農民の灌漑計画を評価する機能を政府機関（ここでは MWRI）に委ねるという、典型的な政策に基づく制度融資である。その意味で、エンドユーザーである農民を支援するために MWRI と協力したいという強い意思と農業金融ノウハウがあれば、どの銀行でも実施可能である。しかし、銀行の調達コストによっては、期待される総資金利鞘（NIM、純金利収入／

資金運用残高）が、銀行の通常のスプレッドマージンよりも少なくなることが懸念される[5]。現実的には国有商業銀行である NBE か、唯一の農業専門の政策金融機関である ABE が、MWRI と共同で行うこの種の金融スキームにおける唯一の参加銀行候補となる。

そうした文脈の中で、MALR に対する現地インタビュー（2021 年 10 月）によれば、近代灌漑施設整備のためのプログラムに関し、MALR、MWRI、MOF および ABE と NBE が合意し、2021 年 9 月 1 日に同プログラムが開始した。これは 4 年間のプログラムで、370 万 feddan（約 155 万 ha）への近代灌漑設備の導入を予定しており、エジプトの全農地面積約 384 万 ha（出典：2017 年中央統計局）の約 4 割をカバーする計算となる。ただし、予算総額は全体で約 1,100 億～1,500 億 EGP（約 70 億～96 億 US$）であり、政府予算から 6,000 万 EGP を手当てしたところである。取扱金融機関は NBE および ABE の 2 行で、農家への貸付金利ゼロ、返済期間 10 年間と優遇条件となっている。

3）MALR、MWRI、MOF および ABE と NBE 合意による近代圃場灌漑施設導入にかかる金融支援

上述の MALR、MWRI、MOF および ABE と NBE が合意している近代圃場灌漑施設の導入にあたっての農民への金融支援について、現行のプロトコルや付属書を基にその内容を以下に要約する。なお、関係する 5 者間の Protocol of Joint Cooperation が署名されたのは 2021 年 8 月 5 日である（本文書は第 7 条にて confidential 扱いとされている）。

- ✓ MALR と MWRI は近代圃場灌漑施設の導入にあたって技術的な設計、建設における工事仕様書や契約書の準備、また工事の監督、施設の完成検査等を行う。この近代圃場灌漑施設の導入にあたっては銀行（ABE と NBE）が指定する書面を農民グループ（WUA）が準備し、それを MALR や MWRI を通じて銀行に提出、銀行が承認した後の工事実施となる。

- ✓ パイロット的な実施として、Qalyubia 県と Beni Suef 県で近代圃場灌漑施設の導入を始めることとする。各々の県での目標は原則すべての農地を対象としており、前者で 158,000 feddan、後者で 275,000 feddan、また予算額は各々2.8 billion EGP と 5.0 billion EGP の計 7.8 billion EGP（約 550 億円）である。なお、feddan あたり単価としては、15,000～18,000 feddan と見積もっているが、この金額は極めて小さい。

- ✓ 農民あるいは WUA への ABE もしくは NBE からの貸し付け条件は無利子、無担保、そして施設完成後の翌年から 10 年間での銀行への返済が求められる。ABE と NBE にとっては無利子での貸し付けでは財務的に持続しないため、財務省（MOF）が 3%の利子相当分を ABE と NBE に支払うこととしている。

- ✓ 融資を受けた農民や WUA からの返済滞納が発生した場合、担保は設定されていないため、代わって、政府補助金で支給されるパンや化学肥料へのアクセスをできなくすることを予定している（エジプトでの貧困層向けパンは市場価格の約 1/10 程度の価格、また化学肥料は約 2/3 が補助金で賄われている）。

近代圃場灌漑施設を導入する場合の方式については、3 種類が規定されている。すなわち、1）MALR や MWRI が農民に代わって近代圃場灌漑施設に関する工事を行うが、この場合 Meska 改善を含めることができる、2）WUA が自ら近代圃場灌漑施設を導入するが、この場合 Meska 改善を含めることができる、そして 3）個々人の農家が近代圃場灌漑施設を導入するに際してローン

[5] 銀行預金（6 ヶ月超 1 年以下）の市場金利は 2022 年 10 月 27 日時点で平均 8.7%、銀行ローン（1 年以下）の市場金利は平均 11.2%となっている。（出典：エジプト中央銀行 Monthly Statistical Bulletin No.308, 2022 年 11 月）

を貸し付ける、といった方法である。

上記 1）の MALR や MWRI が農民に代わって近代圃場灌漑施設に関する工事を行う場合でも、当然、WUA と銀行（ABE もしくは NBE）との間でのローン契約は必要となるが、近代灌漑施設の設計、仕様作成、建設業者や機器類納入業者の調達、工事監督、そして完成検査等はすべて MALR や MWRI が担当することとなる。上記 2）の方式の場合は、農民や WUA 自らが MALR や MWRI の助言を受けつつも、主体的に実施していくこととなる。

上記 1）の方式については、農民の合意を取りながら MALR や MWRI が業者を調達して近代圃場灌漑施設の建設を行っていくため、過去実施されてきた Meska 方式に近いといえる。ただし、農民や WUA は担保を求められないものの、ABE もしくは NBE とローン契約を結ぶことが必要であり、かつローンの償還はこれら銀行に対して行うこととなる。このため Meska 方式と比較し、銀行取引のプロセスが加わることとなる。

3.10.5 資金調達に関する家計調査の結果

調査団実施の家計調査の結果によれば、銀行借入のある農家の割合は全体の 16%であり、そのうち 85%の農家は ABE からローンを調達している。1 件あたりの平均ローン金額は 42,000 EGP であるが、タマネギなど高付加価値産品が生産される Kased 地区では 65,875 EGP で、Abor Seer 地区では 32,118 EGP となっており、地域的なバラツキが見られる。なお、平均ローン金額は、各地域に存在する農家の所有農地の広さや収益性と関連性があるものとみられるが、当然、同一地域内でも大規模農家と小規模農家は存在し、資金調達の条件には格差が認められる。ローンの金利条件は 5%との回答が最も多く（全対比 30%; MWRI 経由の公的融資）、それ以外は金利水準 12%～30%のレンジに分散している。

銀行借入のある農家のうち 36%の農家が過去に返済遅延があったと回答しており、農家のローン返済能力や事務能力については懸念が拭いきれない。この点、農業向け貸出を行う銀行側が、融資現場でいかに農家顧客の現実的な返済計画策定や返済実行を決め細かく支援できるかにかかってくる。したがって、銀行と連携する場合は、そうした顧客支援能力に係る銀行の能力強化が不可欠となる。他方、資金需要に関しては、灌漑ドリップやスプリンクラーの近代的な灌漑機器を導入する予定のない農家の割合は、それぞれ 36%、96%となっており、未導入の最大の理由は高い導入コストとなっている。

第 4 章　事業計画策定

本章においては、前章までの検討結果を踏まえて円借款による事業実施を前提とした事業計画を策定する。計画は、農業開発計画、灌漑計画（上エジプトの 2 つの優先地区、Kased 地区）、水管理計画、維持管理用機材の調達、近代圃場灌漑計画、水利組合等から構成される。また、近代圃場灌漑を導入した場合の Fayoum 地区に存在する 2 つの湖（Qarun 湖と Rayan 湖）への影響についても考察を行う。

4.1　事業計画策定の方向性と計画策定にあたっての基本緒言の設定

4.1.1　事業計画策定の方向性と想定される事業コンポーネント

第 3 章での調査結果を踏まえ、表 4.1.1 に代替案を含む事業計画の骨子を示す。案 1 は MWRI 管理主体の灌漑施設に重点を置いた案であり、対する案 3 は近代圃場灌漑施設の導入を基本とする圃場レベルでの灌漑水の有効利用に重点を置いた案である。案 2 は MWRI 管轄の灌漑施設に加えて、近代圃場灌漑施設の導入の両方をバランスよく取り込む案である。

想定されるコンポーネントのうち、基幹水路や幹線水路等に関しては中程度の施設の改修を含むことが予想される。したがい、同水路上で数多く確認される操作支障がある分水施設のリハビリや更新、また通水阻害断面の回復が考えられる。なお、基幹水路と幹線水路は連続通水下で運用されているため、浚渫等の維持管理は可能であるが、コンクリートライニングなどの工事は水替えが必要となるため工費が非常に高くなる。代わって、支線水路は間断通水がなされているため、ライニングを含めて土木工事は比較的容易に実施可能である。

圃場内での灌漑水の有効利用や節水については、スプリンクラーやドリップといった近代圃場灌漑施設の導入が想定される。通常、圃場レベルにおける近代圃場灌漑施設の導入の節水効果は、基幹水路から幹線水路、そして支線水路等の改善を通じた節水効果よりも高い。しかしながら、灌漑施設の改善と水管理の向上を伴わない場合、水路の上流と下流で水配分に不均衡が生じ、特に下流部での水不足が著しくなる。結果、下流部における農業生産を高めることは困難となる。

よって、本事業計画では、MWRI 管轄部分の灌漑施設、および近代圃場灌漑施設の導入を組み合わせた案 2 を基本に進めることとする。

表 4.1.1　事業計画策定の方向性（案 2 を採用）

項目	灌漑改善のレベル	想定されるコンポーネント
案 1 末端圃場への衡平な配水を行う	水路の搬送効率の平均値を 85%となるように改修する。Meska 改良および近代灌漑は導入しない。灌漑効率は最大で 55%が期待される。	**〔土木〕** ■基幹水路：水路の通水機能の阻害箇所と断面危険箇所の改修。 ■幹線水路：水路の通水機能の阻害箇所と断面危険箇所の改修、取水・分水施設の改修。漏水対応と部分コンクリートライニングの実施。 ■支線水路：水路の通水機能の阻害箇所と取水・分水施設の改修。漏水対応と部分コンクリートライニングの実施。 **〔機材〕** 維持管理機材の更新・調達、ワークシップ機材の更新・調達。
案 1A 末端圃場への衡平な配水を行う。また、圃場内の水利用効率向上	案 1 を基本として、圃場の効率利用を検討する。水路の搬送効率の平均値を 85%となるように改修し、受益地を含む水路掛かり全体の灌漑効率の 60%以上を目標とする改善レベルの事業を行う。	**〔土木〕** ■基幹水路：水路の通水機能の阻害箇所と断面危険箇所の改修。 ■幹線水路：水路の通水機能の阻害箇所と断面危険箇所の改修、取水・分水施設の改修。漏水対応と部分コンクリートライニングの実施。 ■支線水路：水路の通水機能の阻害箇所と取水・分水施設の改修。漏水対応と部分コンクリートライニングの実施。 ■末端圃場：部分的な Meska 改良およびスプリンクラーまたはドリップ灌漑の導入。 **〔機材〕** 維持管理機材の更新・調達、ワークシップ機材の更新・調達。
案 2 ②末端圃場への衡	水路の搬送効率の平均値を 80%となるように改修し、受益	**〔土木〕** ■基幹水路：水路の通水機能の阻害箇所と断面危険箇所の改修。

項目	灌漑改善のレベル	想定されるコンポーネント
平な配水および圃場内の水利用効率向上	地を含む水路掛かり全体の灌漑効率の 60～65%程度の目標とする改善レベルの事業を行う。	■幹線水路：水路の通水機能の阻害箇所と断面危険箇所の改修、取水・分水施設の改修。漏水対応の実施、状況によりコンクリートライニングも検討。 ■支線水路：水路の通水機能の阻害箇所と取水・分水施設の改修。漏水対応の実施、部分コンクリートライニングの導入。 ■末端圃場：Meska 改良およびスプリンクラーまたはドリップ灌漑の導入。 **〔機材〕** 維持管理機材の更新・調達、ワークシップ機材の更新・調達。
案 3 圃場内の水利用効率向上	末端圃場で Meska 改良および近代圃場灌漑を行う。 灌漑効率は概ね 55%程度が期待される。	**〔土木〕** ■末端圃場：部分的な Meska 改良およびスプリンクラーまたはドリップ灌漑の導入。 **〔機材〕** 維持管理機材の更新・調達、ワークシップ機材の更新・調達。
案 3A 圃場内の水利用効率向上。 また部分的な末端圃場への衡平な配水	案 3 を基本として、水路の通水断面の確保を行う。受益地を含む水路掛かり全体の灌漑効率の 55～60%程度の目標とする改善レベルの事業を行う。	**〔土木〕** ■幹線水路：水路の通水機能の阻害箇所と取水・分水施設の改修。 ■支線水路：水路の通水機能の阻害箇所と取水・分水施設の改修。 ■末端圃場：部分的な Meska 改良およびスプリンクラーまたはドリップ灌漑の導入。 **〔機材〕** 維持管理機材の更新・調達、ワークシップ機材の更新・調達。

出典：JICA 調査団

表 4.1.2 に想定される事業コンポーネントを示す。上述の案 2 に基づく計画の骨子を基に、3 章で述べた現地調査の結果、必要とされるコンポーネントを特定したものである。表に示すコンポーネント 1～6 は MWRI 所管の灌漑水路や灌漑施設に係る新設、更新、リハビリ、また支線水路に関するコンクリートライニング等の実施である。

上記のコンポーネント 1～6 は、一連の土木工事を主とする工種であるが、工事規模や工事内容が異なることからコンポーネント別に計画するものである。コンポーネント 6 は機材の投入・設置を行うが、改善された灌漑施設により適切な水配分を行うための水管理コンポーネントである。コンポーネント 7 は維持管理用の機材調達であり、最後のコンポーネント 8 が近代圃場灌漑施設の導入である。

表 4.1.2　本件事業計画で提案されるコンポーネント

No.	Component	Contents
1	大型の水理構造物建設：Large Hydraulic Structure Construction (LHSC)	連続通水下で運用されている Kased 幹線水路上の 3 つの調整堰に関する新設、および更新（Kased 取水工は新設、Mahlet Menof 調整堰と Sorad 調整堰は更新）。
2	小規模水理構造物建設：Small Hydraulic Structure Construction (SHSC)	既存構造物調査を通じて特定された小規模水理構造物に係る更新・新設（構造物調査にて S1 と判断された水理施設を対象）。
3	水理構造物改修：Hydraulic Structure Rehabilitation (HSR)	既存構造物調査を通じて特定された小～中規模水利施設に係るリハビリ、改修、ゲートの付け替え修理等（構造物調査にて S2 と判断された水理施設を対象）。
4	大型水路改修：Large Canal Rehabilitation (LCR)	2 つの基幹水路（Bahr Yusef と Ibrahimia）、および Kased 幹線水路といった大型水路のリハビリや斜面保護工の実施（連続通水下で運用されているためコンクリートライニングは計画しない）
5	支線水路改修＆ライニング：Branch Canal Rehabilitation and Lining (SCRL)	間断通水下で運用されている支線水路の改修およびコンクリートライニング工の実施（エジプトでは全国 2 万 km を目標とするコンクリートライニング工が実施中であるが、同工事をコンポーネントに取り込む）。
6	水管理：Water Management Improvement (WMI)	水管理機器の設置およびモニタリングシステムの導入。なお、Bahr Yusef と Ibrahimia 基幹水路に関しては 2023 年実施中の New Dirout Group of Regulators 事業において含まれている。したがい、Kased 地区が対象となる。
7	維持管理用機材調達：Procurement of Maintenance Machineries (PMM)	水路維持管理用機材の調達、またワークショップ用機材の調達。
8	近代圃場灌漑入：Modern On-farm Irrigation (MOI)	ドリップやスプリンクラーなどの近代圃場灌漑施設の導入、集合ポンプの設置や近代圃場灌漑の実施に伴う農民への研修。

出典：JICA 調査団

4.1.2 事業対象地域の灌漑面積決定

JICA 調査団と MWRI の関係者が計画策定にあたって問題としたのは、純受益面積（灌漑面積）である。灌漑面積の数値が MWRI 本局や管轄する Directorate 事務所によってまちまちであること、また MWRI の担当者が灌漑面積をいつ決定し、いつどのように更新したかにつき明確な回答が得られないことから、JICA 調査団は計画策定の第一歩として Sentinel-2 衛星によって撮影された画像の解析を行い、実際の作付面積（純灌漑面積）を調べることとした。

1）衛星画像分析による純灌漑面積の算定

作付面積の算出方法は、3.3 章で説明した時系列における灌漑面積（作付面積）を把握する方法と基本的に同じである。ただし、ここではより高頻度・高解像度の画像により、より精度の高い作付面積（純灌漑面積）を算出する。さらに、解析結果を技術的に検証するため、Ground Truth（GT）調査を行っている。3.3 章の解析結果との主な相違点を表 4.1.3 にまとめる。

表 4.1.3 2 つの衛星画像分析手法の比較（LANDSAT 利用と Sentinel-2 利用）

Item		Analysis in Chapter 3.7	This Analysis
Analysis Conditions	Satellite	LANDSAT5, 7 and 8	Sentinel-2
	Resolution	30m x 30m	10m x 10m
	Revisit Frequency	18 days	5 days
	Availability	1984 ~ Present	2015 ~ Present
Analysis Period		21 Seasons (2000 – 2020)	3 Seasons (2017-2019)
Validation		Statistics (Governorate-wise)	GT Survey & Analysis Result of Planning Sector

出典：JICA 調査団

冬作物および一部の通年作物については 2022 年 1 月～2 月に、夏作物および残りの通年作物については 2022 年 8 月に GT 調査による検証を実施した。以下の表 4.1.4 に示すように、衛星データによって作付されている箇所については、すべて実際に圃場で作付けされていることが確認された。

表 4.1.4 作物毎・地域別 Ground Truth 調査の結果（NDVI ピーク値）

Crops		Abo Shosha		Aros & Abo Seer		Kased	
		Th	Max NDVI / Verdict	Th	Max NDVI / Verdict	Th	Max NDVI / Verdict
Winter	Wheat	0.40	0.68 - 0.80 OK	0.40	0.68 - 0.81 OK	0.36 ～ 0.42	0.68 - 0.82 OK
	Clover		0.66 - 0.78 OK		0.76 - 0.81 OK		0.54 - 0.82 OK
	Garlic		0.73 - 0.73 OK				0.45 - 0.45 OK
	Potato		0.73 - 0.81 OK				0.79 - 0.79 OK
	Sugar Beet		0.64 - 0.70 OK		0.78 - 0.81 OK		0.79 - 0.81 OK
	Onion				0.79 - 0.79 OK		0.48 - 0.83 OK
Summer	Maize	0.35	0.47 - 0.47 OK	0.35	0.48 - 0.50 OK	0.33 ～ 0.37	0.49 - 0.51 OK
	Corn		0.39 - 0.50 OK				0.42 - 0.42 OK
	Sorghum				0.52 - 0.52 OK		
	Rice						0.38 - 0.51 OK
	Corn						0.42 - 0.42 OK
	Watermelon						0.39 - 0.39 OK
	Cotton		0.50 - 0.53 OK		0.53 - 0.55 OK		0.45 - 0.53 OK
Permanent	Grapes	0.40	0.51 - 0.75 OK	0.40		0.36 ～ 0.42	
	Mango				0.60 - 0.68 OK		
	Olive				0.61 - 0.72 OK		
	Palm		0.51 - 0.80 OK				0.37 - 0.44 OK
	Laring						0.59 - 0.79 OK

出典：JICA 調査団

2）MWRI の灌漑面積と衛星画像解析による面積の比較

表 4.1.5 は、MWRI の灌漑面積と衛星画像解析による灌漑面積を比較したものである。一見し

て、MWRI の面積が衛星画像解析結果よりも大きいことがわかる。例えば、Minya の灌漑面積は MWRI では 650,000 feddan とされているが、衛星画像分析結果では夏作で 472,395 feddan、冬作で 488,232 feddan しか検出されていない（Nr. 1 参照）。同様に、Beni Suef の MWRI 面積は 349,823 feddan であるのに対し、衛星画像解析では 285,779 feddan と 290,020 feddan（Nr. 2 参照）、Fayoum では MWRI 面積で 490,000 feddan、衛星画像分析結果では夏期 354,965 feddan および冬期 376,904 feddan（Nr.3 参照）である。

Minya、Beni Suef、Fayoum の 3 県にまたがる Bahr Yusef 基幹水路掛かりの面積は、MWRI では 778,102 feddan であるが、衛星画像解析では夏作で 547,013 feddan、冬作で 582,298 feddan である。すなわち、衛星画像解析による面積は、MWRI 報告の面積の 70～75%に相当し、非常に小さいことがわかる（Nr.4 参照）。同様に、Ibrahimia 基幹水路掛かりの 3 県の面積は MWRI 報告では 669,072 feddan であるが、衛星画像解析では夏作・冬作それぞれ 476,439 feddan、479,828 feddan である。衛星画像解析面積は MWRI 面積の約 71～72%に過ぎない。

Abo Shosha、Aros & Abo Seer、Kased 水路掛かり 3 つの優先地区の面積を見ると、MWRI 面積と衛星画像解析面積の差は小さくなっているが、Kased 幹線水路掛かりの冬作面積を除けば前者が大きい（Nr.6、7、8 項を参照）。衛星画像解析による Abo Shosha 地区の灌漑面積は MWRI 面積の約 90%、Aros & Abo Seer 地区の面積は MWRI 面積の約 95～98%となっている。

MWRI の灌漑面積と衛星画像解析による灌漑面積が大きく異なるのは、MWRI が長年にわたって灌漑面積を更新してこなかったか、総面積（Gross Area）を灌漑サービスエリアとしていた可能性がある。総面積には、住宅地、道路、その他の公共施設等の面積が含まれ、一般に、純灌漑面積より 10～20%大きい場合が多い。「3.3 衛星画像解析による作付面積の推移」で述べたように、特に Ibrahimia 基幹水路掛かりでは、人口増加に伴う都市化の影響からか、作付面積が経年的に減少していることがわかる。

夏期の作付面積と冬期の作付面積には若干の差異がある。また、Bahr Yusef 基幹水路掛かりと Ibrahimia 基幹水路掛かりの総面積では、通常、後者の方が 4%程度、夏期の面積より大きい。これは、冬期には作物の消費水量が減少するため、冬期おいては最大の農地面積まで灌漑できるためと考えられる。したがって、設計灌漑面積や灌漑可能面積は、衛星画像解析によって検出された冬期作付面積を用いることとする。

表 4.1.5 衛星画像分析に基づく純灌漑面積（作付面積）と MWRI の灌漑面積の比較

Nr	Particulars	Hydraulic Boundary					
		Service Area (MWRI), feddan	S.Net Cropped Area (Satellite) feddan	W.Net Cropped Area (Satellite) feddan	Ratio, Summer (Net/MWRI, %)	Ratio, Winter (Net/MWRI, %)	Ratio (W.Net/S.Net, %)
1	Minya (incl. Nile)	650,000	472,395	488,232	73%	75%	103%
	by Nile	33,199					
	by Bahr Yusef	216,050					
	by Ibrahimia	400,751					
2	Beni Suef (incl. Nile)	349,823	285,779	290,020	82%	83%	101%
	by Nile	9,450					
	by Bahr Yusef	72,052					
	by Ibrahimia	268,321					
3	Fayoum (Bahr Yusef)	490,000	354,965	376,904	72%	77%	106%
	for Old lands	420,000	324,968	342,838	77%	82%	105%
	for New lands	70,000	29,997	34,066	43%	49%	114%
4	Bahr Yusef (3 Governorates)	778,102	546,013	582,298	70%	75%	107%
5	Ibrahimia (3 Governorates)	669,072	476,439	479,828	71%	72%	101%
6	Bahr Yusef + Ibrahimia (3 Gov.)	1,447,174	1,022,452	1,062,126	71%	73%	104%

Nr	Particulars	Hydraulic Boundary					
		Service Area (MWRI), feddan	S.Net Cropped Area (Satellite) feddan	W.Net Cropped Area (Satellite) feddan	Ratio, Summer (Net/MWRI, %)	Ratio, Winter (Net/MWRI, %)	Ratio (W.Net/S.Net, %)
7	Abo Shosha	19,870	17,693	17,881	89%	90%	101%
8	Aros & Abo Seer (10,974f & 2,591f)	13,565	12,900	13,330	95%	98%	103%
9	Kased	95,461	93,412	95,976	98%	101%	103%
11	Sec.1 (Dirout - Sakoula)	156,505	121,698	133,050	78%	85%	109%
	Sec.1' (Dirout - Sakoula: Old Lands)		87,166	91,753			105%
	Sec.1' (Dirout - Sakoula: New Lands_Kmadir)		12,466	14,541			117%
	Sec.1' (Dirout - Sakoula: New Lands_Turfa)		22,066	26,756			121%
12	Sec.2 (Sakoula - Lahoun)	149,594	73,839	78,244	49%	52%	106%
	Sec.2' (Sakoula - Lahoun, Old Lands)		32,284	33,052			102%
	Sec.2' (Sakoula - Lahoun, New Lands)		41,555	45,192			109%
13	Sec.3 (Hassan Wasef - End)	141,640	130,488	138,594	92%	98%	106%
	Sec.3' (Hassan Wasef - End, Old Lands)		110,778	117,314			106%
	Sec.3' (Hassan Wasef - End, New Lands)		19,710	21,280			108%
14	Sec.4 (Lahoun - End)	232,419	219,988	232,410	95%	100%	106%
	Sec.4' (Lahoun - End, Old Lands)		212,992	224,315			105%
	Sec.4' (Lahoun - End, New Lands)		6,996	8,095			116%
15	Sec.5 (Dirout - Maghagha)	299,711	257,370	258,852	86%	86%	101%
16	Sec.6 (Maghagha - El Wasta)	291,989	219,069	220,976	75%	76%	101%
17	Sec.7.1 (Giza Right-End, incl. Sec.7.1')	139,627	87,232	88,099	62%	63%	101%
	Sec.7.1' (Giza intake-El Ayat PS)	NA	10,131	10,203			101%
18	Sec.7.2 (El Wasta-El Ayat PS)	19,731	11,762	11,814	60%	60%	100%
19	Sum of Sec.1-4 (Bahr Yusef)	680,158	546,013	582,298	80%	86%	107%
20	Sum of Sec.5-6 (Ibrahimia)	591,700	476,439	479,828	81%	81%	101%
21	Sum of Sec.1-6 (BY+Ib in 3 Gov.)	1,271,858	1,022,452	1,062,126	80%	84%	104%
	Sum of Sec.1-4 + Sec.7.1	819,785	633,245	670,397	77%	82%	106%
	Sum of Sec.5-6 + Sec.7.2	611,431	488,201	491,642	80%	80%	101%

注 1：S.Net（Summer Net（cropped area））, W.Net（Winter Net（cropped area））
注 2：Section とは調整堰によって流量が把握されている区間を示す。
注 3：灌漑面積については MWRI 内でも数値の複数の数値が多々報告されている。例えば、778,102 feddan と 669,072 feddan が Bahr Yusef 掛かりと Ibrahimia 掛かりで報告されているが(Nr.4 and 5 under Service Area（MWRI））、水理境界に基づく面積は 680,158 feddan と 591,700 feddan と報告されている(Nr.19 and 20)。
出典：Water Distribution Sector of MWRI, JICA 調査団（Sentinel 2 satellite image analysis）

3) MWRI Planning Sector による衛星画像解析結果との比較

灌漑面積は計画策定において最も重要な指標の一つであるため、MWRI の Planning Sector が Minya、Beni Suef、Fayoum の 3 県を対象にほぼ同じ衛星画像解析を行った。JICA 調査団と Planning Sector の違いは、解析に使用した画像の枚数である。JICA 調査団の場合は、Google Earth Engine を用いて、3 シーズン約 1,000 枚（3 年間で約 2,000 枚）の画像をピクセル単位で作付面積を解析したのに対し、Planning Sector では、1 年間に 1 回の画像抽出を行い、抽出シーン単位で解析している。

表 4.1.6 は、MWRI による灌漑面積、Planning Sector による作付面積、JICA 調査団による作付面積の比較である。MWRI の灌漑面積は、Kased 地区以外は、Planning Sector や JICA 調査団算出の作付面積よりはるかに大きいことが分かる。Minya、Beni Suef、Fayoum の 3 県の合計では、Planning Sector の解析結果は MWRI が主張する面積の 76.3%に過ぎず、また、JICA 調査団の解析結果は 77.5%に過ぎない。このように、Planning Sector と JICA 調査団による面積にはほとんど差がないが、MWRI の面積は非常に大きいため、MWRI は早急に灌漑面積につき更新する必要がある。

表 4.1.6 MWRI 面積、MWRI Planning Sector 報告面積および JICA 調査団算出面積の比較

Governorate	MWRI (feddan), (a)	Planning Sec. (fed), (b)	JICA Team (fed), (c)	Ratio, a/b	Ratio, a/c	Ratio, b/c
Minya	650,000	489,620	488,232	75.3%	75.1%	100%
Beni Suef	349,823	300,790	290,020	86.0%	82.9%	104%

Governorate	MWRI (feddan), (a)	Planning Sec. (fed), (b)	JICA Team (fed), (c)	Ratio, a/b	Ratio, a/c	Ratio, b/c
Fayoum	490,000	346,640	376,904	70.7%	76.9%	92%
Total of above	1,489,823	1,137,050	1,155,156	76.3%	77.5%	98%
Kased	95,461	94,200	95,976	101.3%	99.4%	98%

出典：Water Distribution Sector of MWRI、Planning Sector of MWRI、JICA 調査団

灌漑面積が大きく見積もられている場合、灌漑効率が非常に高く見積もられてしまうというエラーが発生する。灌漑効率は、実際に供給された水量と作物が実際に消費した水量との比率で計算される。後者の作物が実際に消費した水は、通常、作物の単位水消費量に作付面積を乗じることで計算される。作付面積が過大評価されている場合、作物が実際に消費する水量も自動的に過大評価されるため、MWRI は灌漑効率を高く見積もることとなる。

4）対象地域の灌漑面積等

表 4.1.7 に Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路の概要をまとめる。Bahr Yusef は全長 313km、Ibrahimia は 256km といずれも長大な水路である。受益地は Minya、Beni Suef、Fayoum の 3 県に分布しており、Bahr Yusef 掛かりが約 58 万 2000feddan（24 万 5000ha）、Ibrahima 掛かりが 48 万 feddan（20 万 2000ha）、合計 106 万 feddan（44 万 6000ha）となる。年間割当水量は、Bahr Yusef 受益地にて 50 億 m^3、Ibrahimia 受益地が 36 億 m^3 で、両水路掛かりを合わせれば 86 億 m^3 となり、90%以上が灌漑用に使用されている。

水深から算出した年間水消費量は、Bahr Yusef 受益地にて 188cm、Ibrahimia 受益地が 164cm となる。両地域の作付けパターンは類似しているが、Bahr Yusef 掛かりから Ibrahimia 掛かりの受益地に用水を供給するフィーダー水路が存在する。また、Bahr Yusef 基幹水路については、Fayoum 県内の Qarun 湖と Rayan 湖の水位を一定に保つために年間約 5 億 m^3 を放流する必要がある（実際は排水を放流している）。このように Bahr Yusef 掛かりにおいては末端部で 5 億 m^3 を 2 つの湖に放流することが必要なため、Ibrahima 掛かりに比較して使用水量が多くなる。

表 4.1.8 に、Abo Shosha（Beni Suef 県）、Aros & Abo Seer（Fayoum 県）、Kased（中央デルタ）の 3 優先地区についてその概要を示す。純灌漑面積は、それぞれ約 18,000 feddan（7,500 ha）、13,000 feddan（5,600 ha）、96,000 feddan（40,000 ha）である。このうち、Kased 掛かりの受益地は Gharbia 県と Kafr El Sheik 県にまたがる灌漑地区である。幹線水路の総延長は、Abo Shosha が約 34km、Aros & Abo Seer が 14km（Aros：10km、Abo Seer：4km）、Kased が約 42km である。受益農家は、それぞれ約 17,000 世帯、10,000 世帯、117,000 世帯である。Kased 掛かりの農家一世帯あたりの作付面積は小さく、例えば 0.82 feddan 程度である。

表 4.1.7 事業対象地区の概要(Bahr Yusef 基幹水路、Ibrahimia 基幹水路)

General	Bahr Yusef	Ibrahimia	Remarks
Service Area (by MWRI) *	778,102 feddan (326,803 ha)	669,072 feddan (281,010 ha)	Only Minya, Beni Suef, and Fayoum, excluding Giza
	1,447,174 feddan (607,813 ha)		
Service Area (Net, by satellite)	582,298 feddan (244,565 ha)	479,828 feddan (201,528 ha)	
	1,062,126 feddan (446,093 ha)		
Design Discharge	227 m^3/s	186 m^3/s	Provided by MWRI
Unit Design Discharge	0.3898 l/s/F (0.928 /ha)	0.3876 l/s/F (0.923 /ha)	
Water Allocated (Annual Total)	5,000 MCM	3,600 MCM	From NWRP2017
Water Allocated (Annual, Irrigation)	approx. 4,600MCM	approx. 3,312 MCM	92%** of total assumed
Water Allocated (cm for Irrigation)	188 cm/ annual	164 cm/annual	Divided by Net SA
Drainage W. for Qarun & Rayan	500 MCM	−	Per annum
Facilities			
Total Length of the Canal	313 km	256 km ***	

Nos of Regulators on the Canal	4	8	
Nos of Feeding Pump Stations	14	None	
Farmers			
Nos of Beneficiary Farmer Households	892,500		Divided by A. farmland
Nos of Beneficiary Population	5,265,750		HH members: 5.9****
Estimated Average Farmland****	1.19 feddan (0.50 ha)		Ave of B. Suef&Fayoum

出典：MWRI、General Directorates of Beni Suef, Fayoum, Gharbia、衛星データ
備考：* 当該面積は水資源灌漑省から提供された値であるが、衛星画像解析より求めた作付面積を大きく上回るため、以降の計画策定には用いない。
** 生活用水と工業用水は Bahr Yusef 水路と Ibrahimia 水路によって Minya、Beni Suef、Fayoum の 3 県に供給されており、その割合は約 8%と灌漑局から報告されている。
*** Ibrahimia 基幹水路は Dirout 堰より上流部に延伸しているが、ここでは Sirout 堰以降の延長のみ示す。
**** 農家経済調査結果で得られた Abo Shosha と Aros & Abo Seer の世帯あたり平均の構成員数（表 3.9.3 参照）。
***** Agriculture Directorate(Cooperative)から共有された平均の農地面積（表 3.1.1 参照）。

表 4.1.8 事業対象地区の概要(3 優先地区)

Abo Shosa, Beni Suef Governorate	Indicators		Remarks
Service Area (by MWRI) *	19,870 feddan (8,345 ha)		
Service Area (Net, by satellite)	17,881 feddan (7,510 ha)		
Total Length of Main Canal (Nos)	34.4 km (1)		
Total Length & Nos of Branch Canals (Nos)	53.27 km (20)		Excl. Sub-branches
Nos of Beneficiary Farmer Households	16,600		Divided by A. farmland
Nos of Beneficiary Population	101,260		HH members: 6.1**
Estimated Average Farmland***	1.08 feddan		Cooperative data
Aros & Abo Seer, Fayoum Governorate	Aros	Abo Seer	Remarks
Service Area (by MWRI) *	13,565 feddan (5,697 ha)		
Service Area (Net, by satellite)	13,330 feddan (5,599 ha)		
Total Length of Main Canal (Nos)	9.8 km (1)	3.5 km (1)	
Total Length of Branches (Nos)	40.4 km (4)	6.4 km (3)	Incl. sub-branches
Nos of Beneficiary Farmer Households	10,300		Divided by A. farmland
Nos of Beneficiary Population	58,710		HH members: 5.7**
Estimated Average Farmland***	1.3 feddan		Cooperative data
Kased, Gharbia & Kafr El Sheik Governorates	Indicators		Remarks
Service Area (by MWRI) *	95,461 feddan (40,094 ha)		
Service Area (Net, by satellite)	95,976 feddan (40,310 ha)		
Total Length of Main Canal (Nos)	42.2 km (1)		
Total Length of Branch Canals (Nos)	262.9 km (46)		Excl. Sub-branches
Nos of Beneficiary Farmer Households	117,000		Divided by A. farmland
Nos of Beneficiary Population	538,200		HH members: 4.6**
Estimated Average Farmland***	0.82 feddan		Cooperative data
Total of 3 Sub-regions			
Service Area (by MWRI) *	128,896 feddan (54,136 ha)		
Service Area (Net, by satellite)	127,187 feddan (53,419 ha)		
Total Length of Main Canal (Nos)	89.9 km		
Total Length of Branch Canals (Nos)	362.97 km		Excl. Sub-branches
Nos of Beneficiary Farmer Households	143,900		Divided by A. farmland
Nos of Beneficiary Population	698,170		HH members: 4.9**
Estimated Average Farmland***	0.88 feddan		Cooperative data

出典：MWRI、General Directorates of Beni Suef, Fayoum, Gharbia、衛星データ
備考：* 当該面積は水資源灌漑省から提供された値であるが、衛星画像解析より求めた作付面積を上回る場合が多いため、以降の計画策定には用いない。 ** 農家経済調査結果で得られた世帯あたり平均の構成員数（表 3.9.3 参照）。 *** Agriculture Directorate(Cooperative)から共有された平均の農地面積（表 3.1.1 参照）。

4.1.3 目標灌漑効率の設定

1）既存の灌漑効率の設定

通常、灌漑効率は、基幹水路や幹線水路にて適用される搬送効率、続いて支線水路から圃場起点まで配水していく際の配水効率、そして圃場内で作物に消費される際に適用される圃場適用効率の 3 種から構成される。灌漑効率は、これら 3 種の効率を乗じて算出される。

表 4.1.9 灌漑効率の種類と対象施設

効率の種類	対象となる灌漑施設
搬送効率	基幹水路と幹線水路（連続通水水路を対象）
配水効率	支線水路と Meska
圃場適用効率	圃場灌漑（Marwa を含む）

出典：例えば、FAO 基準書「No.24」、および ILRI 出版 19「On irrigation efficiencies」

搬送効率は、灌漑面積、配水ローテーション、水管理技術などに影響を受けるとされている。配水効率は、用水路における灌漑用水の配水にかかる効率であり、水路の長さ、水路の浸透状態、水路の管理状態などに影響を受けるとされている[1]。圃場適用効率は、圃場での灌漑方法や水管理技術に影響を受け、地表灌漑、スプリンクラー灌漑、点滴灌漑によって効率が大きく異なる。

エジプト国の灌漑システムは、基幹水路～幹線水路～支線水路～Meska～圃場へというように、一連の灌漑方法として既に確立されている。そして、下流地区では排水の再利用も行われていることから、現在の灌漑効率は既に高いものと思われる。実際、Bahr Yusef と Ibrahimia の灌漑地における現在の灌漑効率は、灌漑用水確保の最も重要な時期である 6～8 月においては排水再利用ありで 0.51～0.60 程度、排水再利用なしで 0.65～0.78 程度である（3.9 章を参照）。FAO の基準によれば、一般的な灌漑効率は 0.5 程度であるため、0.51～0.60 または 0.65～0.78 の灌漑効率は既に高いものと言える。

本調査における 3 種の各灌漑効率は、FAO 基準書と International Institute for Land Reclamation and Improvement（ILRI）で適用されている値をベースとして採用する。表 4.1.10 は、前述に示した現況の灌漑効率と FAO 基準書および ILRI を参考に、3 種の灌漑効率の設定を行ったものである。この時の灌漑効率は 0.55 となる。これは現状の 6～8 月の灌漑効率に類似した値（0.55）である。したがい、下表の 3 種の各効率はおおよそ現状を反映しているものと考え、対象地区における現状の灌漑効率を 0.55、またその構成要素である灌漑効率を下表のように設定する。

表 4.1.10 現状の各効率と灌漑効率

効率の区分	対象施設	効率	備考
搬送効率	基幹水路、幹線水路	0.90	FAO 基準書 No.24（24 時間通水かつ安定した流量の通水状態の最大効率 0.90 を適用）
配水効率	支線水路、Meska	0.88	ILRI（4,000～6,000ha の灌漑面積でのローテーション時の最大効率（0.88））を適用
圃場適用効率	Marwa、圃場内灌漑	0.70	FAO 基準書 No.24（US(SCS)の最大効率（0.70）を適用
灌漑効率		0.55	現況の 6 月～8 月における灌漑効率は 0.55（排水再利用時）

出典：FAO 基準書「No.24」、および ILRI 出版 19「On irrigation efficiencies」

2）目標灌漑効率の設定

本調査においては、「2.1.3 将来の水需要と灌漑効率増加へのインプリケーション」にて示した通り、目標とする灌漑効率の増加分については、最低でも 14%の灌漑効率の増を目指す。これを実現するには、水路系施設の改善のみでは難しく、圃場灌漑方式の転換、すなわち現行の地表灌漑からスプリンクラー灌漑や点滴灌漑などへの転換が必須となる。また、圃場灌漑方式の転換に伴う作物の転換も考慮される。

2.1）目標搬送・配水効率の設定

エジプト国では 2020 年 8 月より、支線水路のコンクリートライニング工事が多くの地域で開始

[1] Doorenbos, J. and Pruitt, W. O., 1977. Crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 24 (rev.) FAO, Rome, Italy. 80 p.

されている（2021 年 9 月より、Kased 地区内の支線水路でもライニング工事が開始されている)。全国では計 20,000km の支線水路をコンクリートライニングとする予定である。なお、水路規模が大きく連続通水となっている基幹水路や幹線水路におけるライニング工事は予定されていない。

現在の土水路をコンクリートライニング水路に変えることで、搬送・配送効率の著しい向上が期待できる。表 4.1.11 に FAO が示した搬送効率の一例を示す。粘土質土壌の場合、元々70～90%の搬送効率がライニングにより 95%まで上昇すると言われている。しかし，現在の搬送効率はすでに 90%程度と推定される（前掲表 4.1.10 参照)。この場合、ライニングによる効率向上は、5%程度の増加率で最大 95%と想定される。

表 4.1.11 コンクリートライニングによる搬送効率向上の例（FAO）

Canal Length	Sand, %	Loam, %	Clay, %	Lined Canal	Increment ag/C Clay
> 2,000 m	60	70	**70**	**95**	1.357 (36%)
200 – 2,000 m	70	75	**85**	**95**	1.117 (12%)
< 200 m	80	85	**90**	**95**	1.056 (5.6%)

出典：FAO Technical Manual No.4, Annex I: Irrigation Efficiencies

一般的な盛土水路、また現状の搬送効率が低い場合は、表 4.1.11 に示すような 10%を超えるような効率の増加が予想されうるものの、エジプト国におけるほとんどの水路は圃場面より低い位置に、水路面が存在している。この状況下、水路からの周辺への漏水はさほど多いとは思われない。

現状の搬送効率や配水効率も高い状況下、ライニングによる水路の搬送・配水効率は増加するものの、一般的な事例よりは低い増加率に留まると推察される。上記のことから、コンクリートライニングによる搬送・配水効率の増加は最大で 5%、あるいは増加後の搬送効率および配水効率の最大値を 95%と設定する。

2.2) 目標圃場灌漑効率の設定

表 4.1.12 は、圃場適用効率について、エジプト国で実施されてきた灌漑改善プロジェクト（Irrigation Improvement Project：IIP）実施前と実施後の計画値を示したものである。現状は地表灌漑であり、IIP 実施後として Meska のライニング、圃場のレベリング、水管理技術向上が想定されており、これらによる圃場適用効率の向上が期待されている。このように、エジプト国で実施された既存調査によると、現状の圃場適用効率 0.53～0.70 の評価範囲に対して、IIP 実施後の目標値としては 0.67～0.95 が設定されている。すなわち、Meska 等の改良に加えて近代圃場灌漑方式を導入することで、さらなる圃場適用効率の向上が期待できる。

表 4.1.12 既往調査による圃場適用効率の値

調査名	IIP 事業実施前	IIP 事業実施後
World Bank (1994)	0.70	0.75
MWRI (1994)	0.61	0.74
Sogreah (2005)	0.70	-
Mossison and Louis (1990)	0.53	0.95
Ibrahim (2006)	0.60	-
Abou Kheira (2009)	0.65	0.75
ENGELS (2006)	0.60	0.67

出典：Francois Molle et.al.; An exploratory survey of water management in the Meet Yazid Canal command area of the Nile Delta, International Water Management Institute (IWMI), Final Report, January 2013

表 4.1.13 に、エジプト国以外の事例や FAO 基準において目標とされる圃場適用効率を示す。スプリンクラー灌漑では 0.60～0.85、点滴灌漑では 0.70～0.95 の範囲が目標値とされ、地表灌漑の

0.40～0.70 に比べて効率はかなり高く設定されている。エジプト国の設計にも引用されている FAO 基準書は、各国事例と類似傾向であることから、本準備調査での圃場適用効率は、従前の地表灌漑では 0.7、そしてスプリンクラー灌漑は 0.8、点滴灌漑は 0.9 を目標値とする。

表 4.1.13 圃場灌漑適用効率

Irrigation method	U.S.A [1]	New Zealand [2]	Spain [3]	Israel [4]	FAO		ILRI [7]	本準備調査の計画値
					Training manual No.4 [5]	Crop Water Requirement No.24 [6]		
地表灌漑	0.5-0.7	-	0.4-0.6	0.4	0.6	0.55-0.7	0.53	**0.7**
スプリンクラー灌漑	0.6-0.85	0.8-0.9 (Avg.0.85)	0.8	-	0.75	0.6-0.8	0.67	**0.8**
点滴灌漑	0.8-0.95	0.75-0.95 (Avg.0.9)	-	0.7-0.8	0.90	-	-	**0.9**

1) Bjorneberg D. L.; USDA Agricultural Research Service, Kimberly, ID, USA; Irrigation Methods, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier, 2013;11-Sep-13
2) IRRIGATION NEW ZEALAND INC; Irrigation Code of Practice and Irrigation Design Standards; 2004,
3) S. LECINA et.al.; Irrigation Modernization in Spain: Effects on Water Quantity and Quality—A Conceptual Approach, Water Resources Development, Vol. 26, No. 2, 265–282, June 2010
4) Megersa Girma, et.al,: Irrigation system in Israel: International Journal of Water Resources and Environmental Engineering 7(3):29-37, March 2015
5) C. Brouwer et.al.; Irrigation Water Management: Irrigation Scheduling (Training manual no. 4): FAO; 1989 (http://www.fao.org/3/t7202e/t7202e08.htm#annex i: irrigation efficiencies)
6) FAO; Crop Water Requirements; revised 1977
7) ILRI publication 19; On irrigation efficiencies; ILRI;1990

3）目標灌漑効率の設定

上記の検討結果を表 4.1.14 に纏める。表に示す各種の条件の下、搬送効率、配水効率、また圃場適用効率をそれぞれ増加させた場合、およびそれらの組合せ基づく総合漑効率（Overall Efficiency）を設定する。

表 4.1.14 目標灌漑効率設定のための各種条件

Particular	Conveyance Efficiency	Distribution Efficiency	On-farm Efficiency	Overall Efficiency
Current Efficiency	0.90	0.88	0.70	0.55
Increment, or max efficiency	Max. 5% increase from the current, or Limited to Max. 0.95	Max. 5% increase from the current, or Limited to Max. 0.95	Surface: 0.70	Max: 0.63
			Sprinkler: 0.80	Max: 0.72
			Drip: 0.90	Max: 0.81
Target Improvement	-	-	-	14% increase

出典：JICA 調査団

表 4.1.15 に、様々な条件下での総合灌漑効率の推定値および現行灌漑効率からの増加分を示す。例えば、ケース A は、搬送・配水ともに現状の効率と同じ（ライニング工事を行わない）、ケース B は、支線水路のライニング工事を考慮し、配水効率を 5%向上させたもの、ケース C は、すべての支線水路をライニングした上で配水効率を 8%向上させたもの、ケース D は、ケース C に加え、搬送効率も 5%向上させ、基幹水路や幹線水路もライニングを行うものである。

一方、圃場灌漑の効率化については、現状を含めて計 6 つのケースを検討する。ケース 1 は、現在の農地での灌漑方法（表流灌漑や畝間灌漑）を指し、ケース 2 からケース 6 において、それぞれ近代灌漑導入の面積を増やしている。すなわち、ケース 2 では 20%、ケース 3 では 40%、ケース 4 では 60%、ケース 5 では 80%、ケース 6 では 100%の面積に近代圃場灌漑を導入することになる。

近代圃場灌漑にはスプリンクラー灌漑とドリップ灌漑があるが、前者はすべての作物に適用可

能である。後者は、原則として筋状に植え付けを行う作物（メイズ、野菜、果樹等）に用いられる。灌漑効率はドリップがスプリンクラーよりも高い。したがい、節水効果を高めるためにはドリップを優先的に導入すべきであるが、スプリンクラーは施設の寿命が長いため、農民は後者を選択する可能性もある。また、設計上は流量が大きくなるスプリンクラーをある程度考慮しておくべきである。そのため、ここではスプリンクラーとドリップを各々1/2 ずつを割り当てることとする。

以下は、搬送・配水効率と圃場灌漑効率を変化させた場合の総合灌漑効率の算出結果である。

1) 搬送・配水効率を現状維持とした場合、近代的な圃場灌漑を 60%程度導入することで、全体の灌漑効率を 14%程度高めることができる（ケース A-4）。この場合、コンクリートライニングを導入しなくても、灌漑効率の 14%向上という目標は達成できる。

2) 現在進行中の支線水路のライニング工事を考慮して配水効率を 5%向上させた場合、近代的圃場灌漑を 40%の面積に導入すれば、灌漑効率の目標値である 14%の達成は可能である（ケース B-3）。エジプト政府は大規模水路を除くほぼ全ての支線水路にコンクリートライニングを実施する予定である一方、近代的圃場灌漑施設の導入につき農家の合意取りに時間を要する可能性もあることから、JICA 調査団は、このシナリオ（ケース B-3）を推奨する。

3) 配水効率を最大 95%（8%増）に引き上げ、さらに政府の意向である近代的な圃場灌漑施設を全域に導入した場合（ケース C-6）、灌漑効率は最大 32%ほど増加する可能性がある。このシナリオは、長期的には理想的な目標であるといえる。

4) ケース D では、基幹・幹線水路のコンクリートライニング化により、搬送効率を 5%向上させている。この場合、灌漑効率の増加はケース C のものからそれほど大きくはなく、例えば 32.2%から 38.8%といったように 6.6%の増加に過ぎない。連続通水している幹線水路にコンクリートライニングを施すことは、困難な工事となることからコスト増にもつながる。したがい、JICA 調査団は、このような連続水路へのコンクリートライニングの導入は原則として推奨しない。なお、支線水路は間断灌漑で運用されており、断水期間を利用しての工事が容易である。そのため、現在進行中の支線水路のライニングは継続して実施されるべきである。

表 4.1.15 目標灌漑効率の設定

	Category	Efficiency Current	Increment	Efficiency Improved	On-farm & Overall	On-farm Efficiency	Cases and Shares by On-farm Irrigation Method					
							Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
Case A	Conveyance	0.90	0%	0.90	Surface	0.70	100%	80%	60%	40%	20%	0%
	Distribution	0.88	0%	0.88	Sprinkler	0.80	0%	10%	20%	30%	40%	50%
					Drip	0.90	0%	10%	20%	30%	40%	50%
					On-farm E.	-	0.70	0.73	0.76	0.79	0.82	0.85
	Effi. before On-farm	**0.79**		**0.79**	Overall E.	-	0.55	0.58	0.60	0.63	0.65	0.67
	Increment					-	0.0%	5.1%	9.4%	13.8%	18.1%	22.4%
Case B	Conveyance	0.90	0%	0.90	Surface	0.70	100%	80%	**60%**	40%	20%	0%
	Distribution	0.88	**5%**	0.92	Sprinkler	0.80	0%	10%	**20%**	30%	40%	50%
					Drip	0.90	0%	10%	**20%**	30%	40%	50%
					On-farm E.	-	0.70	0.73	**0.76**	0.79	0.82	0.85
	Effi. before On-farm	**0.79**		**0.83**	Overall E.	-	0.58	0.61	**0.63**	0.66	0.68	0.71
	Increment					-	5.8%	10.4%	**14.9%**	-	24.0%	28.5%
Case C	Conveyance	0.90	0%	0.90	Surface	0.70	100%	80%	60%	40%	20%	**0%**
	Distribution	0.88	**8%**	0.95	Sprinkler	0.80	0%	10%	20%	30%	40%	**50%**
					Drip	0.90	0%	10%	20%	30%	40%	**50%**
					On-farm E.	-	0.70	0.73	0.76	0.79	0.82	**0.85**
	Effi. before On-farm	**0.79**		**0.86**	Overall E.	-	0.60	0.62	0.65	0.68	0.70	**0.73**
	Increment					-	8.9%	13.5%	18.2%	-	27.5%	**32.2%**
Case D	Conveyance	0.90	**5%**	0.95	Surface	0.70	100%	80%	60%	40%	20%	**0%**
	Distribution	0.88	**8%**	0.95	Sprinkler	0.80	0%	10%	20%	30%	40%	**50%**
					Drip	0.90	0%	10%	20%	30%	40%	**50%**
					On-farm E.	-	0.70	0.73	0.76	0.79	0.82	**0.85**
	Effi. before On-farm	**0.79**		**0.90**	Overall E.	-	0.63	0.66	0.68	0.71	0.74	**0.76**
	Increment					-	14.3%	19.2%	24.1%	-	33.9%	**38.8%**

出典：JICA 調査団

4.1.4 必要管理水位（RWL: Regulating Water Level）と設計流量の決定

1）必要管理水位（RWL: Regulating Water Level）を規定する流量

水路の改修計画にあたっては、下位水路への配水性を確保するため取水地点での必要管理水位が必要となる。しかしながら、エジプトではこの管理水位にかかる情報が存在しないことが多々ある。このような場合、将来における流量変化時においても十分な支線水路への配水を可能とするため、必要管理水位（RWL）を設定することが必要である。必要管理水位は、現況の最小流量時における水位をもって設定することとし、必要管理水位（RWL）を決定するための最小流量を以下の方法により算定する。

- ✓ Bahr YusefおよびIbrahimia基幹水路については､長期間にわたる流量の観測記録が存在する。そのため、これらの流量データを参照し、年間の最低月間平均流量を適用することとした。具体的には、当該県の MWRI 職員から指定がない限りは、冬季作物の必要灌漑水量（2 月の流量）を適用した。
- ✓ 一方、3 優先地区においては、上記のような流量記録が存在しないため、調査団は MWRI の保有する作物別の単位消費水量表および作付面積の統計記録を参照し、冬季の必要最小流量を算定した。

表 4.1.16 に、2018-2020 年における Dirout 堰群の Bahr Yusef および Ibrahimia 基幹水路上流における月平均流量および最大流量（6 月および 7 月の流量）に対する比率を整理する。最小流量は 12 月に発生し、その流量は最大流量時に対し、それぞれ 53%（Bahr Yusef）と 54%（Ibrahimia）である。この結果から、必要管理水位を規定する最小流量は最大流量の 50%とする。

表 4.1.16 2018-2020 における基幹水路の月平均流量記録（m^3/s）

Canal	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Avg
Bahr Yusef	Close	127.2	129.4	132.6	166.7	176.7	177.3	171.2	148.1	139.0	124.5	94.1	137.2
% ag/Max	NA	72%	73%	75%	94%	100%	100%	97%	84%	78%	70%	**53%**	77%
Ibrahimia	Close	98.4	101.0	113.0	134.0	149.4	148.1	132.1	114.7	117.6	108.0	81.3	109.8
% ag/Max	NA	66%	68%	76%	90%	100%	99%	88%	77%	79%	72%	**54%**	74%

注：毎年 1 月には Water Closure と呼ばれる断水期間があることから 1 月の統計結果を除いて表示する。
出典：Water Distribution Section, MWRI

表 4.1.17 に MWRI の作物別の単位水消費量に基づいて計算した Bahr Yusef および Ibrahimia 基幹水路の受益地における水需要量を示す。単位消費水量が最大となるのは 7 月の 1.0 L/s/ha、最小が 2 月の 0.55 L/s/ha であった。この時の単位消費水量の最小値と最大値の比率は 55%と計算されることから、表 4.1.16 に示した比率とほぼ同じである。

表 4.1.18 は、MWRI の単位消費水量表を用いて Kased 地区の消費水量を計算した結果を示す。この場合、最大単位消費水量は 7 月の 1.1 L/s/ha、最小で 2 月の 0.45 L/s/ha となる。この時の最小と最大の単位消費水量の比率は 41%となる。すなわち、Kased 地区における必要管理水位は最大流量に対する 41%流量時の水位と設定する。

表 4.1.17 Bahr Yusef および Ibrahimia 基幹水路の月別単位消費水量

Crop	Ratio	June	Jul	Aug	June	Jul	Aug
	%	cum/feddan/month			l/s/feddan, % Weighted		
Maize	63%	638.4	640.8	680.4	0.16	0.15	0.16
Sorghum	13%	620.1	930.0	660.8	0.03	0.05	0.03
Oil Crop	5%	520.0	550.0	520.0	0.01	0.01	0.01
Vegetables	11%	697.2	432.6	201.6	0.03	0.02	0.01
Others	8%	0.0	147.0	520.8	0.00	0.00	0.02

Total	100%						
Weighted, l/s/feddan, Net					0.23	0.23	0.23
Weighted, l/s/ha, Net					0.54	0.54	0.54
Unit W. Consumption, l/s/feddan						**0.42**	
Unit W. Consumption, l/s/ha, Gross						**1.00**	
Winter Crop	**Ratio**	**Feb**	**Mar**	**Apr**	**Feb**	**Mar**	**Apr**
	%	**cum/feddan/month**			**l/s/feddan, % Weighted**		
Wheat	51%	328.0	557.3	485.1	0.07	0.11	0.10
Long Berseem	23%	352.8	541.8	663.6	0.03	0.05	0.06
Sugar Beet	7%	373.8	466.2	378.0	0.01	0.01	0.01
Vegetables	13%	67.2	71.4	58.8	0.00	0.00	0.00
Others	6%	399.0	273.0	520.8	0.01	0.01	0.01
Total	100%						
Weighted, l/s/feddan, Net					0.13	0.17	0.18
Weighted, l/s/ha, Net					0.30	0.42	0.43
Unit W. Consumption, l/s/f, Gross					**0.23**	**55% ag/ Max (July)**	
Unit W. Consumption, l/s/ha, Gross					**0.55**		

注：総水使用量は、純水使用量に灌漑効率 0.55 を乗じて算出
出典：JICA 調査団、MWRI 単位消費水量表

表 4.1.18 Kased 地区の月別単位消費水量

Crop	**Ratio**	**June**	**Jul**	**Aug**	**June**	**Jul**	**Aug**
	%	**CUM/Feddan/Month**			**l/s/feddan, % Weighted**		
Maize	34%	558.6	843.36	693.42	0.07	0.11	0.09
Oil Crop	0%	428.4	507.8	504	0.00	0.00	0.00
Vegetables	27%	403.2	294	176.4	0.04	0.03	0.02
Others	29%	483	537.6	428.4	0.05	0.06	0.05
Rice	10%	130.2	1289.4	1457.4	0.01	0.05	0.06
Total	100%						
Weighted, l/s/feddan, Net					0.17	0.25	0.21
Weighted, l/s/ha, Net					0.42	0.58	0.50
Unit W. Consumption, l/s/f, Gross						**0.45**	
Unit W. Consumption, l/s/ha, Gross						**1.1**	
Crop	**Ratio**	**Feb**	**Mar**	**Apr**	**Feb**	**Mar**	**Apr**
	%	**CUM/Feddan/Month**			**l/s/feddan, % Weighted**		
Wheat	46%	231	403.2	441	0.04	0.07	0.08
Long Berseem	23%	264.6	294.8	596.4	0.03	0.03	0.05
Sugar Beet	17%	319.2	445	323.4	0.02	0.03	0.02
Legumes	1%	357	153.2		0.00	0.00	0.00
Vegetables	8%	121.8	67.2	54.6	0.00	0.00	0.00
Others	5%	378	310		0.01	0.01	0.00
Total	100%						
Weighted, l/s/feddan, Net					0.10	0.13	0.15
Weighted, l/s/ha, Net					0.25	0.31	0.37
Unit W. Consumption, l/s/f, Gross					**0.19**	**41% ag/ Max (July)**	
Unit W. Consumption, l/s/ha, Gross					**0.45**		

注：総水使用量は、純水使用量に灌漑効率 0.55 を乗じて算出
出典：JICA 調査団、MWRI 単位消費水量表

2) 設計流量

水理シミュレーションや水理構造物の設計の基礎情報となる設計流量を求める。表 4.1.19 に MWRI の作物別消費量表に基づき、Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路掛かりの単位設計流量を算出した結果を示す。単位流量は 7 月時に最大となり、1.00 L/s/ha（0.42 L/s/feddan）であり、表 4.1.20 に示す流量記録を基に算出した単位設計流量（1.00 L/s/ha）と同値である。単位設計流量は地区（作付け体系）によって多少異なる値を取るものの、幹線水路上の水理解析や基本設計に用いる単位設計流量については 1.00 L/s/ha（0.42 L/s/feddan）で設定する。

Kased 地区における単位設計流量の計算結果を表 4.1.21 に示す。同地区は、過去には稲作が主流であったが、近年においては、その許可面積が大幅に減少しており、2022 年時の同地区の稲作の許可面積は 10%であることを確認している。この前提の下、単位設計流量を計算し、1.10 L/s/ha

（0.45 L/s/feddan）の値を適用することとする。この値は、稲作を営まない両基幹水路沿いの単位流量より数%から 10%程度大きい値である。

表 4.1.19　作物別単位消費水量表から算定される Bahr Yusef および Ibrahimia 基幹水路における単位必要水量

Crop	Ratio	June	Jul	Aug	June	Jul	Aug
	%	cum/feddan/month			l/s/feddan, % Weighted		
Maize	63%	638.4	640.8	680.4	0.16	0.15	0.16
Sorghum	13%	620.1	930.0	660.8	0.03	0.05	0.03
Oil Crop	5%	520.0	550.0	520.0	0.01	0.01	0.01
Vegetables	11%	697.2	432.6	201.6	0.03	0.02	0.01
Others	8%	0.0	147.0	520.8	0.00	0.00	0.02
Total	100%						
Weighted, l/s/feddan, Net					0.23	0.23	0.23
Weighted, l/s/ha, Net					0.54	0.54	0.54
Gross l/s/feddan (IE=0.55)					0.41	0.42	0.41
Gross l/s/ha (IE=0.55)					0.98	0.99	0.98
Unit W. Consumption, l/s/feddan, Gross (IE=0.55)						**0.42**	l/s/feddan
Unit W. Consumption, l/s/ha, Gross (IE=0.55)						**1.00**	l/s/ha
Unit W. Consump. m3/f/month, w/Re-use/Feed, Gross						**1,125**	m3/f/m

注：総水使用量は、純水使用量に灌漑効率 0.55 を乗じて算出
出典：JICA Survey Team, MWRI crop water consumption table.

表 4.1.20　実測流量から算定される Bahr Yusef および Ibrahimia 基幹水路における単位必要水量

Particulars	Unit	Bahr Yusef			Ibrahimia		
		Bahr Yusef, 1/	Excl. Fayoum, 1/	Fayoum, 2/	Ibrahimia, 1/	Maghagha, 2/	Maghagha, 3/
Discharge	cum/s	192.60	85.20	114.50	165.10	97.40	67.90
Domestic/Industrial Water (DI)	cum/s	5.46	1.96	3.50	4.88	2.57	2.31
Discharge less DI Water	cum/s	187.14	83.24	111.00	160.22	94.83	65.59
Command Area	feddan	546,013	195,537	350,476	488,201	257,370	230,831
Unit W. Consumption, Gross	l/s/feddan	0.34	0.43	0.32	0.33	0.37	0.28
Unit W. Consumption, Gross	l/s/ha	0.82	1.01	0.75	0.78	0.88	0.68
Drainage re-use/ Feed	l/s/feddan	0.05	-0.02	0.10	0.11	0.07	0.15
Drainage re-use/ Feed	l/s/ha	0.13	-0.05	0.23	0.26	0.16	0.37
UWC* w/Re-use/Feed, Gross	l/s/feddan	0.40	0.40	0.41	0.44	0.44	0.44
UWC* w/Re-use/Feed, Gross	l/s/ha	0.95	0.96	0.98	1.04	1.04	1.04
UWC* w/Re-use/Feed, Gross	l/s/feddan	**0.42**					
UWC* w/Re-use/Feed, Gross	l/s/ha	**1.00**					
UWC* w/Re-use/Feed, Gross	cum/f/mo	**1,091**					

注：1/ 2011 年から 2020 年までの過去 10 年間の最大値を適用する
2/ 最大値には誤差が含まれるため、過去 10 年間の第 2 最大値とする
3/ 2018 年から 2020 年までの過去 3 年平均の最大値を適用する
* UWC stands for Unit Water Consumption
出典：JICA 調査団、Water Distribution Sector for the discharges

表 4.1.21　作物別単位消費水量表から算定される Kased 地区における単位必要水量

Crop	Ratio	June	Jul	Aug	June	Jul	Aug
	%	CUM/Feddan/Month			l/s/feddan, % Weighted		
Maize	34%	558.6	843.36	693.42	0.07	0.11	0.09
Oil Crop	0%	428.4	507.8	504	0.00	0.00	0.00
Vegetables	27%	403.2	294	176.4	0.04	0.03	0.02
Others	29%	483	53.6	428.4	0.05	0.06	0.05
Rice	10%	130.2	1289.4	1457.4	0.01	0.05	0.06
Total	100%						
Weighted, l/s/feddan, Net					0.17	0.25	0.21
Weighted, l/s/ha, Net					0.42	0.58	0.50
IE=0.55, Gross l/s/feddan					0.32	0.45	0.38
IE=0.55, Gross l/s/ha					0.76	1.06	0.90
Unit W. Consumption, l/s/feddan, Gross (IE=0.55)						**0.45**	l/s/feddan
Unit W. Consumption, l/s/ha, Gross (IE=0.55)						**1.10**	l/s/ha
Unit W. Consump. m3/f/month, w/Re-use/Feed, Gross						**1,205**	m3/f/m

出典：JICA 調査団、MWRI 単位消費水量表

上記で算出した単位設計流量および地区別の受益面積をもとに、シナリオ別、すなわち現況、

灌漑効率 14%増加および 32%増加時の最大流量と最小流量を設定する（下表参照）。ここで灌漑効率 14%増加時は NWRP に示される目標年 2037 年時点で全国の水需要を賄うために必要となる灌漑効率の増加率である（2.1.3 将来の水需要と灌漑効率増加へのインプリケーション参照）。

一方、灌漑効率 32%増加は支線水路全域にコンクリートライニングが実施され、かつ近代圃場灌漑が全域に導入された場合の最大の灌漑効率の増加を意味している（前出 4.1.3 目標灌漑効率の設定参照）。なお、圃場レベルの近代灌漑はスプリンクラーを導入した場合のものであり、圃場における灌漑効率を 0.80 と設定している。

表 4.1.22 地区別の単位設計流量

Particulars	Unit	Bahr Yusef	Ibra-himia	Abo Shosha	Aros & Abo Seer	Kased	Remarks
Service Area (Net)	feddan	582,298	491,642	17,881	13,330	95,976	1/, 2/
Service Area (Net)	ha	244,565	206,490	7,510	5,599	40,310	1/, 2/
Maximum Unit Discharge (Canal Design Purpose)							
Net Unit Discharge	l/s/feddan	0.23	0.23	0.23	0.23	0.25	
Gross Unit Discharge	l/s/feddan	0.42	0.42	0.42	0.42	0.45	IE=0.55
Net Unit Discharge	cum/day/f	20	20	20	20	21	
Gross Unit Discharge	cum/day/f	36	36	36	36	39	IE=0.55
Net Unit Discharge	cum/month/f	592	592	592	592	635	
Gross Unit Discharge	cum/month/f	1,089	1,089	1,089	1,089	1,166	IE=0.55
Net Unit Discharge	l/s/ha	0.54	0.54	0.54	0.54	0.58	
Gross Unit Discharge	l/s/ha	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	IE=0.55
Minimum Unit Discharge (for Regulating WL purpose)							
Net Unit Discharge	l/s/feddan	0.13	0.13	0.13	0.13	0.10	
Gross Unit Discharge	l/s/feddan	0.23	0.23	0.23	0.23	0.19	IE=0.55
Net Unit Discharge	cum/day/f	11	11	11	11	9	
Gross Unit Discharge	cum/day/f	20	20	20	20	16	IE=0.55
Net Unit Discharge	cum/month/f	329	329	329	329	272	
Gross Unit Discharge	cum/month/f	599	599	599	599	494	IE=0.55
Net Unit Discharge	l/s/ha	0.30	0.30	0.30	0.30	0.10	
Gross Unit Discharge	l/s/ha	0.55	0.55	0.55	0.55	0.45	IE=0.55
Canal Level Discharge (including Domestic and Industry Use)							
Max Discharge (current)	**cum/s**	**232**	**166**	**7.5**	**5.6**	**45**	**2022 assumed**
Max Q w/ 14% IE up	**cum/s**	**210**	**151**	**6.6**	**4.9**	**39**	**3/**
Max Q w/ 32% IE up	**cum/s**	**183**	**132**	**5.7**	**4.3**	**34**	**4/**
Min Q (winter) w/ 32% IE up	**cum/s**	**106**	**77**	**3.1**	**2.3**	**15**	
Ratio b/t Min and Max	**%**	**46%**	**46%**	**42%**	**42%**	**34%**	
On-farm Level Unit Discharge (Irrigation Use Only) in case of Sprinkler (0.80 efficiency)							
Summer Max Unit Discharge	l/s/feddan	0.29	0.29	0.29	0.29	0.27	
Summer Max Unit Discharge	l/s/ha	0.69	0.69	0.69	0.69	0.65	
Winter Max Unit Discharge	l/s/feddan	0.22	0.22	0.22	0.22	0.19	
Winter Max Unit Discharge	l/s/ha	0.47	0.47	0.47	0.47	0.41	

出典：JICA 調査団

注: 1) Bahr Yusef の受益地は Minya 県、Beni Suef 県、Fayoum 県の他に Giza 県の一部も含まれるが、Giza 県で別途建設されている取水工からの取水量が不明であることから、Giza 県の受益地を除外して単位流量を算定した。
2/ Ibrahimia 幹線水路の指揮範囲は、Minia 県、Beni Suef 県、Giza 県内の El Ayat ポンプ場までの灌漑地域を対象とする。
3/ 配水にかかる灌漑効率を 5%向上させる支線水路の整備（約 6 割程度のライニング含む）と、全農地面積の 40%に近代的な灌漑施設を導入することで、灌漑効率を 14%向上させることができる。
4/ 配水にかかる効率を 8%高める支線水路ライニング（全面的なライニング）と、圃場レベルの近代灌漑施設の全面的な導入により、32%の灌漑効率向上を達成することができる。
IE とは、Irrigation Efficiency の略語を指す。

4.2 水理解析および水路改修にかかる検討

本節では、既存の水路や水理構造物の改修・新設にかかる基礎データを得ることを目的に既存水理構造物を含めた一連の水路に関する水理解析を実施する。水理解析の対象は、Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路および優先 3 地区（Abo Shosha 地区、Aros & Abo Seer 地区および Kased 地区）における幹線水路や主要な支線水路および水路上の構造物である。

4.2.1 解析手法および流量条件の設定

エジプト政府は 2020 年から支線水路 20,000 km を対象としてコンクリートライニング工を実施中である。ライニング水路への転換は水路内水位の低下を招くため、ライニング水路以降の水路（2 次支線水路や Meska など）への配水に支障をきたす場合が想定される。この場合、下流にある既存堰のゲートにより水位を調節する、もしくはそのような調整堰が存在しない場合は、適切な位置に堰を新設する必要がある。このため、以下の 4 点を目的として、不等流計算による水理解析を実施した。

1) 現況における設計最大水位と最小水位の流下能力を確認する（図 4.2.1 の Max WL1 および Min WL1 を参照）。

2) 水路のライニングによる水位低下の影響を評価する（図 4.2.1 の WL1 と WL2 を参照）。

3) 現況の水理構造物にてライニング等による水位低下を緩和できる場合は、水位を調整することにより、支線水路への配水性の改良の可否を確認する（図 4.2.1 の WL2、WL3、Required WL を参照）。

4) 新堰の建設、あるいは既存堰の改修が必要な場合は、その候補地を検討する。例えば、図 4.2.1 では、20,650m 地点で堰が機能しない場合の水位（WL2）が必要水位（Required WL）を下回っており、既存堰の改修が必要であることを示している。

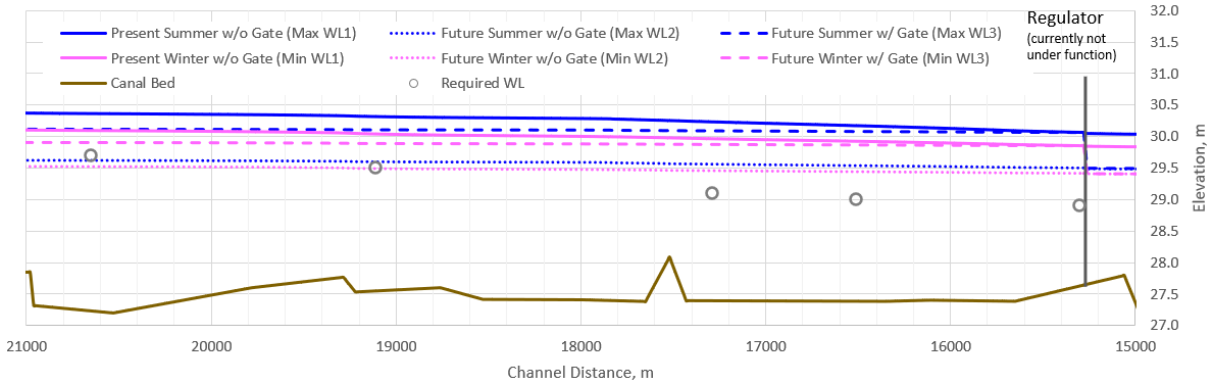


図 4.2.1 現況水位および近代灌漑導入後水位の検討結果例
出典：JICA 調査団

1) 解析条件

解析ケースの基本的な考え方は以下の 4 点である（詳細なケースは解析地区によって異なるため、地区別の解析条件を参照）。

1) 作付けシーズン：夏作（最大水位を確認）および冬作（最低水位を確認）

2) 水路の状態：土水路（粗度係数 n = 0.030）およびコンクリートライニング水路（n = 0.015）

3) 灌漑ローテーションシステム：多くの地区では、支線水路末端まで水位を高く保つためにロー

テーションシステムを適用している。ローテーションシステムでは、すべての支線水路を 2 つまたは 3 つのブロックに分け、夏期は原則 5 日間の取水期間を設け、順次取水を行っている。したがい、取水時に必要な水量は、連続通水地区と比較して大きくなることに注意が必要となる。

4) 水理施設の状態：現状は、半数以上の既設堰はゲートが故障しているなど、水位調節機能を失っている。本解析において近代灌漑が導入された将来条件の再現にあたっては、これら既存堰が改修され機能しているケースと機能していないケースを取り扱う。圃場レベルの近代灌漑施設の導入の有無についても考慮する。

上記条件のうち、最大水位を確認するには、近代灌漑を導入しない現況条件、すなわち土水路条件下で重力灌漑を行っている条件を、灌漑ローテーション別に確認することになる。また、最低水位を確認するには、近代灌漑が完全に導入された将来条件、すなわち、全支線水路へのコンクリートライニングの導入と近代灌漑施設の全農地への導入が完了した条件での水位を確認する。

2) 解析手法

本解析では HEC-RAS（ver6.2）を使用した。本ソフトウェアは米国工兵隊水工学センター（HEC）が開発した 1 次元／2 次元、定常／非定常水理解析ソフトウェアであり、非商用ソフトであるものの、1995 年以来継続的に開発され、世界中で広く使用されている自由度の高いソフトウェアである。

本解析で用いた水理解析手法は，対象とする水路の定常流の状態を把握するために，ケースによって水路断面の位置が変化するが流量は一定である逐次計算法を用いた不等流解析である。逐次計算法は、既知の地点（水路の計算においては、通常は下流）から順次、次の地点の水深を仮定し、ベルヌーイの式と連続の式を適用してエネルギーを保存させるよう計算を進めるものである。モデルの支配方程式を以下に示す。

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 + V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 + V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

ここで、
Z: 主水路底標高
Y: 各断面水深
V: 平均流速
a: 流速加重係数
g: 重力加速度
h_e: エネルギー損失水頭

2 断面間のエネルギー損失水頭は、以下の式で表される。

$$h_e = L\bar{S_f} + C\left|\frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g}\right| \quad (2)$$

$$L = \frac{L_{lob}\overline{Q_{lob}} + L_{ch}\overline{Q_{ch}} + L_{rob}\overline{Q_{rob}}}{\overline{Q_{lob}} + \overline{Q_{ch}} + \overline{Q_{rob}}} \quad (3)$$

ここで、
L: 流量加重距離
$\bar{S_f}$: 2 断面間の摩擦係数

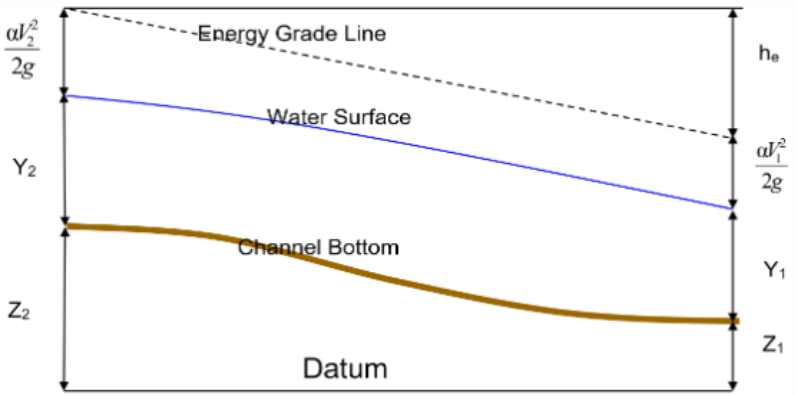


図 4.2.2 エネルギー式による計算結果例
出典：HEC-RAS Hydraulic Reference Manual

C: 伸縮損失係数
L: 2 断面間の左岸（lob）、水路部（ch）、右岸（rob）の断面積の到達距離
Q: 2 断面間の左岸（lob）、水路部（ch）、右岸（rob）の流量の算術平均値.

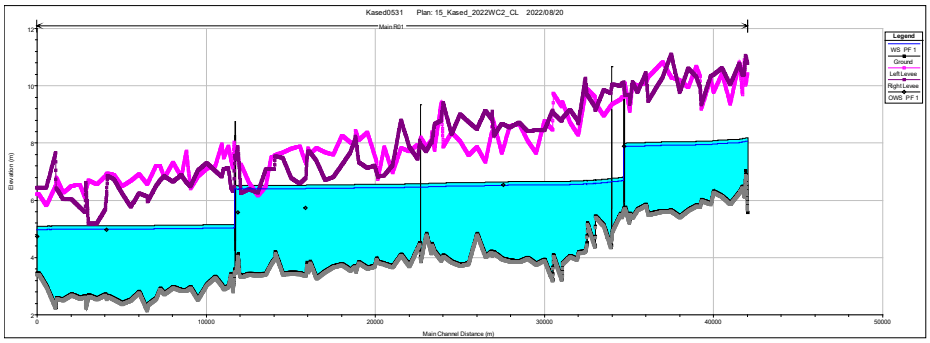


図 4.2.3 HEC-RAS による水理解析結果例（水路縦断）
出典：JICA 調査団

解析対象となる水路は、将来の水理条件の変化により施設の新設／改修が必要となった際に大規模な金額となることが想定される基幹水路、幹線水路および支線水路を選定した（下表参照）。

表 4.2.1 解析対象水路概要表

No.	Sub-Region/ Principal Canal	Number of Target Canals	Total Length	# of Cross Section
1	Bahr Yusef	1 Principal Canal	292.8 km	1,701
2	Ibrahimia	1 Principal Canal	223.6 km	728
3	Abo Shosha	1 Main Canal 4 Branch Canals	54.2 km	198
4	Aros & Abo Seer	2 Main Canal 4 Branch Canals	46.5 km	255
5	Kased	1 Main Canals 5 Branch Canals	135.8 km	470

出典：JICA 調査団

4.2.2 Bahr Yusef 基幹水路および Ibrahimia 基幹水路

本節においては、事業地区の Bahr Yusef 基幹水路および Ibrahimia 基幹水路の現況を水理的に把握するとともに、地区内の灌漑施設の整備水準に対応した基幹水路の整備について水理的に検討を行う。

1） 解析手法

不等流解析に使用する水路断面は、実測断面によるものとする。

・Bahr Yusef 基幹水路 ： 「灌漑セクター情報収集・確認調査報告書」より
新 Dirout 堰群～Lahoun 堰 L=292.79km
・Ibrahimia 基幹水路 ： 本調査実施測量結果
新 Dirout 堰群～Wasta 堰 L=223.56km

衛星画像解析による灌漑面積、作物ごとの標準的な必要水量および灌漑効率により算出された計画流量での不等流解析を実施する。新 Dirout 堰群における各基幹水路の検討流量は表 4.2.2 のとおりである。

表 4.2.2 Dirout 堰群地点における検討流量

Principal name	Discharge at the NDGRs (m^3 /s)			
	Max.Q	Irrigation efficiency up 14%	Irrigation efficiency up 32%	Min.Q
Bahr Yusef Principal Canal	232.00	210.00	183.00	106.00
Ibrahimia Principal Canal	166.00	151.00	132.00	71.00

注：Min.Q は灌漑効率 32%up 時の冬期流量を示す。
出典：JICA 調査団

不等流解析に使用する粗度係数 n は、各基幹水路が平地河川（水路）であり、断面変化、湾曲、橋梁等の横断施設、水生植物の繁茂や水路内の生活ゴミが確認されることより、以下の文献および過年度報告書を参考に、n=0.030 を採用する。

1) 「OPEN-CHANNEL HYDRAULICS」(VEN TE CHOW, Ph.D) によれば、以下の通りである。

表 4.2.3 水路表面の状態別の粗度係数一覧表

Type of canal and description	Minimum	Normal	Maximum
C. Excavated or Dredged			
b. Earth, winding and sluggish			
2.Grass, some weeds	0.025	0.030	0.033
Dense weeds or aquatic plants in deep canals	0.030	0.035	0.040
D. Natural Streams			
D-1. minor streams (top width at flood stage < 100ft)			
a. Streams on plain			
1. clean, straight, full stage, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
3. clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
D-3. major streams (top width at flood stage > 100ft)			
The n value is less than that for minor streams of similar description, because banks offer less effective resistance.			

Note: Excerpt from "OPEN-CANAL HYDRAULICS" Table 5-6 Values of the roughness coefficient n

2) 「バハルヨセフ地区灌漑整備計画調査報告書」（国際協力事業団）によれば、流量実測により、粗度係数 n=0.030 を求めている。

3) 「新ダイルート堰群建設事業詳細設計調査報告書（JICA）」によれば、Dirout 堰群上流部の Ibrahimia 基幹水路の粗度係数を流量観測方法および実測水位流量による方法で推定している。

・流量観測による推定 : n = 0.0241～0.0361
・実測水位流量による推定 : n = 0.0256～0.0300

2) 解析結果

Bahr Yusef 基幹水路および Ibrahimia 基幹水路の不等流解析結果を、それぞれ図 4.2.5、図 4.2.6 に示す。

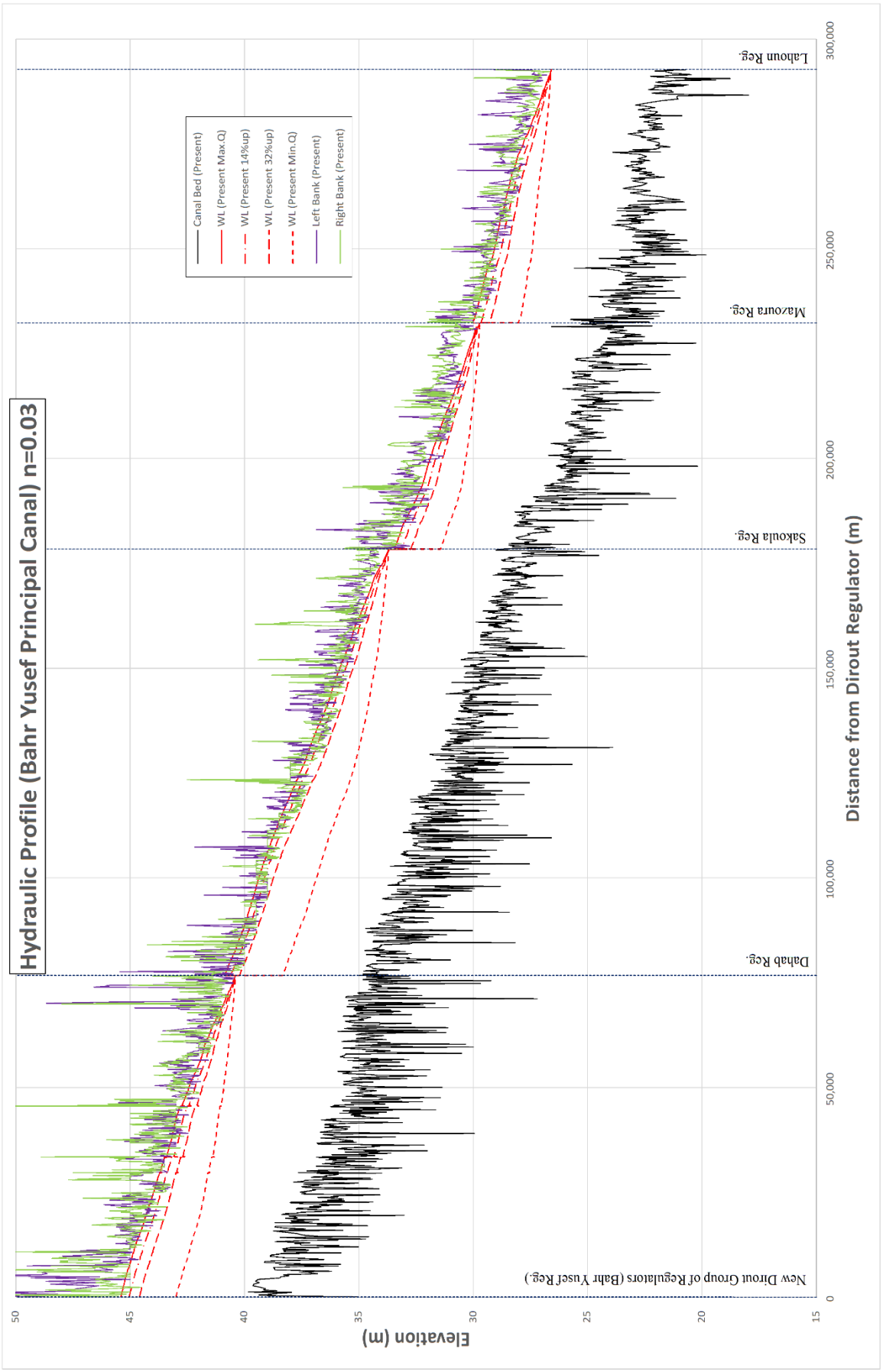


図 4.2.4 Bahr Yusef 幹線水路 水理縦断図（現況）
出典：JICA 調査団

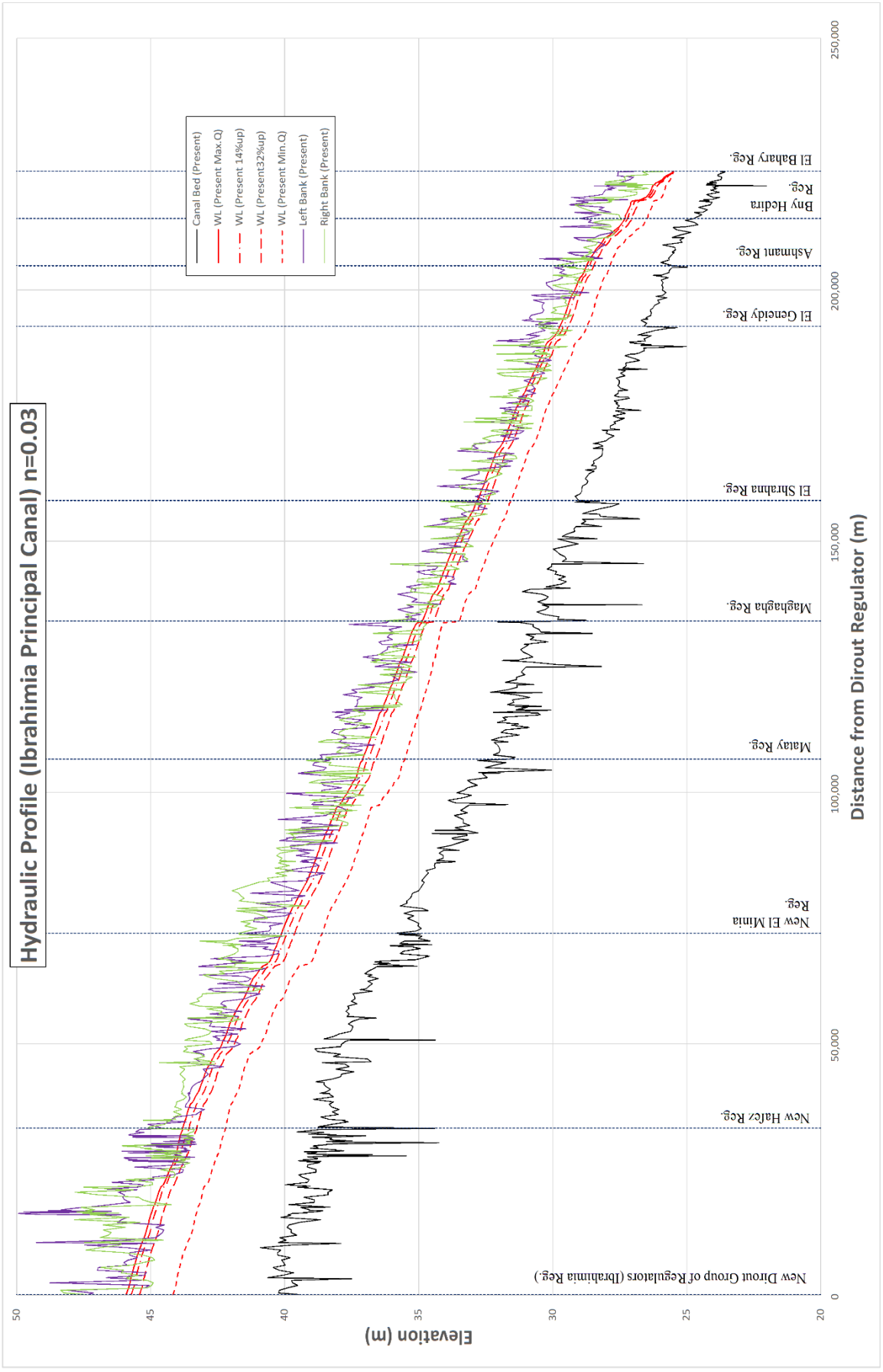


図 4.2.5 Ibrahimia 幹線水路 水理縦断図（現況）
出典：JICA 調査団

3)　水理的現況水路の評価

全てのケース流量において、Bahr Yusef、Ibrahimia の両基幹水路ともに、十分な流下能力を有しておらず、溢水の可能性があることが判った。この要因として、以下のような両基幹水路の特徴が挙げられる。

✓ 幹線水路の勾配が概ね 1/10,000 以下の非常に緩勾配で、各断面での平均流速が v=0.60m/s 程度の緩やかな流れとなっている。よって、水路全線に亘って堆砂傾向が顕著で、現況の最新河床高と計画河床高（堰間の河床勾配）を整理すれば図 4.2.6 のとおりとなり、通水阻害が生じていることが判る。

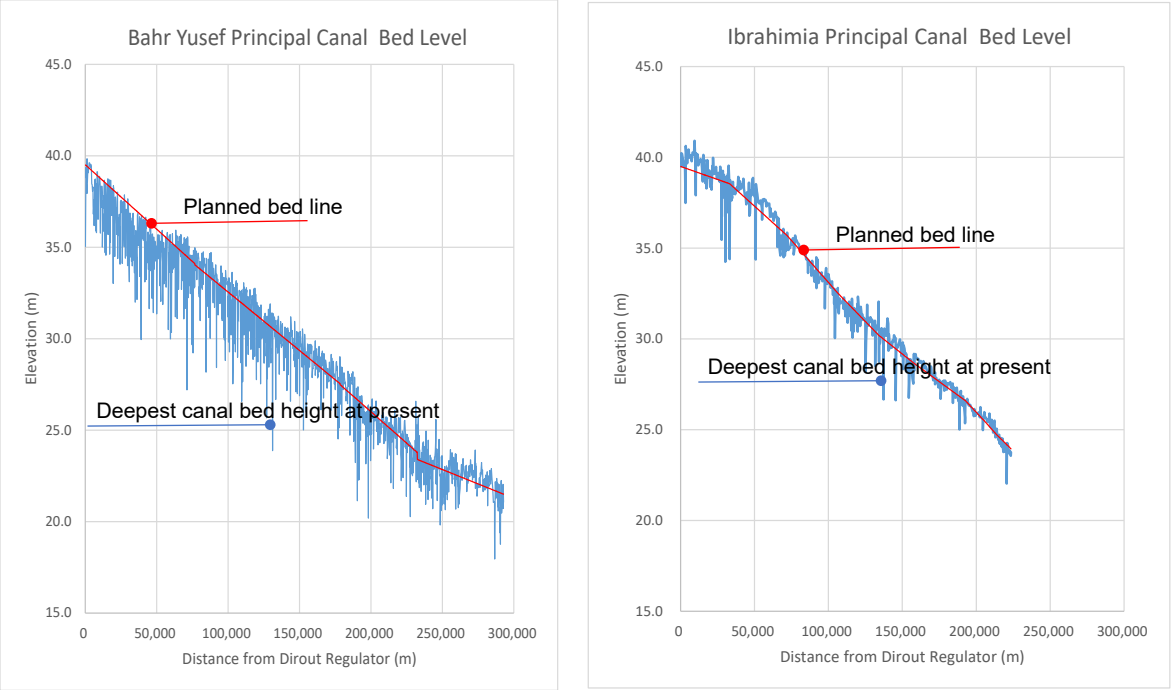


図 4.2.6　現況最新河床高と計画河床高の関係図
出典：JICA 調査団

✓ Bahr Yusef 基幹水路には曲率の大きな約 200 箇所の湾曲部があり、図 4.2.7 で示されるように水衝部の洗堀、水裏部での堆砂が顕著となっている。このように、洗堀、堆砂に伴う通水断面の縮小による通水能力の低下と同時に側岸の浸食による背後地への被害が懸念される。

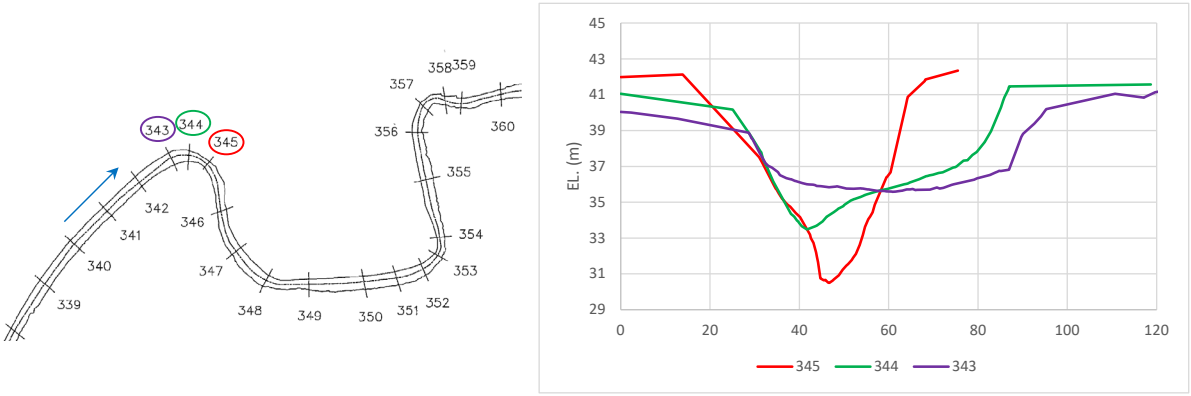


図 4.2.7　Bahr Yusef 基幹水路湾曲部水路断面状況図
出典：JICA 調査団

4.2.3 Abo Shosha 地区

Abo Shosha 地区は、Ibrahimia 幹線水路を水源とし 17,881 feddan の受益地に灌漑水を供給している優先地区の 1 つである。この地区では、上流で取水された灌漑用水が水路末端の農地まで届かないことから、排水再利用ポンプ場や隣接する Bahr Yusef 基幹水路からフィーダーポンプを設け、下流域への配水を実現している。

当該地区はローテーション灌漑システムを採用しており、Qoleia 堰の上流域では 10 日間 ON、5 日間 OFF、それより下流域では 5 日間 ON、10 日間 OFF の条件で運用されている（図 4.2.8 左図を参照）。解析対象とする水路は、水路長、水路幅、受益面積を考慮し、主水路である Abo Shosha 幹線水路の他、Talt branch, Sheikh Abid branch, Abo Shosha Branch1, Dushtoot branch の合計 5 水路を選定した。表 4.2.4 に、選定した水路の諸元を示す。

表 4.2.4 解析対象水路諸元（Abo Shosha 地区）

No.	Name	Location	Slope	Length	Width	Service Area
1	Abo Shosha Canal	-	1/10000	33.56 km	12.79 m	19,870 feddan
2	Talt Branch	KM 8.26 of Abo Shosha	1/10000	7.50 km	9.68 m	4,580 feddan
3	Sheikh Abid Branch	KM 22.67 of Abo Shosha	2/10000	2.65 km	8.73 m	1,710 feddan
4	Abo Shosha Branch 1	KM 25.79 of Abo Shosha	1/10000	3.06 km	6.70 m	595 feddan
5	Dushtoot	KM 28.97 of Abo Shosha	1/10000	4.80 km	7.37 m	1,160 feddan

出典：JICA 調査団

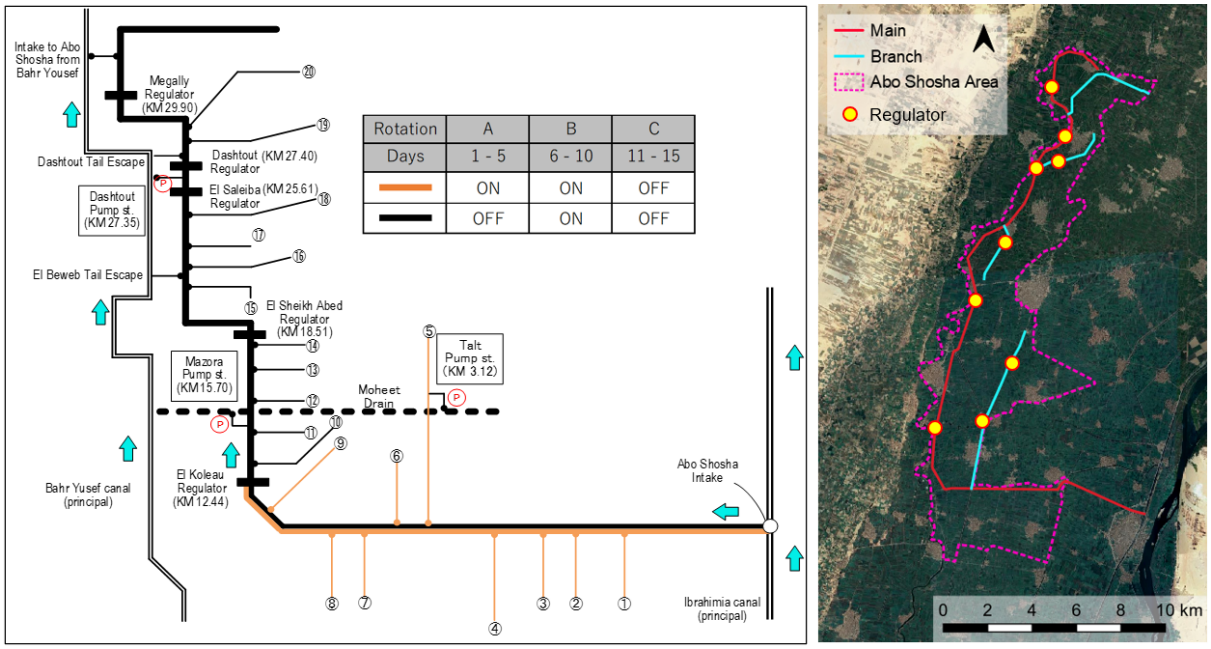


図 4.2.8 Abo Shosha 地区模式図（左）と解析対象水路位置図（右）

出典：Irrigation Directorate of Beni Suef、JICA 調査団

1） 解析ケース

Abo Shosha 幹線水路の取水地点の流量は、ローテーションパターン（A、B）、作付けシーズン（夏作、冬作）、水路構造物の状態（近代灌漑導入の有無、送水ポンプ稼働の有無）の 3 つの要因によって決定される。解析の目的から最も重要なケースは、最低水位を示す場合であり、近代灌漑導入後、かつポンプを使用しない場合の冬作時のケースとなる。

Abo Shosha 地区のローテーションシステムは作付けシーズンに関係なく同一であり、Qoleia 堰

（Abo Shosha 主水路の 12.64KM 地点）の上流と下流の 2 つの小地区で明確に分けられている。上流域の小地区には Abo Shosha 地区最大の支線水路である Talt 支線水路が含まれており、その対象受益面積は 3,899 feddan である。

この小地区にある農地は、15 日中 10 日間は取水が可能であることから、取水できない 5 日の分を考慮し、作物消費量の 1.5 倍（15 日/10 日）を 10 日間で取水する必要がある。一方、堰下流側の小地区では、15 日中 5 日間のみ取水が可能であることから、取水ができない 10 日分の作物消費量を考慮し、3 倍（15 日/5 日）を取水する必要がある。

図 4.2.8 で示す通り、Abo Shosha 地区は 3 パターンのローテーションシステムを採用しているが、そのうちの 1 つは両小地区ともに取水を止めている期間であることから、不等流解析上は考慮する必要がない。したがい、ローテーションシステムは A（上流の小地域のみ通水）と B（上流、下流ともに通水）の 2 種類のみを解析対象とする。

表 4.2.5 に Abo Shosha 幹線水路の始点における取水量を整理する。表中の「Discharge at the Intake Point」で示すように、取水量は作付けシーズン、ローテーション、およびフィーダーポンプの条件によって 2.34m³/s から 12.80m³/s までと非常に大きな幅があることがわかる。最大流量条件は、現況条件ではなく、近代灌漑導入後の将来条件でフィーダーポンプを使用しない場合（Case10）となる。

表 4.2.5 解析ケース一覧（Abo Shosha 地区）

Case No.	Discharge at the Intake Point	Summer Rotation		Winter Rotation		Canal Condition		Regulator Rehabilitation		Feeder Pumps	
		A	B	A	B	Earthen (Present)	Concrete-lined (Future)	YES	NO	ON	OFF
1	4.16 m³/s	✓				✓			✓	✓	
2	10.84 m³/s		✓			✓			✓	✓	
3	2.83 m³/s			✓		✓			✓		✓
4	8.42 m³/s				✓	✓			✓		✓
5	2.80 m³/s	✓					✓	✓		✓	
6	7.30 m³/s		✓				✓	✓		✓	
7	2.80 m³/s	✓					✓		✓	✓	
8	7.30 m³/s		✓				✓		✓	✓	
9	4.30 m³/s	✓					✓		✓		✓
10	12.80 m³/s		✓				✓		✓		✓
11	2.34 m³/s			✓			✓	✓			✓
12	6.96 m³/s				✓		✓	✓			✓
13	2.34 m³/s			✓			✓		✓		✓
14	6.96 m³/s				✓		✓		✓		✓

出典：JICA 調査団

2) 境界条件

解析は水路ごとに個別に行っていることから、水路ごとに下流側の境界条件を設定する必要がある。各水路の下流端は Tail Escape が設置されておらず、直接 3 次水路（Meska）に流れる仕組みであることから、下流端の境界条件として等流水深を適用する。表 4.2.6 に Abo Shosha 地区の境界条件一覧を示す。

表 4.2.6 境界条件一覧表（Abo Shosha 地区）

Name	Discharge during Summer Season	Discharge during Winter Season	DS Slope (Normal Depth)
Abo Shosha Main	2.8 m³/s – 12.8 m³/s	2.3 m³/s – 7.0 m³/s	1/10,000
Talt branch	0.4 m³/s – 1.0 m³/s	1.0 m³/s – 1.2 m³/s	1/10,000
Sheikh Abid Branch	1.8m³/s – 2.4 m³/s	1.0m³/s – 1.2 m³/s	1/10,000

Name	Discharge during Summer Season	Discharge during Winter Season	DS Slope (Normal Depth)
Abo Shosha Branch1	0.6m^3/s – 0.8 m^3/s	0.3m^3/s – 0.4 m^3/s	1/10,000
Dashtoot	1.2m^3 – 1.5 m^3/s	0.5m^3/s – 0.8 m^3/s	1/10,000

出典：JICA 調査団

3) その他解析条件

構造物調査、測量調査および衛星画像を確認した結果、解析対象水路沿いにある支線水路あるいは Meska の取水点が 148 箇所確認されている。本解析では、これら取水点の受益面積を衛星画像および GIS を活用して受益地の境界線を特定し、受益地の作付面積に応じた取水量を個々に算出した。また、フィーダーポンプとして考慮している Talt Branch 沿いの排水再利用ポンプ場と Abo Shosha 幹線水路沿いの 2 つのフィーダーポンプの条件は、現地灌漑事務所よりの聞き取り結果を適用した（表 4.2.7 参照）。

対象水路に存在する堰の状態を確認したところ、KM12.64 地点に存在する Qoleia 堰以外は全て機能していないことを確認している。したがい、現況条件においては当該堰以外で水位調整を行わないこととし、将来条件では水位調整を行うこととした（設定水位は、現況の水位を再現できることを条件としている）。表 4.2.9 に Abo Shosha 幹線水路で各支線水路および Meska への配水に必要な水位を整理する。

表 4.2.7 ポンプ場諸元一覧（Abo Shosha 地区）

No.	Name	Location	Capacity	Total Discharge	
				Summer	Winter
1	Mazora Pump St.	KM 15.70 of Abo Shosha	0.5 m^3/s x 6 units	2.0 m^3/s (4 units)	0 m^3/s
2	Dushtoot Pump St.	KM 27.35 of Abo Shosha	0.5 m^3/s x 6 units	2.5 m^3/s (5 units)	0 m^3/s
3	Talt Pump St.	KM 3.12 of Talt	0.5 m^3/s x 3 units	1.5 m^3/s (3 units)	0 m^3/s

出典：JICA 調査団

表 4.2.8 解析対象水路上の堰一覧（Abo Shosha 地区）

No.	Name	Location	Remarks
1	El Qoleia Regulator	KM 12.64 of Abo Shosha	Max./ Min. WL is EL.30.65m / EL. 30.35m
2	El Sheikh Abid Regulator	KM 18.58 of Abo Shosha	Not functioning
3	El Saleiba Regulator	KM 25.80 of Abo Shosha	Not functioning
4	Dushtoot Regulator	KM 27.71 of Abo Shosha	Not functioning
5	Megally Regulator	KM 30.49 of Abo Shosha	Not functioning
6	Talt Regulator1	KM 3.37 of Talt	Not functioning
7	Talt Regulator2	KM 5.92 of Talt	Not functioning
8	Sheikh Abid Regulator	KM 0.82 of Sheikh Abid	Not functioning
9	Abo Shosha Branch1 Regulator	KM 1.13 of Abo Shosha Branch1	Not functioning

出典：JICA 調査団

表 4.2.9 各支線水路への配水に必要な水位一覧（Abo Shosha 地区）

Name of Branch/Regulator	Location		Required Water Level (Max-Min)
Abo Shosha Branch1 1st	Abo Shosha	KM 4.3	31.3 m - 30.3 m
Mesqa Aref	Abo Shosha	KM 4.6	31.2 m - 30.3 m
Abo Shosha Branch2 1st	Abo Shosha	KM 5.4	31.2 m - 30.3 m
Abo Shosha Branch3 1st	Abo Shosha	KM 6.7	31.1 m - 30.0 m
Talt	Abo Shosha	KM 8.1	30.9 m - 30.3 m
Shawky	Abo Shosha	KM 8.8	30.9 m - 29.8 m
Hanna	Abo Shosha	KM 9.2	30.8 m - 29.8 m
Tawfik	Abo Shosha	KM 10.3	30.7 m - 29.8 m
Abo Shosha Branch1 2nd	Abo Shosha	KM 12.9	30.7 m - 29.7 m
Kamoun	Abo Shosha	KM 14.5	30.3 m - 29.5 m
Mazoura	Abo Shosha	KM 16.3	30.1 m - 29.1 m
Nousir	Abo Shosha	KM 17.1	30.0 m - 29.0 m
Belani	Abo Shosha	KM 18.3	29.8 m - 28.9 m

Name of Branch/Regulator	Location		Required Water Level (Max-Min)
El Shaikh Abid	Abo Shosha	KM 22.3	29.3 m - 28.5 m
Al Kassaba	Abo Shosha	KM 24.8	29.2 m - 28.3 m
Abo Shosha Branch2 3rd	Abo Shosha	KM 28.0	28.8 m - 27.9 m
Dushtoot	Abo Shosha	KM 28.5	28.7 m - 27.9 m

出典：Irrigation Directorate of Beni Suef、JICA 調査団

4) 検討結果

4.1) Abo Shosha 幹線水路

図 4.2.9 に Abo Shosha 主水路の現況の水位縦断を示す。いずれの条件においても溢水は発生していないことから、最大流量条件（夏作のローテーション B 条件）に対して十分な流下能力を有していることが分かる。また、現況の最小流量条件（冬作のローテーション A 条件）においても、各取水地点の水位は配水に必要な水位（図中灰色の〇で表示）を上回っていることを確認した。

将来条件（コンクリートライニング施工後で農地に近代灌漑を導入した条件）では、ローテーション B で夏作期に最大 80cm の水位低下が確認された。しかし、Abo Shosha 幹線水路に存在する 5 堰が改修され、水位調節機能が回復している前提下では、上記の水位低下後も配水は問題なく行われることが確認された（図 4.2.10 を参照）。

前述のとおり、現状では Qoleia 堰を除き堰は機能していない状態である。後述の検討にて、Qoleia 堰、El Shaikh Abed 堰、Dashtoot 堰については本事業の改修対象としており、他の堰についても灌漑局により堰の改修が予定されているが、仮に堰が改修されない場合の水位を確認すると、いくつかの取水地点で必要水位を下回ることが分かる（図 4.2.11 の赤枠箇所および表 4.2.10、表 4.2.11 の着色箇所を参照）。このことから、将来的に堰の改修は必要となる。

スプリンクラー等、農地への近代灌漑設備の導入により過剰な取水を制限する効果が期待される。したがって、将来は現在稼働中のポンプが不要になると考えられる。図 4.2.12 に、これらポンプ場を稼働させない場合の水位縦断を示す。ポンプ場が稼働していない場合、Abo Shosha 幹線水路上流端の水位は現況の最大取水量より大きくなるが、十分な流下能力を有していることが確認される。

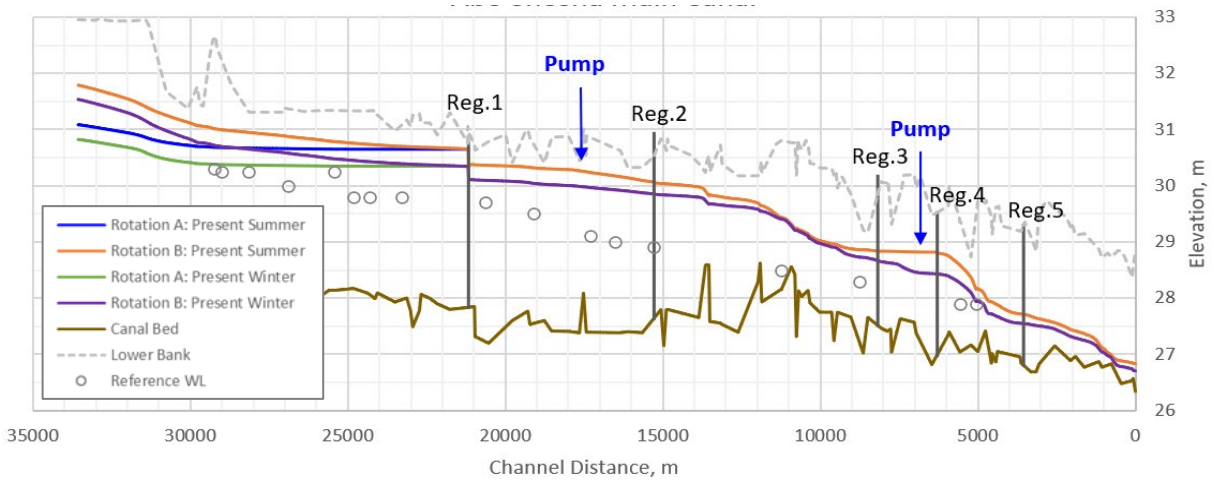


図 4.2.9 Abo Shosha 幹線水路の水位縦断図（現行条件）

出典：JICA 調査団

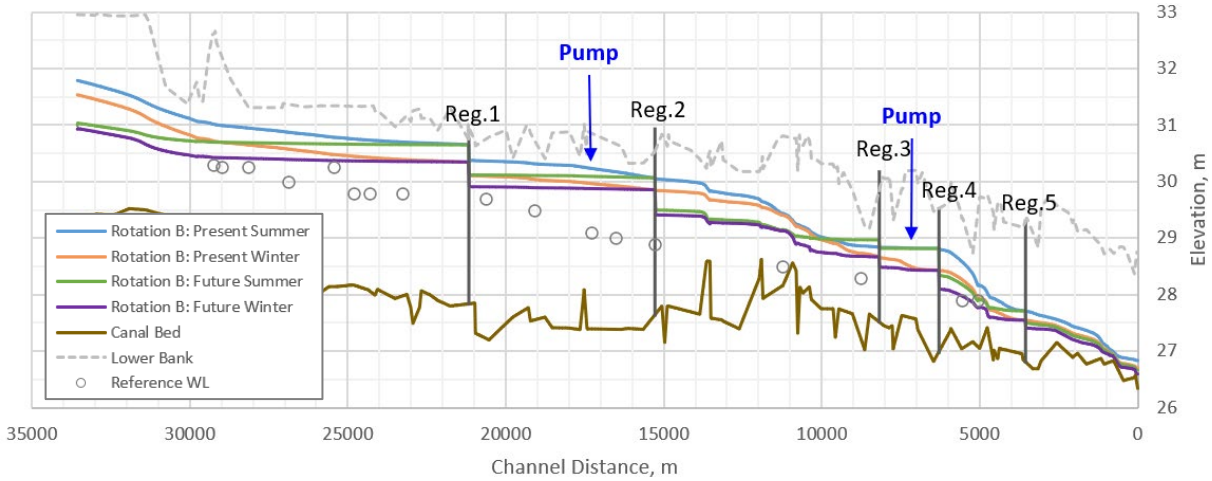


図 4.2.10 Abo Shosha 幹線水路の水位縦断図（現行および将来条件での比較）

出典：JICA 調査団

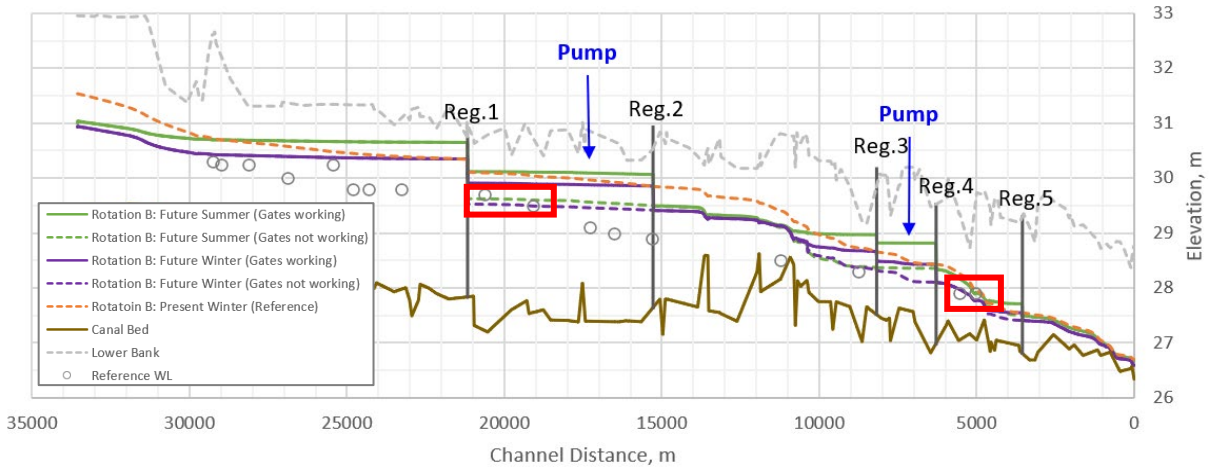


図 4.2.11 Abo Shosha 幹線水路の水位縦断図（既存堰の水位調節機能の有無比較）

出典：JICA 調査団

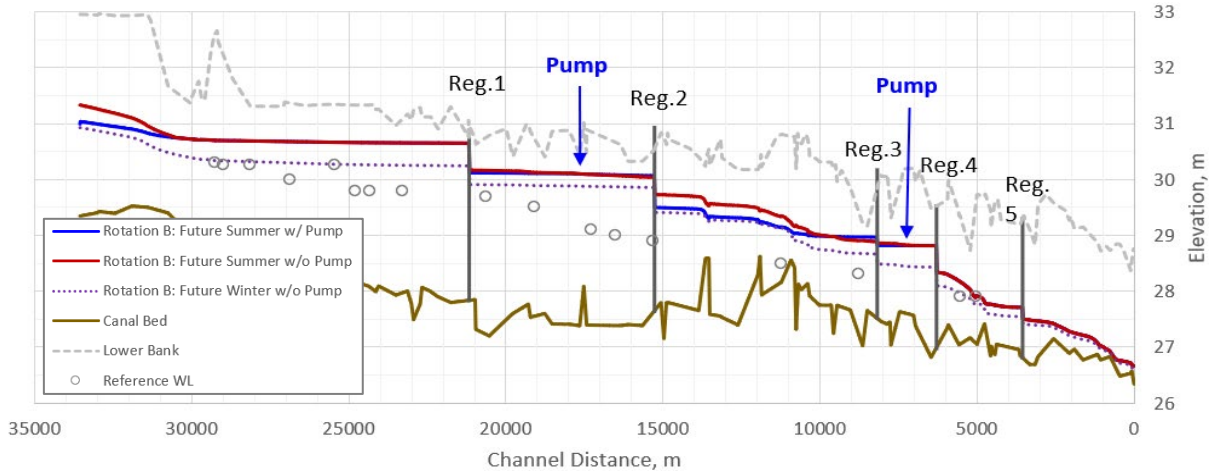


図 4.2.12 Abo Shosha 幹線水路の水位縦断図（フィーダーポンプ稼働の有無比較）

出典：JICA 調査団

表 4.2.10 取水地点の水位一覧（Abo Shosha 幹線水路：現行条件）

Branch/ Regulator	Distance km	Intake Elevation EL.m	Water Level, EL.m			
			Case1	Case2	Case3	Case4
Abo Shosha Branch1 1st	4.31	30.30	30.683	31.015	30.380	30.718
Mesqa Aref	4.57	30.25	30.679	30.993	30.375	30.695
Abo Shosha Branch2 1st	5.42	30.25	30.671	30.947	30.368	30.649
Abo Shosha Branch3 1st	6.68	30.00	30.660	30.874	30.359	30.576
Talt	8.12	30.25	30.651	30.784	30.349	30.477
Shawky	8.75	29.80	30.650	30.754	30.349	30.448
Hanna	9.24	29.80	30.650	30.734	30.349	30.427
Tawfik	10.28	29.80	30.650	30.700	30.349	30.391
US El Qoleia Regulator	12.38	-	30.650	30.655	30.349	30.342
DS El Qoleia Regulator	12.40	-	30.683	30.378	30.349	30.109
Abo Shosha Branch1 2nd	12.91	29.70	-	30.365	-	30.096
Kamoun	14.45	29.50	-	30.317	-	30.041
Mazoura	16.27	29.10	-	30.233	-	29.965
Nousir	17.05	29.00	-	30.173	-	29.925
Belani	18.26	28.90	-	30.067	-	29.855
US El Sheikh Abed Regulator	18.28	-	-	30.066	-	29.855
DS El Sheikh Abed Regulator	18.30	-	-	30.049	-	29.846
El Shaikh Abid	22.31	28.50	-	29.430	-	29.406
Al Kassaba	24.80	28.30	-	28.861	-	28.729
US El Saleiba Regulator	25.37	-	-	28.84	-	28.672
DS El Saleiba Regulator	25.39	-	-	28.837	-	28.657
US Dashtout Regulator	27.26	-	-	28.814	-	28.432
DS Dashtout Regulator	27.28	-	-	28.800	-	28.427
Abo Shosha Branch2 3rd	28.01	27.90	-	28.575	-	28.261
Dashtoot	28.51	27.90	-	28.157	-	27.938
US Megally Regulator	30.00	-	-	27.711	-	27.548
DS Megally Regulator	30.02	-	-	27.707	-	27.546

出典：JICA 調査団

表 4.2.11 取水地点の水位一覧（Abo Shosha 幹線水路：夏作期将来条件）

Branch/ Regulator	Distance km	Intake Elevation EL.m	Water Level, EL.m					
			Case5	Case6	Case7	Case8	Case9	Case10
Abo Shosha Branch1 1st	4.31	30.30	30.648	30.556	30.653	30.697	30.659	30.528
Mesqa Aref	4.57	30.25	30.648	30.553	30.653	30.695	30.658	30.518
Abo Shosha Branch2 1st	5.42	30.25	30.647	30.544	30.652	30.688	30.656	30.484
Abo Shosha Branch3 1st	6.68	30.00	30.646	30.53	30.651	30.677	30.653	30.427
Talt	8.12	30.25	30.645	30.514	30.650	30.665	30.650	30.355
Shawky	8.75	29.80	30.645	30.509	30.650	30.661	30.650	30.337
Hanna	9.24	29.80	30.645	30.506	30.650	30.658	30.650	30.323
Tawfik	10.28	29.80	30.645	30.501	30.650	30.654	30.650	30.300
US El Qoleia Regulator	12.38	-	30.645	30.494	30.650	30.649	30.650	30.267
DS El Qoleia Regulator	12.40	-	-	30.118	-	29.626	-	30.153
Abo Shosha Branch1 2nd	12.91	29.70	-	30.116	-	29.622	-	30.147
Kamoun	14.45	29.50	-	30.107	-	29.6	-	30.111
Mazoura	16.27	29.10	-	30.091	-	29.562	-	30.073
Nousir	17.05	29.00	-	30.081	-	29.539	-	30.054
Belani	18.26	28.90	-	30.066	-	29.503	-	30.021
US El Sheikh Abed Regulator	18.28	-	-	30.066	-	29.503	-	30.022
DS El Sheikh Abed Regulator	18.30	-	-	29.498	-	29.49	-	29.730
El Shaikh Abid	22.31	28.50	-	29.141	-	29.101	-	29.337
Al Kassaba	24.80	28.30	-	28.97	-	28.389	-	28.907
US El Saleiba Regulator	25.37	-	-	28.968	-	28.374	-	28.886
DS El Saleiba Regulator	25.39	-	-	28.818	-	28.368	-	28.863
US Dashtout Regulator	27.26	-	-	28.814	-	28.353	-	28.814
DS Dashtout Regulator	27.28	-	-	28.346	-	28.336	-	28.337
Abo Shosha Branch2 3rd	28.01	27.90	-	28.189	-	28.17	-	28.172
Dushtoot	28.51	27.90	-	27.967	-	27.875	-	27.888
US Megally Regulator	30.00	-	-	27.900	-	27.501	-	27.711
DS Megally Regulator	30.02	-	-	27.499	-	27.499	-	27.499

注：着色部は水路水位が必要水位未満の箇所を示す
出典：JICA 調査団

表 4.2.12 取水地点の水位一覧（Abo Shosha 幹線水路：冬作期将来条件）

Branch/ Regulator	Distance km	Intake Elevation EL.m	Water Level, EL.m			
			Case11	Case12	Case13	Case14
Abo Shosha Branch1 1st	4.31	30.30	30.351	30.336	30.354	30.426
Mesqa Aref	4.57	30.25	30.351	30.332	30.354	30.422
Abo Shosha Branch2 1st	5.42	30.25	30.349	30.318	30.353	30.411
Abo Shosha Branch3 1st	6.68	30.00	30.348	30.296	30.351	30.392
Talt	8.12	30.25	30.346	30.271	30.349	30.371
Shawky	8.75	29.80	30.346	30.265	30.350	30.366
Hanna	9.24	29.80	30.346	30.260	30.350	30.362
Tawfik	10.28	29.80	30.346	30.253	30.350	30.356
US El Qoleia Regulator	12.38	-	30.346	30.242	30.350	30.347
DS El Qoleia Regulator	12.40	-	-	29.908	-	29.529
Abo Shosha Branch1 2nd	12.91	29.70	-	29.906	-	29.524
Kamoun	14.45	29.50	-	29.890	-	29.492
Mazoura	16.27	29.10	-	29.875	-	29.459
Nousir	17.05	29.00	-	29.867	-	29.443
Belani	18.26	28.90	-	29.855	-	29.417
US El Sheikh Abed Regulator	18.28	-	-	29.855	-	29.418
DS El Sheikh Abed Regulator	18.30	-	-	29.411	-	29.41
El Shaikh Abid	22.31	28.50	-	29.129	-	29.126
Al Kassaba	24.80	28.30	-	28.693	-	28.375
US El Saleiba Regulator	25.37	-	-	28.682	-	28.331
DS El Saleiba Regulator	25.39	-	-	28.520	-	28.311
US Dashtout Regulator	27.26	-	-	28.471	-	28.103
DS Dashtout Regulator	27.28	-	-	28.130	-	28.097
Abo Shosha Branch2 3rd	28.01	27.90	-	28.032	-	27.972
Dushtoot	28.51	27.90	-	27.923	-	27.765
US Megally Regulator	30.00	-	-	27.90	-	27.410
DS Megally Regulator	30.02	-	-	27.408	-	27.408

注：着色部は水路水位が必要水位未満の箇所を示す
出典：JICA 調査団

4.2) 支線水路

表 4.2.13 に支線水路の解析ケースをまとめる。支線水路については、ローテーションによらず流量は同じであることから、検討ケースは 4 ケースのみとなる。なお、Abo Shosha 地区最大の支線水路である Talt 支線水路には排水再利用ポンプ場が存在するが、将来条件では稼働の必要がないものとして解析を実施する。

表 4.2.13 支線水路の解析条件（Abo Shosha 地区）

Case No.	Unit Discharge at the Intake Point	Season		Canal Condition		Regulator Rehabilitation		Remarks
		Summer	Winter	Earthen (Present)	Concrete-lined (Future)	YES	NO	
1	1.00 L/s/ha	✓		✓			✓	Drainage pump is OFF in future condition for Talt branch
2	0.50 L/s/ha		✓	✓			✓	
3	0.76 L/s/ha	✓			✓	✓		
4	0.41 L/s/ha		✓		✓	✓		

出典：JICA 調査団

解析対象の支線水路につき、それぞれのケースの水位縦断を図 4.2.13 から図 4.2.16 に示す。全ての支線水路にて、現況の最大流量を流すのに十分な流下能力を有していることを確認できる。また、現行と将来の水位を比較すると 20cm から 25cm の水位低下が確認される。現況では、支線水路の既存堰は全て機能していないが、近代灌漑導入による水位低下の影響を緩和するため、幹線水路の調整堰と同様に改修が必要となる。

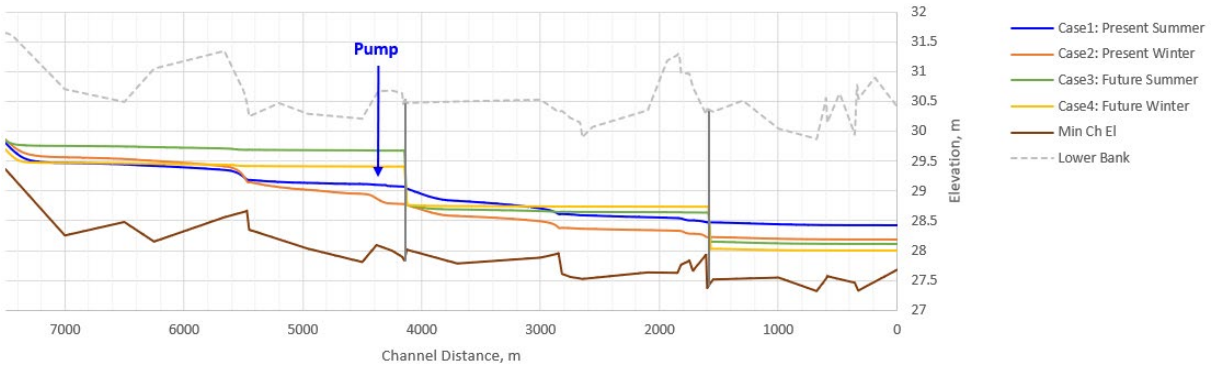


図 4.2.13　水位縦断図（Talt 支線水路：現況 vs 将来条件）
出典：JICA 調査団

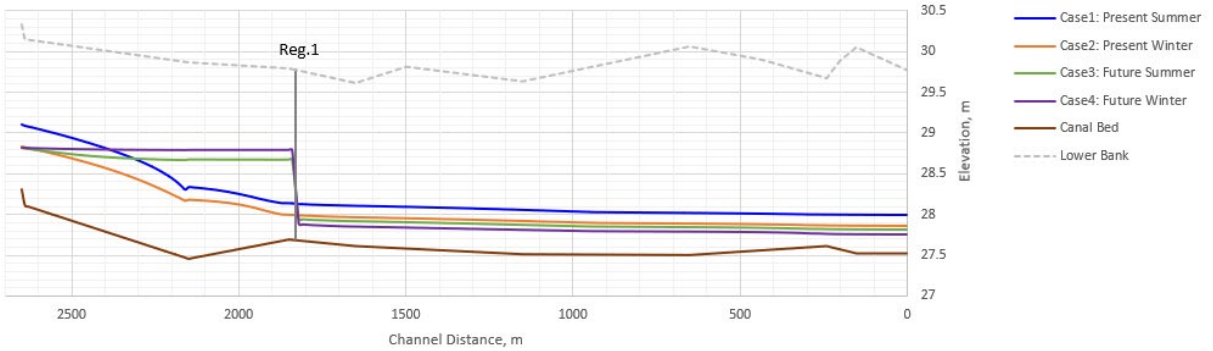


図 4.2.14　水位縦断図（Sheikh Abid 支線水路：現況 vs 将来条件）
出典：JICA 調査団

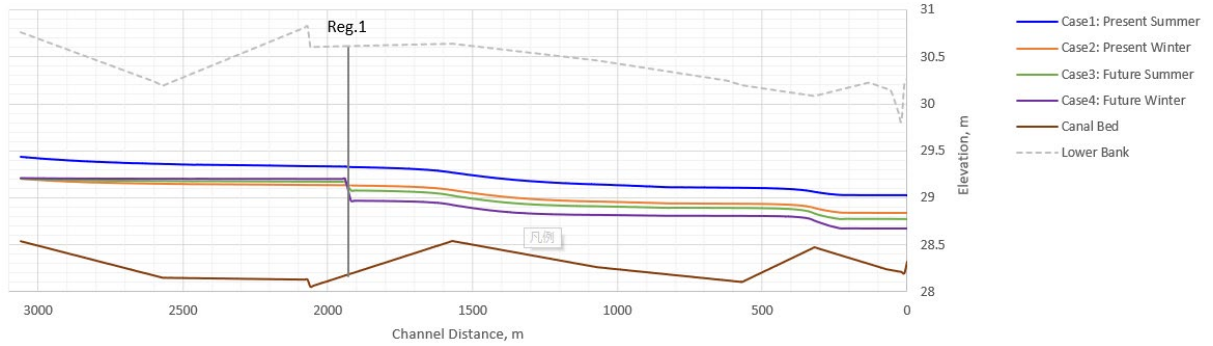


図 4.2.15　水位縦断図（Abo Shosha 支線水路 1：現況 vs 将来条件）
出典：JICA 調査団

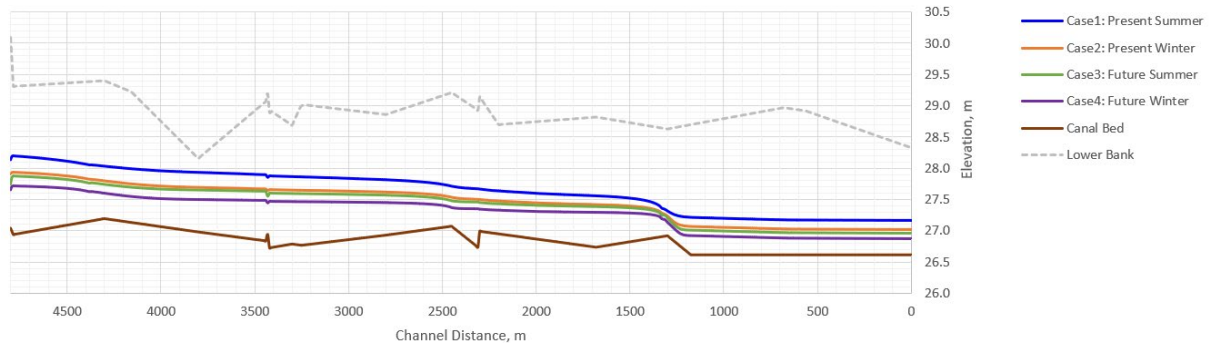


図 4.2.16　水位縦断図（Dushtoot 支線水路：現況 vs 将来条件）
出典：JICA 調査団

表 4.2.14 各水路における将来条件での最大水位低下量（Abo Shosha 地区）

Canal Name	Maximum decrease in Water Level	Remarks
Abo Shosha Main Canal	60cm	Confirmed that no problem occurs at intake structure if the current regulators will be rehabilitated.
Talt Branch Canal	20cm	At the same timing of lining works, regulators should be rehabilitated to mitigate the impact of decrease in water level.
Sheikh Abid Branch Canal	25cm	
Abo Shosha Branch Canal 1	20cm	
Dushtoot Branch Canal	22cm	There is no water regulating facilities

出典：JICA 調査団

4.2.4 Aros & Abo Seer 地区

Aros & Abo Seer 地区は、Bahr Yusef 基幹水路を水源とする Fayoum 県に位置する灌漑地区であり 13,565 feddan の受益地を有する。本地区は 2 本の独立した幹線水路（Aros 主水路と Abo Seer 主水路）で構成され、それぞれの受益面積は 10,974 feddan と 2,591 feddan であり、Aros 幹線水路の受益地が大半を占める。

Fayoum 県全体に共通する特徴として、大きな水路縦断勾配が挙げられる（他優先地区の水路および幹線水路では 1km あたり 1cm 程度の非常に緩やかな勾配であるが、本地区では 1km あたり 5cm から 11cm と急勾配）。そのため、本地区において配水を安定して行うためには、適切な堰の配置はより重要なものとなってくる。

本地区の堰は他地区とは異なり、全てが固定堰である。クレスト幅および標高は、各堰の計画時点の流量に応じて設計され、施設管理の担当者は、堰頂部の水深を定期的に確認することで下流部への必要流量（Water Duty）を確保している。本解析の目的は、近代灌漑の導入（ライニング工の実施および農地へのスプリンクラー等の導入）による必要流量減少、粗度係数の低下時の水位変化を確認することにある。なお、既存堰では水位低下を緩和することができないため、水位低下の影響確認は重要となる。

本解析の対象とする水路は、水路長、幅、受益面積を考慮して、本地区での主要 5 水路（Aros 幹線水路、Defno & Dayr Defno 支線水路、Abo El Meir 支線水路、El Ghaba 支線水路、Abo Seer 幹線水路）を選定した。表 4.2.15 に解析対象水路の諸元を、図 4.2.17 に水路地図をそれぞれ示す。

表 4.2.15 解析対象水路諸元（Aros & Abo Seer 地区）

No.	Name	Location	Slope	Length	Width	Service Area
1	Aros Main Canal	KM 306.4 of Bahr Yusef	5/10000	9.60 km	12.0 m	10,974 feddan
2	Defno & Dayr Defno Branch Canal	KM 5.7 of Aros	6/10000	8.20 km	7.1 m	2,275 feddan
3	Abo El Meir Branch Canal	DS end of Aros	11/10000	7.59 km	8.2 m	2,619 feddan
4	El Ghaba Branch Canal	DS end of Aros	6/10000	10.00 km	6.39 m	2,076 feddan
5	Abo Seer Main Canal	KM 305.7 of Bahr Yusef	7/10000	4.50 km	8.38 m	2,591 feddan

出典：JICA 調査団

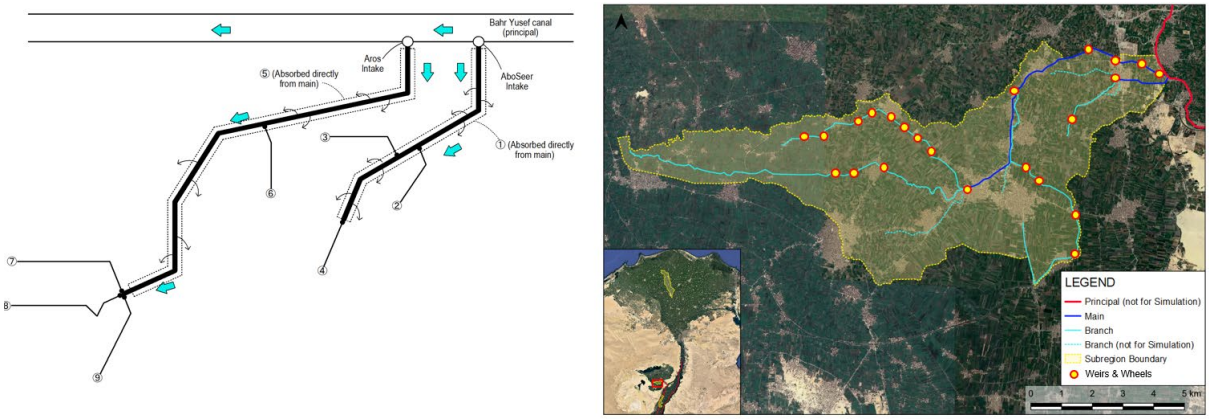


図 4.2.17　Aros & Abo Seer 地区模式図（左）と解析対象水路位置図（右）

出典：JICA 調査団

1)　解析ケース

本地区は、他地区と異なり、灌漑ローテーションシステムは適用せず、連続通水を行っている。また、本地区ではゲート設備や排水再利用ポンプ場は存在しないことから、解析ケースは単純なものとなる。解析ケースを表 4.2.16 に整理する。作付けシーズン（夏作、冬作）および近代圃場灌漑導入の有無（現況、将来）の 4 条件を考慮している。将来の条件は、水位低下の観点から最も安全側の条件として、近代灌漑が完全に導入され、灌漑効率が現況の 32%上昇した時の条件を適用する。さらに、現況断面は測量調査の結果に基づくものであるが、将来条件では灌漑局から提供された設計断面を適用し、将来の水位を確認することとした。

表 4.2.16　解析条件一覧表（Aros & Abo Seer 地区）

Canal	Case No.	Discharge (m^3/s)	Season		Canal Condition		Remark
			Summer	Winter	Current cross section with Earthen (Present)	Design cross section with Concrete-lined (Future)	
Aros Main Canal	1	2.50	✓		✓		Obtained from Fayoum Irrigation Directorate
	2	1.90		✓	✓		
	3	1.92	✓			✓	Calculated discharge based on the increase in irrigation efficiency
	4	1.46		✓		✓	
Abo Seer Main Canal	1	0.59	✓		✓		Obtained from Fayoum Irrigation Directorate
	2	0.45		✓	✓		
	3	0.45	✓			✓	Calculated discharge based on the increase in irrigation efficiency
	4	0.34		✓		✓	

出典：Fayoum 県灌漑局、JICA 調査団

2)　境界条件

解析対象となる水路毎に上下流の境界条件を表 4.2.17 のとおり設定した。各水路の下流端は、Tail Escape が設置されておらず、直接 3 次水路（Meska）に流れる仕組みであることから、下流端の境界条件として等流水深を適用する。

表 4.2.17　境界条件一覧表（Aros & Abo Seer 地区）

Name	Discharge during Summer Season	Discharge during Winter Season	DS Slope (Normal Depth)
Aros Main Canal	1.92 m^3/s – 2.50 m^3/s	1.46 m^3/s – 1.92 m^3/s	5/10,000
Defno & Dayr Defno Branch Canal	0.40 m^3/s – 0.52 m^3/s	0.30 m^3/s – 0.39 m^3/s	6/10,000
Abo El Meir Branch Canal	0.46 m^3/s – 0.60 m^3/s	0.35 m^3/s – 0.45 m^3/s	11/10,000
El Ghaba Branch Canal	0.36 m^3/s – 0.47 m^3/s	0.28 m^3/s – 0.36 m^3/s	6/10,000
Abo Seer Main Canal	0.45 m^3 – 0.59 m^3/s	0.34 m^3/s – 0.45 m^3/s	7/10,000

出典：JICA 調査団

3) その他解析条件

前述のとおり Aros & Abo Seer 地区の施設管理担当者は、堰頂部の水深を流量に換算して各区間での必要流量を確保している。JICA 調査団は Fayoum 県灌漑局より堰の流量換算表を含む設計諸元を入手し、流量係数等を再現した。各取水地点での取水量は、Fayoum 県灌漑局の保有している諸元表、測量調査、構造物調査および衛星画像を用いて各支線水路の境界を個々に確定し、境界内の作付面積に応じた値を設定した。

Fayoum 県灌漑局は、水路改修時に当初の設計断面を適用する計画である。そのため JICA 調査団は、将来断面においては Fayoum 灌漑局より入手した設計断面に基づいて解析を行った。ただし、El Ghaba 支線水路については、設計断面と現況断面に非現実的な差異が確認されたため、現況断面に応じた修正設計断面を適用している（図 4.2.18 を参照）。水利構造物については、堰および水車（サキア）は現況のとおりとした。これらの断面寸法は Fayoum 県灌漑局のデータに基づき設定している。また、解析で適用した粗度係数は、土水路を n=0.030、コンクリートライニング水路を n=0.015 とした。

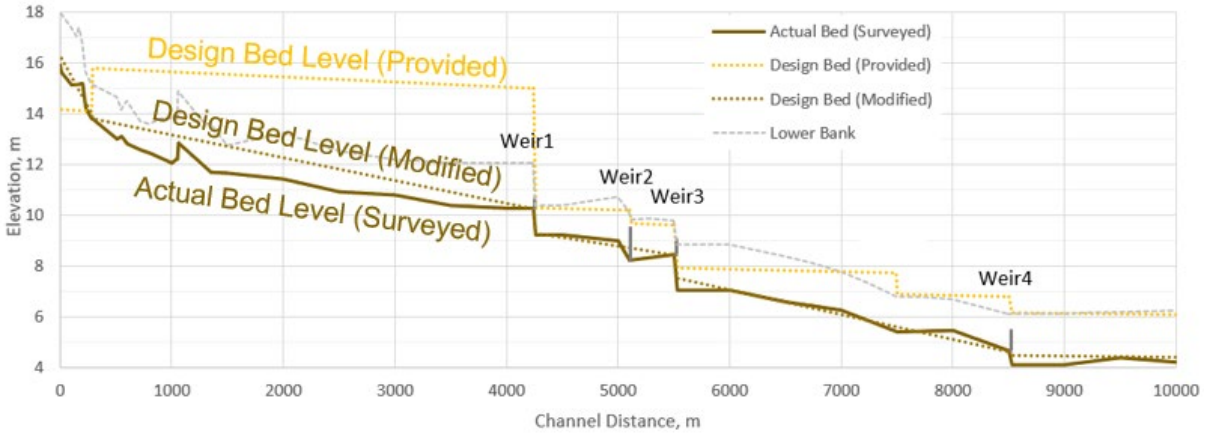


図 4.2.18 El Ghaba 支線水路縦断図（測量結果：茶色線、設計断面：オレンジ破線、修正断面：茶色破線）
出典：Fayoum 県灌漑局、JICA 調査団

表 4.2.18 解析対象堰および水車一覧（Aros & Abo Seer 地区）

No.	Name	Location	Remarks
1	Aros Weir	KM 0.23 of Aros	Crest Width = 6.50m. 2 pipes (R=0.6m) were illegally equipped by farmers
2	Water Wheel1	KM 1.30 of Aros	Only 1 of 5 wheel is under function
3	Water Wheel2	KM 1.79 of Aros	None of wheel is under function
4	Water Wheel3	KM 2.73 of Aros	None of wheel is under function
5	Bahr Defno Weir	KM 5.71 of Aros	Crest Width = 7.70m, No Gate
6	El Barq Weir	KM 6.03 of Aros	Crest Width = 6.65m, No Gate
7	El Kashef Weir	KM 1.78 of Abo Seer	Crest Width = 2.00m, No Gate
8	Abo Seer Extension Intake	KM 3.77 of Abo Seer	Crest Width = 0.35m, No Gate
9	Nasbet Isaak Pasha Weir	KM 1.81 of Abo El Meir	Crest Width = 2.30m
10	Nasbet El Nesf Weir	KM 3.21 of Abo El Meir	Crest Width = 0.75m
11	Nasbet El Elaw Weir	KM 3.67 of Abo El Meir	Crest Width = 0.70m
12	Nasbet El Qobaly Weir1	KM 4.01 of Abo El Meir	Crest Width = 1.00m
13	Nasbet El Qobaly Weir2	KM 4.40 of Abo El Meir	Crest Width = 0.50m
14	Nasbet El Khoms Weir	KM 4.94 of Abo El Meir	Crest Width = 0.45m
15	Nasbet Geaid Weir	KM 6.30 of Abo El Meir	Crest Width = 0.35m
16	Nasbet El Mahaosh Weir	KM 6.97 of Abo El Meir	Crest Width = 0.30m
17	El Wosta Weir	KM 4.25 of El Ghaba	Crest Width = 0.60m
18	Nasbet El Ramlaat Weir	KM 5.11 of El Ghaba	Crest Width = 0.60m
19	El Wosta Weir No.4	KM 5.52 of El Ghaba	Crest Width = 0.50m
20	El Wosta Weir No.5	KM 8.52 of El Ghaba	Crest Width = 0.45m

No.	Name	Location	Remarks
21	Dayr Defno Intake	KM 2.50 of Defno	Crest Width = 1.00m
22	Dayr Defno Weir	KM 1.21 of Dayr Defno	Crest Width = 2.50m
23	Dayr Defno Weir 2	KM 1.92 of Dayr Defno	Crest Width = 2.50m
24	Dayr Defno Weir 3	KM 2.91 of Dayr Defno	Crest Width = 0.75m
25	Dayr Defno Weir 4	KM 4.21 of Dayr Defno	Crest Width = 1.90m
26	Dayr Defno Weir 5	KM 4.71 of Dayr Defno	Crest Width = 1.00m

出典：JICA 調査団

4) 解析結果

図 4.2.19 から図 4.2.24 に条件別の各水路の水位縦断図を示す。現況の最大流量条件（Case 1）において対象水路は全て溢水することはなく、最大流量の流下能力を有していることが判る。将来条件で適用する設計断面は、基本的に水路底標高は現況よりも高くなっており、過去の浚渫作業が必要以上に行われている可能性が考えられる。しかしながら、基本的には水路上の堰により水位がコントロールされているため、現況断面からの水路底標高差の水位への影響は限定的である。

4.1) Aros 幹線水路

図 4.2.19 に Aros 幹線水路の水位縦断図を示す。現況と将来条件を比較した時、El Barq Weir（図 4.2.19 中の Weir No.4）直下流の水位差が大きくなることが確認された（56cm）。現況では Fayoum 県灌漑局との協議と現地調査を通じて該当区間（3,200m から 3,600m の区間）での取水箇所は確認されていないが、将来的に取水が必要な場合は設計水路断面の変更を行う必要がある。

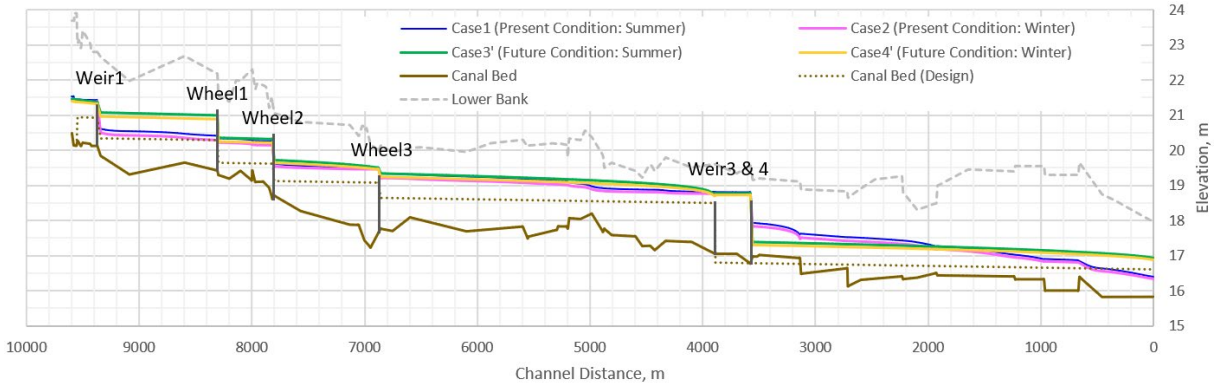


図 4.2.19 水位縦断図（Aros 幹線水路：現況および将来条件）

出典：JICA 調査団

4.2) Abo Seer 幹線水路

図 4.2.20 に Abo Seer 幹線水路の水位縦断図を示す。現況水路断面（茶色線）と計画断面（茶色点線）を比較した時、堰の手前では現況断面の標高が高く、堰の直下では計画断面の標高が高い傾向があり、堆砂の影響が現れていると考えられる。将来の水位は Weir1 上流（図 4.2.21 の区間①）で 30cm 程度、Abo Seer Ext. Weir 上流（図 4.2.21 の区間②）で 38cm 程度、現況に対して低くなることが確認された。この水位変化による配水への影響は Fayoum 県灌漑局でしており、問題はないと報告を受けている。

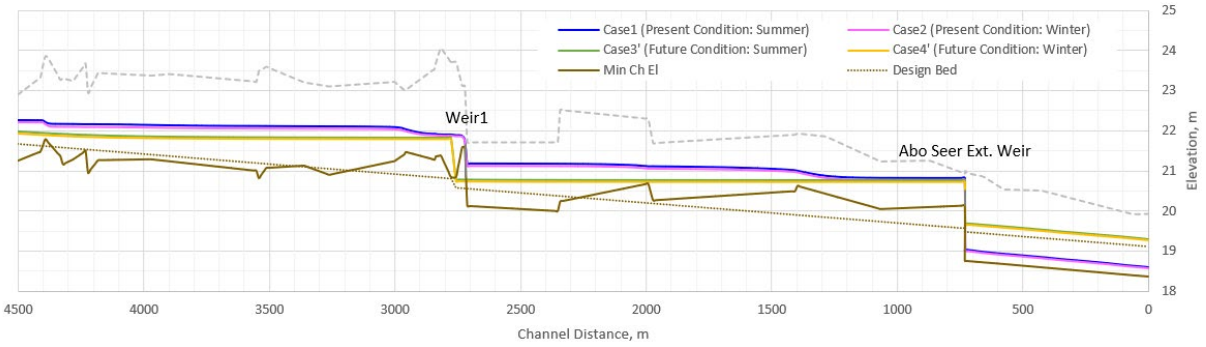


図 4.2.20 水位縦断図（Abo Seer 幹線水路：現況および将来条件）
出典：JICA 調査団

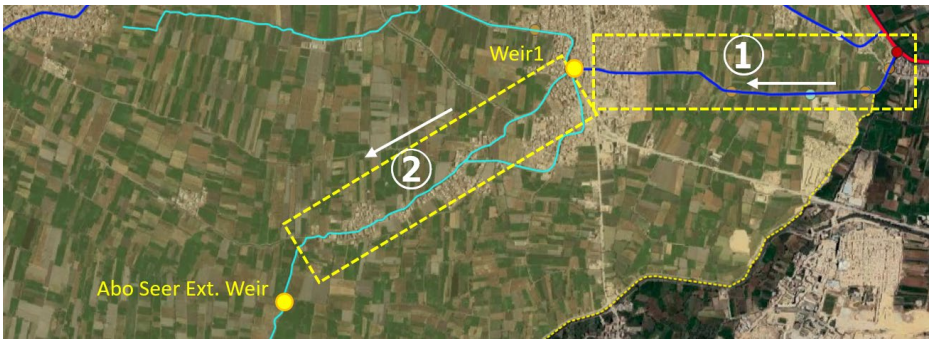


図 4.2.21 将来条件における水位低下箇所（Abo Seer 幹線水路）
出典：JICA 調査団

4.3) その他支線水路

図 4.2.22、図 4.2.23、図 4.2.24 にそれぞれ Abo El Meir 支線水路、El Ghaba 支線水路、Defno（および Dair Defno）支線水路の水位縦断図を示す。これらの支線水路は、標高差が大きく既存堰が多く存在することから、水位低下は局所的な区間でしか発生していない。例えば、Abo El Meir 支線水路の下流 2000m、El Ghaba 支線水路の下流 3000m の地点などで 23cm から 30cm の水位低下が確認されている。これらの事象は、現況水路断面が堆砂等により堰の支配水位以上となっているために見られる一時的なものであると考えられることから、配水への影響は小さいと考えられる。

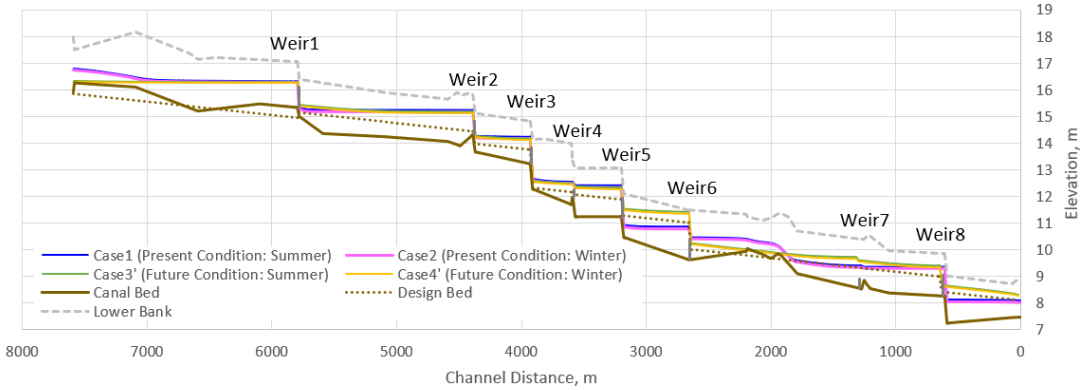


図 4.2.22 水位縦断図（Abo El Meir 支線水路：現況および将来条件）
出典：Fayoum 県灌漑局、JICA 調査団

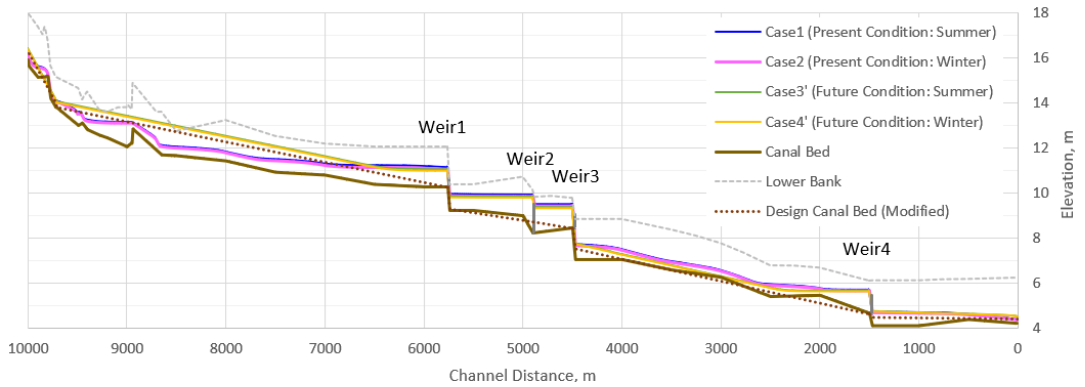


図 4.2.23　水位縦断図（El Ghaba 支線水路：現況および将来条件）

出典：Fayoum 県灌漑局、JICA 調査団

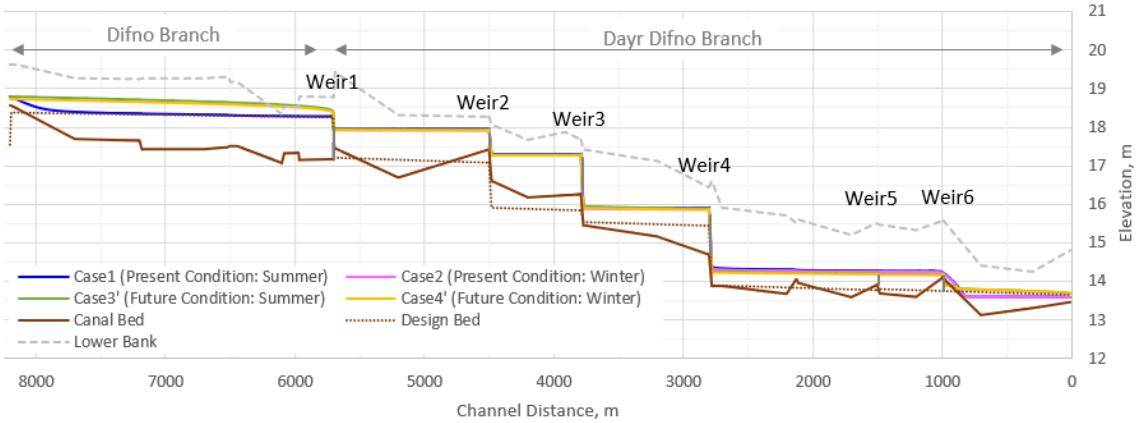


図 4.2.24　水位縦断図（Defno & Dayr Defno 支線水路：現況および将来条件）

出典：Fayoum 県灌漑局、JICA 調査団

表 4.2.19　将来条件における水位低下量（Abo Shosha 地区）

Canal Name	Maximum decrease in Water Level	Remarks
Aros Main Canal	56cm	Along the section from 3,200m to 3,600m from the downstream end.
Abo Seer Main Canal	30cm and 38cm	Along the section from 1,300m to 2,700m, and from 2,900m to 4,500m from the downstream end.
Abo El Meir Branch	30cm	Along the section from 1,800m to 2,200m from the downstream end.
El Ghaba Branch	23cm	At the section 3,000m from the downstream end.
Defno & Daur Defno Branch	< 6cm	

出典：JICA 調査団

4.2.5　Kased 地区

Kased 幹線水路は、Tanta Navigation 水路を水源とする 94,310 feddan の受益地を有する地区であり、44 の支線水路により構成されている。解析対象とする水路として、水路長、幅、ローテーションシステム別の受益面積のバランスを考慮して、5 支線水路（Gannabeit Shabshir 支線水路、Smella 支線水路、Damat 支線水路、Smahat 支線水路、Rowena 支線水路）を選定した。図 4.2.25 に解析対象となる水路の位置図を、表 4.2.20 に水路の諸元を示す。水路勾配は測量調査の結果（約 1cm/km）を適用した。

本地区の最上流地点、すなわち Kased 幹線水路と Tanta Navigatoin 水路の分岐点には取水施設が配置されていない。現況では、分岐点の下流 9.4km の位置にある Batanonya 堰で水位調節がなされているが、この状況では Kased 幹線水路への取水が効率的に行えないことが懸念される。した

がい、解析対象範囲に Tanta Navigation 水路を追加し、Kased 幹線水路の取水地点における必要水位の確認と新たな取水施設の必要性についても検討を行った。

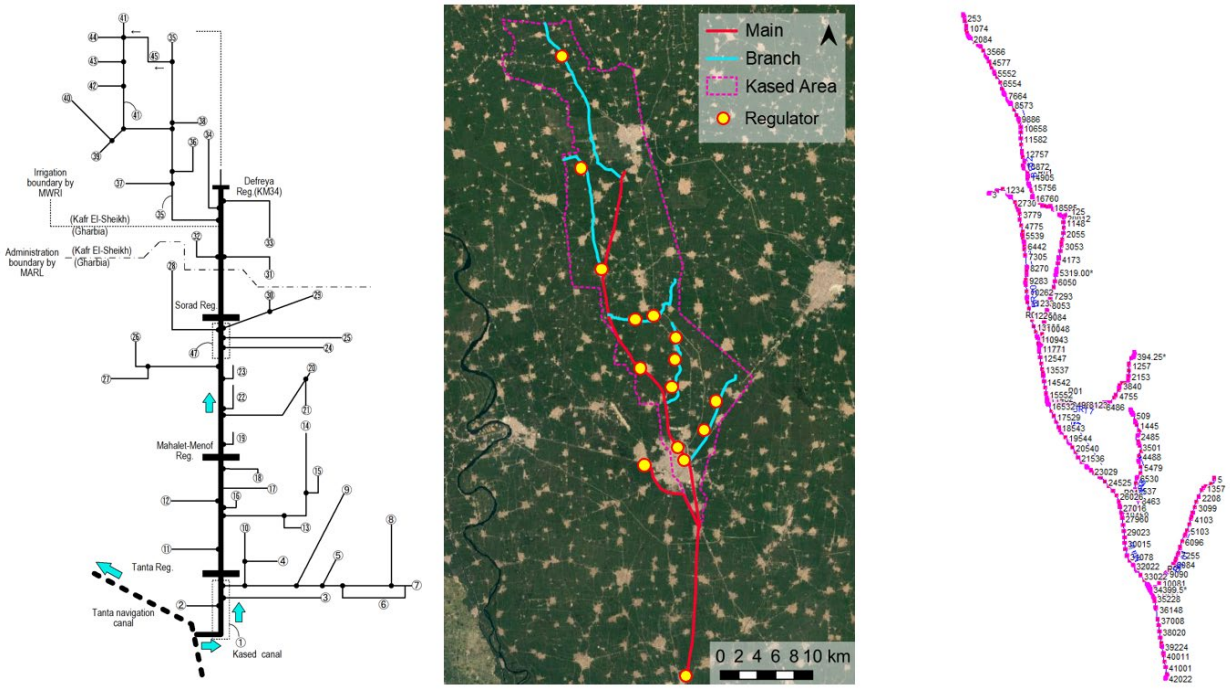


図 4.2.25 Kased 地区水路系統図（左）、解析対象水路位置図（中）、および作成モデル（右）

出典：JICA 調査団

表 4.2.20 解析対象水路諸元（Kased 地区）

No.	Name	Location	Slope	Length	Width	Service Area
1	Tanta Navigation Canal	US of Kased	1/10000	25.6 km	45.8 m	-
2	Kased	-	1/10000	42.0 km	29.8 m	94,310 feddan
3	Gannabit Shabshir	KM 7.3 of Kased	1/10000	11.0 km	8.5 m	14,115 feddan
4	Smella	KM 14.4 of Kased	1/10000	10.5 km	8.8 m	5,506 feddan
5	Damat	KM 26.1 of Kased	1/10000	11.5 km	10.6 m	5,306 feddan
6	Al Samahat	KM 30.2 of Kased	1/10000	15.2 km	10.9 m	6,307 feddan
7	Rowena	KM 41.2 of Kased	1/10000	20.0 km	22.6 m,	29,604 feddan

出典：JICA 調査団

表 4.2.21 解析対象水路の堰一覧（Kased 地区）

No.	Name	Location	Remarks
1	Intake of Tanta Nav. Canal	KM 0.0 of Tanta Nav.	Max. WL is EL.10.65 with 70m^3/s at the DS point
2	Batanonya Lock	KM 25.6 of Tanta Nav.	Max. WL is EL.8.6m
3	Tanta1 Reg.	KM 7.3 of Kased	For the facility stabilization, difference in WL of US/DS should be less than 1.1m
4	Tanta2 Reg.	KM 8.1 of Kased	Not functioning
5	Mahlet Menouf Reg.	KM 19.4 of Kased	Not functioning
6	Sorad Reg.	KM 30.3 of Kased	For the facility stabilization, difference in WL of US/DS should be less than 1.3m
7	Ragdeia Reg.	KM 4.3 of Gann. Shabshir	
8	Gannabeit Shabshir Reg.	KM 7.1 of Gann. Shabshir	
9	Smella Reg.1	KM 2.9 of Smella	
10	Smella Reg.2	KM 5.9 of Smella	There is no gate
11	Smella Reg.3	KM 8.1 of Smella	Not in functioning
12	Damat Reg.1	KM 4.1 of Damat	Not in functioning
13	Damat Reg.2	KM 6.0 of Damat	There is no gate
14	Samahat Reg.	KM 13.3 of Samahat	There is no gate
15	Rowena Reg.	KM 16.0 of Rowena	

出典：JICA 調査団

1) 解析ケース

解析ケースは流量が 3 条件（2021 年の最大流量と最小流量、2022 年の最低流量)、ローテーションシステムが 5 条件（夏作が 2 条件、冬作が 3 条件)、水路の改修状況（土水路およびコンクリートライニング水路)、そして既存堰の状況（ゲートによる水位調整機能の有無）を考慮する。なお、2021 年と 2022 年の流量の違いはコメを主とした作付作物の違いによるものである。このうち最低流量条件は、全ての支線でコンクリートライニング工が実施済みである将来条件となる

本地区の灌漑ローテーションシステムを図 4.2.26 および図 4.2.27 に示す。夏作で 2 グループ、冬作で 3 グループに分割して順々に 5 日の取水期間を設けている。したがい、支線水路の取水量は、取水期間外の作物消費水量を考慮し、夏作時は当該期間の必要量の 2 倍、冬作時は 3 倍の取水量を設定する。

幹線路については、上流地点での流量はローテーションに関係なく同じであるが、取水地点が異なることから、水位はローテーションにより違いが生じる。例えば Tanta1 堰より上流の支線水路はローテーション A 時に取水しているため、Kased 幹線水路始点から堰までの区間はローテーション B の方が高くなる。表 4.2.22 から表 4.2.24 に流量条件別の解析ケースを示す。

表 4.2.22 解析ケース（Kased 地区、2021 年時流量条件：夏季 52.0m³/s)

Case	Summer Rotation		Winter Rotation			Canal Condition		Regulator	
	A	B	A	B	C	Non-Lined	Concrete-Lined	Present Condition	Improved Condition
2021Max_SA_NL_PC	✓					✓		✓	
2021Max_SB_NL_PC		✓				✓		✓	

出典：JICA 調査団

表 4.2.23 解析ケース（Kased 地区、2021 年時流量条件：冬季 18.0m³/s)

Case	Summer Rotation		Winter Rotation			Canal Condition		Regulator	
	A	B	A	B	C	Non-Lined	Concrete-Lined	Present Condition	Improved Condition
2021Min_WA_NL_PC			✓			✓		✓	
2021Min_WB_NL_PC				✓		✓		✓	
2021Min_WC_NL_PC					✓	✓		✓	
2021Min_WA_NL_IC			✓			✓			✓
2021Min_WB_NL_IC				✓		✓			✓
2021Min_WC_NL_IC					✓	✓			✓

出典：JICA 調査団

表 4.2.24 解析ケース（Kased 地区、2022 年時流量条件：冬季 15.0m³/s)

Case	Summer Rotation		Winter Rotation			Canal Condition		Regulator	
	A	B	A	B	C	Non-Lined	Concrete-Lined	Present Condition	Improved Condition
2022Min_WA_NL_PC			✓				✓	✓	
2022Min_WB_NL_PC				✓			✓	✓	
2022Min_WC_NL_PC					✓		✓	✓	
2022Min_WA_NL_IC			✓				✓		✓
2022Min_WB_NL_IC				✓			✓		✓
2022Min_WC_NL_IC					✓		✓		✓

出典：JICA 調査団

Tanta Navigation 水路と Kased 幹線水路の解析は、現況条件にて適切な配水が可能かどうか、また Kased 幹線水路の始点の必要水位を確認することを目的としている。したがい、本解析では、最大流量となる現況夏期流量条件（灌漑局より Tanta Navigation 水路にて 70m³/s の条件であることを確認している）と最低流量条件（同 24m³/s の条件）を設定した。

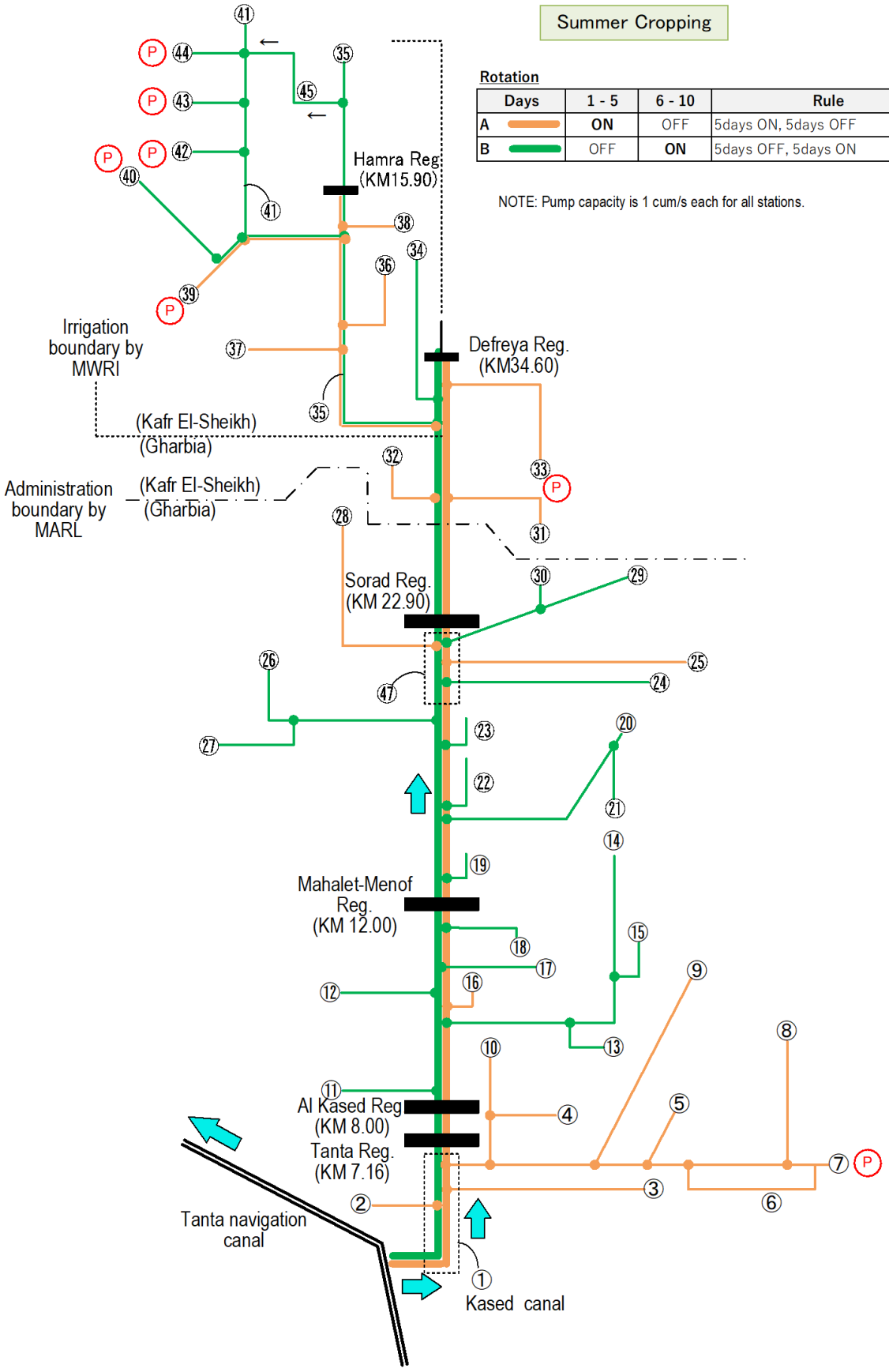


図 4.2.26 灌漑ローテーションシステム模式図（Kased 地区：夏作期）

出典：Gharbia 灌漑局および JICA 調査団

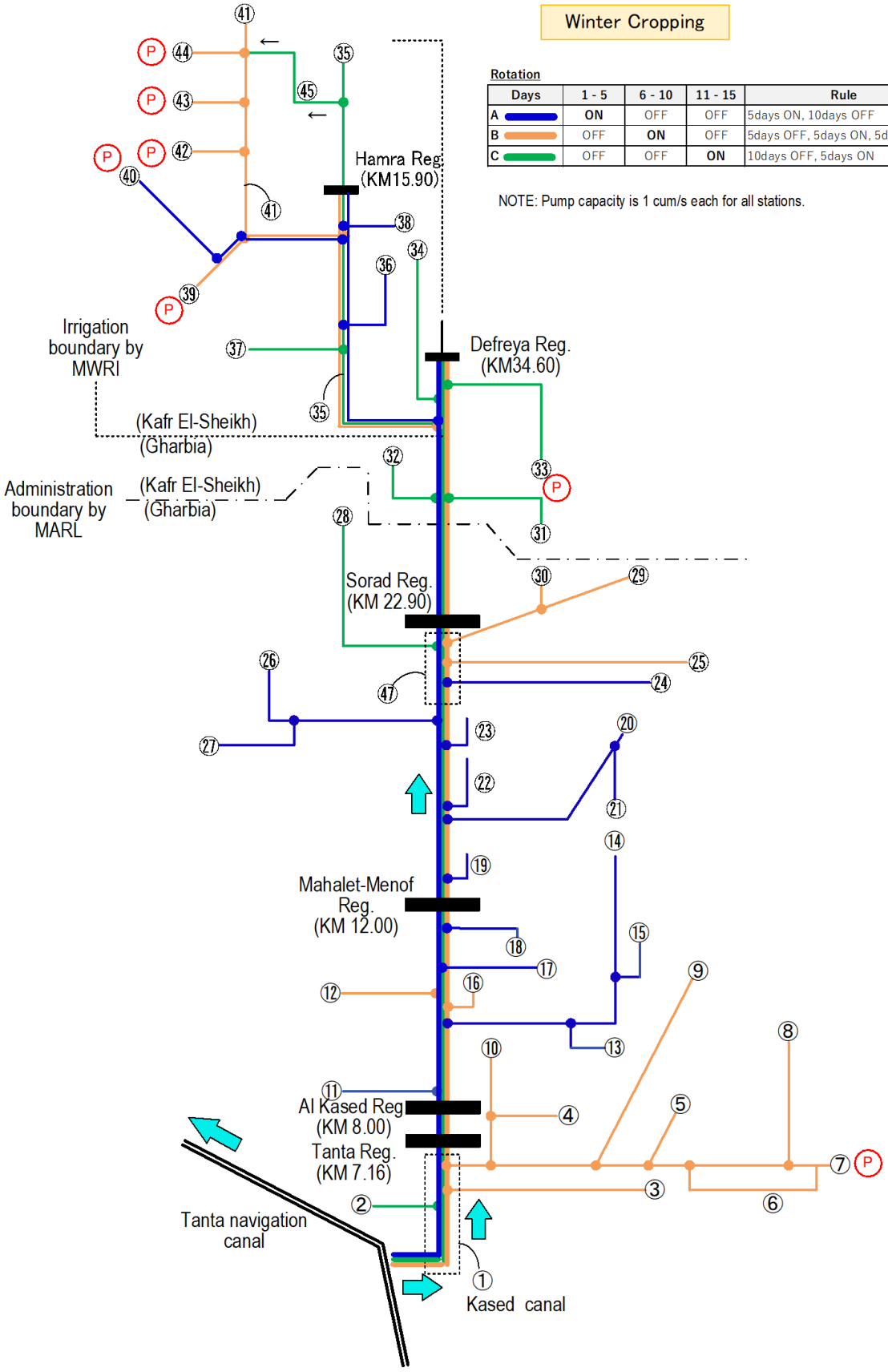


図 4.2.27　灌漑ローテーションシステム模式図（Kased 地区：冬作期）

出典：Gharbia 灌漑局および JICA 調査団

2) 境界条件

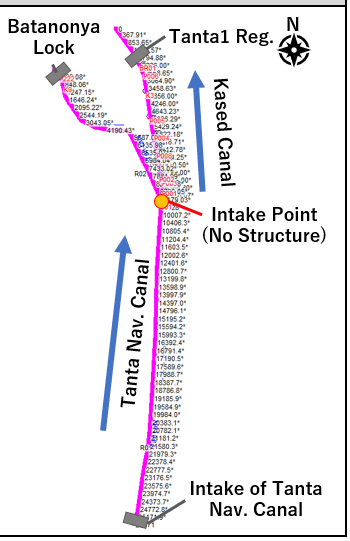
解析対象となる水路毎に、上下流の境界条件を表 4.2.25 のとおり設定した。解析対象の水路下流端には Tail Escape が設置されており、末端部分で水位を一定に保っている。Gharbia 県および Kafr El Shaikh 県灌漑局からの聞取り結果から、下流端の水位を Tail Escape の標高から 30cm 低い標高に設定した。

表 4.2.25 境界条件一覧表（Kased 地区）

Name	Discharge during Summer Season	Discharge during Winter Season	Slope (Normal Depth)	WL at Downstream End
Kased	52 m^3/s	15 m^3/s - 18 m^3/s	1/10,000	5.10 m
Gannabiet Shabshir	17 m^3/s	4.7m^3/s – 5.7 m^3/s	1/10,000	6.54 m
Smella	5.2 m^3/s	2.3 m^3/s – 2.8 m^3/s	1/10,000	6.32 m
Damat	5.0 m^3/s	2.2 m^3/s – 2.7 m^3/s	1/10,000	5.75 m
Samahat	7.6 m^3/s	3.8 m^3/s – 4.7 m^3/s	1/10,000	4.24 m
Rowena	20 m^3/s	4.4 m^3/s – 6.4 m^3/s	1/10,000	2.80 m

出典：JICA 調査団

表 4.2.26 境界条件一覧表（Kased 地区上流）

Name	Max Q	Min Q	Max WL	Min WL	Schematic Model
Intake of Tanta Navigation Canal	70 m^3/s & 60m^3/s	24 m^3/s	-	-	
To Batanonya Lock	18 m^3/s & 15 m^3/s	6 m^3/s	EL.8.90m	EL.7.95m	
To Tanta1 Reg. (Kased Main Canal)	52 m^3/s & 45 m^3/s	18 m^3/s	EL.8.40m	EL.8.00m	

出典：JICA 調査団

3) その他解析条件

解析対象となる水路から下位の支線水路および Meska への取水量については、関連県の灌漑局保有の水路諸元表、測量調査結果、構造物調査結果および衛星画像を用いて各水路の境界を個々に画定し、境界内の作付面積に応じた取水量を設定した（合計 177 地点で設定）。また、Kased 地区内の浄水場の位置と取水量を調査し、表 4.2.27 のとおり、別途取水地点を設定した。

加えて、Kased 幹線水路沿いの各水路の必要水位の情報についても、関連する灌漑地方局からデータを入手（表 4.2.28 を参照）し、必要水位を満足するよう、稼働している既存堰（Tanta1 堰および Sorad 調整堰）のゲート開度を調整した。Mahlet Menouf 調整堰および Al Kased 堰については現況に合わせ、水位調節機能を有さない条件にて解析を行った。

表 4.2.27 浄水場一覧（Kased 地区）

No.	Name	District	Location		Capacity
1	El Etwah	Kotor	Kased	KM 36.5	4,000 m^3/day
2	Aziz Kafr El Shiekh	Kotor	Kased	KM 37.8	6,912 m^3/day
3	El Galaa	Tanta	Kased	KM 5.9	20,736 m^3/day

No.	Name	District	Location		Capacity
4	El Morsheha	Tanta	Kased	KM 7.9	51,840 m^3/day
5	El Estaad Movable	Tanta	Kased	KM 11.0	2,000 m^3/day
6	Meet Sodan Movable	Tanta	Kased	KM 15.1	2,000 m^3/day
7	Abo Gondy Movable	Tanta	Kased	KM 23.0	2,200 m^3/day
8	Shobra Nabbas Movable	Tanta	Kased	KM25.8	2,000 m^3/day
9	Mahalet Mousa	Kafr El Sheikh	Rowena	KM 4.4	8,640 m^3/day
10	Meet El Deeb	Kafr El Sheikh	Rowena	KM 7.2	8,640 m^3/day
11	El Hdoud	Kafr El Sheikh	Rowena	KM 11.6	17,280 m^3/day
12	Tanta Navigation	Tanta	Tanta Nav.	KM 24.6	172,800 m^3/day

出典：JICA 調査団

表 4.2.28 各取水地点における必要水位一覧（Kased 地区）

Name of Branch/Regulator	Location		Required Water Level (Max-Min)
Gannabiet Shabshir	Kased	KM 7.3	8.00 m – 7.70 m
US of Tanta1 Regulator	Kased	KM 7.3	8.40 m – 8.00 m
Smella	Kased	KM 14.4	6.65 m – 6.40 m
Damat	Kased	KM 26.1	5.85 m – 5.60 m
Samahat	Kased	KM 30.1	5.70 m – 5.55 m
US of Sorad Regulator	Kased	KM 30.3	7.10 m – 5.80 m
Rowena	Kased	KM 37.9	4.60 m – 3.60 m
Al Gamayel Al Bahiriya	Kased	KM 42.0	4.85 m – 4.60m
Gannabeit1 of Shabshir	G. Shabshir	KM 1.1	7.55 m – 7.35 m
Sbrebay	G. Shabshir	KM 2.0	7.50 m – 7.30 m
Al Awqaf	G. Shabshir	KM 4.3	7.30 m – 7.15 m
El Melqa	G. Shabshir	KM 6.0	7.20 m – 7.00 m
El Wrety	Smella	KM 1.0	6.50 m – 6.30 m
Segen	Smella	KM 8.7	5.40 m – 5.30 m
Waslet Damat	Damat	KM 8.5	5.07 m – 4.78 m
Al Sheikh (Mesqa)	Samahat	KM 1.3	3.95 m
Al Saafiya (Mesqa)	Samahat	KM 9.4	3.70 m
Al Halah (Mesqa)	Samahat	KM 11.1	3.60 m
Abdel Hamid (Mesqa)	Samahat	KM 14.5	3.25 m
Al Muht Al Sharqi	Rowena	KM 8.4	2.80 m – 3.60 m
Mahdet El Kasab	Rowena	KM 9.0	2.80 m – 3.60 m
Sandella	Rowena	KM 12.5	2.20 m – 3.00 m
Shaboora	Rowena	KM 12.5	2.40 m – 3.00 m
US of Hamra Regulator	Rowena	KM 16.0	3.00m – 1.70 m
Al Saath Feeder	Rowena	KM 19.4	0.50 m – 1.40 m

出典：JICA 調査団

4) 解析結果

4.1) Kased 幹線水路

表 4.2.29 に、各条件における主要な取水点および堰上下流地点の水位を示す。Case1 の Tanta 1 堰上流の水位は、最高水位の条件（流量 Q=52.0m^3/s）下ではゲートが全開であっても EL.8.40m を超えることが確認された。これは、Gannabiet Shabshir 支線水路の取水が停止する夏作期のローテーション B の条件で確認される。

Tanta1 堰地点の最高管理水位が EL.8.40m であることから、ローテーション B の条件下では最大流量の流下能力を有していないと判断される。このことは図 4.2.28 に示す水位縦断図により裏付けることができる。夏作期のローテーション B 条件下での水位（オレンジ線）では、多くの区間で水位が水路の左右岸標高以上となり溢水することが確認できる。

一方、夏作期ローテーション A の時期では、同じ流量であっても溢水は確認されていない。Gharbia 県灌漑局からの聞き取りより、主水路において溢水が頻繁に発生していないことを確認していることから、現況最大流量 52m^3/s はローテーション A 期間の記録であると考えられる。ただし、ローテーション A は現況で溢水は発生していないものの、Sorad 調整堰の上流では他の区間

と比較して水路の左右岸標高が低い傾向にあるため、将来的に Sorad 調整堰の管理水位が変更となった際には注意が必要である。

将来条件における最低水位を確認する限りでは、いずれのケースにおいても各支線水路への配水のために必要な水位を満足していることが確認できる（表 4.2.31 を参照）。ただし、Tanta1 堰および Sorad 調整堰上下流の水位差は、将来条件においては大きくなる傾向が確認される（表 4.2.29 および表 4.2.30 を参照）。

構造物調査の結果から、両堰の上下流の最大許容水位はそれぞれ 1.10m（Tanta1 堰）、1.30m（Sorad 調整堰）であることを確認している。表 4.2.31 にあるとおり、現況条件であるケース 1、ケース 2 においては、水位差は許容値内であるが、将来条件であるケース 3、ケース 4 の条件下では、許容値以上に拡大する結果である。

表 4.2.29　解析結果一覧（Kased 幹線水路：現況および将来条件の比較）

Case	Case No.	1	2	3	4
	Discharge, Q	52.0 m^3/s	18.0 m^3/s	15.0m^3/s	15.0 m^3/s
	Rotation	Summer A, B	Winter A, B, C	Winter A, B, C	Winter A, B, C
	Canal	Non-Lining	Non-Lining	Non-Lining	Concrete-Lining
	Regulators	Present	Present	Present	Present
Water Level	Gannabiet Shabshir	7.98 – 8.64	7.99 – 8.00	7.97 - 8.00	7.99 - 8.00
	US of Tanta1 Regulator	7.99 – 8.65	7.99 - 8.00	7.97 - 8.00	7.99 - 8.00
	DS of Tanta1 Regulator	7.95 – 8.57	6.97 – 7.23	6.90 – 7.09	6.73 – 6.82
	Dif. WL	0.04 – 0.07	0.77 – 1.03	0.90 – 1.11	1.18 – 1.27
	Smella	7.45 – 7.93	6.64 – 6.78	6.63 – 6.65	6.6.3 – 6.65
	US of Mahlet Menouf Regulator	7.06 – 7.44	6.35 – 6.53	6.34 – 6.57	6.58 – 6.63
	DS of Mahlet Menouf Regulator	7.04 – 7.41	6.35 – 6.52	6.33 – 6.56	6.58 – 6.63
	Dif. WL	0.02 – 0.03	0.01	0.01	0.00 – 0.01
	Damat	6.43 – 6.65	6.04 – 6.42	6.02 – 6.50	6.53 – 6.61
	Samahat	5.66 – 5.99	5.69 – 6.37	5.80 – 6.47	6.51 – 6.60
	US of Sorad Regulator	5.65 – 5.97	5.69 – 6.36	5.90 – 6.47	6.51 – 6.60
	DS of Sorad Regulator	5.62 – 5.95	5.17 – 5.39	5.15 – 5.31	5.11 – 5.16
	Dif. in WL	0.02 – 0.03	0.31 – 1.14	0.59 – 1.27	1.35 – 1.48
	Rowena	5.11	5.10 – 5.11	5.10 – 5.11	5.10
	Remarks	WL becomes higher than max WL in the Rotation B			

出典：JICA 調査団

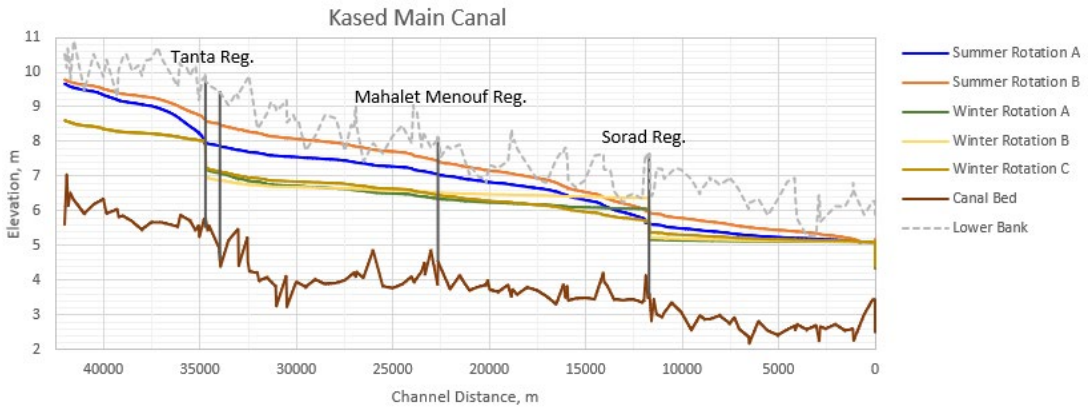


図 4.2.28　水位縦断図（Kased 幹線水路：現況条件）

出典：JICA 調査団

Tanta1 堰と Sorad 調整堰の上下流水位差を減少させ両堰の安定性を確保するため、両堰の間にある Mahlet Menouf 調整堰の改修を行ったケースを表 4.2.30（ケース 5、ケース 6）に示す。この

場合、水位差は Tanta1 堰では最大 0.96m、Sorad 調整堰では 0.93m となり、将来条件においても許容値内の水位差を示すことが分かる。したがって、Mahlet Menouf 調整堰の改修が Tanta1 堰および Sorad 調整堰の安定性を確保するために必要である。

Mahlet Menouf 調整堰のメンテナンス時や故障時などで機能していない期間がある可能性を考慮して、Tanta1 堰と Sorad 調整堰の改修／新設を行うことが運用上望ましい。これにより、現況以上に安定して上下流の水位差を保つことができるようになり、より安定した取水が可能となる。なお、Tanta1 堰の下流 0.75km に位置する El Kased 堰が存在する。El Kased 堰の方が比較的新しく建設されたため（Tanta1 堰が 1932 年、El Kased 堰が 1983 年）、経済性の観点から El Kased 堰の改修を行うことも有効である。

表 4.2.30 解析結果一覧（Kased 幹線水路：将来条件における Mahlet Menouf 改修前後の比較）

	Case No.	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
Case	Discharge, Q	15.0m³/s	15.0 m³/s	15.0m³/s	15.0 m³/s
	Rotation	Winter A, B, C	Winter A, B, C	Winter A, B, C	Winter A, B, C
	Canal	Non-Lining	Concrete-Lining	Non-Lining	Concrete-Lining
	Regulators	Present	Present	Improved	Improved
Water Level	Gannabiet Shabshir	7.97 - 8.00	7.99 - 8.00	7.97 – 8.02	7.99 – 8.01
	US of Tanta1 Regulator	7.97 - 8.00	7.99 - 8.00	7.98 – 8.05	7.99 – 8.01
	DS of Tanta1 Regulator	6.90 – 7.09	6.73 – 6.82	7.24 – 7.44	7.04 – 7.41
	Dif. WL	0.90 – 1.11	1.18 – 1.27	0.53 – 0.81	0.58 – 0.96
	Smella	6.63 – 6.65	6.63 – 6.65	7.14 – 7.28	6.95 – 7.39
	US of Mahlet Menouf Regulator	6.34 – 6.57	6.58 – 6.63	7.10 – 7.19	6.91 – 7.38
	DS of Mahlet Menouf Regulator	6.33 – 6.56	6.58 – 6.63	6.18 – 6.34	6.09 – 6.15
	Dif. WL	0.01	0.00 – 0.01	0.85 – 0.92	0.76 – 1.29
	Damat	6.02 – 6.50	6.53 – 6.61	6.04 – 6.06	6.05
	Samahat	5.80 – 6.47	6.51 – 6.60	5.85 – 6.02	6.01 – 6.04
	US of Sorad Regulator	5.90 – 6.47	6.51 – 6.60	5.83 – 6.02	6.01 – 6.04
	DS of Sorad Regulator	5.15 – 5.31	5.11 – 5.16	5.15 – 5.31	5.11 – 5.16
	Dif. in WL	0.59 – 1.27	1.35 – 1.48	0.52 – 0.87	0.85 – 0.93
	Rowena	5.10 – 5.11	5.10	5.10 – 5.11	5.10
	Remarks			Functioning Mahlet Menouf	Functioning Mahlet Menouf

出典：JICA 調査団

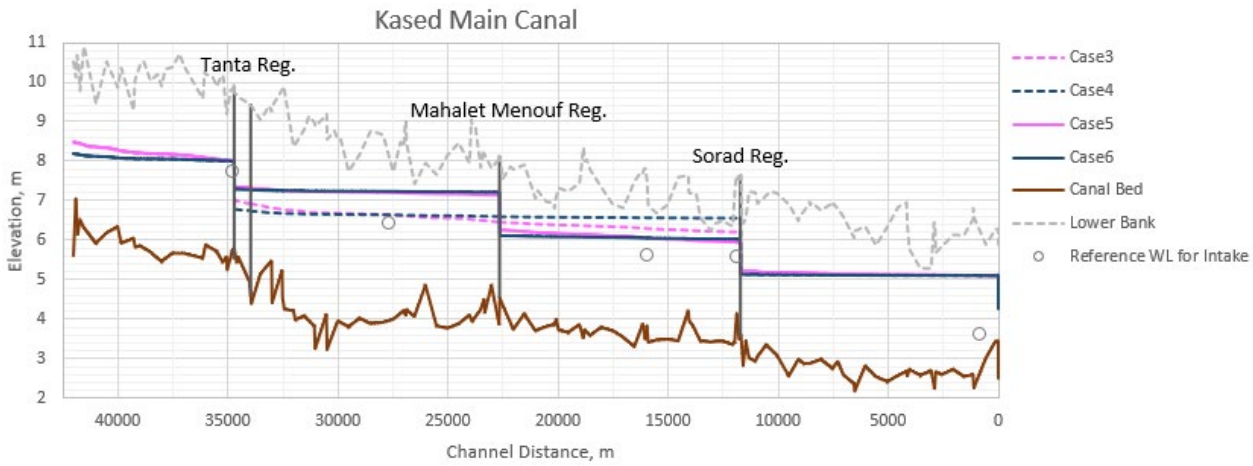


図 4.2.29 水位縦断図（Kased 幹線水路：将来条件における Mahlet Menouf 改修前後の比較）

出典：JICA 調査団

表 4.2.31 各取水地点における必要水位と解析水位との比較（Kased 幹線水路）

Name of Branch/Regulator	Required Water Level (Min)	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
Gannabiet Shabshir	7.70 m	7.98 m	8.00 m	8.00 m	8.00 m	7.97 m	7.99 m
Smella	6.40 m	7.45 m	6.64 m	6.63 m	6.65 m	7.14 m	6.95 m
Damat	5.60 m	6.43 m	6.04 m	6.02 m	6.54 m	6.04 m	6.05 m
Samahat	5.55 m	5.66 m	5.69 m	5.80 m	6.52 m	5.83 m	6.01 m
Rowena	3.60 m	5.11 m,	5.10 m	5.10 m	5.10 m	5.10 m	5.10 m

出典：JICA 調査団

4.2) 支線水路

表 4.2.32 に、現行の冬作期の条件を基準とした時の各条件の取水地点における水位変化量を整理する。各取水地点における必要水位と解析水位との比較は表 4.2.33 に示すとおりであるが、解析対象とした全ての支線水路において、将来条件においても必要水位を満足することを確認できる。

水位変化が最も大きいのは Samahat 支線水路の取水地点であり、ケース 4 の条件で 59cm の水位低下が確認された。Samahat 支線水路では、始点から 13km もの区間で堰等の水利施設が存在せず他の支線水路と比較して水位低下の影響が大きい。

同様に Smella 支線水路でも、Smella 堰 1 の下流区間における水位低下は最大 24cm である。本支線水路は、Smella 堰 2 や Smella 堰 3 など、現状で機能していない堰が存在することから、取水に問題が生じる場合はこれらの堰の改修を行う必要がある（いずれもゲート周りの小規模な改修となる）。

表 4.2.32 解析結果一覧（Kased 地区支線水路）

Case No.		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
Discharge, Q		52.0 m^3/s	18.0 m^3/s	15.0m^3/s	15.0 m^3/s	15.0m^3/s	15.0 m^3/s
Rotation		Summer	Winter	Winter	Winter	Winter	Winter
Canal		Non-Lining	Non-Lining	Non-Lining	Concrete-Lining	Non-Lining	Concrete-Lining
Regulators		Present	Present	Present	Present	Improved	Improved
Name of Branch/Regulator	Location	Case 1	Case 2 (Standard)	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
Gannabiet Shabshir	Intake Point	+0.74 m	0 m	-0.13 m	-0.33 m	-	-
Smella	DS Smella Reg.1	+0.34 m	0 m	-0.08 m	-0.24 m	0.00 m	0.00 m
Damat	Intake Point	+0.37 m	0 m	-0.09 m	-0.26 m	0.00 m	0.00 m
Samahat	Intake Point	+0.44 m	0 m	-0.16 m	-0.59 m	-	-
Rowena	Intake Point	+1.11 m	0 m	-0.13 m	-0.51 m	-	-

出典：JICA 調査団

表 4.2.33 各取水地点における必要水位と解析水位との比較（Kased 地区支線水路水路）

Case	Case No.	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
	Discharge, Q	52.0 m^3/s	18.0 m^3/s	15.0m^3/s	15.0 m^3/s	15.0m^3/s	15.0 m^3/s
	Rotation	Summer	Winter	Winter	Winter	Winter	Winter
	Canal	Non-Lining	Non-Lining	Non-Lining	Concrete	Non-Lining	Concrete
	Regulators	Present	Present	Present	Present	Improved	Improved
Required Water Level (Min)		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
G. Shabshir	7.35 m	8.58 m	7.84 m	7.71 m	7.51 m	7.71 m	7.51 m
	7.30 m	7.90 m	7.59 m	7.48 m	7.43 m	7.47 m	7.43 m
	7.15 m	7.53 m	7.53 m	7.43 m	7.41 m	7.43 m	7.41 m
	7.00 m	7.20 m	7.20 m	7.20 m	7.20 m	7.20 m	7.20 m
Smella	6.30 m	6.69 m	6.53 m	6.50 m	6.46 m	6.50 m	6.47 m
	5.30 m	5.75 m	5.75 m	5.75 m	5.75 m	5.75 m	5.75 m

Case	Case No.	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
	Discharge, Q	52.0 m^3/s	18.0 m^3/s	15.0m^3/s	15.0 m^3/s	15.0m^3/s	15.0 m^3/s
	Rotation	Summer	Winter	Winter	Winter	Winter	Winter
	Canal	Non-Lining	Non-Lining	Non-Lining	Concrete	Non-Lining	Concrete
	Regulators	Present	Present	Present	Present	Improved	Improved
Required Water Level (Min)		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
Damat	4.78 m	5.46 m	5.45 m	5.45 m	5.45 m	5.45 m	5.45 m
Samahat	3.95 m	5.77 m	5.36 m	5.22 m	4.85 m	-	-
	3.70 m	4.40 m	4.30 m	4.28 m	4.25 m	-	-
	3.60 m	4.29 m	4.26 m	4.25 m	4.25 m	-	-
	3.25 m	4.24 m	4.24 m	4.24 m	4.24 m	-	-
Rowena	2.80 m	4.04 m	3.31 m	3.23 m	3.07 m	-	-
	2.20 m	3.10 m	3.01 m	3.00 m	2.99 m	-	-
	1.50 m	2.80 m	2.80 m	2.80 m	2.80 m	-	-

出典：JICA 調査団

図 4.2.30 から図 4.2.34 にケース別の各支線水路の水位縦断図を示す。これらの結果から、最も安全側の条件（近代灌漑を完全に導入した将来における冬作期の流量条件）においても、既存堰が適切に機能すれば配水に問題が生じないことが確認できる。なお、解析対象の支線水路は取水期間外の配水を考慮し、作付面積から計算される必要取水量に対し、夏作期は 2 倍、冬作期は 3 倍の流量を与えているが、溢水する箇所は確認されなかった。

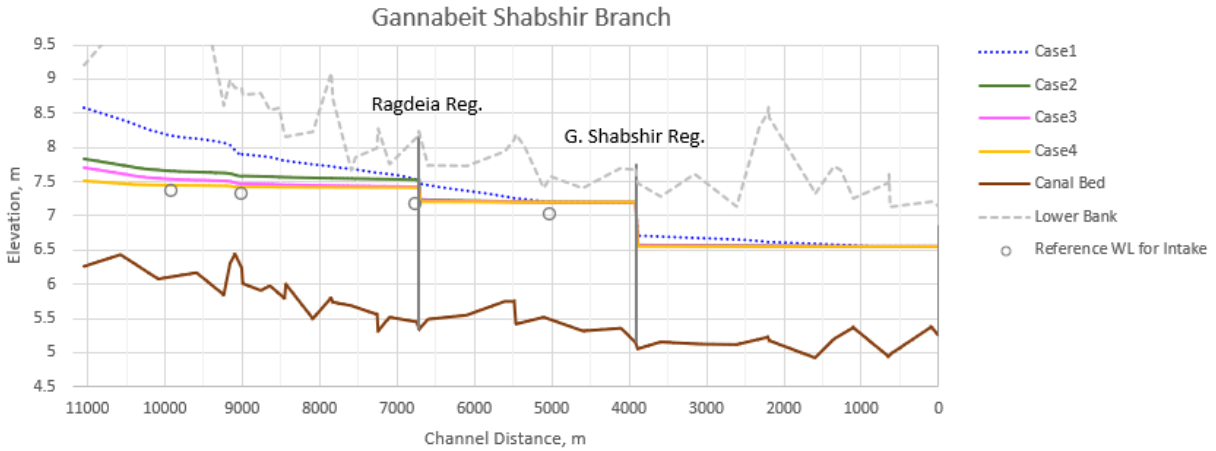


図 4.2.30　水位縦断図（Gannabeit Shabshir 支線水路）

出典：JICA 調査団

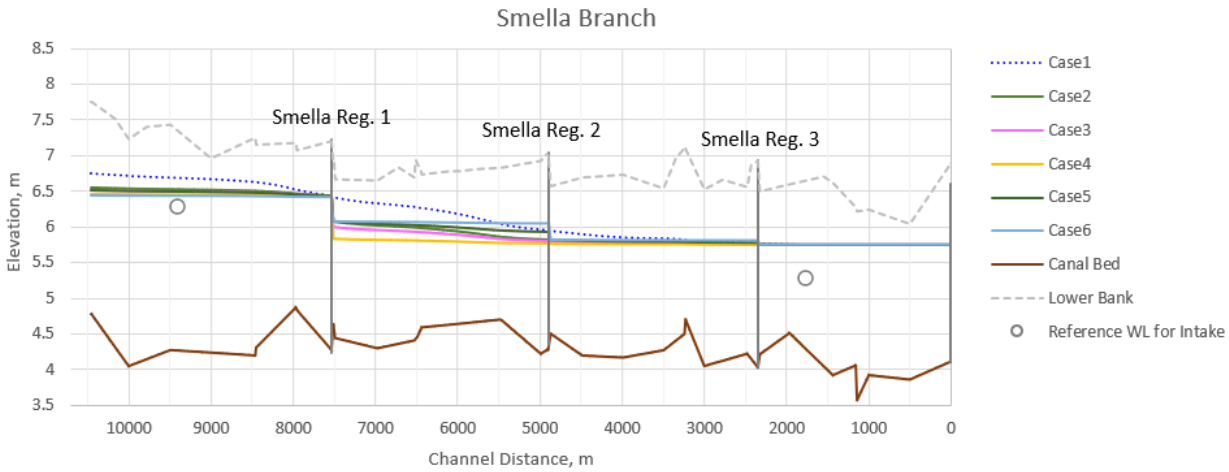


図 4.2.31　水位縦断図（Smella 支線水路）

出典：JICA 調査団

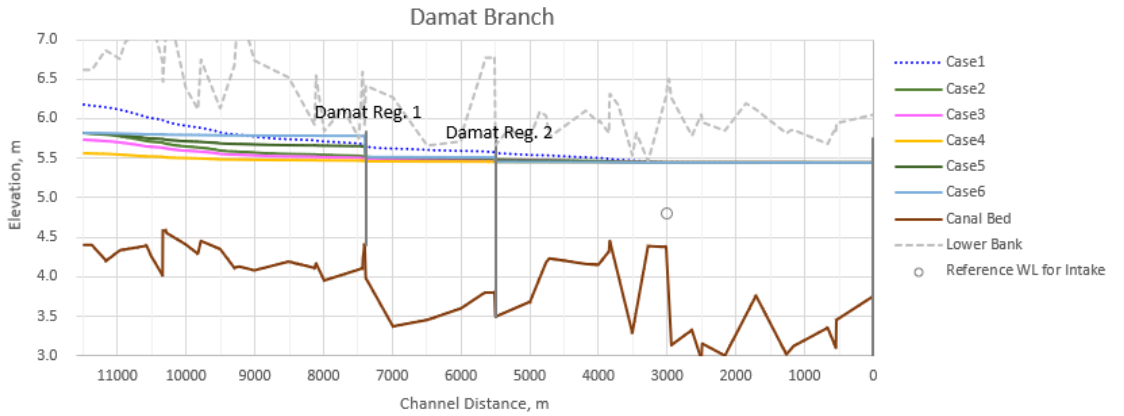


図 4.2.32 水位縦断図（Damat 支線水路）

出典：JICA 調査団

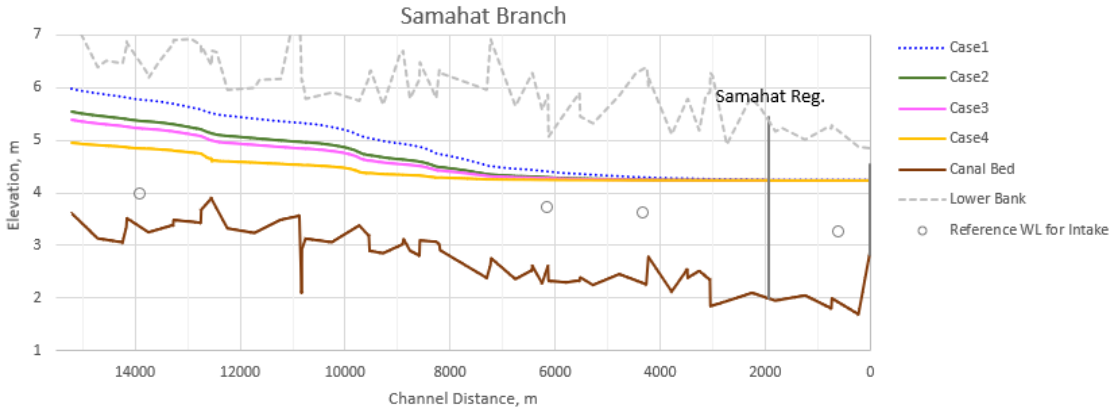


図 4.2.33 水位縦断図（Samahat 支線水路）

出典：JICA 調査団

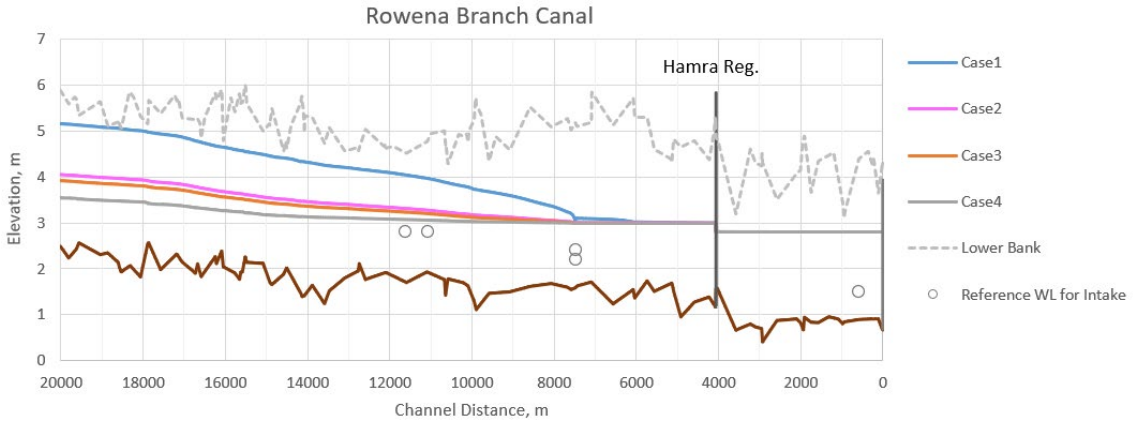


図 4.2.34 水位縦断図（Rowena 支線水路）

出典：JICA 調査団

4.3) Tanta Navigation 水路（Kased 幹線水路の取水点）

各条件での解析結果を表 4.2.34 に示す。2021 年に実施した測量調査による断面から Tanta Navigation 水路および Kased 幹線水路の分岐点における流量と水位を確認したところ、現況の再現が難しいことが確認された。ケース 1 からケース 3 はエネルギーバランスを保つよう両水路を接続した場合の流量および水位を示すが、Batanonya 堰で水位調節を行っても Tatna Navigation 水路の上流での設計流量 70m³/s のうち 33m³/s しか Kased 幹線水路へ配水できないことが確認された（設計流量は 52m³/s）。ケース 4 からケース 6 にて、52m³/s の流量を固定した場合の分岐点水位

を確認した結果、Kased 幹線水路上流での必要水位が EL.9.66m であることが確認された。

これは、Kased 幹線水路の取水定点の水位が 52m³/s 条件の場合 EL.9.7m 程度が必要となるのに対し、下流の Batanonya 堰では EL.8.90m までしか堰上げできないためであると考えられる。また、仮に管理水位を高くしたとしても、Batanonya 堰の直上流には Tanta 市へ供給される大規模な浄水場と 27,800 feddan の受益地を持つ支線水路が存在していることから、水位管理は容易ではない。したがい Kased 幹線水路への取水量を安定させるためには、Kased 幹線水路の分岐点に取水施設を新設することが必要である。

表 4.2.34　解析結果一覧（Tanta Navigation 水路、新堰建設前の条件）

Case		Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
Discharge Q	1 Tanta Nav. Canal Intake	70 m³/s	60 m³/s	24 m³/s	70 m³/s	60 m³/s	24 m³/s
	2.US Kased Main Canal	33 m³/s	30 m³/s	7 m³/s	52 m³/s	45 m³/s	18 m³/s
	3.DS Tanta Nav. Canal	37 m³/s	30 m³/s	17 m³/s	18 m³/s	15 m³/s	6 m³/s
Energy Balance (Set Q as variable)		Yes	Yes	Yes	No	No	No
Slope	1 Tanta Nav. Canal Intake	1/10,000					
	2.US Kased Main Canal						
	3.DS Tanta Nav. Canal						
Canal	1 Tanta Nav. Canal Intake	Non-Lining					
	2.US Kased Main Canal						
	3.DS Tanta Nav. Canal						
Water Level	1.Tanta Nav. Canal US of the Confluence Point	9.17 m	9.50 m	8.13 m	8.95 m	8.94 m	7.97 m
	2.US Kased Main Canal	9.16 m	9.49 m	8.14 m	9.66 m	9.48 m	8.58 m
	3.DS Tanta Nav. Canal	9.17 m	8.95 m	8.13 m	8.97 m	8.95 m	7.98 m

出典：JICA 調査団

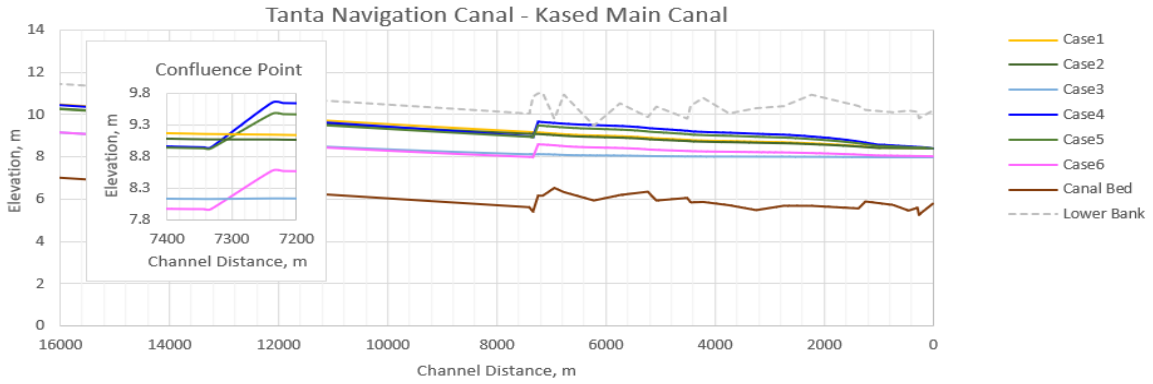


図 4.2.35　水位縦断図（Tanta Navigation 水路始点～Tanta1 堰：新堰建設前）

出典：JICA 調査団

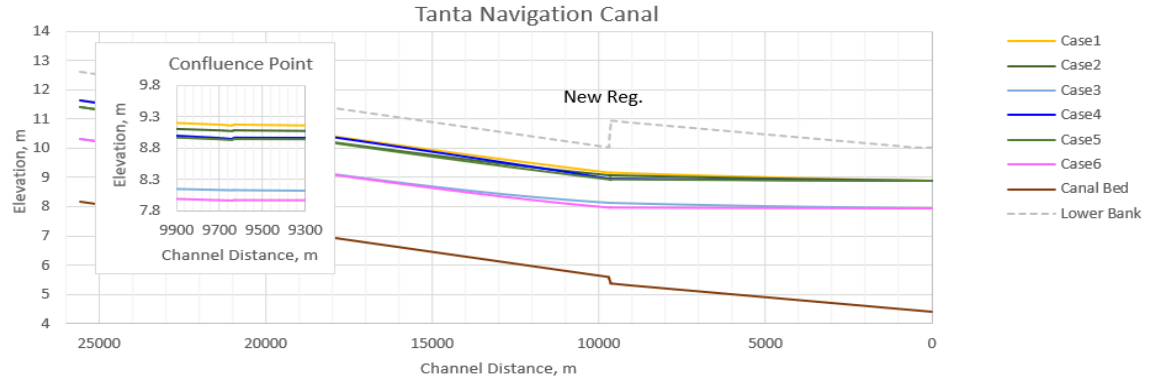


図 4.2.36　水位縦断図（Tanta Navigation 水路始点～Batanonya 堰：新堰建設前）

出典：JICA 調査団

新堰を分岐点に建設した場合の計算結果を表 4.2.35 のケース 7 からケース 9 に示す。この場合、将来条件を含む全てのケースにおいて、設計流量を達成でき、その際の新設となる Kased Intake 地点での水位は最大で EL 9.69m となる（最低水位は EL.8.25m）。なお、近年の Kased 地区内の作付け体系の変化による必要流量の減（52m³/s から 45m³/s への減）を考慮したケース 8 の影響は、52m³/s の条件（ケース 7）に対し 0.18m 程度の水位低下である。

表 4.2.35 解析結果一覧（Tanta Navigation 水路、新堰建設後の条件）

Case		Case1	Case2	Case3	Case7	Case8	Case9
Discharge Q	1 Tanta Nav. Canal Intake	70 m³/s	60 m³/s	24 m³/s	70 m³/s	60 m³/s	24 m³/s
	2.US Kased Main Canal	33 m³/s	30 m³/s	7 m³/s	52 m³/s	45 m³/s	18 m³/s
	3.DS Tanta Nav. Canal	37 m³/s	30 m³/s	17 m³/s	18 m³/s	15 m³/s	6 m³/s
Energy Balance (Set Q as variable)		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
New Regulator* for Kased Main Canal		No	No	No	Yes	Yes	Yes
Slope	1 Tanta Nav. Canal Intake 2.US Kased Main Canal 3.DS Tanta Nav. Canal	1/10,000					
Canal	1 Tanta Nav. Canal Intake 2.US Kased Main Canal 3.DS Tanta Nav. Canal	Non-Lining					
Water Level	1.Tanta Nav. Canal US of the Confluence Point	9.17 m	9.50 m	8.13 m	9.69 m	9.51 m	8.25 m
	2.US Kased Main Canal	9.16 m	9.49 m	8.14 m	9.66 m	9.48 m	8.25 m
	3.DS Tanta Nav. Canal	9.17 m	8.95 m	8.13 m	8.97 m	8.95 m	8.08 m

*新堰は、Batanonya 堰を参考俊、2m x 4m (W x H)のゲートを 3 機設置することとした
出典：JICA 調査団

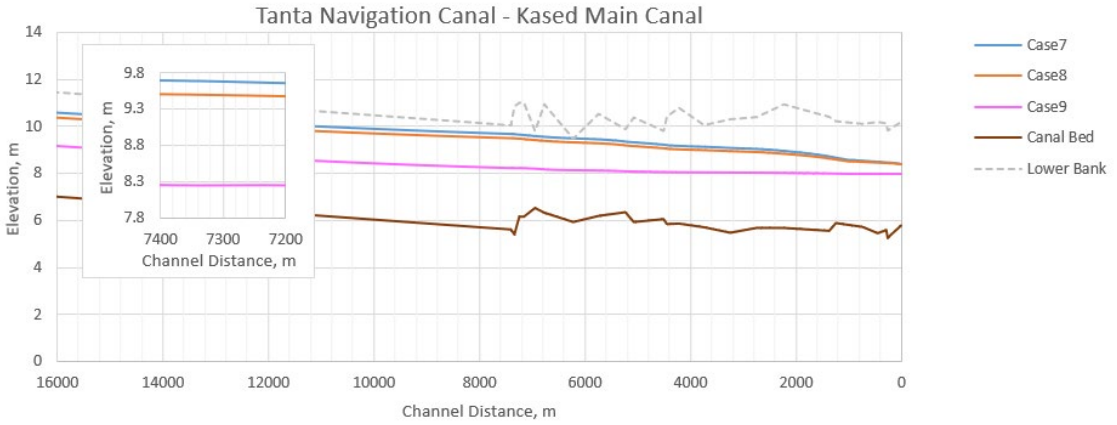


図 4.2.37 水位縦断図（Tanta Navigation 水路始点～Tanta1 堰：新堰建設後）
出典：JICA 調査団

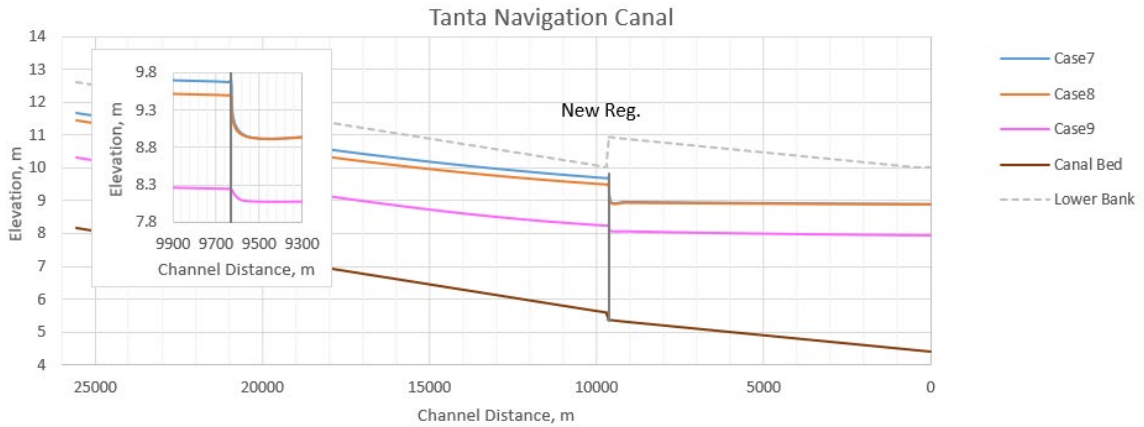


図 4.2.38 水位縦断図（Tanta Navigation 水路始点～Batanonya 堰：新堰建設後）
出典：JICA 調査団

以上の Kased 地区の解析結果から得られた知見を以下に整理する。

- ✓ 全ての解析対象水路において、支線水路へのコンクリートライニングや近代圃場灌漑を導入した場合の最低流量条件下においても、既存の調整堰が稼働する限りにおいては、適切な配水のための必要最低水位が確保できる。
- ✓ Kased 幹線水路においては、将来の最低流量条件下で配水を適切に行うために、10km を目安として堰による水位調節を行うことが推奨される。Mahlet Menouf 調整堰が機能しない条件下では、その上下流の堰（Tatna1 堰と Sorad 調整堰）の水位差が許容値以上となる。そのため、まずは現在機能していない Mahlet Menouf 調整堰の改修、あるいは代替堰の新設が必要である。
- ✓ Mahlet Menouf 調整堰のメンテナンス時や故障時などで機能していない期間がある可能性を考慮して、Tanta1 堰と Sorad 調整堰の改修／新設を行うことが望ましい。なお、Tanta1 堰の下流 0.75km に位置する El Kased 堰が存在する。El Kased 堰の方が比較的新しく建設されたため（Tanta1 堰が 1932 年、El Kased 堰が 1983 年）、経済性の観点から El Kased 堰の改修を行うことが望まれる。
- ✓ 支線水路での検討結果から、将来の最低流量条件において水配分に支障がないことが確認された。ただし、新堰の建設は必要ないものの、既存堰が適切に機能していることが必要であることから、機能していない堰については改修、また適切な維持管理を行う必要がある。
- ✓ Kased 幹線水路に設計流量を配水するためには、Tanta Navigation 水路と Kased 幹線水路の分岐地点に新堰を建設する必要がある。現況条件では、Kased 幹線水路への設計流量 52m^3/s を Tanta Navigation 水路（70m^3/s）から分水することは水理的に不可能である。新堰建設の際の分岐点での必要水位は、解析結果から 52m^3/s の条件で EL.9.69m、45m^3/s の条件で EL.9.51m となる。
- ✓ 現況では最大流量時に溢水は発生していないものの、測量調査結果から最も溢水が発生しやすい区間は Sorad 調整堰の上流約 1km 区間である。水路堤防の浸食、不等沈下がみられる箇所は必要な改修を行うことが必要である。

4.3 大型水理構造物の建設（コンポーネント 1）

次章 4.4 に述べるように既存構造物に対する一連の現地調査を実施した。この調査を通じて、S1 と評価された施設は再建設が必要、また S2 と評価された施設はリハビリや修理が必要としている。S1 と評価された構造物の内、Kased 幹線水路に建設されている Mahlet Menouf 調整堰、また Sorad 調整堰については規模が大型である。

これら大型の構造物の更新にあたっては、地質調査や構造物調査を含めた詳細調査に基づいて設計を行うことが必要である。加えて、Kased 水路の取水口には構造物が建設されていないことから、十分な取水に困難を抱えている（前出 4.2）Tanta Navigation 水路を参照）。本章では、Kased 幹線水路に関係する Kased 取水工、Mahlet Menouf 調整堰、また Sorad 調整堰地点で実施した調査結果、および調査結果を踏まえた 3 つの水理構造物の基本設計について述べる。

4.3.1 水理構造物建設予定地点における地質・構造物調査結果

1）Kased 取水工予定地点の地質調査結果

Kased 水路の分水地点および 300m 下流（Tanta Navigation canal 側）の計 2 候補地で、基礎地盤のボーリング調査を実施した。左右岸ともに、N 値 5～20 程度の盛土や粘性土が深度 9～11m まで厚く分布している。Sorad 調整堰や Mahlet Menouf 調整堰と異なり、深部に粘性土は認められなかった。

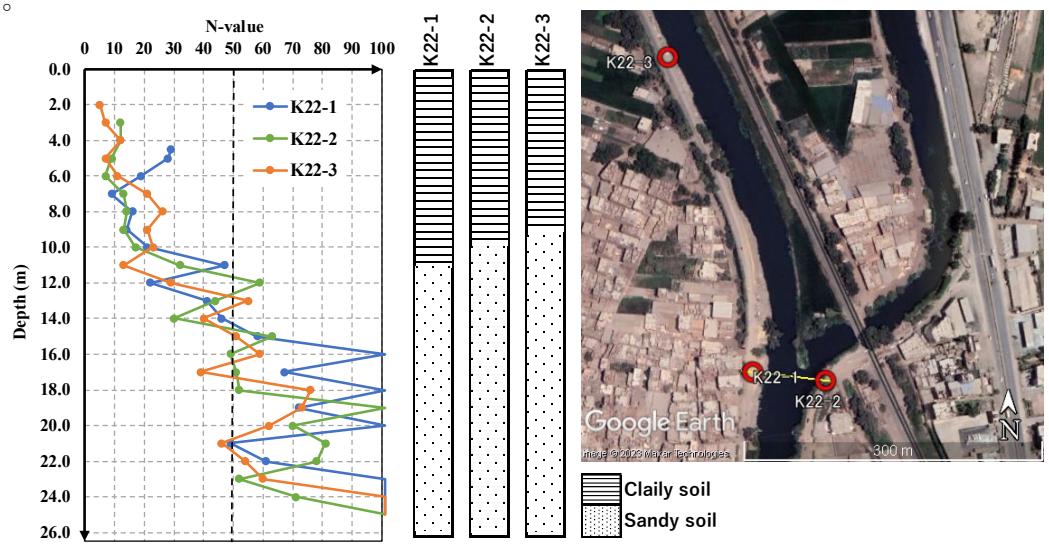


図 4.3.1 Kased 取水工候補地基礎地盤の N 値と簡易柱状図

出典：JICA 調査団

2）Tanta 調整堰 No.1 の構造調査結果

本調整堰は 2 本の調整堰柱において各 1 孔のボーリング調査を実施した。上部構造（橋梁部）は厚さ 10cm のアスファルトおよび 90cm のコンクリートからなり、厚さ 3mm の鉄板を挟んで下位に調整堰柱を構成する高さ約 4m の煉瓦とモルタル、厚さ約 1.6～1.8m の基礎コンクリートが確認された。

表 4.3.1 Tanta 調整堰の一軸圧縮強度

Regurator	Boring No.	Depth	qu (MPa)	Material
Tanta	T22-1	2.40-2.54	2.829	Brick
	T22-1	3.30-3.44	2.476	Brick
	T22-1	4.50-4.63	4.951	Brick
	T22-1	5.50-5.63	12.918	Concrete
	T22-2	1.20-1.30	9.549	Brick
	T22-2	4.60-4.72	6.013	Brick
	T22-2	5.50-5.65	20.536	Concrete

出典：JICA 調査団

左岸側の調整堰柱（T22-1 孔）は、調整堰柱上部 1m 以外は、亀裂が少なく、煉瓦とモルタルの密着性も高い良好なコアサンプルを採取することができた。一方、右岸側の調整堰柱（T22-2 孔）は、煉瓦構造高さ 4.5m のうち柱状コアが採取できたのは 1.5m のみであり、コア採取できなかっ

た 3m 区間は劣化している可能性が高い。しかし、両堰柱ともに、透水係数が E-06～E-09 (m/sec) と低く、一軸圧縮強度も堰柱煉瓦部で 3～10 (MPa)、基礎コンクリート部で 13～20 (MPa)であり、現状においては改修が必要な状況では無いと考えられる（表 4.3.1 参照）。

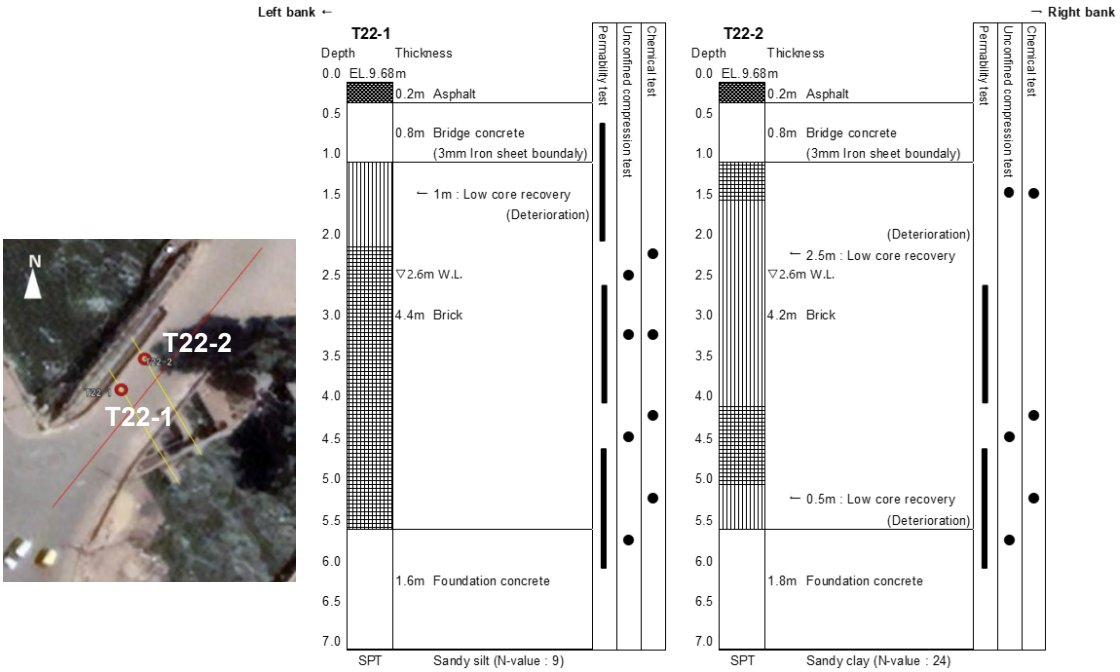


図 4.3.2　Tanta 調整堰 No.1 の簡易柱状図（左：T22-1 孔、右：T22-2 孔）

出典：JICA 調査団

3) Mahlet Menouf 調整堰地点の地質・構造物調査結果

左岸側調整堰柱で実施した S22-1 孔において、深度 2m で砂礫が孔口から噴出したため、掘削を中断した。Mahlet Menouf 調整堰も Sorad 調整堰と同様に、掘削中の橋桁の振動が激しく、堰柱側壁およびゲート付近のコンクリートの剥離や亀裂も顕著であることから、これ以上のダメージを避けるため、残りのボーリング調査を中止した。調整堰の改修の必要性は明らかである。

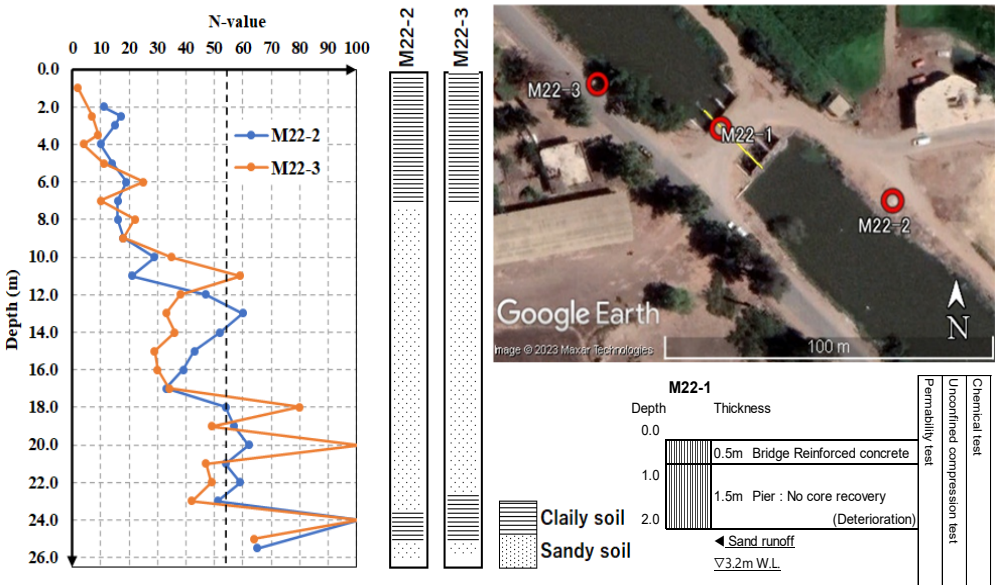


図 4.3.3　Mahlet Menouf 調整堰候補地基礎地盤の N 値と簡易柱状図

出典：JICA 調査団

上記に加えて、既存調整堰から 30m 下流、65m 上流の 2 地点で、基礎地盤のボーリング調査を

実施した。左右岸ともに、N 値 5～20 程度の盛土や粘性土が深度 7m まで厚く分布している。砂質土も浅部は固結度が低く N 値 20～50 程度であるが、深度 18m 以深は概ね N 値 50 以上となる。

4）Sorad 調整堰地点の地質・構造物調査結果

S22-1 孔および S22-2 孔掘削中に深度 2.0m、4.2m で孔口から砂礫が噴出した。掘削継続による調整堰躯体の損傷が懸念されたため、水路内水位に到達する前に掘削を中止した。わずかに採取された黒く焼けた煉瓦の破片と未固結の砂礫から、調整堰柱内部は空隙率が高く、瓦礫が充填されている可能性が示唆され、調整堰の脆弱性は明らかである。また、水路内水位低下時に堰柱から水が噴出していることからも、改修は必要不可欠である。

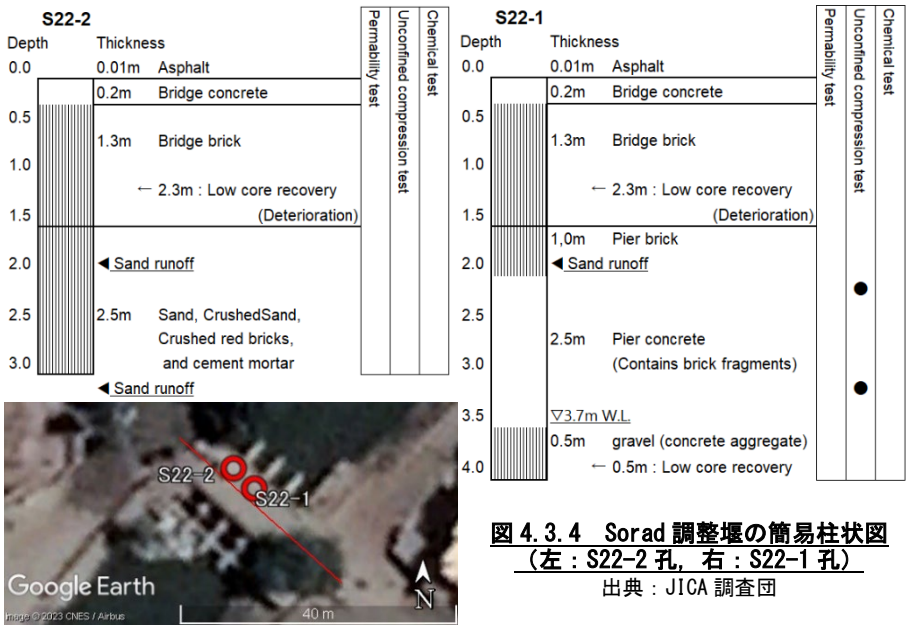


図 4.3.4　Sorad 調整堰の簡易柱状図
（左：S22-2 孔，右：S22-1 孔）
出典：JICA 調査団

掘削中の上部構造（橋梁部）の振動も激しく、橋梁としての機能低下を招く恐れがあると判断し、残りのボーリング調査を中止した。S22-1 孔では、調整堰柱部からコンクリートのコアを採取したが、その一軸圧縮強度は 6～7（MPa）に過ぎず、同時に実施した Tanta 1 調整堰のコンクリートコアの強度の半分以下であり、顕著な経年劣化を示している（表 4.3.2 参照）。

表 4.3.2　Sorad 調整堰の一軸圧縮強度

Regurator	Boring No.	Depth	qu (MPa)	Material
Sorad	S22-1	2.20-2.35	7.427	Concrete
	S22-1	3.20-3.35	6.013	Concrete

出典：JICA 調査団

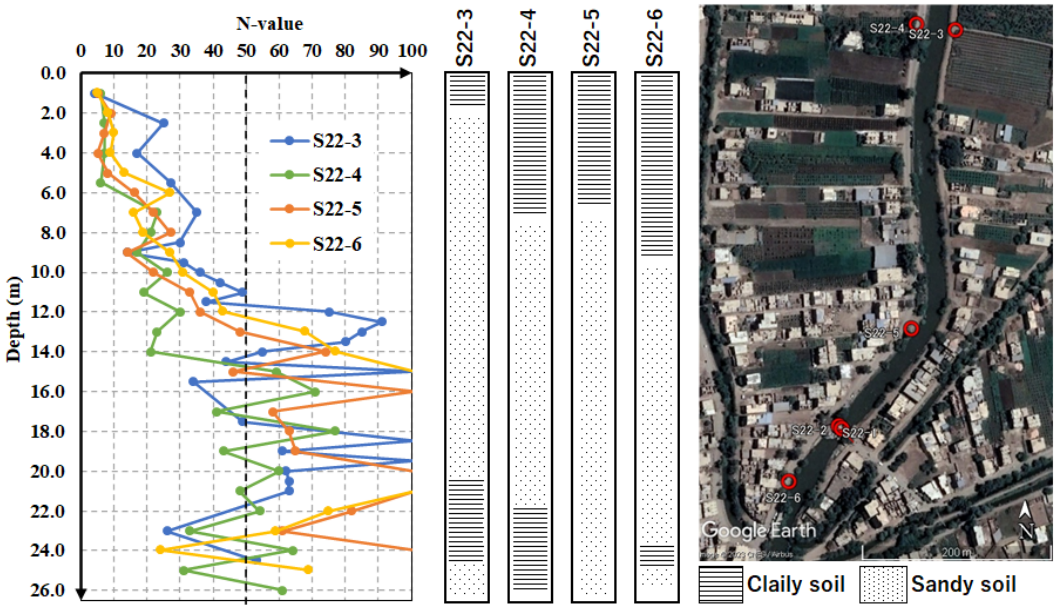


図 4.3.5　Sorad 調整堰候補地基礎地盤の N 値と簡易柱状図
出典：JICA 調査団

上記に加えて、既存調整堰から 405m 下流、135m 下流、70m 上流の計 3 候補地で、基礎地盤のボーリング調査を実施した。左岸側 S22-4～S22-6 は N 値 5～20 程度の盛土や粘性土が深度 7～9m まで厚く分布する。右岸側 S22-3 は盛土がないため地表面標高が低く、N 値 20 以上の未固結の砂が分布する。

4.3.2 大型水理構造物の基本設計（Kased 取水工、Mahlet Menouf 調整堰、Sorad 調整堰）

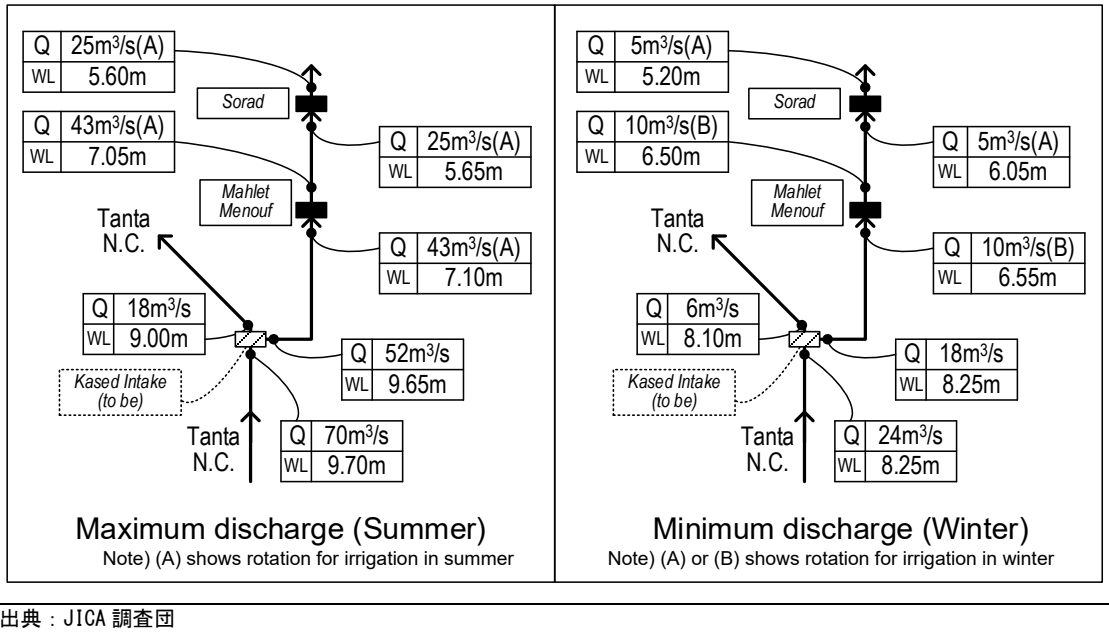
一連の現地調査、また地質調査や構造物調査の結果に基づき Kased 取水工、Mahlet Menouf 調整堰と Sorad 調整堰の 3 つの主要構造物は、新設または更新とする。

1）水理条件

Kased 幹線水路の水理条件は、MWRI の水配分局（Water Distribution Sector）および Gharbia 県への聞取りから期別の流量情報を得た。この流量をもとに、Tanta Navigation 水路から Kased 幹線水路への分水地点付近および Kased 幹線水路内の各調整堰の水理条件を算定する。また、水理検討結果から、対象とする調整堰建設地点の水理状況は以下となる。

表 4.3.3 Kased 幹線水路上の各調整堰の水理条件

	Kased Intake (Kased C.)	Kased Intake (Tanta Nav. C.)	Existing Mahlet Menouf	Existing Sorad
Max. discharge (m3/s)	52	18	43	25
Max. water level at U/S (m)	9.69 →9.70		7.06 →7.10	5.65 →5.65
Max. water level at D/S (m)	9.66 →9.65	8.97 →9.00	7.04 →7.05	5.62 →5.60
Min. discharge (m3/s)	18	6	10	5
Min. water level at U/S (m)	8.25		6.53 →6.55	6.05
Min. water level at D/S (m)	8.08 →8.10	8.25	6.52 →6.50	5.17 →5.20



出典：JICA 調査団

水路に新しい調整堰を設置することは、Kased 幹線水路に新たな水頭ロスを与え、その上流水位に影響を与えることになる。本設計検討では、水頭ロスに対する検討アプローチを単純化し、新調整堰で発生する水頭ロスは、上記の水理解析に基づく各調整堰地点で発生する水頭ロスの範囲内にして計画する。すなわち、新設と撤去の水頭損失を概ね相殺することとなる。

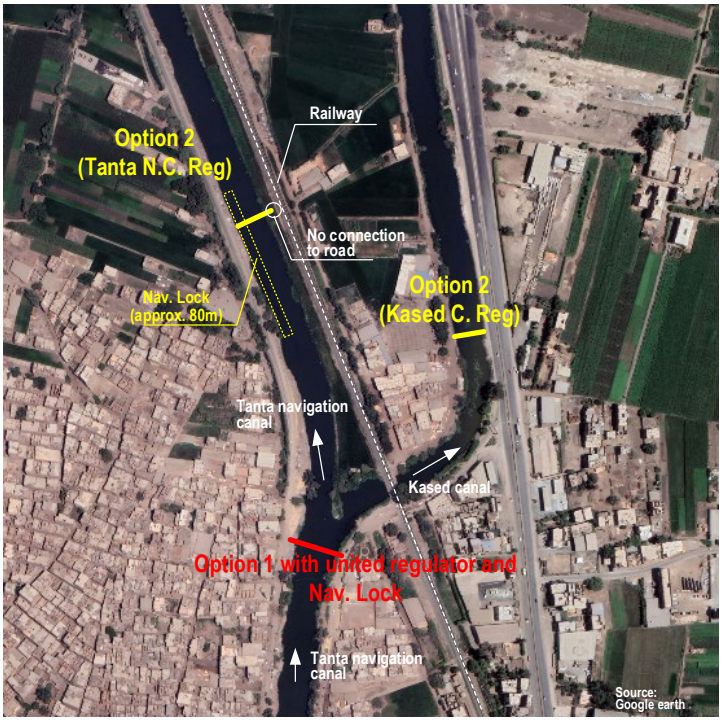
2) 調整堰建設位置の検討

2.1) Kased 取水工

Kased 幹線水路の安定分水を行なうため、Kased 幹線水路と Tanta Navigation 水路の分水地点に取水工を設置する。取水工位置は、分水地点の直上流、または Tanta Navigation 水路側の下流が想定される。また、Tanta Navigation 水路は、水運の役割を有することから、新設される施設には、船通し機能が必要となる。船通しの規模は、Tanta Navigation 水路の下流に位置する Batanonya Lock（建設予定地点から約 11km 下流の調整堰）と同程度することが Gharbia Irrigation Directorate（ID）から示された。船通し幅 11m、船通し上下流のゲート間（直線区間）の長さは 80m となるため、これを船通しの設計条件とする。

以上の条件の下、調整堰建設位置は、2 つの案を検討した。下表の Option 1 は、分岐地点の上流に建設する案となり、Option 2 は、分岐地点より下流にそれぞれの水路に調整堰を建設する案である。下表の優劣を考察し、分水地点の直上流に建設する計画（Option 1）を提案する。なお、新調整堰の調整堰軸位置は、両水路への分水が始まる位置付近とし、両水路に挟まれた農地上の建屋から約 80m 上流位置を分水開始位置と見なし、これを調整堰軸位置とする。Kased 取水工の位置は、Gharbia Irrigation Directorate（ID）との協議により確認を行った。

表 4.3.4 Kased 取水工建設位置の検討

1. Option of regulator axis		
	Option 1	Option 2
2. Hydraulic assessment	Kased C.側と Tanta N.C.側の流量をそれぞれのゲートで直接調整できるため、一元的に調節が可能となり、ゲート操作と流量調整が容易となる。 2pt	Tanta N.C.側の下流 Batanonya Lock を利用した現在の運用方法と同じ。間接的に Kased C.側への流量調整を行なう。施設設置による改善効果が薄い。 0pt
3. Structural assessment	Option 2 よりも施設規模は大きい。道路橋の機能も合せもつことができる。調整堰地点から Kased C.と Tanta N.C.を分水する隔壁が必要となり、構造が複雑となる。 1pt	Option 1 よりも施設規模は小さい。右岸側は鉄道であるため道路橋の機能も不要となり、構造は複雑とならない。ただし、右岸側に鉄道があるため、道路機能を与えることはできない。 2pt

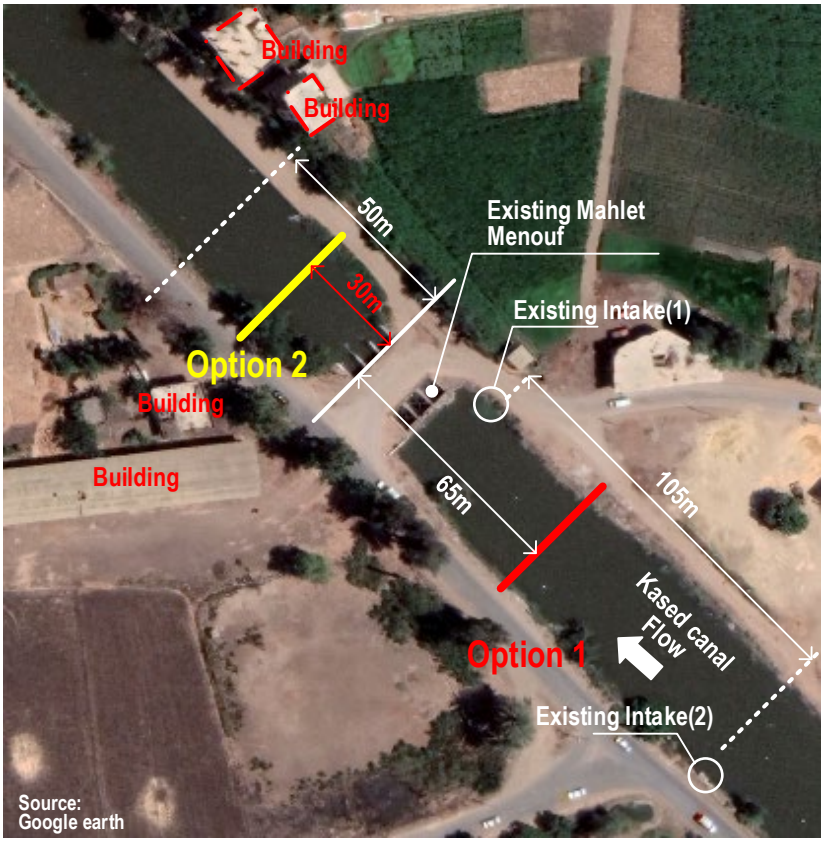
4. Construction	左右岸に道路があるため、工事車両のアクセスが良い。 Option 2 よりも施設規模が大きく費用面で劣る。 1pt	右岸側に鉄道があるため、左岸側からの工事となる。 Option 1 よりも施設規模が小さく費用面で有利である。 1pt
5. Social impact	道路橋として利用できるため、地区の交通の利便性の改善効果がある。 左右岸の道路脇まで開削を生じるが、MWRI の用地内であるため、用地の問題が無い。 2pt	右岸側の農地の一部を収容する必要がある。 0pt
6. Overall assessment	**6pt（採用）** 施設構造は、大規模かつ複雑であり費用面で Option 2 に劣るが、分水の効率性が飛躍的に改善され、適切な流量調整ができる。また、道路橋として利用できることから、水利用者以外への効果も期待できる。	3pt 施設構造は複雑とならず小規模であるため、費用面で優位性があるが、分水の運用方法は現状とあまり変わらないため、Regulator の機能が十分に発揮されない。 また、農地の一部収容が必要であり、地権者への影響が懸念される。

出典：JICA 調査団

2.2) Mahlet Menouf 調整堰

既設調整堰を中心に、上下流位置を調整堰軸位置（2 つの案）として検討した。下表の検討のとおり、下流側案（Option 2）は、右岸側には 4 本の地下埋設管があるため、建設工事への影響が懸念される。他方、上流案（Option 1）は、右岸側に 1 本の埋設管があるが、建設条件は下流側よりも障害が少ない。なお、上流側には既設の取水口が 2 箇所確認されたが、両施設の区間内での工事が可能であるため、工事中の通水への影響はない。したがって、上流の調整堰軸位置（Option 2）とする。Mahlet Menouf 調整堰の位置は、Gharbia ID との協議により合意した。

表 4.3.5　New Mahlet Menouf 調整堰新設位置の検討

1. Option of regulator axis		
	Option 1 (U/S)	Option 2 (D/S)
2. Hydraulic assessment	既設は撤去するため、水理的な優劣は Option 2 とほとんど違いはない。	既設は撤去するため、水理的な優劣は Option 1 とほとんど違いはない。下流側の

	2pt	建設により湛水区間がやや増すが、水路内設計水位以下に保たれるため、大きな地下水面の上昇は発生しない。 1pt
3. Structural assessment	上流側の建設となるが、水路内の水位は、ほとんど水位勾配がなく、水路幅も同様なため、下流案の Option 2 とほとんど施設規模に違いはない。ただし、取水施設を新たに設置する必要がある。 1pt	下流側の建設となるが、水路内の水位は、ほとんど水位勾配がなく、水路幅も同様なため、上流案の Option 1 とほとんど施設規模に違いはない。 2pt
4. Construction	既設上流の右岸側は比較的空き地が多く他施設による工事へ阻害が少ない。工事範囲の制約も Option 2 より優位である。 工事期間中の水位は、現在の取水位を維持する必要がある。 2pt	既設下流の右岸側の道路脇の民家から既設調整堰の下流側構造物の間の限られた範囲での工事となり、工事範囲の制約がある。 右岸下流側の道路下には、埋設管が 4 本あるため、護岸開削に相当な影響がある。右岸下流側の開削は避けるよう、Gharbia ID からの意向がある。 1pt
5. Social impact	既設の上流側に建設を行なうが、工事中は既設取水口の利用が可能であるため、取水への影響はない。 道路橋として、左右岸の道路のアクセスに優れる。 2pt	既設の下流側に建設を行なうため、現在の取水に支障を与えない。 右岸側には多くの埋設管があるため、損傷が懸念される。 1pt
6. Overall assessment	7pt（採用） 調整堰の水理機能や構造上の優劣は、Option 2 とほとんど変わりなく、工事中の既設取水施設への影響がない。 右岸側（上流側）の開削工事の制約が少ない。	5pt 調整堰の水理機能や構造上の優劣は、Option 1 とほとんど変わりないが、既存の取水への影響がない。 右岸側（下流側）開削工事による埋設管への影響が大きい。

出典：JICA 調査団

2.3) Sorad 調整堰

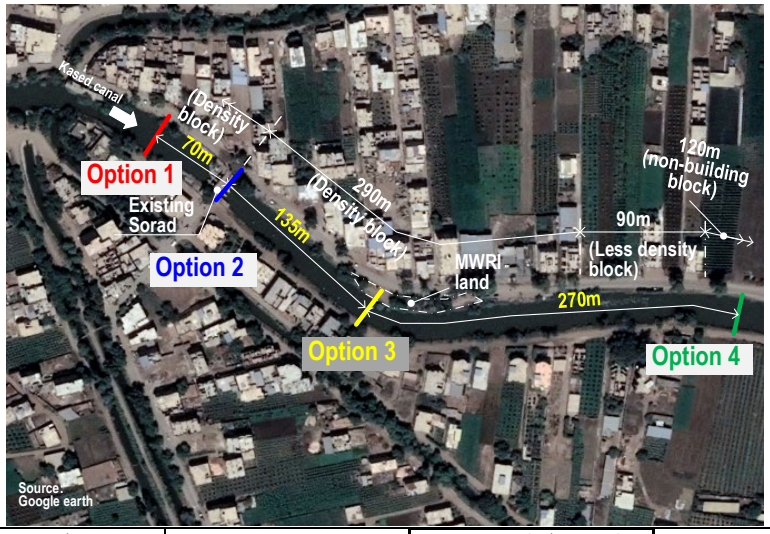
既存 Sorad 調整堰の周辺は交通の要衝であるため、民家や商店が密集しており、既設付近での更新は、工事中の安全性確保が難しくなるなど、社会配慮面での影響が相当に大きい。このため、調整堰位置の検討では、4 つの案の検討を行なった。

既設調整堰の上流側には、MWRI の用地（右岸側）がある、約 70m 上流付近が候補地となる（Option 1）。しかしながら、この区間も民家や商店の密集区間であるため、既設調整堰付近（Option 2）と同様な工事制約が想定される。既設調整堰の下流側の約 290m 区間は、民家・商店の密集区間であり、それより下流の 90m 区間は水路の両側、または片側に民家が点在する。さらに下流側では、両岸に民家が無い区間が約 120m 存在している。

Option 3 は、下流案のうち、比較的広い MWRI の用地が左岸側に広がった場所であり、Option 4 は、住居の密集地区から完全に離れた位置の案である。

以上の現地条件を踏まえて、調整堰軸位置の選定では Option 1（既設上流側）、Option 2（既設調整堰位置）、Option 3（既設下流の 135m に MWRI の用地がある）、Option 4（下流側 405m の民家の無い用地）を候補地として検討を行なった。下表の検討および Gharbia ID との協議の結果、Option 3 の調整堰軸位置を合意した。

表 4.3.6　Sorad 調整堰新設位置の検討

1. Option of regulator axis				
	Option 1 (U/S 70m)	Option 2 (Existing Reg.)	Option 2(D/S 135m)	Option 3(D/S 405m)
2. Hydraulic assessment	上流の分水地点の近いため、水位調整がもっとも Timely に行える。 4pt	既設調整堰と同じ場所に建設するため、水位調整は既設と同程度である。 3pt	Option 1 よりも水位調整の優位性が劣る。 2pt	既設調整堰から最も遠いため、水位調整の効率が 3 案中最も劣る。また、調整堰建設により既設調整堰までの上流区間に向けて調整堰上げが発生する。調整堰上げ分の地下水位の上昇が予想される。 1pt
3. Structural assessment	上流側の建設となるが、水路内の水位は、ほとんど水位勾配がなく、水路幅も同様であるため、全 3 案の施設規模に違いはない。 1pt	同左 1pt	同左 1pt	同左 1pt
4. Construction	民家の密集地であるため、工事範囲が制約される。また、道路の仮廻しができないため、矢板壁を用いて開削の影響を軽減し、道路幅を確保する必要がある。 このため、仮設工事費が増す。 1pt	民家の密集地であるため、工事範囲が制約される。また、工事中は、既設調整堰を約半分取壊し、残り半分を運用することになるが、既設調整堰は相当に老朽化しているため、補強工事が必要である。 既設調整堰の 2 門では、工事中の水路への必要通水量が確保できない。 1pt	左岸側に MWRI の用地があるため、施工ヤードとして利用できる。 Option1 より施工条件が有利である。 3pt	農地が両岸に広がるが、他施設による工事へ阻害が少ない。 3 案中、工事の制約が最も少ない。 4pt
5. Social impact	民家の密集地での工事となるため、近隣住民への生活や交通への影響が大きい。 湛水域は、現状よりもやや短くなり、ほとんど地下水の影響は受けない。 1pt	民家の密集地での工事となるため、近隣住民への生活や交通への影響が大きい。 1pt	民家の密集地での工事となるが、MWRI の用地を利用できるため、Opion1 より、近隣住民への生活や交通への影響がやや少ない。 また、地下水区間が、既設よりもやや増し、住居の密集区間であるため、地下水の影響がやや懸念される。 2pt	工事による近隣住民への影響は最も少ない。 ただし、地下水区間が、既設よりもかなり増すため、上流の住居の密集区間への、地下水の影響が懸念される。 2pt

6. Overall assessment	7pt 調整堰の水位調整が最も迅速に行えるが、工事に伴う近隣住民への影響が大きい。 湛水域が変わることによる地下水への影響は、最も少ない。	6pt 調整堰の水位調整が最も迅速に行えるが、工事に伴う近隣住民への影響が大きい。 部分取壊しした既設を利用する必要があるため、既設調整堰の補強が必要である。	**8pt(採用)** 調整堰の水位調整の迅速性は、Option1 と 2 よりもやや劣る。工事に伴う近隣住民への影響があるが、Option1 と 2 より影響が少ない。 ※Option 4 と同点の評価となったが、Gharbia ID との協議により、水位調整機能の優位性と周辺道路へのアクセスの優位性から Option 3（当案）を採用する。	**8pt** 調整堰の水位調整の迅速性は、4 案中最も劣るが、工事に伴う近隣住民への影響は最も少ない。 湛水域が変わることによる地下水への影響が懸念される。

出典：JICA 調査団

3) ゲート形式とゲート幅

ゲート形式は、Kased 幹線水路および Tanta Navigation 水路内に建設されている既設調整堰のゲート類を参考にして計画する。また、ゲートの維持管理の効率性と施設整備の経済性への優位性を考慮して、各調整堰は同じゲート幅とする。

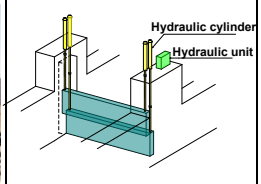
ラジアルタイプのゲートは、現在の Mahlet Menof 調整堰で採用されたが、扉体の昇降は回転軸を中心に動作するため、回転軸への負荷が大きく、躯体に大きな損傷を生じている。修繕作業も実施されていないことから、本形式は維持管理が難しいことが伺える。したがい、ラジアルタイプのゲートは、本地区での採用は難しいと判断し、上下垂直方向に可動する F.H.（Fahmy Henen）タイプのゲートを採用する。F.H.ゲート幅は、Batanonya Lock および Kased 幹線水路上の F.H.ゲートの幅を参考とし、3m を適用する（表 4.3.7 および表 4.3.8 参照）。

表 4.3.7　対象地区内の既設調整堰のゲート径間長と通水幅範囲

Regulator's name	Existing vents width and nos.	Total opening range	Gate type	Per width
Kased Intake	Non existing facility	–	–	–
Mahlet Menof	4.0m and 3 vents	12m	Radial type	t=0.8m
Sorad	2.5m and 4 vents	10m	F.H. type	t=1.25m
Batanonya Lock	3.0m and 3 vents +1 Nav. Lock	9m without Nav. Lock	F.H. type	t=xxm

出典：JICA 調査団

表 4.3.8　ゲート形式の比較

Items	**Option 1** Double-leaf overflow type gates (by JICA grant aid project)	**Option 2** Sluice gate type by of hoist of hydraulic pressure (single or double leaf)	**Option 3** Sluice gate type by hoist of chain or wire (single or double leaf)	**Option 4** F.H.(Fahmy Henen) gate type
1. Gate picture or sketch				
2. Water control /Operation	日本のプロジェクトで導入されたゲート。ゲート規模が大きくとも、over-flow による放流が可能であるため、精度の高い水位調整を行なうことができる。下段扉を開放することで、排砂ができる。 4pt	Ibrahimia 取水工や新 Dirout 堰群で導入された。形式によって、over-flow 型または、under-flow 型の構造とすることができるため、水位の調整機能は option 1 と同程度である。 4pt	エジプト国内で多用されているゲート形式。under-flow(orifice flow)による放流のため、over-flow よりも調整制度が劣る。ただし、ゲートが小規模の場合、一定程度の適切な調整が可能である。 3pt	同左 3pt

3. Structural feature	開閉機が上下の扉体にそれぞれ必要であり、重量が重い。また、調整堰構造自体も大きくなり、費用も高価となる。 1pt	油圧を配管し、扉体高と同程度の油圧シリンダーが必要である。小規模なゲートであれば、軽量構造となり、Option 1 よりも調整堰構造は軽量となる。 2pt	開閉機は、調整堰上の移動式開閉機か各ゲートに設置されている。人力により動作する施設が多い。 3pt	開閉機は各 Vent に設置されており、motor を付属することで電動操作が可能である。開閉機も小さいため、調整堰構造は 4 案中最も軽量である。 4pt
4. Maintenance	開閉機が高い位置にあるため、wire の取替えや開閉機の整備は煩雑となる。 2pt	Option 3, 4 と比べて維持管理に油圧の専門知識が必要であり、専門の工場でのメンテナンスが必要となる。 Option 3, 4 よりも維持管理費は高い。 また、小中規模の施設では、導入事例が少ない。 1pt	Kased C.近傍の都市に工場があり、調達やメンテナンスが容易である。 構造も簡単であるため、修繕がし易いが、Option4 よりは施設規模が大きいため、維持管理費が増す。 3pt	Kased C.近傍の都市に工場があり、調達やメンテナンスが容易である。 構造も簡単であるため、修繕がし易い。 4pt
5. Initial cost gate facility only (reference)	26M LE/vents (BxH=3m x 5m)	18-22M LE/vents (BxH=3m x 5m)	75,000-100,000 LE/vents (BxH=3m x 5m)	50,000 LE/vents (BxH=3m x 5m)
6. Overall assessment	7pt 調整機能に優れるが、中小規模の施設では、設備費用が高い。	7pt 調整機能に優れるが、中小規模の施設では、設備費用が高い。また、維持管理では専門知識が必要となる。	9pt 調整機能が Option1,2 に比べて劣るが、中小規模の施設では問題無い。国内で流通しているため維持管理も容易である。	**11pt（採用）** 調整機能が Option1,2 に比べて劣るが、中小規模の施設では問題無い。国内で流通しているため維持管理も容易である。4 案中最も安価である。

出典：JICA 調査団

4) ゲート門数と調整堰上げ阻害の検討

ゲート門数およびゲート幅は、Egyptian code (Chapter 5 Regulators and Gates：エジプト国設計基準) に示される、ゲート全開時の 1 門あたりの最大許容流速と、調整堰上げの許容範囲を考慮して決定する。

4.1) 検討条件

Kased 幹線水路はナイル川や基幹水路(Principal canal)よりは規模の小さい幹線水路(Main canal)に分類されること、また設計最大流量も約 50m³/s 程度であることから、下表の"Small Regulators"の区分を適用する。すなわち、最大許容流速は 1～1.5m/s となる。

・最大許容流速

表 4.3.9　調整堰の規模別の許容流速値

Category	Allowable max. velocity (m/s)	Remarks
Small Regulators	**1 – 1.5 m/s**	**Applied**
Big Regulators (Barrages)	1.25 – 1.5 m/s	
Barrages on Rivers	2.5 – 3.5 m/s	

出典：Egyptian code, Chapter Five Regulators and Gates (Sec. 5-4-2-1 in 5-4-2 Hydraulic Design)

・調整堰上げ（Heading up）

調整堰建設にかかる断面阻害程度について、Egyptian code (Chapter 5 Regulators and Gates)では、下記の検討式を用いて、全開時の調整堰上げ（Heading up）水位差を 10cm 以内とすることが示されている。ただし、本調査の検討では、"1) 水理条件"の記載のとおり、既設調整堰は撤去し、新調整堰による水理ロスは、概ね既設調整堰の水理ロスの範囲に収める計画とする。よって、現況の全体水理計算の結果から、既設調整堰の全開時の水理ロスは、概ね 5cm となることから、これ

に収めるようゲート門数を計画する。

「The regulator heading up is measured when it is completely open to allow the max discharge through it putting in consideration that the **heading up doesn't increase than 10cm※**.」

※本調査の検討では、既設調整堰の全開時の水理ロス内に収めるため 5cm とする。

Source: Egyptian code, Chapter Five Regulators and Gats (Sec. 5-4-2-4 in 5-4-2 Hydraulic Design)

表 4.3.10 調整堰上げの算定方法

$h=\frac{Vc^2}{2g}\frac{1}{C^2}[(\frac{Ac}{Av})^2-1]$	H	Heading up	m
	Vc	Flow velocity in water channel without construction a regulator	m/s
	Ac	Cross section area of water flow without construction a regulator	m^2
	Av	Regulator vents area	m^2
	C	Factor depends on the vent span, its value comes from; 0.72: vent with width less than 2 meters 0.82: vent with width ranges from 2~4 meters 0.92: vent with width more than 4 meters	
	g	9.81	m/s^2

出典：Egyptian code, Chapter Five Regulators and Gats (Sec. 5-4-2-4 in 5-4-2 Hydraulic Design)

4.2) 検討結果

各 3 調整堰の検討結果を下表に示す。Kased 取水工のうち、Tanta Navigation 水路側の調整堰を除き、調整堰のゲート門数は、全て 4 つとなる。Tanta Navigation 水路側の門数は、Egyptian conde による計算では、ゲート 2 門で検討条件を満たすが、Tanta Navigation 水路の下流に位置する Batanonya Lock のゲート 3 門よりも少なくなる。なお、Tanta Navigation 水路側には、船通しが併設されるため、必要に応じて余剰通水が可能である。

表 4.3.11 各調整堰の水理検討結果

Regulator's name		Design vents width and nos.	Water depth	Max. velocity at regulator	Heading up	Judge
Kased Intake	Kased C.	4 vents x 3m	4.00m (sill: 0.5m)	1.0≦1.24m/s＜1.5	0.045m≦0.05m	OK
	Tanta N. C	2 vents x 3m	4.00m (sill: 1.0m)	1.0≦1.00m/s＜1.5 (for 2 vents)	0.036m≦0.05m (for 2 vents)	OK
New Mahlet Menouf		4 vents x 3m	3.10m (sill: 0.5m)	1.0≦1.38m/s＜1.5	0.050m≦0.05m	OK
New Sorad		4 vents x 3m	2.50m (sill: 0.5m)	1.0≦1.05m/s＜1.5	0.027m≦0.05m	OK

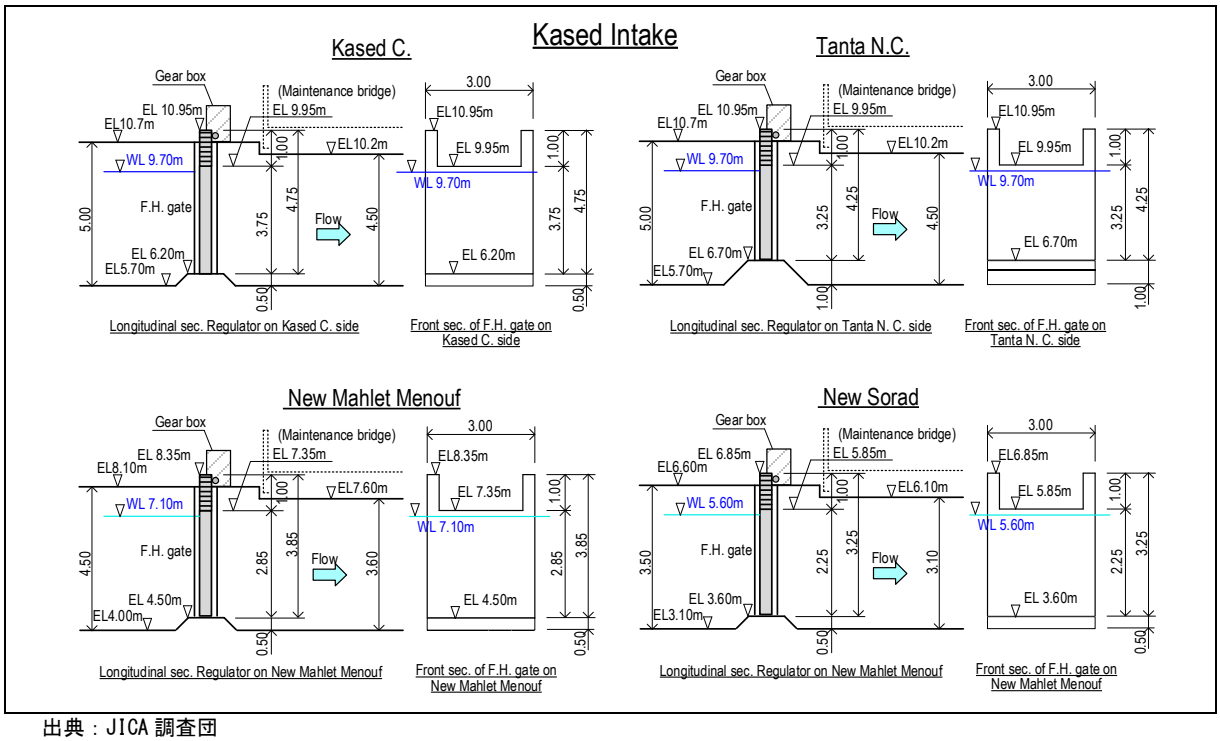
出典：JICA 調査団

5) 主要部の標高

施設の主要な部位である、調整堰体、ゲート設備、調整堰柱および管理橋の標高について検討を行なう。以下に検討結果による各標高および高さを示す。

表 4.3.12 各調整堰の主要部敷高の一覧

Regulator's name		Surface of regulator basement	Sill level at gate (Height)	Gate head level (Height)	Head level of pier
Kased Intake	Kased C.	EL 5.70m	EL 6.20m (0.5m)	EL. 9.95 (3.75m)	EL 10.7m (5.0m)
	Tanta N. C	EL 5.70m	EL 6.70m (1.0m)	EL. 9.95 (3.25m)	EL 10.7m (5.0m)
New Mahlet Menouf		EL 4.00m	EL 4.50m (0.5m)	EL. 7.35 (2.85m)	
New Sorad		EL 3.10m	EL 3.60m (0.5m)	EL. 5.85 (2.25m)	



出典：JICA 調査団

5.1) 調整堰体標高

調整堰体の標高は、調整堰計画地点の水路標高との接続と堆砂の影響を考慮して決定する。各調整堰の建設予定地点の上下流水路底の標高を参照して、上下流水路の平均標高程度をエプロンの表面標高とする。

5.2) ゲート設備

前述の”3) ゲート形式とゲート幅”で与えたゲート敷高（Gate sill）を考慮して、ゲート高さを決定する。なお、F.H.ゲート天端高のうち、ゲート中央部の標高は、設計水位（WL. 9.70m）に、Egyptian code に記載されたゲート余裕高 0.25m を考慮する。また、ゲート両側の戸当り接触部は、開閉機の可動部と重複させるため、ゲート必要高よりも 1.0m 突出した構造とする。各調整堰のゲート規模を以下に示す。

表 4.3.13　各調整堰の調整堰柱のゲート標高と高さ

Regulator's name		Gate sill level	Design water level	Gate clearance	Gate head level (Gate side level)	Gate height (Gate side height)
Kased Intake	Kased C.	EL 6.20m	EL 9.70m	0.25m	EL 9.95m (EL10.95m)	3.75m (4.75m)
	Tanta N. C	EL 6.70m	EL 9.70m		EL 9.95m (EL10.95m)	3.25m (4.25m)
New Mahlet Menouf		EL 4.50m	EL 7.10m		EL 7.35m (EL8.35m)	2.85m (3.85m)
New Sorad		EL 3.60m	EL 5.60m		EL 5.85m (EL6.85m)	2.25m (3.25m)

出典：JICA 調査団

5.3) 調整堰柱天端高

調整堰柱天端標高は、Egyptian code (Chapter 5 Regulators and Gates)に従い、設計水位に余裕高 0.5m を与える。また、F.H.ゲートは、全開時に戸当りから突出する構造であるため、扉体の傾倒防止を目的として、全開時の扉体部と戸当り部の重複部 0.5m を与える。したがい、調整堰柱天端標高は、“設計水位+0.5m（必要余裕高）+0.5m（戸当り掛長）”とする。ただし、ゲート下流側の調整堰柱は、戸当り掛長は不要であるため、戸当り掛長分の高さは考慮しない。

表 4.3.14 各調整堰の調整堰柱天端標高と高さ

Regulator's name		Regulator basement	Design water level	Pier clearance	Extra height for F.H. gate	Pier head level U/S (Height)	Pier head level D/S (Height)
Kased Intake	Kased C.	EL 5.70m	EL 9.70m	0.50m	0.50m	EL 10.70m (5.00m)	EL 10.20m (4.50m)
	Tanta N. C	EL 5.70m	EL 9.70m			EL 10.70m (5.00m)	EL 10.20m (4.50m)
New Mahlet Menouf		EL 4.00m	EL 7.10m			EL 8.10m (4.10m)	EL 7.60m (3.60m)
New Sorad		EL 3.10m	EL 5.60m			EL 6.60m (3.50m)	EL 6.10m (3.10m)

出典：JICA 調査団

6) エプロン部の浸透路長とエプロン厚の検討

検討に必要な水位差は、上流側は最大水位とし、下流側水位はエプロン標高と同じとして、その差分を与える。Egyptian code (Chapter 5 Regulators and Gates)では、Bligh 式と Lane 式による検討方法が示されている。また、エプロン厚は、同 code に記載される"t = (0.80 to 1.00√H)"または"t = Vents width/4 + 0.5√H"を満たすと共に、揚圧力に耐える厚さとする。なお、Kased 幹線水路と Tanta Navigation 水路のエプロン構造は同一とする。以下に検討結果を示す。

表 4.3.15 各調整堰のエプロン長さと厚さの検討結果

Regulator's name		Design length of Apron	Required length of Apron	Judge	Design thickness of Apron	Required thickness of Apron	Judge
Kased Intake	Kased C.	16.25m※	≧4.88m	OK	2.00m	≧2.00m	OK
	Tanta N. C	16.25m※	≧4.30m	OK	2.00m	≧2.00m	OK
New Mahlet Menouf		16.00m※	≧3.86m	OK	1.80m	≧1.76m	OK
New Sorad		16.00m※	≧4.88m	OK	1.60m	≧1.58m	OK

※エプロン長は、管理橋幅やゲート設備場所および Walkway の設置のため必要長より余裕のある長さとなる。
出典：JICA 調査団

7) 護床工長の検討

護床工の長さは設計水深の 3~5 倍が経験的に適用される。そのため平均設計水深の 4 倍を護床工の長さとする。ただし、Gharbia ID の経験も踏まえ、護床工長は 15m を最小長さとする。また、Kased 取水工（Kased 幹線水路側）と New Sorad 調整堰の下流は、湾曲区間となるため、これを包括する範囲に護床工を設置する。以下に検討結果を示す。

表 4.3.16 各調整堰の護床工長の検討結果

Regulator's name		Design water level	Bed protection length
Kased Intake	Kased C.	4.00m	約 55m
	Tanta N. C.	4.00m	16m
New Mahlet Menouf		3.10m	12.4m→15m
New Sorad		2.50m	約 26m

出典：JICA 調査団

8) 管理橋

管理橋は、近傍の調整堰の構造を参考とし、ゲート下流側に計画する。管理橋の幅員は、Egyptian code（Chapter 5 Regulators and Gates）では、6m～12m が示されている。各調整堰の左右の道路幅員は概ね 6～8m 程度であることから、車輌幅員は 6m、両側に歩道幅員 1m（計 2m）およびガードレール部 0.25m（計 0.5m）とし、8.5m を橋梁幅員とする。

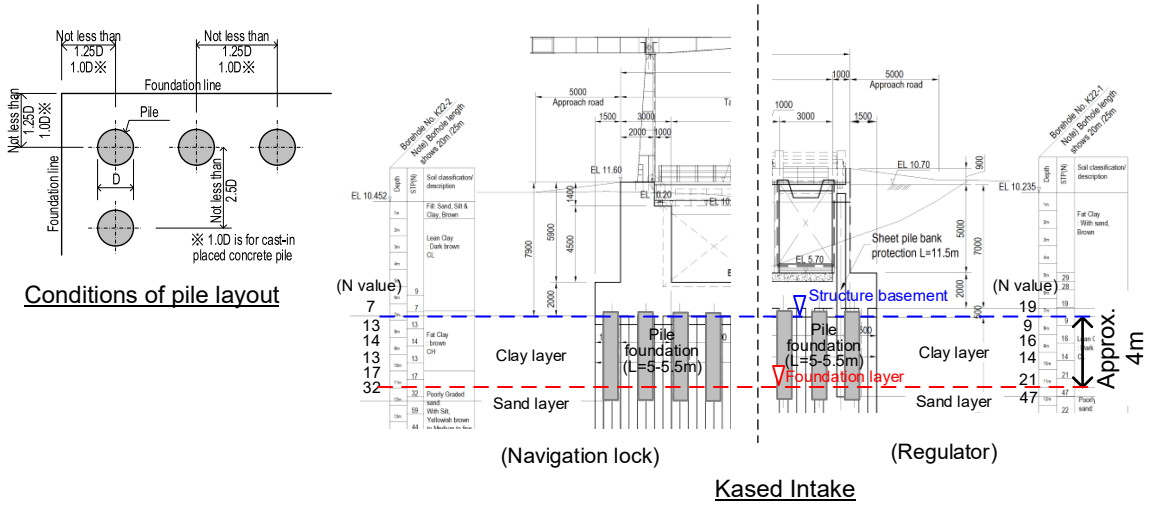
9) 基礎工の検討

Kased 取水工地点では、N 値の低い粘土層（9、13）があり、また、約 5m 深度の範囲にも N 値

13、14 の粘土層が確認されている。したがって、基板層は、底版下の約 5m より下にある N 値 20～30 以上の粘土混じり砂礫層とし、杭基礎とする。杭は、エジプト国で一般的に適用される場所打ち杭（杭径：800mm, 杭長：5.0～5.5m）を計画する。なお、基礎杭の配置は、下表の配置条件をもとに設定とする。

表 4.3.17　Kased Intake の杭基礎の配列

Kased Intake	Piles number
Regulator (Basement :26.5m x 16.25m)	B x L = 13 x 6 = 78 piles (Pile diameter: 800mm, Pile length: 5m)
Navigation lock (Basement: 10.0m x 96.5m)	Bridge section: B x L = 10 x 6 = 60 piles (Pile length: 5m) Navigation wall section: B x L = 10 x 38 = 380 piles (Pile length: 5.5m) (Pile diameter: 800mm)



※杭の配列基準は新 Dirout 堰群建設事業の配列方法に従う。
出典：JICA 調査団

新規に建設を行う Mahlet Menouf 調整堰の底版下の N 値は、比較的強度のある粘土混じり砂層（N 値 25）があるが、底版下から 2m 範囲内に N 値 10 の層（粘土層）がある。よって、支持層は 2m 下の N 値 22 付近とする。支持層までの深度は、比較的浅いため、セメントによる地盤改良を計画する。新規に建設する Sorad 調整堰の底版下の N 値は、比較的強度のある粘土混じり砂層（N 値 22）であるが、底版下から 3m 範囲内に N 値 14 の層（砂礫層）があるため、支持層は 3m 下の N 値 22 付近とする。支持層までの深度は、比較的浅いため、セメントによる地盤改良を計画する。

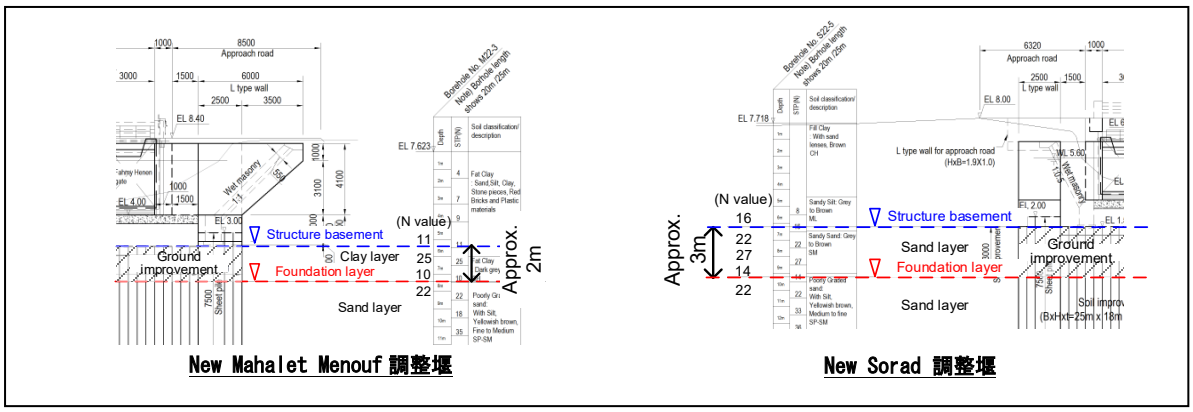


図 4.3.6　New Mahlet Menouf および New Sorad 調整堰の基礎
出典：JICA 調査団

10）遠方操作室

ゲートの遠隔操作機器や維持管理用機材の格納のため、各施設に操作室を計画する。Kased 取水

工は、Kased 幹線水路の起点であること、Tanta Navigation Canal との分水箇所に位置することから、他の 2 調整堰よりも施設の重要度が高い。他 2 調整堰で併用する予備ゲートの格納室も必要となることから、規模を他の 2 調整堰の 2 倍とする。また、Gharbia ID の要望も踏まえ 2 階立てとする。

表 4.3.18 各調整堰の遠方操作室の大きさ

Regulator's name	Size of control house	Number of stories
Kased Intake	10m x 5m	2 stories
New Mahlet Menouf	5m x 5m	single story
New Sorad	5m x 5m	single story

出典：JICA 調査団

11) 工事計画

工事中の受益地への灌漑が必要となるため、水路は通水状態とする必要がある。そのため半川締切り工法を採用し、鋼矢板を用いて工事ヤードを確保し、同時に必要な通水断面も確保する。建設工事は概ね半分ずつ行なう。締切り工法は、深さに応じて 2 重矢板、あるいは 1 重矢板を用いることとする。なお、工事中の水路への通水量は、最大流量の 10%を低減できることを Gharbia ID に確認した。想定される各施設の工事中の通水量を下表に示す。

表 4.3.19 想定される各調整堰の工事期間中の通水量と締切り工法

Regulator's name	Discharge		Expected coffer dam type
Kased Intake	63 m^3/s	Kased C. : 46.8m^3/s Tanta N. C. :16.2m^3/s	Double Sheet piles
New Mahlet Menouf	38.7 m^3/s		Single Sheet pile
New Sorad	22.5 m^3/s		Single Sheet pile

出典：JICA 調査団

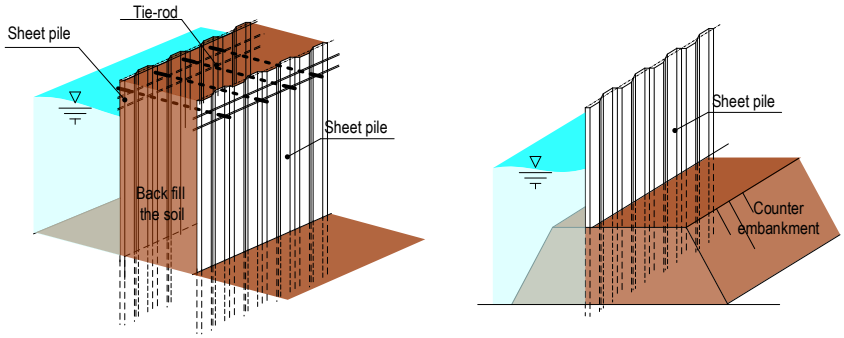


図 4.3.7 半川締切り工法

出典：JICA 調査団

12) 平面計画図

・Kased 取水工（新設）



図 4.3.8　Kased 取水工・平面計画図（新規建設）

出典：JICA 調査団

・Mahlet Menouf 調整堰（更新）

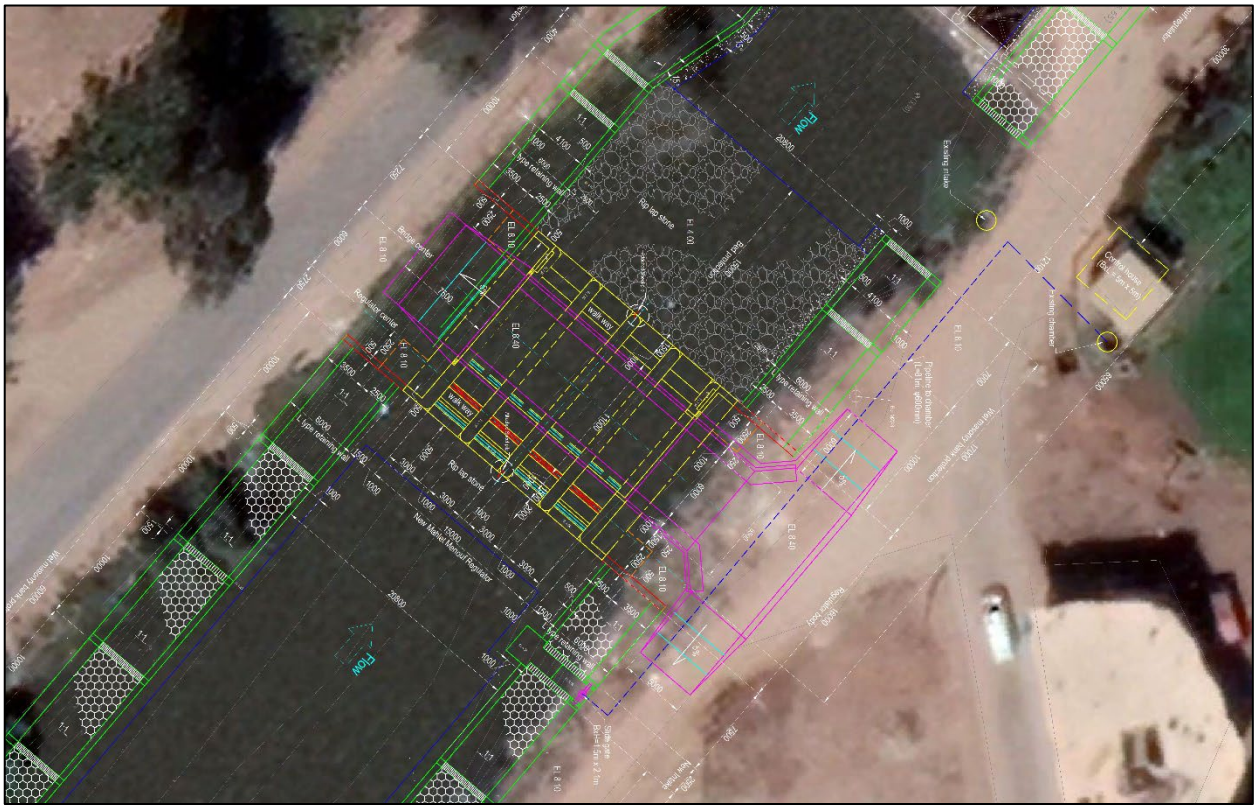


図 4.3.9　Mahlet Menouf 調整堰・平面計画図（更新）

出典：JICA 調査団

・Sorad Regulator（更新）

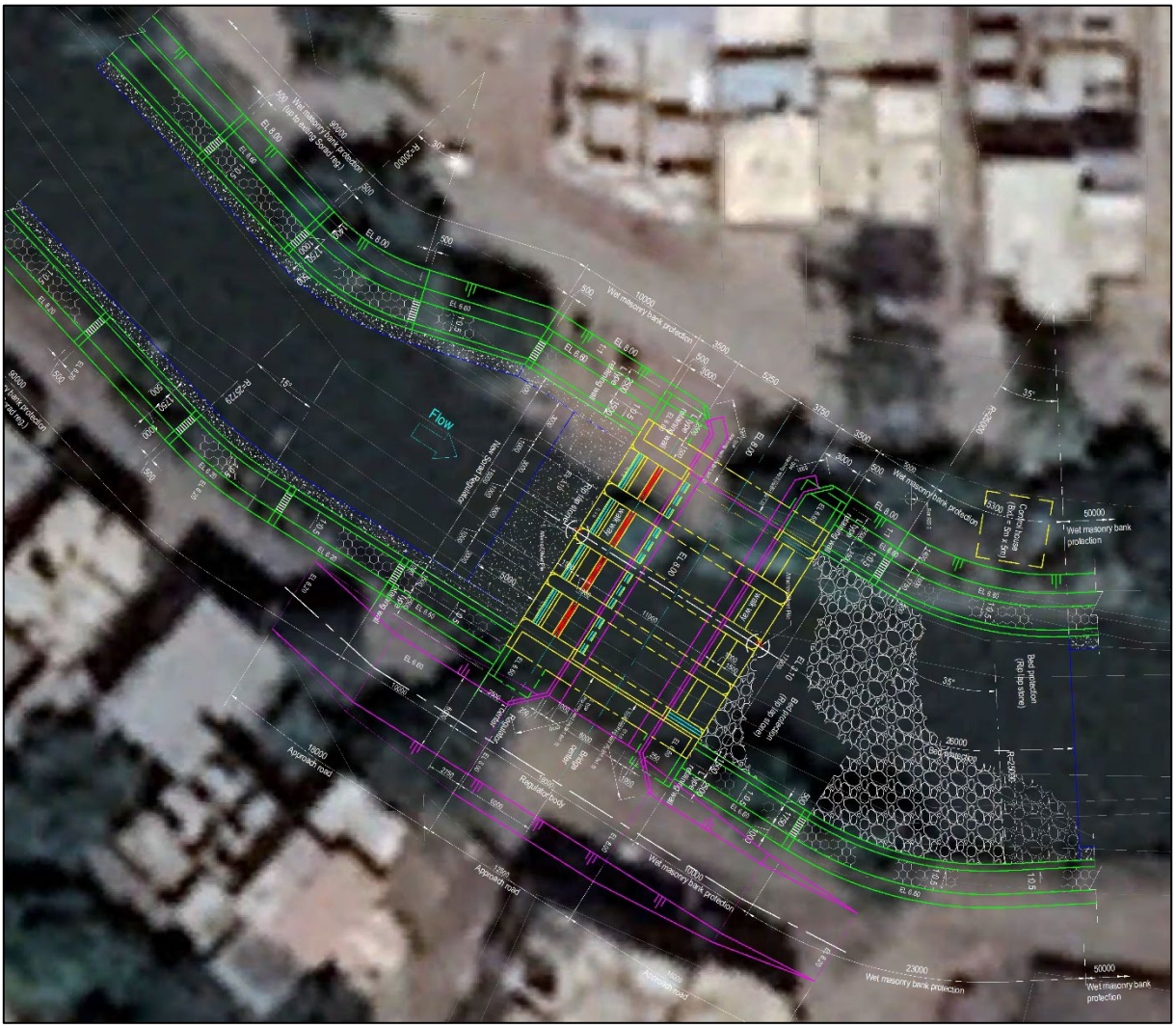


図 4.3.10 Sorad 調整堰 平面計画図（更新）

出典：JICA 調査団

4.4　小規模水理構造物の建設、水理構造物のリハビリ（コンポーネント 2、3）

本節では、既存の水理構造物の評価結果を示し、その結果に基づき、対象地域の水理構造物の新設や補修を提案する。調査対象は、Bahr Yusef と Ibrahimia 基幹幹線水路、および優先度の高い 3 地区（Abo Shosha 地区、Aros & Abo Seer 地区、Kased 地区）において、建設されている水理構造物である。

本節では、上記調査地域のすべての構造物を対象にするが、Kased 地区において特定された Mahalet Menouf 調整堰、また Sorad 調整堰の更新については、大型施設の新規建設となることから、別途に、4.3 大型水理構造物の建設（コンポーネント 1）にて基本設計を行っている。すなわち、本節で述べる計画は、これら大型構造物を除く小規模水理構造物の新設（コンポーネント 2）、および水理構造物のリハビリ（コンポーネント 3）で対象とすべき施設である。

4.4.1　アプローチと調査方法

対象地域の水利構造物は、良好に稼働しているもの、稼働率が低いもの、稼働していないもの、簡易で修繕して使用しているものなど、様々な機能状態にある。そのため、構造物調査を計画的に実施する必要があり、2 段階の調査に分けて行なうこととした。

構造物調査は 2 段階で実施するが、1 段階目では主に施設の機能の程度を調査し、2 段階目では物理的な状態と、損傷が激しい施設の補修や再建の必要度を調査した。調査の詳細は以下の通りである（図 4.4.1 参照）。

- ✓ 1 段階目の構造物調査の目的は、基本的な主たる機能状況を把握し、5 ランクに分類することで、再建、補修、小補修などの対策を確認し、または、施設ごとに定期的なモニタリングの必要性を判断する基礎データとする。1 段階目の調査では、対象地域のすべての施設を、必要とされる機能の観点から、S1、S2、S3、S4、S5 の 5 ランクに分類し、S1 が最も機能状況が低く、S5 はほとんど問題がない（機能の問題無し）とした。つまり、1 段階目の調査では、水利施設全体の健全性を機能性の視点から把握することを目的としている。
- ✓ 2 段階目の調査は、1 段階目の構造物調査で S1 と S2 にランクされた施設のみを対象として実施する。S1 にランクされた施設は基本的に再建または新築が必要であり、S2 にランクされた施設は大規模かつ緊急の補修を行う

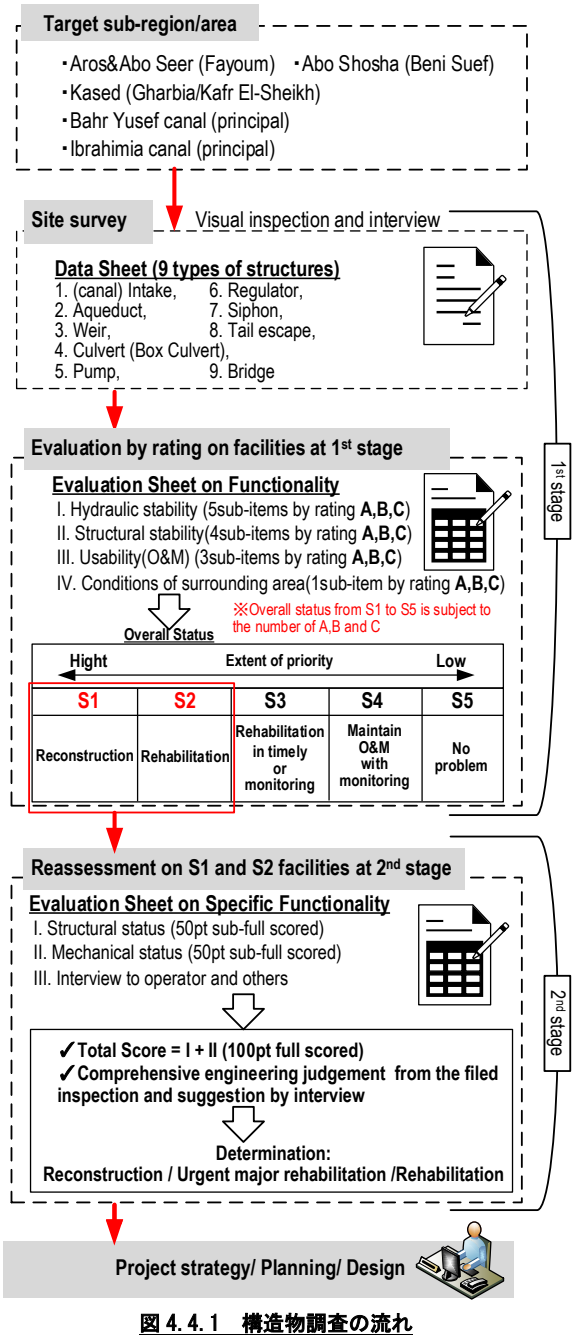


図 4.4.1　構造物調査の流れ
出典：JICA 調査団

必要がある。このような大規模な補修の必要性を明確にするために、関連する灌漑地区の技術者が同行し、調査団と合同で現場での確認を行うこととした。2 段階目の調査では、施設の物理的な状況を詳細に調査し、補修や再建の規模を明らかにするとともに、あわせて S1 と S2 のランクを再評価した。

4.4.2 1 段階目の構造調査(全数調査)

1 段階目の調査では、施設の寸法や状態を収集するための「**Data Sheet：データシート**」と、施設の機能状態を評価するための「**Evaluation Sheet：評価シート」の** 2 種類の調査票を用いる。Evaluation Sheet は、施設の種類に関係なく、施設の機能とその状態を考慮し、I.水理的安定性、II.構造的安定性、III.運用の容易性（O&M）、そしてIV．環境・社会配慮面について、工事を行う際の周辺地域への影響の程度を把握するために用いる。これらは目視評価とゲートキーパー等への聞き取りにて行なう。

1）1 段階目調査のデータシートと評価シート

1.1）データシート

1 段階目の調査では、表 4.4.1 のような「データシート」を使用する。調査員は、取水口（Intake）、調整堰（Regulator）、水路橋（Aqueduct）、サイフォン（Siphon）、調整堰・落差工（Weir）、末端放水工（Tail escape）、カルバート構造物（Culvert）、ポンプ場（Pump station）の 9 施設について、主要寸法を測定し、写真撮影を行なう。データシートの調査項目は、施設名、場所、築年数、主要構造寸法・機材仕様、O&M 状況、写真等を含む。

1.2）評価シート

データシートの情報と施設管理者へのインタビューを含んだ目視検査結果に基づき、「評価シート」（表 4.4.2 参照）を用いて施設の評価を行う。評価シートは、I.水理的安定性、II.構造的安定性、III．運用の容易性（O&M）、IV．環境・社会配慮面の 4 つから構成される。IV.では建設・復旧段階において、周辺地域にどのような影響を及ぼす可能性があるのかを把握する。

上記の評価方法は、日本国の「農林水産省：ストックマネジメントマニュアル」の評価基準法の一部を参考にしている。同基準は、調査対象の灌漑施設について、補修・再建設の必要性が最も高い「S1」から最も低い「S5」まで の評価尺度を設定したものである。「S1～S5」は表 4.4.3 に示すとおりであり、評価シート中の小項目の結果を考慮して評価を行った。

評価シートの主要 4 項目を構成する、I.水理的安定性、II.構造的安定性、III. 運用の容易性（O&M）、IV．環境・社会配慮面は、合計 13 項目の小項目で構成されている。これらの 13 項目は、A、B、C の 3 段階で評価され、A が最も悪く、C が良い状態である。各項目の数値の合計により、S1～S5 の評価を決定する（表 4.4.2 参照、13 項目の小項目を青点線で囲む）。

※ 例えば、表 4.4.2 では、13 小項目に対する A、B、C の評価結果と総合的な状況を以下のように評価している。

表 4.4.2 の抜粋（1 段階目調査の評価シート）

I.水理学的安定性,	A/0	B/3	C/2
II.構造安定性,	A/2	B/1	C/1
III.運用容易性(O&M)	A/0	B/1	C/2
IV.環境・社会的配慮	A/0	B/1	C/0
合計	A/2	B/6	C/5

Function	Extent of priority (rating) High → Low S1 Reconstruction	S2 Rehabilitation	S3 Rehabilitation in timely or monitoring	S4 Maintain O&M with monitoring	S5 No problem
I. Hydraulic stability	both of I and II each A nos. ≧ 2	either of I or II 1 ≦ A nos. ≦ 2	both of I and II each B nos. ≧ 1	either of I or II B nos. ≧ 1	All of C
II. Structural stability					
III. Usability (O&M)	either of A or B nos. ≧ 1	either of A or B nos. ≧ 1	either of B or C nos. ≧ 1	either of B or C nos. ≧ 1	
IV. Social conditions	B or C	B or C	B or C	B or C	

総合評価：S2

出典：JICA 調査団

表 4.4.1　データシート（調整堰の例）

Data Sheet	Regulator		No-XX
1. Name	XXXregulator	2. Construction Year	2010
3. Type --Select from as follow item-- (Intake, Regulator, Tail escape)			*Regulator*
4. Canal's name	Bahr Youssef	5. Structure Location from intake (km)	77.600
6. Coordinate	E: 30°41'25"	N: 27°59'44"	※Google map
7. Service Area (feddan)		8. Max discharge (m^3/day) or (m^3/s)	
9. Material of the structure / Wood, Brick, Stone, Steal, Other			*concrete*
10. Question and Dimension the structure (If no information at any, please write "N")			
1) Gate Height (m)			N
2) Gate Width (m)			4.00
3) Number of Vent			4.00
4) Up stream water depth(m)			N
5) Down stream water depth(m)			N
6) Water gauge nearby structure/ yes or no			yes
7) Gate type / Wood, Steal, Others, Nothing			*Steel*
8) Structure maintenace by who?			*Irrigation directorate*
9) Please write remarks, if any			
15. Picture	Front	Top	Side or Behind

出典：JICA 調査団

表 4.4.2　1 段階目調査に関する評価シート（調整堰の例）

Evaluation Sheet

Reference Number of the structure or facility	M1	Location of the structure or facility	XXX canal
Type of Structure or facility	Regulator	Name of the structure or facility	XXXX Regulator

ITEMS	Rank : A	Rank : B	Rank : C	Selection of Rank
I. Hydraulic stability				
1 Secure of water level	so hard to keep water level	difficult to keep water level	not difficult or keep water properly	B
2 Fair discharge volume/ Water deliverability	so hard to be fair water	difficult to be fair water	not difficult or discharge fair water properly	B
3 Water leakage	too much vol.	much vol.	not so much	B
4 Sedimentation around the structure	--------	much vol.	not so much	C
5 Condition around the structure	--------	obstruction much vol.	obstruction not so much	C
II. Structural stability				
6 Extent of structural aging	old age (more than 50years)	medium age (20~50years)	new (within 20years)	B
7 Crack or scouring of part on structure	many	not so many	few or no	A
8 Deformation of the structure or mechanical facility or steel material	much deformation	medium deformation	little or no	C
9 Damage of the mechanical facility or steel material	much damage or nonfunctional	medium damage or still functional	little or functional	A
III. Usability: O&M				
10 Problem of Operation	Fatal problem (not working all etc.)	some problem (not working some etc.)	few or no problem	C
11 Ease of maintenance works	--------	difficult	easy	B
12 Cost for maintenance at present	--------	high	reasonable	C
IV. Social conditions				
13 Condition of the surround area	--------	density area or main road	not so density area	B
Remarks, if any				

Evaluation

Items	Number of "A"	Number of "B"	Number of "C"
I. Hydraulic stability	0	3	2
II. Structural stability	2	1	1
III. Usability: O&M	0	1	2
IV. Social conditions	0	1	0
Sub-total	2	6	5
Comprehensive evaluation	S2		

表 4.4.3　S1～S5 の総合評価に関する判定基準

機能 ＼ 優先度（レーティング）の度合い 高→低	S1 再建設	S2 補修	S3 今後、適時に補修、またはモニタリング継続	S4 モニタリングしながら維持管理継続	S5 問題なし
I.水理学的安定性 II.構造的安定性	I. と II.両方の A の数が、A nos. ≧ 2	I. または II.のいずれかの A の数が、1 ≦A nos.≦ 2	I. と II.両方の B の数が、B nos. ≧ 1	I. または II.のいずれかの B の数が、B nos. ≧ 1	全て C 評価
III. 運用容易性（O&M）	A または B のどちらかの数が、A or B nos.≧1	A または B のどちらかの数が、A or B nos.≧1	B または C のどちらかの数が、B or C nos.≧1	B または C のどちらかの数が、B or C nos.≧1	
IV.環境・社会配慮	B または C 評価	B または C 評価	B または C 評価	B または C 評価	

出典：JICA 調査団

2）調査対象地区の施設インベントリー

1段階目の調査では、3優先地区内およびBahr Yusef基幹水路とIbrahimia基幹水路上に設置されているすべての施設を対象としている。調査地区は広範囲に広がることから、全8つに区分して調査を進めた。Aros & Abo Seerを2地区に分割、Abo Shoshaは1地区のみ、Kased地区は3地区に分割した（取水口からMahlet Menouf調整堰までをU/S、Mahlet Menouf調整堰からKased幹線水路の終点までをM/D、Rowena支線水路をD/S）。そして、Bahr Yusef基幹水路とIbrahimia基幹水路の2つをあわせて計8つに区分した。現地調査の結果、合計560箇所の灌漑施設が確認され、これらの機能につき評価を行った（表4.4.4参照）。

表4.4.4　灌漑施設のインベントリー

	Fayoum		BeniSuef	Kased (Ghalbi/Kafr El-Sheikh)			Bahr Yusef	Ibrahimia	sum
	AboSeer	Aros	AboShosha	Kased_US	Kased_MD	Kased_DS			
(canal) Intake	14	36	43	36	2	12	36	122	301
Regulator	0	0	15	18	4	6	5	10	58
Aqueduct	4	0	1	3	0	7	0	0	15
Siphon	0	0	1	0	0	1	0	0	2
Weir	3	31	1	0	0	0	0	0	35
Tail escape	0	0	6	17	0	5	0	3	31
Culvert	0	8	48	24	0	6	0	1	87
Box Culvert	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Pump	2	2	3	2	0	0	21	0	30
sum	23	77	119	100	6	37	62	136	**560**

出典：JICA調査団

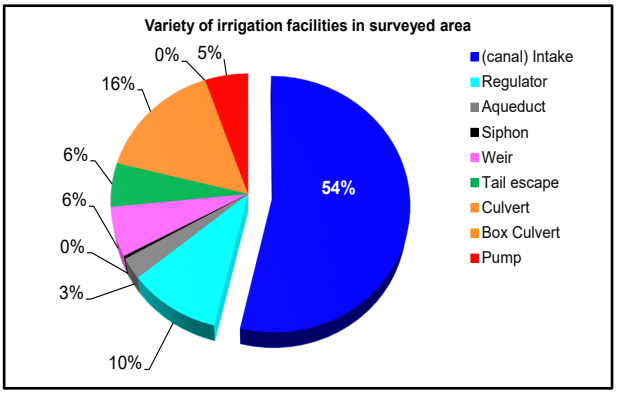


図4.4.2　各施設数の割合
出典：JICA調査団

図4.4.2に各タイプに応じた施設数の割合を示すが、取水施設が54%と最も多く、次いでカルバート（ボックスカルバート）16%、調節調整堰10%の順であった。図4.4.3から、以下のような特徴があることがわかる。

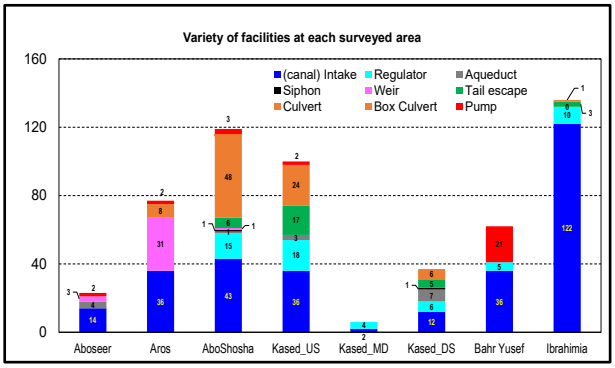


図4.4.3　各地区の施設数
出典：JICA調査団

- ✓ Fayoum県のAros & Abo Seer地区（13,330 feddan）は、Lahoun調整堰からQarun湖まで約30 m低下する地形上に位置していることから、固定調整堰（Weir：落差工）により、水のエネルギーを効率よく軽減し緩やかに送水していることが判る（特に、Aros地区）。

- ✓ Abo Shosha地区では、受益面積は17,881 feddanであるが、取水施設の数が多く、灌漑ネットワークがよく整備されていると思われる。また、同地域には様々な種類の灌漑施設があるが、これはKased地区も同様の傾向を示している。

- ✓ Kased地区の受益面積は95,976 feddanであり、3つの優先地区において最も面積が大きい。Abo Shosha地区の約5倍の面積を有しているが、他方で施設数はAbo Shosha地区の約1.6倍にすぎない。したがい、Kased地区は、地区内の施設の配置が十分ではない可能性もあり、灌漑用水の適期の配水に困難を生じている可能性がある。

- ✓ Bahr Yusef基幹水路とIbrahimia基幹水路沿い灌漑施設の数には、明確な開きがあり、Ibrahimia基幹水路沿いの施設数は、Bahr Yusefの約2倍を上回っている。これは、Ibrahimia掛かりの方がBahr Yusef掛かりよりも先行して開発・投資が進んだ結果と思われる。また、Bahr Yusef基幹水路沿いには、ポンプが相当数設置されているが、特にBahr Yusef水路の西側は、標高

の高い地形となっていることから、ポンプを利用した灌漑が必要となっている。

3）1 段階目調査による施設の評価

3.1）格付け評価の概要

施設の機能性を表す S1～S5（対策の優先順位が最も高い S1～必要性が最も低い S5）の評価方法に基づき、全体の評価結果の傾向、すなわち優先順位付けの結果を図 4.4.4 にまとめる。調査対象地区では、S1（7%）と S2（41%）の施設が全体の約半数を占めており、調査対象地区の施設の半数は、大きな補修や再建、またはある程度の補修が必要であることがわかる。

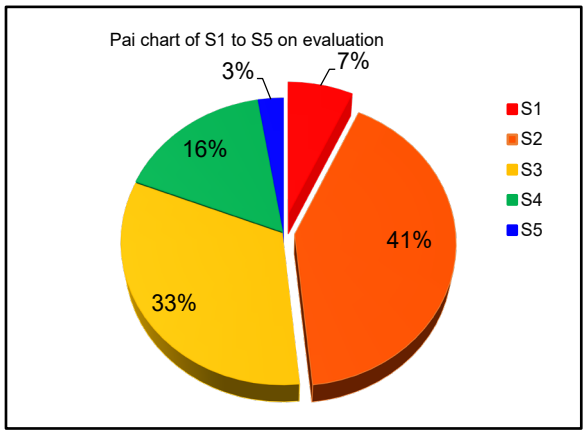


図 4.4.4　各施設評価の分布割合
出典：JICA 調査団

その他の施設、すなわち S3 から S5 と評価された施設は、補修の必要性は含むが優先度は低い。なお、S3 と評価された施設は 33%を占めており、適切な補修や修繕を適時に行う必要があるため、定期的なモニタリング活動が必要である。

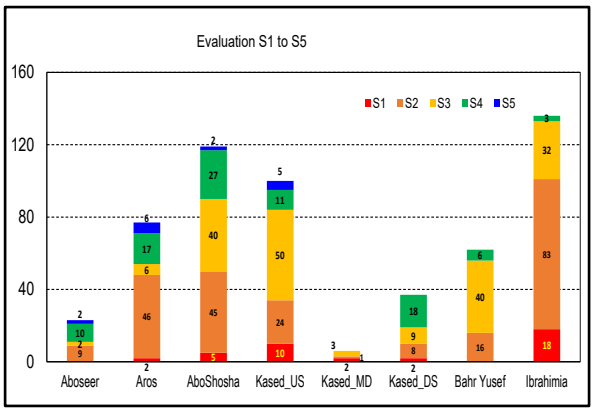
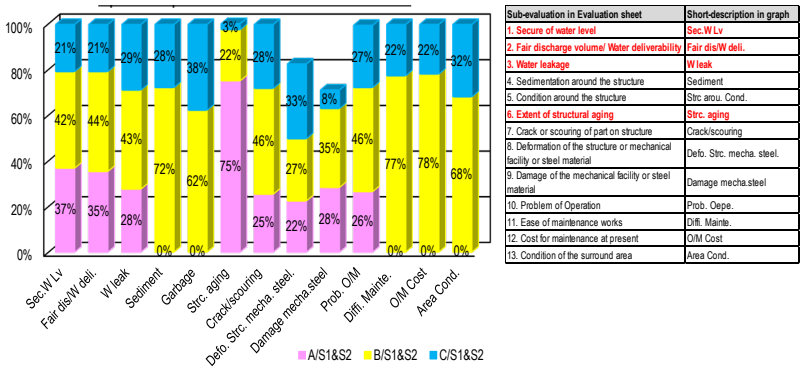


図 4.4.5　各地区の評価分布
出典：JICA 調査団

図 4.4.5 に、調査地区別の S1～S5 の評価結果の分布を示す。S1 と評価された施設は、Aros 地区(2)、Abo Shosha 地区(5)、Kased_U/S 地区(10)、Kased_M/D 地区(2)、Kased_D/S 地区(2)、Ibrahimia 地区(18)からなる合計 39 件である。これら S1 と評価された施設の中では取水口が最も多いが、S1 の全施設（39）のうち、24 取水口が S1 と評価されている。Ibrahimia 基幹水路沿いには S1 評価の取水口が 14 個あり、S1 施設のほぼ半分が Ibrahimia 基幹水路沿いで確認されている。S2 と評価された施設は、取水口、調節調整堰、水路、サイフォン、固定調整堰（落差工）、末端放水工、カルバート（ボックスカルバート）、ポンプがあるが、S2 に評価された施設の大部分は取水口であり（S1 と同様の傾向）、136 個の取水口が S2 として評価されたことになる。

3.2）各施設における具体的な評価

「評価シート」の 13 項目からなる小項目の評価では、どの問題が深刻なのかといった施設の具体的な状況を A、B、C のランク分けから把握することができる。図 4.4.6 では、S1、S2 評価の施設に着目して、具体的な問題点を項目ごとにまとめ、各項目にかかる説明を右側の凡例で示してい



Sub-evaluation in Evaluation sheet	Short-description in graph
1. Secure of water level	Sec.W Lv
2. Fair discharge volume/ Water deliverability	Fair dis/W deli.
3. Water leakage	W leak
4. Sedimentation around the structure	Sediment
5. Condition around the structure	Strc arou. Cond.
6. Extent of structural aging	Strc. aging
7. Crack or scouring of part on structure	Crack/scouring
8. Deformation of the structure or mechanical facility or steel material	Defo. Strc. mecha. steel.
9. Damage of the mechanical facility or steel material	Damage mecha.steel
10. Problem of Operation	Prob. Oepe.
11. Ease of maintenance works	Diffi. Mainte.
12. Cost for maintenance at present	O/M Cost.
13. Condition of the surround area	Area Cond.

図 4.4.6　問題別 S1、S2 評価施設の状況
出典：JICA 調査団

る。A ランク（図 4.4.6 ではピンク色）の機能に着目すると、最も多い問題は「構造の老朽化」であり、その他に「水位の確保が問題」、「公正な配水・送水能力が問題」、「漏水」などが取り上げられている。

3.3）1 段階目調査の結果と 2 段階目調査への展開

1 段階目の構造物調査結果より、S1 の施設は水理機能を回復させるために最も優先的に再建されるべきであり、調査対象の灌漑施設 560 のうち 39 施設、7%を占めていることが判った。また、S2 の施設は、2 番目に高い優先度であり、概ね補修によって対応可能であるが、これは灌漑施設の 41%、すなわち 560 施設中、232 施設である。

1 段階目の調査は、機能面に注目した評価を行っている。すなわち、第 1 段階調査の評価結果に基づき、どのような内容・数量で具体的な再建・補修を行うべきかについては、さらなる調査が必要となる。そのため、S1 および S2 と評価された施設について、再建・補修の具体的な方策を明らかにするため、別途に作成した調査票を用いて、第 2 段階の構造物調査を実施する。

4.4.3 2 段階目の構造物調査（S1 および S2 施設に関する調査）

1 段階目の構造物調査を通じて、560 の水利施設が目視調査され、S1、S2、S3、S4、S5 の 5 つの評価カテゴリーにランク付けされた。ランク付けは、主に施設の機能の良し悪しの観点から行い、S1 が最も悪く、S5 は必要な機能を備えていることを確認した。この機能に焦点を当てた調査に続いて、2 段階目の調査を行なうこととした。

2 段階目の調査では、S1 と S2 にランクされた施設の各部分の物理的な劣化の程度に注目する。前述したように，S1 は劣化が激しいために機能性が最も低く，再建が必要と思われる。S2 の施設も同様に機能性は低く、S1 の施設ほどではないが、大規模な補修が必要となる可能性がある。S3、S4、S5 の施設については、軽微な修理やリハビリを必要とするか、または対策不要であるため、2 段階目の調査では対象外とする。

1）2 段階目調査の方法

2 段階目の調査に先立ち、1 段階目の調査で S1 と S2 に評価された全ての水利施設の評価結果をまとめた表を作成した。この表は、MWRI 本局の関係者、また対象とする各県の Undersecretary や General Director を含む各部局の管理者に提示され、以下のような確認を行った。

- ✓ S1 と S2 の施設について、将来起こりうる対策を念頭に、S1 評価施設は再建が必要であり、S2 評価施設は大規模な補修が必要であることの確認。
- ✓ 現在設置されていないが、灌漑を適切に行なうために、水管理などの観点から新設が必要な施設。例えば、水位調節に困難を生じている場合の追加での調節調整堰等の必要性。

関係者に確認したところ、S1 の構造物の中には、例えば、ゲートはすべて取り替えるが、施設躯体は強固であるため、躯体をすべて取り替えない方が良い、すなわち S2 評価とすべきとの提案もあった。また、適期の送水・配水を実現するために必要な追加施設も提案された。

2 段階目の構造物調査では、MWRI が使用している構造物調査票を参考に、1 段階目で使用した調査票とは別の調査票を作成した。このシートは主に 2 つのパートで構成されており、1）構造・躯体の状態の評価、2）ゲートなどの機械部分の状態の評価、となっている。また、2 つのパートはそれぞれ、特定の観察ポイントに焦点を当てた 5 つの項目に細分化した。下表のように、躯体

部分とゲートなどの機械部分を、各々、5 つの項目で点数化して総合評価した。

下表のように、構造物本体を 5 項目ごとに採点して総合評価を行い、門扉などの金属部品も同様に 5 項目ごとに採点して総合評価を行う。調査した構造物はすべてチェックポイントに従って採点し、MWRI で使用している調査フォーマットと同じ 100 点満点で評価した。

表 4.4.5　2 段階目調査の評価シート（調整堰の例）

Evaluation Sheet (1/2)

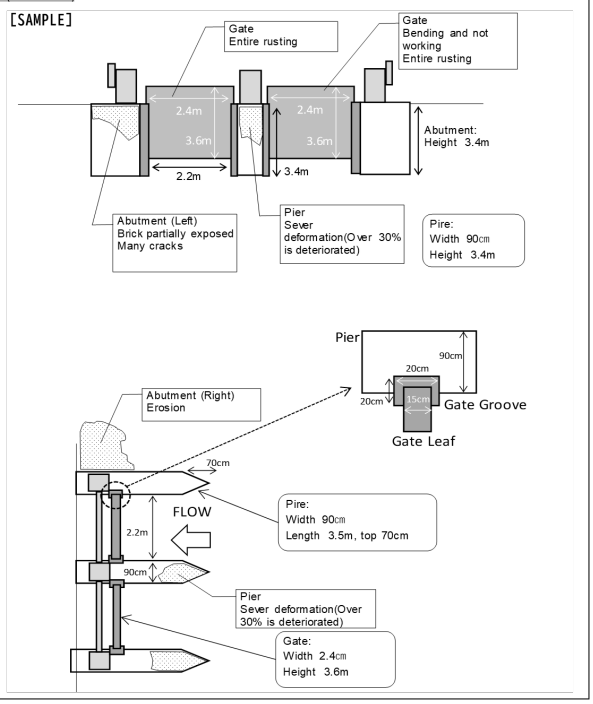
Reference Number of the structure or facility	M1	Location of the structure or facility	XXX canal
Type of structure or facility	Regulator	Name of the structure or facility	XXXX Regulator
Constructed year	19XX	Directorate/ Governorate	XXXX xxxx

ITEMS	Check point	Mark evaluation				Rating
I. Structural status						
1 Pier	Extent of deformation or harmful cracks. Particularly bottom or joint block of pier should be carefully inspected	1: 10	2: -	3: -	4: -	
Abutment	Extent of deformation or harmful cracks. Particularly bottom or joint block of pier should be careful inspected	Left: 10		Right: 10		30/30
2 Foundation/Apron	Extent of scouring or erosion on the surface as well as canal bed nearby	5				5/5
3 Entire body	Extent of settlement	5				5/5
4 Retaining wall (on the canal slope protection)	Extent of deformation, harmful cracks or damage at joint section	5				5/5
5 Maintenance or road bridge on regulator	Extent of deformation or harmful cracks. Particularly center of vents or joint block should be carefully inspected	5				5/5
Comments	There are many collapses. Bricks are exposed. Severely deteriorated.					50/50
II. Mechanical status		1	2	3	4	
6 Gate leaf	Extent of deformation or corrosion/ Extent of structural damages	10	10	-	-	10/10
7 Lifting device/Gear box	Extent of deformation or corrosion	10	10	-	-	10/10
8 Chain/Wire rope/ spindle	Extent of deformation or corrosion	10	10	-	-	10/10
9 Gate groove	Extent of deformation or corrosion	10	10	-	-	10/10
10 Entire soundness of gate operation	Extent of difficulty in operational performance	10	10	-	-	10/10
Comments	All gates are bending and not working. Severely deteriorated.					50/50
					Total	100/100
III. Interview to operator and others						
11 Regular maintenance	Once a year.					
12 Condition of the surround area						
13 Remarks if any						
IV. Entire Assessment / Optimal measure for facility						
Gates and the body should be all replaced.						

Evaluation Sheet (2/2)

Reference Number of the structure or facility	M1	Location of the structure or facility	XXX canal
Type of Structure or facility	Regulator/Intake	Name of the structure or facility	XXXX Regulator
Constructed year	19XX	Directorate/ Governorate	XXXX xxxx

Sketch (Main structures)



出典：JICA 調査団(MWRI の調査票をもとに修正)

上記の調査票をもとに、JICA 調査団および関係省庁の技術者で構成されるグループが、S1、S2 構造物がある場所、灌漑局から新規構造物の提案があった場所を訪問した。劣化や損傷の度合いを目視で確認するとともに、振動などの現状を現場担当者に聞取りを行なった。これらの情報をもとに、シートに記載された部位・項目ごとに点数を決定した。

また，構造物や損傷・劣化の激しい部分については，簡単な寸法測定とスケッチを行った。これらは、構造物の再建設や大規模な修復の計画、次の基本設計のステップに進むための参考資料となる。さらに、JICA 調査団とともに協働した関係者の経験に基づき、全改修（更新）や大規模改修のための概算費用を聞きとり、今後の積算作業の参考資料とした。

2）施設の再評価

2 段階目の調査では、1 段階目の調査で S1 と S2 に分類された施設を、躯体部分と機械部分の採点結果に基づき、建設年や施設の築年数を考慮して、再評価を行った。再建が必要な施設は S1、大規模な改修が必要な施設は S2 に分類することとした。スコアは、70 点以上を S1、50～69 点を S2 とし、S1、S2 評価に該当する施設の例を以下に示す。

✓　評価 S1 の施設の場合：施設の主要部分が崩壊し、既に機能を喪失している、または、現在使用されていても老朽化により近い将来機能を喪失すると思われるもの（例：調整堰柱が崩壊

している調整堰等）

✓ 評価 S2 の施設の場合：構造物の一部が崩壊したり、劣化が激しい（劣化や経年劣化によりゲートが消失したり、操作が困難になるなど）ため、部分的に交換が必要な場合

上記の S1 と S2 のランク付けでは、施設の主要部分、すなわち躯体と機械部分に分けて、劣化や損傷に対する必要な対策を計画することになる。例えば、躯体部 20/50 点、機械部 40/50 点の場合、合計 60 点となり、S2 評価に分類される。この場合、躯体の劣化はそれほどでもないが、ゲートの損傷が激しいので、軽微な躯体の補修を伴い、ゲートを交換するといった対策になると思われる。

上記の評価方法および現場技術者との協議を通じて、再評価を行った。結果、当初は S1 または S2 と評価されていたものの、これらのグループから除外されたり、1 段階目調査で S2 と評価された構造物について、劣化や損傷の程度を考慮し、S1 評価に分類されたものがある。表 4.4.6、図 4.4.7 および図 4.4.8 は、2 段階目の調査で再評価された S1 および S2 評価施設を、施設の種類と地区ごとにまとめている。

✓ S1 評価の施設は 41、S2 評価の施設は 144 となり、再建や大規模な改修を必要とする施設は合計 185 となった。基幹幹線水路では、Ibrahimia 水路沿いに再建または大規模な補修を必要とする施設が多く、Bahr Yusef 水路掛かりでは S2 評価施設が 9 箇所、S1 評価施設はゼロであることがわかった。S1 と S2 を合わせると、各優先地区別では、Kased 地区が最も多く、対策が必要な施設を抱えていることがわかる。

✓ 施設種類の分類では、多くの取水口が S1 と S2 に分類され、それぞれ 54%と 77%を占めている。取水口に続いて、S1 施設全体では調整堰が 15%、末端放水工が 15%、さらに固定調整堰（落差工）が 10%である。S2 評価のものでは、調整堰が 13%、末端放水工が 6%を占めている。

表 4.4.6 S1 と S2 で再評価された施設（受益地・施設種類別）

Area	Rank	Regulator	Intake	Weir	Culvert	Aqueduct	Pump	Siphon	Tail escape	Total
Abo Shosha	S1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	S2	3	16	0	0	0	0	0	5	24
Aros & Abo Seer	S1	0	7	3	0	0	0	0	0	10
	S2	0	0	2	0	0	0	0	0	3
Kased	S1	3	5	0	1	2	0	0	4	15
	S2	12	8	0	0	0	0	0	2	22
Bahr Yusef	S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S2	0	5	0	0	0	4	0	0	9
Ibrahimia	S1	3	9	1	0	0	0	0	2	15
	S2	3	82	0	0	0	0	0	1	86
Total	S1	6	22	4	1	2	0	0	6	41
	S2	18	111	3	0	0	4	0	8	144

出典：JICA 調査団(灌漑局/県技術者との現地調査)

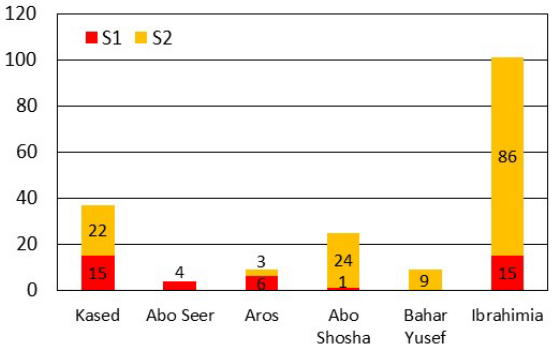


図 4.4.7　S1 と S2 の施設数
出典：JICA 調査団

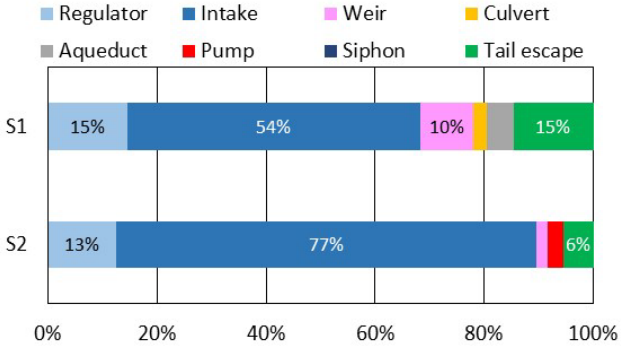


図 4.4.8　S1 と S2 評価にかかる施設の種類別の割合
出典：JICA 調査団

3）ID 本局による最終的な S1 構造物と S2 構造物

灌漑局（ID）は、上記の JICA 調査団と現場事務所職員による調査結果を受け、再度、最終的な S1 構造物と S2 構造物について本局にて検討を行った。その際、特に小型の構造物については MWRI 予算で実施することが望ましいこと、また、現時点で構造物は存在しないが追加で必要とされるもの等が考慮された（例えば Kased 取水工）。表 4.4.7 は JICA 調査団と現地事務所が特定した構造物数と最終的な数量の比較、また、表 4.4.8 および表 4.4.9 が各々S1 構造物と S2 構造物を地区別に示したものである。

表 4.4.7 および表 4.4.8 を参照すると、Kased 地区においては、3 つの S1 構造物が特定されているが、これは Kased 取水工（新規）、Mahlet Menouf 調整堰（更新）および Sorad 調整堰（更新）である。これらは、いずれも大型水理構造物の新規建設となることから、前述の 4.4 大型水理構造物の建設（コンポーネント 1）にて当該構造物にかかる基本設計を行っている。

表 4.4.7　現地で確認された S1 および S2 構造物数、および灌漑局による最終的な数量

Category	From Field		ID HQs Finalization		Difference		Remarks
Evaluation (S1/S2)	S1	S2	S1	S2	S1	S2	
Aros	4	3	4	3	0	0	
Abo Seer	6	0	7	0	1	0	
Abo Shosha	1	24	1	24	0	0	
Kased	15	22	3 (0)*	1	-12	-21	
Bahr Yusef	0	9	0	5	0	-4	
Ibrahimia	15	86	7	80	-8	-6	
Total	41	144	22 (19)*	113	-19	-31	

＊/ Kased 取水工（新規）、Mahlet Menouf 調整堰（更新）および Sorad 調整堰（更新）を示している。これらは、大型水理構造物の新規建設となる。カッコ内は当該 3 つの大型構造物を除いた数量である。
出典：JICA 調査団、MWRI ID 本局

表 4.4.8　S1 に評価された構造物（地区別に整理）

No.	Ref. No.	Structure Type	Location	Structure Name	Survey Score			Measures
					Body	Gate	Total	
Abo Seer (Fayoum)								
1	S1-AA-1	Intake	km 0.00	Abo Seer intake	50	35	85	All replacement (including the road)
2	S1-AA-2	Intake	km 1.754	Omar Bek intake	35	35	70	All replacement.
3	S1-AA-3	Intake	km 1.755	Bahr El Kashef intake	35	-	70	All replacement.
4	S1-AA-4	Weir	km.1756	Bahr El Kashef Weir	35	35	70	All replacement.
Aros (Fayoum)								
1	S1-AA-5	Intake	km 5.666	El Maasra intake	35	-	70	All replacement.
2	S1-AA-6	Weir	km 5.674	Defno Weir	35	-	70	All replacement.
3	S1-AA-7	Intake	km 5.671	El Swafna intake	35	-	70	All replacement.
4	S1-AA-8	Weir	km 5.674	El Barq Weir	35	-	70	All replacement.
5	S1-AA-9	Intake	km 1.277	Khamas sawaki (5 wheels)	50	50	100	All replacement (re-install water wheels)

No.	Ref. No.	Structure Type	Location	Structure Name	Survey Score			Measures
					Body	Gate	Total	
6	S1-AA-10	Intake	km 1.745	Talat Sawaki (2 wheels)	50	50	100	All replacement (re-install water wheels)
7	S1-AA-11	Screen		Bahr Yusef trash screen	Added by ID			Newly construction with electrical system, at the upstream of Lahoun regulator.
Abo Shosha (Beni Suef)								
1	S1-AS-1	Intake	km 215.00 IB Canal LHS	Abo Shosha intake	45	40	85	Replace the upstream part.
Kased (Gharbia)								
1*	S1-KA-1	Regulator	km 22.000	Sorad cross Regulator *	47	25	72	All replacement (to be studied with structural test)
2*	S1-KA-2	Regulator	km 12.000	Mahlet Menouf Regulator *	44	50	94	All replacement (with electric system).
3*	S1-KA-3	Intake	-	Kased intake *				New construction at the intake point
Ibrahimia (Beni Suef)								
1	S1-IB-1	Intake	229.700 RHS	Intake of Ahmed Pashe El Bahria	30	50	80	Replace the body & gate (incl. edge & upper layers of the conduit).
2	S1-IB-2	Tail Escape	249.175	Tail escape of El Saida	38.5	33	71.5	Replace the upstream part (with electrical system).
3	S1-IB-3	Weir	273.237	Bani Hader Weir	38.5	50	88.5	All replacement.
4	S1-IB-4	Tail Escape	279.16	El Zawia Tail Escape	35	35	70	Replace the upstream part.
5	S1-IB-5	Tail escape	-	El Fent Canal tail escape	added by ID			Newly construction.
Ibrahimia (Minya)								
1	S1-IB-6	Intake	113.35	Intake of Kom El Zoheir (Right)	40	46	86	Replace the upstream part.
2	S1-IB-7	Intake	114.325 LHS	Intake of Kom El Zoheir (Left)	40	46	86	Replace the upstream part.

*/これらは、大型水理構造物の新規建設となるため、コンポーネント 1 として別途に基本設計を行っている（4.3 大型水理構造物の建設（コンポーネント 1）参照）。
出典：JICA 調査団、灌漑局/県技術者との現地調査、MWRI ID 本局による最終化

表 4.4.9 S2 に評価された構造物（地区別に整理）

No.	Ref. No.	Structure Type	Location	Structure Name	Survey Score			Measures
					Body	Gate	Total	
Aros (Fayoum)								
1	S2-AA-1	Weir	km 0.00	Abo El Meer Weir	25	-	50	Rehabilitate the surface of the body.
2	S2-AA-2	Weir	km 9.612	Weir of Bahr Elo Ghaba intake	25	-	50	Rehabilitate the surface of the body.
3	S2-AA-3	Weir	km 9.612	Weir of Bahr Itsa El Qebly	25	-	50	Rehabilitate the surface of the body.
Abo Shosha (Fayoum)								
1	S2-AS-1	Intake	km 6.480	Intake of branch - 3 of Abo Shosha	20	30	50	Replace the gate component.
2	S2-AS-2	Intake	8.812=RHS	Branch talt intake	25	42	67	Replace the gate component.
3	S2-AS-3	Intake	km 8.850 LHS	Intake of Shawky branch	20	30	50	Replace the gate component.
4	S2-AS-4	Intake	9.32	Intake of Hanna branch	20	30	50	Replace the gate component.
5	S2-AS-5	Intake	km 10.800	Intake of Tawfik branch	20	30	50	Replace the gate component.
6	S2-AS-6	Regulator	km 12.440	El Qoliaa regulator	20	30	50	Replace the gate component.
7	S2-AS-7	Intake	km 15.435	MAZORA INTAKE	20	30	50	Replace the gate component.
8	S2-AS-8	Intake	km 17.230	Intake of Nosir branch	20	30	50	Replace the gate component.
9	S2-AS-9	Intake	km 18.500	Intake of Belany branch	25	40	65	Replace the gate component.
10	S2-AS-10	Regulator	km 18.510	El - Sheikh Abed regulator	20	30	50	Replace the gate component.
11	S2-AS-11	Intake	km 22.590 RHS	El Sheikh Abed intake	20	30	50	Replace the gate component.
12	S2-AS-12	Tail Escape	km 23.300	El Beweb Tail Escape	25	40	65	Replace the gate component.
13	S2-AS-13	Intake	km 25.610	Intake of Branch - 1 of Abo Shosha	25	40	65	Replace the gate component.
14	S2-AS-14	Regulator	km 27.400	Dashtout cross regulator	20	30	50	Replace the gate component.
15	S2-AS-15	Tail Escape	km 27.460	DASHTOOT TAIL ESCAPE	25	40	65	Replace the gate component.
16	S2-AS-16	Intake	km 28.820	Intake of Dashtout	20	30	50	Replace the gate component.
17	S2-AS-17	Intake	0	Intake of branch 1 Sheikh Abed	20	30	50	Replace the gate component.
18	S2-AS-18	Intake	0	Intake of Branch 1 of Talt	25	40	65	Replace the gate component.
19	S2-AS-19	Intake	0.00 Branch 2 Talt	Intake of branch 2 Talt	25	40	65	Replace the gate component.
20	S2-AS-20	Intake	0.00 Selim El Mostagadda	Selim El Mostagadda intake	25	40	65	Replace the gate component.
21	S2-AS-21	Intake	0.00 Selim	Selim intake	20	30	50	Replace the gate component.
22	S2-AS-22	Tail Escape	3.032 Selim	Selim Tail Escape	25	40	65	Replace the gate component.
23	S2-AS-23	Tail Escape	2.9	Aref Mesqa Tail Escape	30	38	68	Replace the gate component.
24	S2-AS-24	Tail Escape	2.7	Saft El Arfa Tail Escape	25	40	65	Replace the gate component.
Kased (Gharbia)								
1	S2-KA-1	Regulator	km 7.160	Tanta Cross Regulator	34.25	25	59	Replace the gate component (with electrical system).
Bahr Yusef (Beni Suef)								
1	S2-BY-1	Intake	229	Qoftan Intake	0	0	0	Replace the gate component.

No.	Ref. No.	Structure Type	Location	Structure Name	Survey Score			Measures
					Body	Gate	Total	
2	S2-BY-2	Intake	264	Al Osra Intake	0	0	0	Replace the gate component.
3	S2-BY-3	Intake	265.5	Meiana Intake	0	0	0	Replace the gate component.
Bahr Yusef (Minya)								
1	S2-BY-4	Intake	177	Bahnsa El Qebly Intake	20	30	50	Replace the gate component.
2	S2-BY-5	Intake	-	Manshet Dahab, Saba, Hareka	added by ID			Replace the gate component
Ibrahimia (Beni Suef)								
1	S2-IB-1	Intake	195.200 LHS	Intake besie Bahri bridge	25	40	65	Replace the gate component.
2	S2-IB-2	Intake	200.100 LHS	El Fahnia intake	25	40	65	Replace the gate component.
3	S2-IB-3	Intake	203.760 LHS	El Fashnia El Qeblia intake	25	40	65	Replace the gate component.
4	S2-IB-4	Intake	208.700 LHS	Middle Fashnia intake	25	40	65	Replace the gate component.
5	S2-IB-5	Intake	212.00 LHS	El Fashnia El Bahria intake	25	40	65	Replace the gate component.
6	S2-IB-6	Intake	213.000 RHS	Al Abaadia intake	25	40	65	Replace the gate component.
7	S2-IB-7	Intake	215.460 LHS	Intake of gannabeit Abo Shosha -Yosna	25	40	65	Replace the gate component.
8	S2-IB-8	Intake	215.480 LHS	Intake of gannabeit Abo Shosha - Yomna	25	40	65	Replace the gate component.
9	S2-IB-9	Intake	216.400 RHS	El Shrahna intake	25	40	65	Replace the gate component.
10	S2-IB-10	Intake	217.732 LHS	Absoog El Qeblia intake	25	40	65	Replace the gate component.
11	S2-IB-11	Intake	217.750 LHS	El Soultany intake	25	40	65	Replace the gate component (with electrical system).
12	S2-IB-12	Intake	217.794	Intakeof El Shrahna el qeblia	25	42	67	Replace the gate component.
13	S2-IB-13	Intake	217.776 LHS	Ahmed Pash El Qeblia intake	25	36	61	Replace the gate component.
14	S2-IB-14	Tail Escape	217.800 LHS	Shrahna Tail escape	15	40	55	Replace the gate component (with electrical system).
15	S2-IB-15	Regulator	217.95	El Shrahna regulator	25	40	65	Replace the gate component.
16	S2-IB-16	Intake	223.500 LHS	Gannabeit El Shrahna intake	25	40	65	Replace the gate component.
17	S2-IB-17	Intake	225.010 LHS	Middle Ahmed Pasha intake	25	40	65	Replace the gate component.
18	S2-IB-18	Intake	229.530 RHS	El Shrahna El Bahria intake	25	40	65	Replace the gate component.
19	S2-IB-19	Intake	237	Abo Romh intake	25	44	69	Replace the gate component.
20	S2-IB-20	Intake	238.800 RHS	El Magroofa El Gharbia intake	25	40	65	Replace the gate component.
21	S2-IB-21	Intake	238.850 LHS	Intake of Gannabeit Tensa - left	25	40	65	Replace the gate component.
22	S2-IB-22	Intake	238.853 LHS	Intake of Tensa connection	25	40	65	Replace the gate component (with electrical system).
23	S2-IB-23	Intake	238.858 LHS	Intake of gannabeit Tensa - right	25	40	65	Replace the gate component.
24	S2-IB-24	Intake	238.860 LHS	Intake of right branch of Tensa	25	40	65	Replace the gate component.
25	S2-IB-25	Intake	244.850 RHS	Intake of Tazmant - right	25	40	65	Replace the gate component.
26	S2-IB-26	Intake	244.850 LHS	Intake of Sheikh Haroun	25	40	65	Replace the gate component.
27	S2-IB-27	Intake	245.550 RHS	Nasrt Qebly intake	25	40	65	Replace the gate component.
28	S2-IB-28	Intake	247.800 LHS	Intake of El Sahhara Ahnasia	25	40	65	Replace the gate component.
29	S2-IB-29	Intake	247.800 RHS	Intake of new Beni Suef	25	40	65	Replace the gate component.
30	S2-IB-30	Intake	248.100 LHS	Aseer intake	25	40	65	Replace the gate component.
31	S2-IB-31	Intake	249.100 LHS	Intake of Al Azhary water	15	45	60	Replace the gate component.
32	S2-IB-32	Intake	251 RHS	El Sahhara intake	25	43	68	Replace the gate component.
33	S2-IB-33	Regulator	252.4	El Geneidy regulator	17	40	57	Replace the gate component (with electrical system).
34	S2-IB-34	Intake	258.000 LHS	Boosh intake	25	40	65	Replace the gate component.
35	S2-IB-35	Intake	262.800 LHS	El Zeitoon intake	25	40	65	Replace the gate component.
36	S2-IB-36	Intake	263.800 RHS	Intake of Ashmant El Qeblia	25	40	65	Replace the gate component.
37	S2-IB-37	Intake	263.985 LHS	Intake of Gannabeit El Mansour	25	40	65	Replace the gate component.
38	S2-IB-38	Intake	264.000 LHS	Intake of Mansour	25	40	65	Replace the gate component.
39	S2-IB-39	Intake	264.015 LHS	Intake of the right Gannabit El Mansour	25	40	65	Replace the gate component.
40	S2-IB-40	Regulator	264.045	Ashmant Regulator	16	44	60	Replace the gate component (with electric system).
41	S2-IB-41	Intake	264.650 LHS	Intake of Gannabeit bny Odai	20	30	50	Replace the gate component.
42	S2-IB-42	Intake	267.400 LHS	Intake of new Gannabeit Qashasha	20	30	50	Replace the gate component.
43	S2-IB-43	Intake	270.060 LHS	Intake of west Gannabeit El Maimoon	25	40	65	Replace the gate component.
44	S2-IB-44	Intake	274.000 RHS	Ashmant El Baharia intake	25	40	65	Replace the gate component.
45	S2-IB-45	Intake	275.000 LHS	Middle Qashisha intake	25	40	65	Replace the gate component.
46	S2-IB-46	Intake	278	El Zawia & Abo Zeid intake	25	40	65	Replace the gate component.
47	S2-IB-47	Intake	279.080 LHS	El Masloub branch intake	25	40	65	Replace the gate component.
48	S2-IB-48	Intake	280.145 LHS	El Hooma intake	25	40	65	Replace the gate component.
49	S2-IB-49	Intake	280.160 LHS	Maidoom intake	25	40	65	Replace the gate component.
50	S2-IB-50	Intake	280.170 LHS	Afoo intake	25	40	65	Replace the gate component.
51	S2-IB-51	Intake	280.200 LHS	Intake of gannabia - 1 of Ibrahimia	25	40	65	Replace the gate component.
52	S2-IB-52	Intake	283.1	Atwab intake	25	40	65	Replace the gate component.
53	S2-IB-53	Intake	284.700 LHS	Intake of Gann 1 of Ib	25	40	65	Replace the gate component.
54	S2-IB-54	Intake	285.000 LHS	Intake of Gannabia -1 of Ibrahimia	25	40	65	Replace the gate component.
55	S2-IB-55	Intake	288.8	Intake - 2 of Gannabeit Ibrahimia	25	40	65	Replace the gate component.
Ibrahimia (Minya)								
1	S2-IB-56	Intake	85.1	El Sabein intake	25	40	65	Replace the gate component.

No.	Ref. No.	Structure Type	Location	Structure Name	Survey Score			Measures
					Body	Gate	Total	
2	S2-IB-57	Intake	92.685	Serry Pasha intake	20	35	55	Replace the gate component (with electrical system).
3	S2-IB-58	Intake	119.100 RHS	Intakeof Abo Mahdy	35	30	65	Replace the gate component.
4	S2-IB-59	Intake	122.340 RHS	Maqosa intake	25	40	65	Replace the gate component.
5	S2-IB-60	Regulator	132.15	New El Minia regulator	25	40	65	Replace the gate component (with electrical system).
6	S2-IB-61	Intake	135.225 LHS	El Bergaia intake	25	40	65	Replace the gate component.
7	S2-IB-62	Intake	138.200 LHS	Morqos Intake- Sefsafa - 2	25	40	65	Replace the gate component.
8	S2-IB-63	Intake	140.000 LHS	El Magrfa intake	25	40	65	Replace the gate component.
9	S2-IB-64	Intake	143.650 LHS	Al Hatata intake	25	40	65	Replace the gate component.
10	S2-IB-65	Intake	180.285 RHS	Abo Aseer El Qeblia intake	25	40	65	Replace the gate component.
11	S2-IB-66	Intake	186.000 LHS	El Gharabawy intake	25	40	65	Replace the gate component.
12	S2-IB-67	Intake	186.200 LHS	Aba El Sharqia intake	30	35	65	Replace the gate component.
13	S2-IB-68	Intake	187.310 LHS	Aba El Gharbia intake	25	40	65	Replace the gate component.
14	S2-IB-69	Intake	187.900 LHS	Dahrout El Qeblia intake	25	40	65	Replace the gate component.
15	S2-IB-70	Intake	189.300 RHS	Aly Fahmy intake	30	35	65	Replace the gate component.
16	S2-IB-71	Intake	189.5	Dahrout El Baharia intake	25	40	65	Replace the gate component.
17	S2-IB-72	Intake	191.160 LHS	Attalah intake	25	40	65	Replace the gate component.
18	S2-IB-73	Intake	192.300 LHS	El Gendia intake	25	40	65	Replace the gate component.
19	S2-IB-74	Intake	193.100 LHS	El Fashnia intake	25	40	65	Replace the gate component.
20	S2-IB-75	Intake	193.900 LHS	Ganbia Fashnia Intake	25	40	65	Replace the gate component.
21	S2-IB-76	Regulator	-	New Hafez, Matay, Maghagha				Electrify the gate system.
22	S2-IB-77	Intake	92.695 RHS	Hafez El Sharqia intake	48	35	83	Replace the gate component.
23	S2-IB-78	Intake	93.400 LHS	Hafez El Gharbia intake	45	40	85	Replace the gate component.
24	S2-IB-79	Intake	125.750 RHS	El Doost intake	48	35	83	Replace the gate component.
25	S2-IB-80	Intake	151.100 LHS	Samalout intake	50	25	75	Replace the gate component.

出典：JICA 調査団、灌漑局/県技術者との現地調査、MWRI ID 本局による最終化

3.1) S1 評価施設の例：Abo Seer 取水口

Bahr Yusef 基幹水路から分水する Abo Seer 幹線水路の取水施設は 1 段階目の調査と 2 段階目の調査で異なる評価となった。この施設は、1 段階目の調査では、ゲートが作動していたことと、中程度の劣化が見られたことから、S2 と評価された。しかし、施設は、当該地区の重要施設であり、老朽化による機能低下が強く懸念されるため、管轄する県灌漑局から全面的な更新が提案された。

2 段階目の調査による詳細な目視点検の結果、レンガ造りの施設は劣化が著しく、多くのひび割れや破損部分が既に部分的に崩壊し始めていることが判明した。また、ゲートもかなり劣化しており、操作が困難な状態であることが判明した。この結果、当該取水口は S1 と再評価され、躯体とゲート設備を含めて再建設が必要と判断した。



躯体部：レンガ造りの下部に損傷が見られる。



ゲート：全体的に劣化・一部変形しており、操作が非常に困難な状態。

図 4.4.9 1 段階目の調査結果 S2 から再評価された S1 施設の例（Abo Seer 取水口）

出典：JICA 調査団

3.2) S2 評価施設の例：Eknaway 取水口

Eknaway 取水口は、1 段階目の調査では S2 と評価されていた。2 段階目の調査では、施設の躯

体表面に一定の劣化・損傷を確認し、また、ゲートは開閉機が失われて稼働していない状態であることが判った。これらの現状から、ゲートを交換し、躯体の劣化・損傷箇所を補修する必要があるが、取水口全体を再建設する必要はないと判断された。よって、Eknaway 取水口は再び S2 評価となった。

	
ゲート：開閉機を失い、稼働不能になっていた。	躯体部：劣化・破損が見られる。

図 4.4.10　S2 評価の施設例（Kased 幹線水路の Eknaway 取水口）

出典：JICA 調査団

4.5 大型水路（Bahr Yusef、Ibrahimia、Kased 水路）の改修（コンポーネント 4）

対象地域における水理構造物、例えば調整堰や支線水路入り口の取水工等についての新設、改修計画は前述のとおりである。本節では、上記でカバーされていない大型水路の改修計画について述べる。対象とする大型水路は、上エジプトにおける Bahr Yusef 基幹水路、Ibrahimia 基幹水路、そして中央デルタの Gharbia 県と Kafr El Sheik 県に位置する Kased 幹線水路である。これらの水路は、いずれも連続通水下で運用されている。

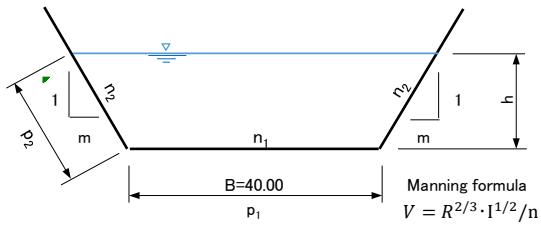
4.5.1 Bahr Yusef と Ibrahimia 基幹水路の整備計画

前出の水理的な現況把握から明らかになったように、Bahr Yusef と Ibrahimia 両基幹水路ともに流下能力が不足している。流下能力を確保する手段としては、断面拡幅による通水断面の確保とライニング等による粗度改善を図り通水能力を向上させる方法が考えられる。しかしながら、以下のような理由により、ライニング等による粗度改善は現実的な手段とは考えられないことから、基幹水路の整備は、断面整形による通水断面の確保や越流防止策によることが現実的と考える。

- ✓ 上流からの流砂や砂漠地帯等からの飛砂によって水路内には堆砂が発生する。よって、定期的な浚渫等の維持管理が必要となるが、水路底をライニングすることにより維持管理が難しくなるとともに、ライニングを損傷する懸念がある。
- ✓ 水路断面が扁平な形状となっているため、護岸部分のみにライニングを設置しても有効な粗度改善が図れない。下表に示すように護岸部分（水路斜面部）のみにライニングを行った場合、コンクリートの場合で約 40cm、練り石積みや蛇籠の場合ではわずか 10cm 程度の水位低下しか得られない。
- ✓ 基幹水路沿いに町場が形成され、橋梁等の横断構造物多く存在することから水路全線に亘るライニング工事の際の支障となる。

表 4.5.1 護岸形式と合成粗度の比較検討表

levee protection type	Flow rate Q(m3 /s)	Bottom width B(m)	Gradient m	coefficient of roughness n1	n2	ni	average flow velocity V(m/s)	Uniform depth h(m)	Depth difference Δh(m)
Embankment Canal	200.00	40.00	1.5	0.030	0.030	0.030	0.85	4.963	0.000
Concrete lining	200.00	40.00	1.5	0.030	0.015	0.026	0.93	4.567	-0.396
Masonry/ Gabion	200.00	40.00	1.5	0.030	0.025	0.029	0.87	4.866	-0.097



n_i : composite roughness coefficient

$$ni = \{\frac{1}{\Sigma pi}(p1 \cdot n1^{\frac{3}{2}} + p2 \cdot n2^{\frac{3}{2}} \cdots\cdots\}^{2/3}$$

p_i : wetted perimeter (m)

Manning formula

$$V = R^{2/3} \cdot I^{1/2}/n$$

出典：JICA 調査団

1） 断面整形による整備計画

基幹水路の整備は、現況断面に計画定規断面を重ね、水路断面を整形することを基本とする（図 4.5.1 参照）。計画定規断面は、水路底幅 B を水路全体で溢水することなく、連続性が確保できるように試算により求める。なお、水路底幅 B は、上流より下流に向けて小さくなるように決定する。決定した整備計画断面の諸元を表 4.5.2、表 4.5.3 に示す。

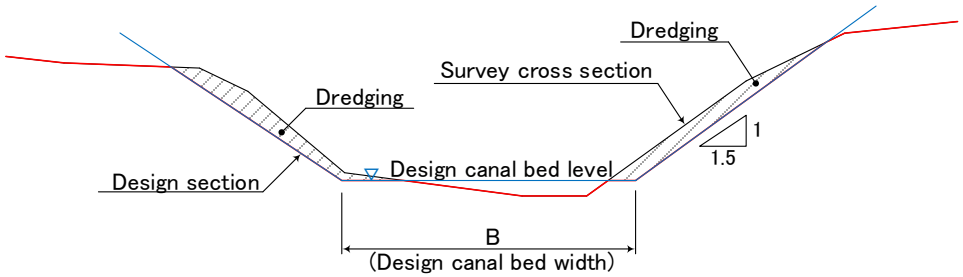


図 4.5.1　整備断面の説明図

出典：JICA 調査団

表 4.5.2　Bahr Yusef 基幹水路整備計画断面

Interval			Distance (km)	Planned bottom width B (m)			Remarks
				Max.Q	14% up	32%up	
NDGRs	～	Dahab Reg.	76.560	50.0	45.0	40.0	
Dahab Reg.	～	Sakoula Reg.	101.700	45.0	40.0	35.0	
Sakoula Reg.	～	Mazoura Reg.	53.950	45.0	40.0	35.0	
Mazoura Reg.	～	Lahoun Reg	60.430	45.0	40.0	35.0	

出典：JICA 調査団

表 4.5.3　Ibrahimia 基幹水路整備計画断面

Interval			Distance (km)	Planned bottom width B (m)			Remarks
				Max.Q	14% up	32%up	
NDGRs	～	New Hafez Reg.	33.040	40.0	40.0	35.0	
New Hafez Reg.	～	New Minia Reg.	38.808	40.0	35.0	30.0	
New Minia Reg.	～	Matay Reg.	34.632	35.0	35.0	30.0	
Matay Reg.	～	Maghagha Reg.	27.460	35.0	30.0	25.0	
Maghagha Reg.	～	Shrahna Reg.	23.990	30.0	25.0	25.0	
Shrahna Reg.	～	Geneidy Reg.	34.630	25.0	25.0	20.0	
Geneidy Reg.	～	Ashmant Reg.	12.060	25.0	20.0	20.0	
Ashmant Reg.	～	Buy Hedira Reg.	9.400	15.0	15.0	10.0	
Buy Hedira Reg.	～	Bahary Reg.	9.390	10.0	7.0	7.0	

出典：JICA 調査団

2)　水理的検証結果

整備計画ケース別の各堰地点の水位を表 4.5.4 および表 4.5.5 に示す。また、決定した整備計画断面での水理的検証を不等流計算により実施した結果を図 4.5.2 から図 4.5.7 に示す。

表 4.5.4　Bahr Yusef 基幹水路水位

		Discharge conditions				Remarks
		Max.Q	14%up	32%up	Min.Q (winter season)	
NDGRs	WL. at U/S(m)	N/A	N/A	N/A	N/A	
	WL. at D/S(m)	44.539	44.414	44.164	42.857	
Dahab Reg.	WL. at U/S(m)	40.400	40.400	40.400	40.400	B.P of examination
	WL. at D/S(m)	39.613	39.527	39.270	37.826	
Sakoula Reg.	WL. at U/S(m)	33.700	33.700	33.700	33.700	B.P of examination
	WL. at D/S(m)	32.381	32.317	32.132	31.070	
Mazoura Reg.	WL. at U/S(m)	29.700	29.700	29.700	29.700	B.P of examination
	WL. at D/S(m)	28.887	28.821	28.647	27.635	
Lahoun Reg.	WL. at U/S(m)	26.600	26.600	26.600	26.600	B.P of examination
	WL. at D/S(m)	N/A	N/A	N/A	N/A	

出典：JICA 調査団

表 4.5.5 Ibrahimia 基幹水路水位

		Discharge conditions				Remarks
		Max.Q	14%up	32%up	Min.Q (winter season)	
NDGRs	WL. at U/S(m)	N/A	N/A	N/A	N/A	
	WL. at D/S(m)	45.017	44.814	44.724	43.852	
New Hafez Reg.	WL. at U/S(m)	43.000	43.000	43.000	43.000	B.P of examination
	WL. at D/S(m)	42.649	42.693	42.630	41.628	
New El Minia Reg.	WL. at U/S(m)	39.900	39.900	39.900	39.900	B.P of examination
	WL. at D/S(m)	39.518	39.325	39.281	38.381	
Matay Reg.	WL. at U/S(m)	36.500	36.500	36.500	36.500	B.P of examination
	WL. at D/S(m)	36.178	36.264	36.230	35.386	
Maghagha Reg.	WL. at U/S(m)	34.300	34.300	34.300	34.300	B.P of examination
	WL. at D/S(m)	33.928	34.028	33.554	32.872	
El Shrahna Reg.	WL. at U/S(m)	32.100	32.100	32.100	32.100	B.P of examination
	WL. at D/S(m)	31.834	31.678	31.779	30.997	
El Geneidy Reg.	WL. at U/S(m)	29.000	29.000	29.000	29.000	B.P of examination
	WL. at D/S(m)	28.650	28.754	28.481	28.212	
Ashmant Reg.	WL. at U/S(m)	28.000	28.000	28.000	28.000	B.P of examination
	WL. at D/S(m)	27.715	27.643	27.816	27.445	
Bny Hedira Reg.	WL. at U/S(m)	27.100	27.100	27.100	27.100	B.P of examination
	WL. at D/S(m)	26.637	26.725	26.436	26.053	
El Wasta Reg.	WL. at U/S(m)	25.500	25.500	25.500	25.500	B.P of examination
	WL. at D/S(m)	N/A	N/A	N/A	N/A	

出典：JICA 調査団

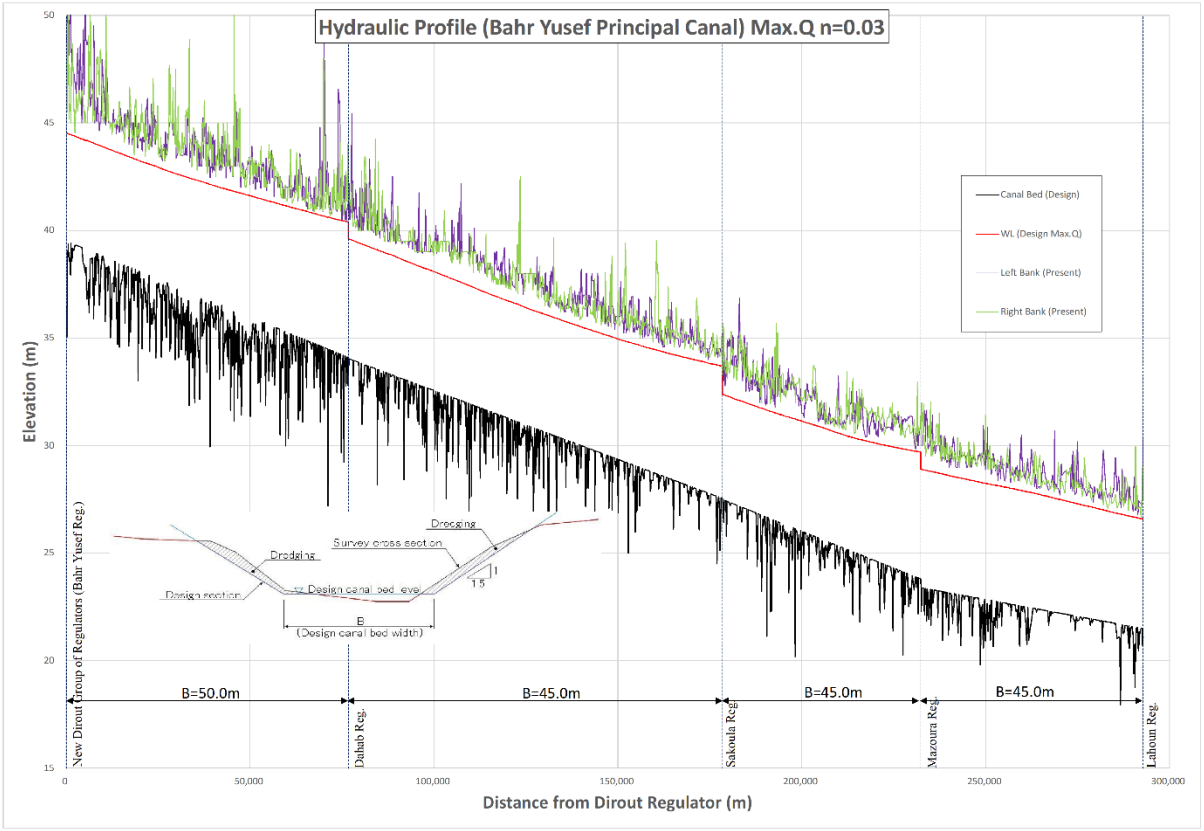


図 4.5.2 Bahr Yusef 基幹水路 水理縦断図（整備計画：Max.Q）

出典：JICA 調査団

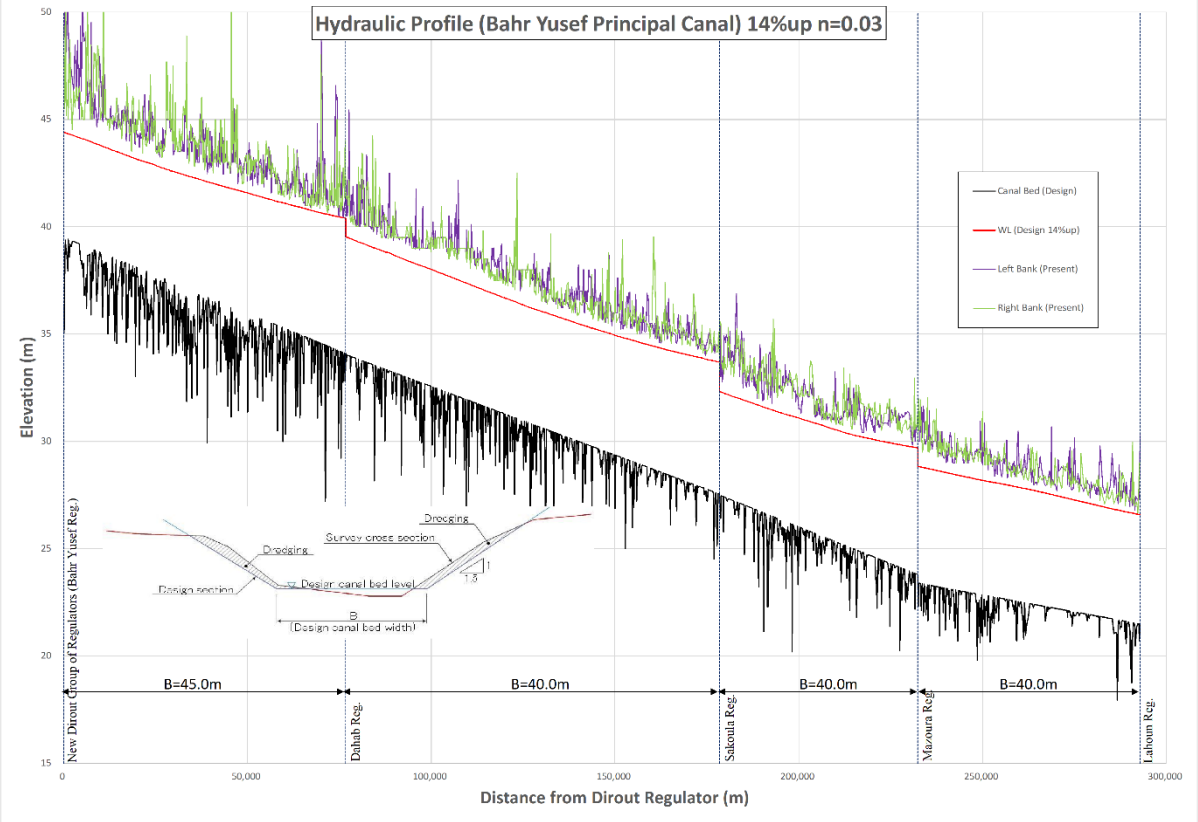


図 4.5.3 Bahr Yusef 基幹水路 水理縦断図（整備計画：14%up）

出典：JICA 調査団

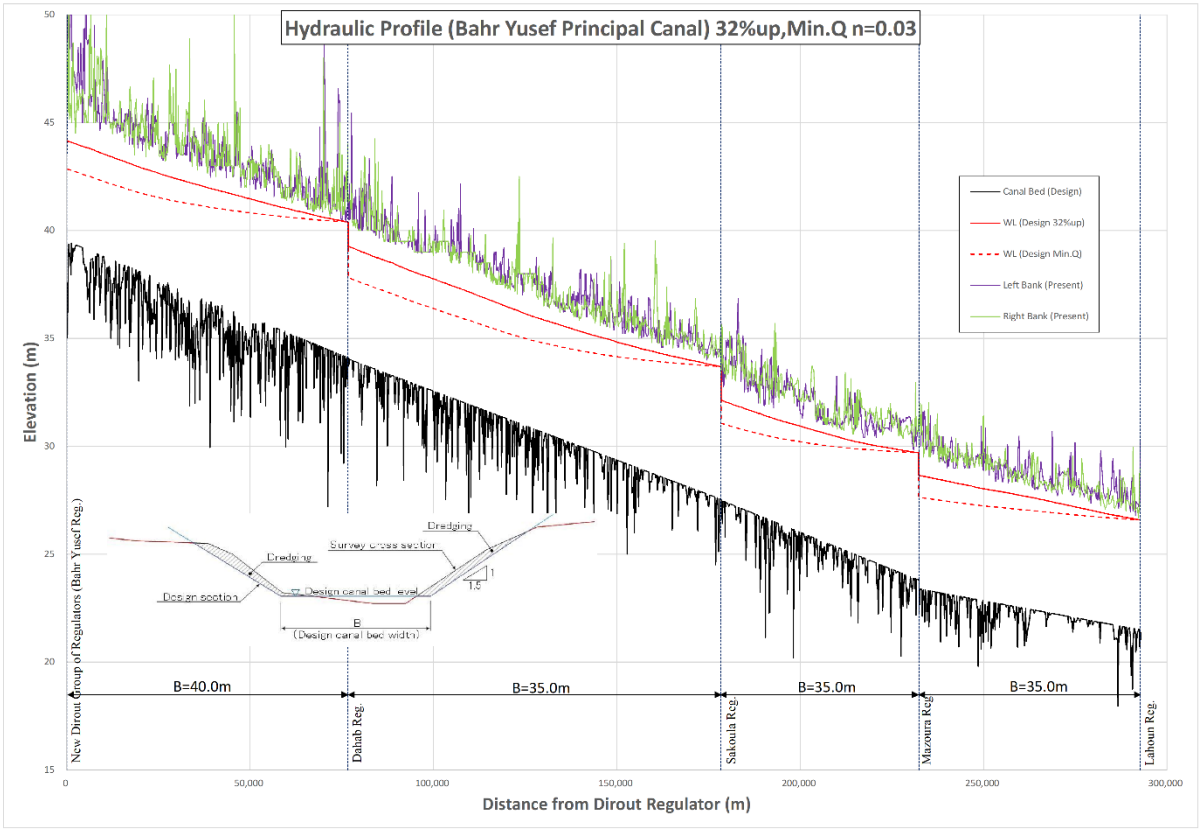


図 4.5.4 Bahr Yusef 基幹水路 水理縦断図（整備計画：32%up,Min.Q）

出典：JICA 調査団

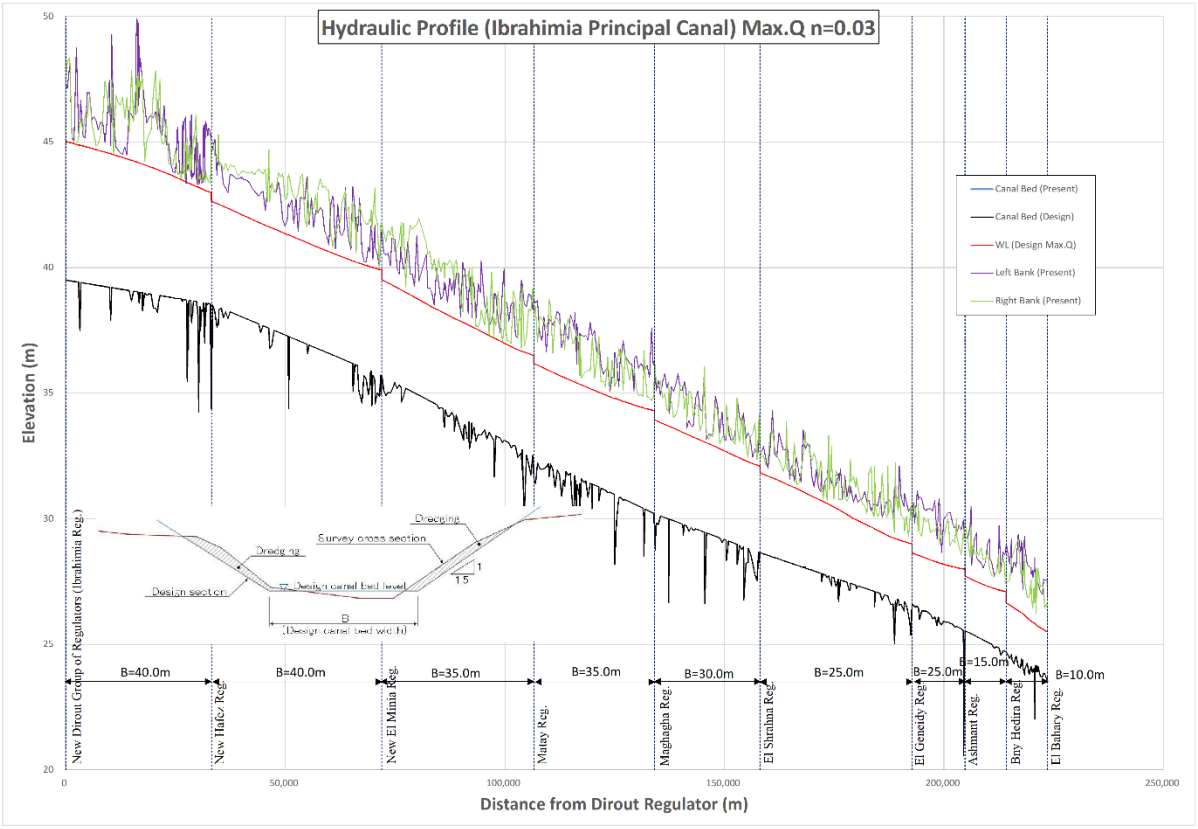


図 4.5.5 Ibrahimia 基幹水路 水理縦断図（整備計画：Max.Q）

出典：JICA 調査団

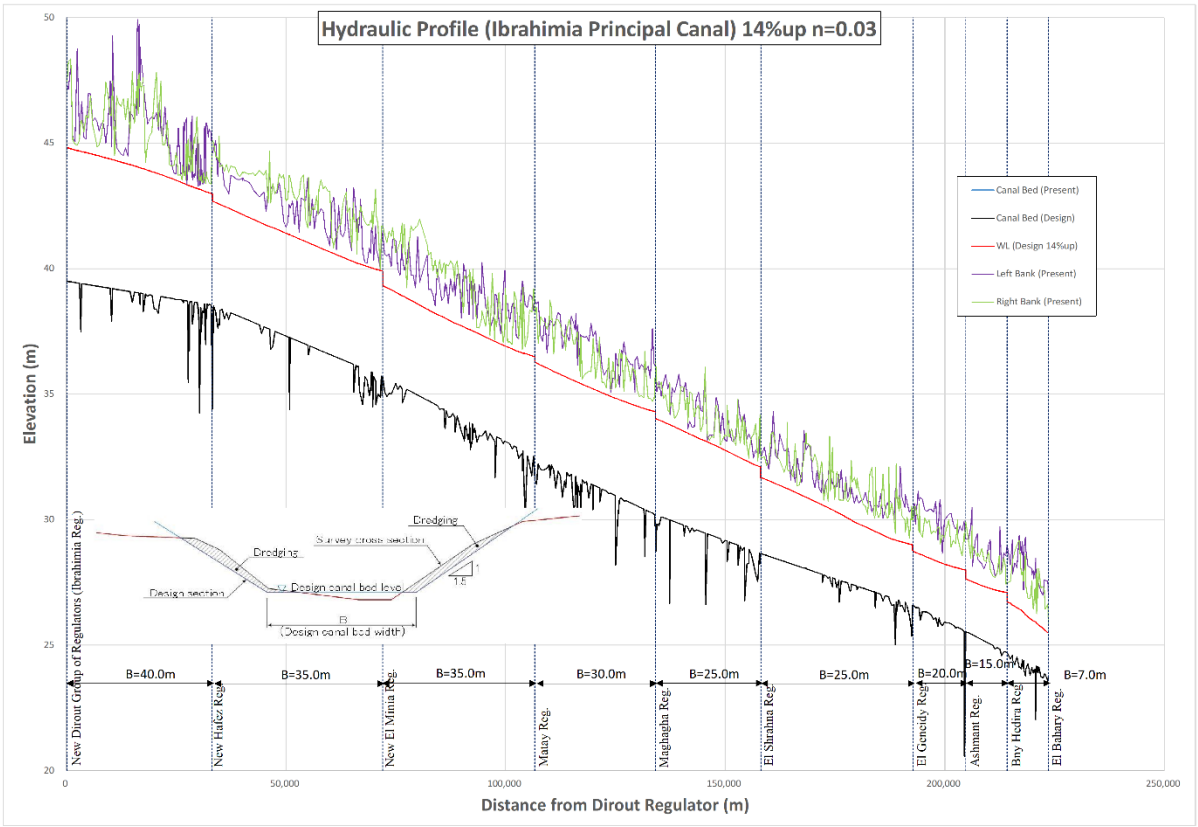


図 4.5.6 Ibrahimia 基幹水路 水理縦断図（整備計画：14%up）

出典：JICA 調査団

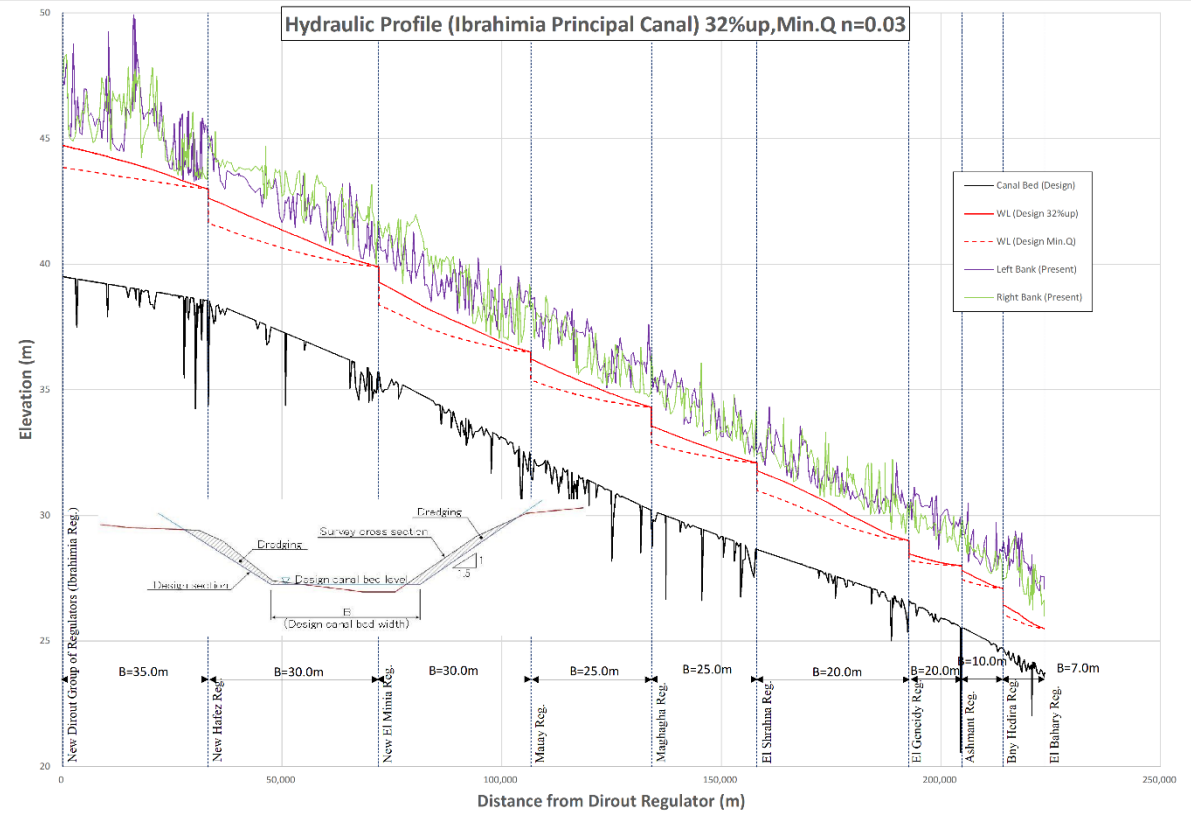


図 4.5.7　Ibrahimia 基幹水路 水理縦断図（整備計画：32%up, Min.Q）

出典：JICA 調査団

3)　浚渫数量集計表

整備計画ケース別の浚渫土量は、表 4.5.6、表 4.5.7 のとおりである。両水路の水理解析では、現況断面と灌漑効率が改善された場合（2 ケース：灌漑効率 14%増と 32%増）を検討し、断面不足を解決するためには、Bahr Yusef 基幹水路で 11 百万~21 百万 m^3、また Ibrahimia 基幹水路では、6 百万~11 百万 m^3 の浚渫が必要となる。これらの莫大な量の浚渫を短期間の事業実施期間内で実施することは現実的ではない。

表 4.5.6　Bahr Yusef 基幹水路浚渫土量集計表

Interval			Distance (km)	Amount of dredged soils					
				Max.Q		14%up		32%up	
				B(m)	Vol(m^3)	B(m)	Vol(m^3)	B(m)	Vol.(m^3)
NDGRs	～	Dahab Reg.	76.560	50.0	5,417,000	45.0	3,842,000	40.0	2,600,000
Dahab Reg.	～	Sakoula Reg.	101.700	45.0	7,504,000	40.0	5,544,000	35.0	4,007,000
Sakoula Reg.	～	Mazoura Reg.	53.950	45.0	3,650,000	40.0	2,642,000	35.0	1,858,000
Mazoura Reg.	～	Lahoon Reg	60.430	45.0	3,952,000	40.0	2,903,000	35.0	2,098,000
Sum			292.640		20,523,000		14,931,000		10,563,000

出典：JICA 調査団

表 4.5.7　Ibrahimia 基幹水路浚渫土量集計表

Interval			Distance (km)	Amount of dredged soils					
				Max.Q		14%up		32%up	
				B(m)	Vol.(m^3)	B(m)	Vol.(m^3)	B(m)	Vol.(m^3)
NDGRs	～	New Hafez Reg.	33.040	40.0	2,027,000	40.0	2,027,000	35.0	1,482,000
New Hafez Reg.	～	New Minia Reg.	38.808	40.0	2,542,000	35.0	1,785,000	30.0	1,229,000
New Minia Reg.	～	Matay Reg.	34.632	35.0	1,085,000	35.0	1,085,000	30.0	618,000
Matay Reg.	～	Maghagha Reg.	27.460	35.0	1,483,000	30.0	870,000	25.0	458,000
Maghagha Reg.	～	Shrahna Reg.	23.990	30.0	984,000	25.0	590,000	25.0	590,000

Interval	Distance (km)	Amount of dredged soils					
		Max.Q		14%up		32%up	
		B(m)	Vol.(m³)	B(m)	Vol.(m³)	B(m)	Vol.(m³)
Shrahna Reg. ～ Geneidy Reg.	34.630	25.0	1,289,000	25.0	1,289,000	20.0	747,000
Geneidy Reg. ～ Ashmant Reg.	12.060	25.0	659,000	20.0	443,000	20.0	443,000
Ashmant Reg. ～ Buy Hedira Reg.	9.400	15.0	271,000	15.0	271,000	10.0	136,000
Buy Hedira Reg. ～ Bahary Reg.	9.390	10.0	119,000	7.0	66,000	7.0	66,000
Sum	223.410		10,459,000		8,426,000		5,769,000

出典：JICA 調査団

4）断面不足への対策（越流防止策）

浚渫作業は、毎年の MWRI の維持管理作業で実施されていることから、浚渫時に整形する断面形状（前出図 4.5.1 および、表 4.5.2、表 4. 5.3 参照）と必要となる区間（前出表 4.5.6、表 4.5.7 参照）について、維持管理計画に盛込み長期的に実施することを提案する。したがい、浚渫作業による断面整形は、本件の事業計画では扱わないこととする。

他方、流下断面不足を生じた水路では、浚渫による対策の他、堤防を嵩上げすることで断面不足を補うことが可能である。水理シミュレーション結果によると、現況断面において、現最大流量および灌漑効率 14%と 32%が改善された場合の流量時の最大越流高は、それぞれ Bahr Yusef 基幹水路では 87～4cm であり、Ibrahimia 基幹水路では 87～38cm となる。

越流水深の規模から、嵩上げは概ね 1m 程度で十分であることが想定される。堤防嵩上げは、盛土が一般的であるが、小規模な越流水深であれば、コンクリート擁壁を設置して対応することが可能である。特に、対象とする両水路では、鉄道や幹線道路の併走や市街地付近での用地の制約から、ある程度の敷設幅を必要とする盛土工の採用は難しいと判断する。また、エジプトに特徴的なこととして、粒度分布の整った良質の盛土材の入手が困難である。

したがい、小規模なコンクリート擁壁（1m）を水路岸の天端に敷設することを計画する（図 4.5.8 参照）。すなわち、Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路の断面不足の問題については、水路岸の天端を嵩上げによって、一定の越流防止効果が迅速に得られることが期待される。ただし、事業計画では、灌漑効率の改善がなされることから、改善効果が最大となる灌漑効率が 32%増となった場合を想定し、この条件下で発生する越流区間においてコンクリート擁壁を設置する計画とする。なお、下表の嵩上げ区間には既存堤防高さが越流水深より高い区間がある。このため、コンクリート擁壁を設置する区間延長は、当該区間を控除したものとする（表 4.5.8、表 4.5.9 参照）。また、Ibrahimia 基幹水路の右岸側（鉄道との隣接部）は越流の被害が無いため、左岸の越流区間のみを嵩上げ対象とする。

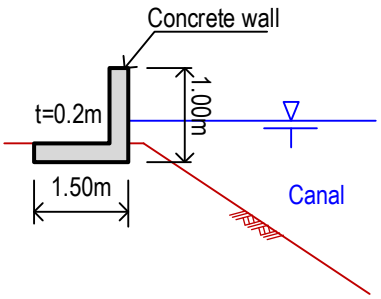


図 4.5.8　嵩上げコンクリート擁壁
出典：JICA 調査団

表 4.5.8　Bahr Yusef 基幹水路の嵩上げ区間

Bahr Yusef canal			
Left bank		Right bank	
Distance from DGR	Length(km) *2	Distance from DGR	Length(km) *2
61.202~70.772km	9.570 (1.431)	66.746~68.983km	2.237 (1.059)
79.241~80.249km	1.008 (0.754)	77.929~79.895km	1.966 (1.449)
216.623~219.626km	3.003 (0.932)	94.638~97.705km	3.067 (2.093)
Sub total	13.581km (3.117km)	Sub total	7.270km (5.411km)
		Grand total	20.851km (8.528km)

注 1：Dirout 堰群(DGR)からの距離を示す Distance のうち、区間内に点在する対象範囲を合計距離(Length)で示す。
注 2：( )内はコンクリート擁壁設置区間。
出典：JICA 調査団

表 4.5.9 Ibrahimia 基幹水路の嵩上げ区間

Ibrahimia Principal Canal			
Left bank			
Distance from DGR	Length(km) *2	Distance from DGR	Length(km) *2
1.459 - 10.957km	9.498 (2.903)	117.068 - 120.442km	3.374 (0.000)
11.935 - 17.977km	6.042 (2.272)	121.929 - 131.434km	9.505 (1.165)
24.476 - 31.016km	6.540 (3.657)	131.434 - 138.429km	6.995 (0.277)
31.016 - 36.966km	5.950 (1.703)	141.453 - 149.93km	8.477 (4.420)
45.455 - 49.961km	4.506 (0.999)	155.398 - 159.927km	4.529 (2.937)
52.963 - 59.957km	6.994 (1.493)	163.418 - 170.418km	7.000(3.258)
60.780 - 61.456km	0.676 (0.246)	171.418 - 179.42km	8.002 (4.507)
83.949 - 89.948km	5.999 (0.496)	182.421 - 188.732km	6.311 (2.622)
93.448 - 100.443km	6.995 (1.264)	191.006 - 206.236km	15.230 (0.891)
101.445 - 103.814km	2.369 (0.000)		
Sub total	55.569km (15.033km)	Sub total	69.423km (20.077km)
		Grand total	124.992km (35.110km)

注 1：Dirout 堰群(DGR)からの距離を示す Distance のうち、区間内に点在する対象範囲を合計距離(Length)で示す。
注 2：( )内はコンクリート擁壁設置区間。
出典：JICA 調査団

4.5.2 Bahr Yusef 基幹水路湾曲部の整備計画

Bahr Yusef 基幹水路はもともと自然河川であったために、曲率の大きな数多くの湾曲部があり、湾曲部における水衝部では洗堀が、水裏部では堆砂が進行して、流れを阻害する要因となっている。水路全体の堆砂傾向については許容せざるを得ないにしても、局所的な洗堀に起因する水路全体への堆砂の進行を防ぐとともに、水路壁面の浸食、さらに農地や居住地等の背後地に被害が生じないように対策を講じることが必要である。既存資料と現地調査によれば、表 4.5.10 に示す 45 箇所の湾曲部が確認されている。

表 4.5.10 Bahr Yusef 基幹水路に存在する湾曲部対策要請箇所リスト

No.	Jurisdiction GD	From the Dairy Route Distance (km)	Curve length (m) *1	No.	Jurisdiction of directorate	Distance from DGRs (km)	Curve length (m) *1
1	East Minya	6.10	350 (350)	26		105.00	300 (0)
2		6.80	400 (0)	27		108.00	350 (350)
3		7.30	400 (400)	28	West Minya	136.70	200 (200)
4		8.90	400 (400)	29		163.70	250 (0)
5		10.10	300 (300)	30		164.50	250 (0)
6		12.20	350 (0)	31		210.00	100 (100)
7		14.10	400 (400)	32		211.50	200 (200)
8		14.85	250 (0)	33		213.00	200 (200)
9		16.50	350 (350)	34		214.50	400 (0)
10		18.10	250 (250)	35		215.50	160 (160)
11		22.80	400 (400)	36		216.50	200 (0)
12		23.50	350 (350)	37		217.00	400 (0)
13		48.90	300 (0)	38	Beni Suef	218.20	300 (300)
14		50.70	300 (0)	39		219.00	200 (0)
15		60.80	400 (400)	40		219.50	300 (0)
16	West Minya	61.60	500 (0)	41		221.00	300 (0)
17		64.50	250 (0)	42		222.00	50 (0)
18		71.05	500 (500)	43		224.00	200 (200)
19		72.75	300 (0)	44		225.00	400 (400)
20		75.40	300 (300)	45		231.00	250 (250)
21		76.10	400 (400)				
22		79.05	300 (300)				
23		85.50	450 (450)				
24		87.40	350 (350)				
25		89.79	350 (350)	Total			13,910 (8,610)

注 1：( )内は蛇籠（ギャビオン）工法採用区間。
出典：Cooperation Planning Survey on the Irrigation Sector (upper Egypt and Middle Delta) in Egypt (JICA, 2018)

Bahr Yusef 基幹水路湾曲部は、水衝部の洗堀および水路側面の浸食より水路法面を保護するために護岸工を計画する。なお、水裏部の堆砂については、水路全体の整備断面を確保し、浚渫等の維持管理で対応を行うこととする。水衝部側の法面に計画する護岸工形式には、練り石積みと蛇籠（ギャビオン）が考えられるが、前者は工事中における灌漑用水の切り替え、すなわちドライ工事が必要となることから工事は容易ではない。そのため、水中施工が可能な蛇籠（ギャビオン）工法を採用する。対応する区間は、湾曲が特に大きい箇所を取り出すこととし、上表に示す計 8.61km を対象とする。

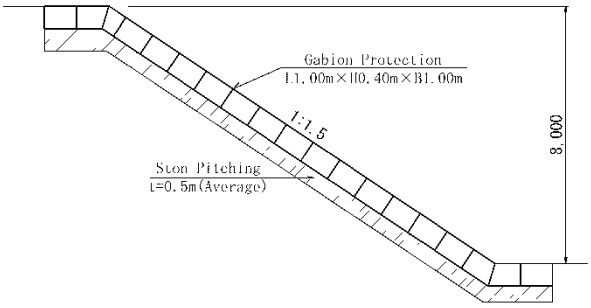


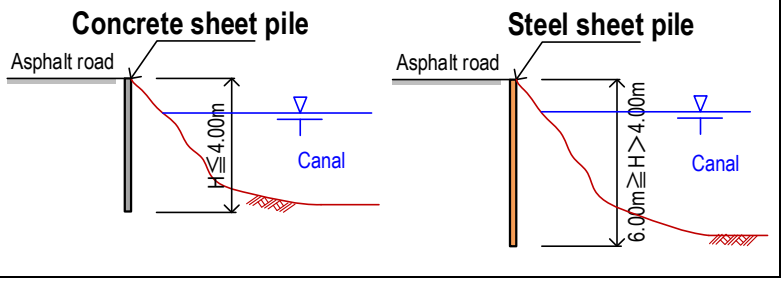
図 4.5.9 湾曲部法面保護と洗掘対策
出典：JICA 調査団

4.5.3 Kased 幹線水路

Kased 幹線水路の水理解析から、現況においては水路からの越流は発生していない。しかしながら、デルタ地域には浸潤に伴い膨張する Black Cotton Soil が存在していることが知られている。Kased 幹線水路沿いでもこの土壌は見ることができるが、結果、幹線道路沿いの水路岸では、車輌の走行荷重の影響と思われる護岸法面の腹み出しが部分的に生じている。Gharbia Irrigation Directorate への聞取りから、下表に示す 6 区間において法面の腹み出しへの対策が必要である報告を受けている。この 6 区間の中で特に改修の優先度の高い 2 区間（No.1 および No.6）への対策を事業計画に含むこととする。

腹み出しへの対策は、外力への耐久性が必要である。対象区間は、ほとんどが幹線道路沿いであることから、構造物設置に伴う水路の開削範囲は工事上の制約を受けやすい。したがい、施工時に水路開削を生じない、矢板工法を採用する。矢板の材質は、現地で利用されているコンクリート製の矢板と、より強度の高い鋼矢板（自立式）を適用する。なお、適用する水路岸の高さにより、両者を使い分ける計画とし、コンクリート製矢板は適用高さを 4m 以下、鋼矢板は 4m を越える場合に適用する（表 4.5.11 参照）。ただし、自立式鋼矢板となるため全高 6m を最大適用高とする。

表 4.5.11 Kased 幹線水路の護岸改修区間

No.	Distance from Kased .C B.P.	Length (km)	Retaining wall for deformation on bank nearby road
1	**11.56~14.46km**	**2.90**	
2	15.16~17.60km	2.50	
3	19.56~21.26km	1.70	
4	28.00~29.30km	1.30	
5	29.30~31.00km	1.70	
6	**33.00~33.12km**	**0.12**	
	Total length	10.22	
	Target section length	**3.02**	

出典：JICA 調査団

4.6 支線水路の改修、ライニング（コンポーネント 5）

エジプトでは、間断灌漑を行っている既設支線水路を対象として 2020 年からコンクリートライニング工事を進めている。2020 年から 4 年間で計 20,000 km もの支線水路をコンクリートライニングとする予定である[1]。多くは厚さ 10 cm の無筋コンクリートで施工を行っているが、一部（約 1 割程度）では鉄筋コンクリートによるライニングも実施されている。本節では、進行中のライニング工事について考察するとともに、事業対象地域の支線水路に係る改善を計画する（事業コンポーネント 5 に相当）。

4.6.1 一般的な水路のライニング工法

現在進行中のコンクリートライニングの主たる目的は、水路からの浸透損失を減らすことである。現況の土水路からの浸透損失を減らし、短期間に施工が可能である方法としては、水路に難透水性のライニングを施しつつ施工が容易であることが必要である。これらの条件から選定される既存のライニング方法は以下のとおりである。

- ✓ うすいコンクリートライニング工法（5 cm～最大 15 cm 程度）
- ✓ プレキャスト・コンクリート・パネルライニング工法
- ✓ コンクリートブロックライニング工法（またはブリックライニング）
- ✓ 練石積ライニング工法

上記以外のライニングの材料や工法としては、アスファルトや合成ゴム膜によるライニング工法があげられるが、コストや耐久性、また維持管理等を考慮すると、上記の 4 工法が一般的に採用されている。また、経験的な最大許容流速は、厚いコンクリート（18cm 程度）の場合は 3.00 m/s、うすいコンクリート（10 cm 程度）の場合は 1.50 m/s としているが、エジプトの灌漑水路は非常に緩勾配であることから、うすいコンクリートライニングの適用が可能と考えられる。

1）うすいコンクリートライニング工法



エジプトの支線水路におけるコンクリートライニングの例（2021 年 9 月撮影）

現在、エジプトにおいては右図に示すように、梯形の水路横断面形状で、うすいコンクリートライニングで支線水路の改修が進められている。一般的にうすいコンクリートによる安定的な水路ライニングを実施するための要件としては以下の事項があげられる。

- ✓ ライニングは舗装としての機能が期待され、土圧を受けない、また、コンクリート打設用の型枠を用いない構造形式であるため、法勾配は 1:1.2～1:1.50 程度とされる。
- ✓ 新設の場合の水路断面は水理的最有利断面に施工・維持管理を考慮して決定されるが、従前の水路は施工の容易性から底幅を広く、高さ（深さ）を低くしている例が多い。既設水路の改修においては、これらに加え、現況水路断面形状、用地、施工方法などの条件を考慮して決定される。

[1] 計 20,000km は、灌漑局配下の Irrigation Sector（IS）が 13,000km、そして残り 7,000km を Irrigation Improvement Sector（IIS）、Horizontal Expansion Project Sector（HEPS）、Reservoirs and Grand *Barrages* Sector（*RGBS*）が実施する予定である（2021 年 7 月に IS のヘッドから聞き取り）。

- ✓ ライニングの厚さは水圧に対抗してひび割れを発生せず、透水防止と法面浸食防止、施工が可能な範囲で、できるだけ薄いものとすることが経済的である。過去の事例では 5～12 cm 程度である。
- ✓ ライニングの基盤は、盛土の場合は 0.15 m 以上の深さで適切な材料を締固め整形する。材料の中の石の最大寸法は一般的に 10 cm 程度以下とする。切土の基礎の場合では膨張収縮の著しい粘土などは適切な材料で置き換え、十分に締め固めることが必要となる。
- ✓ 地下水が多くコンクリート面に揚圧力が働くような場合には排水暗渠や水抜き孔を設けることが必要となる。法面部にはサイドドレーンを、また底部にはアンダードレーンを設けるが、大量の湧水がある場合などは水路底にフラップバルブを設ける場合もある。
- ✓ コンクリートの継ぎ目間隔は、コンクリートの温度変化、含水量の変化やコンクリート硬化等による膨張や収縮により発生するコンクリートのひび割れをできるだけ起こさないように決定する必要がある。ACI224.3（American Concrete Institute）によれば、最大間隔はコンクリート厚さの 24～36 倍の長さが推奨されている。例えば、ライニング厚さ 100 mm の場合では、継ぎ目間隔は約 3 m となる。通常、継ぎ目には難透水性で塑性のある瀝青材などによりシールを行う。
- ✓ 鉄筋コンクリートライニングが推奨される場合は、1）基礎地盤材料が透水性の高い砂礫などからなり、地下水位が著しく変動する場合、2）軟弱地盤、あるいは膨張性・亀裂性の粘土地帯を通り、置き換え（置換）が困難な場合、3）チェック構造物等、水路内水位の変化が急激な場合や浸食を受け易い区間等である。

改修前の現況水路が土水路である場合に、コンクリートライニングが施工されると、水路の粗度が大きく変化するため、改修後の水路内の流速が速くなり、水位が現況時に比べて大きく低下する。試算によると、改修後のコンクリートライニング水路の水深は、水路勾配や底幅等を変えないケースでは現況土水路の水深の約 2/3 程度に低下する。このため、下位の水路や Meska への分水、灌漑水の水路内貯留に影響が及ぶこととなる。この対策としては、水理構造物（水位調節ゲート、堰等）を新設する、あるいは、水位が保たれるように改修後の水路幅を調節するなどの方法が考えられる。

2）プレキャスト・コンクリート・パネルライニング工法

パネルライニング工法の適用は、うすいコンクリートライニング工法の要件とほぼ同じであるが、パネルを連続的に並べて舗装していく工法であることから、以下の特徴を有する。

- ✓ 流水に対するマニングの粗度係数は、うすいコンクリートライニングの場合には n = 0.012～0.016 であるが、コンクリート・パネルライニングの場合にはコンクリートブロック積みと同様に n = 0.014～0.017 が適用される。すなわち、若干コンクリートライニングに比べ粗度係数が大きくなる。
- ✓ 不等沈下を生ずる恐れのあるような基盤の良くない盛土区間などにも採用可能であり、部分的な沈下などによる被害の軽減や部分的補修が容易となる。右写真のパネルライニング工法ではパネルにクロス状に鉄筋が通されており、接続部で緊結される。その緊結部には


パネルライニング工法の一例

モルタルを充填するが、全体として可撓性を持たせている。また、パネルの背面は不織布が敷かれ、地盤変位の追随と背面材料の吸出防止を行っている。

✓ パネル間の目地（継ぎ目）は通水性があるため、漏水や背面土砂の吸出しに配慮する必要がある。すなわち、目地材の充填や吸い出し防止フィルターなどの対策が必要となる。右写真の事例では、厚さ 3 インチ（約 8 cm）のプレキャスト・コンクリート・パネルを 3 インチの目地間隔を開けて配置し、目地部分にコンクリートを詰めて転圧締固めしている。すなわち、目地の隙間を埋めて平滑に仕上げてライニングの強度をあげるとともに目地からの漏水を減らしている。


パネルライニング工法の一例

✓ パネルライニングにおけるパネルは、プレキャストにより制作される。すなわち、施工現場の状況によらず年間を通じて製作することが可能となる。また、エジプトでは夏期は 5 日 ON、5 日 OFF の間断灌漑、冬期は 5 日 ON、10 日 OFF の間断灌漑を行っている例が多いが、断水期間が長い冬期に大量の工事を行う事が可能となる。

3）コンクリートブロックやブリックライニング工法

コンクリートブロックやブリックによるライニングは、従来、広く用いられてきているライニング工法である。適用要件はコンクリート・パネルライニング工法とほぼ同じである。人力によりコンクリートブロックあるいはブリックを 1 ブロックずつ並べ、モルタルを間に挟んで順次積み増してライニングを形成する工法である（下左写真参照）。本工法は施工速度が遅くなるため、現在では人件費の高騰等からブリックライニング工法の採用はあまり見られない。

4）練石積ライニング工法

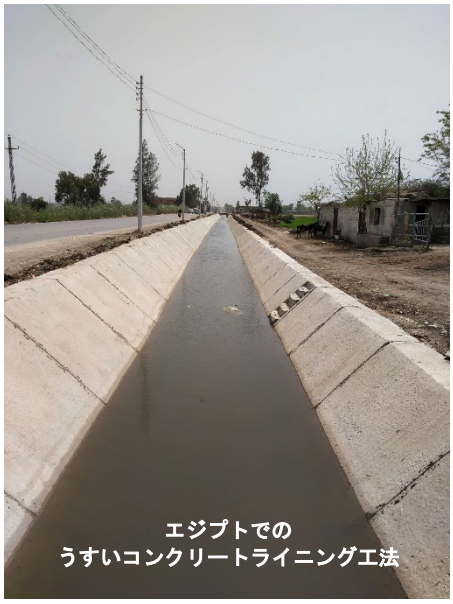
粗石をコンクリートあるいはセメントモルタルで結合して順次積み上げてライニングを形成する工法であり、前述のブリックライニング工法のブリックに代わり粗石を組み上げる工法である（下右写真参照）。石材が工事場所の近傍で安価に入手できる場合にはその適用が検討される。

流水に対するマニングの粗度係数は、n＝0.017～0.030 とされており、改修後の練石積ライニング水路の水深は、現況水路から底勾配や底幅等を変えない場合では、現況水深の約 90%に抑えられることから、水利構造物や灌漑水の水路内貯留への影響は比較的小さい。この工法の施工速度はコンクリートブロックやブリックライニング工法と同程度である。


ブリックライニング工法の一例


練石積ライニング工法の一例

4.6.2 現在のエジプトでのライニング工法の考察


エジプトでの
うすいコンクリートライニング工法

前述したように、エジプトでは間断灌漑を行っている既設支線水路にて、4 年間で全 20,000 km を対象として、水路からの灌漑水の浸透損失を減らす目的で、うすいコンクリートでのライニングを実施している（右写真参照）。このエジプトで行われているライニング工法による灌漑水路の改修方法について、以下にその検討を行う。

1）施工速度

水路ライニングの施工速度は、ライニングの型式、水路規模、基礎の条件や処理方法、コンクリートの打設方法などにより変化する。2015 年 9 月から 2019 年 9 月にアジアの国で実施された円借款事業における約 1 年間の実績によれば、下記に示すように、コンクリートライニングの施工速度が 3 種類のなかで最も速い結果となっている（プレキャスト・コンクリート・パネルライニング工法においては目地をコンクリートで埋めているため、施工速度はさほど早くできない）。

うすいコンクリートライニング	148,500sq.ft/Month (2.48)
プレキャスト・コンクリート・パネルライニング	92,800sq.ft/Month (1.55)
ブリックライニング	59,800sq.ft/Month (1.00)

うすいコンクリートライニングによる灌漑水路の改修は、通常、他のライニング工法に比べ、最も早い施工速度が期待でき、最短の工事期間での施工が可能となる。

2）ライニングコンクリート

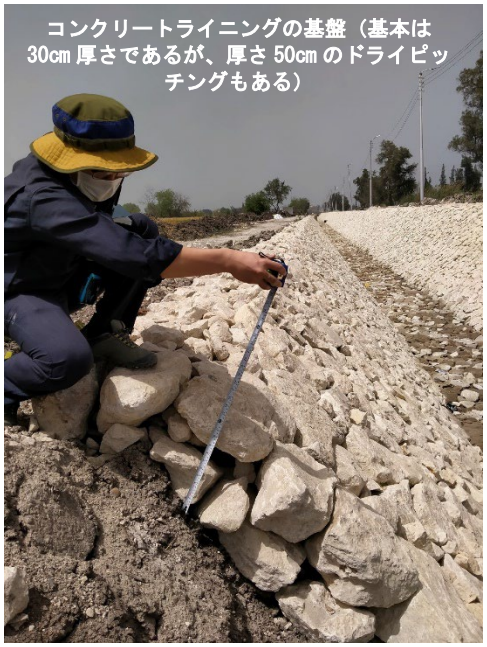
梯形の水路のライニングに用いられているコンクリートの 28 日強度は、通常、日本を含めて 200～210 km/cm^2 が用いられている。スランプは 5～12 cm 程度とされているが、水路側面ではスロープフォームを使う場合 7cm±1cm[2]、底面では 3cm 程度 [3]が多く採用されている。粗骨材は一般的に 20mm～40mm が用いられるが、特にエジプトの場合は高温で乾燥していることから、ワーカビリティが大きくなるように大きめの粗骨材が適当と考えられる。コンクリートライニングの厚さは無筋コンクリートの場合 10cm を採用しているが、一般的に適用されている 5～12 cm の範囲にあり適切なものと考えられる。

3）ライニングコンクリートの目地

エジプトの改修水路のコンクリートの目地（継ぎ目）は 3m 間隔で施工されており、継ぎ目には瀝青材が注入されている。前述の ACI224.3R（American Concrete Institute）を参照すると、最大間隔はコンクリート厚さの 24～36 倍の長さとされていることから、ライニングの厚さ 100 mm の場合での継ぎ目間隔は約 3 m が推奨される。また継ぎ目には難透水性で塑性のある瀝青材などによりシールすることが提案されており、エジプトで行われているコンクリートライニングによる改修方法はこれらに適合している。

[2] スロープフォームなどを使わない通常の均し・転圧を行うのであれば、試験施工を行った上で 3～5 cm 程度のスランプでもよいと考えられる。
[3] 平面での施工であることから、固練りの方が収縮やクラックに対し抵抗性が高く望ましいので、施工上可能な限りスランプを小さくした方が良い。

4）ライニングコンクリート水路の基盤


コンクリートライニングの基盤（基本は30cm 厚さであるが、厚さ 50cm のドライピッチングもある）

エジプトで現在施工されているコンクリートライニングの大部分は、厚さ約 30 cm（～最大 50cm）の粗石積による基盤の上に、10 cm の無筋コンクリートライニングを打設する工法をとっている（右写真参照）。コンクリートライニング水路の基盤としては、一般的には 10cm～15cm 程度の厚さで適切な材料（粒度分布の良い材料）で締固め整形したものが望ましいとされている。このような観点からするとエジプトで行われている厚さ約 30 cm 粗石積はコンクリートを打設する際の基盤の構築といった意味からは過大であり、事業費の高騰を招くものであると思われる。

粗石積基盤上にコンクリートライニングが施工された場合、非常に強固な基礎となることから、ライニングに対する構造上の安定性は高くなる。しかしながら、一旦、コンクリート継ぎ目やクラックからの漏水が起こると、粗石積は非常に高い透水性を有していることから、土砂の流亡などにより法面の損壊につながる可能性は否定できない。

粗石積基盤の導入理由としては、水路幅を縮小することによりコンクリートライニング後の粗度係数変化による水位低下を減少させる狙いがあるものとも考えられるが、良質土による盛土置換の可能性も含め、検討することが提案される。なお、ライニングに伴う水路内水位の低下防止のために必要となる水路幅の減少については、後述において検討を行う。

4.6.3 コンクリートライニング導入による水位低下、水位維持のために必要な水路幅減少規模

現況の水路は土水路であり水路の粗度係数は大きい（通常 0.03 程度）。ここで、コンクリートのような表面を平滑に仕上げた粗度係数の小さな材質でのライニングを行う場合（粗度係数 0.015 を想定）、水路内の流速が大きくなり、水深が小さくなることで下位にある 2 次支線水路や Meska への分水といった水管理に支障をきたす可能性がある。水深 2.5m、底幅 6.0m、法面勾配 1：1.5 の台形の土水路を代表的な現況水路断面と仮定したとき、コンクリートライニング後の底幅を 6.0m、5.0m、4.0m、3.0m に変化させた場合の水深を試算し下表に示す。

表 4.6.1 水路の改修による水深の変化

Lining Type	Concrete Lining	Wet Masonry	Earth w/certain grass
Coefficient of roughness: n	0.015	0.025	0.030

出典：水路工（H26）

Case	Side Wall	Base	Water Depth H (m, % for Original 2.5m)			
			B=6.0m	B=5.0m	B=4.0m	B=3.0m
Original	Earth w/certain grasses (n=0.03)	Earth w/certain grasses (n=0.03)	2.50	2.92	3.57	4.61
			100%	117%	143%	184%
Improvement	Concrete Lining (n=0.015)	Concrete Lining (n=0.015)	**1.47**	1.69	2.00	**2.50**
			59%	67%	80%	**100%**

出典：JICA 調査団

現況水路（土水路）の水深を 100%としたとき、全面をコンクリートライニングとした場合、約

6 割程度の水深、すなわち水深は当初の約 6 割程度に低下することが判る。ここで、同じ水深を維持しようとする場合、以下の 2 つの方法が考えられる。

- ✓ 水路の幅を縮小させる。上記の表を参照すると水路幅を当初の 6mから 3m に縮小することが必要となる。すなわち、水路幅の減少によって水位を維持しようとする場合、半分もの水路幅の減少が必要となる。半分の水路幅を減少させることは、追加の土工事の発生等、工事費の相当の増大となる可能性がある。

- ✓ 既存の水位調整堰を用いて当該堰地点より上流の水位を上げる。また、既存の水利調整堰による堰上げ効果が十分でない場合－長区間にわたって水位調整堰が存在しない場合等－新規に調整堰を建設する（右図参照）。

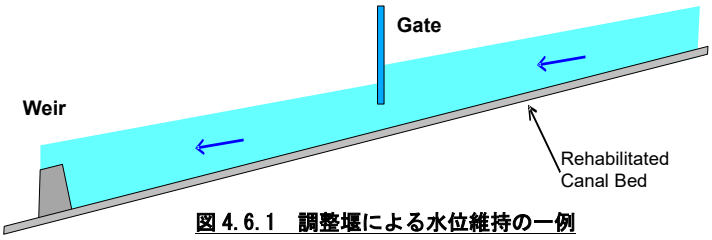


図 4.6.1 調整堰による水位維持の一例
出典：JICA 調査団

エジプトにおける水路勾配は非常に緩やかである（通常、1/10,000～1/15,000）。このような場合、水位調整堰による上流側水位の堰上げ効果を長い区間に判って期待できる可能性が高い。また、エジプトでは多くの支線水路において、最大流量となる夏期においては 5 日 ON、5 日 OFF の間断灌漑を行っている。これは 10 日分で必要とされる水量を 5 日間で支線水路に送水していることになる。必要な水量は夏期に最大となるが、この期間に間断灌漑を行っているという事実は、既存の支線水路（およびその下位の 2 次支線水路や Meska を含めて）は連続通水下で必要とされる水路断面積の 2 倍の容量を持つことを意味している。

エジプトの支線水路が連続通水下で必要とされる断面積の 2 倍を有しているということは、水路自体が大きな貯留効果を持っていることと同義となる。エジプトの支線水路のライニングにおいては、水路自体が持っている貯留効果を減少せしめるような水路幅の縮小は行わず、積極的に現況の断面積を確保するようなライニングとし、粗度係数が小さくなることによって発生する水位の低下に対応するためには水位調整堰の操作、必要に応じた新規の水位調整堰の建設を行うべきである。

4.6.4 代替案（現況コンクリートライニングからの改善案）

現在行われているコンクリートライニング工法（厚さ 10 cm）は、水路からの漏水防止という観点、そして必要とされる工事速度等を勘案すれば、妥当なライニング工法といえる。ただし、現在の厚さ 30（～最大 50 cm）の基盤は、水路断面積減少による水路内水位の低下を防止する効果は少ない。また、粗石を積み上げた基盤の透水性が著しく高いことから、ライニングの目地を通じた浸透水や、クラックが発生した場合の浸透水によって法面の背面に小規模な崩壊が発生する可能性がある。これらの事から、現場の状況に応じて以下の 4 つ改善案を提案する（表 4.6.2 参照）。

4 つの改善案の内、最初の 3 案はコンクリートライニング下の基盤の構造が異なっている。最も望ましいのは有機分を含まない粘土やシルト分を含めて粒度調整された良質の土砂材を用いた基盤を成形することである。しかしながら、エジプトでは有機分を含まない粘土やシルトの入手が困難な可能性があるため、その場合には砂と礫の混合剤を基礎地盤の状況に応じて 20～30cm で敷設することとする。

代替案としての鉄筋コンクリートライニングは提案しない。現在進行中のライニング工には約1 割程度の区間において鉄筋コンクリートが打設されているが、鉄筋コンクリートは無筋コンクリートに比し、約 4 倍の価格がすること、またライニング対象は比較的小規模～中規模の支線水路であることを考えれば、たとえ膨張性の地盤であっても礫を主として砂を間に詰めた厚い基盤を設置して、その上に無筋コンクリートを打設すればライニングの機能を果たせるものと考える。

表 4.6.2 コンクリートライニング工法の代替案

代替案	内 容	備 考
代替案 1	基盤 15cm（粒度調整材）＋無筋コンクリート 10cm	有機分を含まない粒度調整された土砂材を基盤
代替案 2	基盤 20cm（砂と礫混じり）＋無筋コンクリート 10cm	有機分を含まない土材料が入手不可
代替案 3	基盤 30cm（砂と礫混じり）＋無筋コンクリート 10cm	膨張性地盤の場合
代替案 4	プレキャストコンクリートパネルライニング	湧水や不等沈下が予想される区間

出典：JICA 調査団

1）代替案 1 ：粒度調整された基盤の構築およびコンクリートライニング

現況水路については、法面および基礎地盤の土質特性が一様でなく区間によっては軟弱地盤が含まれる可能性もある。また、長年の共用と維持管理によって有機物やゴミを含んだ材料により整形が行われてきた可能性もある。このことから、ライニングコンクリートの打設前の法面や底部の整形を十分に行うことを前提とした上で、最低 15 cm 厚で粒度調整された粗石混じりの基礎を設け、その上層に 10 cm の無筋ライニングを行うことを推奨する。この基礎部については、最大粒径を 12 cm とした適切な粒度分布の材料で締固めて整形することを条件とする。

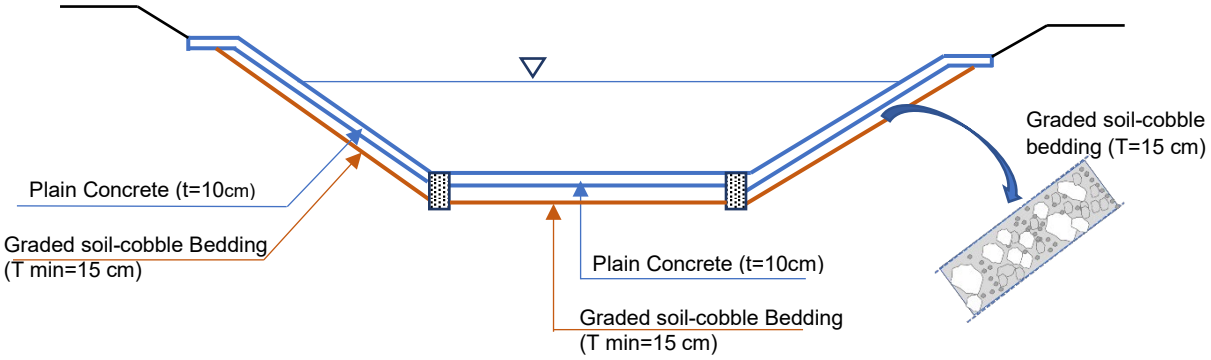


図 4.6.2 コンクリートライニングの標準断面（厚さ 15cm の粒度調整済み基盤を導入）
出典：JICA 調査団

基盤部およびコンクリートライニング厚が薄いため、より高い安定性を確保する上で、底盤と斜面部の接触部には、床止め工を導入することが望ましい（上図のハッチ付き四角部分）。無筋コンクリートや粗石モルタル積みによって作成することとなるが、寸法は高さ 30cm、幅 25cm 程度で十分である。

2）代替案 2 と 3：砂と礫材による基盤の構築およびコンクリートライニング（優先提案）

エジプト国では有機分を含まない粘土やシルトの入手が困難となる可能性がある。代わって、砂分は大量に存在している。そのため、上述の粒度調整された基盤に代わって、砂と礫材だけの混合材を最低厚さ 20～30 cm で基盤とすることも考えられる。その上層に 10 cm の無筋ライニングを行うこととする。この案は、上述の粒度調整された基盤を優先としつつ、有機分を含まない粘土やシルト材の入手が困難な場合の代替案として推奨する。なお、周辺地盤が膨張性である場合、基盤の厚さは 30 cm、場合によってはそれ以上とする。また、礫材の最大粒径は 20 cm 厚さの

場合 15 cm、30 cm 厚さの場合 20 cm とする。

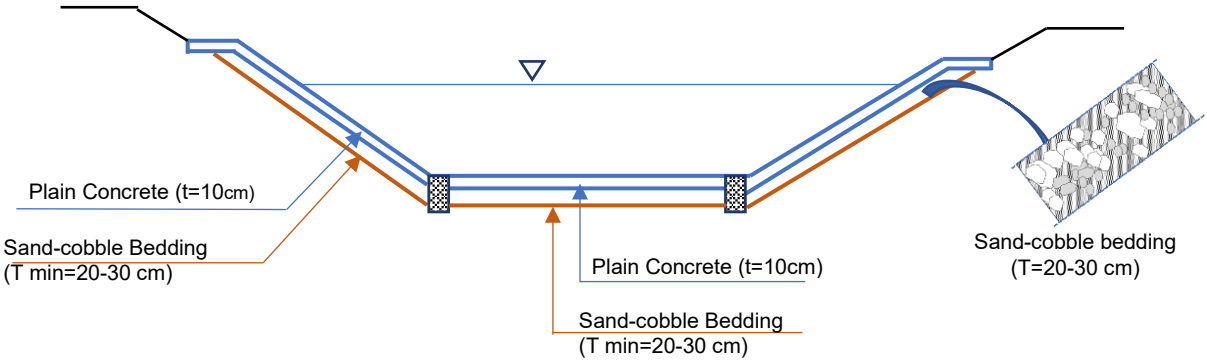


図 4.6.3 コンクリートライニングの標準断面（厚さ 20～30cm の粗石と砂の混合材を基盤として導入）
出典：JICA 調査団

3）代替案４：湧水や不等沈下が予想される区間

軟弱地盤など不等沈下が特に懸念される場合や、地下水の湧水があり現場打ちコンクリートライニングでの施工が困難な場合には、プレキャスト・コンクリート・パネルライニング工法の導入を提案する。ただし、パネルライニング工法は、目地からの漏水防止ー瀝青材やコンクリートの挿入等ーを行う事が必要である。なお、地下水位が高い、もしくは湧水がある場所では、背後にサンドベッド（5～8 cm 程度）を作成し、ジオテクスタイルを敷設し、その上にプレキャスト・コンクリート・パネルを敷設することが考えられる。この場合には、湧水を排除するために目地止めは実施しないこととなる（図 4.6.4 参照）。

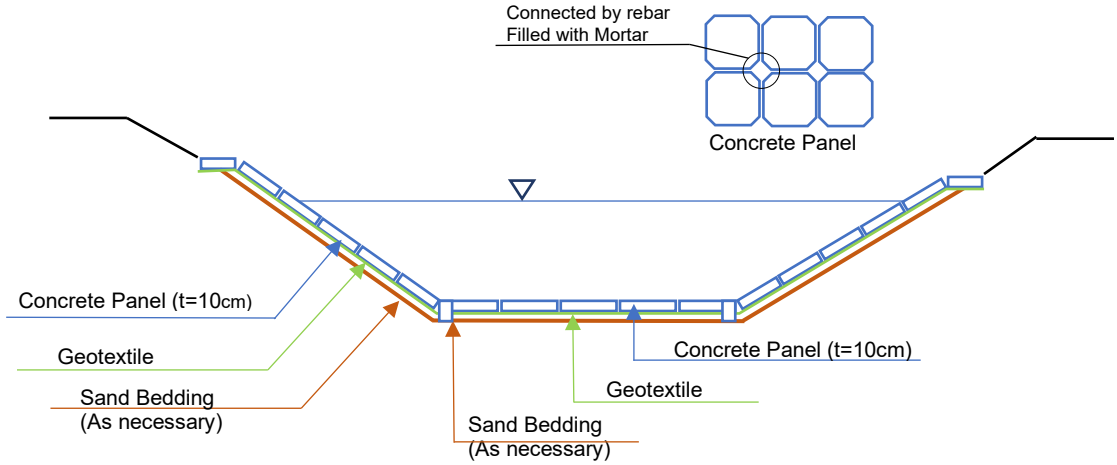


図 4.6.4 プレキャスト・コンクリート・パネルライニングの標準断面とパネル平面図（地下水が高い場合）
出典：JICA 調査団

切り土状態で構築された水路においては、ライニング背面の地下水位が高くなった場合、ライニング背面に揚圧力が作用し、ライニングの持ち上がり、あるいは局所的な崩壊に繋がる可能性がある。これに避けるには、ライニング背面の地下水面が高い箇所に限って、水抜き工を設けることが多い。しかしながら、エジプトにおいて地下水位が高かったり、また湧水を伴うような場所は土性から判断して軟弱である可能性が高い。したがい、このような場合、上述のプレキャスト・コンクリート・パネルによるライニングを推奨する。

ライニング背面の地下水位に関しては、エジプトの圃場には暗渠がほぼ全域にわたって設置されていることから、ライニング背面の地下水位は不飽和状態、あるいはさほど高くないことが想

定される。また、灌漑のピーク時においては地下水面が一時的に上昇する可能性があるが、その時には水路内に灌漑水が豊富にあることから、ライニング背面からの揚圧力によってライニングが損傷する可能性も低い。このことからプレキャスト・コンクリート・パネル利用によるライニングは、あくまでも湧水が予想されるといった、例えば地下水が集まる低標高部等に限定されると考える。

4）局所的な浸食部や凹部への対応

ライニングを支える基盤（斜面）の整形および転圧にあたっては、バックホーや人力によって定型断面を維持するように局所的な盛土や切り土、また転圧によって強度のある基盤を作成することが必要である。大きな浸食や凹地がある場合は、最大粒径を埋め戻し厚の 1/2 程度とした粗石、礫、有機分を含まない土砂や砂等により粒度分布のよい盛土材を作成し、対象箇所への投入・転圧を行い、その上にライニングを行うべきである（図 4.6.5 参照）。

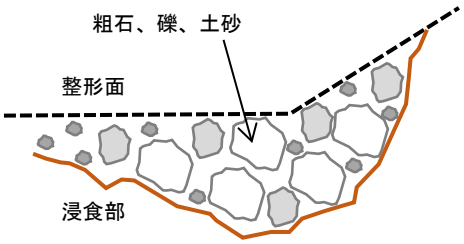


図 4.6.5 埋め戻し部の模式図
出典：JICA 調査団

4.6.5 3 優先地区におけるコンクリートライニング導入区間

コンクリートライニングは間断灌漑で運営されている支線水路について導入される。支線水路の中には大型もありそれらは連続通水下で操作されているが、MWRI では便宜的に底幅 6m 以下の水路に対して主として工事の容易さからコンクリートライニングを導入している。したがい、本計画でも底幅 6m 未満で、間断灌漑下で操作されている支線水路へのコンクリートライニングの導入を計画する。

MWRI は 2022 年時点で、原則、すべての支線水路へのコンクリートライニング導入を予定している。しかしながら、水セクターの上位計画である国家水資源計画 2037 に示される目標節水率を参照すれば、2037 年目標年としては、必ずしもすべての支線水路にコンクリートライニングを導入することは必要ではない。

4.1 章で示した将来の目標灌漑効率によると、支線水路が受け持つ配水効率（distribution efficiency）につき現況の 0.88 から 0.92 に上昇させれば必要な総合灌漑効率の改善、すなわち節水が可能となる（表 4.1.15 の Case B 参照）。すなわち、全線ライニング時の配水効率を最大値の 0.95 と仮定すれば、支線水路全延長の約 6 割をライニングすれば必要な節水量は可能となる。

(0.92 – 0.88) / (0.95 – 0.88) = 0.57 say 60%
Where:
0.92: required distribution efficiency in 2037
0.88: current distribution efficiency
0.95: distribution efficient at the full concrete lining canal (assumed)

上記に基づいてコンクリートライニングを行うべく選択した優先地区ごとの支線水路を下表に示す。基本的には上流部からライニングを行うことを前提に、水路底幅 6m 未満の水路を全路線長の 60%にて選択している。なお、Abo Shosha 地区と Aros Abo & Seer 地区ではこれまでコンクリートライニングは実施されていないが（2023 年 3 月時点）、Kased 地区においては既に MWRI によってライニングが実施されている。この既施工済み延長を含めて 6 割のライニングを目標としている。

表 4.6.3 Abo Shosha 地区の支線水路リスト

Canal Name	Length	Canal Bed Width	Canal Depth	Canal Name	Length	Canal Bed Width	Canal Depth
1. Target Branch Canal for Concrete Lining				**2. Non-target Branch Canal for Concrete Lining**			
Abo shousha Branch 1	4.560Km	2.00m	2.50m	**(1) Sub-branch canal of Talt canal**			
Mesqa Aref	2.100Km	2.00m	2.00m	Branch Beshry	1.120Km	2.00m	2.00m
Abo Shosha Branch 2	2.840Km	1.50m	2.50m	Branch Sliem Bek	3.020Km	2.00m	2.00m
Abo Shosha Branch 3	2.000Km	2.00m	2.00m	Branch Sliem Al Mostagad	0.950Km	2.00m	2.00m
Talt canal	8.600Km	5.00m	3.00m	Branch Shafik	2.260Km	2.00m	2.00m
Talt branch	2.300Km	2.00m	2.00m	Branch Al Kordy	0.500Km	2.00m	2.00m
Shawky	2.050Km	2.00m	2.00m	Branch Moa'wad	0.900Km	2.00m	2.00m
Henna	2.740Km	2.00m	2.00m	Branch Tela	2.700Km	2.00m	2.00m
Tawfik	1.650Km	2.00m	2.00m	Branch Al berawy	0.590Km	2.00m	2.00m
Branch 1 Abo Shousha	1.760Km	2.00m	2.00m	Branch 1Talat	1.840Km	2.00m	2.00m
Kamoun	0.560Km	2.00m	2.00m	Branch 2Talat	0.680Km	2.00m	2.00m
Mazoura	2.625Km	2.00m	2.00m	Branch 3Talat	3.000Km	2.00m	2.00m
Nousir	0.770Km	2.00m	2.00m	**(2) Sub-branch canal of El Sheikh Abid**			
Belani	1.760km	2.00m	2.00m	Branch 3 Al Shiekh Abid	2.590Km	2.00m	2.00m
El Sheikh Abid	2.680Km	3.00m	3.00m	Branch Al Shantoutor	2.480Km	2.00m	2.00m
Walida	2.750Km	2.00m	2.00m	Branch Saburu	1.470Km	2.00m	2.00m
Al Kassaba	1.330Km	2.00m	2.50m	Branch 2 Al Shiekh Abid	1.370Km	2.00m	2.00m
Branch (1) Abo Shousha	4.690Km	2.00m	3.00m	Branch 1 Al Shiekh Abid	0.530Km	2.00m	2.00m
Branch (2) Abo Shousha	1.000Km	2.00m	2.00m	**(3) Sub-branch canal of Branch (1) Abo Shosha**			
Dashtout	2.600Km	3.00m	3.00m	Infront Al Salibiyah Regulator	3.330Km	2.00m	2.00m
End of Abo Shosha Main Canal	1.905Km	2.50m	2.50m	Branch Khalil	1.360Km	2.00m	2.00m
Total (a)	**53.270Km**	**(61%)**		**(4) Sub-branch canal of Dashtout**			
				Branch 1 Dashtout	1.550Km	2.00m	2.00m
				Branch Kom Al nour	0.980Km	2.00m	2.00m
				Branch 2 Dashtout	0.900Km	2.00m	2.00m
				Total (b)	**34.120Km**	**(39%)**	
				Grand Total (a)+(b)	**87.390Km**	**(100%)**	

出典：JICA 調査団

表 4.6.4 Aros & Abo Seer 地区の支線水路リスト

Canal Name	Length	Canal Bed Width	Canal Depth	Canal Name	Length	Canal Bed Width	Canal Depth
Target Branch Canal for Concrete Lining				**Non-target Branch Canal for Concrete Lining**			
(1) Aros				**(1) Aros**			
Bahr Aros (main)	9.610km	5.00m	2.00m	Bahr AL Ghaba	9.920km	3.00m	1.50m
Bahr Defno Al oumomy	9.550km	3.00m	1.50m	Bahr Itsa al kebly	3.700km	3.00m	1.50m
Bahr Abo Al meir	7.590km	3.00m	1.50m	**Sub-total**	**13.620km**	**(29%)**	
Sub-total	**26.750km**	**(57%)**		**(2) Abo Seer**			
(2) Abo Seer				Bahr Omar Bek	0.910km	1.00m	1.50m
Bahr Abo Sir (main)	3.770km	2.00m	1.50m	**Sub-total**	**0.910km**	**(2%)**	
Al Kashif	0.990km	2.00m	1.50m	**Total (b)**	**14.530km**	**(31%)**	
Extension Bahr AboSeer	0.740km	2.00m	1.50m	**Grand Total (a)+(b)**	**46.780km**	**(100%)**	
Sub-total	**5.500km**	**(12%)**					
Total (a)	**32.250km**	**(69%)**					

出典：JICA 調査団

表 4.6.5 Kased 地区の支線水路リスト

Canal Name	Length	Canal Bed Width	Canal Depth	Canal Name	Length	Canal Bed Width	Canal Depth
Target Branch Canal for Concrete Lining				Waslet Damat	2.10km	2.00m	2.00m
Ekhnway	4.40km	3.00m	3.00m	Ganbia5 of Kased	1.80km	2.00m	2.00m
Sbrebay	14.10km	5.00m	3.00m	Ganbia6 of Kased	1.70km	2.00m	2.00m
Ganbia1 of Shabsher	7.20km	5.00m	3.00m	Shoubra Baloola	6.70km	3.00m	2.50m
Smella	10.30km	5.00m	3.00m	Sourad	7.90km	2.50m	2.00m
Damat	11.50km	5.00m	3.00m	Negreeg	1.20km	3.00m	3.00m
Qotor	7.50km	5.00m	3.00m	El Fahimia	2.30km	3.00m	3.00m
Al Samahat	15.20km	5.00m	3.50m	Al Gamayel Al Qebliya	3.00km	7.50m	2.00m
El Taaleb	10.10km	5.00m	3.50m	Shenno	5.60km	2.00m	2.00m
Mehdet el kasab	4.10km	5.00m	2.00m	Al Gamayel Al Bahiriya	4.20km	3.00m	2.50m
EL Ghamria	6.00km	5.00m	3.00m	El Shakria	14.00km	3.00m	3.00m
Total	**90.40km**	**(34%)**		Rewina	20.20km	15.00m	3.50m
Non-target Branch Canal for Concrete Lining (including previously lined canal: 70.37km)				Al Muit Al Sharkqi	4.30km	3.00m	2.00m
Al kased	7.20km	10.00m	4.00m	Shaboora	1.90km	7.50m	3.00m
Qaem Tanta	1.40km	2.00m	2.00m	Dalil El Ghamia	2.30km	2.00m	2.00m
Qohafa El Gedida	2.60km	2.00m	2.00m	Sandella	9.10km	10.00m	3.50m
Al Awqaf	2.90km	2.00m	2.00m	El Khraba	5.00km	2.00m	2.00m
El Melqa	5.10km	3.00m	2.50m	Om Dokhan	3.00km	3.00m	3.00m
Gann. Shabashir	11.20km	3.00m	3.00m	Al Saath	2.70km	2.00m	2.00m
Abo Kharouf	2.80km	2.00m	2.00m	Al Saath Feeder	1.00km	2.00m	2.00m
Qahafa new	1.70km	2.00m	2.00m	Direct absorption btw G6 and Sorad Regulator	14.10km	5.00m	3.00m
Om Rabee	3.70km	2.00m	2.00m	**Total**	**173.00km**	**(66%)**	
El Wrety	2.00km	2.00m	2.00m	**Grand Total**	**263.40km**	**(100%)**	
Segen	3.60km	2.00m	2.00m	Total length of previously lined canal (a) =			70.37Km
Ganbia2 of Kased	3.50km	2.00m	2.00m	Total length of target branch canal for concrete lining (b) =			90.40Km
El Nashw	4.20km	2.00m	2.00m	(a) + (b) =			160.77Km
Boreg	3.60km	3.00m	3.00m	Total length of branch canal (c) =			263.40Km
Ganbia4 of Kased	3.40km	2.00m	2.00m	**Percentage of lined canal (previously lined canal and target branch canal) =**			**(a+b) / c =61%**

出典：JICA 調査団

4.6.6 コンクリートライニングによる浸透量の低減

本項では、支線水路にコンクリートライニングを導入することで、どの程度水路からの浸透量が低減されるかについて下記の 2 ケースを対象に試算を行う。

- ✓ コンクリートライニングに伴う配水効率向上による浸透量低減
- ✓ 蒸発と浸透を別々に考慮した場合の浸透量の低減

1）配水効率向上による浸透量低減

表 4.6.6 は、前出 4.1.2 で推定した灌漑効率を示したものである。なお、本節の灌漑効率は排水の再利用を考慮したものであり、農地に供給される灌漑水には排水の再利用が含まれるため、淡水のみに対する灌漑効率ではない。下表に示すように、現在の配水効率は 0.88 と推定されるが、支線水路へのコンクリートライニングの導入により、5%増を仮定して 0.93 の配水効率が期待される。

FOA や ILRI は最大配水効率として 0.95 を提示しているが、支線水路への全面的なコンクリー

トライニングが導入される場合、最大では 0.95 程度の配水効率となることが想定される。したがい、現在の総合灌漑効率 0.55 は、支線水路へのコンクリートライニング導入により 0.59～0.60 まで上昇することが予想される。

表 4.6.6 支線水路へのコンクリートライニング導入による灌漑効率の変化

Condition	Overall Irrigation Efficiency	Conveyance Efficiency	Distribution Efficiency	On-farm Efficiency
Current	0.55	0.90	0.88	0.70
With Lining works (+5% up)	**0.59**	0.90	**0.93**	0.70
With Lining works (max 0.95)	**0.60**	0.90	**0.95**	0.70

出典：JICA 調査団

表 4.6.7 は、支線水路にコンクリートライニングを施すことで実現する配水効率の向上により、どの程度の利用可能水量の増加が見込まれるかを示している。この試算は、Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路の受益地において、将来の設計流量を対象に行っている。表からわかるように、配水の効率化によって新たに約 16～20 cum/s の灌漑水がもたらされ、これは作物が利用できる水量の 7～9%増に相当する。作物が利用できる水量の増加は、コンクリートライニングによる損失の減少からもたらされると仮定すると、支線水路へのコンクリートライニングは、水路系全体からの損失を 7～9%減少させると言える。

表 4.6.7 支線水路のコンクリートライニング導入による損失低減

Condition	Overall Irrigation Efficiency	Bahr Yusef	Ibrahimia	Available Water	Balance cum/s	Increment %
		232 m3/s	166 m3/s	398 m3/s		
Current	0.55	127.60	91.30	218.90	-	-
With Lining works (+5% up)	0.59	136.88	97.94	234.82	15.92	7.3%
With Lining works (max 0.95)	0.60	139.20	99.60	238.80	19.90	9.1%

出典：JICA 調査団

2) 蒸発と浸透を別々に考慮した浸透量の低減

水路からの蒸発と浸透を別々に考慮して、浸透量の低減量を試算する。コンクリートライニングは浸透損失を完全に防止できると仮定して、水路の水面からの蒸発損失の推定を行う。水深 2～3m、幅 5～20m の標準的な支線水路を仮定し、水面からの日蒸発量は 7 月期の Quarn 湖の蒸発量に相当する 7mm／日とし、配水効率を 0.88 とした場合の浸透量の低減を試算する。

現在の配水効率を 0.88 とすると、浸透と蒸発を合わせた全体の損失量は 12%（1－0.88）となるが、下表によれば、蒸発損失は全水量に対してわずか 2～3%程度である。したがい、100%防水を仮定した水路ライニングを施した場合、支線水路からの損失はわずか 2～3%で収まることとなり、結果、97～98%という高い配水効率が得られることとなる。

表 4.6.8 標準的な支線水路断面からの蒸発損失量の推定

Particulars	Unit	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
Canal Depth	m	3	2	3	2	3	2
Canal Width	m	20	20	10	10	5	5
Canal Length	m	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
Unit Evaporation 1/	mm/d	7	7	7	7	7	7
Distribution Efficiency	-	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
Volume	m3	600,000	400,000	300,000	200,000	150,000	100,000
Water Surface Area	m2	200,000	200,000	100,000	100,000	50,000	50,000
Evaporation	m3/day	1,400	1,400	700	700	350	350
Canal Loss	m3/day	72,000	48,000	36,000	24,000	18,000	12,000
Ratio of Evaporation	%	2%	3%	2%	3%	2%	3%

注：1/ ESTIMATION OF EVAPORATION FROM LAKE QARUN USING STANDARD METEOROLOGICAL MEASUREMENTS（2006 年）によると、Quan 湖からの最大蒸発量は夏場に生じ、その値は 7.099mm/日である。
出典：JICA 調査団

配水効率が 97～98%となることから、搬送効率 0.90、圃場灌漑効率 0.70 を想定すると、総合灌漑効率は 0.61～0.62 となる（表 4.6.9 参照。現在の灌漑効率は 0.55)。この灌漑効率を適用すると、作物が新たに利用できる水量は約 11～最大 13%増加するが（表 4.6.10 参照)、これはコンクリートライニングによる浸透防止に由来すると考えられる。実際には、コンクリートライニングには 3m ごとに伸縮継手がある他、将来的にひび割れが発生する可能性もあるため、10%程度のロス削減が妥当と考えられる。前出の試算結果 7.3～9.1%減とあわせて考察すれば、支線水路にコンクリートライニングを導入することで 10%程度の損失低減が可能であると思われる。

表 4.6.9　支線水路へのコンクリートライニング導入による灌漑効率の変化

Condition	Overall Irrigation Efficiency	Conveyance Efficiency	Distribution Efficiency	On-farm Efficiency
Current	0.55	0.90	0.88	0.70
With Lining works	**0.611**	0.90	**0.97**	0.70
With Lining works	**0.617**	0.90	**0.98**	0.70

出典：JICA 調査団

表 4.6.10　支線水路のコンクリートライニング導入による損失低減効果

Condition	Overall Irrigation Efficiency	Bahr Yusef	Ibrahimia	Available Water	Balance cum/s	Increment %
		232 m3/s	166 m3/s	398 m3/s		
Current	0.55	127.6	91.3	218.9	-	-
With Lining works	0.61	141.52	101.26	242.78	23.88	10.9%
With Lining works	0.62	143.84	102.92	246.76	27.86	12.7%

出典：JICA 調査団

4.7 水管理システム（コンポーネント 6）

灌漑水路の水管理は、MWRI が基幹水路から末端施設である Meska の取水口までを行い、Meska 以降は利水者や WUA が水管理を行っている。幹線水路とそれ以降の地域内の水路システムは、MWRI が経験的に蓄積してきた調整堰等の下流側水位を基本に水管理を実施している。本節では灌漑施設の新設や改修に合わせた水管理システムの改善を計画する。なお、上エジプト地区の水管理は、2023 年時点で建設中の新ダイリュート堰群に含まれているため、ここでは Kased 地区の水管理について計画を策定する。

4.7.1 水路における既存の水配分状況

1）基幹水路レベルの広域の水管理

MWRI は、基幹水路から支線水路までの水路システムを区域に分割して水管理を実施している。灌漑システムの水管理は、ナイル川の取水から基幹水路レベルの主要施設まで、IS 配下の水配分部が行っている。そして、上エジプト（Assuit）と下エジプト（Tanta）の各分水局が、地域別に管理を行っている。ナイル川の取水や Dirout 堰群のような大規模施設や県境施設では、水配分部の直轄で水管理が行われる。その他の基幹水路沿いの主要施設、灌漑区（Irrigation District：ID）境界にある施設は、各地方局（General Directorate：GD）が管轄区域の水管理を担っている。

2）幹線水路以降の地域内レベルでの水管理

地域内レベルでは、MWRI はアスワンハイダム竣工以降の経験を基にした水位による水管理を行っている。そして、地域内の水路での水管理は GD が担っている。この水管理は、GD の指示のもとで日々のゲート操作等が ID により行われている。各 ID にはバハリと呼ばれるオペレーターが配置されており、ゲート等の操作と水位観測を行っている。

主要な施設の水位情報は、ゲートオペレーターから GD、上･下エジプト分水局を介し、カイロの水配分部に報告される。一方、調整堰や取水ゲートの操作指示は、水位情報の報告の流れと逆方向に出される。これらの報告と指示は携帯電話で行われ、通常は早朝と夕方の 1 日 2 回の水位調整が行われている。サブ地域は、基幹水路から分岐する水路システムから構成されており、複数の GD、多数の ID がそれぞれの区域を管轄している。

3）圃場レベルにおける水管理

MWRI は、ほとんどの地域でローテーション灌漑により計画配分量に応じた用水供給を行っている。ローテーション灌漑による用水供給は、2 交替輪番制（5 日通水、5 日断水）や 3 交替輪番制（5 日通水、10 日断水）などが地域や作期によって実施されている。ただし、Fayoum 県は、他の県に比べて地形勾配が大きいため、重力灌漑方式のシステムとなり Meska まで連続通水となっている。

MWRI は Meska の取水口の水路までの水管理を管轄し、Meska 以降の水管理は利水者や WUA により行われている。ここでは、支線水路から供給される用水の範囲で需要に応じた水利用が行われている。各 Meska は、支線水路レベルで実施されるローテーションの通水開始とともに、一斉に取水を開始する。そのため、農民所有の取水ポンプの運転が多い間は支線水路の水位は低下する。

その後、夜間には取水が大幅に減少するため、支線水路の水位は再び上昇し始める。しかし、支線水路下流部の Meska まで距離があるため、全ての農家の取水が行えるようになるまで時間を

要する。このため、一般的に下流部の農家は上流部の農家よりも灌漑用水を取水できる日数が少なくなる。取水は上流部が優位であり、下流部は上流部の取水状況に影響を受けることとなる。

4）公平な水管理への期待

前述の通り MWRI による水管理は、長年にわたり実施されてきたものであり、現場での水管理の経験が蓄積された技術である。しかしその一方で、営農形態の多様化に伴う水需要変化への対応、供給量に基づくリアルタイムな水配分への対応、水資源の有効利用への要請、近代灌漑システム導入に伴う節水農業への対応など、昨今の時代の要望に向けた柔軟かつ公平な水管理が求められる。

こうした広域な水配分に対する農家の要望や関心の高さとともに、視覚的に水配分の状況を確認したい要望や、MWRI による拡張性が高く安価なテレメトリー施設の整備の進行等に伴い、公平でリアルタイムに対応しうる適切な水配分への強いニーズが挙がってきている。

4.7.2 マクロ・メゾレベルでの水管理の向上

1）新 Dirout 堰群統合水管理システム

新 Dirout 堰群建設事業では、基幹水路内の主要な施設である取水口と堰等に情報取得と伝達を主目的とする水管理機器を設置する計画である。そして、取得した情報を中央管理所に集積して処理することを通じて、水管理の公平性、信頼性などの向上を図る統合水管理システムが提案されている。

統合水管理システムでは、複数の水管理施設の情報を一元的に管理する。このことにより、現在の情報による監視と情報の伝達/処理のプロセスを改良する。結果、送水系の機能を持つ基幹水路の複数施設の複合的な操作による流下水量の調節と検証も可能とし、供給量を上限とする公平な水管理の実現や用水到達時間を反映した効率的な分水管理の実現などを期待するものである。

水管理の対象範囲は、受益地の根幹を成している灌漑施設を監視の対象とするものであり、基幹水路沿いにある灌漑施設を対象としている。水管理システムの対象となる施設の選定にあたっては、基幹水路の基点となる施設、基幹水路沿いで管理上に重要な施設、基幹水路から幹線水路への分水量の大きい分水工が管理対象となる。

・主要な分水･水位調整施設
　Ibrahimia 取水口、Dirout 堰群、Bahr Yusef 基幹水路沿いの調整堰、Ibrahimia 基幹水路沿いの調整堰
・基幹水路沿いの主要な幹線水路の取水口

2）水管理システム改善

本調査においても、新 Dirout 堰群建設事業で提案した統合水管理システムにおける監視対象施設の選定コンセプトを参考として、主要な調整堰や取水口を選定する。各 GD（Gharbia、Beni Suef、Fayoum）、タンタ水配分部、カイロ水配分部への聞き取りを通じて、監視対象は調整堰、取水口、堰、県境に位置する施設などが要望として挙がった。

ここで、3 つの事業対象地区のうち、Kased 水路は Gharbia 県と Kafr El Sheik 県に跨る水路である。そのため、同一の県内を流れる Abo Shosha 水路（Beni Suef）と Aros & Abo Seer 水路（Fayoum）の状況と比べると、Kased 水路では水管理状況や Gharbia 県下流の Kafr El Sheik 県への配水状況を

広域に監視することが求められる。

また、近代灌漑施設の導入と合わせて、既存の潅漑ローテーション日数を新たに変更することも考えられる。そのためには、長大な支線水路において、用水の到達状況を確認するために中流地点と下流地点での水位をモニタリングすることを提案する。

Kased 水路と長大な支線水路の監視を目的として、Kased 水路の監視施設は Kased 水路沿い調整堰、Gharbia GD と Kafr El-Sheikh GD の管轄区域にある主要な支線水路取水口、Tanta 1 堰の上流で分水する支線水路沿いの中流地点と上流地点を対象とする。表 4.7.1 に監視要望の施設を示す。

表 4.7.1 監視対象の要望施設と監視機器

GD	Canal	Name	Facility	Proposed Facility	Responsible Project
Gharbia	Kased	Kased Intake	Regulator	WL, CCTV, Gate Status, Discharge	IWRMIP
		Tanta 1	Regulator	WL, CCTV, Gate Status	
		Tanta 2	Regulator	WL, CCTV, Gate Status	
		Mahlet Menouf	Regulator	WL, CCTV, Gate Status	
		Site-1	Intake	WL, CCTV, Gate Status, Discharge	
		Site-2	Intake	WL, CCTV, Gate Status	
		Site-3	Intake	WL, CCTV, Gate Status	
		Site-4	Intake	WL, CCTV, Gate Status	
		Site-5	Intake	WL, CCTV, Gate Status	
		Site-6	Intake	WL, CCTV, Gate Status, Discharge	
		Site-7	Cana	WL	
		Site-8	Canal	WL	
		Sorad	Regulator	WL, CCTV, Gate Status, Discharge	
		-	Monitoring Room	Monitoring System	
Beni Suef	Abo Shosha	Abo Shosha	Intake	WL	New Dirout Project
		Hadir	Weir	WL	Telemetry Section
Fayoum	Aros	Aros	Weir	WL	Telemetry Section
		Nasba End	Tail End	WL	
	Abo Seer	Abo Seer	Intake	WL	Telemetry Section
		Canal End	Tail End	WL	

備考：WL(Water Level：水位観測)、CCTV（Closed-Circuit Television Camera：監視カメラ）、Gate Status（ゲート開度状態）、Discharge（Acoustic Doppler Current Profiler（ADCP：超音波流速計）による流量観測）
出典：JICA 調査団

広域に水管理状況を把握するには、全体面積に対して各取水口からの配水面積を大きい順に整理し、その配水面積の総計で約 80%の取水口を監視対象とすれば十分であるとされている。そこで、Kased 水路沿いでの監視対象となる支線水路取水口は、全体面積（95,976 feddan）に対して上位から 80%までの潅漑面積（75,781 feddan）に相当する箇所を選定する（表 4.7.2 参照）。図 4.7.1 に、Kased 水路での監視対象施設を示す。

表 4.7.2 監視対象施設がかりの地区名と面積

Name	Facility	Name of Covered Area			Area (feddan)	Area (%)
Site-1	Intake	・Qohafa El Gedida ・Al Awqaf ・El Melqa	・Gann. Shabashir ・Abo Kharouf ・Sbrebay	・Ganbia1 of Shabsher	14,115	15.0
Site-2	Intake	・El Wrety	・Smella	・Segen	5,506	6.0
Site-3	Intake	・Damat	・Waslet Damat		5,306	6.0
Site-4	Intake	・Sourad	・Negreeg		5,505	5.0
Site-5	Intake	・Al Samahat			6,307	7.0
Sorad	Regulator	・Al Gamayel Al Qebliya ・Shenno	・Al Muit Al Sharkqi ・Shaboora	・Om Dokhan ・Al Saath	39,542	41.0

Name	Facility	Name of Covered Area			Area	
					(feddan)	(%)
		・Al Gamayel Al Bahiriya ・El Shakria ・Rewina ・Mehdet el kasab	・Dalil El Ghamia ・EL Ghamria ・Sandella ・El Khraba	・Al Saath Feeder ・G1 Elyosra for Elkased ・Direct btw G6 and Sorad Regulator		
					75,781	80%

出典：JICA 調査団

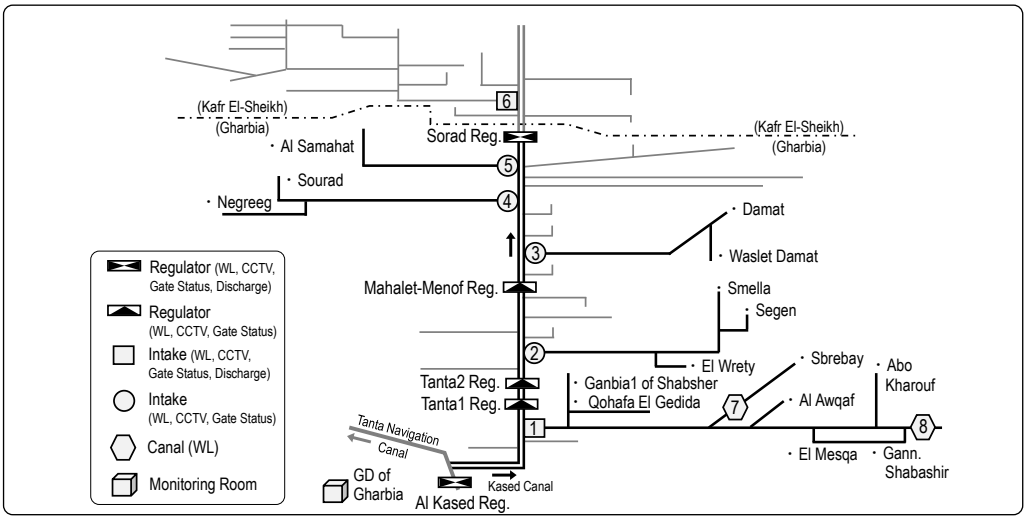


図 4.7.1　Kased 水路掛かりでの監視対象施設
出典：JICA 調査団

Abo Shosha 水路と Aros & Abo Seer 水路では、既に新 Dirout 堰群建設事業で監視対象となっている施設は本調査での対象施設から除外する。なお、MWRI のテレメトリー部が、Beni Suef や Fayoum の主要な施設に水位計等を設置して、収集データを e-mail で 1 時間ごとに配信するシステムを運用している。Abo Shosha 水路と Aros & Abo Seer 水路における各 GD の要望施設は、既に運用実績を持つテレメトリー部のシステムの対象とすることを提案する。

3）Kased 水路における水管理システム構想

Kased 水路における水管理レベルは、遠方からの調整堰のゲート制御機能は持たずに、遠方からの水位監視と CCTV 映像等の監視のみとする。遠方からゲート操作を行わない理由は、離れた地点での操作には、ゲート開閉時の安全確認やゲート操作時の異音などによる故障の早期発見などの機会を失うことになるためである。安全管理の観点、施設の日常点検管理の観点等から、現時点では遠方からのゲートの開閉制御までは行わないこと提案をする。調整堰の水位データと CCTV 映像、取水口の水位データは、Gharbia GD 事務所内にモニタリングルームを設置して遠隔監視を行う。

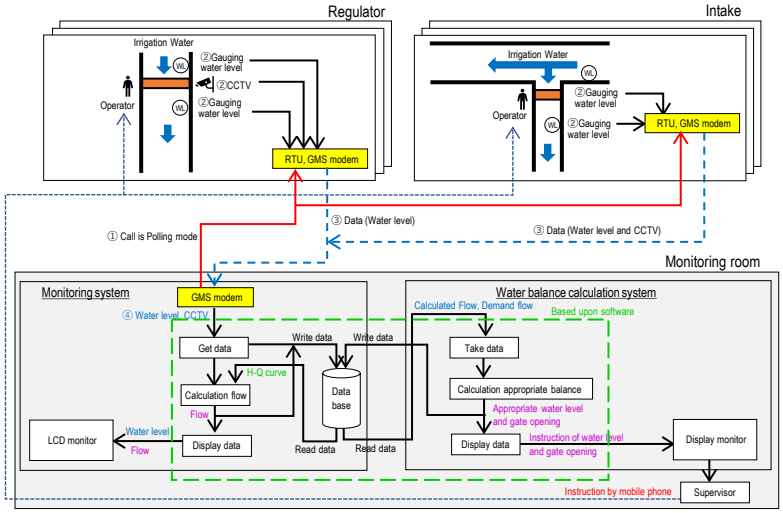
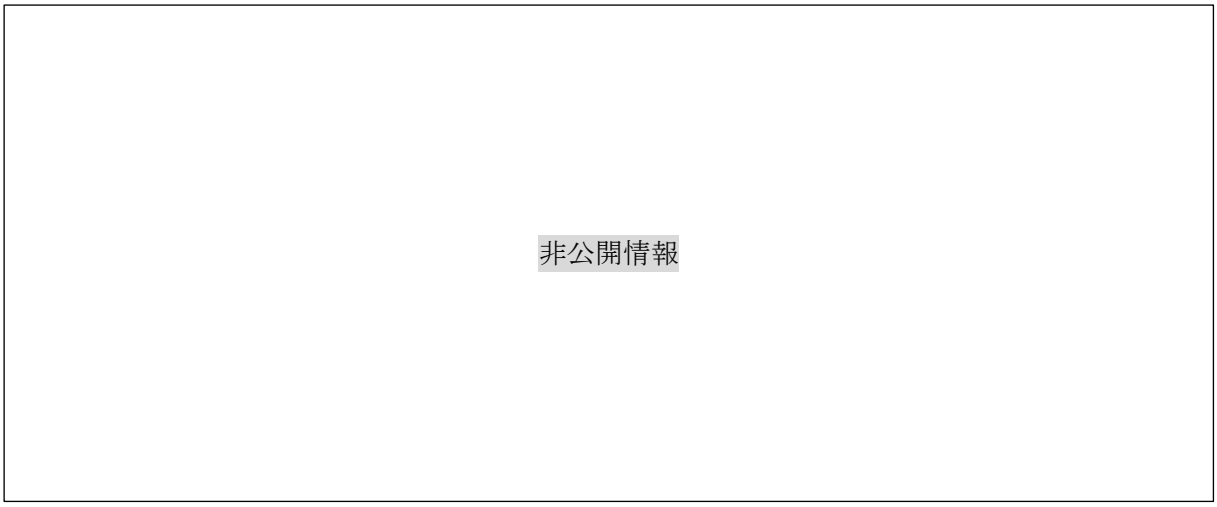


図 4.7.2　水管理システムのデータフロー図（例）
出典：JICA 調査団

将来的には、供給量と需要量を比較した水収支バランスの検討なども行うことも想定し、モニタリングシステムには演算機能を付加する。図 4.7.2 に水管理システム改善のデータフロー図（例）を示す。これは、新 Dirout 堰群建設事業で提案されているシステムであり、詳細については、将来的には各種機器の知見を有する MWRI テレメトリーセクションの知見を活かしていく。



4.7.3 栽培面積を適宜フォローー可能な視覚的水管理システムの導入

先進的な水管理方法として、作付面積をフォローするための衛星画像分析の導入を提案する。これにより、MWRI は作付け状況、また収穫が行われた面積の情報を取得し水管理システムに反映させることが可能となる。現在、一般に公開されている衛星画像（SAR や光学画像）を取得することで直近の作付け状況を把握することが可能である。この情報を用い、作付け範囲の変遷や作物の生育段階を考慮して灌漑水の供給を管理することを提案する。また、衛星画像解析により生育不良といったより多くの用水供給を必要とする範囲を把握することも可能である。

表 4.7.4 は無料で一般公開されている衛星画像システムをまとめたものである。多くの場合、およそ 1 日で衛星画像が取得可能であり、図 4.7.3 に例示するように、灌漑システムを運営する GD や ID は作付けの状況を迅速に把握することができる。また、衛星画像を参照することで圃場の状態に応じた水管理、すなわち水不足地域の把握、そこへの配水量の増加といった管理を行うことが可能となる。

表 4.7.4 一般公開されている衛星画像システム

Operation	Name	Method	Type	Resolution	Interval	Data release	Remarks
USGS	Landsat-8	Optical	Level1	30m	16days	Within 24 hours	TOA
USGS	Landsat-8	Optical	Level2	30m	16days	14-16 days later	SR
ESA	Sentinel-2	Optical	Level-1C	10m	5days	Within 6 hours	TOA
ESA	Sentinel-2	Optical	Level-2A	10m	5days	Within 8 hours	BOA
ESA	Sentinel-1	SAR	SLC	5m×20m	12days	Within 24 hours	Northbound orbit (or Southbound orbit)
ESA	Sentinel-1	SAR	GRD	10m	12days	Within 24 hours	Northbound orbit (or Southbound orbit)

TOA: Top of Atmosphere BOA: Bottom of Atmosphere SR: Surface Reflectance
出典：JICA 調査団

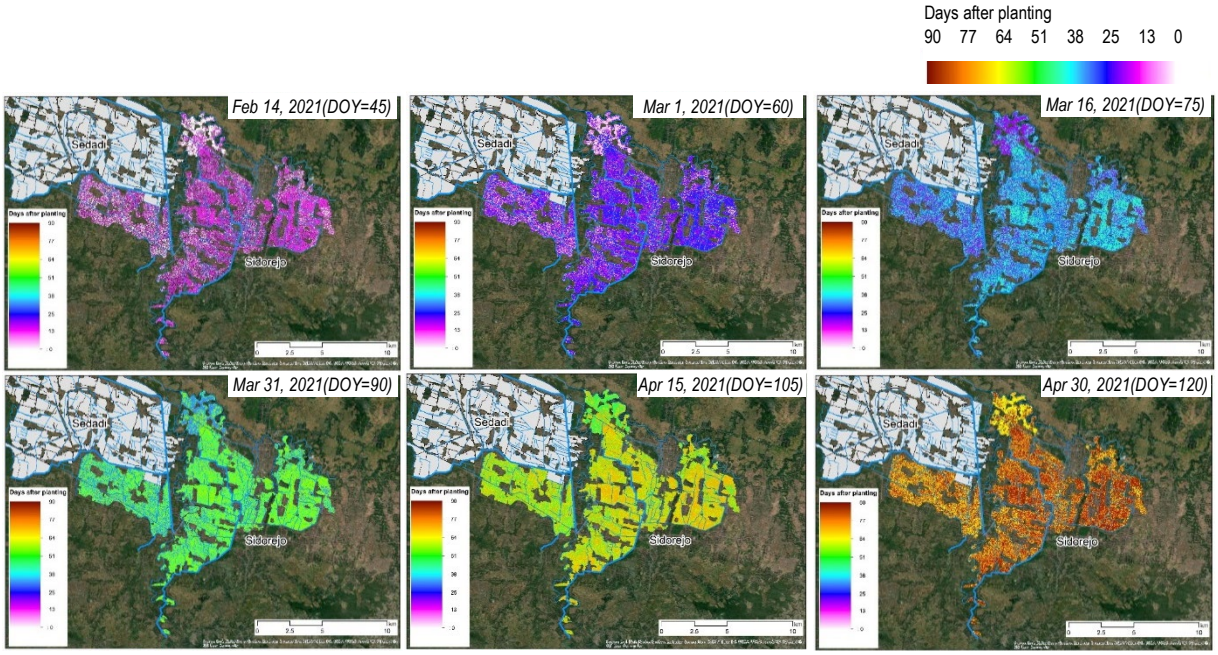


図 4.7.3　ある地区における栽培状況を示す衛星画像例
注：DOY は年の初めからの経過日数を示す（2/14 の場合は DOY45 となる）　出典：JICA 調査団

衛星データや計器の観測データを参照することで適宜の水管理が可能となるほか、それらデータを蓄積することで、翌年以降の灌漑計画策定や供給水量の精緻化に役立てることができる。図 4.7.4 に示されるとおり、衛星画像解析と監視管理システムの統合は用水の効率的利用と非利用水量の削減による高度な灌漑管理を実現する。このような適切な灌漑管理を継続させるためには、運用マニュアル･ガイドラインの整備と人材育成なども必要となる。

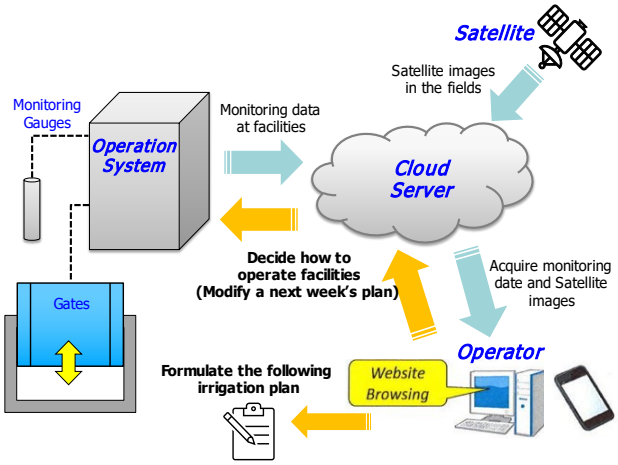


図 4.7.4　近代的な水管理システム概念図
出典：JICA 調査団

4.8 維持管理用機材の調達（コンポーネント 7）

灌漑施設の維持管理は水路維持管理局（Central Directorate for Canal Maintenance）が担当している。本件事業対象地域には Gharbia 事務所と Minya 事務所があるが、これら事務所の保有している維持管理用機材は全体的に老朽化が進んでおり、メンテナンスや修理に手間を要している（3.7 灌漑施設の維持管理を参照）。また、ワークショップ内にある機材についても、1984 年に USAID によって供与されたものと、MWRI が 1980～1990 年代頃に調達したものがあるが、かなり老朽化している。

本調査にて、維持管理用機材およびワークショップ機材に関する聞き取り調査を Gharbia 事務所と Minya 事務所に対して行ったが、聞き取り調査より、現有する機材の更新と新たな機材の導入の要望があることが確認された（3.7 灌漑施設の維持管理を参照）。そのため、維持管理用機材およびワークショップ機材の調達を計画する。なお、従前の維持管理に加えて、現在、MWRI が進めているコンクリート水路に対する維持管理は新しい作業となる（従前は土水路の維持管理である）。

4.8.1 コンクリートライニング水路の維持管理方法

MWRI は 2020 年より節水対策の一環として、間断灌漑（Intermittent Irrigation）を行っている支線用水路に対し、コンクリートライニング工事を実施している。コンクリートライニングは敷幅 6m 以下の支線用水路を対象としており、大半は無筋コンクリートによるライニングである。水路維持管理局はコンクリートライニング水路の維持管理を実施した実績がないため、コンクリートライニング水路の維持管理方法とそれに必要な機材の調達を新たに検討する必要がある。

通常、用水路内の堆積土砂、水草、ゴミ等の除去はロングアームバックホー等を用いて実施されている。しかしながら、コンクリートライニング水路での作業を実施する場合、バックホーのバケットがコンクリートを破損させる恐れがある。このため、コンクリートライニング水路内の堆積物および浮遊物の除去は以下の方法にて実施する。

- ✓ 用水路の敷幅が 5～6m 程度の場合、ブレードを装着した小型トラクターで水路床に堆積した土砂を集積し、バックホーで水路外に除去する。なお、コンクリートへのダメージを防ぐため、トラクターはクローラタイプとし、ゴムキャタピラを装着する。
- ✓ 敷幅が 1～2m 程度の小規模な用水路の維持管理にあたっては、必要に応じて人力による除去作業を実施する。

なお、トラクターを用水路内に侵入させる際には、水路法面のライニング部の破損を避けるため、設置・撤去が可能なコンクリート床版もしくはステップブロック等を用水路法面に設置する（図 4.8.1 参照）。

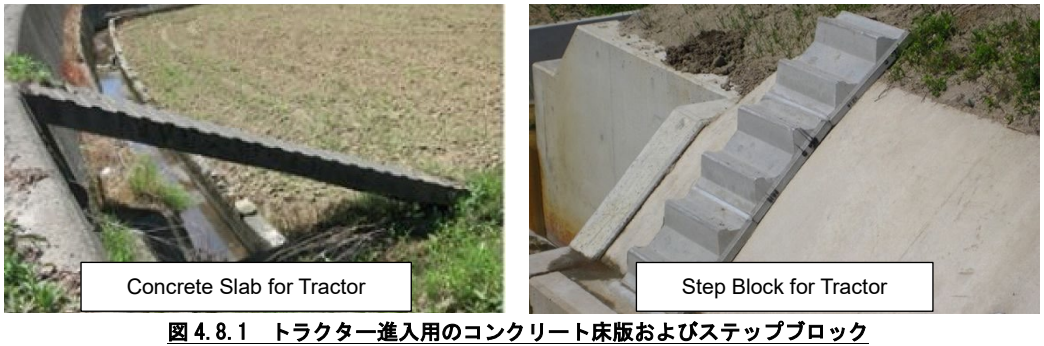


図 4.8.1 トラクター進入用のコンクリート床版およびステップブロック
出典：株式会社 ホクコン

4.8.2 水路維持管理用機材の更新・導入

水路の維持管理用機材は、以下の方針で必要な機種を選定する。

- ✓ ほぼ全ての機材が老朽化しているため（耐用年数を超えている）、用水路の維持管理に必要な機材は全て更新する。該当する機種は、Long Armed Hydraulic Excavator、Hydraulic Excavator (Standard Type)、Wheel Loader、Backhoe Loader、Dump Truck 等である。
- ✓ 用水路の維持管理作業（堆積土砂、水草、ゴミ等の除去）の効率化を図る必要がある。このため、水路維持管理局で保有実績が無い、もしくは保有実績が少ない機種であっても、作業の効率化に寄与する機種を新たに導入する。該当する機種は、Floating (Amphibious) Hydraulic Excavator、Small Mowing Boat、Mowing Machine for Submerged-grasses である。
- ✓ コンクリートライニング水路（支線用水路）の維持管理のための機材を導入する。該当する機材は、Tractor (Rubber Crawler Type)と Plastic Bucket (Attachment of Hydraulic Excavator)である。
- ✓ 現場で故障した機材は、修理のためにワークショップまで運ぶ必要があり、水路の維持管理作業の進捗に支障が出ている。このため、現場に急行して機材のメンテナンスと修理を行える機材を導入する。該当する機材は Work Truck (Mobile Workshop)、 Forklift Truck、Truck Loader Crane、Rough Terrain Crane、Low Bed Semi-trailer である。

以上を踏まえて MWRI と協議した結果、表 4.8.1 に示す維持管理用機材を本事業にて調達する計画とする。なお、表 4.8.1 に示した維持管理用機材の使用目的は表 4.8.2 に対応している。

表 4.8.1 維持管理用機材 調達リスト

No.	Name of Machinery	Specification	Required Number		Purpose of use *1
			Gharbia Office	Minya Office	
1	Long Armed Hydraulic Excavator	14ton class, Bucket capacity: 0.28m3	1	1	(a), (b), (c)
2		30ton class, Bucket capacity: 0.69m3	1	1	
3	Hydraulic Excavator (Standard Type)	7ton class, Bucket capacity: 0.30~0.37m3	1	1	(a), (b), (c), (d)
4		20ton class, Bucket capacity: 0.50~1.20m3	1	1	
5	Floating (Amphibious) Hydraulic Excavator	20~25ton class, Bucket capacity: about 1m3	1	1	(a), (b)
6	Wheel Loader	16ton class, Bucket capacity: 2.7~4.0m3	1	1	
7		22ton class, Bucket capacity: 3.6~5.2m3	1	1	
8	Backhoe Loader	6~7ton class, Loader bucket capacity: 0.8m3	1	1	(a), (b), (c), (d)
9		7~8ton class, Loader bucket capacity: 1.0m3	1	1	
10	Dump Truck	Loading capacity: 12ton (7m3)	1	1	(e), (f)
11		Loading capacity: 25ton (14~16m3)	1	1	
12	Truck Loader Crane	Maximum loading capacity: 12ton	1	1	(f), (g), (h), (i)
13	Rough Terrain Crane	Maximum loading capacity: 30ton	1	1	(h), (j)
14	Low Bed Semi-Trailer	Width of platform: more than 3.0m	1	1	(i)
15	Tractor (Crawler Type)	3ton class with rubber crawler	1	1	(k)
16	Small Mowing Boat	less than 2ton class, weed harvester	1	1	(l)
17	Mowing Machine for Submerged grasses	2~3ton class, weed harvester	1	1	(l)
18	Work Truck (Mobile Workshop)	Air compressor, welding machine, generator, and mechanic tool set etc.	1	1	(m)
19	Forklift Truck	Diesel engine type, Loading capacity: 7~8ton	1	1	(o)
		Total	**19**	**19**	
		Grand Total	**38**		

*1: (a) ~ (o)は、表 4.8.2 を参照

出典：JICA 調査団

表 4.8.2 維持管理用機材の使用目的

No.	Purpose of Use for Maintenance Machinery
(a)	Removal of sediment soil, garbage, and grasses from the canals etc.
(b)	Loading the removed sediment soil, garbage, and grasses on the truck etc.
(c)	Repair of canal embankment and canal slope etc.
(d)	Various kind of repair work for irrigation facilities
(e)	Transportation of sediment soil, garbage, and grasses to the disposal place
(f)	Transportation of construction material to the work site
(g)	Transportation of steel structures (gate, aqua duct, steel syphon, and screen) to the work site
(h)	Installation of steel structures etc. at work site
(i)	Transportation of maintenance machinery and workshop equipment to the work site
(j)	Loading and unloading of machinery, WS equipment, and steel structures (gate, aqueduct, syphon, screen, etc.
(k)	Gather the sediment soil, garbage, and grasses in the concrete lining canal
(l)	Mow and gather the grasses and garbage in the canal
(m)	Repair of maintenance machinery at work site
(n)	Supplying the fuel, engine oil, and lubricating oil etc. at work site
(o)	Transportation of workshop equipment and steel structures (gate, aqua duct, steel syphon, and screen) etc.

出典：JICA 調査団

機材本体の他に、バックホーのアタッチメント、各機材のスペアパーツおよび消耗品の調達も行う。バックホーのアタッチメントは Skelton Bucket、Slope Bucket、Breaker (Hummer)等である。

4.8.3 ワークショップ機材の更新・導入

ワークショップに設置された機材については、現時点でも問題なく稼働しており、かつ、ワークショップの職員から更新の要望が無い機材（旋盤器（Engine Lathe）や研磨機（Bench Electric Grinder）等）が複数確認された。それらの機材については、本件事業での調達は予定しない。これらを踏まえて、更新もしくは新規調達する機材とその仕様を検討する。具体的には、ワークショップ機材が以下の状況にある場合、必要な性能（仕様）を満たす機材を調達する。

- ✓ ワークショップでの作業に必要であるが故障して稼働していない場合、かつ、修理が不可能な場合（Renewal due to dysfunction）
- ✓ 機材の性能（仕様）が必要な水準に達しておらず、より高性能な機材が必要とされる場合（Renewal due to low performance）
- ✓ 調達当時に比べ、現行の機材における操作性（構造の改良、コンパクト化等）や性能が飛躍的に進歩した場合（Renewal due to outdated）
- ✓ 新規の機材を導入し、鋼構造物の品質向上と作業の効率化を図る必要がある場合（New procurement for steel manufacture）
- ✓ 新規の機材を導入し、油圧で作動する維持管理機材とワークショップ機材の修理を効率的に行う必要がある場合（New procurement for repair of hydraulic system）

以上を踏まえて MWRI と協議した結果、表 4.8.3 に示すワークショップ機材の調達を本件事業にて計画する。

表 4.8.3 ワークショップ機材 調達リスト

No.	Name of Workshop Equipment	Required Number		Reasons for Procurement
		Gharbia Office	Minya Office	
1	Hydraulic Press Machine	1	1	Renewal due to low performance
2	Welding Machine with Diesel Engine	1	1	Renewal due to dysfunction
3	Welding Machine on Electricity	1	1	Renewal due to outdated
4	Electric Cutter (for steel cutting)	1	1	Renewal due to outdated

No.	Name of Workshop Equipment	Required Number		Reasons for Procurement
		Gharbia Office	Minya Office	
5	Portable Crane	1	1	Renewal due to dysfunction and low performance
6	Hydraulic Hose Fitting Press Machine	1	1	New procurement for repair of hydraulic system

出典：JICA 調査団

4.9 近代圃場灌漑の導入（コンポーネント 8）

エジプト国では、将来に水不足に対応するため 2021 年 9 月に近代的圃場灌漑施設の導入が正式に決定された。全体の目標は、約 400 万 feddan の広大な農地に、スプリンクラーやドリップを導入することである。また、エジプトの New Lands と Old Lands の一部では、スプリンクラー灌漑やドリップ灌漑が既に導入され始めている。Old Lands では、特に水路の末端地区の水不足や水質悪化が激しい一部の農家において、近代灌漑施設を自前で導入をしている。本節では、これらを背景に近代圃場灌漑施設の導入にかかる計画を立案する。

4.9.1 近代圃場灌漑の方式

近代灌漑施設には、小さな圃場規模を対象としたスプリンクラーやドリップ灌漑のほか、大規模な圃場へ散水ができるセンターピポッド灌漑など様々な方法がある。しかし、本調査の対象地区は Old Lands であり、農家の平均的な圃場の大きさは 1 feddan 以下と小さい。そのため、New Lands で民間企業が行っているような大規模圃場で利用する近代灌漑施設は導入対象から除外する。なお、一般的に機器の特性から見ると、スプリンクラー灌漑はアルファルファ、ベルシウム、小麦などの畑作物、ドリップ灌漑は野菜、果樹などの作物に適している。

表 4.9.1 に Old Lands の農家が導入した近代灌漑施設の状況を示す。各農家の圃場面積は、1～2 feddan であり、野菜や果樹などの栽培にドリップ灌漑を利用している。ドリップ灌漑を導入した理由は、水不足や水路の水質悪化のため地下水を利用しているなどである。いずれの農家も既存の水路の末端に位置している。施設導入後は作物収量の増加のほか、灌漑用水や施肥量の削減と労働力の削減、作物の多様化など、様々なポジティブな効果が挙げられている。

農家が個人レベルで施設導入に投入した費用は、井戸建設と小型ディーゼルポンプが EGP 5,000/feddan～EGP 19,000/feddan、ドリップ灌漑が EGP 17,000/feddan～EGP 20,000/feddan、全体額が EGP 28,000/feddan～EGP 39,000/feddan である（表 4.9.1 参照）。図 4.9.1 に示すように、個人レベルで導入した施設は、小型ポンプとドリップチューブという必要最小限の機器である。

表 4.9.1 Old lands 農家の近代灌漑施設の導入状況

On-farm size	Installation Year	Crop	Reason of Installation	Change after Installation	Major equipment and Cost (EGP/feddan)	
1.0 feddan (Beni Suef)	2018	Fruit tree, cabbage	Water Shortage	•Yield increase •Crop diversification	Pump from Well	19,000
					Drip line	20,000
1.0 feddan (Biba, Beni Suef)	2020	Tomato	Far from Meska	•Yield increase •Water and fertilizer saving •Labor cost saving	Pump from Well	5,000
					Drip line	17,000
1.0 feddan (Gharbia)	2013	Garlic	Bad quality of canal water	•Yield increase •Water and fertilizer saving •Labor cost saving •Stable production	Pump from Well	N/A
					Drip line	34,000
2.0 feddan (Fayoum)	2020	Tomato	Water shortage	•Yield increase •Stable irrigation water •Reduce the irrigation time	Pump from Well	28,000
					Drip line	
				Pump & Well	EGP 5,000～19,000/feddan	
				Drip line	EGP 17,000～20,000/feddan	
				Total Cost	EGP 28,000～39,000/feddan	

出典：JICA 調査団による聞き取り（設置年の導入費用からインフレ率を加味して 2022 年費用に換算）

前述に示したように施設導入によるポジティブな効果の一方で、近代灌漑施設は精緻製品であるために、品質の高い製品の導入や定期的な維持管理が欠かせない。特にドリップ灌漑では目詰まりを防ぐフィルターが無いと、目詰まりが生じた場合には作物への均一な灌漑が出来なくなる。

また、品質の悪い製品の場合は、耐用年数が 1 年程度で交換した農家の例もあるため、近代灌漑施設導入にあたっては､維持管理の重要性と品質の良いものを導入することが欠かせない｡表 4.9.2 には、農家への聞き取りを踏まえて、近代灌漑導入に向けた提案を示す。

表 4.9.2 近代灌漑導入に向けた提案

Topic	Subject
機器設置への提案	・価格が高くても品質の良い商品を購入することが、結果的にライフサイクルコスト上から有利 ・栽培作物に適したドリップチューブの設置
維持管理への提案	・精緻な機材であるため導入の初期段階からフィルターを設置 ・フィルターの定期的な交換 ・目詰まりを除去するための定期的なドリップチューブの水圧による洗浄
設置規模への提案	・単収増加や投入量削減等を想定した機材への妥当な投資金額の確定

出典：JICA 調査団




図 4.9.1 農家が個人で導入した近代灌漑施設の一例

出典：JICA 調査団

4.9.2 近代圃場灌漑オプション

IIIMP が実施してきた Meska 改良には、集合ポンプ建設と Meska 改良のパイプライン化に加えて、圃場内水路である Marwa のパイプライン化まで実施されているケースがある。Marwa のパイプライン化を実施した WUA では、Meska 改良だけでは全ての圃場まで水が十分に到達しない理由から、WUA から IAS へ Marwa 改良の要望を挙げている。

近代灌漑整備計画では、各農家の圃場にドリップ灌漑やスプリンクラー灌漑を整備し、適正な水利用のもとで収量増加、栽培コスト削減、多様な作物の栽培などを推進していく方針である。圃場内水路の Marwa のパイプライン化まで要望する WUA の動きは、より公平な水配分や作物多様化を実現するために灌漑施設を整えることであり、近代灌漑整備の方向性と合致する。

近年の動向を踏まえて、近代灌漑整備計画は既存の Meska 改良の進め方を踏襲し、集合ポンプの建設、Meska 改良で布設するパイプライン、圃場方向へ配水するパイプラインの整備および圃場での近代灌漑施設（スプリンクラー、ドリップ）を設置し、一連の近代灌漑システムを計画する。表 4.9.3 に近代灌漑施設の検討オプションと特徴を示す。

オプション 1～3 は、既存の Meska はパイプライン化して地中に埋設する。Meska の途中には集合ポンプを設置し、各集合ポンプ掛かりの面積は約 10～30 feddan とする。集合ポンプから送水されるパイプラインから、各圃場方向へ向かうパイプを通じてドリップ灌漑を行うのがオプション 1、スプリンクラー灌漑を行うのがオプション 2 である。

オプション 3 は、矩形の農地が多いエジプトの農地に適するように、集合ポンプから送水されるパイプラインに横移動式のスプリンクラーを設置する方法である。このシステムは、個々の農

家レベルでの導入に加えて、例えば小規模農家への灌漑を専門とする民間のサービス業者が適切な料金設定のもとビジネスとして請け負うことも考えられる。

オプション 4 は、可動式ポンプと小規模スプリンクラーが一体となった機材で灌漑する方法である。この灌漑方法のメリットは、水路からの取水に可動式ポンプを利用するため、他の農家のメンバーと調整しての集合ポンプの稼働時間に配慮する必要がない。個人で灌漑を行うことができるため、灌漑農業に柔軟性を持たせることができる。ただし、このシステムは、灌漑用水に容易にアクセスできる Meska や支線水路の近傍でのみ適用が可能なため、設置場所が限られてしまう。

ここで、オプション 1～3 では、集合ポンプは、圃場内のドリップやスプリンクラーを作動させる圧力を確保できるよう設計する。これらは、Meska 改良と近代灌漑施設を一体で整備することで、MWRI が実施してきた既存の Meska 改良の設計手順が活用可能である。特にオプション 1 と 2 は、灌漑効率が高い。近年は、個人農家がドリップ灌漑やスプリンクラー灌漑を導入しているケースが普及し始めている。そこで、本調査では近代灌漑整備方法として、ドリップ灌漑（オプション 1）やスプリンクラー灌漑（オプション 2）のいずれかを農家が選択できる設計レイアウトを提案する。また、圃場内に設置するパイプラインには、土壌に蓄積する可能性のある塩分を洗い流し溶出させるリーチングのためのバルブを一定間隔で設置する。

表 4.9.3　近代灌漑導入の整備ケース

	Option-1 Drip irrigation system	Option-2 Sprinkler system	Option-3 Lateral-move sprinkler system	Option-4 Movable sprinkler
Description	Water pressure is coming from Pumping station	Water pressure is coming from Pumping station	Water pressure is coming from Pumping station	Water pressure is coming from movable pump
Required Facilities at Meska	Pumping station (Pump, Filter), Meska improvement	Pumping station (Pump, Filter), Meska improvement	Pumping station (Pump, Filter), Meska improvement	Movable pump
Required Facilities after Meska	Pipe (Marwa main and sub), Valve, Fertilizer, Control valve, Drip tube	Pipe (Marwa main, sub and connection), Valve, Fertilizer, Sprinkler	Pipe (Marwa main and sub), Valve, Fertilizer, Lateral-move sprinkler	Valve, Fertilizer, Movable sprinkler
Water Pressure	0.1～0.35 (MPa)	0.2～0.5 (MPa)	0.2～0.8 (MPa)	0.2～0.5 (MPa)
Amount of water supply	1.0～4.0 (liter/hour)	5.0～ (liter/min)	120～ (liter/min)	5.0～ (liter/min)
Features	・ Most economical than other options ・ Head loss increases along with the drip tube ・ There are experiences in Egypt	・ More economical without Drip irrigation ・ There are some experiences in Egypt	・ Effective for the wide and rectangular shaped area ・ Maintenance of the driving parts is required ・ Power source is required depending on the type	・ Versatile, and can be used for personal use ・ Maintenance of the pump is required ・ Suitable for small-scale farmers
Irrigation Efficiency	◎	◎	○	○
Economy	◎	◎	△	△

出典：JICA 調査団

4.9.3 TRAM に基づく近代圃場灌漑のオペレーション

近代灌漑導入のメリットは、灌漑用水を伝統的な灌漑方法にくらべて節水効果が高いことである。節水灌漑は、伝統的な灌漑に比べて少量の水を作物の根元を中心に灌水する方法である。節水灌漑検討の際には、土壌や作物に基づいて間断日数を設定する。間断日数は、TRAM を用いて算定する。ここで、TRAM とは、「TRAM(mm)=(FC-WP)×D×(1/SMEP)」の式で求められ、作物が消費できる水の総量を簡易的にミリ単位で示したものである。

ここに、
FC： 圃場容水量 (重量%)
WP： 生長阻害水分点 (重量%)
D： 制限土層の厚さ(mm)、(125mm と仮定)
SMEP： 土壌水分消費型

TRAM を作物の最大必要水量で割ると、灌漑間隔、すなわち何日おきに灌漑が必要か、ということが算出される。TRAM は土壌の種類に大きく影響され、また最大必要水量は栽培する作物の種類によって決まる。表 4.9.4 に FAO が提示している代表的な土壌特性を示し、表 4.9.5 に代表的な土壌特性を用いた灌漑間隔の試算結果をまとめる。本調査では、土壌の種類は中間的な性質と仮定し、消費水量の大きな Nile 期のメイズの灌漑を行う条件のもと間断日数を 5 日間と設定する。

表 4.9.4 FAO による代表的な土壌の特性

Type of Soil	Light (coarse) texture	Medium texture	Heavy (fine) texture
Saturation capacity (SC) % weight	25-35%	35-45%	55-65%
Field capacity (FC) % weight	8-10%	18-26%	32-42%
Wilting point (WP) % weight	4-5%	10-14%	20-24%
SC/FC	2/1	2/1	2/1
FC/WP	2/1	1.85/1	1.75/1
Bulk density(volume weight)	1.4-1.6 g/cm3	1.2-1.4 g/cm3	1.0-1.2 g/cm3
Soil available water (moisture) by volume (FC-WP x bulk density)	0.06	0.12	16-20%
Available moisture (Sa) in mm per metre soil 60 mm	60 mm	120 mm	160-200 mm
Soil water tension in bars:			
at field capacity	0.1	0.2	0.3
at wilting point	15.0	15.0	15.0
Time required from saturation to field capacity	18-24 h	24-36 h	36-89 h
Infiltration rate	25-75 mm/h	8 -16 mm/h	2-6 mm/h

出典：http://www.fao.org/3/a1336e/a1336e06.pdf

表 4.9.5 土壌の種類と想定作物別の灌漑間隔

Particular	Unit	Nile Crop : Maize				
TRAM: Total Readily Available Moisture	mm	15.625	25	37.5	37.5	56.25
Cumax: Max Water Requirement	mm	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
Irrigation Interval	**days**	2.1	3.3	5.0	5.0	7.5
Soil Type		Light	Medium		Fine	
FC: Field Capacity % Weight	%	10	18	26	32	42
WP: Wilting Point % Weight	%	5	10	14	20	24
FC – WP	%	5	8	12	12	18
De: Effective Soil Depth	mm	500	500	500	500	500
D: Depth of Controlling Soil =De/(4 layer)	mm	125	125	125	125	125
SMEP: Soil Moisture Extraction Pattern	%	40	40	40	40	40
Ef: Field Application Efficiency	%	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
Crop Targeted		Nile Crop : Maize				
Days in the Month	days	30	30	30	30	30
WC: Water Consumption (MWRI)	cum/fed	752	752	752	752	752
WC: Water Consumption	mm/day	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0

出典：JICA 調査団

本調査では、近代灌漑システム設計に際して、設計条件を表 4.9.6 のように設定する。作物は、消費水量が大きく広く栽培されている Nile 期のメイズとし、9 月の消費水量 752 m^3/feddan/month を用いる。圃場適用効率は、スプリンクラー灌漑が 80%、ドリップ灌漑が 90%であるが、設計では今後の実施時に水量が多い場合にも対応できるように 80%を用いる。近代灌漑システムを使った一日の灌漑時間は、日中の 12 時間と仮定する。

表 4.9.6 近代灌漑システムの設計条件

Item	Unit	Design Condition
Type of Crop	-	Maize (Nile Crop)
Water Requirement	m^3/feddan/month	752
	m^3/feddan/day	25.1
	mm/day	6.0
Field Application Efficiency	%	80
Gross Irrigation Depth per Day	mm/day	7.5
TRAM	mm	37.5
Irrigation Interval	Day	5
Irrigation hours	hour	12

出典：JICA 調査団

4.9.4 近代圃場灌漑基本設計

IIP や IIIMP が実施した Meska 改良の事業規模は、おおよそ 30～70 feddan である。Old Lands の一つの農家当たりの面積は 0.6 feddan 程度であると仮定すると、Meska 改良の地区では約 50 人～120 人の農家メンバーが WUA に所属していることになる。Meska 改良では、WUA のメンバーが集合ポンプを使って灌漑を行う。そのため、WUA が農家メンバーを取りまとめて適正な水配分を行っていくためには、意思疎通や連帯的な行動が図れる規模の人数であることが望ましい。

IIIMP は、デルタ地域での Meska 改良を実施しており、主な栽培作物はコメである。コメの場合、Meska 改良の望ましい面積は 50～100 feddan と IIIMP は設定している。IIIMP の Meska 改良は、集合ポンプの導入とポンプから開水路への送水や圃場脇の給水栓までの送水である。これは、近代灌漑整備でドリップやスプリンクラーを圃場末端で作動させるための完全な圧力送水方式のシステムとは異なる。

本計画のように、圃場末端まで圧力送水方式となる灌漑システムにおいて、適切なオペレーションを行うためには、IIIMP でコメ栽培が実施している面積規模よりも小さくすることが必須となる。すなわち、一つの集合ポンプを扱う WUA 農家メンバー人数を少なくすることで、水配分の管理を適切に行うことに繋がる。

従来、Meska から圃場への揚水に利用されていたサキアは、おおよそ 20～100 feddan の灌漑面積を対象としている[1]。今回の対象地区周辺の現況からも、約 30 feddan の農地面積を対象にサキアが過去に設置されていた例が多い。そこで、本調査では、一つのサキアがカバーする 30 feddan を近代灌漑整備の際に集合ポンプを設置する最大面積の目安とする。また、圃場の形状によっては、集合ポンプの設置目安を 10～20 feddan と計画する。なお、この場合の WUA 人数は、約 17 人～50 人程度（(10 feddan÷0.6 feddan /農家)～(30 feddan÷0.6 feddan/農家)）となる。

本調査が推奨するオプション 1 と 2 の近代灌漑施設は、Meska のパイプライン化、Meska から圃場への揚水を行うリフティングポンプ、サンドフィルターや液肥混入機、パイプライン、ドリ

[1]) El-Nakib A.A. et al, Performance of Developed Surface Irrigation System in Assuit, Misr Journal of Agricultural Engineering, Volume 34, Issue 4 - Serial Number 4, October 2017, Pages 2083-2102

ップチューブまたはスプリンクラー、リーチング用の吐き出しバルブなどから構成される。

4.9.5 代表的な近代圃場灌漑施設の仕様およびコスト

1）近代灌漑の標準仕様の検討

近代灌漑の仕様検討で設定する標準的な圃場規模を表 4.9.7、圃場のレイアウトイメージを図 4.9.2 に示す。既存の Meska は、パイプライン化して道路の下に埋設する計画である。パイプラインの大きさは、既存の Meska が灌漑している面積に影響を受ける。前述の通り、既存のサキアの灌漑範囲は 20～100 feddan である。今後、Meska をパイプライン化した際に通水断面に余裕を持たせるとともに、パイプライン内のゴミを人力で除去できるようにパイプ口径を選定する。現時点での Meska のパイプライン化の最大流量は、最大面積の 100 feddan を想定している。一方、標準的なポンプの設計は、約 30 feddan を目安として規模を概定する。

表 4.9.7 標準的な圃場レイアウト

Item	Unit	Design Condition
Maximum Area of Existing Meska	feddan	100
Shape of the Field for the Entire Target Area	m	560×750
Length of Existing Meska (planned pipelining)	m	750
Number of Pumps to be Installed	Site	3
Area Covered by Pump	feddan	33.3（≒30）
Shape of the Field for the Area to be Covered by the Pump	m	560×250
Required Water Head at the End of the Main Pipeline	MPa (bar)	0.5 (5.0)
Length of Existing Marwa	m	250
Shape of a Field Plot	m	28×125
Size of One Plot	feddan	0.8
Required Water Head at the End of Sub Main Pipeline	MPa (bar)	0.4 (4.0)

出典：JICA 調査団

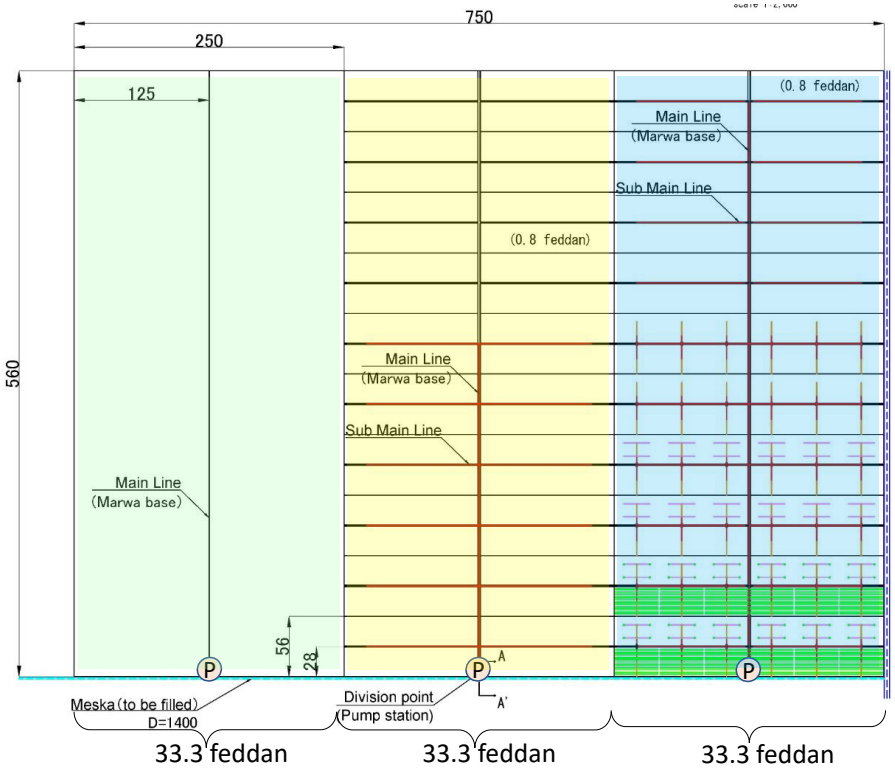


図 4.9.2 標準的な圃場レイアウト平面（100 feddan を 3 分割のケース）

出典：JICA 調査団

上記の条件のもと実施した水理計算結果より、既存の Meska のパイプライン、ポンプと幹線管路、スプリンクラー灌漑とドリップ灌漑の仕様を表 4.9.8、表 4.9.9、表 4.9.10 にそれぞれ示す。

表 4.9.8 Meska パイプラインの仕様

Item	Unit	Specification
Design Discharge	m^3/s	0.363
Length of Meska Pipeline	m	750
Diameter of Meska Pipeline	mm	Φ1,200 ～ Φ1,400*)
Material of Meska Pipeline	-	コンクリートフリューム管

*)設計流量が通水できて、人力によるゴミの除去ができる大きさの口径を選定。
出典：JICA 調査団

表 4.9.9 ポンプと幹線管路の仕様

Item		Unit	Specification
Pump	Design Discharge	m^3/min	1.958
	Actual Pump Head	m	50
	Total Pump Head	m	56
	Type of Pump	-	横軸片吸込多段渦巻ポンプ（Φ150mm）
	Main Output of Power	kW	22
Main Pipeline	Length	m	560
	Diameter	mm	Φ250（Φ200 *) ）
	Material	-	PVC

*)水理計算から決まる口径。仕様選定に際しては、口径に余裕をもたせて 1 段階上の仕様としている。
出典：JICA 調査団

表 4.9.10 スプリンクラー灌漑とドリップ灌漑の仕様（圃場(0.8 feddan)あたり）

項目			単位	数値
Sub Main Pipe		Design Discharge	m^3/s	0.004079
		Length	m/本	104.0
		Number of Pipe	本	1
		Pipe Diameter	mm	Φ100（Φ75 *) ）
		Material	-	PVC
Main Pipe for Sprinkler or Drip		Design Discharge	m^3/s	0.001360
		Length	m/本	21.0
		Number of Pipe	本	3
		Pipe Diameter	mm	Φ63（Φ50 *) ）
		Material	-	PVC
Sprinkler	Sub Pipe for Sprinkler	Length	m/本	28.0
		Number of Pipe	本	6
		Pipe Diameter	mm	Φ50（Φ30 *) ）
		Material	-	PVC
	Sprinkler	Specification	-	5022SD
		Water Head	MPa (bar)	0.25 (2.5)
		Wetted Radius	m	10.5
		Wetter Amount	Liter/min	13.6
		Installation Interval	m×m	14×14
		Number of Sprinkler	個	18 個
Drip	Drip tube	Length	m/本	20.8
		Number of Pipe	本	280
		Installation Interval	m	0.6
		Drop Tube Interval	m	0.5
	Drip emitter	Specification	-	MN-PC 定量型
		Water Head	MPa (bar)	0.10～0.30 (1.0～3.0)
		Pipe Diameter	mm	16
		Dropping Ratio	Liter/hour	1.6

*)水理計算から決まる口径。仕様選定に際しては、口径に余裕をもたせて 1 段階上の仕様としている。
出典：JICA 調査団

図 4.9.3 にスプリンクラー灌漑とドリップ灌漑の標準的な配置を示す。既存の Meska は、コンクリートパイプ（Φ1,200～Φ1,400mm）に置き換えたものを地中埋設し、そこから灌漑用水はポンプで幹線管路（Φ250 mm）へ送水する。幹線管路は、既存の Marwa の位置を参考に埋設する。幹

線管路からは、圃場方向へ副幹線管路（Φ100 mm）が配置される。この副幹線管路から散水管路（Φ63 mm）を通じて、各圃場に設置されたスプリンクラーやドリップを使って灌漑が行われる。

表 4.9.11 は、近代灌漑施設の標準的な仕様結果をもとに、灌漑対象面積が 33 feddan で間断日数を 5 日間とした場合の散水ブロックの例である。一つの散水ブロックの大きさは 6.7 feddan となり、8 名の農家で構成される。この 8 名で構成される散水ブロックを一つのグループとして、各グループが 5 日間の間断日数のもと日替わりで灌漑を行っていく。図 4.9.4 は、間断灌漑を 5 日間とした場合の散水ブロックのローテーション例である。

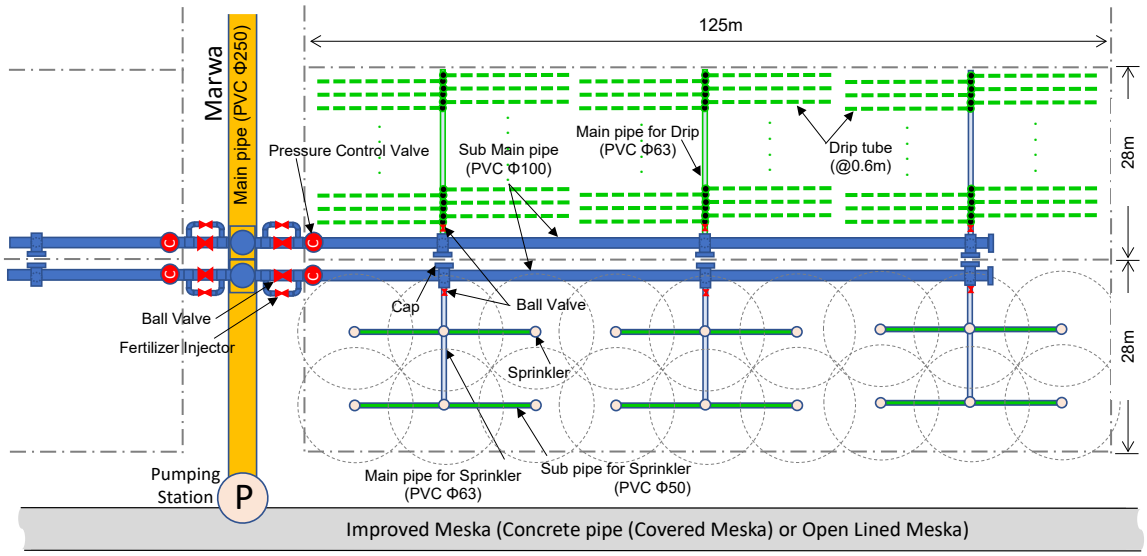


図 4.9.3 近代灌漑システムの配置の例

出典：JICA 調査団

表 4.9.11 灌漑対象面積と散水ブロック

Item		Unit	Spec.
Area Covered by Pumps	Area	feddan	33
	Size of One Plot	feddan	0.8
Rotation Block	Irrigation Interval	day	5
	Irrigation Hours	hr	12
	Size of Area	feddan	6.7
	Number of Plot	Plot	8
	Number of Farmer	Person	8

出典：JICA 調査団

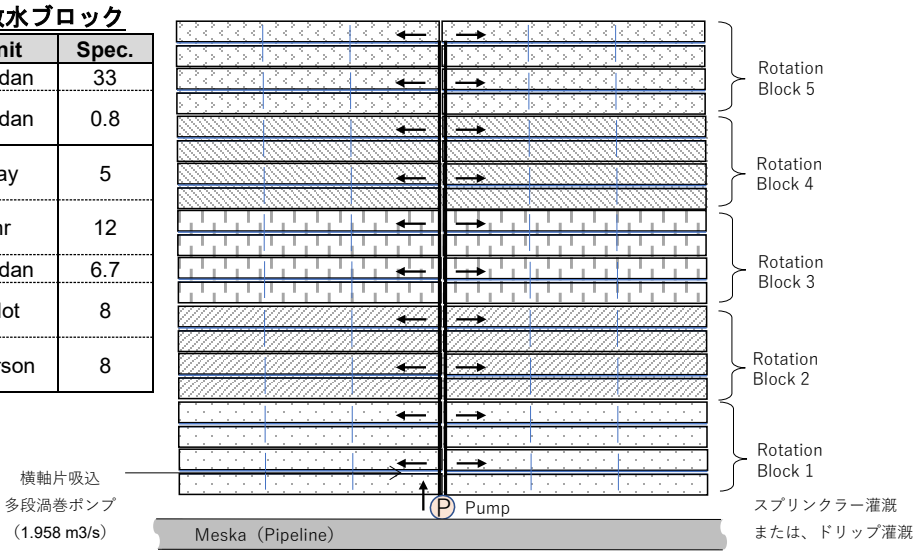


図 4.9.4 間断灌漑の散水イメージ

出典：JICA 調査団

2）モデル地区におけるポンプ台数と仕様の検討

ポンプの台数と仕様は、対象とする灌漑対象面積の大きさと近代灌漑システムの配置によって異なる。本調査の 3 つの優先地区からモデル地区をそれぞれ 1 箇所選定し、ポンプの配置や近代

灌漑システムのレイアウト検討を行う。モデル地区選定にあたっては、おおよそ 100 feddan 以下の Meska 掛かりを選択する。図 4.9.5 は、各モデル地区の衛星画像を示す。

モデル地区内には、Meska 沿いにポンプを配置し、ポンプからの幹線管路、スプリンクラー灌漑やドリップ灌漑のための散水管路の配置を行う。1 台当たりのポンプの灌漑範囲は、10～30 feddan 程度を目安にする。ただし、ポンプから圃場へ向かう幹線管路は、既存の Marwa などの水路を参考に配置することから、灌漑範囲の最大が 30 feddan を超える場合は、約 40 feddan 程度で一つのポンプ対象とするケースもある。表 4.9.12 には、各モデル地区の規模や周辺の灌漑用水路および既存の用水経路や Marwa をもとに想定するポンプ場の箇所数を示す。



Abo Shosha Lower　　Aros & Abo Seer Upper　　Kased Upper

図 4.9.5　モデル地区

表 4.9.12　3 つの優先地区から選定したモデル地区

Priority Area	Name of Model Site	Target Area (feddan)	Surrounded Irrigation Canal	Site Number for Pump Installation（sites）
Abo Shosha	Abo Shosha Lower	105	Noor	3
Aros & Abo Seer	Aros & Abo Seer Upper	89	Kasheef, OmarBik	4
Kased	Kased Upper	103	Shabser Gnabia	5

出典：JICA 調査団

表 4.9.13 には、各モデル地区に計画するポンプ箇所数と各ポンプ掛かりの面積を示す。表に示されるように、各ポンプ掛かりの面積は 13～41 feddan、平均面積は 24.7 feddan である。図 4.9.6 と図 4.9.7 には、各モデル地区のポンプ配置箇所と各ポンプ掛かり面積、および圃場内の近代灌漑システムのレイアウト案を示す。

表 4.9.13　各モデル地区のポンプ台数

Priority Name	Model Site	Site Num. of Pump	Pump No	Covering Area (feddan)
Abo Shosha	Abo Shosha Lower	3	1 2 3	41 20 43
Aros & Abo Seer	Aros & Abo Seer Upper	4	1 2 3 4	29 14 16 30
Kased	Kased Upper	5	1 2 3 4 5	31 13 25 16 18
Average Area per One Pump				24.7 feddan

出典：JICA 調査団

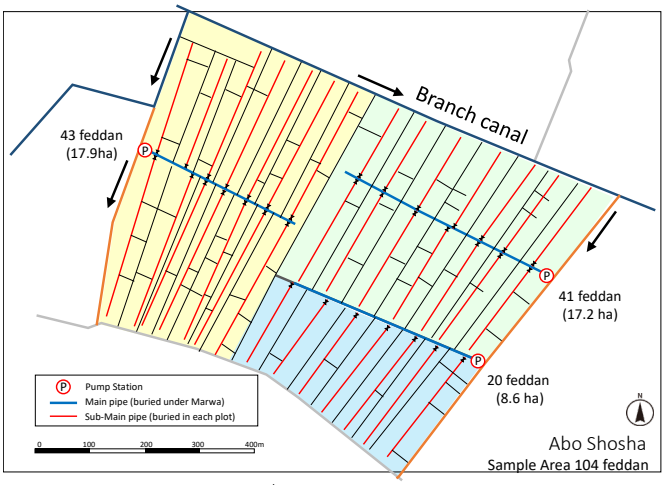


図 4.9.6 モデル地区（Abo Shosha）
出典：JICA 調査団

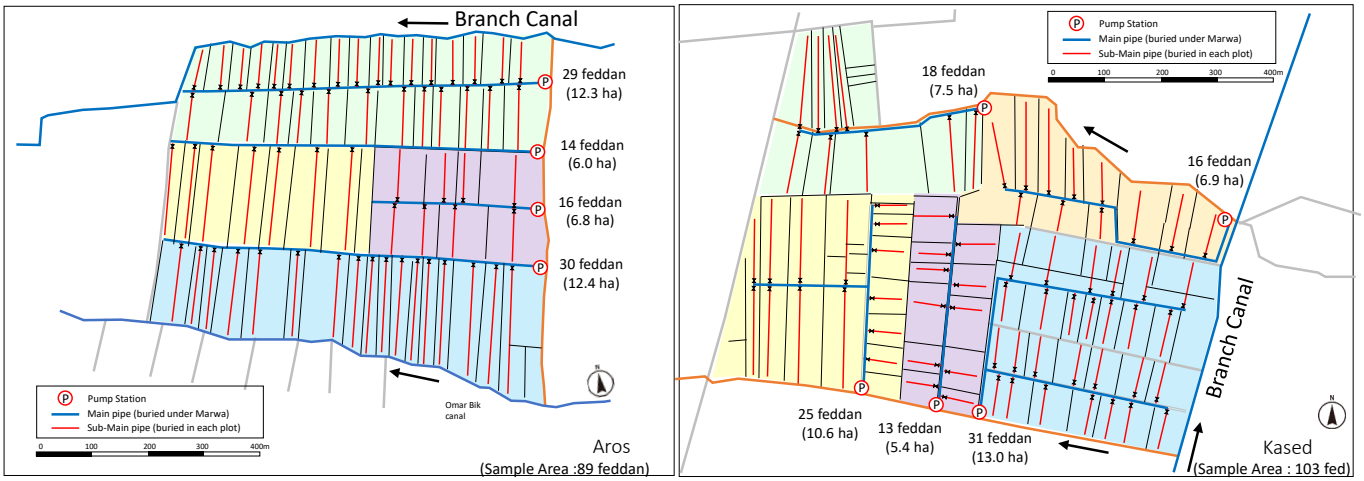


図 4.9.7 モデル地区（Aros と Kased）
出典：JICA 調査団

対象灌漑面積に対するポンプ規模と幹線管路を算定すべく、モデル地区の想定結果をもとに平均面積の 25 feddan（≒24.7 feddan）と最小面積規模の 10 feddan（≒13 feddan）について検討する。表 4.9.14 には、前述に算出した標準的な近代灌漑レイアウトでの仕様も掲載する。図 4.9.8 には、ポンプ場の標準レイアウト図を示す。なお、ポンプ仕様は、ディーゼル型と電気型の 2 つの計画が考えられる。しかしながら、地方では電力供給が安定していないため、全てのポンプ仕様はディーゼル型を基本とする（下表の◎が採用ケース）。

表 4.9.14　対象灌漑面積に対するポンプと幹線管路の仕様

Item		Unit	Specification		
			33 feddan	25 feddan	10 feddan
Pump	Design Discharge	m^3/min	1.958	1.469	0.734
	Number of Divided Pumps	Unit	◎ 3 (Diesel type) 2 (Electric type) 1 Back Up (Diesel type)	◎ 3 (Diesel type) 2 (Electric type) 1 Back Up (Diesel type)	2 (Diesel type)
	Actual Pump Head	m	50	50	50
	Total Pump Head	m	56	54	54
	Type of Pump	-	Horizontal Single Suction Volute Pump（Φ100mm）	Horizontal Single Suction Volute Pump（Φ100mm）	Horizontal Single Suction Volute Pump（Φ65mm）
	Main Output of Power	kW	22	15	7.5
Main Pipeline	Length	m	560	420	168
	Diameter	mm	Φ250（Φ200 *)）	Φ250（Φ200 *)）	Φ200（Φ150 *)）
	Material	-	PVC	PVC	PVC
Rotation Block	Irrigation Interval	day	5	5	5
	Irrigation Hours	hr	12	12	12
	Size of Area	feddan	6.7	5.0	2.5
	Number of Plot	Field	8	6	3
	Number of Farmer	Person	8	6	3

*)水理計算から決まる口径。仕様選定に際しては、口径に余裕をもたせて 1 段階上の仕様としている。
出典：JICA 調査団

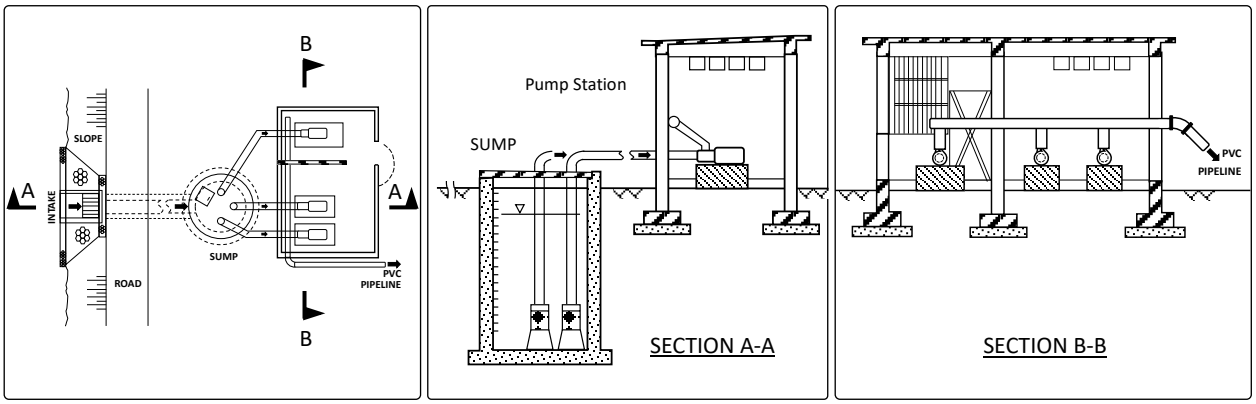


図 4.9.8 ポンプ場と吸水升の標準レイアウト図

出典：JICA 調査団

3）3 事業対象地区の概算工事費

非公開情報

非公開情報

4）近代圃場潅漑レイアウトの違いによる概算工事費の例

非公開情報

4.9.6 ソーラーパワーによるポンプ運転

上述のようにポンプの駆動はディーゼルエンジンを想定している。ここで、ソーラーパネルによる電力を用いてモーターを駆動し、ポンプを稼働させる場合について検討を行う。なお、ソーラーの利用においては下記の点への留意が必要である。

- ✓ ソーラーパワーは直流である。したがい、直流モーターを用いるか、あるいはインバーターによって直流を交流に変換し、市場で一般的に調達できる交流モーターを用いることが必要となる。エジプトでは直流モーターは製造していない。すなわち、直流モーター仕様の場合、輸入することとなりコストが高くスペアパーツ入手に課題が残る。そのため、そのため、インバーターおよび交流モーターを用いることとする。
- ✓ ソーラーは、通常、ピーク時の稼働は 6 時間程度、最大でも 7～8 時間程度である。そのため、基本は上記で検討したようにディーゼルエンジンポンプを通常の設備として、予備的にソーラーシステムによる交流モーターおよびポンプを付加すべきである。このことから、動力源がディーゼルエンジンに加えて、別途にモーターの設置が必要になるため、初期コストを大きく増加させる。
- ✓ ポンプの起動電力は始動方式により異なるが、通常運転時の約 3 倍を必要とする。すなわち、ソーラーパネルの規模（面積）は、ポンプ 1 台の通常運転時を想定した場合の 3 倍程度が必要になる。なお、複数のモーターを設置すれば、ひとつずつ起動させることができるため 3 倍までの面積は必要としないが、稼働しているモーターを維持しながら、次のモーターを起動することが必要なため、通常、2 倍程度以上の面積は必要になる。

非公開情報

非公開情報

4.9.7 近代灌漑導入による作物栽培研修プログラム

ドリップやスプリンクラー灌漑は、農家の灌漑と施肥の適切な実施による効果の最大化、すなわち節水や肥料の節減のみならず収量の増加による作物収益の向上に寄与する。JICA 調査団が聞き取りを行った近代灌漑実践農家（Beni Suef 県で 2 戸、Fayoum 県で 1 水利組合）では、このような効果を認識しており、効果が発現するように近代圃場灌漑システムを運用している。

聞き取り調査によると、彼らは近代圃場灌漑システムの導入初年度から作物単収増を実現している。この理由は、Beni Suef 県の農家は、一人は 15 年、もう一人は 6 年も新規開拓農地（New Lands）で近代圃場灌漑を実践しているからであった。また、Fayoum 県の例では、2018 年に水利組合員の面積をカバーする近代灌漑システムを導入する以前に、各々が近代圃場灌漑実施の経験を有していた。聞き取りを実施した農家は全て事前に近代灌漑導入の経験があったため、初年度から単収増を実現することができていた。

しかしながら、旧耕地（Old Lands）で初めて近代圃場灌漑システムを導入する農家にとっては、機器の扱いに慣れ、フルスケールでの単収増を達成するには時間を必要とすると考えられる。聞き取りを行った農家は、マニュアル等の資料や新規開拓農地での先行農家、またドリップなどの機材供給業者や農業普及員から近代灌漑システムの運用方法を学んでいる。このことから、初めて近代灌漑システムを導入しようとする農家には、技術研修を提供することが必要である。

研修プログラムは、次図のような 3 層構造の研修手順を提案する（図 4.9.9）。第 1 段階では、外部専門家と MWRI の専門家によって、MWRI 職員、特に灌漑助言サービス中央局（Central Department for Irrigation Advisory Service: CDIAS[2]）を対象とした講師育成研修（Training of Trainers:

[2] CDIAS（Central Directorate of Irrigation Advisory Services）は MWRI の組織で、WUA の設立推進を担う。

TOT）が実施される。第 2 段階も TOT であるが、これは広範囲への普及のための制度開発として実施される。

第 1 段階の研修対象者が、第 2 段階では指導者の役割を果たし、灌漑助言サービス地方局（General Directorate of Irrigation Advisory Service: GDIAS[3]）職員に加え新たに雇用される IAS の契約職員が研修対象になる。そして、第 3 段階では、GDIAS と IAS 契約職員が各対象エリアにて農家を対象に能力構築を行う。そこでは、実際の WUA 設立を通じた組織化と水資源管理の移管、施設維持管理方法とシステムの使用方法についての指導が行われる。

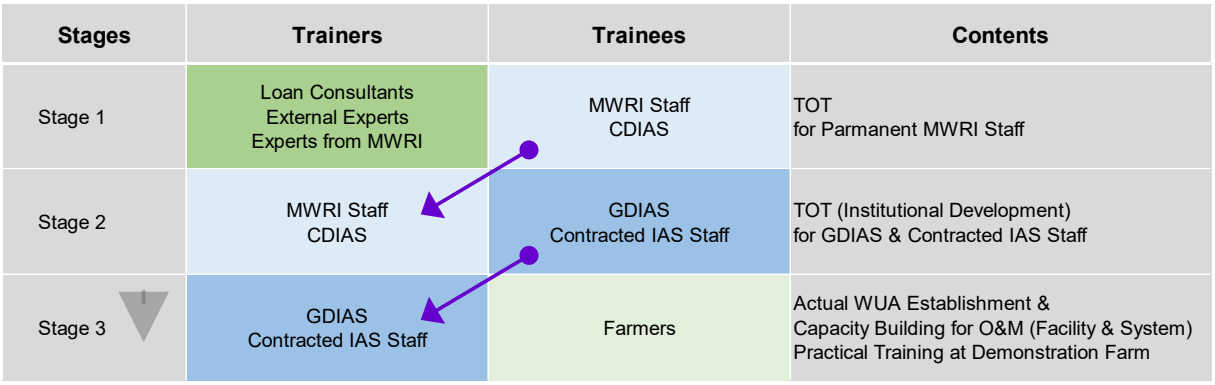


図 4.9.9　農民組織化のための 3 層構造研修メカニズム

出典：JICA 調査団

効果的な研修の実施や受益農家へのショーケースとなることを目的に、各対象サブリージョンに展示圃場を設置する。設置展示圃場数により農民をグループに分け、各展示圃場での研修を行う。農家への研修は、教室での講義と展示圃場での実践研修とを合わせで実施する（下表参照）。

表 4.9.20　近代灌漑の技術研修計画

Stage	Module	Content	Inputs
TOT	(1) Introduction	About the modern irrigation: its effect and benefit compared to conventional farming	**(TOT session per Sub-region)** ・ 2 days for a classroom at any center or hall in the District/ Governorate ・ 2 days for practical session at demonstration farm. **(Establishment of Demonstration Farm)** ・ A system of 30 feddan x 3 sites in Abo Shosha and Aros & Abo Seer, and 5 sites in Kased. **(Preparation of Training manuals)** 1) Irrigation method by drip & sprinkler 2) Cultivation method by crop
	(2) Mechanical system of Drip / Sprinkler	Learn the mechanics of drip / sprinkler	
	(3) Water requirement and cultivation method including liquid fertilizer application by crop	Learn water requirement by drip / sprinkler to each crop and how to apply liquid fertilizer by drip / sprinkler	
	(4) Operation & maintenance practice	Field practice on operation and maintenance of devices	
Trainings for farmers	Classroom training: (1) to (3)		・ 2 days for a classroom at any center or hall in the District/ Governorate
	Field practice (4)		・ Average 1 day per week per site during one crop season x 2 seasons with different crops

出典：JICA 調査団

[3] GDIAS（General Directorate of Irrigation Advisory Services）は、CDIAS の地方出先機関。

4.10 近代的圃場灌漑施設の導入に伴う Fayoum 地域の灌漑開発

Fayoum 地域の水利用は灌漑、上工水および排水再利用が複雑に関係し、最終的に Qarun 湖および Rayan 湖の 2 つの湖へ排水される。その水収支は複雑であり、微妙なところでバランスが取れていると言える。近代圃場灌漑施設を Fayoum 全域で導入する場合、両湖の水源である排水路の流量が大きく減少することが予想される。

Qarun 湖および Rayan 湖は共に、エジプト国指定の環境保護地（National Protectorate）に指定されており、国際的にもラムサール湿地および IBA（Important Bird Area）に登録されている重要な湖である。本章では、近代圃場灌漑施設の導入がもたらす両湖への排水量の変化について分析し、将来の Fayoum 地域の灌漑開発の方向性について検討する。

4.10.1 Fayoum の全体水収支

Fayoum の水源は、Bahr Yusef 基幹水路から分岐する 2 つの幹線水路系統から成る。一つは、西部をカバーする Hassan Wassef 幹線水路、残る一つは Bahr Yusef 基幹水路自身で、東部をカバーする。これらの水路系統により Fayoum 全域へ供給される水の総量は年間あたり 2.6 BCM が割り当て水量である。供給された水量の内、最も多く使用されているのは灌漑であり、続いて上水および工業用水である。圃場で使用された水は地下へ浸透し、圃場の地下に埋め込まれた暗渠を通り、3 次排水路、2 次排水路、そして幹線排水路へと集水され、最終的に Qarun 湖および Rayan 湖の 2 つの湖へと排水される。よって、発生した排水が Fayoum の域外へ流出することはない。

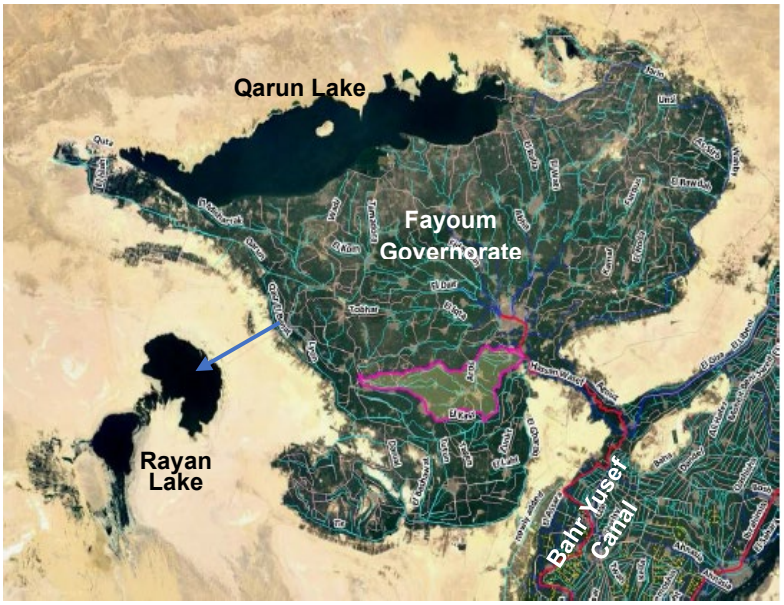


図 4.10.1 Fayoum 地域の概要
出典：JICA 調査団（Google Map をベースとして利用）

1）Fayoum への配水量および利用可能水量

Fayoum に配水される水量は、Hassan Wassef 取水口および Lahoun 堰の取水地点において流量が計測されている。図 4.10.2 は、Fayoum に供給された年間配水量の変化を示したものである。また、表 4.10.1 は 2018 年から 2020 年までの月別の配水量を示したものである。

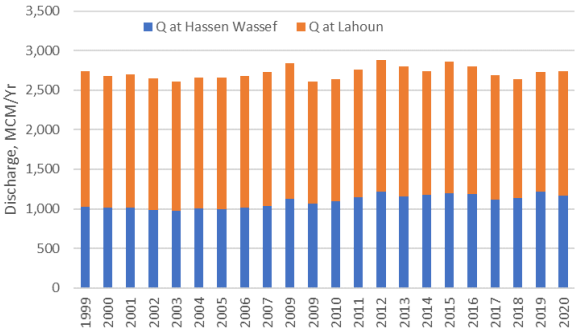


図 4.10.2 Fayoum 地域への実際の年間配水量
出典：Water Distribution Sector, MWRI

公式には Fayoum へ配分される水量は年間 2.6 BCM と規定されており、実際に配分された水量もほぼ同等あるいは少し上回る水準である。表 4.10.1 を参照すると、2018 年から

2020 年までの実配水量は、それぞれ 2.6 BCM を 2%、5%、5%ほど上回っている。これらの配水量は、堰の通常の操作における許容範囲内の水量であると言える。

表 4.10.1 Fayoum への月別の配水量（MCM）（規定割り当て水量：2,600 MCM）

Year	Jan.	Feb.	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Hassan Wassef													MCM
2018	44	79	91	80	109	120	113	118	106	110	88	76	1,133
2019	54	86	98	89	109	114	119	122	106	118	106	92	1,214
2020	77	93	87	106	130	121	118	81	100	97	80	73	1,162
Lahoun													MCM
2018	38	110	133	110	160	153	159	152	147	145	107	91	1,506
2019	31	96	121	110	143	151	158	153	138	151	139	127	1,517
2020	92	118	109	113	146	161	162	156	133	142	121	121	1,574
Both Hassen Wassef and Lahoun (allocation: 2,600 MCM)													MCM
2018	83	189	224	190	269	273	271	270	253	254	195	168	2,639
2019	85	183	218	199	252	265	278	275	244	269	245	219	2,731
2020	168	211	196	219	276	282	280	237	233	239	201	194	2,736
Average	112	194	213	202	266	274	276	261	243	254	214	193	2,702

出典：Water Distribution Sector, MWRI

2) Qarun 湖および Rayan 湖への排水量

エジプト排水庁（Egyptian Public Authority for Drainage Projects：EPADP）は、Qarun 湖および Rayan 湖への排水量の定期計測を行っている。図 4.10.3 は、2019 年と 2020 年の Qarun 湖への排水量を示したものである。この図から、排水される水量は夏季に低下し、冬季に増加することが分かる。これは作物の水消費量と関係があり、夏作の作物の水消費量がより大きいため、排水再利用により必要な水量が賄われ、結果、湖への排水量が低下しているものである。

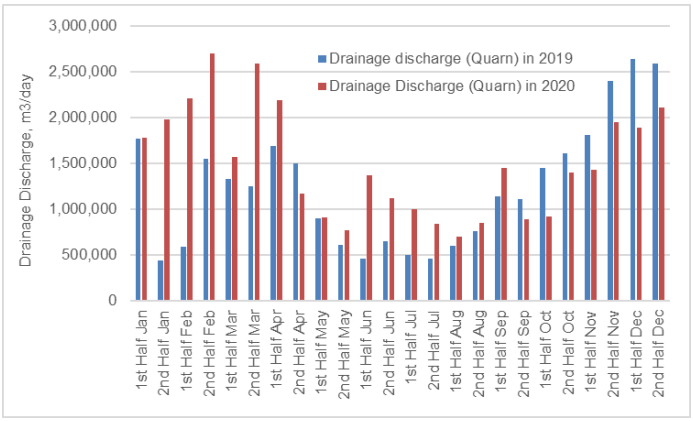


図 4.10.3 Qarun 湖への排水量
出典：EPADP, MWRI

表 4.10.2 は、2018 年から 2019 年までの 2 年間の Rayan 湖への排水量および 2018 年から 2020 年までの 3 年間の Qarun 湖への排水量を纏めたものである。一部、計測が行われていない期間（Rayan 湖の 2018 年、2019 年の 1 月から 3 月の期間、Qarun 湖の 2018 年 1 月から 3 月の期間、および Rayan 湖の 2018 年、2019 年の 10 月中旬から 12 月下旬の期間等）が存在しており、これらの期間の排水量については Qarun 湖においてデータが存在する 2019 年と 2020 年の当該期間の排水量を比例的に割り当てて算出した。

表 4.10.2 に示すとおり、2018 年および 2019 年の Rayan 湖への排水量は、それぞれ 173 MCM および 212 MCM である。また、Qarun 湖の 2018 年、2019 年および 2020 年の排水量は、それぞれ 400 MCM、452 MCM および 542 MCM である。これら湖への排水量は、湖の水位を大きく変えないよう MWRI が水量を規定している。規定されている排水量は、Rayan 湖に対して年間 100 MCM、Qarun 湖に対して年間 400 MCM である。実際の年間排水量はこの規定された水量よりも多く、特に Rayan 湖に対して顕著である。規定された年間排水量である 500 MCM は、Fayoum 全域に割り当てられる水量（2.6 BCM）の 19.2%に相当する。

表 4.10.2 Rayan 湖および Qarun 湖への排水量

Period	Rayan				Qarun						Ratio	
	2018, K. m3/day	2018, '000 cum	2019, K.m3/day	2019, '000 cum	2018, K.m3/day	2018, '000 m3	2019, K.m3/day	2019, '000 m3	2020, K.m3/day	2020, '000 m3	2019 Qarun	2020 Qarun
1st Half Jan							1,764	26,453	1,777	26,648		
2nd Half Jan							439	7,023	1,980	31,676		
1st Half Feb	532	39,343	652	48,231	1,216	90,009	589	8,838	2,208	33,117	41%	58%
2nd Half Feb							1,547	20,108	2,693	35,008		
1st Half Mar							1,323	19,850	1,572	23,576		
2nd Half Mar	149	2,386	610	9,767	1,266	20,263	1,249	19,984	2,585	41,367		
1st Half Apr	468	7,015	799	11,992	1,038	15,570	1,685	25,271	2,188	32,816		
2nd Half Apr	202	3,025	582	8,725	882	13,232	1,501	22,515	1,167	17,512		
1st Half May	430	6,455	406	6,087	573	8,594	896	13,443	912	13,684		
2nd Half May	468	7,480	396	6,333	413	6,602	611	9,768	764	12,229		
1st Half Jun	490	7,354	291	4,358	855	12,832	454	6,816	1,366	20,487		
2nd Half Jun	137	2,195	459	7,352	382	6,120	651	10,415	1,117	17,868	100	100
1st Half Jul	210	3,153	217	3,261	508	7,614	502	7,532	995	14,920		
2nd Half Jul	137	2,195	291	4,649	532	8,514	454	7,270	839	13,426		
1st Half Aug	481	7,214	141	2,112	684	10,253	602	9,033	701	10,512		
2nd Half Aug	576	9,221	518	8,292	1,075	17,204	761	12,183	845	13,517		
1st Half Sep	541	8,113	618	9,270	1,319	19,786	1,136	17,045	1,449	21,730		
2nd Half Sep	365	5,468	425	6,370	1,287	19,300	1,112	16,687	885	13,276		
1st Half Oct	517	7,759	555	8,320	995	14,929	1,447	21,705	916	13,738		
2nd Half Oct					1,737	26,050	1,610	25,753	1,403	22,440		
1st Half Nov					1,203	18,047	1,807	27,106	1,430	21,455		
2nd Half Nov	707	54,405	866	66,696	1,702	25,534	2,401	36,012	1,952	29,282	85%	53%
1st Half Dec					2,037	30,551	2,639	39,582	1,892	28,376		
2nd Half Dec					1,904	28,557	2,584	41,350	2,110	33,760		
Total, MCM/Yr		**173**		**212**		**400**		**452**		**542**		
Allocation, MCM/Yr	**100 MCM per annum**				**400 MCM per annum**							

出典：Egyptian Public Authority for Drainage Projects - EPADP

3）両湖からの蒸発量

高温かつ乾燥した砂漠気候の特徴を考慮すると、両湖からの蒸発量は大きなものであると想定される。入手可能な蒸発量のデータおよび衛星画像解析により確認した湖の表面積から、排水による補充により湖の水位が大きく変わらないことを条件とした場合の湖の月別蒸発量および年間蒸発量を算定した。表 4.10.3 および表 4.10.4 に、Rayan 湖および Qarun 湖の湖表面からの蒸発量をそれぞれ示す。

蒸発量は、衛星画像解析（Sentinel-2 optical images）により月別に算定した湖の表面積に、蒸発深を乗じて算出した。計算の結果、毎年の Rayan 湖の年間蒸発量は約 160 MCM、Qarun 湖の年間蒸発量は約 400 MCM と概算される。その一方、Rayan 湖への実際の排水量は 173 MCM（2018 年）および 212 MCM（2019 年）、Qarun 湖への実際の排水量は 400 MCM（2018 年）および 542 MCM（2020 年）と推定され、ほとんどのケースで MWRI が規定している水量を超えている。

MWRI が規定している湖への排水量は、Rayan 湖に対して 100 MCM、Qarun 湖に対して 400 MCM である。Rayan 湖については、160 MCM まで排水量を増加しないと湖の縮小が始まると言える。Qarun 湖については、規定の排水量である 400 MCM が蒸発量とほぼバランスするため、規定の排水量を継続して流すことが必要であると言える。以上の事から、JICA 調査団は、Rayan 湖への規定の排水量を年間 160 MCM まで引き上げること、Qarun 湖への規定の排水量を現状の年間 400 MCM と同等に保つことを推奨する。

表 4.10.3 Rayan 湖における湖表面からの蒸発量

Month	Evaporation, mm/d	Evaporation, mm/month	Lake Area, m2	Evaporation Volume, m3
Jan	3.2	96	71,584,843	6,872,145
Feb	3	90	73,225,882	6,590,329
Mar	4.5	135	73,436,941	9,913,987
Apr	6	180	73,248,368	13,184,706
May	7	210	71,938,260	15,107,035

Month	Evaporation, mm/d	Evaporation, mm/month	Lake Area, m2	Evaporation Volume, m3
Jun	8.2	246	73,516,479	18,085,054
Jul	9.25	277.5	71,928,757	19,960,230
Aug	9.25	277.5	71,982,117	19,975,037
Sep	8.75	262.5	71,827,858	18,854,813
Oct	7.5	225	69,510,334	15,639,825
Nov	5.5	165	69,796,711	11,516,457
Dec	3.8	114	66,900,686	7,626,678
Total		2278.5		163,326,297

出典：Evaporation by Fahmy 2013, Managing water and salt balance of Wadi El-Rayan Lakes, El-Fayoum, Egypt。湖面の面積は Sentinel-2 (optical)による衛星画像分析の結果である (2020)。

表 4.10.4 Qarun 湖における湖表面からの蒸発量

Month	Evaporation, mm/d	Evaporation, mm/month	Lake Area, m2	Evaporation Volume, m3
Jan	3.0245	90.735	231,581,376	21,012,536
Feb	3.4155	102.465	235,666,491	24,147,567
Mar	4.0235	120.705	239,397,450	28,896,469
Apr	5.262	157.86	241,874,346	38,182,284
May	4.741	142.23	218,954,017	31,141,830
Jun	7.099	212.97	228,238,910	48,608,041
Jul	6.21	186.3	236,549,397	44,069,153
Aug	6.2485	187.455	234,381,884	43,936,056
Sep	5.7445	172.335	233,656,744	40,267,235
Oct	5.0565	151.695	231,082,317	35,054,032
Nov	3.978	119.34	230,017,923	27,450,339
Dec	3.107	93.21	230,533,327	21,488,011
Total		1737.3		404,253,553

出典：Evaporation by Maged 2006, Estimation of Evaporation from Lake Qarun using Standard。湖面の面積は Sentinel-2 (optical)による衛星画像分析の結果である (2020)。

4) 作物の水消費量（純作物必要水量）

作物の水消費量については、MWRI が純作物消費水量表を提示している他、EU Water STARS[1]が Wapor_v2 model を用いて算出した純作物水消費量を提供している。また、JICA 調査団および EU Water STARS 共に、Sentinel-2 データを用いた衛星画像解析により、実際の作付面積を算出している。以上を用いて、Fayoum 全域の純作物の水消費量を算出した（表 4.10.5 参照）。結果、MWRI データに基づく方法と EU Water STARS データに基づく方法の両者に大きな差は見られない。

表 4.10.5 Fayoum 全域の純作物水消費量 (MCM)

Method	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annual
ET (MWRI Table), MCM	83	109	152	146	73	176	187	194	101	55	54	85	1,415
ET (Wapor_V2), MCM	104	116	152	154	100	121	184	170	116	122	79	80	**1,498**

出典：MWRI crop water table, EU Water STARS

5) 上水および工業用水による利用水量

Fayoum には、上水および工業用水目的のポンプ場が多く存在する。MWRI 提供データに基づくと、Fayoum の上水・工業用水目的の利用水量は、一日あたり 692,000 CUM、月あたり 21 MCM、年間 253 MCM と推定される。この年間 253 MCM は、Fayoum に割り当てられている水量 2.6 BCM の 9.7%に該当する。

[1] EU Water Sector Technical Assistance and Reforms Support (EU Water STARS) Publication Reference: Europeaid/138797/DH/SER/EG, Contract Number: ENI/2017/393-295, Water Accounting Plus in Fayoum, Egypt (October, 2020)

6）Fayoum の全体水収支バランス

排水量のデータが利用可能である 2018 年および 2019 年において、Fayoum 地域へ供給された水量と 2 つの湖へ排水された水量の全体水収支バランスを推定する。表 4.10.6 に示すように、2018 年には 2.639 BCM、2019 年においては 2.731 BCM の水量が供給されており、これは規定の 2.6 BCM とほぼ同等である。

一方、Rayan 湖および Qarun 湖に排水された水量の合計は、2018 年で 572 MCM、2019 年で 664 MCM であり、これはそれぞれの年に供給された水量の 22%および 24%に該当する。すなわち、供給された水量の 78%および 76%は、作物や圃場面からの蒸発散量および上水・工業用水等に使用されており、この中には地下への浸透水も含まれる。

湖の水位を大きく変化させないことを考慮し、Rayan 湖への排水量を年間 160 MCM、Qarun 湖への排水量を年間 400 MCM と設定した場合、Bahr Yusef 基幹水路から Fayoum 全域に供給すべき水量を上述の排水量実績値（22%および 24%）を用いて 560 MCM から逆算すると、2018 年では年間 2.6 BCM、2019 年では年間 2.3 BCM が必要となる。この結果は、現状の Fayoum 地域への割り当て水量である年間 2.6 BCM を継続しないと、湖に影響を与えることが示唆される。

表 4.10.6 Fayoum 地域の全体水収支バランス

Year	Water Provided, MCM	Water Drained to the Lakes, MCM		Balance, MCM	Drainage Ratio	Req. for Drain, MCM	Back calculated Req., MCM
2018	2,639	Rayan	173	2,067	22%	560	2,582 (2.6 BCM)
		Qarun	400				
		Total	**572 (*)**				
2019	2,731	Rayan	212	2,067	24%	560	2,305 (2.3 BCM)
		Qarun	452				
		Total	**664**				

出典：JICA 調査団、注：＊ 小数点以下の丸めのため合計が一致しない場合がある。

7）Fayoum の灌漑用水の全体水収支バランス

上述した全体水収支バランスは、Bahr Yusef 基幹水路から供給される水量と湖への排水量のバランスを示したものであり、上水や作物の水消費量等を個別に考慮したものではない。そのため、図 4.10.4 および図 4.10.5 に、MWRI WDS が示した 2019 年の上水・工業用水の使用水量、Wapor_V2 モデル（上述、4）作物の水消量を参照）で計算された作物水消費量を考慮した場合の 2018 年および 2019 年の水収支バランスを模式的に示す。これら図より以下が判る。

- ✓ Bahr Yusef 基幹水路により供給される水は、Hassen Wassef 取水口（Fayoum 西部の水供給をカバー）および Lahoun 堰（Fayoum 東部の水供給をカバー）にそれぞれ配水される。Fayoum 全体へ供給された水量は、2018 年で 2.639 BCM、2019 年で 2.731 BCM であり、割り当て水量である 2,600 MCM（2.6 BCM）とほぼ等しい値となっている。
- ✓ Fayoum へ供給された全体水量から上水・工業用水の水量を差し引くと、灌漑に利用可能な水量は、2018 年で 2,386 MCM、2019 年で 2,478 MCM と算定される。
- ✓ Sentinel-2 データを用いた衛星画像解析に基づくと、Fayoum には 34,066 feddan の New Land（新規開拓農地）と 342,838 feddan の Old Land（旧耕地）が存在しており、その合計は 376,904 feddan となる。
- ✓ 376,904 feddan の農地を灌漑するためには，Wapor_V2 モデルにより算出される純作物水消費量 1,498 MCM（2018 年で利用可能な灌漑用水の 63%に該当）が必要となる。なお、MWRI 提

示の作物消費水量表（後述の 4.10.2 節参照）を参照して試算を行うと、純作物消費水量は 1,415 MCM となる。

✓ 両者の内、大きい方の水量である Wapor_V2 モデルにより算出された純作物消費水量を適用すると、2018 年および 2019 年の利用可能な灌漑用水と純作物消費水量の差分は、それぞれ 888 MCM および 980 MCM となり、灌漑用水に利用可能な水量全体の 37%および 39%に相当する（37%および 39%は作物に消費されないこととなる）。

✓ 上記で算出した差分は、1）2 つの湖へ排水された水量、2）作物消費以外のその他の水量（例えば地下浸透や蒸発）の 2 つの要素で構成されているはずであり、前者は灌漑用水に利用可能な水量全体に対して 24%および 27%、後者は 13%および 12%を占めている。

✓ 以上を簡潔に纏めると、2018 年と 2019 年のそれぞれの年において、灌漑用水に利用可能な水量全体の 63%および 61%が、作物が生育するために消費した水量、次いで全体の 24%および 27%が 2 つの湖に向かう排水量、残る 13%および 12%が地下浸透や蒸発などの損失水量と計算される。

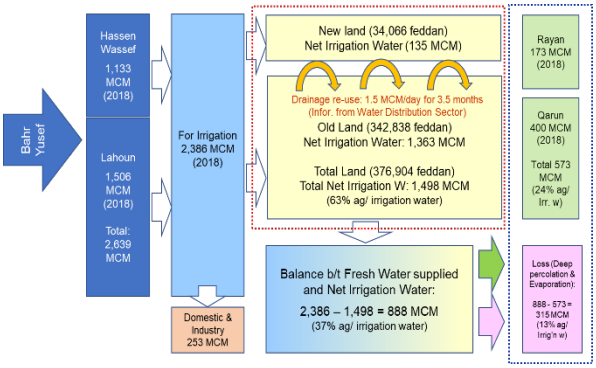


図 4.10.4 Fayoum の全体水収支バランス（2018 年）
出典：JICA 調査団、WDS data

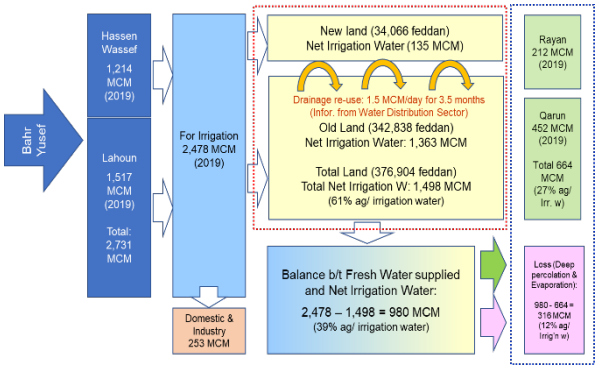


図 4.10.5 Fayoum の全体水収支バランス（2019 年）
出典：JICA 調査団、WDS data

表 4.10.7 は、上記の水収支バランスの分析結果を用いて灌漑効率を算出したものである。Bahr Yusef 基幹水路により供給された灌漑用水に対する灌漑効率は、2018 年で 63%、2019 年で 61%である。排水再利用により灌漑水として供給された水量を加味すると 59%および 57%となり、約 4%効率が低くなる。排水の再利用率は、供給された灌漑用水に対して 6.7%および 6.5%に留まっており、全国で見た場合の再利用率である約 18%と比較して低い値となっている。これは多くの排水を 2 つの湖に流下させているためである。

表 4.10.7 Fayoum 地域の灌漑効率

Particulars	Year 2018	Year 2019
Overall irrigation efficiency on the fresh water	1,498/2,386=63%	1,498/2,478=61%
Overall irrigation efficiency on whole water	1,498/(2,386+1.5x107days)=59%	1,498/(2,478+1.5x107days)=57%
Re-use ratio ag/ fresh water (3.5 mnt)	(1.5x107days)/2,386=6.7%	(1.5x107days)/2,478=6.5%
Total Water Provided	2,639 MCM	2,731 MCM
Domestic & Industry	253 MCM	253 MCM
Irrigation Water Available	2,386 MCM (100%)	2,478 MCM (100%)
Crop Water Consumption	1,498 MCM (63%)	1,498 MCM (61%)
Drains to Lakes	573 MCM (24%)	664 MCM (27%)
Losses (deep percolation, evaporation)	315 MCM (13%)	316 MCM (12%)

出典：JICA 調査団、Water Distribution Sector of MWRI

4.10.2 Fayoum における将来の全体水収支の変化

現在、Fayoum 地域の農家は、旧耕地周辺に開発された新規開拓農地を除き、地表水灌漑（水盤灌漑や畝間灌漑）を行っている。Sentinel-2 データを用いた衛星画像解析によると、New Land 農地は 34,066 feddan、Old Land 農地は 342,838 feddan であり、合計 376,904 feddans[2]と推定される。New Land 農地ではドリップ灌漑によりオリーブ等を栽培している農家も多く見られるが、水質に塩分を多く含むこと、水量不足等から New Land 全域には十分な灌水は行われていない。

政府が推進する 400 万 feddan の近代圃場灌漑施設整備の一環として、Fayoum に対しても近代圃場灌漑施設の導入を行うことが政府決定されている（2021 年 8 月）。近代圃場灌漑施設の導入により、圃場における地下浸透量および排水量に変化を与えるため、Qarun 湖および Rayan 湖への排水量についても変化が生じることとなる。これらの変化と、両湖の水位を現状と同じに保つための対策について、圃場灌漑方式の変更による灌漑効率の変化を考慮しながら検討する。

1）将来の水収支の変化を想定するための条件

近代圃場灌漑施設を導入することによる Fayoum の将来的な水収支の変化を推定するための条件として以下を設定する。

- ✓ FAO Training Manual 等の利用可能なガイドラインを参照し、ドリップ灌漑、スプリンクラー灌漑、地表灌漑の 3 種類の圃場灌漑効率をそれぞれ 0.95、0.80、0.70 と設定する。なお、ドリップ灌漑の圃場灌漑効率は、0.90 と設定されるケースが多いが、現在の Fayoum の New Land 農地におけるドリップ灌漑では、水不足の状況下で限られた範囲でのみ行われていることから、より高い灌漑効率（0.95）が期待される。
- ✓ ドリップ灌漑の設計コンセプトは、作物の根が必要とする適切な水量を供給することであり、これは地下への損失水量が生じないことを意味している。すなわち、排水路に排水が発生しないことを意味する（灌漑効率を 95%と設定することから、5%は蒸発によるロスと考える）。
- ✓ スプリンクラー灌漑は、作物に対してだけではなく、作物と作物の間の土壌に対しても水を供給する。そのため、作物が有効に消費しない水が存在する。スプリンクラー灌漑の圃場灌漑効率を 0.80 と設定するため、スプリンクラー灌漑とドリップ灌漑の効率差となる 0.15（0.95－0.80）に相応する水量が地下へ浸透・排水されると仮定する。
- ✓ 同様に、現在の浸透量と排水量は、地表灌漑とドリップ灌漑の効率差を適用して算出した水量、すなわち 0.25（0.95－0.70）に相応する水量と仮定する。

2）純および総計（Gross）の圃場灌漑用水（作物消費水量）

純圃場灌漑用水量あるいは正味の作物消費水量は、Wapor_V2 モデルによる水量を用いる。表 4.10.8 は、新規開拓農地および旧耕地に分けて農地面積を算出し、それぞれに圃場灌漑効率－新規開拓農地はドリップ灌漑、旧耕地は地表灌漑－を適用して算出した現状の作物への圃場灌漑水量を纏めたものである。

[2] 衛星画像分析は 2017/18 – 2019/20 の 3 シーズンの Sentinel-2 光学画像を用いた。なお、冬作は 2017 年 10 月から 2020 年 5 月までである。

表 4.10.8 New Land 農地および Old Land 農地別の純および総計（Gross）の圃場灌漑水量

Land	Area, feddan (1/)	On-farm Irrigation Efficiency	Net Crop Consumption Water (CCW), MCM	Gross CCW, MCM
New Land	34,066	0.95	135	143
Old Land	342,838	0.70	1,363	1,947
Total	376,904	0.72 (2/)	1,498	2,089

備考：1. 農地面積は Sentinel-2 データ（3 期分：2017/18 年、2019/20 年）を用いた衛星画像解析により算出、2. Fayoum 全域の総合灌漑効率は、New Land 農地と Old Land 農地の面積比を重み換算して求めた。
出典：JICA 調査団

3）現状の排水の状況（排水の水源）

下表は、ドリップ灌漑と地表灌漑の圃場灌漑効率の差分に見合う水量が排水路に流出すると仮定した場合の現状の排水量を水源別に示したものである。表に示すとおり、2018 年および 2019 年における既存の地表灌漑方式による排水路への流出水量は 487 MCM であり、これは両湖（Rayan 湖および Qarun 湖）への排水量の合計（2018 年：573 MCM、2019 年：664 MCM）を下回る。すなわち、湖への排水は圃場から集水された水量のみではなく、用水路から排水路へ漏出した水量も含まれていることが示唆される（表 4.10.9 の最下段を参照）。

表 4.10.9 現状の排水状況の推定（排水の水源別）

Particulars	2018	2019	Remarks
Drainage to Lakes, MCM	573	664	Drainage to Rayan & Qarun
Old Land Gross CCW, MCM	1,947		Based on Wapor_V2 model, and IE0.7
On-farm Irrigation Efficiency (Drip)	0.95		
On-farm Irrigation Efficiency (Flood)	0.70		
Difference of above 2 Efficiencies	0.25		Commensurate amount to the drains
Drainage from On-farm, MCM	487 (85%)	487 (73%)	
Drainage from Canals, MCM	86 (15%)	171 (27%)	Supplemented to meet the total of drains

出典：JICA 調査団、備考：CCW：Crop Consumption Water.

4）近代的圃場灌漑施設の導入に伴う排水状況の変化

本節では、Fayoum の旧耕地に近代的な圃場灌漑施設を導入し、加えて Fayoum の幹線・支線水路をコンクリートライニングへ更新した場合の排水状況の変化について検討する。最初の手順として、圃場レベルの灌漑効率、次いで用水路を含めたシステムレベルの灌漑効率を推定する。

表 4.10.10 は、圃場レベルの灌漑効率を示しており、新規開拓農地におけるドリップ灌漑の場合を 0.95、旧耕地における現行の地表灌漑の場合を 0.70、スプリンクラー灌漑（100%）の場合を 0.80、スプリンクラー灌漑（50%）・ドリップ灌漑（50%）の場合を 0.85、ドリップ灌漑（100%）を 0.90 として纏めたものである（旧耕地におけるドリップ灌漑は 0.90 と設定）。これらの灌漑効率に対して、新規開拓農地および旧耕地の面積を当てはめて加重平均した場合の圃場灌漑効率（IE）は、現状の灌漑方式では 0.72、ドリップ灌漑を全面導入した場合 0.90 となる。

表 4.10.10 異なる圃場灌漑方式別の圃場灌漑効率

Particulars	Current	Sprinkler (SP) 100%	SP 50% +DR 50%	Drip (DR) 100%	Area, feddan
Drip Irrigation in New Lands	0.95	0.95	0.95	0.95	34,066
On-farm Irrigation Efficiency in Old Lands	0.70	0.80	0.85	0.90	342,838
Weighted On-farm IE by Area Size	0.72	0.81	0.86	0.90	376,904

出典：JICA 調査団、FAO Irrigation Technical Manuals.

次の手順として、上記の圃場灌漑効率と幹線・支線・Meska 水路に適用される配水効率を組み合わせたシステムレベルの灌漑効率を推定する。Fayoum に対しては、Hassen Wassef 取水工と Lahoun 堰までの Bahr Yusef 基幹水路が搬送に対して責を負うため、搬送効率はシステムレベルの

灌漑効率の要素としては考慮しないこととする。

表 4.10.11 は、上記で算出した加重平均による圃場灌漑効率、幹線・支線・Meska 水路に適用される配水効率、そして全体灌漑効率を示したものである。表の内、現状の全体灌漑効率（システムレベル灌漑効率）は表 4.10.7 で示した 0.63 であり（2018 年値）、現状の圃場灌漑効率は表 4.10.10 で示した 0.72 であるため、前者を後者で除すると現状の配水効率は 0.87 となる。

この現状の配水効率である 0.87 を現状の土水路による効率として適用し、部分的な（半分の）コンクリートライニング水路の配水効率を 0.90、全面コンクリートライニング水路の配水効率を 0.95 と仮定する。そして、これらの配水効率を加重平均による圃場灌漑効率に乗じて、全体の灌漑効（システム灌漑効率）を算出する。

表 4.10.11 圃場灌漑効率および分配効率により構成される全体（システム）灌漑効率

Particulars	Current	Sprinkler 100%	SP50% +DR50%	Drip 100%	Current	Sprinkler 100%	SP50% +DR50%	Drip 100%	Current	Sprinkler 100%	SP50% +DR50%	Drip 100%
System Efficiency	0.63	0.71	0.75	0.79	0.65	0.73	0.77	0.81	0.69	0.77	0.82	0.86
Weighted On-farm IE	0.72	0.81	0.86	0.90	0.72	0.81	0.86	0.90	0.72	0.81	0.86	0.90
Distribution Efficiency	**0.87**	**0.87**	**0.87**	**0.87**	0.90	0.90	0.90	0.90	0.95	0.95	0.95	0.95
Canal Condition	Earthen (current)				Around Half Concrete Lined				Full Concrete Lined			

出典：JICA 調査団

以上の作業を踏まえ、表 4.10.12 に Fayoum における水収支の変化、表 4.10.13 に Fayoum の割当供給水量 2.6 BCM に対して近代圃場灌漑および水路ライニングを導入した場合の変化を纏める。計算にかかる諸条件は以下のとおりである。

- ✓ 計算には、2018 年の実際の Fayoum への供給水量である 2.639 BCM（割当水量は 2.6 BCM）および同年の実際の 2 つの湖への排水量 573 MCM を用いる。なお、湖の水位を変化させないために必要な排水量は 560 MCM である。
- ✓ 圃場からの排水量は、新規開拓農地の圃場灌漑効率（0.95）および表 4.10.10 で算出した加重平均による圃場灌漑効率の差を用いて推定する。
- ✓ 灌漑用水路から排水路への排水量（浸透量）は、現状の配水効率（87%）とコンクリートライニング水路による配水効率（最大で 95%）の差に比例させて求める。

表 4.10.12 は、節水型圃場灌漑および水路ライニングを導入することにより圃場および用水路からの排水が徐々に減少する様子を示している。すなわち、湖への排水量も減少することとなる。表 4.10.13 には、表 4.10.12 から代表的なケースを取り出し、Rayan 湖と Qarun 湖の現状の水位を維持するための水量を算定してある。現況水路はライニング無しでスプリンクラー灌漑を全面導入した場合において年間 182 MCM、また水路ライニングを全線に実施し、かつドリップ灌漑を全面導入した場合においては年間 430 MCM を追加的に排水（放流）する必要がある。この追加の排水（放流水）は淡水であるため、両湖の塩分濃度は大きく変化することが予見される。

表 4.10.14 は、2 つの湖への排水を必要としない場合の必要水量を示している。Fayoum 全域の幹線・支線・Meska のコンクリートライニングを行い、スプリンクラー灌漑を全面導入した場合の年間必要水量は 2,202 MCM、スプリンクラー灌漑（50%）・ドリップ灌漑（50%）を導入した場合の年間必要水量は年間 2,102 MCM、ドリップ灌漑を全面導入した場合の年間必要水量は 2,013 MCM となる。これらの水量は、現状の割当水量である 2.6 BCM に対してそれぞれ 85%、81%、77%に相当する。

一方、環境の観点から、2 つの湖の現状の水位を維持しない場合、観光業、塩精製業、漁業等に携わる多くのステークホルダーに対して影響を与えることが予想される。2 つの湖の水位を維持するためには、追加的な放流を行う必要がある。湖への追加的な放流を含めると、必要となる供給量はスプリンクラー利用の場合で約 2,437 MCM（表 4.10.13 の最下段から 2 番目の行に示す値）となり、割当供給水量である 2.6 BCM の約 94%となる。結果、全体の節水量はわずか 6%に過ぎないことになる。以上のことから、JICA 調査団は、Fayoum 地区に対しては近代圃場灌漑節の導入を行わず、現行の灌漑方式を継続することを提言する。

ここで現行の灌漑方式の課題の一つとして、Meska 上下流の水配分の不均一性から下流の農家は満足な営農ができないなど水管理の問題について課題を抱えている。すなわち、Fayoum 地区においては幹線・支線レベルの灌漑水路改修と併せて、効率的な水管理を実現するための Meska の改修など、排水量を減少させない状況下での灌漑施設の改善を図っていく事が推奨される。

表 4.10.12 近代圃場灌漑施設、水路ライニング導入に伴い湖に流出する排水量の変化

Modern On-farm Ratio/ Lining Ratio	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
From On-farm sprinkler, MCM	292	311	331	350	370	389	409	428	448	467	487
From Canals (non-lined), MCM	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
Total, MCM	378	398	417	437	456	476	495	515	534	554	573
Reduction Ratio, %	34%	31%	27%	24%	20%	17%	14%	10%	7%	3%	0%
From On-farm Drip, MCM	97	136	175	214	253	292	331	370	409	448	487
From Canals (non-lined), MCM	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
Total, MCM	184	223	262	300	339	378	417	456	495	534	573
Reduction Ratio, %	68%	61%	54%	48%	41%	34%	27%	20%	14%	7%	0%
From On-farm 1/2Sp+1/2Drip, MCM	195	224	253	282	311	341	370	399	428	457	487
From Canals (non-lined), MCM	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
Total, MCM	281	310	339	369	398	427	456	485	515	544	573
Reduction Ratio, %	51%	46%	41%	36%	31%	25%	20%	15%	10%	5%	0%
From Canal with Lining, MCM	0	9	17	26	35	43	52	60	69	78	86
Reduction Ratio, %	15%	14%	12%	11%	9%	8%	6%	5%	3%	2%	0%
Sprinkler + C. Lining, MCM	292	320	348	376	404	432	461	489	517	545	573
Drip + C. Lining, MCM	97	145	192	240	288	335	383	430	478	525	573
1/2Sp+1/2Drip + C. Lining, MCM	195	232	270	308	346	384	422	459	497	535	573
Sprinkler + C. Lining, %	49%	44%	39%	34%	29%	25%	20%	15%	10%	5%	0%
Drip + C. Lining, %	83%	75%	66%	58%	50%	42%	33%	25%	17%	8%	0%
1/2Sp+1/2Drip + C. Lining, %	66%	59%	53%	46%	40%	33%	26%	20%	13%	7%	0%
Gross Crop Consumption W., MCM	1,947	T.	Req.	Ratio							
Drainage from On-farm, MCM (2018)	487	Drainage	Min. D								
Drainage from Canals, MCM (2018)	86	573	560	102%							

出典：JICA 調査団

表 4.10.13 近代圃場灌漑、水路ライニングに伴い湖に流出する排水量の変化、および湖保持のために必要とされる流量

Particulars	Sprinkler 100% (Old Land)			SP50%+DR50% (Old Land)			Drip 100% (Old Land)		
Drainage to the Lakes (2018), MCM	573	w/ C.Lining		573	w/ C.Lining		573	w/ C.Lining	
Drainage from the On-farm, MCM	292	90%	95%	195	90%	95%	97	90%	95%
Drainage from Irri. Canals, MCM	86	66	33	86	66	33	86	66	33
Sub-total of Drainages, MCM	378	358	325	281	261	228	184	163	130
Required Drainage to Lakes, MCM	560	560	560	560	560	560	560	560	560
Additionally Required Water for Lakes to Keep the WL, MCM	**182 (32%)**	**202 (36%)**	**235 (42%)**	**279 (50%)**	**299 (53%)**	**332 (59%)**	**376 (67%)**	**397 (71%)**	**430 (88%)**

出典：JICA 調査団

表 4.10.14 近代圃場灌漑、水路ライニング導入に伴い Fayoum にて必要とされる流量（湖への流出の有無別）

Particulars	Sprinkler 100% (Old Lands)	SP50%+DR50 % (Old Lands)	Drip 100% (Old Lands)	Remarks
Annual Water (2018), MCM	2,639	2,639	2,639	For Fayoum
Domestic & industry (D&I), MCM	253	253	253	Fr. WDS, MWRI

Particulars	Sprinkler 100% (Old Lands)	SP50%+DR50 % (Old Lands)	Drip 100% (Old Lands)	Remarks
1) Saved On-farm Water, MCM	243	344	433	
2) Saved Distribution Water w/90%, MCM	74	74	74	By C.Lining
3) Saved Distribution Water w/95%, MCM	194	194	194	By C.Lining
New Annual Water w/ above 1)	2,396	2,295	2,206	w/o drains to lakes
New Annual Water w/ above 1+2)	2,321	2,221	2,132	w/o drains to lakes
New Annual Water w/ above 1+3)	2,202	2,102	2,013	w/o drains to lakes
% against allocated 2.6 BCM	85%	81%	77%	w/o drains to lakes
Total Annual Water w/ above 1)	2,577	2,574	2,583	w/ drains to lakes
Total Annual Water w/ above 1+2)	2,524	2,521	2,529	w/ drains to lakes
Total Annual Water w/ above 1+3)	**2,437**	**2,434**	**2,443**	***), ditto**
% against allocated 2.6 BCM	**94%**	**94%**	**94%**	**Against *)**

出典：JICA 調査団

4.10.3 Rayan 湖を犠牲にする場合の近代的圃場灌漑施設導入の可能性

Qarun 湖は古来より存在しているが、Rayan 湖は 1970 年代初頭に出現した。1960 年代後半、Qarun 湖の水位が急激に上昇し、湖周辺に湛水が発生した。MWRI は、過剰な水を Qarun 湖の西側の砂漠に放流するためのトンネルの建設を 1960 年後半に決定した。全長 5.9 km の放流トンネルは、1968 年に着工、1973 年に完成し、その後、Rayan 湖が出現した。2020 年現在、Rayan 湖は 72 km^2 の面積を持ち、その広い水面から年間 160 MCM に及ぶ水量が蒸発している。

仮に近年において出現した Rayan 湖を維持しないとすれば、Qarun 湖の水位を維持したまま、近代圃場灌漑施設を導入する可能性があるかもしれない。その場合の近代圃場灌漑方法は、ドリップ灌漑ではなくスプリンクラー灌漑とするべきである。表 4.10.15 は、2018 年の水収支を参考に、Qarun 湖への排水量を 400 MCM に維持するための全体（システム）灌漑効率の計算を纏めたものである。

Qarun 湖を維持した場合の全体灌漑効率は 71%、Fayoum 地域への必要供給量は 2,371 MCM となり、割当供給水量である 2.6 BCM の 91%に相当すると推定される。すなわち、スプリンクラー灌漑の導入と併せて、湖への排水を Qarun 湖のみを対象とした 400 MCM のみとすることで、9%の節水が可能となる。

続いて、全体灌漑効率を 71%とした場合の圃場灌漑効率および配水効率の設定が必要である。配水効率は、表 4.10.10 に示した現状の全体灌漑効率（63%）および加重平均による圃場灌漑効率（72%）から逆算して 87%と計算される。全体灌漑効率 71%、配水効率 87%であることから、圃場灌漑効率は 81%（71/87）と導かれる。

表 4.10.16 は、全体の圃場灌漑効率 81%を満たすスプリンクラー灌漑と地表灌漑の組み合わせを示したものである。スプリンクラー灌漑の灌漑効率を 0.8、地表灌漑の灌漑効率を 0.7 とし、旧耕地（342,838 feddan）のみに適用している。また、加重平均による全体灌漑効率を求めるために、既存の新規開拓農地（34,066 feddan）の面積も考慮し、この場合の灌漑効率を 0.95 としている。以上の計算過程を経て、同表ではスプリンクラー灌漑を 90%または 100%導入した場合、全体の圃場灌漑効率 81%になることが示されている。

よって、Fayoum のほぼ全域にスプリンクラー灌漑を導入しても、400 MCM の排水を確保することが可能であることから、Qarun 湖に限れば水位を維持することは可能である。一方、Rayan 湖は消滅することとなる。以上の設定により、節水される水量は約 229 MCM であり、割当供給量である 2.6 BCM の 9%の節水となる。しかしながら、Rayan 湖には養殖農家や塩精製農家が存在しているため、このような方策については、JICA 調査団は推奨しない。

表 4.10.15 Qarun 湖を維持する条件下での必要水量（Rayan 湖は維持しない条件）

Particulars	Unit	Yr 2018	400 MCM Drainage	Remarks
H. Wassef+Lahoun	MCM	2,639	**2,371** (2,118+253)	91% of 2.6 BCM (2,371 / 2,600)
Domestic & Industry	MCM	253	253	
Irrigation Available	MCM	2,386 (1,498+888)	2,118 (1,498+620)	
Evapotranspiration (ET)	MCM	1,498	1,498	
Overall Irrigation Efficiency	%	63% (1,498/2,386)	**71%** (1,498/2,118)	On-farm efficiency = 81% (71% / 87%, see Table 4.13.10)
Balance	MCM	888 (573/0.65)	620 (400/0.65)	
Rayan+Qarun (Drainage)	MCM	573	**400**	
	%	65%	65%	
Overall Loss (Percolation, etc.)	MCM	315	220	
	%	35%	35%	

出典：JICA 調査団

表 4.10.16 Qarun 湖を維持する条件下での近代的圃場灌漑による灌漑効率（Rayan 湖は維持しない条件）

On-farm Irrigation	Coverage Share by On-farm Irrigation method						Remarks
Sprinkler (E=0.80)	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Drip (E=0.90)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	For new lands, 0.95
Flood (E=0.70)	50%	40%	30%	20%	10%	0%	
Weighted On-farm Efficiency	76.8%	77.7%	78.6%	79.5%	**80.4%**	**81.4%**	

備考：Fayoum の農地は大きく旧耕地（Old Land）と新耕地（New Land）に区分される。前者は(342,838 feddan、後者は 34,066 feddan の面積を占めている。上表に示される近代圃場灌漑は旧耕地についてのみ導入されるものとしている。すなわち、旧耕地では従来の水盤灌漑から近代圃場灌漑への転換を考慮し、そして新耕地においては従前からドリップ灌漑が導入されているので（この時の灌漑効率は 0.95 を適用）、そのままとしている。
出典：JICA 調査団

4.11 近代圃場灌漑のためのファイナンス支援

本節では、近代圃場灌漑施設の導入にあたって農民へのファイナンス支援を行うための金融スキームとその実施体制について提案する。検討の対象とするのはツー・ステップ・ローンおよびアドバンス方式によるプロジェクトローンの提供である。

4.11.1 ツー・ステップ・ローン

1) 金融スキームの概要

エジプトの近代的灌漑システムの改善のためのスキームの提案に向け、本調査では、まず参加金融機関（Participating Financial Institution: PFI）が多数の農家のエンドドユーザーに対して小口の貸出を供与するツー・ステップ・ローン（TSL）について、その可能性を検討する。

エジプトにおける灌漑システム改善プロジェクトが政策上、合理的であることを考慮すれば、JICA TSL スキームを通じて近代的灌漑設備の導入という農民の資金需要を満たすことを支援することは有意義であろう。しかし、この場合、PFI は農民に対して通常の市場金利を設定することは容易ではない。そのため、政府による財政支援がなければ、PFI は経費をカバーするための適正な利鞘（例えば 3%程度）を得ることができず、持続的な銀行経営が難しくなる懸念が生じる。

エンドユーザーや PFI にとっては、JICA がより柔軟で利便性の高いサブローン条件を設定することが期待されていることを考慮し、スキームの概要と融資条件案を以下のタームシートにまとめる。融資条件は L/A 締結後にエジプトの MWRI により特定される。PFI とエンドユーザーとの間のサブローン条件は、MOF による財政支援や転貸条件に応じて PFI により決定される。

表 4.11.1 JICA ツー・ステップ・ローンにかかる条件概要書

Condition	Option(s)	Notes
Japanese ODA Loan Conditions (JICA – MWRI)		
Currency	JPY	
Total amount	TBD	
Tenor	30 years	Assumption: general terms, fixed, standard cf. Terms of Conditions of Japanese ODA Loans October 2022
Grace period	10 years	
Base interest rate	Fixed rate: 1.70% per year	
Repayment cycle	Semi-annually (20th day of a month)	
Interest payment cycle	Semi-annually (20th day of a month)	
On-lending Conditions (PMU – PFI)		
Currency	USD	
Total on-lending amount	TBD	
Tenor	Same as loan condition	
Grace period	Same as loan conditions	
Base interest rate	JICA loan interest rate + Spread (cost) / year	The spread will be determined by MOF (e.g., 0.0 - 1.0% for administration and forex risk costs). Additionally, MOF may charge Front-End Fee (one-time payment at the initial stage): 0.2% of the total on-lending loan amount.
Repayment cycle	Before loan repayment	
Interest payment cycle	Before interest payment of the loan	
Sub-loan Conditions (PFI – End-user)		
Currency	EGP	
Sub-loan amount	Up to EGP50,000 / feddan	
Tenor	Up to 10 years	
Grace period	Up to 2 years	
End-user's interest rate	On-lending rate + PFI's Margin – Financial Support by GOE	PFI's margin will be determined by PFI, based on PFI's normal net interest margin (NIM) as well as market common practice.
Repayment cycle	Depending on each end-user's sub-loan agreement	

Condition		Option(s)	Notes
	Interest payment cycle	Depending on each end-user's sub-loan agreement	
	Loan usage	Capital investment: min 80% (purchasing modern irrigation system; e.g., sprinkler and drip irrigation) Working capital: max 20%	
	Collateral(s)	Determined by PFI	
	Guarantor(s)	Determined by PFI	
	Eligible end-users	Farmers in the target area	

出典：JICA 調査団

2) 組織上の構成

JICA プロジェクトの L/A の署名者は借入人である MWRI となる。L/A 締結後の ODA ローンの引き落としは MWRI が実施するが、資金の払い出しや払い出し後のモニタリングなど、全体の資金管理は PMU が行う。また PMU は、PFI とともにサブローン申請の適格性チェック、エンドユーザーからの必要な情報収集、JICA への定期的な報告など、プロジェクト全体の管理を担当する。

なお、プロジェクトの円滑な実施のために、MWRI が組織内に JICA プロジェクトのためのプロジェクト管理ユニット（PMU）を設置するが、同メンバーは、プロジェクト・ディレクター、副プロジェクト・ディレクター、マネージャー、スタッフなど約 10 名の配置が必要となる。

融資の実行に関しては、日本政府とエジプト政府の間で L/A を締結した後、MWRI と PFI が Subsidiary Loan Agreement を締結する。ローン契約書には、各組織の役割やローン条件（貸付金利、満期など）が記載される。

3) PFI と同選定

TSL スキーム案の場合は、金融スキームの継続的な実施を担保する鍵となる、PFI 候補の業務概況および財務健全性を入念にチェックしておくことが重要となる。本件、ABE および NBE がその候補となり、各 PFI 候補から直近 3 期分アニュアルレポート（財務諸表を含む）、CBE に報告している 23 の財務健全性指標の数値（2021/22 年度期末時点）、業務概況、農家向けローン制度といった各種資料を徴求し、内部データを分析した上で必要に応じて補足ヒアリングにより確認する必要がある。

ところが、本件調査にかかる MD では PFI 候補となる ABE や NBE を含めた合意がなされていないため、同 2 行から入手する必要がある各種資料・内部データにつき、必要資料・データの要請を行っても、情報提供がなされていない（ABE の担当者によると近代圃場灌漑施設導入の実施機関である MWRI や MALR からの要請が必須、また監督官庁 CBE の許可も必要とのことである）。

一般に金融機関に対する評価項目の一つ「ガバナンス」に関連し、情報開示制度は重要なファクターとなる。その点、NBE については、同行ウェブサイトにて 2020/21 年度の監査済み財務諸表が公開されており、すでに入手・整理済であるが、ABE では財務情報等が公開されていない。公開情報に基づく NBE および ABE の事業概要、財務健全性指標、および財務諸表は下表の通りである。

表 4.11.2 TSL のケースにおける PFI 候補の業務概況

Name of bank	NBE	ABE
Type of bank	state-owned commercial bank	governmental bank
Year of establishment	1898	1930
Location of headquarter	Cairo	Cairo
Major shareholders (shareholding ratio)	MOF (　%), CEB (　%)	MOF (100%)

Name of bank	NBE	ABE
No. of branches	n.a	1,207
No. of employees	n.a	17,000
Total assets (in EGP)	2,623 billion	n.a
Bank's share of total assets in the Egyptian banking sector (%)	n.a	n.a
Loan outstanding (in EGP)	n.a	n.a
No. of loan customers (total)	n.a	n.a
No. of loan customers (farmers)	n.a	n.a
Loan portfolio by sector (%)	n.a	n.a
Bank's share in the Egyptian agricultural lending market (%)	n.a	n.a
Rating given by national &/or international rating companies	S&P: B (long-term) (October 2019), Moody's: stable (outlook) (October 2019), Fitch: stable (outlook), (October 2019)	-

出典：エジプト国立銀行（2020/21 年度）およびエジプト農業銀行（非公開）の Annual Report、ウェブサイト
https://www.nbe.com.eg/NBE/E/#/EN/Home
https://www.devex.com/organizations/agricultural-bank-of-egypt-148547
備考：2022 年 6 月末現在

表 4.11.3 TSL のケースにおける PFI 候補の財務健全性指標

Category	Measures	Formula	Egyptian Banking Sector	Unit	NBE	ABE
Capital Adequacy						
	Regulatory Capital to Risk-Weighted Assets	Capital Base / Risk-Weighted Assets	20.9	%		
	Regulatory Tier 1 Capital to Risk-Weighted Assets	Tier 1 Capital / Risk-Weighted Assets	17.1	%		
	Capital to Total Assets	Common Equity / Risk-weighted Assets	12.2	%		
	Financial Leverage	Total Assets / Capital & Reserves	6.9	x		
Asset Quality						
	Non-Performing Loans to Total Gross Loans	Non-Performing Loans / Total Gross Loans	3.2	%		
	Loan Provision	Loan Provisions / Non-performing Loans	92.1	%		
	Private sector contribution	Loans to Private Sector / Loans to Customers	58.1	%		
Earnings (Profitability)						
	Return on Assets	Profit before tax / Average Total Asset	1.2	%		
	Return on Equity	Profit after tax / Average Shareholders' Equity	16.1	%		
	Net Interest Margin	(Interest Received - Interest Paid) / Interest Earning Assets	4.2	%		
Liquidity						
	Average Liquidity Ratio (local currency)	Liquid Assets / Total Assets	44.3	%		
	Average Liquidity Ratio (foreign currencies)	Liquid Assets / Total Assets	78.4	%		
	Liquidity Coverage Ratio (LCR) (local currency)	High Quality Liquid Asset Amount / Total Net Cash Flow Amount (over a 30-day stress period)	990.0	%		
	Liquidity Coverage Ratio (LCR) (foreign currencies)	High Quality Liquid Asset Amount / Total Net Cash Flow Amount (over a 30-day stress period)	197.1	%		
	Net Stable Funding Ratio (NSFR) (total)	Total Amount of Available Stable Funding / Total Amount of Required Stable Funding	231.8	%		
	Net Stable Funding Ratio (NSFR) (local currency)	Total Amount of Available Stable Funding / Total Amount of Required Stable Funding	244.8	%		
	Net Stable Funding Ratio (NSFR) (foreign currencies)	Total Amount of Available Stable Funding / Total Amount of Required Stable Funding	184.5	%		
	Securities to Assets Ratio	Securities / Assets	25.2	%		
	Deposits to Assets Ratio	Deposits / Assets	73.4	%		
	Loans to Deposits Ratio (total)	Loans / Deposits	48.6	%		
	Loans to Deposits Ratio (local currency)	Loans / Deposits	45.5	%		
	Loans to Deposits Ratio (foreign currencies)	Loans / Deposits	66.8	%		
	Net Open Position in Foreign Currencies to Capital Base	Summing Foreign Currency Position into a single unit of account / Capital Base	-1.9	%		

出典：エジプト中央銀行「Monthly Statistical Bulletin No.308」（2022 年 11 月）
https://www.cbe.org.eg/en/EconomicResearch/Publications/Pages/MonthlyStatisticaclBulletin.aspx
備考：2022 年 6 月末現在

表 4.11.4 PFI 候補の財務諸表(単位 Billion LE)

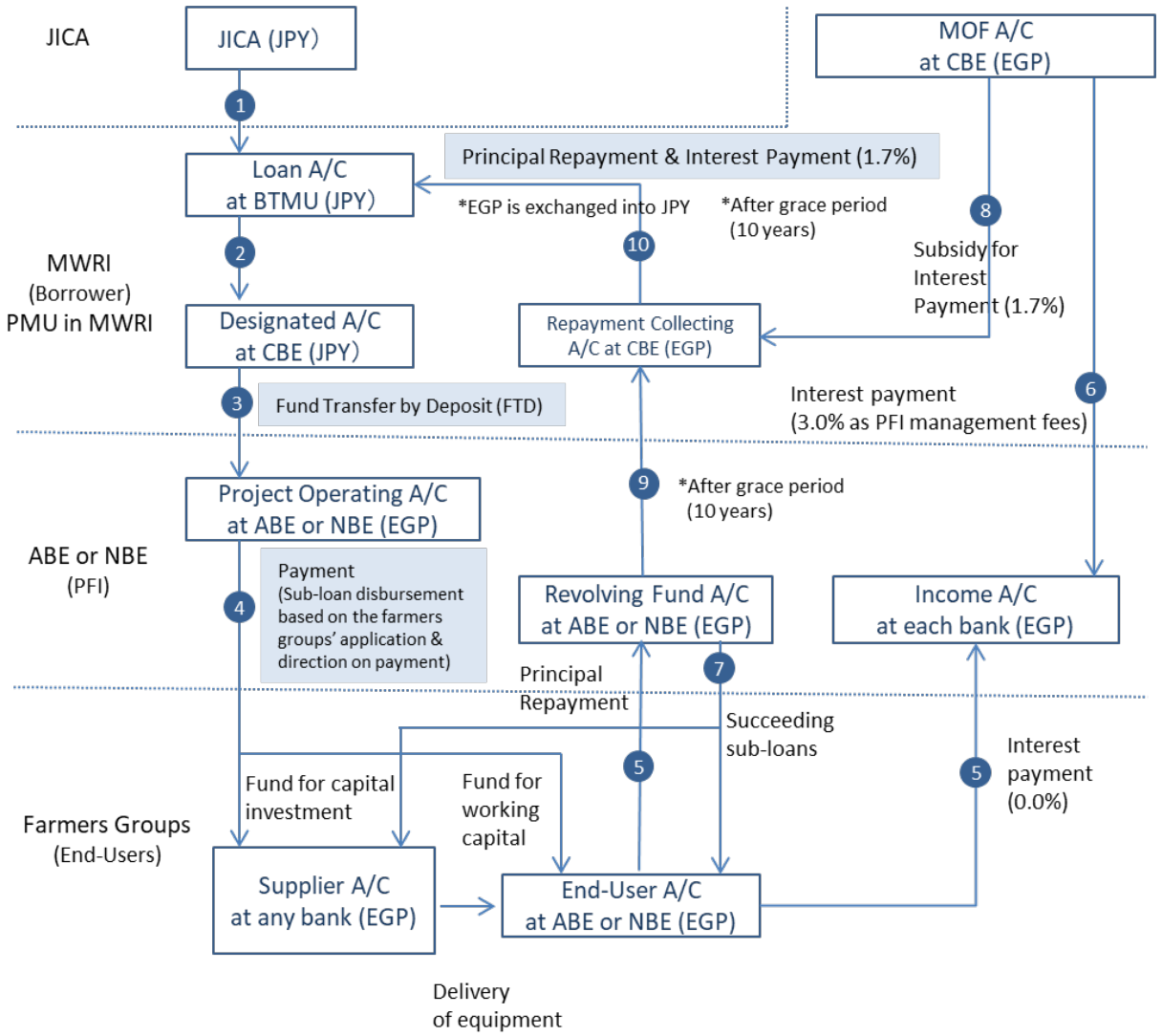
Particulars	NBE			ABE		
	2018/19	2019/20	2020/21	2018/19	2019/20	2020/21
BALANCE SHEET						
Cash and balance with Central Banks	29.4	45.4	70.4			
Due from banks	490.5	315.9	395.3			
Financial investments at fair value through profit/loss	0.3	1.2	1.4			
Loans and advances to banks, net	2.5	2.9	2.9			
Loans and advances to customers, net	514.2	682.7	1,039.7			
Financial derivatives	0.3	0.3	0.6			
Financial investments at fair value through other comprehensive income	445.0	798.8	798.9			
Financial investments at amortized cost	103.2	100.3	191.5			
Investments in subsidiaries and associates	7.8	7.9	8.4			
Fixed assets, net (after accumulated depreciation)	5.7	7.4	7.1			
Investment property	0.0	0.0	0.0			
Other assets	37.3	55.8	107.3			

Particulars	NBE			ABE		
	2018/19	2019/20	2020/21	2018/19	2019/20	2020/21
Total Assets	**1,636.2**	**2,018.4**	**2,623.5**			
Due to banks	141.0	89.1	144.5			
Repurchase agreements-treasury bills	22.2	22.4	22.0			
Customer deposits	1,171.0	1,595.5	2,101.9			
Financial derivatives	0.2	0.1	0.0			
Other loans	139.0	136.8	162.0			
Other liabilities	41.8	38.3	49.2			
Other provisions	8.1	10.1	10.4			
Pension benefits' liabilities	3.4	3.9	4.5			
Total Liabilities	**1,526.3**	**1,896.4**	**2,494.5**			
Paid-up capital	35.0	50.0	50.0			
Reserves	22.1	16.0	23.9			
CBE subordinate-loan differences between nominal and present value	29.8	36.1	34.8			
Fair value reserves for investments through other comprehensive income	2.8	6.2	4.6			
Net profit for the period / year	20.2	13.1	15.0			
Retained earnings	0.0	0.7	0.7			
Total Equity	**109.9**	**122.1**	**129.0**			
Total Liabilities and Equity	**1,636.2**	**2,018.4**	**2,623.5**			
Letter of Credit, Guarantee and other commitments	608.2	671.5	233.5			
PROFIT & LOSS STATEMENT						
Interest income on loans and similar income	184.0	187.6	215.0			
Interest expense on deposits and similar expense	(128.6)	(142.8)	(163.0)			
Net interest income	**55.3**	**44.8**	**51.9**			
Fee and commissions income	7.6	7.4	8.1			
Fee and commissions expense	(0.8)	(0.3)	(0.7)			
Net fees and commissions income	**6.8**	**7.1**	**7.4**			
Dividend income	0.7	0.6	0.6			
Net trading income	1.4	2.8	3.9			
Profit (Loss) from financial investments	(2.4)	0.4	(1.3)			
Charge of expected credit losses charge	(4.4)	(3.4)	(0.2)			
Administrative expenses	(20.2)	(20.5)	(25.3)			
Other operating income / expenses	(3.4)	(1.3)	0.7			
Profit before income tax	**33.7**	**30.6**	**37.8**			
Income tax expenses	(13.5)	(17.5)	(22.8)			
Net profit for the period	**20.2**	**13.1**	**15.0**			
Basic earnings per share / Diluted EGP	**0.34**	**0.18**	**0.21**			

出典：エジプト国立銀行 Annual Report（2018/19, 2019/20, 2020/21 年度）
備考：エジプトの年度開始は 7 月 1 日で 6 月 30 日に終了。

4) 資金フロー

想定される資金フローは次図の通りである。



Note 1: The disbursement between JICA and MWRI will be "Advance Procedure", receiving a fund from JICA according to 3 or 6-month project financial forecast.
Note 2: Regarding on-lending currency (MWRI→PFI), the loan currency for GOE will be JPY. The currency disbursed from MWRI to PFI will be in EGP. The exchange risk of transferring JPY to EGP will be taken by GOE.
Note 3: MWRI will create a Designated Account in CBE in order to receive fund from Loan Account which is located in Japan under the project name.
Note 4: PFI will make the repayments directly to MWRI in EGP. At the time of principal repayment to JICA from MWRI, MWRI will need to convert the fund from EGP to JPY.
Note 5: After the fund returning from end-users, PFI will keep and manage the fund and reuse the fund to another end-users. The fund is called "Revolving Fund" and PFI has responsibility to manage the fund until PFI returns to the government.

図 4.11.1 資金フローおよび実務フロー案（TSL 方式）
出典：JICA 調査団

5) 金融スキームの諸条件

エンドユーザーにとっては JICA がより高い柔軟性と利便性を実現することが期待されている現状を踏まえ、TSL を想定すれば、下表のような諸条件が望ましい。

表 4.11.5 エンドユーザーとなる農家にとっての諸条件

Item	Conditions
Currency	EGP
Sub-project amount	Up to EGP50,000 / feddan

Item	Conditions
Tenor	Up to 5 years for pump Up to 20 years for other irrigation equipment
End-user's interest rate	0.0%
Repayment cycle	Once a year (after the completion of sub-project)
Purpose of the financing	Purchasing modern irrigation system; e.g., pump, canal facilities, sprinkler, drip irrigation)
Collateral(s)	n.a
Guarantor(s)	n.a
Eligibility end-users	Farmers in the target area

出典：JICA 調査団

6) モニタリングおよびフォローアップ体制

TSL の場合、PFI は、エンドユーザーやサブプロジェクトを個別に、あるいは一括してモニタリングする責任を負う。関連情報は、オフサイトおよびオンサイトの検査を通じて少なくとも年 1 回の更新が必要である。これらのモニタリング活動に基づき、PMU は次の報告書を定期的に提出する。すべての報告書のフォーマットは、プロジェクト開始前に PMU が準備する。

表 4.11.6 ツー・ステップ・ローン案件における JICA 定期報告書

	Name / Type	Timing	Notes
Concerning all aspects of project implementation:			
1	Project Status Report	Quarterly until the Project Completion Date	
2	Project Completion Report	Within 6 months after the Project Completion Date	
Concerning Sub-Loan and Sub-Project:			
3	On-going Sub-Project Summary Report	Quarterly until the Project Completion Date	
4	Current Repayment and Overdue Status Report	Annually until 3 years after the Project Completion Date	
Concerning project implementation bodies			
5	Annual Report of Executing Agency (including auditor's report)	Annually until 3 years after the Project Completion Date	
Concerning fund management:			
6	Statements of Designated Account and Project Operating Account	Annually until 3 years after the Project Completion Date	
7	Audit Report on the Statements of Designated Account and Project Operating Account	Annually until 3 years after the Project Completion Date (within 9 months after the end of each fiscal year).	
8	Statements of Expenditures (SOEs) and their Audit Reports	Annually until the Project Completion Date (within 9 months after the end of each fiscal year).	

出典：JICA 調査団

PMU はサブプロジェクトについて個別管理、また全体状況を監視する責任を負う。運営委員会（Steering Committee）は、PMU がまとめた報告書に基づいて、定期的に委員会で検討する。モニタリングのために、JICA および MWRI は必要に応じて、エンドユーザーやサブプロジェクト（例：農地でのサブプロジェクトの現場）を訪問する。また、JICA は PMU 事務所の訪問や PMU メンバーへのインタビューを通じて、PMU を検査することができる。

JICA プロジェクトのインパクト評価については、JICA が最初の評価を行い、L/A の締結後すぐに「事前プロジェクト評価報告書」が発行される。同報告書には次の内容が記載される。すなわち、1）プロジェクト名、2）JICA 資金の必要性と正当性、3）TSL プロジェクトの目的、4）環境レビューのスケジュールと結果を含むプロジェクトの説明、5）パフォーマンス指標（運用・効果指標）、6）外部要因によるリスク、7）過去の類似プロジェクトの評価結果と教訓、8）評価計画等である。

第 2 回目の評価となる「事後評価」は、プロジェクト完了日から通常 3 年以内に実施される。TSL プロジェクトの効果、影響、持続可能性を評価するために PMU と PFI から必要なベースライ

ンデータを収集する。PMU は、「運営・効果指標」を含む必要な評価結果を作成し、JICA に提出する。

4.11.2 アドバンス方式によるプロジェクトローン

1) 提案金融スキーム案の概要

近代的灌漑システム導入のための金融支援スキームとしては前出の TSL に加えて、アドバンス方式によるプロジェクトローンの実施も想定される。同スキームでは、JICA プロジェクトの借り手は MWRI となる。MWRI は L/A 締結後の ODA 資金の引き落としを担当するが、資金の払い出しや払い出し後のモニタリングなど全体的な資金管理は PMU が行う。

MWRI が組織内に PMU を設置し、本スキーム運営を所管する。MWRI が JICA に対し、貸付実行リクエストおよび資金補填に関する報告を行い、JICA 資金を受け入れた後は、農民の合意を得て、政府調達入札（LCB; Local Competitive Bidding）を実施し、PMU がエンドユーザーである農家からの依頼に基づき入札業者への支払いおよび領収書の受け取りを行う。

エンドユーザーとなる農民による資金の返済方法については、エジプトの近代的な農場灌漑開発を強化するために有効に機能している Meska 返済システムを援用することとなる。つまり、返済負担は各農家が毎年税務署に土地税を支払う（税務署の地方事務所職員が徴収する）際に、Meska 改善償還分も併せて支払う。償還期間は 5 年間（ポンプの場合）または 20 年間（その他、水路施設の場合）、あるいは 10 年間の等分返済となる。

当該返済方法のメリットとしては、第一に、土地税の支払い領収書がなければ政府による補助金付き肥料を購入できないため農家が安易に土地税を滞納することはなく、それに伴い徴収される Meska 改善償還分についても、厳格に取り立てを行えば、融資スキームで発生する懸念のある不良債権化のリスクを軽減し得る。第二に、各農家のローン事務や返済に係る負担が大幅に軽減されるため、受益農家にとってはこのシステムが最も望ましい。第三に、銀行ローンの場合、担保として、通常、農地を差し出すことが必要となり、これに嫌悪感を示す農家が多いが、当該方式の場合、担保は不要となる。

表 4.11.7 JICA 支援スキームの条件

Condition		Option(s)	Notes
Japanese ODA Loan Conditions (JICA – MWRI)			
	Currency	JPY	
	Total amount	TBD	
	Tenor	30 years	Assumption: general terms, fixed, standard cf. Terms of Conditions of Japanese ODA Loans, 1 October 2022
	Grace period	10 years	
	Base interest rate	Fixed rate: 1.70% per year	
	Repayment cycle	Semi-annually (20th day of a month)	
	Interest payment cycle	Semi-annually (20th day of a month)	

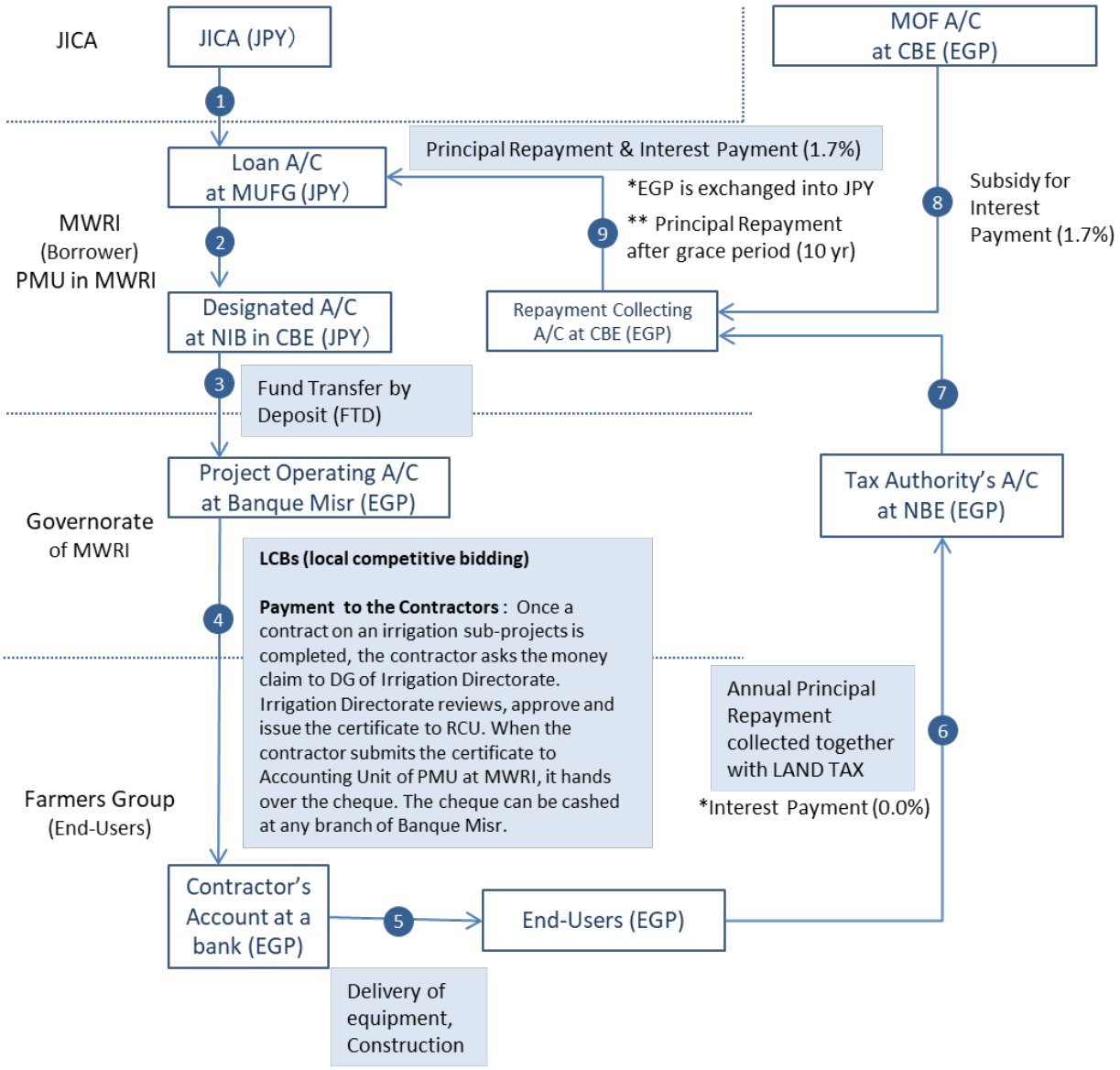
出典：JICA 調査団

2) 組織上の構成

JICA プロジェクトの L/A の署名者は借入人である MWRI となる。L/A 締結後の ODA 資金の引き落としは MWRI が実施するが、資金の払い出しや払い出し後のモニタリングなど、全体の資金管理は PMU が行う。プロジェクトの円滑な実施のために、MWRI が同組織内に PMU を設置するが、同メンバーには、プロジェクト責任者、秘書スタッフ、管理スタッフ、会計・資金実行スタッフ、契約専門家、エンジニア、技術スタッフ等が配置されることが必要となる。

3)　資金フローおよび実務フロー案

資金フローおよび実務フロー案は下図の通りである。



Note 1: The state-owned banks include NBE, Misr Bank, Cairo Bank, Alexandria Bank, and ABE.
Note 2: In terms of payment to the Suppliers, alternatively, as currently done, it is possible to take the following procedure. The Head of Regional Coordination Unit (RCU) issues a certificate of sub-project completion. The supplier submit it to PMU in MWRI so that the Head of PMU issues the Approval Letter on Payment, and reports to the Representative of MOF within MWRI. The supplier submit the Approval Letter to the Representative of MOF, and the Representative requests CBE/NIB for the payment to the supplier's account (cf. There is no Project Operating Account in this case).
Note 3: In case of TSL via PFI (e.g., ABE, NBE), the farmers as end-users would need to provide with 'land as collateral', which is not a realistic option at the moment.
Note 4: Main abbreviations
ABE = Agricultural Bank of Egypt, CBE = Central Bank of Egypt, NBE = National Bank of Egypt,
NIB = National Investment Bank

図 4.11.2　資金フローおよび実務フロー案（プロジェクトローン方式）
出典：JICA 調査団

4.11.3　近代灌漑設備整備のための金融スキームの提案

以上、近代的灌漑システムの改善のための金融支援スキームとして、TSL とアドバンス方式に

よるプロジェクトローンの可能性を検討した。MWRI 側は当初は 5 関係省庁が署名した合意文書に基づく銀行ローン方式を念頭に置いていたが（ODA ローンの場合 TSL）、Meska 返済方式（アドバンス方式によるプロジェクトローンの設計）についても可能性有りとしている。

本件、TSL が現実的なオプションとはならない背景として、5 関係省庁が署名した合意文書では担保は不要とされているものの、農家は銀行ローンによって土地を担保に取られかねないという懸念を持つ可能性がある。加えて、銀行ローン借り入れにあたって必要となる文書の準備などから､銀行ローンにすれば農民は近代圃場灌漑導入を拒否しかねないとの懸念が MWRI 側にある。

第二に、2016 年の法改正以降、エジプトの農業金融を担う ABE（PFI の最有力候補）は Principal Bank for Development and Credit (PBDAC)と称され、外貨借入局が廃止されて対外借入を行うことができなくなった（出典：2021 年 7 月 5 日付け ABE 会合の議事録）。したがって、エジプトで農業向け政策金融プログラムの実施に際しては、ABE の役割はエジプト政府から委託手数料を得て当該プログラムの取扱いを行うことに限定されており、国際機関からの借入による TSL スキームに PFI として参加することは難しい状況にある。

第三に、ABE の PFI 候補としての適格性について疑念が拭いきれない。過去、2013 年時点で不良債権比率が 36.3%にまで上昇し、翌年に世界銀行の支援を要請した経緯があるが（世界銀行「PBDAC リストラ・プログラム」2014 年～）、最近、財務情報の適時開示がなされておらず、財務健全性に係る懸念が払拭できない。この点、ガバナンスの観点からも問題視される。また、2016 年の法改正以降、ABE では農業向け TSL 実施の経験が乏しくなっており、TSL 実施能力についても懸念が残る。

4.12　近代圃場灌漑における水利組合の設立

MWRI による水利組合（WUA）設立の長きにわたる試みは、1990 年代初頭に USAID の技術的支援の下で始まった。当初、WUA の設立は Meska レベルの農民組織にフォーカスしていたが、その後、支線水路レベル、そして district レベルへと移行していった。これらは、それぞれ Meska WUA、支線水路 WUA、そして District Water Board と呼ばれる。以下、これまでに蓄積されてきた多くの経験を参照しながら、近代圃場灌漑の導入に沿った WUA の設立について論じる。

4.12.1　MWRI と農家の間での水管理デマケーション

灌漑システムは一般に、水源、取水施設、幹線水路、支線水路、そしてエジプトでは Meska と呼ばれる 3 次水路で構成される。これらが総体として灌漑用水を受益農家圃場まで運搬し、分配する。図 4.12.1 は、このシステム配置を、各段階における施工および維持管理の責任主体と共に簡易的に図示したものである。

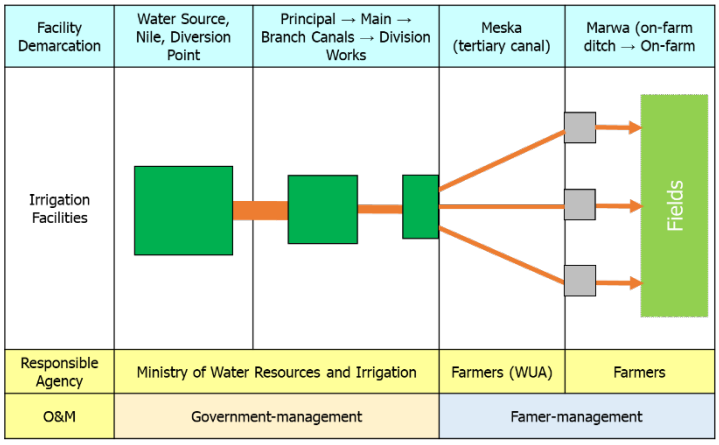


図 4.12.1 エジプトにおける灌漑システムの管理体制
出典：MWRI からの情報に基づき JICA 調査団作成

図で示した通り、MWRI が水源管理や取水施設等の最上流側から支線水路レベルまでに責任を有する一方で、受益農家は Meska、Marwa（圃場内水路）、圃場内灌漑設備といった下流レベル（末端レベル）の灌漑施設に責任を持つ。なお、通常、Meska の入り口に設置されている取水施設については MWRI が責任主体となる。

前述したように、Meska およびそれ以降の施設は農家によって管理されるとしている。このことは、農家が MWRI に対してパイプラインシステムを伴うポンプ場の導入やライニングといった Meska 改善を要請できるものの、いずれの場合においても、施工費は償還についての譲許的条件の下で農家によって返済されなくてはならないことを意味する。Meska、Marwa（圃場内水路）そして圃場内灌漑設備の日常的管理については、当該農家が個人として、また水利組合として、その責に当たることが必要である。

4.12.2　水管理改善プロジェクト（IIP）における水利組合の設立

図 4.12.2 は、支線水路と複数の Meska の一般的な配置を示したものである。Meska がカバーする面積は、20 feddans（約 8ha）程度の小さなものから 100 feddans（約 42ha）を超えるものまである。たとえば 100 feddans を超える面積をカバーするような大きな Meska の場合、図 4.12.2 の支線水路の左岸側のように複数のポンプ場

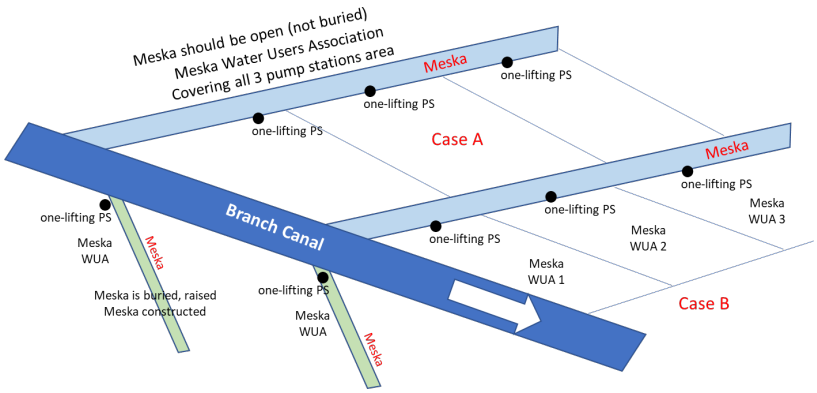


図 4.12.2 Meska 水利組合の一般的配置
出典：MWRI からの情報に基づき JICA 調査団作成

が設置されることが多い。この際、1 つの WUA が複数のポンプ場をカバーするのか（Case A）、ポンプ場ごとに設立された WUA によってカバーされるのか（Case B）は、農家の意向次第となる。前者の場合には、水利組合は Meska WUA と呼ばれ、後者の場合は Meska WUA 1、Meska WUA 2 などと呼ばれる。

IIP の実践によると、WUA は関係するすべての農家によって設立され、彼らによって代表者が選出される。多くの場合、代表者は議長、書記役／副議長、会計役、ポンプ運営／管理者等によって構成される。また、リーダー1 名とメンバー2 名といった計 3 名程度で代表者が構成されることもある。そして、特定の支線水路以下の Meska のすべての代表者たちは、支線水路レベルで Branch Canal WUA（支線水路 WUA と呼称）を形成する。ここでは、Meska の代表者たちによって、Meska WUA と概ね同様の構成の支線水路 WUA の代表者が選出される。

4.12.3 近代圃場灌漑における水利組合の設立

近代圃場灌漑の導入による WUA の設立は、基本的には、エジプトにおける長年の経験に沿うことが必要であるが、農家が長らく行ってきたより簡易な湛水灌漑農業ではなく、より高度な圧力を伴った灌漑システムを運用するという観点からいくつかの改善が必要となる。ここで導入される近代圃場灌漑システムは、それぞれ異なる水圧の下で用いられるスプリンクラーシステムとドリップシステムの双方を運用できるように設計されなくてはならない。

このことは、近代圃場灌漑システムの維持管理には、より高度な技術が求められることを意味する。したがい、WUA はこのシステムへ的確に対応できるように組織・編成されなくてはならない。よって、JICA 調査団としては、図 4.12.2 において Case B が示すように、ポンプ場ごとに WUA を設立することを提案する。また Meska 改良事業と同様に、関係する農民の 50%を超える同意を Meska WUA の設立条件とする。

1） Case B に対応した Meska レベル WUA

「4.10 近代圃場灌漑の導入」で述べた通り、近代圃場灌漑システムは最大 30 feddans（約 12ha）までの規模で設立され、時には、10 feddans（約 4ha）や 20 feddans（約 8ha）で一つの近代圃場灌漑システムを構成することもある。IIS への聞き取りによると、一般的に農家の平均的な面積は 0.6～1.0 feddan とのことである。最大規模である 30 feddans の近代圃場灌漑システムの場合は、最低でも 30 名程度、多ければ 50 名程度の農家が構成員として存在することとなる。これら農家の最大数とシステムの特徴を踏まえ、WUA の設立においては下記事項に留意すべきである。

- ✓ ある程度の規模の Meska WUA の組織には、計画策定、意思決定、そして実施といった 3 つの分権的部門を設置することが必要となる。まず初めに WUA 内のサブグループによって計画が策定され、その後に意思決定機関である総会（GA : General Assembly）にて計画が諮られる。GA で参加農家による承認が得られれば、管理委員会（農家代表から構成される Management Board）の監督の下で

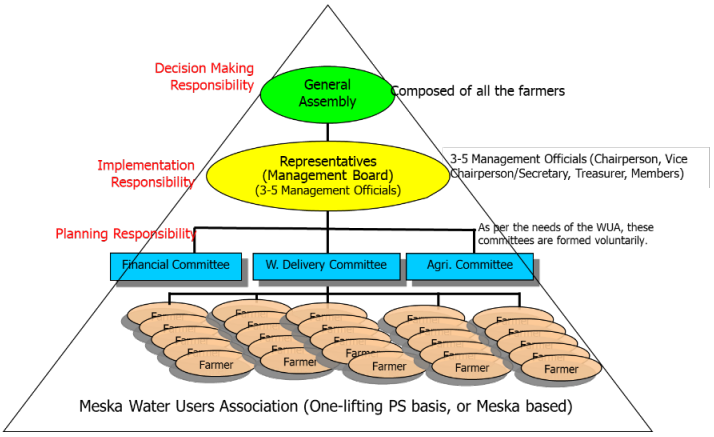


図 4.12.3 Meska WUA の組織構造
出典：JICA 調査団作成

農家によって計画が実施されることとなる。このようにして、計画作成、意思決定、実施といった側面につき組織内における分権化が行われるべきである（図 4.12.3 参照）。

- ✓ 組織構造としては、全構成員から成る総会（GA）が最上位機関に位置付けられ、重要事項についての議論および決定はこのレベルで行われる。GA の下位に、議長、書記役／副議長、会計役、その他メンバーから成る管理委員会が置かれる。管理委員会は、GA の決定に従った計画の執行および日常的管理を担う。ここでのポイントは、議長を頂点とした管理委員会は意思決定ではなく執行を担当するという点である。つまり、意思決定においてはたとえ議長であっても 1 票のみを持つこととなるが、実施においては最高執行責任者（CEO）であるということになる。
- ✓ 管理委員会の下部には、計画を担当する下位グループを置くべきであり、必要に応じて農業開発委員会、水配分委員会、財務管理委員会などが想定される。一つの委員会は 3～5 名程度の有志メンバーによって構成され、管理委員会から 1 名をリーダーとして配置することが推奨される。たとえば、農業開発委員会のリーダーは管理委員会の議長が努め、水配分委員会は書記役／副議長が、財務管理委員会は会計役が率いるといった形である。いずれの場合においても、これらグループは計画策定を担うこととなり、計画に係る決定は GA においてなされる。
- ✓ そして、GA の決定に基づいて計画が実施に移される。通常、ポンプ運用料金（水利費）などの重要な計画に関しては、全メンバーにより構成される GA によって決定がなされることが必要である。そして、計画の実施主体は WUA のメンバーであり、かつ、意志決定を行う GA のメンバーでもある。計画は全メンバーで構成される GA によって決定されるのであるから、管理委員会の監督・指導の下、これらメンバーが総体として計画の実施にあたることとなる。

2) 支線水路における WUA 設立

支線水路 WUA の設立の基本的な考え方は、Meska WUA と概ね同じである。図 4.12.4 に示す通り、GA が Meska WUA の GA および農家の代表グループに置き換わること以外は、構造は同一である。Meska WUA は 30 feddan を最大規模として設立されることから、約 1,000 feddan 程度をカバーする一般的な支線水路以下には、最低でも 30 ほどの Meska WUA が存在することとなる。

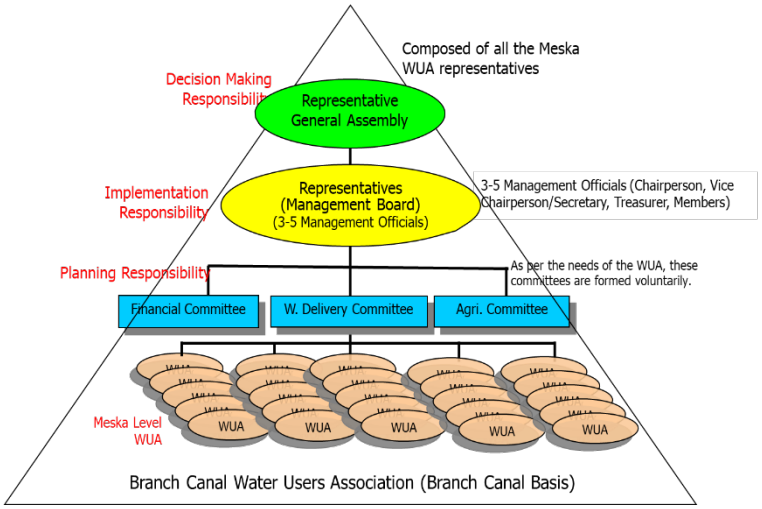


図 4.12.4 支線水路 WUA の組織構造
出典：JICA 調査団作成

1,000 feddan 以上をカバーする支線水路も多く、そのような場合には、支線水路以下の全農家数は優に 1,000 を超えるため、協議や何らかの決定を行うために全農家を 1 箇所に集めることが非常に難しくなる。よって全農家を集めるのではなく、各 Meska WUA の代表者のみを集めて共に支線水路 WUA を設立することとなる。これに伴い、Meska WUA の組織構造における GA は Meska WUA の代表者のみで構成される Representative GA となり、Meska WUA がここでの最下部を構成するメンバーとなる。但し、Meska WUA が設立されずに支線水路 WUA が設立されている場合もあり、Meska 改良は進んでいない

が、支線水路レベルで農家の調整を行っている場合がある。

4.12.4 3 優先地区における WUA の想定数

表 4.12.1 に、3 優先地区において想定される Meska WUA の数と、WUA ごとの想定農家数を整理する。上述したように、Meska レベルの WUA がカバーする最低面積は 10 feddans で、最大は 30 feddans である。優先地区の受益面積を WUA のカバー面積で除すことで想定 WUA 数が得られるため、3 優先地区の合計として、少なくとも 4,240、最大ではおよそ 13,000 の WUA が設立されることとなる。

WUA ごとの農家数は、平均的な農地面積のデータに基づいて算出する。ここでは、農地面積に関する 2 種類のデータ、1）Bulletin of Agricultural Boundaries and Properties 2017, July 2017, CAPMAS、および 2）JICA 調査団の農家インタビュー調査で聞き取った農地面積を用いる。1 つ目のデータより所有面積の大きさを把握し、2 つ目のデータより耕作面積、つまりは所有面積から貸出面積を差し引いて、借入面積を足したものを把握する。

JICA 調査団の農家インタビュー調査で聞き取った耕作面積と「Bulletin of Agricultural Boundaries and Properties 2017, July 2017, CAPMAS」の所有面積データに基づくと、Meska WUA ごとの想定農家数は、最小で 3 農家、最大で 29 農家ほどとなり、3 地区平均では 7～21 農家程度と算出される。Meska レベルの WUA ごとの農家数として、この程度の人数であれば、組織マネジメントにおいて大きな困難は生じないと考えられる。

表 4.12.1 3 優先地区における Meska WUA と農家の想定数

Area	Area, feddan	Expected Max. No. of WUAs	Expected Min. No. of WUAs	Average. Farmland*, feddan	Owned Farmland**, feddan	Expected No.*** of Farmers per WUA
Abo Shosha	17,881	1,788	596	1.41	1.02	7-21 / 10–29
Aros & Abo Seer	13,330	1,333	444	1.62	2.95	6-19 / 3 – 10
Kased	95,976	9,598	3,199	1.38	1.16	7-22 / 9 – 26
Total	127,187	12,719	4,239	1.41 ****	1.33 ****	7-20 / 7 - 21

*：JICA 調査団による農家経済調査に基づく。
**：Bulletin of Agricultural Boundaries and Properties 2017, July 2017, CAPMAS に基づく。なお、Kased 地区の農地面積データは Gharbia 県（上中流）と Kafr El Sheik 県（下流）の関係地区の比率で傾斜をつけた。
***：前者の数は農家経済調査の土地面積に基づくもの、後者の数は Bulletin of Agricultural Boundaries and Properties 2017, July 2017, CAPMAS に基づくものである。
****：各地区の面積に応じた加重平均値である。
出典：JICA 調査団

4.13 営農計画

4.13.1 営農計画策定の枠組み

本事業の計画コンポーネントは、幹線水路から 2 次水路までの水路の改善、水利構造物の改修・建設、および Meska 改修と圃場レベルでの近代圃場灌漑システムの導入で構成される。圃場レベルの近代灌漑システムとは、Marwa をパイプラインに変更したスプリンクラーおよびドリップ灌漑の導入である。営農計画は、これら事業コンポーネントに基づき策定する。

営農計画は、作付体系、作付率、作物単収および近代灌漑導入のための技術研修等により構成する。優先地区が位置する上エジプト地域とデルタ地域では作付体系に大きな違いがあるので、営農計画は上エジプトとデルタで各々作成する。下記に営農計画の基本的な想定を示す。

1）作付体系

灌漑システムの改善および近代灌漑の導入は、農家がより所得を増加できる作付体系への変換への動機付けとなる。一方で、農家は近代灌漑システムの運用が容易ではないとの懸念から、従来馴染んでいる作物を継続して作付けするという保守的な選択を行うことも考えられる。このため、営農計画では、1）作付体系は現状のまま、および 2）収益性の高い園芸作物の作付増、の 2 通りの作付体系を設定する。

現状の作付体系は、MALR 発行の県別農業統計を基礎とする。園芸作物の作付増を伴う営農計画については、本調査で実施した農家調査における農家の意向や既に近代圃場灌漑を取り入れている農家への聞き取りを基礎に、市況や労働集約性を考慮して計画する。

2）作付率

近代灌漑システム導入を含む灌漑改善による節水は、一水路掛かりの農家間のより公平な水配分と利用可能水量を増大させる。聞き取り調査を実施した近代灌漑実践農家では、近代灌漑導入によって作付面積を拡大できたことも確認された。これは、水路最下流の農家では、主として水不足により一部の農地を遊休させていた農家の存在を意味する。しかしながら、このような遊休地は限られていると言え、エジプトの農地全体からみると作付率は既に非常に高くなっていると言える。このため、営農計画の作付率は、現状と同等と設定する。

3）作物単収

事業実施による作物単収増は、1）灌漑改善による利用可能水量の増加とより公平な水配分、および 2) 近代灌漑システムの導入による精緻な栽培管理、による効果でもたらされると設定する。灌漑改善は灌漑効率の向上を可能とし、単収増につながる水利用可能量の増および公平な水配分を実現する。

特に下流に位置する農家は、灌漑改善による単収増の裨益を得ることができる。灌漑改善による単収増効果の割合については、水路上流の単収と下流の単収レベルの差を想定する。上流と下流での単収差は、農家調査の結果および他の既存プロジェクトの成果のレビューに基づいて設定する。

近代圃場灌漑システムの効果は、より合理的な灌水と施肥が可能となることで作物単収の増大をもたらす。近代圃場灌漑導入による単収増の割合は、既存の試験研究成果およびエジプトの旧耕地（Old Lands）において近代灌漑を実践している農家への聞き取り結果を基に設定する。

表 4.13.1 営農計画策定の想定

Pillar	Without Project	With Project
Cropping Pattern	Based on agricultural statistics	Interviews to farmers practicing modern irrigation, and also market situation
Cropping Intensity	Based on agricultural statistics	Same as the current ones (no increased planned)
Unit Yield	Based on agricultural statistics and farm economy survey	Farm economy survey, interviews to farmers practicing modern irrigation, existing studies and research documents

出典：JICA 調査団

4）近代灌漑システム導入のための研修

上述のように、近代圃場灌漑システムの導入は、作物単収の増をもたらす。しかしながら、農家が適切な機材の選定と効果を最大限にする機材の操作方法に関する知識を得るためには実践のみならず研修が必要となる。よって、近代圃場灌漑システムによる栽培技術研修の実施を計画する。

4.13.2 上エジプト地域における営農計画

1）計画作付体系

計画作付体系は上述のように 2 ケースで計画する。ケース 1 は現状から変更なし、ケース 2 は、収益の高い園芸作物への一部転換である。旧耕地（Old Lands）で近代灌漑を実践する農家への聞き取りによると、伝統的作物から他の作物へ転換を行った農家もあれば、例えば、家畜飼養のため飼料となるメイズを継続して作付ける必要があるため、作物転換は行っていない農家もある。

表 4.13.2 は、聞き取り農家の近代圃場灌漑システム導入前後での作付けの変化を整理している。Beni Suef 県の農家は、従来のメイズと小麦からトマト、ササゲ、サヤマメ、ズッキーニおよびキュウリに転換している。さらに近代圃場灌漑による節水で生まれた余剰水で、作付面積を拡大出来たとも述べている。

表 4.13.2 近代灌漑導入による聞き取り農家の作付転換

Farmer / Farmer Group	Before Modern Irrigation	After Modern Irrigation Introduced
A (Beni Suef)	Summer: Maize Summer: Eggplants	Tomatoes Eggplants (expansion)
B (Beni Suef)	Summer: Maize Winter: Wheat	Cowpeas – Zucchini Green beans – Cucumbers
C (Fayoum)	Summer: Maize Winter: Wheat	Maize (expansion) Wheat (expansion)

出典：JICA 調査団による農家聞き取り

近代灌漑導入農家からの情報を考慮し、ケース 2 の作付け計画では、表 4.13.3 および図 4.13.1 に示すように、野菜作の割合増加を計画する。野菜作の増加は、冬作ではベルシームからの一部転換、夏作・ナイル作ではメイズおよびソルガムからの一部転換を計画する。農家への聞き取りでは、家畜飼養は農家にとって非常に重要な所得源であるため、冬作・夏作における飼料作物の大幅な転換は考慮しない。また、エジプトの主食である小麦の作付減については、地域全体の作付体系としては考慮しない。よって、ベルシーム、メイズおよびソルガムの若干の作付け減により野菜作を増加させる計画とする [1]。

[1] 現況の作付体系は、入手可能であった 2011/12 年～2015/16 の作物別平均作付面積を基に整理した。野菜作の増加率は、この 5 か年平均の作付面積と、この期間内で最も低い作付面積との差を用いた。例えば、当該期間のベルシームの平均作付面積は、255,769 feddan で、当該期間内でのベルシームの作付面積が最も小さかった年は、227,663feddan（平均の 90%）であった。この作付面積で地域的に見て家畜の飼養が可能であったという想定でベルシームの 10%を野菜作に転換すると想定した。

表 4.13.3　上エジプトにおける計画作付体系および作付率

Season	Without Project			With Project: Case1			With Project: Case 2		
	C.I. (%)	Crop	C.I. (%)	C.I. (%)	Crop	C.I. (%)	C.I. (%)	Crop	C.I. (%)
Winter	88	Wheat	51	88	Wheat	51	88	Wheat	51
		Long berseem	23		Long berseem	23		Long berseem	21
		Sugar beet	7		Sugar beet	7		Sugar beet	7
		Vegetables & other	19		Vegetables & other	19		**Vegetables**	**21**
Summer	77	Maize	63	77	Maize	63	77	Maize	60
		Sorghum	13		Sorghum	13		Sorghum	12
		Oil crop	5		Oil crop	5		Oil crop	5
		Vegetables & other	19		Vegetables & other	19		**Vegetables & Other**	**23**
Nile	15	Maize	49	15	Maize	49	15	Maize	41
		Vegetables & other	51		Vegetables	51		**Vegetables & other**	**59**
Permanent	16	Sugar cane	20	16	Sugar cane	20	16	Sugar cane	20
		Cotton	27		Cotton	27		Cotton	27
		Fruit trees	53		Fruit trees	53		Fruit trees	53
Total	196			196			196		

出典：JICA 調査団

Season	Crop Intensity	Crop	Area (fed)	CI
Winter	88%	Wheat	567,459	51%
		Long berseem	234,518	21%
		Sugar beet	79,847	7%
		Vegetables & Others	234,930	21%
		Winter Total	1,116,754	100%
Summer	77%	Maize	586,833	60%
		Sorghum	117,367	12%
		Oil crop	48,598	5%
		Vegetables & Others	225,257	23%
		Summer Total	978,055	100%
Nile	15%	Maize	79,060	41%
		Vegetables & Others	113,770	59%
		Nile Total	192,830	100%
Permanent	16%	Sugar cane	39,768	20%
		Cotton	53,296	27%
		Fruit trees	104,273	53%
		Permanent Total	197,337	100%
Grand Total	196%		2,484,976	
Cultivated area (fed)			1,268,321	

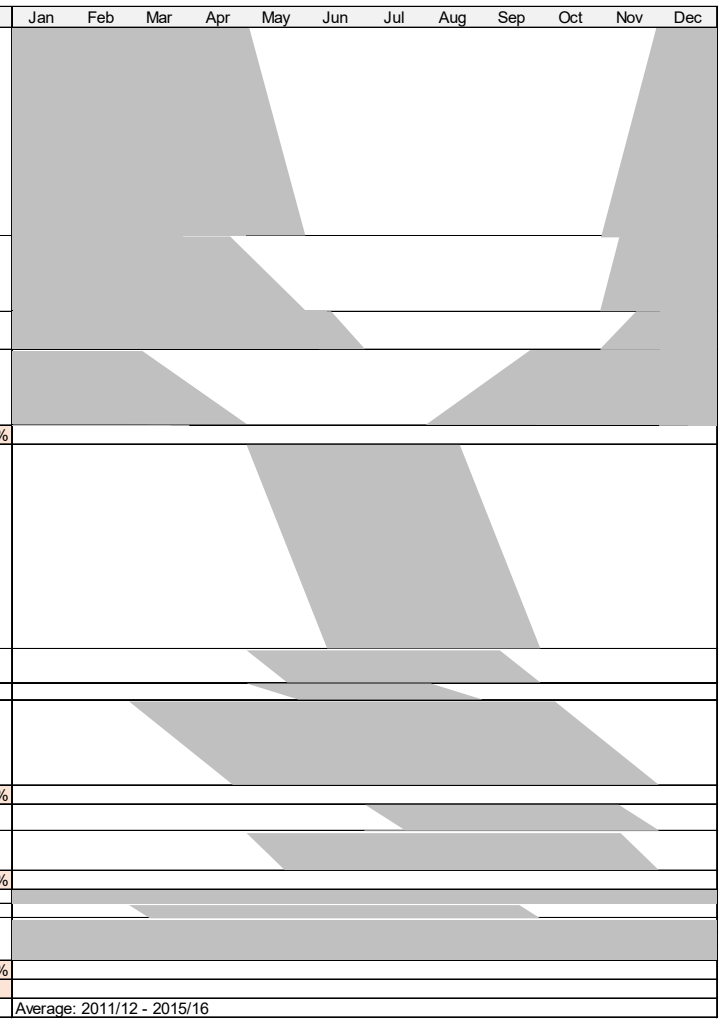


図 4.13.1　上エジプトにおける計画作付体系および作付率

出典：JICA 調査団

2）計画単収（増収率）

上述のように、事業実施による単収の増加（計画単収）は、水路のライニングや水利構造物の改修・建設による増、および近代圃場灌漑導入による増の 2 種類が想定される。前者は、灌漑効率の増および公平な水配分の実現により増収に寄与する。近代圃場灌漑システムの導入は、灌漑効率の改善と共により合理的な用水と施肥が可能となることにより増収が期待できる。単収増は、

この二つの要因の組み合わせで計画する。

増収率は、農家調査の結果および過去の試験研究結果を基礎に設定する。表 4.13.4 および表 4.13.5 は増収率を、また表 4.13.6 および表 4.13.7 は計画増収率を設定する際の参照資料を整理している。農家調査結果や近代灌漑を実践する農家への聞き取りに基づき、まず基礎的な増収率を設定する。次に、試験研究の成果や灌漑改善事業の評価結果といった報告書を参照し、これら報告書の作物グループ毎の結果を用いて、基礎的な増収率の妥当性を吟味して増収率を決定する。

近代灌漑導入による増収率の検討においては、ドリップとスプリンクラーそれぞれでの節水率と収量の相関を検討する研究を参照した。この結果、水路等灌漑改善による増収率は 5%～15%、ドリップ導入による増収率は 30%～120%、スプリンクラー導入による増収率は 6%～30%を想定する。近代灌漑導入については、参照した試験研究の条件が多岐に亘るため、より保守的な数値を採用する。すなわち、ドリップやスプリンクラー導入による増収率は 11%～40%で設定した。

表 4.13.4 計画増収率

Category	Effects	Farm economy survey / farmer interview	Existing studies	Proposed Overall Unit Yield Increase with Project
Irrigation Improvement + modern irrigation	Irrigation efficiency improvement / equitable water distribution / increase of water availability	Difference between upstream of branch canal /Meska) and Downstream of branch canal / Meska) Maize: 30% (Ave. of 3 sites), Sorghum: 15% (Fayoum), Rice: 9% (Gharbia), Wheat: 18% (Ave. of 3 sties),	5% to 15%	**IIP + Drip:** **Rice: 5%** **Maize, Sorghum: 15% + 30% = 45%** **Wheat, Berseem: 9%** **Vegetable, oil crop, legumes: 8% + 30% = 38%** **Sugar beet: 5% + 40% = 45%** **IIP + Sprinkler:** **Rice: 5%** **Maize, Sorghum: 15% + 20% = 35%** **Wheat, berseem: 9% + 11% = 20%** **Vegetable, oil crop, legumes: 8% + 30% = 38%** **Sugar beet: 5% + 20% = 25%**
Modern on-farm irrigation	Rationale use of water and fertilizers	Sprinkler 20% (Maize) 11% (Wheat)	Drip: 30% - 120% Sprinkler: 6% - 30%	

出典：JICA 調査団

表 4.13.5 事業実施による増収率の設定

Crop	Irrigation Improvement	Drip	Sprinkler	Total
Rice	5%	-	-	5%
Maize, Sorghum	15%	30%	-	45%
	15%	-	20%	35%
Wheat, Berseem	9%	-	11%	20%
Vegetables, Oil crops, Legumes	8%	30%	-	38%
	8%	-	30%	38%
Sugar beet	5%	40%	-	45%
	5%	-	20%	25%

出典：JICA 調査団

表 4.13.6 既存試験研究と農家経済調査結果との比較による増収率

Study / Project	Increase Ratio (%)	Conditions
Farm Economy Survey by the JICA Survey team	Difference between upstream of branch canal /Meska) and Downstream of branch canal / Meska) Maize: 30% (Ave. of 3 sites), Sorghum: 15% (Fayoum), Rice: 9% (Gharbia), Wheat: 18% (Ave. of 3 sties), Onion: 4% (Gharbia)	All traditional basin / furrow irrigation 90 farm households x 3 sites interviewed Number of samples depends on the crop. Based on the yield of Summer and winter 2019/20
EU STAR[1)] (Demonstration Projects)	10%	Enhanced water distribution efficiencies, timely irrigation, equity for tail end farmers, improved water quantity and quality, improved drainage, reduced water table and water and soil salinity, etc.
IIP[1)]	5%	Meska improvement & WUA establishment Adaption of improved technology but limited application of continuous flow
IIIMP[1)]	15% (main crops)	Meska improvement & WUA /BCWUA establishment

Study / Project	Increase Ratio (%)	Conditions
		Improved water flows particularly at the tail of improved branch canal
FIMP (Farm-level Irrigation Modernization Project), WB, AFD[2)]	Target: Reduce difference between head and tail of the canal by20%: Achieved 59% 10% - 13% Yield increase (model)	Marwa modernization (PVC or lining) Meska pump electrification Farm-leveling, gypsum application Water management & agronomic practices
EU STAR Financing Options[3)]	20%-30%	Introduction of modern irrigation: Based on discussions with farmers
Assessment of Modern Irrigation Systems in North Delta[4)]	Drip / Surface Sunflower: 92% Cabbage: 97% Maize: 98%	Result of field experiment But the report introduced to some references, which shows higher yield with drip than furrow irrigation. But income increases with drip due to lower production cost (fertilizer and cultivation costs)
AMP (Agricultural Mechanization Project)[1)]	Plan: 9% to 37% by crop Achieved: 16% (Ave.)	Use of improved technology packages (demonstration plots and sample survey of farmers field)
WARUS (reuse of drainage water) JICA Master Plan[5)]	Rice: Difference between tail and head of canal: 16% Ave. yield increase: Rice: 8%, Maize: 23% Cotton & Summer vegetables: 8% Wheat, berseem: 3% Sugar beet: 5%	Water reuse pump installation: decrease water shortage. Water quality improvement

1) Irrigation Modernization in the Nile Delta and Valley (Dec. 2020), EU Water Sector Technical Assistance and Reforms Support (EU Water STARS)
2) Implementation Completion and Results Report for Egypt Farm-Level Irrigation Modernization (June 2018), The World Bank
3) Financing Options for A Blended Financing Instrument to Support Irrigation Modernization at the Farm Level (Mar. 2021), EU Water Sector Technical Assistance and Reforms Support (EU Water STARS)
4) Assessment of Modern Irrigation Systems in the Old Lands of the North Delta, Technical Report for Joint Experiment Research between MWRI and JICA (Jan. 2021), Water Management Research Institute, Kafr El-Sheikh Research Station
5) The Project for Drainage Water Quality Control for Irrigation in Middle Nile Delta in the Arab Republic of Egypt (Mar. 2016), JICA, Sanyu Consultants Inc. https://libopac.jica.go.jp/search/detail?rowIndex=30&method=detail&bibId=1000025882

表 4.13.7 種々の近代灌漑の試験研究による増収率

Type	Yield increase compared to furrow irrigation	Source
Drip	48% (Tomatoes) (California, USA)	Overhead and Drip irrigation system effects on tomato growth and yield in California's Central Valley, Mitchell, et. al. Horltechnology Dec. 2014 https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/24/6/article-p637.xml
Drip	30% to 40% (Soybean) (Illinois, USA)	Efficient management of water and nutrients in drip irrigation and fertigation. Fred Below, et. al. The Fluid Journal, Winter 2017 Vol. 25, No.1. Issue #95 https://fluidfertilizer.org/wp-content/uploads/2017/03/W17-A2.pdf
Drip	62.44% (Cabbage) (West Bengal, India)	Effect of drip irrigation on yield of cabbage under mulch and non-mulch conditions. K.N. Tiwari, et. al. Agricultural Water Management, Vol 58, Issue 1, January 2003 Effect of drip irrigation on yield of cabbage (Brassica oleracea L. var. capitata) under mulch and non-mulch conditions - ScienceDirect
Drip	56% to 120% (Carrot, tomatoes, potatoes, vegetables) (Ethiopia)	Implications of Adopting Drip Irrigation System on crop yield and gender-sensitive issues: the case of Haramaya District, Ethiopia, Dawit, et. al. Journal of Open Innovation, September 2020. https://www.mdpi.com/2199-8531/6/4/96
Drip Sprinkler	Sugar beet (Wadi El-Natrown, Egypt) compared to sub-surface irrigation: 44.6% (Drip), 20% (Sprinkler)	Water Saving with the use of different irrigation systems under Egyptian conditions, Morad M.M., et. al. Irrigation and Drainage, Misr J. Ag. Eng. July 2012 (PDF) WATER SAVING WITH THE USE OF DIFFERENT IRRIGATION SYSTEMS UNDER EGYPTIAN CONDITIONS (researchgate.net)
Sprinkler	Compared to border irrigation (India) 23% (groundnuts), 6% (garlic) 24% (chilies) Compared to flood 16% (Food grains), 19% (Oil seeds), 9% (Sugarcane)	Sprinkler irrigation – an asset in water scarce and undulating areas, M. Shiva Shanker, et. al. Irrigated Soil and Water Management for Livelihood and Environment Security 2015, ICAR Research Complex for NEH Region Umiam, Meghalaya, India (PDF) Sprinkler irrigation - An asset in water scarce and undulating areas (researchgate.net)
Sprinkler	Compared to basin, Sri Lanka 8% - 30% (red onion)	Yield performance of red onion under different irrigation management in Jaffna Peninsula, Mikunthan, et. al. JSc-EUSL Vol.5. No.1. 2008, Sri Lanka Yield performance of red onion under different irrigation management in Jaffna Peninsula, Mikunthan, et. al. JSc-EUSL Vol.5. No.1. 2008, Sri Lanka

出典：右欄（Source）を参照

4.13.3 デルタ地域（Kased 地区）における営農計画

1）計画作付体系

デルタ地域（Kased 地区）の事業実施による計画作付体系は、上エジプトと同様の考え方で計画する。デルタ地域の上エジプト地域に対する作付けの大きな違いは、夏作における稲作の有無である。稲作は、現在はデルタ地域のみで行われている。表 4.13.8 に、現況と変化なしのケース 1 と野菜作の増加を伴うケース 2 を示す。ケース 2 の計画作付け体系は、図 4.13.2 にも示す。

Season	Crop Intensity	Crop	Area (fed)	CI
Winter	95%	Wheat	388,289	46%
		Long berseem	170,472	20%
		Sugar beet	142,606	17%
		Vegetables & Others	150,993	17%
		Winter Total	852,360	100%
Summer	86%	Rice	77,001	10%
		Maize	215,604	28%
		Vegetables & Others	477,408	62%
		Summer Total	770,013	100%
Nile	5%	Maize	11,745	29%
		Vegetables & Others	28,755	71%
		Nile Total	40,500	100%
Permanent	15%	Sugar cane	1,334	1%
		Cotton	91,585	70%
		Fruit trees	37,721	29%
		Permanent Total	130,640	100%
Grand Total	200%		1,793,513	
Cultivated area (fed)			895,894	

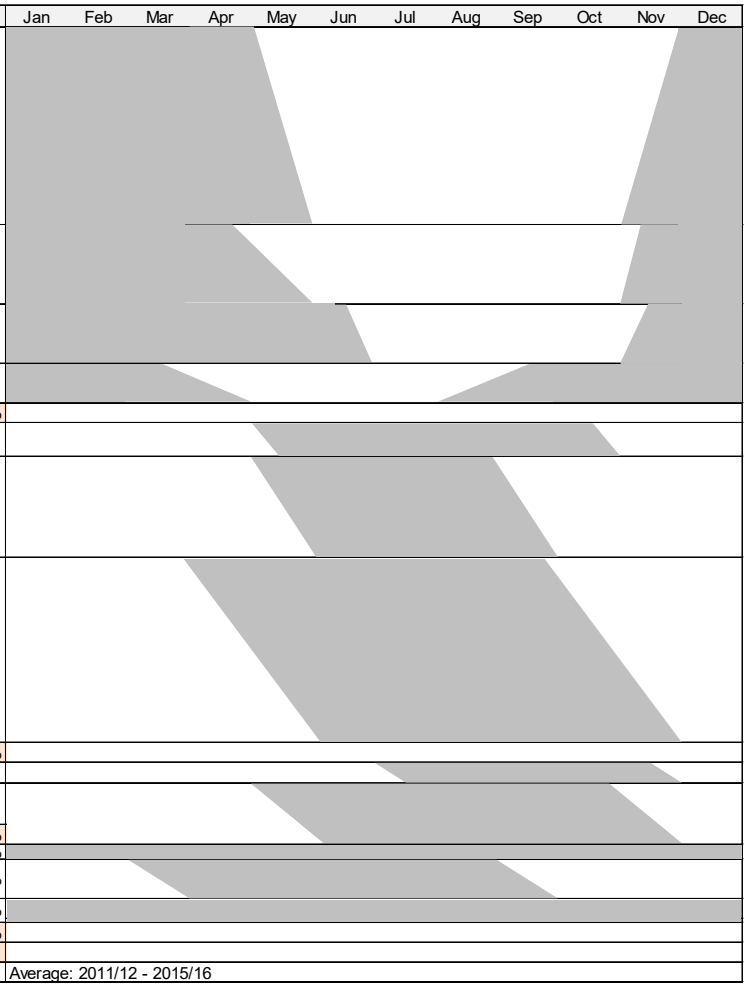


図 4.13.2 デルタ地域における計画作付け体系および作付率

出典：JICA 調査団

表 4.13.8 デルタ地域における計画作付け体系および作付率

Season	Without Project			With Project: Case 1			With Project: Case 2		
	C.I. (%)	Crop	C.I. (%)	C.I. (%)	Crop	C.I. (%)	C.I. (%)	Crop	C.I. (%)
Winter	95	Wheat	46	95	Wheat	46	95	Wheat	46
		Long berseem	23		Long berseem	23		Long berseem	20
		Sugar beet	17		Sugar beet	17		Sugar beet	17
		Vegetables & other	14		Vegetables & other	14		**Vegetables & other**	**17**
Summer	86	Rice	10	86	Rice	10	86	Rice	10
		Maize	34		Maize	34		Maize	28
		Vegetables & other	56		Vegetables & other	56		**Vegetables & other**	**62**
Nile	5	Maize	59	5	Maize	59	5	Maize	29
		Vegetables & other	41		Vegetables & other	41		**Vegetables & other**	**71**
Permanent	15	Sugar cane	1	15	Sugar cane	1	15	Sugar cane	1
		Cotton	70		Cotton	70		Cotton	70
		Fruit trees	29		Fruit trees	29		Fruit trees	29
Total	200			200			200		

出典：JICA 調査団

2）計画単収（増収率）

上述 4.13.2 節で示したように、事業実施による増収率については、デルタでのみ作付けされているコメを含めて表 4.13.4 に示している。

第 5 章　融資計画、事業コスト、実施体制等

本章では、融資計画、コンポーネントごとのコスト、そして事業実施に必要な体制等について述べる。事業コストは、直接工事費、施設費、間接工事費、コンサルタント費、予備費、物価上昇分等から構成される。事業には複数のコンポーネントとサブコンポーネントがあり、その実施形態も直営工事（Direct Force Account: DFA）、国際競争入札（ICB）、国内競争入札（LCB）等、それぞれ異なってくる。これらにつき、実施体制も含め以下に述べる。

5.1　融資計画および円借款の対象部分

5.1.1　事業の範囲とコンポーネント

本事業は複数のコンポーネントとサブコンポーネントから構成されている。事業の実施主体は MWRI の灌漑局（ID）となるが、灌漑局配下の貯水池・大堰局（RGBS）が Kased 取水工などの大型の取水堰や調整堰、灌漑セクター（Irrigation Affairs Sector: IS）が水路改修や中規模～小規模の水理構造物の改修、灌漑改善セクター（IIS）が近代圃場灌漑開発を担当する。また、維持管理用機械の調達は、灌漑セクター（IS）配下の水路維持管理局（General Directorate of Canal Maintenance）が担当する。

下表は、事業コンポーネントと主たる工事内容、そして担当する部局をまとめたものである。本事業では合計 8 コンポーネントが実施される。なお、コンポーネント No.8 の「Modern On-farm Irrigation (MOI)」は、1）近代圃場灌漑施設・設備の調達と建設、2）近代圃場灌漑を導入する農民に対する IIS が実施する農民組織化や研修の 2 つのサブコンポーネントで構成される。

表 5.1.1　事業コンポーネントと主要工事内容、および想定実施官庁

No.	Component	Contents	Responsible
1	Large Hydraulic Structure Construction (LHSC) 大型の水理構造物建設	Construction of; 1) Kased Intake, 2) Mahlet Menouf Regulator, and 3) Sorad Regulator（Kased 幹線水路水路上の 3 堰の建設）	RGBS
2	Small Hydraulic Structure Construction (SHSC) 小規模水理構造物建設	Construction of; 1) Beni Hedear Weir of Ibrahimia, 2) intakes of, e.g. Abo Seer, Omar Bek, Bahr El Kasheir, etc., 3) tail escapes, 4) culvert and aqueduct, etc.（S1 と診断された Beni Hedear Weir 等々の小規模水理構造物の建設）	IS
3	Hydraulic Structure Rehabilitation (HSR) 水理構造物改修	Rehabilitation of Hydraulic Structures assessed as S2 including replacement of gates, gate appurtenant（S2 と診断された水理構造物の改修・リハビリ）	IS
4	Large Canal Rehabilitation (LCR) 大型水路改修	Rehabilitation including canal sectioning and slope protection, and/or partial lining for large canals, e.g. Bahr Yusef and Ibrahimia principal canals and Kased main canal（大型水路のリハビリや斜面保護工の実施）	IS
5	Branch Canal Rehabilitation and Lining (BCRL) 支線水路改修＆ライニング	Rehabilitation including canal sectioning and concrete lining for the canals other than above, e.g. branch canals, small main canals（上記を除く支線水路の改修およびコンクリートライニング、注：エジプトでは全国 2 万 km を目標とするコンクリートライニング工が実施中である）	IS
6	Water Management Improvement (WMI) 水管理	Procurement and installation of water management equipment, and development of visual on-time monitoring system（水管理機器の設置およびモニタリングシステムの導入。なお、Bahr Yusef と Ibrahimia 基幹水路に関しては 2023 年実施中の New Dirout Group of Regulators 事業において含まれている。したがい、主として Kased 地区が対象となる）。	IS
7	Procurement of Maintenance Machineries (PMM) 維持管理用機材調達	Procurement of maintenance machineries（水路維持管理用機材の調達、またワークショップ用機材の調達。日常的な水路内土砂浚渫といった維持管理作業は多くの場合地元の業者に委託して実施）	General Directorate of Canal Maintenance

No.	Component	Contents	Responsible
8	Modern On-farm Irrigation (MOI)近代圃場灌漑入 8.1 Construction（建設） 8.2 Organizing & Trainings（組織化と研修）	8.1 Installment of modern on-farm irrigation system composed of sprinkler and drip facilities, including one-lifting pump stations and pipelines, together with the improvement of Meska by means of lining or installation of pipes（ドリップやスプリンクラーなどの近代圃場灌漑施設の導入、集合ポンプや Meska 改善工事含む）	Irrigation Improvement Sector (IIS)
		8.2 Organizing of the farmers into WUAs, and trainings to the farmers who introduce modern on-farm irrigation（農民の組織化と農民が近代圃場灌漑施設利用にあたって必要となる研修の実施）	
9	Project Management 事業管理	Procurement of vehicles and office equipment, trainings, monitoring of project progress and evaluation of the project, and dispute board（プロジェクト管理用車両の調達、研修、モニタリング＆評価、紛争裁定委員会の設置）	IS

出典：JICA 調査団

5.1.2 円借款における融資的確範囲

本事業は、構造物の建設・改修を含む直接工事、また水路の維持管理や水管理のための機械設備の調達等で構成される。これら事業実施に係る直接経費の他に、コンサルタント費用、予備費、税金等も事業を実施するに際して必要となる。以下の表は、主要なコスト項目と、通常、国際機関によるローンでカバーされる項目、自国負担が想定される項目をまとめたものである。

表 5.1.2 プロジェクトコンポーネントとドナー・MWRI 間における想定プロジェクト費用分担

No.	Items	Cost Calculation by BOQ, or Rate Applied (%)	Prospective Financier
1	Large Hydraulic Structure Construction (LHSC)	BOQ1	Donor
2	Small Hydraulic Structure Construction (SHSC)	BOQ2	Donor
3	Hydraulic Structure Rehabilitation (HSR)	BOQ3	Donor
4	Large Canal Rehabilitation (LCR)	BOQ4	Donor
5	Branch Canal Rehabilitation and Lining (BCRL)	BOQ5	Donor
6	Water Management Improvement (WMI)	BOQ6	Donor
7	Procurement of Maintenance Machineries (PMM)	BOQ7	Donor
8	Modern On-farm Irrigation (MOI)	BOQ8	Donor
9	Project Management (PM), including Dispute Board	BOQ9	Donor
10	Price Escalation (for construction)	BOQ 10 2.06% for foreign currency portion 4.44% for local currency portion	Donor
11	Physical Contingency for construction	5% of BOQ 1 – 10	Donor
12	Consulting Services (CS), incl. price escalation & physical continency	BOQ12	Donor
13	Interest during Construction	1.70% for construction, 0.01 % for consultant	Donor
14	Front End Fee	0.2%	MWRI
15	Land Acquisition（本事業では想定されない）	Not Applicable	MWRI
16	Administration Cost, 1/）	10 % of No.1-13 (indicative)	MWRI
17	VAT, 2/	14.0%	MWRI
18	Import Tax, 3/	Depend on goods (around 5%)	MWRI

注：1/ エジプトにおける多くのプロジェクトの管理費は 10%から 20%であり、本プロジェクトでは Project Management チーム（No.9）、またコンサルタントチーム（No.12）が配置されるため、管理費は最小限の 10%と設定している。
2/ VAT は、直接費（No.1～No.9）、コンサルタント費、土地取得費について、外貨分と内貨分の両方に適用される場合がある。
3/ 輸入税は、直接費（No.1～No.9）およびコンサルタント費の外貨部分にのみ適用される場合がある。
出典： No.16 の項目は JICA 調査団によるもの。No.10, No.11, NNo.13, No.14, No.17, No.18 については、JICA 本部によるもの。

上記のとおり、本事業に直接的に発生する費用は、ドナーが部分的あるいはすべてを融資の対象とすることが可能であり、加えて、価格上昇予備費、物理的予備費、コンサルタントフィー、建中金利などの間接的費用も融資の対象となる。一方、MWRI は、Front End Fee、土地取得費用、管理費、税金（VAT、輸入税など）、および利子などを負担する必要がある。

本事業では土地取得は発生しない。これは、調整堰やその他の構造物の新規建設工事は、MWRIの敷地内、すなわち、これらの構造物が新たに設置される水路内や、または水路の規模に応じて水路の横方向に設定されているMWRI管理の敷地内で実施されるからである。

近代的な農地灌漑の導入に伴い必要となる集合ポンプ場は、MWRIが所有する水路沿いの土地、もしくはサキヤ（Sakya：伝統的な水車式揚水装置）が設置されていた場所に建設される。Sakyaが設置されていた土地は、関係農家が共同で所有している、いわゆる共有地である。よって、本事業では追加の土地取得は必要ないこととなる。

5.2 コンポーネント別の実施形態と資金フロー

5.2.1 コンポーネント別実施方法

本事業の各コンポーネントを実施するにあたっては、直営方式、国際競争入札による建設業者等の調達、国内競争入札による建設業者等の調達、また資機材の直接購入など、最適な実施形態を適用する。なお、大規模な水理構造物に関する工事を請け負うことのできる建設業者は、エジプト国内には少ないため、そのような工事は国際競争入札による調達とする。

表5.2.1は、各コンポーネントの実施方法として、国際競争入札（ICB）、国内競争入札（LCB）、また、直営方式（DFA）を示したものである。なお、エジプト国内の業者が必要な事前資格条件を満たしている限り、ICBへの参加は可能である。下表には、融資機関からMWRIに対して実行される資金のフロー形態も併せて提案している（資金フロー形態については、5.2.2 コンポーネント別資金フロー形態 を参照）。

表5.2.1 事業コンポーネントと実施形態、および資金ディスバース方式

No.	Component	Implementation Modality	Fund Flow Modality
1	Large Hydraulic Structure Construction (LHSC)	**ICB**	**Transfer**
2	Small Hydraulic Structure Construction (SHSC)	LCB	Advanced
3	Hydraulic Structure Rehabilitation (HSR)	LCB	Advanced
4	Large Canal Rehabilitation (LCR)	LCB	Advanced
5	Branch Canal Rehabilitation and Lining (BCRL)	LCB	Advanced
6	Water Management Improvement (WMI)	LCB	Advanced
7	Procurement of Maintenance Machineries (PMM)	LIB (ICB)	**Transfer**
8.1	Modern On-farm Irrigation (MOI-C), Construction	LCB	Advanced
8.2	Modern On-farm Irrigation (MOI-T), Trainings	**DFA (by IAS of IIS)**	Advanced
9	Project Management (PM), including dispute board	**DFA**	Advanced
10	Consulting Services (CS)	**ICB**	Transfer

注：ICBはInternational Competitive Bidding、LCBはLocal(national)Competitive Bidding、LIBはLimited International Bidding（基本的にICBと同等だが、事前に選定された業者のみが入札に参加）、DFAはMWRIが実施するDirect Force Account workを意味している。
出典：JICA調査団、2022年

コンポーネント毎の実施形態の提案にあたっては、以下の点を考慮している。

1) ICBは比較的大規模な建設工事およびコンサルタント調達に適用されるべきである。本事業では、Kased取水工の建設、Mahlet Menouf調整堰の更新、Sorad調整堰等の大型水理構造物の建設（LHSC）をICBで実施する。なお、ICBは入札資格要件を満たすことを条件に、エジプト国内の建設業者の参加を排除しない。

2) 本事業における近代圃場灌漑コンポーネントは、1）近代圃場灌漑に必要な施設の建設・設置、2）近代圃場灌漑を導入する農民に対する研修、の二つのサブコンポーネントから構成されている。IISの灌漑アドバイザリーサービス（IAS）は、これまでのIIPやIIIMP実施の下でこの

種の活動を実施してきた。したがい、農民の組織化を含むこの研修コンポーネントは IAS が担当すべきであり、直営方式（DFA）によって実施される。

3) No.7「Procurement of Maintenance Machineries（PMM）」については、国際競争入札の一種である LIB（Limited International Bidding）を推奨する。調達する機械は、建設作業に使用されるため耐久性に優れ、また、水路維持管理用機械やワークショップ機器など、限られたメーカーしか提供できない特殊な機械がある。なお、重機用エンジンは Tier1 または Tier2 の排ガス規制を満足することが望ましいが、これらは DAC 諸国で製造されている場合が多い。

大型の水理構造物建設を行う Large Hydraulic Structure Construction（LHSC）、直営で実施する Modern On-farm Irrigation（MOI-T）-Training、コンサルティングサービス（CS）、および水路維持管理用機材調達（Procurement of Maintenance Machineries: PMM）を除く他のコンポーネントは、多くの小中規模ロットが多数の業者によって実施される。このような場合、エジプト国内のコントラクターやサプライヤーをできるだけ活用することが望ましいことから、LCB を適用する。

5.2.2 コンポーネント別の資金フロー形態：Transfer 方式と Advance 方式

資金の流れは、コンポーネントごとの実施形態を参照しつつ、また、資金供与国からの効果的な資金の払い出しと資金供与国への適切な会計報告の観点を踏まえて計画する。国際調達（ICB、大規模工事、コンサルタントサービス等）については、Transfer 方式を予定する。一方、国内調達案件（LCB）については、Advance 方式による資金フローを提案する。Transfer Procedure と Advance Procedure を以下に示す。

1）Transfer 方式

- ✓ 建設業者等の調達のための入札／借款コンサルタント調達
- ✓ 建設業者やコンサルタントとの契約締結
- ✓ 建設業者、資機材供給業者、コンサルタント等から灌漑局（ID）への支払い請求
- ✓ 灌漑局（ID）からドナー（JICA）への支払依頼
- ✓ ドナー（JICA）から指定銀行（三菱東京 UFJ 銀行）内に設けられた CBE（エジプト中央銀行）のローン口座へ円貨入金
- ✓ CBE のローン口座から建設業者／供給業者／コンサルタントの口座へ希望された通貨での支払い

2）Advance 方式

- ✓ LA 締結後、エジプト国財務省の承認を得て、エジプト中央銀行（CBE）内に外貨（日本円）建ての指定口座（Designated Account: D/A）を開設
- ✓ D/A 開設後、LCB 調達工事を実施する担当部署（セクター）毎に EGP（エジプトポンド）建てのプロジェクト運営口座（POA）を CBE に開設（POA 開設の目的は、LCB 調達の建設業者、サプライヤー、および直営工事等の支払いに EGP での支払いを行うため）
- ✓ 灌漑局（ID）は、各担当部署に対し、今後、2 期（6 ヶ月間）の事業支出に関する財務予測の作成を指示
- ✓ 灌漑局（ID）は、各担当部署が作成した財務予測に基づき、JICA に対してディスバース要請を提出
- ✓ ドナー（JICA）が融資金をディスバースし、融資口座（借入人口座）を通じて CBE 内に開

設された D/A に送金

- ✓ 灌漑局（ID）は D/A から融資金を引き出し、引き出し日の為替レートを適用して EGP で各担当部署の POA に送金
- ✓ 各担当部署は、各々の POA から事業のための資金の引き出し
- ✓ 支払いに関する支出明細書（Statement of Expenditure: SOE）および関連する証拠書類につき、各担当部署が作成・整理し、これら書類を毎月灌漑局（ID）に報告
- ✓ 灌漑局（ID）は上記 SOE に関する月次報告書を作成し、ドナー（JICA）に提出（SOE 方式を採用する場合、ドナー（JICA）が承認する監査人による監査報告書が必要となる）

Advance 方式のメリットは、ID が D/A を直接管理することができる点である。また、同じ D/A の下で、関連する担当部署間の円滑な調整が期待される。一方、新たな資金をドナー（JICA）に要請するためには、その時点までの支出に対する使用率が通常は 70%以上であることが必要となる。すなわち、あるコンポーネントの進捗が遅延し、D/A での合計支出実績が 70%を下回っている場合、ドナー（JICA）からの次のディスバースも遅延することとなる。この遅延は同じ D/A を使用する他のコンポーネントにも影響を与える可能性がある。

3）資金フローの管理

Transfer 方式と Advance 方式からなる資金の流れを図 5.2.1 に示す（図の左側が Advance、右側が Transfer 方式を示す）。Transfer 方式では、ICB を通じて調達された建設業者とコンサルタントは、日本円、米ドル、ユーロ、英ポンドなどのハードカレンシーを各々の口座にて受け取ることとなる。この Transfer 方式は、大型の水理構造物建設（LHSC）やコンサルタント・サービス（SC）の支払いにおいて適用される。

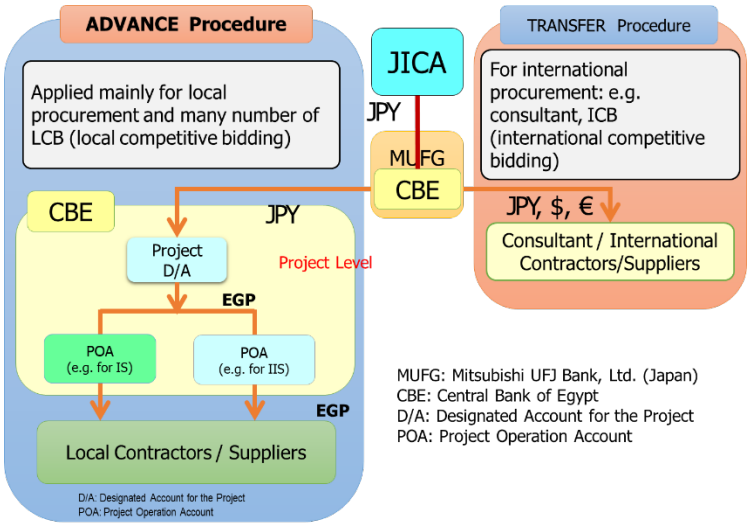


図 5.2.1 Advance 方式と Transfer 方式における資金フロー
出典：JICA 調査団

Advance 方式は、LCB や DFA などの現地調達において使用される。調達品目が多い場合や小口契約が多い場合、JICA から多数の建設業者やサプライヤーへの送金手続きが困難なため、この Advance 方式が適用される。この手続きでは、まず本事業の指定銀行口座（D/A）に前払いが行われ、そこから ID 局長またはその指名代理人（プロジェクトマネジメントユニット長等）の裁量で支払いを行うことができる（図 5.2.2 参照）。

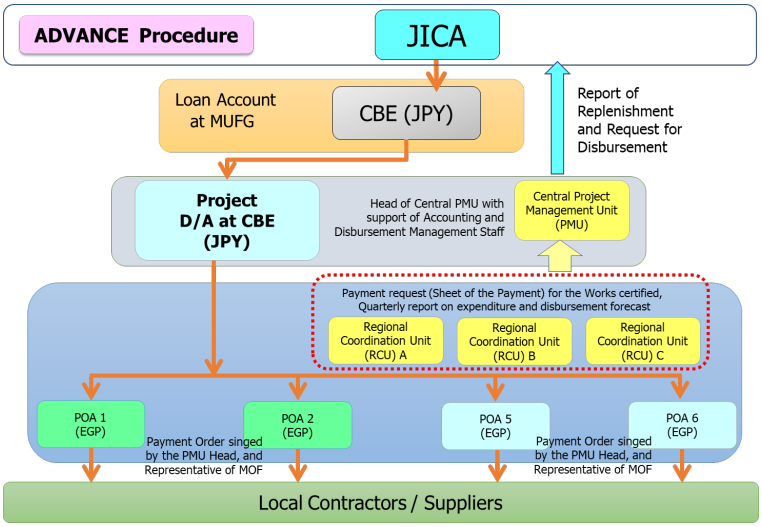


図 5.2.2 Advance 方式による資金フロー詳細
出典：JICA 調査団

Advance 方式においては、支出を効果的に管理し、またドナー（JICA）に適切に報告するために、SOE（Statement of Expenditure）方式を導入する。SOE 方式を導入した場合、ドナー（JICA）が承認した指定監査人による監査を毎年受けることを条件に、支出に係る証拠書類の提出が免除されるため、業務の効率化を図ることが可能となる。

小規模水理構造物建設（SHSC）、水理構造物改修（HSR）、大型水路改修（LCR）、支線水路の改修・ライニング（BCRL）およびその他の小規模工事においては、LCB での入札が想定される。それらの支出管理は、契約数に応じて Transfer 方式、あるいは Advance 方式によって行うことができる。契約数を管理可能なレベルまで減らした場合、Transfer 方式を適用することも可能である。しかしながら、LCB で調達される多数の工事業者やサプライヤーへの円滑な支払いのために、JICA 調査団は LCB のコンポーネントについては Advance 方式の適用を推奨する。

5.3 事業費積算、パッケージングおよび他優先地区を含めたスケールアップ

5.3.1 積算のベース

非公開情報

非公開情報

5.3.2 コンポーネント別および全体事業費

事業費の積算にあたって、No.2（SHSC）小型水理構造物の建設と Mo.3（HSR）水理構造物改修

工事（HSR）、また No.8（MOI）近代圃場灌漑のコンポーネントについては、以下の配慮を行う。

1) No.2（SHSC）小型水理構造物の建設と Mo.3（HSR）水理構造物改修工事の二つのコンポーネントは、優先地区内での小規模～中規模水利施設の更新や改修を行う（Kased 水路掛かりの大型構造物は、No.1（LHSC）大型水理構造物の建設で考慮）。上エジプトの二つの優先地区（Abo Shosha と Aros & Abo Seer 地区）は、Bahr Yusef 基幹水路と Ibrahimia 基幹水路掛かりの全体から見れば非常に小さな面積であり、かつコストも小さいことから、同様の地区があればこの二つのコンポーネントは拡大して実施すべきである。

2) No.8（MOI）近代圃場灌漑の導入については、エジプト国政府は塩害が想定される下デルタを除いて基本的には全面に導入する予定である（目標約 400 万 feddan）。3 つの優先地区においても、全面積に導入が計画されているが、環境面から Fayoum 地区に位置する Aros & Abo Seer 地区を除いても、Abo Shosha 地区では約 18,000 feddan であるも、Kased 地区は約 96,000 feddan と非常に広大である。また、近代圃場灌漑の導入においては、農民あるいは農民グループからの合意取りが必要となるため、時間を要することが考えられる。このことから、事業地区としてはすべてをカバーするものの、ローンで実施すべき地域は、近代圃場灌漑施設整備に係る MWRI の経験の少なさや農民による導入費用の償還への意思が不透明であること等も考慮し、小さな規模から開始すべきである。

1) セクター・アプローチを活用した他優先地区を含むスケールアップ(No. 2、No. 3 対象)

Bahr Yusef と Ibrahimia 基幹水路掛かりの受益地は計 79 の地区に分割されている [1]。79 の地区は、水不足、面積規模、水路の密度、水理構造の分布、MWRI による改善優先度、また水利組合の設立状況といった指標に基づいて、3 段階の優先度に分類されている [2]。79 地区のうち、14 地区が最優先地区（First Priority Sub-region）とされ、そこには Abo Shosha と Aros & Abo Seer 地区も含まれている（図 5.3.1 参照）。

表 5.3.1 は 14 の最優先地区をまとめたものであるが、ここから 14 地区の合計面積は、Abo Shosha 地区と Aros & Abo Seer 地区面積の合計の約 15.2 倍であることが判る。なお、表 5.3.1 に示した面積は、「エジプト国灌漑セクター情報収集・確認調査（上エジプト及び中央デルタ）、2018 年 2 月」に示されたものと同じである（MWRI データに基づいており、当チームによる衛星画像解析結果ではない）。

水理構造物の改修・改善は、優先地区である Abo Shosha 地区と Aros & Abo Seer 地区だけではなく、最優先地区とされている残りの 12 地区にも実施することが望ましい。そこで、本節ではセクター・アプローチを適用して、Bahr

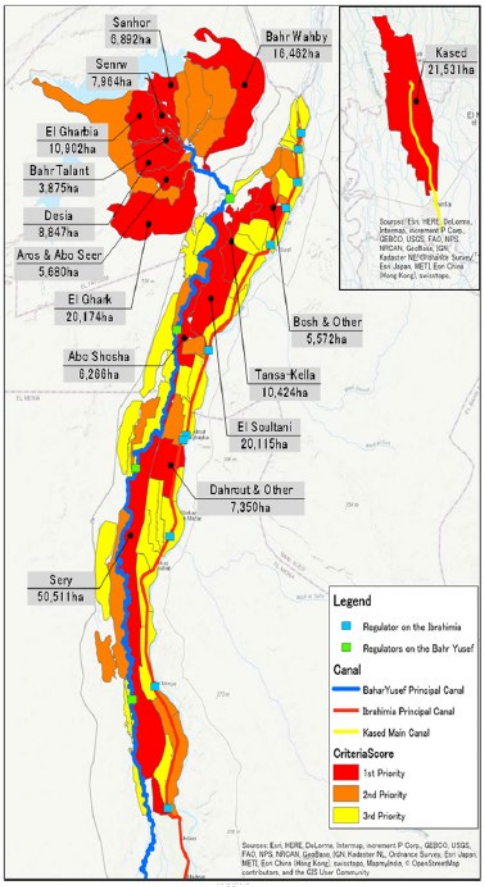


図 5.3.1 3 段階に区分された地区
出典：Cooperation Planning Survey on The Irrigation Sector (Upper Egypt and Middle Delta), February 2018

[1] 'Sub-region'とは、ひとまとめになっている灌漑地区であり、幹線（基幹）水路、支線水路、Meska、また Marwa といった一連の灌漑施設によって受益されている灌漑地区を指す。
[2] 出典：Table 6.19 (page 6-28), 'Cooperation Planning Survey on The Irrigation Sector, February 2018'.

Yusef と Ibrahimia 水路掛かりに存在する 14 の最優先地区の水理構造物改修に必要なコストを推計する。このアプローチで対象となるコンポーネントは、1）小規模水理構造物の建設（SHSC）、2）水理構造物の改修（HSR）である。

表 5.3.2 は、Abo Shosha 地区と Aros & Abo Seer 地区について、この 2 つのコンポーネントに要するコストと、14 の最優先地区すべてをカバーするのに必要なコストを示したものである。したがい、小規模水理構造物の建設（SHSC）と水理構造物の改修（HSR）の 2 つのコンポーネントに関し、14 の最優先地区すべてをカバーするために必要なコストは、Abo Shosha 地区と Aros & Abo Seer 地区に必要なコストの 15.2 倍となる。

表 5.3.1 Bahr Yusef と Ibrahimia 水路掛かりの 14 最優先地区と Aros & Abo Seer、Abo Shosha 地区の比較

Sub-region	Governorate	Principal Canal	Area, ha*	Remarks
Bahr Wahby	Fayoum	Bahr Yusef	16,462	
Bahr Talat	Fayoum	Bahr Yusef	3,875	
El Ghark	Fayoum	Bahr Yusef	20,174	
Aros & Abo Seer	**Fayoum**	**Bahr Yusef**	**5,680**	
Sanhor	Fayoum	Bahr Yusef	6,892	
Sery	West Minya	Ibrahimia	50,511	
Tansa-Kella	Beni Suef	Ibrahimia	10,424	
El Gharbia	Fayoum	Bahr Yusef	10,902	
Senrw	Fayoum	Bahr Yusef	7,964	
Desia	Fayoum	Bahr Yusef	8,847	
Dahrout & other	East Minya	Ibrahimia	7,350	
Abo Shosha	**Beni Suef**	**Ibrahimia**	**6,266**	
El Soultani	Beni Suef	Ibrahimia	20,115	
Bosh and other	Beni Suef	Ibrahimia	5,572	
Total Area (a)			181,034	
Abo Shosha + Aros & Abo Seer (b)			11,946	
Ratio (a/b)			**15.2**	

注：※／面積は、2018 年 2 月「灌漑部門に関する協力計画調査（上エジプト・ミドルデルタ）」で参照している MWRI の記録
出典：Cooperation Planning Survey on The Irrigation Sector (Upper Egypt and Middle Delta), February 2018.

表 5.3.2 Abo Shosha と Aros & Abo Seer 地区の 2 コンポーネントのコスト、および 14 最優先地区の場合のコスト

Sub-region	Area, ha*	Cost, EGP	Multiplied by 15.2 (EGP)	Multiplied by 15.2 (US$)
Abo Shosha	6,266			
Small Hydraulic Structure Construction (SHSC)		6,942,315	105,523,188	4,328,269
Hydraulic Structure Rehabilitation (HSR)		3,796,466	57,706,283	2,366,952
Aros & Abo Seer	5,680			
Small Hydraulic Structure Construction (SHSC)		17,485,335	265,777,092	10,901,439
Hydraulic Structure Rehabilitation (HSR)		828,040	12,586,208	516,251
Abo Shosha + Aros & Abo Seer (b)	11,946			
Small Hydraulic Structure Construction (SHSC)		24,427,650	371,300,280	15,229,708
Hydraulic Structure Rehabilitation (HSR)		4,624,506	70,292,491	2,883,203
Total Area of the 14 First Sub-regions (a)	181,034			
Ratio (a/b)	**15.2**			

注：※／面積は、2018 年 2 月「灌漑部門に関する協力計画調査（上エジプト・ミドルデルタ）」で参照した MWRI の記録より。
出典：Cooperation Planning Survey on The Irrigation Sector (Upper Egypt and Middle Delta), February 2018.

2）No.8（MOI）近代圃場灌漑の導入コンポーネントにおける開発規模

Fayoum 地区に位置する Aros & Abo Seer 地区を除いた二つの優先地区の合計面積は約 11 万 4000 feddan である。近代圃場灌漑システムは、水路から揚水するポンプ、揚水された水を圃場まで送水するパイプライン、そして圃場内で灌水を行うドリップやスプリンクラーといった施設から構成される。

ここで水路に近接した農民の場合、パイプラインを敷設せずとも近代圃場灌漑を行うことは可能である。すなわち、ポンプで揚水した後、直接、圃場内に設置されるドリップやスプリンクラ

一への送水パイプ（Lateral Tube 等）に直結すれば近代圃場灌漑が可能となる。その場合、システムの約半分を占めるコストを負担することは不要となる。

しかしながら、上記の状況が多く発生する場合、水路からやや離れた、あるいは遠隔地に農地を所有する農民にあっては、少ないメンバーでもって揚水ポンプやパイプラインのコストを負担しなければならない。結果として、農民一人あたりのコストが増大することとなるが、これにより水路近傍を除けば、近代圃場灌漑施設の導入は農民の合意を得られないといったことも想定される。

近代圃場灌漑施設の導入にあたっては、2022 年時点において、農民は 10 年にわたって償還することとされていることから、基本的にはローン、すなわち農民の負担となる。しかしながら、金利の免除が関係機関によって合意されていることから、エジプト国におけるインフレ状況を見れば（2022 年の年率インフレ率は月別に見た場合 7.3～16%程度）、公益事業として実施される側面は強い。このため、公平な負担といった面から極力パイプラインを含むシステムを事業地域で展開していくことが望ましい。

パイプラインを含む近代圃場灌漑施設は建設費用だけで feddan あたり約 5 万 8000 EGP である。この単価を用いて、コストを算定すれば、下表に示すように非常に大きなコストとなる（68 億 EGP、281 MUS$、379 億円）。また、上述のように近代圃場灌漑施設の導入にあたっては、農民の合意を必要とするため、第 1 段階としてはより小規模なスケールで融資を考えていくべきと思慮する。このことより、融資として実施すべき規模につき以下に検討する。

- ✓ 節水効果を確認しやすい地区とは、既に支線水路のライニングが終わった水路系、すなわち Meska まで灌漑用水が適宜に配水されている地区が望ましい。なぜなら、近代圃場灌漑は、圃場に節水機器を入れるだけでは節水効果は発現せず、設置前提として支線水路や Meska まで灌漑水が適期に配水されている地区でないと十分なインパクトが得られないためである。

- ✓ 地区により異なるが、支線水路は既に 1～4 割程度がコンクリートライニングされている（2022 年時点）。このことから、近代圃場灌漑施設導入の方向性としては、1）既に支線水路ライニングを終えて水運用が軌道にのった地区を選び（地域単位の選定）、さらに 2）上流農家に近代圃場灌漑施設の導入を促して、下流農家へ行きわたる水量確保をより確実にすることを基本とすることが望ましい（水路系単位）。

- ✓ National Water Resources Plan（NWRP）では、2037 年を目標年とする水需給の予測を行っている。2037 年に必要とされる水量を、農業用水を節水して得ようとすると、灌漑効率で 14%ほどの増加を達成することが必要である（2.1.3　将来の水需要と灌漑効率増加へのインプリケーション 参照）。14%の灌漑効率増を達成するには、4 割の地区に近代灌漑施設を導入することが必要となる（4.1.3　目標灌漑効率と灌漑改善の方向性 参照）。すなわち、2037 年目標にて 4 割の面積が必要とされることから、本事業で想定される事業終了 2028～2030 年程度であれば、最大で約半分の 2 割程度の面積へ近代圃場灌漑施設を導入すれば十分であるといえる。

- ✓ 近代圃場灌漑施設の導入は、ある一つの地区を取り上げた場合、その中で段階的に整備していく性格のものではなく、当該地区に一度施設が導入されれば、ドリップチューブ等の更新は必要となるが、その地区は完成形となる。このことから、段階的な投資を考える場合、近代圃場灌漑を導入すべき箇所、すなわちどのくらいの面積に導入すれば、地域への波及効果があり、地域の中でさらに普及していくか、といった観点から検討することが必要である。

✓ 近代圃場灌漑は普通の農家(特に上エジプトなど貧困地区)には未だ高度な技術であるため、まずは導入の実現性が高く節水効果を確認しやすい地区を選定した上で、パイロット的に実施することも考えられる。すなわち、第 1 段階としてはパイロット的な導入として小規模で開始し、そして、パイロット的に導入した地区での成果を見ながら、徐々に拡大していくことも考えられる。

上記より、本準備調査としては 2 ケース、すなわち、1) ある程度の効果の発現を前提に全対象面積の少なくとも 10%、あるいは最大規模として 20%程度を目処に近代圃場灌漑施設の導入を行う、あるいは、2) いくつかの Meska 単位での小規模な地区を選択してパイロット的に近代圃場灌漑施設を導入する、といったことを提案する。以下、これら 2 ケースについてその規模を示すが、事業としてある程度の効果を得られる前者をベースケースとする。

2.1) 10～20%の面積に近代圃場灌漑施設の導入を行うケース（ベースケース）

下表の下段に 10%の面積、および 20%の面積に近代圃場灌漑施設を導入する場合のコストを示す。近代圃場灌漑の導入は国家優先事業の一つであり、エジプト国自国予算の導入が予定されていること、また農民は施設完成後 10 年間にわたって償還が必要であることから、リボルビング的に次段階への展開を行うことも可能となる。よって、このケースでは 10%の面積を対象とした融資を提案する。すなわち、近代圃場灌漑施設の導入にかかる融資総定額は直接費で約 38 億円となる。なお、このケースが後述の事業評価等を行う場合のベースとなる。

表 5.3.3 近代圃場灌漑施設の導入規模に関する検討（Fayoum 地区を除く全面積の 1 割と 2 割を想定）

No.	Sub-component	Area	EGP	US$	Yen
8.1	Construction of MOI, 3 Sub-regions, feddan	127,187	6,711,513,000	275,288,000	37,114,666,000
8.2	Organizing and Training, 3 Sub-regions	feddan	134,230,000	5,506,000	742,293,000
8.11	Construction of MOI, Abo Shosha (Beni Suef)	17,881	1,054,029,000	43,233,000	5,828,779,000
8.21	Organizing & Training, Abo Shosha (Beni Suef)	feddan	21,081,000	865,000	116,576,000
8.12	Construction of MOI, Abo Seer (Fayoum)	13,330	Modern On-farm Irrigation Not Introduced		
8.22	Organizing & Training, Abo Seer (Fayoum)	feddan	Ditto		
8.13	Construction of MOI, Kased (Gharbia, Kafr El Sheik)	95,976	5,657,484,000	232,054,000	31,285,887,000
8.23	Organizing & Training, Kased (Gharbia, K. El Sheik)	feddan	113,150,000	4,641,000	625,718,000
	Total of Above		6,845,743,000	280,793,000	37,856,959,000
	Targeting 10% of the Area		684,574,000	28,079,000	3,785,696,000
	Targeting 20% of the Area		1,369,149,000	56,159,000	7,571,392,000

備考：表中の番号はコンポーネント番号に一致させている（表 5.3.5 参照）。また、上記のコストは Dispute Board のコストを含んでいない（表 5.3.5 では Dispute Board のコストが含まれている）。
出典：JICA 調査団

2.2) いくつかの Meska を選択してパイロット的に近代圃場灌漑施設の導入を行うケース（参考ケース）

本ケースは参考として取り扱う。本ケースにおいては、小規模な面積でパイロット的に近代圃場灌漑施設の導入を行う。標準的な Meska は約 100 feddan をカバーしている。また、標準的な近代圃場灌漑施設導入にあたっての規模は 30 feddan 程度を想定している（4.9.5　代表的な近代圃場灌漑施設の仕様およびコスト参照）。このことから、Meska 単位で近代圃場灌漑施設の導入を計画する場合、1 Meska あたり 3 ユニットほどの標準的な近代圃場灌漑施設が建設されることとなる。

パイロットとして実施する場合、多くの農民を対象にして展示効果を発揮することが必要となる。よって、Abo Shosha 地区と Kased 地区において、それぞれ上流、中流、下流ごとに Meska を選択して、その Meska に 3 ユニットほどの近代圃場灌漑施設の導入を行うこととする。Abo Shosha 地区は面積が小さいことから上流、中流、下流ごとにそれぞれ 1 カ所の Meska を選択、また面積

の大きな Kased 地区ではそれぞれ 3 カ所の Meska を選択する。したがい、前者で 270 feddan（30 x 3 Meska x 3 ユニット）、後者で 810 feddan（30 x 3 地区 x 3 Meska x 3 ユニット）、両地区の合計で 1,080 feddan に近代圃場灌漑施設がパイロット的に導入される。

近代圃場灌漑施設の導入をパイロット的に実施する場合、政府負担を前提としてソーラーシステムを通常のディーゼルエンジンに加えて導入することが考えられる。ソーラーシステムはソーラーパネルやモーター・ポンプおよび付帯施設だけで約 67,370 LE/feddan が必要となる（表 4.9.19 参照）。また、補助的な稼働システムとなるため、ディーゼルエンジンを基本とした近代圃場灌漑施設のコスト（約 58,947 LE/feddan、Drip irrigation system（59,950 LE/feddan）と Sprinkler irrigation system（57,943 LE/feddan）の平均）は一式必要となる。結果、パイロットでソーラーシステムを加えて近代圃場灌漑施設の導入を実施する場合、下記の規模が想定される。直接費で約 7 億 7 千万円となる。

表 5.3.4 近代圃場灌漑施設をパイロットで導入する場合（ソーラーシステム込み）

No.	Sub-component	Area	EGP	US$	Yen
8.1	Construction of MOI, 3 Sub-regions, feddan	1,080	136,422,000	5,596,000	754,416,000
8.2	Organizing and Training, 3 Sub-regions	feddan	2,728,000	112,000	15,088,000
8.11	Construction of MOI, Abo Shosha (Beni Suef)	270	34,106,000	1,399,000	188,604,000
8.21	Organizing & Training, Abo Shosha (Beni Suef)	feddan	682,000	28,000	3,772,000
8.12	Construction of MOI, Abo Seer (Fayoum)	13,330	Modern On-farm Irrigation Not Introduced		
8.22	Organizing & Training, Abo Seer (Fayoum)	feddan	Ditto		
8.13	Construction of MOI, Kased (Gharbia, Kafr El Sheik)	810	102,317,000	4,197,000	565,812,000
8.23	Organizing & Training, Kased (Gharbia, K. El Sheik)	feddan	2,046,000	84,000	11,316,000
	Total of Above		139,151,000	5,708,000	769,504,000

備考：表中の番号はコンポーネント番号に一致させている（表 5.3.6 参照）。また、上記のコストは Dispute Board のコストを含んでいない（表 5.3.6 では Dispute Board のコストが含まれている）。
出典：JICA 調査団

3）概算事業費の算定（セクター・アプローチ、近代圃場灌漑施設導入の規模縮小考慮）

非公開情報

非公開情報

非公開情報

非公開情報

非公開情報

5.3.3 コンポーネントのパッケージング

コンポーネントのパッケージング（入札にあたっての想定ロット数）は、以下の点を考慮して決定する。表 5.3.7 にコンポーネント別のパッケージングにつき提案する。

- ✓ 工事量は、建設業者やサプライヤーが入札参加に興味を示す規模であり、かつ過大すぎないように設定することが必要である。この点から、ICB の下で計画されている大型水理構造物の建設（LHSC）は、同種の工事で十分な経験を持つ国際入札参加者を惹きつけることができる 1 パッケージとすることが推奨される。
- ✓ ICB ではさらに 2 つのコンポーネント、1）維持管理機材の調達（PMM）、2）コンサルティングサービス（CS）、が実施される予定である。前者は入札予定価格の面から 1 パッケージでの実施、後者はサービス内容から 1 パッケージで実施することが望ましい。
- ✓ Kased 灌漑地区を対象とする水管理改善（WMI）も、対象地域が Kased 幹線水路掛かりみであり、工事量も考慮すると 1 パッケージで実施されるべきである。
- ✓ 小型構造物の建設（SHSC）、水理構造物の改修（HSR）、また大規模水路の改修（LCR）や支線水路の改修・ライニング（BCRL）の 4 つのコンポーネントは、優先地域ごと、あるいは Bahr Yusef 基幹水路、Ibrahimia 基幹水路、Kased 幹線水路や支線水路などの水路ごと実施される。一つの優先地区内や一つの水路掛かりの工事量は、その規模は小さいが、地元の建設業者に機会を与えるため、これらの 4 つのコンポーネントのパッケージは、地区や水路ごとに分けることが望ましい。
- ✓ 近代圃場灌漑（MOI-C）：建設」のコンポーネントは、広範囲で実施されるため、多くのパッケージが必要となる。JICA 調査団は、1 パッケージは一つの Meska による受益地に合わせることを推奨する。Meska 掛かりの受益面積は場所によって大きく異なるが、典型的な例として Gharbia 県内の Kotor 地区の Meska は平均 120 feddan の面積をカバーしている。1 feddan あたりの近代圃場灌漑システムの概算コストを 6 万 EGP とすると、120 feddan をカバーするコストは約 7 百万 EGP となることから、小規模な建設業者やサプライヤーを惹きつけるには十分な規模となる。なお、合計では約 95 パッケージと多くなるため、当初の工事状況、施工業者の能力等を勘案の上、数 Meska 掛かりの面積をまとめて発注するといったパッケージ数を減らすことも考えられる。

表 5.3.7 コンポーネント別のプロジェクトパッケージング（想定される入札ロット数）

No.	Component	Implementation Modality	Recommended Packaging	Remarks
1	Large Hydraulic Structure Construction (LHSC)	ICB	1	By one package covering Kased Intake, M. Menouf, and Sorad
2	Small Hydraulic Structure Construction (SHSC)	LCB	3	By sub-region (total 3 sub-region)
3	Hydraulic Structure Rehabilitation (HSR)	LCB	3	By sub-region (total 3 sub-region)
4	Large Canal Rehabilitation (LCR)	LCB	3	By area (Bahr Yusef, Ibrahima, and Kased)
5	Branch Canal Rehabilitation and Lining (BCRL)	LCB	37	21 for Abo Shosha + 6 for Aros & Abo Seer) + 10 for Kased Area*
6	Water Management Improvement (WMI)	LCB	1	-
7	Procurement of Maintenance Machineries (PMM)	ICB/LIB	1	-
8.1	Modern On-farm Irrigation (MOI-C), Construction	LCB	About 95 By Meska**	10% of 2 priority areas: 11,386 feddan, one Meska covers 120 feddan
8.2	Modern On-farm Irrigation (MOI-T),	DFA	NA	-

No.	Component	Implementation Modality	Recommended Packaging	Remarks
	Training	(by IAS of IIS)		
9	Project Management (PM), including dispute board	DFA	NA	-
10	Consulting Services (CS)	ICB	1	-

備考：*/ これら数値は優先地区ごとの支線水路の数を示している。**/ 2 つの優先 sub-region の面積は、17,881 feddan（Abo Shosha）、95,976 feddan（Kased）からなる 113,857 feddan となる。この内の 1 割に近代圃場灌漑施設の導入を計画する。すなわち、11,386 feddan を 120 feddan で割ると、約 95 パッケージとなる。
出典：JICA 調査団

5.4 コンポーネント別および全体事業実施スケジュール

非公開情報

非公開情報

非公開情報

5.5 事業実施体制

事業実施にあたっては、類似プロジェクトの実績を有し、技術的経験のある人材を持つ省庁が事業実施主体となる必要がある。よって、本事業では水資源灌漑省（MWRI）を事業実施主体とし、中央レベルおよび地方レベルの事務所に、日々の事業実施活動全般に責任を負う事業管理ユニット（Project Management Unit と Regional Coordination Unit: PMU、RCU）を設置する。

5.5.1 関係省庁

プロジェクト実施主体は ID であり、灌漑セクター（Irrigation Affairs Sector: IS）、灌漑改善セクター（IIS）、貯水池・大堰セクター（RGBS）の 3 つの ID 配下の部署がコンポーネントに応じて実施の責を負うこととする。

灌漑セクターは ID の主要セクターであり、これまで灌漑・排水事業の建設・改良・復旧等を実施しており、その業務内容は本事業と非常に親和性が高い。灌漑セクターは、これまで実施してきた公共事業が比較的大規模であることから、ID の他のセクターと比較して人員数、予算額ともに多く配置されている。

灌漑セクター（IS）の組織構成は以下の通りであり、各中央局の下に地方事務所が置かれている。地方事務所は水資源灌漑地方総局と呼ばれているが、これら地方事務所は全国に 29 箇所あり、地方レベルでのプロジェクト実施の責任主体となる（図 5.5.1.参照）。

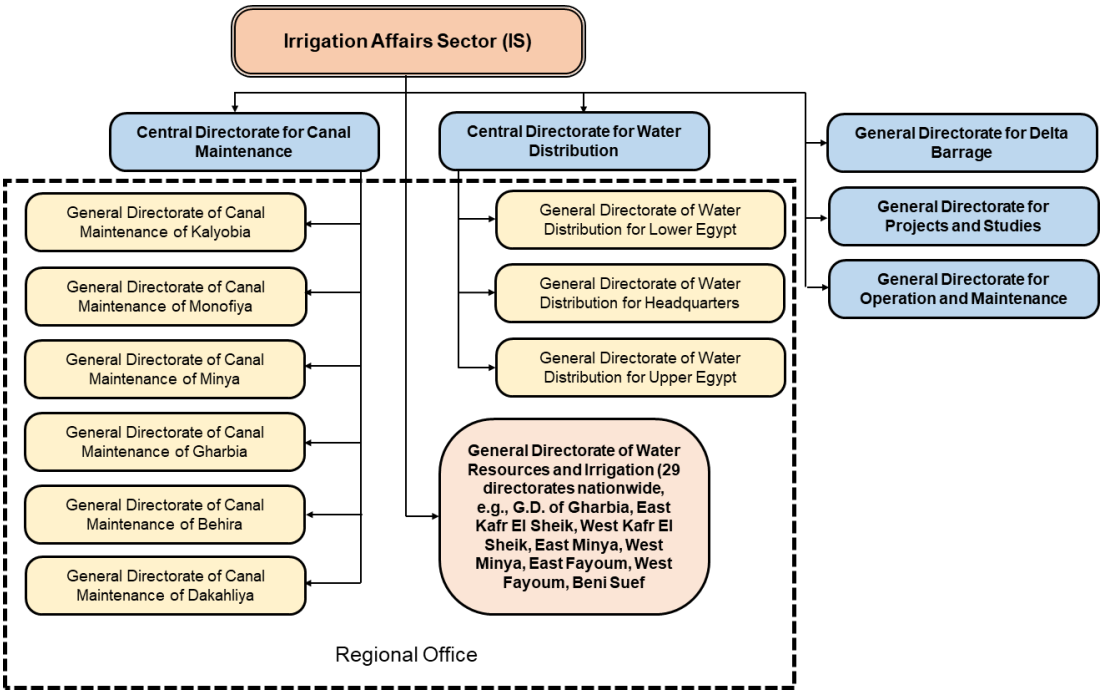


図 5.5.1 灌漑セクター（IAS、通常は IS と略される）の組織図

出典：MWRI Home Page

灌漑改善セクター（IIS）は、水利組合の設立など受益農家の組織化、また近代圃場灌漑導入に際しての合意取りやドリップ灌漑やスプリンクラー灌漑の研修等を担当する。IIS の本局には、2 つの部署が設けられているが、各部署はそれぞれ灌漑改善または灌漑アドバイザリーサービスに関する地方事務所を有している（図 5.5.2 参照）。灌漑アドバイザリーサービスは、農民を水利組合に組織化していくが、近代的な圃場灌漑システムの運用・管理にあたってフロントラインで活動することとなる。

IIS はプロジェクトの実施中、農民の組織化、WUA の登録、近代的な圃場灌漑システム導入のための合意形成、およびドリップやスプリンクラーの操作方法に関するトレーニングを行うことが必要である。そのため、実施にあたっては契約ベースの現場スタッフの雇用による人員補強が必要となる。近代的な圃場灌漑システムは、10～最大 30 feddan をカバーする揚水ポンプを中心にして操作されるため、WUA 内の農民メンバーは十分に組織化され、集団で行動することが期待される。この意味で、IIS の役割は非常に重要である。

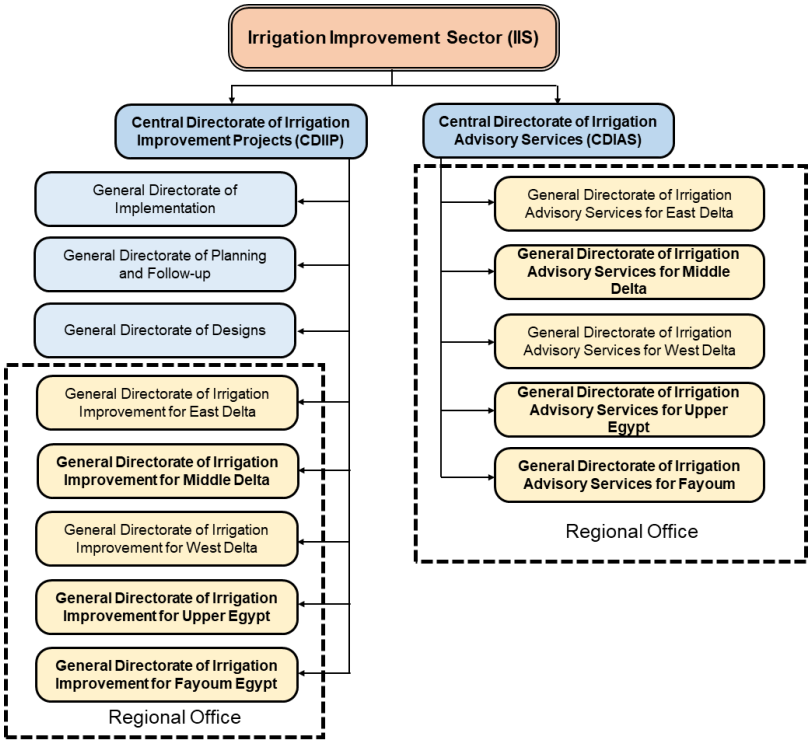


図 5.5.2 灌漑改善セクター（IIS）の組織図
出典：MWRI Home Page

図 5.5.3 は、Kased 幹線水路上に建設される Kased 取水工、Mahlet Menouf 調整堰、Sorad 調整堰の建設を担当する RGBS の組織図である。RGBS は本部レベルに 4 つの中央局を持っているが、あわせて Esna、Naga Hamady、Assuit、Delta といった主要なナイル川沿いの堰にオペレーション事務所を配置している。

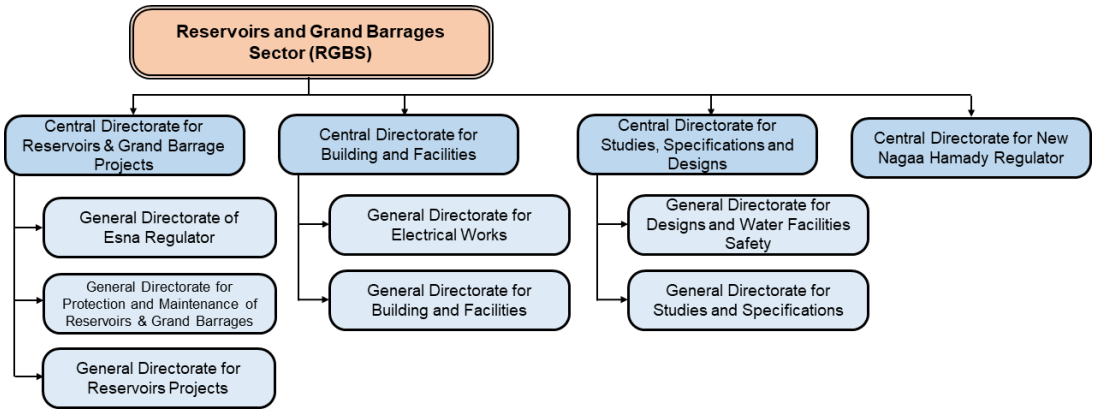


図 5.5.3 貯水池・大堰セクター（RGBS）の組織図
出典：MWRI Home Page

前述の通り、灌漑セクター（IS）には水資源灌漑地方総局と呼ばれる地方事務所が配置されている。その組織構成や人員配置は、日々運営・維持しなければならない既存の灌漑システムの規模により、各局で異なっている。しかしながら、一例として、Kased 幹線水路受益地の大部分を管轄する Gharbia 県の水資源灌漑地方総局の組織を示すと以下のようになる（図 5.5.4 参照）。

総局はさらに、下図のように灌漑地区（Irrigation District）と呼ばれる地方事務所を配置し、管轄地域内の灌漑システムの日々の運用・維持管理を行うフロントラインとして機能している。例えば、1 つの灌漑地区事務所には約 100 名の職員がおり、Gharbia 水資源灌漑総局のように 6 つの

地区事務所がある場合、総局の本部に駐在する職員と合わせると、約 1,000 名の職員がいることになる。

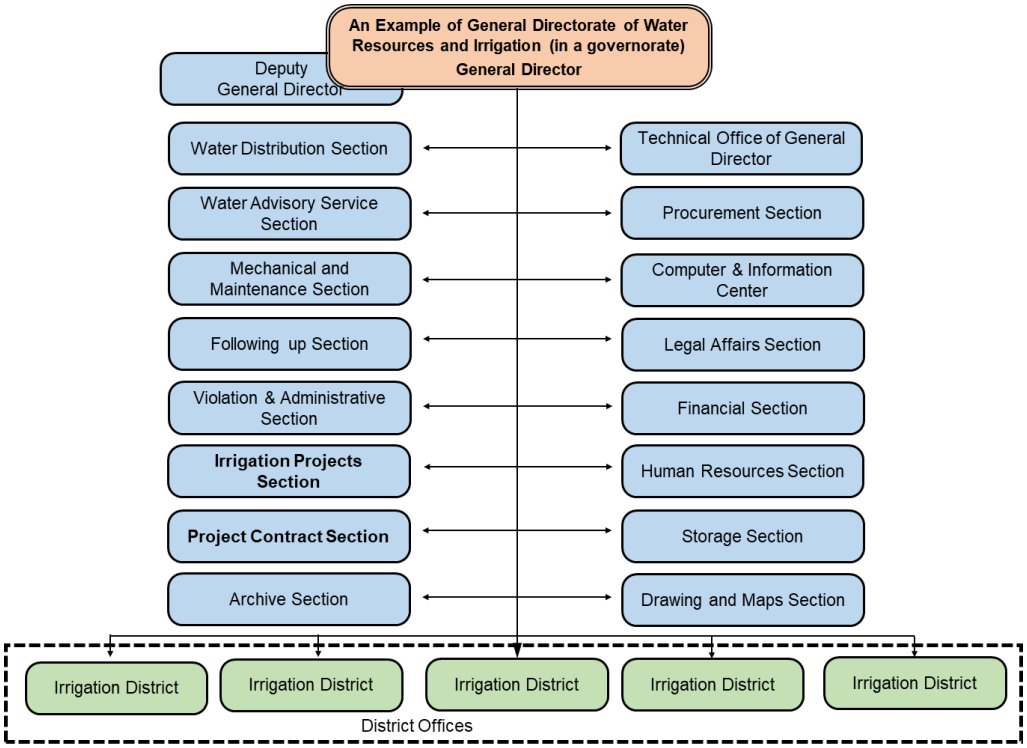


図 5.5.4 水資源灌漑地方総局の組織構成例

出典：General Directorates への聞き取り

5.5.2 MWRI による類似事業の経験

MWRI は、本件調査で計画している事業とほぼ同様の経験を蓄積している。下表は、MWRI が実施中、あるいは実施済みの主な類似事業を示している。2011 年の政変やドナー、コンサルタント、コントラクター等関係者との折衝といった面から実施計画の遅延が生じた面もあったが、いずれの事業も概ね問題なく実施されている。

最初の 3 つのプロジェクトは、RGBS が大規模な調整堰を建設するために実施したものである。これらの実績から、MWRI は Kased 幹線水路上に建設される 3 つの大型水理構造物（Kased 取水口、Mahlet Menouf 調整堰、Sorad 調整堰）の建設に十分な管理能力を有していると判断される。なお、Kased 幹線水路掛かりの 3 つの構造物に必要な工事量は下表に示したものより少ない。

20,000 km に及ぶ支線水路のコンクリートライニング工事は、政府主導で 2020 年に開始され、2022 年現在、国家予算を用いて MWRI の関連部局が工事の管理を行っている。以下の表には、中小構造物の新設・改修の経験は記載されていないが、MWRI の地方局では施設の老朽化や損壊程度に応じてこれらの工事を順次実施している。よって、本調査で計画されている水路の改修や中小構造物の新設・改修工事は、MWRI が管理することが可能と判断する。

MWRI はこれまで、世界銀行や KfW などのドナーの支援を受けながら、Meska の改良工事を実施してきた。下表にある Meska 改良プロジェクトには、パイプラインの設置も含まれており、各圃場の端にアウトレットが設けられている。したがい、MWRI は近代圃場灌漑施設に必要となる揚水ポンプ場やパイプラインを設置した経験があるといえる。しかしながら、MWRI はスプリンクラーやドリップといった近代圃場灌漑施設の設置については、パイロット・ベース以外では経験がない。このため、近代圃場灌漑の導入については、借款コンサルタントからの技術投入が必

要である。

表 5.5.1 MWRI の各局による本件事業にかかる類似事業の経験

Project	Major Works	Year	Appr. Cost
1) The Construction of New Dirout Group of Regulators and Improvement of Water Management Project	Regulator Construction	2021-2027 (RGBS)	6.5 billion Yen (JICA Loan)
2) New Assuit Barrages Project	Regulator Construction	2012-2018 (RGBS)	430 M.Eur (KfW)
3) Rehabilitation of Dahab, Sakoula, Mazoura, Lahoun Regulators (total 4 regulators)	Regulator Construction	1993 – 2010 (IIS)	21-25 M.US$ per regulator
4) Branch Canal Concrete Lining (Target 20,000km in 4 years), by state budget	Branch Canal Lining	2020- On-going (IS, HEPS, IIS, RGBS)	7,000km at 17.5 B.EGP (2020-21), 1,200km with 4 B.EGP (2022)
5) Irrigation Improvement Project (IIS), IIP1	Mesk Improvement	1996-2006 (IIS)	182 M.US$
6) Integrated Irrigation Improvement Management Project (IIIMP)	Meska Improvement	2007-2016 (IIS)	300 M.US$ (WB, KfW)

注：RGBS は Reservoirs and Grand Barrage Sector、IIS は Irrigation Improvement Sector、IS は Irrigation Affairs Sector、HEPS は Horizontal Explanation Sector を意味する。
出典：MWRI

5.5.3 中央レベルおよび地方レベルにおける事業実施体制

本事業を構成するコンポーネントは MWRI 内の複数の部署（Sector および Section）に関係しているため、事業目的の達成に向けて事業を統括する運営委員会（Steering Committee: SC）を設置する。SC の下には中央レベルの事業管理ユニット（Project Management Unit: PMU）と地方レベルの地方調整ユニット（Regional Coordination Unit: RCU）を設置する。そして、PMU および RCU は、全てのコンポーネントを成功裏に完了する責務を負うことになる。地方レベルで事業実施の責を担う RCU については、Kased 地区のコンポーネントは Tanta に設置される RCU、Bahr Yusef 地区と Ibrahimia 地区のコンポーネントは Beni Suef に設置される RCU の二つを設けることとする。これにより、距離的に離れている Kased 地区での事業実施と Bahr Yusef 地区および Ibrahimia 地区での事業実施を円滑に進めることとする。

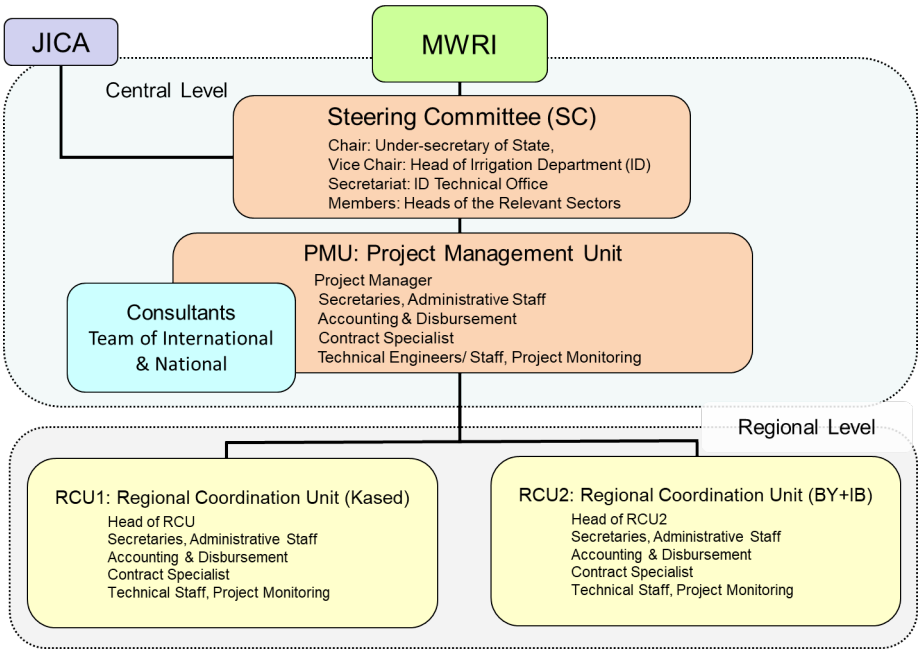


図 5.5.5 事業実施体制
出典：JICA 調査団

1）運営委員会（Steering Committee: SC）

SC においては、MWRI の事務次官が議長、灌漑局（ID）局長が副議長に任命されて調整役を務めることとする。また、議長と副議長の下で、ID Technical Office が SC の事務全般を担うことに

なる。JICA と事業実施機関との間で行われる全ての事務手続き、特に調達と予算の支出に関する事項については、議長の署名のもとで行われる必要があるが、議長に代わって ID 局長、PMU の Project Manager など、正式に任命された職員がこれらの手続きを代行することもできるようにする。SC のメンバーには、MWRI の主要な部署（Sector および Section）の長を含むこととし、そのメンバー構成は以下とすることが望ましい。

1) 議長：MWRI 事務次官
2) 副議長: 灌漑局局長
3) 事務局：Technical Office（灌漑局）
4) Egyptian Authority of Drainage Project (EPADP)の長
5) プランニングセクターの長
6) 灌漑セクターの長
7) 灌漑改善セクターの長
8) Central Directorate for Requirements and Foreign Funding の長
9) Central Directorate for Water Distribution の長
10) Central Directorate for Canal Maintenance の長
11) Central Directorate for Irrigation in Minya の長
12) Central Directorate for Irrigation in Beni Suef の長
13) Central Directorate for Irrigation in Fayoum の長
14) Central Directorate for Irrigation in Gharbia の長

以上のように、SC は予算の適切な配分、予算支出の管理、適切な指導や支援を通じて、プロジェクトの円滑な実施を促進させる役割を負う。このため、SC は、プロジェクトの政策立案、Sector と Section 間の調整、業務を実施するうえで必要な指導を行うなど、すべての活動に対する責任と権限を有することになる。また、SC はプロジェクトの円滑な実施のために必要な予算を確保し、適切に予算を執行するために、プロジェクトの財務・会計を監督する権限も有することとする。

2）中央レベルおよび地方レベルの事業管理ユニット（PMU と RCU）

PMU は中央レベル（カイロの MWRI 本部内）と各地方レベルに設置するが、本事業で設置する地方レベルの PMU は、Regional Coordination Unit（RCU）と呼ぶこととする。本事業では、地方レベルでコンポーネントの実施を統括するため、Tanta と Beni Suef の 2 箇所に RCU を設置する。前者は Kased 地区に属するコンポーネントの実施、後者は Abo Shosha や Aros & Abo Seer 地区等を灌漑する Bahr Yusef と Ibrahimia 基幹水路掛かりの全てのコンポーネントの実施に責を負うものとする。

PMU のメンバーは、省内で現役として勤務している職員、あるいは OB 職員の中から、類似プロジェクトに携わった経験等を考慮して採用・配置され、プロジェクト進行中はそれぞれの職務に専任することを基本とする。また、プロジェクトの繁忙期や、専任の PMU メンバーのみではプロジェクトの進捗に影響が出る場合などは、臨時の職員（パートタイム）等の雇用も検討する。

PMU は、国内外の専門家から構成されるコンサルタントチームによって支援を受けることになる。コンサルタントチームは、測量・地質調査等を含む詳細設計、入札図書の作成、事業実施主体である MWRI による入札・契約交渉の支援、さらに本事業の施工監理および機材調達の監理を行うものとする。なお、コンサルタントチームは、PMU と円滑なコミュニケーションを保つため、PMU の事務所に隣接して活動を行うことが必要である。

過去の類似案件と同様に、PMU は、詳細設計、入札図書の作成、入札、工事請負業者や機材納入業者との契約に加え、予算の流れや支出を含むプロジェクト全体の管理・監督を行う役割を担う。また、PMU の議長は、プロジェクト実施期間中、プロジェクトの円滑な進行を確保するための活動全般について責任と権限を有することとなる。RCU は、PMU の監督・管理の下、地方レベルでのプロジェクトの日常的な実施状況を管理・監督する責任を有することとなる。PMU および RCU においては、以下のスタッフの配置が望ましい。

表 5.5.2 Project Management Unit (PMU)と Regional Coordination Unit (RCU)の職員配置

Expertise	PMU (Central)	RCU (Kased)	RCU (BY & IB)
Head	1	1	1
Secretary	2	1	1
Administration	5	3	3
Accounting & Disbursement	4	2	2
Contract Specialist	3	1	1
Technical Engineer	3	2	2
Technicians	3	2	2
CDIAS* (WUAs)	1	10	10
Project Monitoring	2	1	1

注：*/ CDIAS は Central Directorate of Irrigation Advisory Services を意味する。
出典：JICA 調査団

JICA からの資金ディスバース、国際競争入札（ICB: International Competitive Bidding）での工事請負業者・機材納入業者との契約、また JICA への各種報告において、PMU や RCU のスタッフは下記の事項を承知しておく必要がある。特に経理・事業費の支出・業者との契約手続き・プロジェクトのモニタリングを担当するスタッフはそれらについて精通する必要がある。

1) 経理・事業費支出：RCU の経理・出納担当者は、地方レベルの活動に基づいた経理・事業費支出状況およびそれらに伴う諸手続きを管理し、PMU の経理・出納担当者に報告する責を負う。よって、RCU の各担当者は借款事業における支出項目の妥当性チェック、財務予測を踏まえた事業費支出の管理、以後の JICA へのディスバース請求に必要な現行支出の証憑類の作成等について熟知する必要がある。

2) ICB による工事請負業者・機材納入業者との契約：PMU が国際競争入札（ICB）により工事請負業者・機材納入業者と契約する場合、契約担当者は JICA 調達ガイドラインの内容を把握しておく必要がある。なお、省令（調達規則）と JICA ガイドラインに齟齬がある場合は、原則として JICA ガイドラインを優先することとなる。一方、国内競争入札（LCB: Local Competitive Bidding）の場合には、PMU は MWRI の調達規則に従うこととする。

3) プロジェクトモニタリングスタッフ：プロジェクトモニタリングスタッフはプロジェクトの進捗状況を確認し、3 カ月毎に JICA にプロジェクト進捗報告書（PSR：Project Status Report）を提出する。PSR は各四半期終了後から 1 ヶ月以内に作成し、JICA に提出しなければならない。また、プロジェクト終了後 6 ヶ月以内に完了報告書を作成し、JICA に提出しなければならない。

5.6 事業実施後の維持管理体制

事業実施後の水理施設の日常的な操作、また維持管理は MWRI の地方事務所である水資源灌漑地方総局（General Directorate of Water Resources and Irrigation）が担当する。なお、コンポーネント 7 で調達される維持管理用機材は、機材が配置される Tanta 市と Minya 市に位置している水路維持管理局（Central Directorate for Canal Maintenance）、また近代圃場灌漑施設については灌漑改善セク

ター（IIS）の地方局である灌漑アドバイザリーサービスが担当する。ただし、近代圃場灌漑施設は農民所有であるため、IIS の責務は農民への技術的な支援が主となる。

5.6.1 水理施設の操作・維持管理

前述のように水資源灌漑地方総局は、各々の灌漑管轄地域における水理施設の日常の操作、維持管理に責を持つ。個々の水理施設は灌漑地区内に多く点在しているため、これらを適宜に管理していくためのフロントライン事務所として灌漑地区（Irrigation District）が設けられており、Gharbia 県の場合､6 つの地区事務所があり各々約 100 名の職員を抱えている｡これら 100 名の内、多くを占めるのは日常的なゲートの操作にあたるゲートキーパー、また水路の状況を監視する技術系職員等である。

本事業で扱う施設は Kased 取水工を除けば、いずれも従前の施設のリハビリ、あるいは更新が主たる事業内容である。また、ゲートの新設・更新を伴う場合、ゲート形式はこれまで使用されてきた F.H.（Fahmy Henen）タイプとしていることから、既にその取り扱いには習熟している。これまでは、老朽化等によりゲートが満足に稼働しない場合、別途にチェーンブロックを設置して多くの労力をかけてゲートをつり上げたりしていたが、事業実施後は本来定められたゲートハンドルを用いての操作が可能となる。したがい、本事業で更新、リハビリされる施設の操作、維持管理は現行の体制、すなわち水資源灌漑地方総局およびその地方事務所（灌漑地区）によって十分可能であると判断する。

5.6.2 水管理施設の操作・維持管理

Kased 地区における水管理システム機器は､Gharbia 県を担当する水資源灌漑地方総局(Tanta 市)内の水配分部に設置される。各調整堰の流量や水位など全てのデータは、水管理システム機器でのモニタリングと保管が行われる。そして、当該の水配分部（Tanta 市）は、下エジプトを管轄する水配分局（Tanta 市）および本部のカイロ水配分部と、インターネット回線を通じて同じデータを各部署からモニタリングすることができる。

Kased 取水工と Sorad 調整堰（Gharbia 県と Kafr El-Sheikh 県の県境施設）は、現在と同様に下エジプト水配分局が、水管理システムのモニタリングデータに基づいてゲート操作の指示を水資源灌漑地方総局（Tanta 市）内の水配分部へ伝えたのち、水配分部は各施設の操作を担う灌漑地区（Irrigation District）へゲート操作の指示を出す。それ以外の幹線水路沿いにある施設や幹線水路以降の施設は、水配分部が水管理システムのモニタリングデータに基づいて、各灌漑地区へゲート操作の指示を出す。これら一連の手続きは従前と同じである。

水管理システム機器の運用と簡易な維持管理は水資源灌漑地方総局（Tanta 市）内の水配分部と下エジプトを管轄する水配分局（Tanta 市）が共同して行う。しかしながら、通信機器や電気系統といった特殊な機材の定期点検や修繕にあたっては、その技術内容に応じて MWRI 本局のテレメトリーセクションの技術スタッフによる支援が必要である。

5.6.3 維持管理用機材およびワークショップ機材の維持管理体制

事業対象地域を管轄する水路維持管理局（Central Directorate for Canal Maintenance）の地方事務所は Minya 事務所（Minya 市）と Gharbia 事務所（Tanta 市）で、前者は Bahr Yusef と Ibrahimia 基幹水路掛かり、後者は Kased 水路掛かりを担当している。維持管理機材は、それぞれの事務所の敷地内および事務所に併設する倉庫を兼ねた Workshop に保管してある。

各事務所の人員は、Director General のもと、Engineer、Technician、行政職員、事務職員、維持管理機材のオペレーター等が配置されているが、維持管理用機材と Workshop 機材のメンテナンスと修理は従前通り Engineer と Technician が担当する。故障している機材は多くが老朽化によるものであることから、新しい機材が調達されれば、機材そのものの維持管理は可能であると判断する。なお、特殊技能を要する修理（電気系統の修理等）は、従前、民間企業の整備士に委託しているが、同様の対応となる。

各事務所の Engineer と Technician の専門分野は、土木、機械、電気設備等に分かれており、Minya 事務所には Engineer 7 名と Technician 32 名、Gharbia 事務所には Engineer 4 名と Technician 24 名が配属されている。本事業では、老朽化した機材および故障して修理不可能な機材の更新、現場に急行して機材の修理を行う移動式修理車輌等の調達を行うが、これにより Engineer や Technician による機材の維持管理の負担が大きく軽減されることになる。

5.6.4 近代圃場灌漑施設の操作・維持管理について

MWRI が近代圃場灌漑導入を初めて適用した Fayoum では、灌漑改善セクター（IIS）配下の灌漑アドバイザリーサービスが、WUA による施設運用や維持管理の支援を担っている。近代圃場灌漑施設は農民が所有する施設であるが、Fayoum のように灌漑アドバイザリーサービスが技術的な面を含めて支援してきた実績を有する。近代圃場灌漑施設の操作、維持管理に関する農民への支援は、灌漑アドバイザリーサービスが WUA を通じて提供していく。

5.7 借款コンサルタントサービス

非公開情報

非公開情報

非公開情報

5.8 エジプト水管理分野で必要となる技術支援

本事業では優先地区とされている Abo Shosha 地区および Kased 地区において、各々10%の面積に近代圃場灌漑施設の導入を行う予定である。エジプトでは近代圃場灌漑施設の導入につき、将来の節水灌漑の実現のため優先度が高く、全国では約 400 万 feddan に導入することを決定している（前出 2.2.5 参照）。

近代圃場灌漑が広範囲に導入されると、現在の灌漑～排水機構に大きな影響を与えることになる。近代圃場灌漑の基本的なコンセプトは、作物が必要とするだけの量の灌漑水を正確に供給することであり、これは排水量の大幅な減少を意味することとなる。このような変化に対応するためには、高度に組織化された水管理が必要となる。

水管理の分野については、本事業で計画している Kased 地区の水管理自体は借款コンサルタントで十分に対応可能である。しかしながら、将来の排水量減少に伴う水理機構のシミュレーション、減少していく排水量を含めたモニタリング、これらを基にした将来に必要となる水管理はリサーチ的な側面をあわせて持つため、借款コンサルタントでの対応は困難である。

ここでいう水管理は事業対象地域のみならず、近代圃場灌漑が導入されない Lower Delta 地区を除けば、エジプト国全体に裨益するものである。このことから、将来の灌漑～排水機構の変化に係る研究イシューをも含めた水管理分野に関する技術協力の実施が望ましい。このほか、「4.7 水管理」で説明したように、衛星画像解析を水管理に導入することで、作物の植え付けや生育に合わせた灌漑水の適切な配分、さらなる節水を行うことが可能となる。これらを念頭に、以下のような専門家派遣が考えられる。

表 5.8.1 エジプト水管理分野で必要となる技術支援

Expertise	Expert		Remarks
	Person	Duration	
Overall Management (Team Leader)	1 person	Long term	5 years
Irrigation and Drainage	1	Short - middle	Total 2 years
Water Management (Irrigation System)	1	Long term	5 years
Water Management (Modern On-farm Irrigation)	1	Short term	Total 1 year
Hydraulic Simulation including groundwater movement	1	Short term	Total 1 year
GIS/ Satellite Image Analysis	1	Short term	Total 6 months
Coordination/ Secretariat with MWRI, Loan Consultant	1	Long term	5 years

出典：JICA 調査団

第 6 章　事業効果の検討

本章では、プロジェクトの経済評価と農家の所得分析、および事業の運用・効果指標について述べる。最初に事業全体の経済分析と評価を行う。次に、農業所得分析を行い、受益農家の所得向上と近代的灌漑システム導入に係るコスト回収スキームについての検証を行う。そして、最後に事業の運用・効果指標について述べる。

6.1　事業の経済評価

6.1.1　経済評価の仮定

本事業の経済評価については、下記の条件のもと実施するものとする。

1) 事業の経済評価は経済価格を用いた経済的内部収益率（EIRR）および純現在価値（NPV）を用いて行う。
2) エジプトにおける資本の機会費用は 10%[1]とする。よって、事業の EIRR がこれを上回り、割引率 10%での NPV が正となる場合、経済的な観点から事業実施の妥当性があると判断する。
3) 経済評価に用いる価格は 2022 年を基準とする。
4) 財務（市場）価格を経済価格に変換するための標準変換係数（SCF）は、公表されており入手可能であった直近年のデータを用いて算定した 0.979 を適用する。また、米、小麦、トウモロコシ、テンサイ、肥料の市場価格は、国際市場価格から推定される国境価格を計算し、経済価格に変換するものとする。ただし、下記に示すようにこれら品目の国際市場価格は、COVID-19 やウクライナ情勢により急激に上昇していることを考慮し、2020 年から 2022 年の 3 年間の平均価格を基準に経済価格を算定するものとする。

表 6.1.1 標準変換係数 (Standard Conversion Factor: SCF)

Item	2016	2017	2018	2019	2020	Ave.
1. Total Import (CIF)	708,289.1	1,187,063.1	1,464,815.7	1,319,132.4	1,102,238.0	1,156,307.7
2. Total Export (FOB)	230,318.7	469,997.8	523,833.8	513,725.8	472,305.4	442,036.3
3. Customs and import duties	27,534.0	33,410.9	36,848.1	40,994.9	31,644.4	34,086.5
4. Taxes on exports	215.7	257.8	428.8	426.8	353.9	336.6
5. Export Subsidy	-	-	-	-	-	-
6 = 1 + 2	938,607.8	1,657,060.9	1,988,649.5	1,832,858.2	1,574,543.4	1,598,344.0
7 = 1 + 2 + 3 - 4 + 5	965,926.1	1,690,214.0	2,025,068.8	1,873,426.3	1,605,833.9	1,632,093.8
8. SCF = 6/7	0.972	0.980	0.982	0.978	0.981	**0.979**

単位：Million LE
出典：Import and Export: Statistical Year Book 2021(CAPMAS)
https://www.capmas.gov.eg/Pages/Publications.aspx?page_id=5104&Year=23577; Customs and import duties and Taxes on Export: OECD (Details of Public Revenues - Egypt (oecd.org)

5) 事業費は、現地通貨建て部分（L/C）は SCF により市場価格から経済価格に換算する。
6) 税金・補助金については、移転コストであるため経済分析から除外する。また、物価上昇分についても、現在価値による経済評価を行うため、経済分析から除外する。
7) 作物収量、農産物価格、作物生産コストは、2021 年 9 月に JICA 調査団が実施した農家経済調査結果（第 3 章 3.9 節参照）、2022 年 10～11 月に実施した農家への追加聞き取り調査、および他の既存プロジェクトの調査結果に基づいて推定した値を使用する。
8) 経済的農産物価格、作付パターン、作付率については、上エジプト（Abo Shosha、Aros &

[1] IFAD, Sustainable Transformation for Agricultural Resilience in Upper Egypt, Project Design Report, Annex 4 Economic and Financial Analysis (Oct. 2019)

Abo Seer）とデルタ（Kased）の 2 地域に分類する。

図 6.1.1 に示されるように、2020 年から 2022 年にコメを除く国際市場での作物は 1.5 倍から 2 倍、化学肥料は 2.5 倍から 3 倍の価格上昇を示している。国内市場価格も大幅に上昇しているが、同時期の国際市場価格の上昇はそれを上回っていると考えられる。このような特殊な国際情勢を考慮し、上述の通り、国際市場価格から経済価格を算定する品目については、2020 年から 2022 年の平均価格を用いることとする。

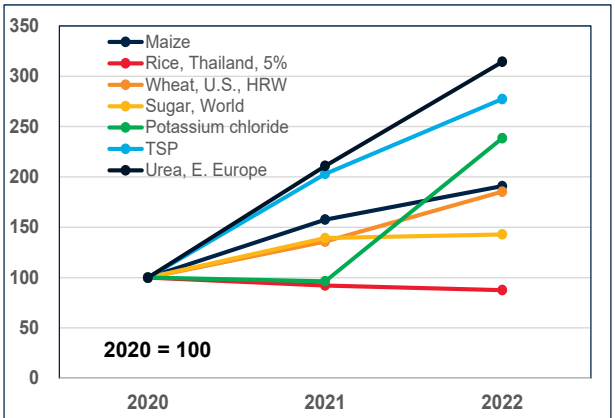


図 6.1.1 主要品目の国際市場価格推移
出典：世銀”Commodity Markets Outlook, Oct. 2022”より作成

国産農産物は生産地域内流通や政府の施策もあることから、競争的な国際市場価格とは異なる傾向を示していると考えられる。小麦は政府が買取価格を設定して農家から調達しパン製造においては逆ザヤで安価に小麦を卸すことから、政府買取価格の高額設定は、政府補助金の負担増となる。このため国際市場価格レベルまでの買取価格設定は困難であることが示唆される。

表 6.1.2 主要品目の市場価格と経済価格

Item	Unit	Unit Price (LE)			Remark
		Financial	Economic		
			Upper Egypt	Delta	
Maize	Ton	8.000	7,555	7,239	Border price
Wheat	Ton	6.667	9,491	9,174	Border price
Rice (Paddy)	Ton	9.000	-	5,083	Border price
Sugar beet	Ton	750	1,065	1,024	Border price
Sorghum	Ton	8,000	7,832	-	SCF
Berseem	Ton	1,000	979	979	SCF
Onion	Ton	3,000	2,937	2,937	SCF
Tomatoes	Ton	2,500	2,448	2,448	SCF
Wheat By-product	Hay	600	587	587	SCF
Rice By-product	Pellet (20Kg)	3	-	3	SCF
Fertilizers					
Urea	Ton	9,000	8,537	8,854	Border price
TSP	Ton	7,200	9,239	9,555	Border price
Pesticides					
Insecticides	Liter	150	147	147	SCF
Fungicides	Liter	150	147	147	SCF
Herbicides	Liter	100	98	98	SCF
Labor	Day	140	140	140	
Machinery					
Tractor rent (land preparation)	Hour	300	294	294	SCF
Pumping	Hour	150	147	147	SCF
Harvesting	Hour	350	343	343	SCF
Threshing	Hour	250	245	245	SCF
Seeds/ Seedling					
Rice	Bag (25kg)	440	431	431	SCF
Wheat	Kg	15	15	15	SCF
Maize	Kg	50	49	49	SCF
Sorghum	Kg	700	685	685	SCF
Sugar beet	Kg	500	490	490	SCF
Onions	Kg	50	49	49	SCF
Tomatoes (seedling)	Tray	250	245	245	SCF
Berseem	Kg	150	147	147	SCF

出典：1）Financial Price：JICA 調査団による農家聞き取り調査
2）Economic Price：国際市場価格から経済価格を算定する品目については、国際情勢の変化による急激な価格高騰を

考慮して、世銀 Commodity price Forecasts (Oct. 2022)の 2020 年から 2022 年の平均価格を基礎に算出した（Appendix VI. PROJECT EVALUATION Table3 ～Table10 参照）。その他は SCF 適用。

6.1.2 経済価格による事業費

1）初期投資費用

非公開情報

2）維持管理費用

事業の構成要素は 2 つある。幹線水路から Meska に至るまでの灌漑施設の改修・建設と近代圃場灌漑システム導入の 2 つである。灌漑施設の年間維持管理費は初期投資に対する 1～3%で設定されることが多いが、本事業では初期投資額の 3%を想定する。一方、近代灌漑システムについては、現行の個々人での灌漑方式に比較して燃料、潤滑油、労働力といった灌漑用ポンプの運用コストは削減される。ただし、近代灌漑システムについては、ポンプのみならず、追加でパイプラインや点滴灌漑システムの維持管理費用が必要となる。こうした状況を考慮し、近代灌漑システムの維持管理費用は初期投資額の 1%と仮定する（なお、ドリップ等の更新費用は別途に算入する）。

6.1.3 経済的便益

本事業の便益は、①作物の単位収量の増加、②作物生産コストの削減（近代圃場灌漑導入に対して適用）、③作付パターンの変化、すなわち収益性の高い園芸作物の増加、④作付率の向上と定義できる。第 4 章 4.13 節で策定した農業開発計画に基づき、これらの事業便益要因を数値化し、推計を行う。

1）単位収量の増加

表 6.1.4 に事業の実施による単位収量増加量をまとめる。これらの単位収量増加に係る推定につ

いては、第 4 章 4.3 節に詳細を記載している。事業実施前の単位収量は、対象地域の農業経済調査結果、各県の統計、近代灌漑システム適用に関する各種調査・研究結果に基づいて推計した。また、トウモロコシ、ソルガム、テンサイの単位収量は、点滴灌漑とスプリンクラー灌漑による増加量の平均値を適用した。なお、近代灌漑システムを用いた稲作は行われていないため、稲作農家は灌漑施設改修の便益のみを受けるものとした。

表 6.1.4 単位あたりの収量増加一覧（%）

Crop	Season	Irrigation Type	Unit Yield W/O Project (t/fed)	Irrigation Improvement		Modern Irrigation		Total	
				Rate	t/fed	Rate	t/fed	Rate	t/fed
Wheat	Winter	Sprinkler	2.30	9%	2.51	11%	2.55	21%	2.78
Onion	Winter	Sprinkler	12.00	8%	12.96	30%	15.60	40%	16.80
Berseem	Winter	Sprinkler	12.00	9%	13.08	11%	13.32	21%	14.52
Sugar beet	Winter	Drip / Sprinkler	19.50	5%	20.48	30%	25.35	37%	26.72
Maize	Summer	Drip / Sprinkler	2.00	15%	2.30	25%	2.50	44%	2.88
Sorghum	Summer	Drip / Sprinkler	1.50	15%	1.73	25%	1.88	44%	2.16
Rice	Summer	Flood irrigation	3.50	5%	3.68	0%	3.50	5%	3.68
Tomato	Summer	Drip	14.50	8%	15.66	30%	18.85	40%	20.30

出典：JICA 調査団（詳細は第４章 4.3）

2）作物生産コストの削減

近代灌漑システムを導入することにより、農家は肥料や灌漑用水の量、労働力の投入を減らすことができるため、作物の生産コスト削減が期待できる。表 6.1.5 に示すように、近代灌漑システムの導入により、生産コストは推計で 7%から 11%削減することができると考えられる。なお、表中の各作物の生産コストには、家族労働による経済価値も含まれている。

生産コスト削減の主な項目は、肥料、労働力および灌漑費用である。2021 年に EU Water STARS が実施した調査によると、肥料 35%、労働力 35%、灌漑 15%の生産コスト削減が期待されている。この調査結果を当該事業の近代灌漑システムを導入した場合の生産コスト削減にも適用することで、生産コスト削減に係る経済的価値を算出する。

労働コストの削減については、施肥と灌漑に適用できると考えられる。ただし、収量が増加した場合、収穫作業などの作業量が増加し、その他の労働については近代灌漑システムと従来の灌漑システムとで大きな差が生まれないと考えられる。なお、稲作には近代灌漑システムが適用できないため、稲作における生産コストに変化はないものとする。

表 6.1.5 近代灌漑システムにおける作物生産コストの削減（上エジプト）

Crop	Production Cost Without Project (LE/fed)		Production Cost With Project (LE/fed)		Cost Reduction (%)	
	Financial Price	Economic Price	Financial Price	Economic price	Fin.	Eco.
Wheat	7,639	7,676	6,955	6,962	9.0%	9.3%
Onion	15,270	15,252	14,062	14,011	7.9%	8.1%
Berseem	6,870	7,119	6,388	6,352	7.0%	10.8%
Sugar beet	7,700	7,798	7,098	7,142	7.8%	8.4%
Maize	6,840	6,944	6,241	6,290	8.8%	9.4%
Sorghum	6,385	6,252	5,894	5,787	7.7%	7.4%
Tomato	19,350	19,200	17,463	17,312	9.8%	9.8%

出典：EU Water Sector Technical Assistance and Reforms Support in 2021 の調査結果をもとに JICA 調査団作成

3）作付けパターンおよび作付率

表 6.1.6～表 6.1.8 は、第 4 章 4.3 節で述べた上エジプトとデルタの作付パターンおよび作付率をそれぞれ示したものである。上エジプトでは、Abo Shosha と Aros & Abo Seer の 2 つの優先地域が含まれている。そのため、下記の表では上エジプト内での作付パターンと作付率は同じであるが、

優先地区ごとに作物別の耕地面積を示している。

作付パターンについては、2 つのケースを検討した。ケース 1 は単位収量が増加し、作付パターンに変化がない場合、ケース 2 は単位収量が増加し、作付パターンに園芸作物が加わる場合である。作付率は、上エジプト、デルタともに現況において十分に高いため、事業実施の有無に関わらず変化しないものとした。

第 4 章 4.3 節において示した作付パターンについて，果樹等の永年作物が一定割合含まれている。しかしながら、優先地区における果樹等の永年作物の耕作面積は小さいものとなっている。また、タマネギとトマトは、それぞれ冬作の野菜・その他作物、夏作の野菜・油料作物を代表するものとして記載している。

表 6.1.6 作付面積と作付率（上エジプト：Abo Shosha）

Season	Crop	Without Project		With Project (Case 1)		With Project (Case 2)	
		C.I. (%)	Area (fed)	C.I. (%)	Area (fed)	C.I. (%)	Area (fed)
Winter	Wheat	88	8,025	88	8,025	88	8,025
	Berseem		3,619		3,619		3,304
	Sugar beet		1,101		1,101		1,101
	Vegetables (Onions)		2,990		2,990		3,304
Summer	Maize	93	10,476	93	10,476	93	9,978
	Sorghum		2,162		2,162		1,996
	Vegetables (Tomatoes)		3,991		3,991		4,656
Nile	Maize	15	1,314	15	1,314	15	1,100
	Vegetables (Tomatoes)		1,368		1,368		1,582
	Net Service Area (fed)	196	17,881	196	17,881	196	17,881
	Crop Intensity (C.I.)						

出典：JICA 調査団

表 6.1.7 作付面積と作付率（上エジプト：Aros & Abo Seer）

Season	Crop	Without Project		With Project (Case 1)		With Project (Case 2)	
		C.I. (%)	Area (fed)	C.I. (%)	Area (fed)	C.I. (%)	Area (fed)
Winter	Wheat	88	5,983	88	5,983	88	5,983
	Berseem		2,698		2,698		2,463
	Sugar beet		821		821		821
	Vegetables (Onions)		2,229		2,229		2,463
Summer	Maize	93	7,810	93	7,810	93	7,438
	Sorghum		1,612		1,612		1,488
	Vegetables (Tomatoes)		2,975		2,975		3,471
Nile	Maize	15	980	15	980	15	820
	Vegetables (Tomatoes)		1,020		1,020		1,180
	Net Service Area (fed)	196	13,330	196	13,330	196	13,330
	Crop Intensity (C.I.)						

出典：JICA 調査団

表 6.1.8 作付面積と作付率（デルタ：Kased）

Season	Crop	Without Project		With Project (Case 1)		With Project (Case 2)	
		C.I. (%)	Area (fed)	C.I. (%)	Area (fed)	C.I. (%)	Area (fed)
Winter	Wheat	95	41,942	95	41,942	95	41,942
	Berseem		20,971		20,971		18,235
	Sugar beet		15,500		15,500		15,500
	Vegetables (Onions)		12,765		12,765		15,500
Summer	Maize	100	32,632	100	32,632	100	26,873
	Rice		9,598		9,598		9,598
	Vegetables (Tomatoes)		53,747		53,747		59,505
Nile	Maize	5	2,831	5	2,831	5	1,392
	Vegetables (Tomatoes)		1,968		1,968		3,407
	Net Service Area (fed)	200	95,976	200	95,976	200	95,976
	Crop Intensity (C.I.)						

出典：JICA 調査団

4）経済的増加便益の算定

本事業実施による増加分便益は、ケース 1 およびケース 2 とその他のケースを組み合わせて算出する。その他のケースについては、ケース A として灌漑施設の改修・建設のみ（灌漑改善）、ケース B として近代圃場灌漑（MOI）導入のみ、およびケース C として灌漑改善と近代灌漑システム（フルスケール）を実施するものとする。表 6.1.10～表 6.1.16 に、ケース 1-A から 2-C の 3 優先地域における増加便益を示す。Fayoum 県内の Aros & Abo Seer 地区については、近代圃場灌漑を計画しないので、ケース B と C は除く。なお、ここでは EIRR を算出するために経済価格を用いている。

表 6.1.9 事業による増加便益のケース

Case		A: Irrigation Improvement	B: Modern On-farm Irrigation (MOI)	C: Irrigation Improvement + MOI (full-scale)
1	No Change of Cropping Pattern	Case 1-A	Case 1-B	Case 1-C
2	Increase Horticulture Crop	Case 2-A	Case 2-B	Case 2-C

Source: JICA Survey Team

表 6.1.10 ケース A：灌漑改善による増加便益（経済価格）（上エジプト：Abo Shosha）

Season	Crop	Unit Net Return (LE/fed)		Total Return (000 LE)			Incremental Benefit (000 LE)	
		W/O Project	W/ Project Case 1/2	W/O Project	W/ Project Case 1A	W/ Project Case 2A	Case 1-A	Case 2-A
Winter	Wheat	20,023	22,402	160,684	179,776	179,776	19,091	19,091
	Berseem	4,629	5,497	16,753	19,894	18,164	3,141	1,411
	Sugar beet	12,970	13,938	14,286	15,352	15,352	1,066	1,066
	Vegetables (Onions)	19,992	22,643	59,770	67,696	74,822	7,926	15,052
Summer	Maize	8,166	10,265	85,551	107,541	102,420	21,990	16,869
	Sorghum	5,496	7,111	11,881	15,373	14,190	3,491	2,309
	Vegetables (Tomatoes)	16,296	18,968	65,038	75,702	88,319	10,664	23,281
Nile	Maize	8,166	10,265	10,732	13,491	11,288	2,759	556
	Vegetables (Tomatoes)	16,296	18,968	22,291	25,946	30,016	3,655	7,725
Total							**73,784**	**87,361**

出典：JICA 調査団（Unit Net Return は Appendix VI. PROJECT EVALUATION Table26 ～Table46 参照。以下、表 6.1.15 まで同）

表 6.1.11 ケース B: 近代灌漑による増加便益（経済価格）（上エジプト：Abo Shosha）

Season	Crop	Unit Net Return (LE/fed)		Total Return (000 LE)			Incremental Benefit (000 LE)	
		W/O Project	W/ Project Case 1/2	W/O Project	W/ Project Case 1B	W/ Project Case 2B	Case 1-B	Case 2-B
Winter	Wheat	20,023	23,785	16,068	19,087	19,087	3,019	3,019
	Berseem	4,629	6,509	1,675	2,356	2,151	680	476
	Sugar beet	12,970	19,856	1,429	2,187	2,187	758	758
	Vegetables (Onions)	19,992	31,806	5,977	9,509	10,510	3,532	4,533
Summer	Maize	8,166	12,597	8,555	13,197	12,569	4,642	4,014
	Sorghum	5,496	8,898	1,188	1,924	1,776	735	587
	Vegetables (Tomatoes)	16,296	28,833	6,504	11,507	13,425	5,004	6,921
Nile	Maize	8,166	12,597	1,073	1,656	1,385	582	312
	Vegetables (Tomatoes)	16,296	28,833	2,229	3,944	4,563	1,715	2,334
Total							**20,668**	**22,954**

出典：JICA 調査団

表 6.1.12 ケース C：フルスケール実施時の増加便益（経済価格）（上エジプト：Abo Shosha）

Season	Crop	Unit Net Return (LE/fed)		Total Return (000 LE)			Incremental Benefit (000 LE)	
		W/O Project	W/ Project Case 1/2	W/O Project	W/ Project Case 1C	W/ Project Case 2C	Case 1-C	Case 2-C
Winter	Wheat	20,023	26,429	160,684	183,008	183,008	22,323	22,323
	Berseem	4,629	7,576	16,753	20,647	18,851	3,894	2,098
	Sugar beet	12,970	21,211	14,286	16,153	16,153	1,867	1,867
	Vegetables (Onions)	19,992	35,121	59,770	71,426	78,945	11,656	19,175

Season	Crop	Unit Net Return (LE/fed)		Total Return (000 LE)			Incremental Benefit (000 LE)	
		W/O Project	W/ Project Case 1/2	W/O Project	W/ Project Case 1C	W/ Project Case 2C	Case 1-C	Case 2-C
Summer	Maize	8,166	15,255	85,551	112,769	107,399	27,218	21,848
	Sorghum	5,496	10,944	11,881	16,201	14,955	4,320	3,074
	Vegetables (Tomatoes)	16,296	32,173	65,038	80,972	94,468	15,934	29,430
Nile	Maize	8,166	15,255	10,732	14,147	11,837	3,414	1,105
	Vegetables (Tomatoes)	16,296	32,173	22,291	27,753	32,106	5,461	9,815
Total							**96,088**	**110,734**

出典：JICA 調査団

表 6.1.13 ケース A：灌漑改善による増加便益（経済価格）（上エジプト：Aros & Abo Seer）

Season	Crop	Unit Net Return (LE/fed)		Total Return (000 LE)			Incremental Benefit (000 LE)	
		W/O Project	W/ Project Case 1/2	W/O Project	W/ Project Case 1A	W/ Project Case 2A	Case 1-A	Case 2-A
Winter	Wheat	20,023	22,402	119,788	134,020	134,020	14,232	14,232
	Berseem	4,629	5,497	12,489	14,831	13,541	2,342	1,052
	Sugar beet	12,970	13,938	10,650	11,445	11,445	795	795
	Vegetables (Onions)	19,992	22,643	44,558	50,466	55,778	5,908	11,221
Summer	Maize	8,166	10,265	63,777	80,170	76,353	16,393	12,576
	Sorghum	5,496	7,111	8,857	11,460	10,579	2,603	1,721
	Vegetables (Tomatoes)	16,296	18,968	48,485	56,435	65,840	7,950	17,356
Nile	Maize	8,166	10,265	8,001	10,057	8,415	2,057	415
	Vegetables (Tomatoes)	16,296	18,968	16,618	19,343	22,377	2,725	5,759
Total							**55,005**	**65,126**

出典：JICA 調査団

表 6.1.14 ケース A：灌漑改善による増加便益（経済価格）（デルタ：Kased）

Season	Crop	Unit Net Return (LE/fed)		Total Return (000 LE)			Incremental Benefit (000 LE)	
		W/O Project	W/ Project Case 1/2	W/O Project	W/ Project Case 1A	W/ Project Case 2A	Case 1-A	Case 2-A
Winter	Wheat	19,240	21,554	806,955	904,007	904,007	97,053	97,053
	Berseem	4,582	5,450	96,088	114,291	99,383	18,203	3,295
	Sugar beet	12,107	13,036	187,660	202,060	202,060	14,400	14,400
	Vegetables (Onions)	19,897	22,548	253,981	287,821	349,497	33,840	95,515
Summer	Maize	7,471	9,475	243,792	309,187	254,624	65,394	10,832
	Rice	7,153	8,051	68,652	77,270	77,270	8,619	8,619
	Vegetables (Tomatoes)	16,138	18,810	867,362	1,010,973	1,119,291	143,611	251,929
Nile	Maize	7,471	9,475	21,153	26,826	13,186	5,674	-7,967
	Vegetables (Tomatoes)	16,138	18,810	31,752	37,009	64,088	5,257	32,337
Total							**392,049**	**506,013**

出典：JICA 調査団

表 6.1.15 ケース B: 近代灌漑による増加便益（経済価格）（デルタ：Kased）

Season	Crop	Unit Net Return (LE/fed)		Total Return (000 LE)			Incremental Benefit (000 LE)	
		W/O Project	W/ Project Case 1/2	W/O Project	W/ Project Case 1B	W/ Project Case 2B	Case 1-B	Case 2-B
Winter	Wheat	19,240	22,940	80,695	96,214	96,214	15,518	15,518
	Berseem	4,582	6,478	9,609	13,585	11,813	3,976	2,204
	Sugar beet	12,107	18,775	18,766	29,101	29,101	10,335	10,335
	Vegetables (Onions)	19,897	31,745	25,398	40,522	49,205	15,124	23,807
Summer	Maize	7,471	11,766	24,379	38,395	31,619	14,015	7,240
	Rice	7,153	7,153	6,865	6,865	6,865	0	0
	Vegetables (Tomatoes)	16,138	28,730	86,736	154,414	170,958	67,678	84,222
Nile	Maize	7,471	11,766	2,115	3,331	1,637	1,216	-478
	Vegetables (Tomatoes)	16,138	28,730	3,175	5,653	9,789	2,477	6,614
Total							**130,340**	**149,463**

出典：JICA 調査団

表 6.1.16 ケース C：フルスケール実施時の増加便益（経済価格）（デルタ：Kased）

Season	Crop	Unit Net Return (LE/fed)		Total Return (000 LE)			Incremental Benefit (000 LE)	
		W/O Project	W/ Project Case 1/2	W/O Project	W/ Project Case 1C	W/ Project Case 2C	Case 1-C	Case 2-C
Winter	Wheat	19,240	25,511	806,955	920,604	920,604	113,649	113,649
	Berseem	4,582	7,545	96,088	118,684	103,203	22,596	7,115
	Sugar beet	12,107	20,075	187,660	212,970	212,970	25,310	25,310
	Vegetables (Onions)	19,897	35,059	253,981	303,791	368,889	49,810	114,908
Summer	Maize	7,471	14,304	243,792	324,945	267,601	81,152	23,809
	Rice	7,153	8,051	68,652	77,270	77,270	8,619	8,619
	Vegetables (Tomatoes)	16,138	32,070	867,362	1,082,241	1,198,195	214,879	330,833
Nile	Maize	7,471	14,304	21,153	28,194	13,858	7,041	-7,295
	Vegetables (Tomatoes)	16,138	32,070	31,752	39,618	68,606	7,866	36,855
Total							**530,921**	**653,803**

出典：JICA 調査団

6.1.4 経済効率性

1）便益と費用のフロー

EIRR および NPV を算定するための費用・便益フローの分析に当たっては、下記を想定する。

- コンサルティング・サービスは初年度に施設計分を支出する。その後は施工管理や調達業務に応じて支出する。
- 支線水路ライニングを除く全てのコンポーネントは、2 年目から均等に支出する。
- 政府予算にて実施する支線水路ライニングは、初年度から均等に支出する。
- 維持管理費用は、投資支出年の翌年から発生する。
- ドリップ灌漑システムの置換費用は設置から 4 年目ごとに発生する。
- 作物単収の増等の便益は、施設設置の翌年に 50%、2 年目から 100%発現するものとする。

2）経済的内部収益率（EIRR）および純現在価値（NPV）

経済分析のための上述のモデルと費用・便益フローを用いて、EIRR および NPV を表 6.1.17 の通り各ケースで算定を行った。各ケースの EIRR は 11.2%から 20.3%の間で算定された。全てのケースにおいて、EIRR は資本の機会費用である 10%を上回っている。また、割引率 10%で算定した NPV は全てのケースで正となった。それゆえ、本プロジェクトは経済的に実施可能であると判断される。

表 6.1.17 事業実施による EIRR および NPV の算定

Case	Description	EIRR	NPV (000 LE)
Case 1-A	No change of cropping pattern, Irrigation Improvement	15.9%	1,083,357
Case 2-A	Increase of horticulture crop, Irrigation Improvement	20.3%	1,994,718
Case 1-B	No change of cropping pattern, Modern On-farm Irrigation (MOI)	11.2%	65,639
Case 2-B	Increase of horticulture crop, Modern On-farm Irrigation (MOI)	13.5%	207,368
Case 1-C	No change of cropping pattern, Irrigation Improvement + MOI	15.0%	1,217,393
Case 2-C	Increase of horticulture crop, Irrigation Improvement + MOI	18.7%	2,194,872

出典：JICA 調査団

3）感度分析

感応度分析は、(1)事業費の 10%増加、(2)便益の 10%減少、および(1)と(2)の組み合わせのケースで実施する。Case 1-B を除き、全てのケースで EIRR は 10%以上の数値であった。近代圃場灌漑導入（Case B）では、収益の高い園芸作の増が事業の経済性を堅牢にすることが示唆される。また NPV の算定結果から、事業の経済性は事業費の増よりも便益の減により大きく影響を受ける傾

向が伺える。

表 6.1.18 感度分析

Case	Indicators	Case 1-A	Case 2-A	Case 1-B	Case 2-B	Case 1-C	Case 2-C
(1)10% increase of Project cost	EIRR	14.2%	18.4%	9.5%	11.8%	13.4%	16.8%
	NPV (000LE)	846,883	1,758,244	-27,769	113,960	887,619	1,865,098
(2)10% decrease of Project Benefit	EIRR	14.1%	18.2%	9.4%	11.6%	13.2%	16.7%
	NPV (000LE)	738,547	1,558,772	-34,333	93,223	765,880	1,645,611
(3): (1) + (2)	EIRR	12.6%	16.5%	7.8%	10.0%	11.7%	14.9%
	NPV (LE)	502,073	1,322,298	-127,741	-185,116	436,106	1,315,837

出典：JICA 調査団

6.2 農業所得分析

農業所得分析の主な目的は、事業実施下における農業活動の収益性と近代灌漑システム導入のための費用に対する農家の返済能力を評価することである。本事業の主な受益者は農家であるため、農業所得分析では対象地域の農家個人に焦点を当てた財務分析を実施する。

6.2.1 農業所得モデル

農業所得分析では、前述の経済分析に適用した前提条件と同じものを用いる。ただし、市場価格を用いるものとする。当該農業所得分析では、上エジプト（Abo Shosha、Aros & Abo Seer）とデルタ（Kased）を対象とした財務モデルを作成する。Abo Shosha 地区と Aros & Abo Seer 地区では、作付パターン、作付率、代表作物、各作物の純収益が同じであるため、上エジプトとして 1 つの財務モデルとする。

前述した経済分析では事業全体の経済効率を検証する一方で、ここでは農家の財務モデルを用いて、農業収入から生産コストおよび家族労働の経済価値を除いた農家レベルでの農業所得を示している。表 6.2.1 と表 6.2.2 は、それぞれ上エジプトとデルタの財務モデルを示している。上エジプトとデルタで は、事業を実施しない場合の 1 feddan 当たりの農業所得は、それぞれ 26,663 LE と 30,743 LE と推定できる。

表 6.2.1 農業所得モデル（上エジプト）

Season/ Crop	Crop Intensity (%)	Cultivated Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/kg)	Gross Income (LE)	Production Cost (LE/fed)	Total Production Cost (LE)	Net Income (LE)
Winter	**88**	**0.88**						
Wheat	51	0.45	2.3	6.70	9,635	6,379	2,871	6,764
Berseem	23	0.20	12.0	1.00	2,400	5,330	1,066	1,334
Sugar beet	7	0.06	19.5	0.75	878	6,160	370	508
Onions	19	0.17	12.0	3.00	6,120	12,470	2,120	4,000
Summer	**93**	**0.93**						
Maize	63	0.59	2.0	8.00	9,440	5,300	3,127	6,313
Sorghum	13	0.12	1.5	8.00	1,440	5,405	649	791
Tomatoes	24	0.22	14.5	2.50	7,975	15,570	3,425	4,550
Nile	**15**	**0.15**						
Maize	49	0.07	2.0	8.00	1,120	5,300	371	749
Tomatoes	51	0.08	14.5	2.50	2,900	15,570	1,246	1,654
Total		**1.96**			**41,908**		**15,245**	**26,663**

出典：JICA 調査団

注：小麦の販売額(Gross Income)には副産物（麦わら等）による販売額も含まれている(Appendix VI. PROJECT EVALUATION Table25 参照)。

小麦：0.45fed x 2.3t/fed x 6.70LE/kg = 6,935LE

副産物(麦藁)：0.45fed x 10pack/fed x 600LE/pack = 2,700LE Total 9.635LE

表 6.2.2 農業所得モデル（デルタ）

Season/ Crop	Crop Intensity (%)	Cultivated Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/kg)	Gross Income (LE)	Production Cost (LE/fed)	Total Production Cost (LE)	Net Income (LE)
Winter	**95**	**0.95**						
Wheat	46	0.44	2.3	6.70	9,421	6,379	2,807	6,614
Berseem	23	0.22	12.0	1.00	2,640	5,330	1,173	1,467

Season/ Crop	Crop Intensity (%)	Cultivated Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/kg)	Gross Income (LE)	Production Cost (LE/fed)	Total Production Cost (LE)	Net Income (LE)
Sugar beet	17	0.16	19.5	0.75	2,340	6,160	986	1,354
Onions	14	0.13	12.0	3.00	4,680	12,470	1,621	3,059
Summer	**100**	**1.00**						
Maize	34	0.34	2.0	8.00	5,440	5,300	1,802	3,638
Rice	10	0.1	3.5	9.00	3,195	9,000	900	2,295
Tomatoes	56	0.56	14.5	2.50	20,300	15,570	8,719	11,581
Nile	**5**	**0.05**						
Maize	59	0.03	2.0	8.00	480	5,300	159	321
Tomatoes	41	0.02	14.5	2.50	725	15,570	311	414
Total		**2.00**			**49,221**		**18,478**	**30,743**

出典：JICA 調査団
注：小麦の販売額(Gross Income)には副産物（麦わら等）による販売額も含まれている。

6.2.2 事業実施による農業所得の増加

当該農業所得分析では、農家が近代灌漑システムを導入する際の返済能力に着目し、前述のケース 1-B とケース 2-B の近代灌漑導入のみのケース、およびケース 1-C とケース 2-C のフルスケールで事業を実施した場合の財務分析を行う。表 6.2.3～6.2.10 は、上エジプトとデルタの各ケースにおける事業実施時の想定される農業所得を示している。

表 6.2.3 事業実施時の財務モデル（上エジプト：ケース 1-B）

Season/ Crop	Crop Intensity (%)	Cultivated Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/kg)	Gross Income (LE)	Production Cost (LE/fed)	Total Production Cost (LE)	Net Income (LE)
Winter	**88**	**0.88**						
Wheat	51	0.45	2.6	6.70	10,694	5,845	2,630	8,064
Berseem	23	0.20	13.3	1.00	2,664	4,542	908	1,756
Sugar beet	7	0.06	25.4	0.75	1,141	5,817	349	792
Onions	19	0.17	15.6	3.00	7,956	11,493	1,954	6,002
Summer	**93**	**0.93**						
Maize	63	0.59	2.5	8.00	11,800	4,876	2,877	8,923
Sorghum	13	0.12	1.9	8.00	1,805	5,016	602	1,203
Tomatoes	24	0.22	18.9	2.50	10,368	14,208	3,126	7,242
Nile	**15**	**0.15**						
Maize	49	0.07	2.5	8.00	1,400	4,876	341	1,059
Tomatoes	51	0.08	18.9	2.50	3,770	14,208	1,137	2,633
Total		**1.96**			**51,598**		**13,924**	**37,674**

出典：JICA 調査団
注：小麦の販売額(Gross Income)には副産物（麦わら等）による販売額も含まれている。

表 6.2.4 事業実施時の財務モデル（上エジプト：ケース 1-C）

Season/ Crop	Crop Intensity (%)	Cultivated Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/kg)	Gross Income (LE)	Production Cost (LE/fed)	Total Production Cost (LE)	Net Income (LE)
Winter	**88**	**0.88**						
Wheat	51	0.45	2.78	6.70	11,272	5,929	2,668	8,604
Berseem	23	0.20	14.52	1.00	2,904	4,542	908	1,996
Sugar beet	7	0.06	26.72	0.75	1,202	5,895	354	848
Onions	19	0.17	16.80	3.00	8,568	11,633	1,978	6,590
Summer	**93**	**0.93**						
Maize	63	0.59	2.88	8.00	13,594	5,035	2,971	10,623
Sorghum	13	0.12	2.16	8.00	2,074	5,235	628	1,446
Tomatoes	24	0.22	20.30	2.50	11,165	14,348	3,157	8,008
Nile	**15**	**0.15**						
Maize	49	0.07	2.88	8.00	1,613	5,035	352	1,261
Tomatoes	51	0.08	20.30	2.50	4,060	14,348	1,148	2,912
Total		**1.96**			**56,452**		**14,164**	**42,288**

出典：JICA 調査団
注：小麦の販売額(Gross Income)には副産物（麦わら等）による販売額も含まれている。

表 6.2.5 事業実施時の財務モデル（上エジプト：ケース 2-B）

Season/ Crop	Crop Intensity (%)	Cultivated Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/kg)	Gross Income (LE)	Production Cost (LE/fed)	Total Production Cost (LE)	Net Income (LE)
Winter	**88**	**0.88**						
Wheat	51	0.45	2.6	6.70	10,694	5,845	2,630	8,064
Berseem	23	0.20	13.3	1.00	2,398	4,542	818	1,580
Sugar beet	7	0.06	25.4	0.75	1,141	5,817	349	792

Season/ Crop	Crop Intensity (%)	Cultivated Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/kg)	Gross Income (LE)	Production Cost (LE/fed)	Total Production Cost (LE)	Net Income (LE)
Onions	19	0.17	15.6	3.00	8,892	11,493	2,184	6,708
Summer	**93**	**0.93**						
Maize	63	0.59	2.5	8.00	11,200	4,876	2,731	8,469
Sorghum	13	0.12	1.9	8.00	1,654	5,016	552	1,102
Tomatoes	24	0.22	18.9	2.50	12,253	14,208	3,694	8,559
Nile	**15**	**0.15**						
Maize	49	0.07	2.5	8.00	1,200	4,876	293	907
Tomatoes	51	0.08	18.9	2.50	4,241	14,208	1,279	2,962
Total		**1.96**			**53,673**		**14,530**	**39,143**

出典：JICA 調査団
注：小麦の販売額(Gross Income)には副産物（麦わら等）による販売額も含まれている。

表 6.2.6 事業実施時の財務モデル（上エジプト：ケース 2-C）

Season/ Crop	Crop Intensity (%)	Cultivated Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/kg)	Gross Income (LE)	Production Cost (LE/fed)	Total Production Cost (LE)	Net Income (LE)
Winter	**88**	**0.88**						
Wheat	51	0.45	2.78	6.70	11,272	5,929	2,668	8,604
Berseem	23	0.18	14.52	1.00	2,614	4,542	818	1,796
Sugar beet	7	0.06	26.72	0.75	1,202	5,895	354	848
Onions	19	0.19	16.80	3.00	9,576	11,633	2,210	7,366
Summer	**93**	**0.93**						
Maize	63	0.56	2.88	8.00	12,902	5,035	2,820	10,082
Sorghum	13	0.11	2.16	8.00	1,901	5,235	576	1,325
Tomatoes	24	0.26	20.30	2.50	13,195	14,348	3,730	9,465
Nile	**15**	**0.15**						
Maize	49	0.06	2.88	8.00	1,382	5,035	302	1,080
Tomatoes	51	0.09	20.30	2.50	4,568	14,348	1,291	3,277
Total		**1.96**			**58,612**		**14,769**	**43,843**

出典：JICA 調査団
注：小麦の販売額(Gross Income)には副産物（麦わら等）による販売額も含まれている。

表 6.2.7 事業実施時の財務モデル（デルタ：ケース 1-B）

Season/ Crop	Crop Intensity (%)	Cultivated Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/kg)	Gross Income (LE)	Production Cost (LE/fed)	Total Production Cost (LE)	Net Income (LE)
Winter	**95**	**0.95**						
Wheat	46	0.44	2.55	6.70	10,457	5,845	2,572	7,885
Berseem	23	0.22	13.32	1.00	2,930	4,542	999	1,931
Sugar beet	17	0.16	25.35	0.75	3,042	5,817	931	2,111
Onions	14	0.13	15.60	3.00	6,084	11,493	1,494	4,590
Summer	**100**	**1.00**						
Maize	34	0.34	2.50	8.00	6,800	4,876	1,657	5,143
Rice	10	0.1	3.50	9.00	3,195	9,000	900	2,295
Tomatoes	56	0.56	18.85	2.50	26,390	14,208	7,956	18,434
Nile	**5**	**0.05**			0			
Maize	59	0.03	2.50	8.00	600	4,876	146	454
Tomatoes	41	0.02	18.85	2.50	943	14,208	284	659
Total		**2.00**			**60,441**		**16,939**	**43,502**

出典：JICA 調査団
注：小麦の販売額(Gross Income)には副産物（麦わら等）による販売額も含まれている。

表 6.2.8 事業実施時の財務モデル（デルタ：ケース 1-C）

Season/ Crop	Crop Intensity (%)	Cultivated Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/kg)	Gross Income (LE)	Production Cost (LE/fed)	Total Production Cost (LE)	Net Income (LE)
Winter	**95**	**0.95**						
Wheat	46	0.44	2.78	6.70	11,022	5,929	2,609	8,413
Berseem	23	0.22	14.52	1.00	3,194	4,542	999	2,195
Sugar beet	17	0.16	26.72	0.75	3,206	5,895	943	2,263
Onions	14	0.13	16.80	3.00	6,552	11,633	1,512	5,040
Summer	**100**	**1.00**						
Maize	34	0.34	2.88	8.00	7,834	5,035	1,711	6,123
Rice	10	0.1	3.68	9.00	3,291	9,000	900	2,391
Tomatoes	56	0.56	20.30	2.50	28,420	14,348	8,035	20,385
Nile	**5**	**0.05**			0			
Maize	59	0.03	2.88	8.00	691	5,035	151	540
Tomatoes	41	0.02	20.30	2.50	1,015	14,348	287	728
Total		**2.00**			**65,226**		**17,147**	**48,079**

出典：JICA 調査団
注：小麦の販売額(Gross Income)には副産物（麦わら等）による販売額も含まれている。

表 6.2.9 事業実施時の財務モデル（デルタ：ケース 2-B）

Season/ Crop	Crop Intensity (%)	Cultivated Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/kg)	Gross Income (LE)	Production Cost (LE/fed)	Total Production Cost (LE)	Net Income (LE)
Winter	**95**	**0.95**						
Wheat	46	0.44	2.55	6.70	10,457	5,845	2,572	7,885
Berseem	23	0.19	13.32	1.00	2,531	4,542	863	1,668
Sugar beet	17	0.16	25.35	0.75	3,042	5,817	931	2,111
Onions	14	0.16	15.60	3.00	7,488	11,493	1,839	5,649
Summer	**100**	**1.00**						
Maize	34	0.28	2.50	8.00	5,600	4,876	1,365	4,235
Rice	10	0.1	3.50	9.00	3,195	9,000	900	2,295
Tomatoes	56	0.62	18.85	2.50	29,217	14,208	8,808	20,409
Nile	**5**	**0.05**						
Maize	59	0.01	2.50	8.00	200	4,876	49	151
Tomatoes	41	0.04	18.85	2.50	1,885	14,208	568	1,317
Total		**2.00**			**63,615**		**17,895**	**45,720**

出典：JICA 調査団

注：小麦の販売額(Gross Income)には副産物（麦わら等）による販売額も含まれている。

表 6.2.10 事業実施時の財務モデル（デルタ：ケース 2-C）

Season/ Crop	Crop Intensity (%)	Cultivated Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/kg)	Gross Income (LE)	Production Cost (LE/fed)	Total Production Cost (LE)	Net Income (LE)
Winter	**95**	**0.95**						
Wheat	46	0.44	2.78	6.70	11,022	5,929	2,609	8,413
Berseem	23	0.19	14.52	1.00	2,759	4,542	863	1,896
Sugar beet	17	0.16	26.72	0.75	3,206	5,895	943	2,263
Onions	14	0.16	16.80	3.00	8,064	11,633	1,861	6,203
Summer	**100**	**1.00**						
Maize	34	0.28	2.88	8.00	6,451	5,035	1,409	5,042
Rice	10	0.1	3.68	9.00	3,291	9,000	900	2,391
Tomatoes	56	0.62	20.30	2.50	31,465	14,348	8,895	22,570
Nile	**5**	**0.05**						
Maize	59	0.01	2.88	8.00	230	5,035	50	180
Tomatoes	41	0.04	20.30	2.50	2,030	14,348	574	1,456
Total		**2.00**			**68,519**		**18,104**	**50,415**

出典：JICA 調査団

注：小麦の販売額(Gross Income)には副産物（麦わら等）による販売額も含まれている。

表 6.2.11 は、各ケースの農業所得増分をまとめたものである。1 feddan 当たりの農業所得の増加は、11,011 LE/feddan（上エジプトのケース 1-B）から 19,672 LE/feddan（デルタのケース 2-C）と算定される。生産コストとは別に近代的な灌漑システムの維持管理コストを 6.1.2 節で述べたように 590LE/feddan と見積もっているが、この費用を差し引くと、1 feddan あたりの農業所得は 10,421 LE/feddan から 19,082 LE/feddan となる。

本農業所得分析では、Covid-19 流行やウクライナ戦争による国際情勢の大きな変化により穀類や化学肥料の価格高騰、さらには原油等の燃料高騰による物価高の影響で、第 3 章 3.9 で記載した農家経済調査を実施した時期とは大きく数値が異なる結果となっている。農家の農業所得は、このような外的要因により激しく流動的に変化しているため、将来予測することが困難であることは不安要因・リスクであること留意する必要がある。

表 6.2.11 農業所得分析：Feddan あたりの農業所得増加

Region		Upper Egypt				Delta			
Case		Case 1-B	Case 1-C	Case 2-B	Case 2-C	Case 1-B	Case 1-C	Case 2-B	Case 2-C
Without Project (LE/fed)	Gross Income	41,908				49,221			
	Production Cost	15,245				18,478			
	Net Farm Income	**26,663**				**30,743**			
With Project (LE/fed)	Gross Income	51,598	56,452	53,673	58,612	60,441	65,226	63,615	68,519
	Production Cost	13,924	14,164	14,530	14,769	16,939	17,147	17,895	18,104
	Net Farm Income	**37,674**	**42,288**	**39,143**	**43,843**	**43,502**	**48,079**	**45,720**	**50,415**
1) Incremental Farm Income (LE/fed)		**11,011**	**15,625**	**12,480**	**17,180**	**12,759**	**17,336**	**14,977**	**19,672**
Maintenance cost of Modern Irrigation		590	590	590	590	590	590	590	590

Region	Upper Egypt				Delta			
Case	Case 1-B	Case 1-C	Case 2-B	Case 2-C	Case 1-B	Case 1-C	Case 2-B	Case 2-C
2) Incremental Farm Income (LE/fed)	**10,421**	**15,035**	**11,890**	**16,590**	**12,169**	**16,746**	**14,387**	**19,082**

出典：JICA 調査団

6.2.3 近代灌漑システムに係る費用返済

農業所得の増加分と近代灌漑システム導入費用の返済額とのバランスおよび返済能力を確認する目的で農家のキャッシュフロー分析を行う。以下にキャッシュフロー分析を行う上での前提条件を示す。

- ✓ 初期投資費用は、銀行と関係省庁との合意に基づき、エジプト政府から無利子（政府からの補助金）、返済期間 10 年のローンで調達されるものとする。
- ✓ 初年度（0 年目）に近代灌漑システムの設置が完了するものとする。
- ✓ 2 年目（Year1）から近代灌漑システムの運用を開始し、エジプト政府が計画する融資返済期間である 11 年目（Year10）までのキャッシュフローを提示する。
- ✓ 初期投資額は 59,000 LE/feddan、3 年経過後（Year 4 と Year 8）に点滴灌漑用チューブの交換費用として 12,477 LE/feddan が発生するものとする。
- ✓ 年間返済額は 5,900LE とする。
- ✓ 近代灌漑システムの年間維持管理費用は、初期投資費用の 1%に相当する 590LE とする。
- ✓ 近代灌漑システムによる農業所得の増加は、1 年目に 50%、2 年目に 100%を達成するものとする。灌漑施設導入の 1 年目は、農家がまだ設備の操作に慣れておらず、近代灌漑設備の効果的な操作による肥培管理の改善が十分には出来ないであろうとの想定の下、1 年目は計画増収率の半分の達成と仮定した。2 年目では、農家は施設の操作にも慣れ、想定される増収率を達成できると仮定した。

キャッシュフロー分析は、ケース 1-B、ケース 2-B、ケース 1-C およびケース 2-C の 4 つのケースで実施する。表 6.2.12 と表 6.2.13 は、それぞれ上エジプトとデルタにおけるキャッシュフロー分析の結果である。返済期間中の 10 年間のキャッシュフローでは、各地域の各ケースとも農業所得の純増加分の合計が、農家受益者が返済・負担した費用の合計額を上回っている。

一方、ケース 1-B（作付パターン変更なしで近代圃場灌漑導入のみ）では、農業所得の純増加分に占める農家の返済･負担額の合計額が上エジプトとデルタでそれぞれ 86%と 74%となっている。純増加分は農家の返済・負担額合計を上回っているものの、この割合が低ければ、農家はより積極的にコスト負担に応じることになると考えられる。特に、上エジプトの Case 1-B では、償還期間内で得られる増加所得の 9 割近くが初期投資の償還、維持管理費および置換費用に充てられることになる。

ケース 2-B（園芸作の増加と近代圃場灌漑導入のみ）では、農業所得の増加分に対するコストの割合は、上エジプトとデルタでそれぞれ 76%と 63%に減少している。作付体系において収益性の高い園芸作を増やすことが農家の手元に所得を残す方策となる。また、所得増加分に対するコストの割合を下げるための方策として、償還期間の延長といったことも考えられる。こうした方策によって農家が近代灌漑システムをより積極的に導入するきっかけになることが期待される。

さらに、上エジプトの Case 1-C および Case 2-C（灌漑改善と近代圃場灌漑の組み合わせ）では、増加所得に対する費用の負担率は各々61%と 55%まで下がる。デルタの Case 1-C と Case 2-C では、各々55%と 48%まで下がる。これは、水利構造物の改修・建設、水路ライニングといった灌漑

改善が、農業所得増に大きく寄与することを意味し、農家の近代圃場灌漑導入の動機づけに貢献するものと言える。

表 6.2.12 キャッシュフロー分析（上エジプト）

Case	Case 1-B: Same Cropping Pattern; MOI only					Case 2-B: Additional Horticulture Crops; MOI only				
Year	Net Income Increase	Capital Repay.	System Maintenance	Replacement of Equip.	Net Cash Flow	Net Income Increase	Capital Repay.	System Maintenance	Replacement of Equip.	Net Cash Flow
0	0	0		0	0	0	0		0	0
1	5,506	5,900	590	0	-985	6,240	5,900	590	0	-250
2	11,011	5,900	590	0	4,521	12,480	5,900	590	0	5,990
3	11,011	5,900	590	0	4,521	12,480	5,900	590	0	5,990
4	11,011	5,900	590	12,477	-7,956	12,480	5,900	590	12,477	-6,488
5	11,011	5,900	590	0	4,521	12,480	5,900	590	0	5,990
6	11,011	5,900	590	0	4,521	12,480	5,900	590	0	5,990
7	11,011	5,900	590	0	4,521	12,480	5,900	590	0	5,990
8	11,011	5,900	590	12,477	-7,956	12,480	5,900	590	12,477	-6,488
9	11,011	5,900	590	0	4,521	12,480	5,900	590	0	5,990
10	11,011	5,900	590	0	4,521	12,480	5,900	590	0	5,990
Total	**104,605**	**59,000**	**5,900**	**24,954**	**14,751**	**118,555**	**59,000**	**5,900**	**24,954**	**28,701**
		Cost / Net Income Increase 89,854 / 104,605 = **86%**					Cost / Net Income Increase 89,854 / 118,555 = **76%**			
Case	**Case 1-C: Same Cropping Pattern Irrigation Improvement + MOI**					**Case 2-C: Additional Horticulture Crops Irrigation Improvement + MOI**				
Year	Net Income Increase	Capital Repay.	System Maintenance	Replacement of Equip.	Net Cash Flow	Net Income Increase	Capital Repay.	System Maintenance	Replacement of Equip.	Net Cash Flow
0	0	0		0	0	0	0		0	0
1	7,813	5,900	590	0	1,323	8,590	5,900	590	0	2,100
2	15,625	5,900	590	0	9,135	17,180	5,900	590	0	10,690
3	15,625	5,900	590	0	9,135	17,180	5,900	590	0	10,690
4	15,625	5,900	590	12,477	-3,342	17,180	5,900	590	12,477	-1,787
5	15,625	5,900	590	0	9,135	17,180	5,900	590	0	10,690
6	15,625	5,900	590	0	9,135	17,180	5,900	590	0	10,690
7	15,625	5,900	590	0	9,135	17,180	5,900	590	0	10,690
8	15,625	5,900	590	12,477	-3,342	17,180	5,900	590	12,477	-1,787
9	15,625	5,900	590	0	9,135	17,180	5,900	590	0	10,690
10	15,625	5,900	590	0	9,135	17,180	5,900	590	0	10,690
Total	**148,438**	**59,000**	**5,900**	**24,954**	**58,584**	**163,211**	**59,000**	**5,900**	**24,954**	**73,357**
		Cost / Net Income Increase 89,854 / 148,438 = **61%**					Cost / Net Income Increase 89,854 / 163,211 = **55%**			

出典：JICA 調査団

表 6.2.13 キャッシュフロー分析（デルタ）

Case	Case 1-B: Same Cropping Pattern; MOI only					Case 2-B: Additional Horticulture Crops: MOI only				
Year	Net Income Increase	Capital Repay.	System Maintenance	Replacement of Equip.	Net Cash Flow	Net Income Increase	Capital Repay.	System Maintenance	Replacement of Equip.	Net Cash Flow
0	0	0		0	0	0	0		0	0
1	6,379	5,900	590	0	-111	7,488	5,900	590	0	998
2	12,759	5,900	590	0	6,269	14,977	5,900	590	0	8,487
3	12,759	5,900	590	0	6,269	14,977	5,900	590	0	8,487
4	12,759	5,900	590	12,477	-6,208	14,977	5,900	590	12,477	-3,990
5	12,759	5,900	590	0	6,269	14,977	5,900	590	0	8,487
6	12,759	5,900	590	0	6,269	14,977	5,900	590	0	8,487
7	12,759	5,900	590	0	6,269	14,977	5,900	590	0	8,487
8	12,759	5,900	590	12,477	-6,208	14,977	5,900	590	12,477	-3,990
9	12,759	5,900	590	0	6,269	14,977	5,900	590	0	8,487
10	12,759	5,900	590	0	6,269	14,977	5,900	590	0	8,487
Total	**121,210**	**59,000**	**5,900**	**24,954**	**31,356**	142,280	59,000	5,900	24,954	52,426
		Cost / Net Income Increase 89,854 / 121,210 = **74%**					Cost / Net Income Increase 89,854 / 140,161 = **63%**			
Case	**Case 1-C: Same Cropping Pattern Irrigation Improvement + MOI**					**Case 2-C: Additional Horticulture Crops Irrigation Improvement + MOI**				
Year	Net Income Increase	Capital Repay.	System Maintenance	Replacement of Equip.	Net Cash Flow	Net Income Increase	Capital Repay.	System Maintenance	Replacement of Equip.	Net Cash Flow
0	0	0		0	0	0	0		0	0
1	8,668	5,900	590	0	2,178	9,836	5,900	590	0	3,346
2	17,336	5,900	590	0	10,846	19,672	5,900	590	0	13,182
3	17,336	5,900	590	0	10,846	19,672	5,900	590	0	13,182
4	17,336	5,900	590	12,477	-1,631	19,672	5,900	590	12,477	705
5	17,336	5,900	590	0	10,846	19,672	5,900	590	0	13,182
6	17,336	5,900	590	0	10,846	19,672	5,900	590	0	13,182
7	17,336	5,900	590	0	10,846	19,672	5,900	590	0	13,182
8	17,336	5,900	590	12,477	-1,631	19,672	5,900	590	12,477	705
9	17,336	5,900	590	0	10,846	19,672	5,900	590	0	13,182

10	17,336	5,900	590	0	10,846	19,672	5,900	590	0	13,182
Total	**164,688**	**59,000**	**5,900**	**24,954**	**74,834**	**186,882**	**59,000**	**5,900**	**24,954**	**97,028**
		Cost / Net Income Increase 89,854 / 164,688 = **55%**				Cost / Net Income Increase 89,854 / 186,882 = **48%**				

出典：JICA 調査団

6.2.4 貧困世帯の近代灌漑システムに係る費用返済

本節では、小麦、牧草、メイズ、ソルガムといった伝統作物のみを耕作する比較的貧困な農家世帯における所得分析を行う。ここでは所得水準の低い上エジプトのケースで分析する。表 6.2.14 に示すように、伝統作物のみを耕作する農家の事業がない場合の 1 feddan 当り農業所得は、21,164 LE で、経済評価に用いた上述のモデルの農業所得額（26,663 LE）の約 8 割となる。

当該農家が近代圃場灌漑のみを導入し、作付けの変更がない場合（Case 1-B）、農業所得は、28,297 LE/feddan となり、増加農業所得は 7,133 LE/feddan となる。この場合、10 年間での増加農業所得に対する近代圃場灌漑施設導入償還額は 133%となり、増加所得のみでの償還は困難となる。償還期間を 20 年とすると 96%となる。灌漑改善を行った上で近代圃場灌漑を導入する場合（Case 1-C）は、増加農業所得が 11,261 LE/feddan で 10 年間および 20 年間での増加所得に対する償還額は、各々84%および 61%となり、増加所得のみでの償還が可能である。

貧困世帯に近代圃場灌漑を導入する誘因は、水理構造物や水路ライニング等の灌漑改善を合わせて実施すること、そして 10 年間の償還期間を例えば 20 年間とすることが考えられる。また、より収入の増加につながる園芸作導入のための技術支援を行うことなどが必要となる。さらに、穀物価格が暴落した時に、返済の免除や延期をするといった補助政策を導入することも推奨される。

表 6.2.14 伝統作物のみ耕作する農業所得モデル（上エジプト）事業なし

Season/ Crop	Crop Intensity (%)	Cultivated Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/kg)	Gross Income (LE)	Production Cost (LE/fed)	Total Production Cost (LE)	Net Income (LE)
Winter	**88**	**0.88**						
Wheat	64	0.56	2.3	6.70	11,990	6,379	3,572	8,418
Berseem	36	0.32	12.0	1.00	3,840	5,330	1,706	2,134
Summer	**93**	**0.93**						
Maize	75	0.7	2.0	8.00	11,200	5,300	3,710	7,490
Sorghum	25	0.23	1.5	8.00	2,760	5,405	1,243	1,517
Nile	**15**	**0.15**						
Maize	100	0.15	2.0	8.00	2,400	5,300	795	1,605
Total		**1.96**			**32,190**		**11,026**	**21,164**

出典：JICA 調査団

表 6.2.15 伝統作物のみ耕作する農業所得モデル（上エジプト Case 1-B）

Season/ Crop	Crop Intensity (%)	Cultivated Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/kg)	Gross Income (LE)	Production Cost (LE/fed)	Total Production Cost (LE)	Net Income (LE)
Winter	**88**	**0.88**						
Wheat	64	0.56	2.6	6.70	13,600	5,845	3,273	10,327
Berseem	36	0.32	13.3	1.00	4,262	4,542	1,453	2,809
Summer	**93**	**0.93**						
Maize	75	0.7	2.5	8.00	14,000	4,876	3,413	10,587
Sorghum	25	0.23	1.9	8.00	3,459	5,016	1,154	2,305
Nile	**15**	**0.15**						
Maize	100	0.15	2.5	8.00	3,000	4,876	731	2,269
Total		**1.96**			**38,321**		**10,024**	**28,297**

出典：JICA 調査団

表 6.2.16 伝統作物のみ耕作する農業所得モデル（上エジプト Case 1-C）

Season/ Crop	Crop Intensity (%)	Cultivated Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/kg)	Gross Income (LE)	Production Cost (LE/fed)	Total Production Cost (LE)	Net Income (LE)
Winter	**88**	**0.88**						
Wheat	64	0.56	2.78	6.70	14,474	5,921	3,316	11,158
Berseem	36	0.32	14.52	1.00	4,646	4,542	1,453	3,193

Season/ Crop	Crop Intensity (%)	Cultivated Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/kg)	Gross Income (LE)	Production Cost (LE/fed)	Total Production Cost (LE)	Net Income (LE)
Summer	**93**	**0.93**						
Maize	75	0.7	2.88	8.00	16,128	5,035	3,525	12,603
Sorghum	25	0.23	2.16	8.00	3,974	5,235	1,204	2,770
Nile	**15**	**0.15**						
Maize	100	0.15	2.88	8.00	3,456	5,035	755	2,701
Total		**1.96**			**42,678**		**10,253**	**32,425**

出典：JICA 調査団

6.2.5 事業による貧困軽減への貢献

事業による農業所得増は、エジプトにおける貧困の軽減に寄与する。上述のとおり、事業がない場合の 1 feddan 当り農業所得は標準モデルで、上エジプトで 26,663 LE/feddan、デルタで 30,743 LE/feddan と計算され、6.2.4 に示した比較的貧困な農家モデルで、21,164 LE/feddan と計算される。事業対象地域の平均的な家族構成員 5 名の場合[2]、1 世帯の貧困ラインは 51,420 LE と計算される（2019/2020 年単価）。

同農家モデルで 1 feddan を耕作する家族構成員 5 人の世帯を想定すると、事業がない場合の 1 feddan 当り農業所得のみでは、貧困ライン以下となっている。そして、事業による農業所得増により、標準モデルでは上エジプトで 43,843 LE/feddan（64%増）、デルタで 50,415 LE/feddan（64%増）となり、貧困世帯モデルでは 32,425 LE/feddan（53%増）となる。事業による農業所得の増により貧困ラインに近づけることが可能であるが、農業所得のみでは貧困ラインをまだ下回る。

農家世帯所得と貧困ラインは、営農規模と家族規模のみならず、畜産や農外収入の有無にも依存するので一概に言えないが、本事業は、約 6 割の農家が 1 feddan 未満しか農地を所有していない農村地域の農業所得向上により、貧困軽減に一定程度寄与すると言える。

6.2.6 事業による食料安全保障への貢献

事業による農産物収量の増は、エジプト国民の食料安全保障強化に寄与する。灌漑改善および近代圃場灌漑を導入したケースにおいて、事業実施により作付けが変化しない場合で年間 223 千トン（事業なしの場合の 11%増）、園芸作物の作付率が増加する場合で年間 343 千トン（事業なしの場合の 16%）の農産物生産量の増大が見込める。

表 6.2.17 事業実施による年間農産物生産量の増

Site	W/O P (ton)	Case 1-C (ton)	Case 2-C (ton)	Increment (ton)	
				Case 1-C	Case 2-C
Abo Shosha	223,771	249,402	261,647	25,631	37,876
Aros&Abo Seer	166,817	181,574	190,378	14,756	23,561
Kased	1,715,917	1,898,446	1,997,865	182,529	281,948
Total	**2,106,505**	**2,329,421**	**2,449,890**	**222,917**	**343,385**
(Ratio)	**1.00**	**1.11**	**1.16**	**0.11**	**0.16**

出典：JICA 調査団

6.3 プロジェクトの運用と効果に関する指標案

プロジェクト実施の前後を比較することで、プロジェクトのインパクトを測定するための、いくつかの指標を提案する。指標には、運用指標と効果指標の 2 種類がある。運用指標はプロジェクトの運用状況を計測するものであり、効果指標はプロジェクトがもたらした効果を計測するものである。つまり、プロジェクトによって施設が改善された結果、改善された施設が適切に利用

[2] 第 3 章表 3.1.2 の平均世帯構成員数 5.5 人より、ここでは 5 人とした。CAPMAS (2020) Income & Expenditure Search 2019-2020 における貧困ラインは月当たり、一人当たり 857LE とされる。

されているかは運用指標で、改善された施設が受益者にどのような効果をもたらしているかは効果指標で評価される。

プロジェクトのコンポーネントは、その特徴から、水管理改善を含む「水理構造物・水路の改修・建設」と「近代圃場灌漑の導入」に分類され、それぞれに指標を提案する。前者が政府主導で実施され、既存の灌漑システムの改良が主体であるのに対し、後者は農地での水管理や灌漑方法を抜本的に変えるものであり、受益者が直接関与するものである。

6.3.1 水理構造物と水路の改修・建設

水理構造物および水路の改修・建設に関する指標案を 6.3.1 に示す。改修と建設の対象となる水理構造物のリストは事業実施時に作成し、実施の進捗をモニターする。また、水路のライニングの長さもモニターする。同時に、改修された水理構造物および用水路がカバーする灌漑農地面積が、本事業の成果としてカウントされる。

効果指標としては、プロジェクト対象地域の主要作物の単位収量と平均年間農業所得を調査する。平均農業所得は、プロジェクト効果を測定するために、MWRI によって特別に組織されたチームによって聞き取り調査する必要がある。同時に、主要作物の単位収量も聞き取り調査により測定する。これらのデータは、本調査で設定されたベースラインデータと比較される。

表 6.3.1 水路の復旧・建設に関する指標（案）

<table>
<tr><th colspan="2">運用指標</th><th colspan="2">効果指標</th></tr>
<tr><td colspan="2">定義：
1. 水理構造物の改修・建設数
2. 改修/建設された水理構造物によって灌漑される耕作地面積
3. 改修された水路の延長</td><td colspan="2">定義：
1. 単位面積当たりの主要作物収量（t/fed）
2. 平均年間農業所得（LE/fed/年）</td></tr>
<tr><td colspan="2">データ収集の方法
1. MWRI の記録・文書</td><td colspan="2">データ収集の方法
1. 受益農家への聞き取り調査</td></tr>
<tr><th>ベースライン（2022 年）</th><th>目標（完成後 3 年）</th><th>ベースライン（2022 年）</th><th>目標（完成後 3 年）</th></tr>
<tr><td>改修・建設された構造物はなし</td><td>1. 改修・建設された構造物：135 か所(コンポーネント 1: 3, コンポーネント 2：19, コンポーネント 3: 113)
2. 改修・建設された構造物による灌漑面積：127,187fed
3. 改修された水路：175.92km (Abo Shosha: 53.27km, Aros & Abo Seer: 32.25km, Kased: 90.40km)</td><td>1. 単位収量：
Wheat：2.30 t/fed
Winter Onion：12.0 t/fed
Berseem：12.0 t/fed
Sugar beet：19.5 t/fed
Maize：2.0 t/fed
Sorghum：1.5 t/fed
Rice：3.5 t/fed
Summer Tomato：14.5 t/fed
2. 年平均農業所得：
上エジプト：26,663LE/fed
デルタ：30,743 LE/fed</td><td>1. 単位収量：
Wheat：2.51 t/fed
Winter Onion：12.96 t/fed
Berseem：13.08 t/fed
Sugar beet：20.48 t/fed
Maize：2.30 t/fed
Sorghum：1.73 t/fed
Rice 3.68 t/fed
Summer Tomato：15.56t/fed
2. 年平均農業所得：
上エジプト：30,395 LE/fed
デルタ：34,452 LE/fed</td></tr>
<tr><td colspan="4">備考
対象地域は上エジプトで 31,211 fed、デルタで 95,976fed である。農業所得の増加目標は、作付パターンに変更がないことを前提としている。</td></tr>
</table>

出典：JICA 調査団

6.3.2 近代圃場灌漑（MOI: Modern On-farm Irrigation）

近代圃場灌漑（MOI）の指標案を表 6.3.2 に示す。運用指標は、近代圃場灌漑が導入された農地として設定する。近代圃場灌漑施設の設置には、投資費用を償還する受益農家の同意が必要である。また、農家を水利組合に組織し、システムの共同管理を図る必要があるため、このコンポーネントの進捗には農民受益者の強いコミットメントが必要とされる。また、政府の支援により MOI の効果を示すための展示も重要である。

効果指標は、主要作物の単位収量と平均農業所得で測定する。また、近代圃場灌漑施設を導入した農家では、収益性の高い園芸作物の導入を促進するため、作付パターンの変化、特に園芸作物の増加も測定する。データ収集の方法は、水理構造物の改修・建設で述べたものと同じである。

水理構造物の改修・建設を伴わない近代圃場灌漑施設の設置も可能であるが、農地までの灌漑用水の安定化・増加はプロジェクトの効果を高めるため、ここでは両コンポーネントを実施した場合の指標を目標として設定する。

表 6.3.2 近代的な農地灌漑の指標（案）

<table>
<tr><th colspan="2">運用指標</th><th colspan="2">効果指標</th></tr>
<tr><td colspan="2">定義：
1.　近代圃場灌漑（MOI）が導入された面積</td><td colspan="2">定義：
1. 単位面積当たりの主要作物の収量（t/fed）
2. 作付けパターンにおける収益性の高い園芸作物の割合（耕作面積に占める割合）
3. 平均年間農業所得（LE/fed/year）</td></tr>
<tr><td colspan="2">データ収集の方法
1. MWRI の記録・文書</td><td colspan="2">データ収集の方法
1. プロジェクト地域の農業協同組合における記録
2. MALR 農業普局の記録
3. 受益農家への聞き取り調査</td></tr>
<tr><th>ベースライン（2022 年）</th><th>目標（完成後 3 年）</th><th>ベースライン（2022 年）</th><th>目標（完成後 3 年）</th></tr>
<tr><td>1.近代圃場灌漑が行われている地域はなし</td><td>1.近代圃場灌漑のある面積：11,386 fed</td><td>1. 単位収量：
Wheat：2.30 t/fed
Winter Onion：12.0 t/fed
Berseem：12.0 t/fed
Sugar beet：19.5 t/fed
Maize：2.0 t/fed
Sorghum：1.5 t/fed
Rice：3.5 t/fed
Summer Tomato：14.5 t/fed
2. 園芸作の割合：
<table><tr><th>作期</th><th>上エジプト</th><th>デルタ</th></tr><tr><td>冬作</td><td>19%</td><td>14%</td></tr><tr><td>夏作</td><td>24%</td><td>56%</td></tr><tr><td>ナイル</td><td>51%</td><td>41%</td></tr></table>3. 年平均農業所得：
上エジプト：26,663LE/fed
デルタ：30,743 LE/fed</td><td>1. 単位収量：
Wheat：2.78 t/fed
Winter Onion：16.80 t/fed
Berseem：14.52 t/fed
Sugar beet：26.72 t/fed
Maize：2.88 t/fed
Sorghum：2.16 t/fed
Rice：3.68 t/fed
Summer Tomato：20.30 t/fed
2. 園芸作の割合：
<table><tr><th>作期</th><th>上エジプト</th><th>デルタ</th></tr><tr><td>冬作</td><td>21%</td><td>17%</td></tr><tr><td>夏作</td><td>28%</td><td>62%</td></tr><tr><td>ナイル</td><td>59%</td><td>71%</td></tr></table>3. 年平均農業所得：
上エジプト：43,843 LE/fed
デルタ：50,415 LE/fed</td></tr>
<tr><td colspan="4">備考
近代圃場灌漑設備が、構造物の改修・建設、水路の改良が行われた上で導入されるものとする。</td></tr>
</table>

出典：JICA 調査団

第 7 章　環境社会配慮

7.1　事業コンポーネント

本事業は上流から末端に至るまでの灌漑システムの改善を図り、システム全体の灌漑効率を向上させることで有限な水資源の効率的な活用を推進することを目指している。右図に示すように、当地の灌漑システムは基幹水路から圃場レベルの水路まで、各レベルの水路により構成され、農地へと農業用水が送られる。本事業では、基幹レベルの水路、幹線・支線レベルの水路の改修を行うと共に、圃場レベルにおいて近代的圃場灌漑施設（ドリップ、スプリンクラー施設等）を導入し、灌漑システム全体の灌漑効率の向上を図る。

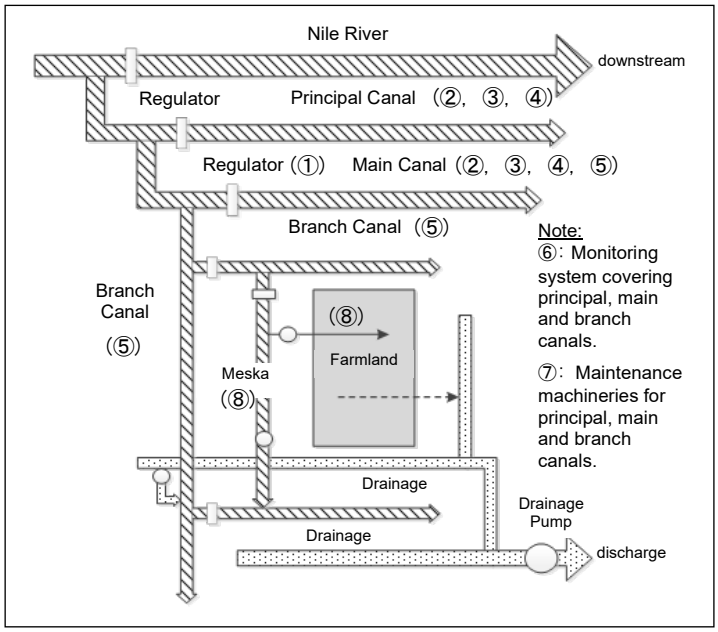


図 7.1.1　灌漑サブ地域における灌漑システムの模式図
出典：JICA 調査団
（備考: 括弧内の番号は表 7.1.1 の事業コンポーネント No.に対応）

本事業で提案される事業コンポーネントを図 7.1.1 に示す。事業コンポーネントはその性質により、大きく 3 つのカテゴリに仕分けられる。各カテゴリは、1）各レベルの灌漑水路における土木工事（事業コンポーネント：No.1、2、3、4 および 5 に対応）、2）MWRI の維持管理を支援するための機材調達・導入（事業コンポーネント：No.6 および 7 に対応）、3）圃場レベルでの近代的圃場灌漑施設の導入（事業コンポーネント：No.8 に対応）に分けられる。

1）については周辺環境に対しての工事による影響などが予見される。3）については、供用時における環境・社会面での影響が主要な影響として予見される。2）については、MWRI の維持管理を支援する機材の調達・導入を行うものであり、環境社会への大きな影響は予見されない。なお、本事業は、「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」（2010 年 4 月公布）に掲げる影響を及ぼしやすいセクター・特性および影響を受けやすい地域に該当せず、環境への望ましくない影響は重大でないと判断される。よって、JICA 環境社会配慮カテゴリ B に分類されている。また、不可分一体事業の性質を有するものには該当しない。

本事業では、3 つの優先地域を設定している。これらの優先地域では、上流の大規模水路（Bahr Yusef および Ibrahimia 基幹水路、Kased 幹線水路）の部分的な改修に加えて、幹線・支線レベルの小規模水路についても改修が行われる。加えて、優先地域では、圃場レベルでの近代的圃場灌漑施設の導入を図っていくことが予定されている（本事業の対象地域となる Bahr Yusef および Ibrahimia 基幹水路、Kased 幹線水路および 3 つの優先灌漑サブ地域の位置を P.7-3 の図 7.1.2 に示す）。

表 7.1.1　想定される事業コンポーネント

No.	Component *1	Contents	Q'ty	Location
1	Large Hydraulic Structure Construction (LHSC)	Construction of; 1) Kased Intake, 2) Mahlet Menouf Regulator, and 3) Sorad Regulator.	3 structures, covering 95,976 feddan (40,309 ha)	On Kased Main Canal

No.	Component *1	Contents	Q'ty	Location
2	Small Hydraulic Structure Construction (SHSC)	Construction of; 1) Beni Hedear Weir of Ibrahimia, 2) intakes of, e.g. Abo Seer, Omar Bek, Bahr El Kasheir, etc., 3) tail escapes, 4) culvert and aqueduct, etc.	38 structures, covering 127,187 feddan (53,418 ha)	On Bahr Yusef Principal Canal, On Ibrahimia Principal Canal, On Kased Main Canal, On Small canals of three priority irrigational sub-regions*2
3	Hydraulic Structure Rehabilitation (HSR)	Rehabilitation of Hydraulic Structures assessed as S2 including replacement of gates, gate appurtenant.	144 structures, covering 127,187 feddan (53,418 ha)	
4	Large Canal Rehabilitation (LCR)	Rehabilitation including canal sectioning and slope protection, and/or partial lining for large canals, e.g. Bahr Yusef and Ibrahimia Principal Canals and Kased Main Canal.	84.4 km	Bahr Yusef Principal Canal, Ibrahimia Principal Canal, Kased Main Canal
5	Branch Canal Rehabilitation and Lining (SCRL)	Rehabilitation including canal sectioning and concrete lining for the canals other than above, e.g. branch canals, small main canals. Note that concrete lining work is on-going covering around 20,000 km nationwide, so this component will be managed with the state budget.	268.6km	Small canals of three priority irrigational sub-regions*2
6	Water Management Improvement (WMI)	Procurement and installation of water management equipment, and development of visual on-time monitoring system. Note that the system concerning Bahr Yusef and Ibrahimia Command Areas are included in the Project for Construction of the New Dirout Group of Regulators, and therefore, the system here to be introduced in Kased Command Area.	1 lot	MWRI Office
7	Procurement of Maintenance Machineries (PMM)	Procurement of maintenance machineries specifically for the purpose of concrete lined canals, and also machineries required for urgent repairment. Note that periodic and ordinally maintenance works are out-soured to private companies.	1 lot	MWRI Office
8	Modern On-farm Irrigation (MOI) 8.1 Construction 8.2 Organizing & Trainings	8.1 Installment of modern on-farm irrigation system composed of sprinkler and drip facilities, including one-lifting pump stations and pipelines, together with the improvement of Meska by means of lining or installation of pipes. 8.2 Organizing of the farmers into WUAs, and trainings to the farmers who introduce modern on-farm irrigation	127,187 feddan (53,418 ha)	Priority irrigational sub-regions*2 (Note: only Meska improvement is applied for Aros & Abo Seer sub-regions)
9	Project Management (PM)	Procurement of vehicles and office equipment, trainings, monitoring of project progress and evaluation of the project, and dispute board		

*1: 各事業コンポーネントは、その性質により着色した以下のカテゴリに分けられる。
: 各レベルの灌漑水路における土木工事　: 機材の調達・導入
: 圃場レベルの近代灌漑施設導入（土木工事および機材導入）

*2: 優先灌漑サブ地域（Priority Irrigational Sub-region）として、以下の 3 つの地域が設定されている。
1) Aros & Abo Seer 灌漑サブ地域（Fayoum 県、Bahr Yusef 基幹水路系統により配水）
2) Abo Shosha 灌漑サブ地域（Beni Suef 県、Ibrahimia 基幹水路系統により配水）
3) Kased 灌漑サブ地域（Gharbia および Kafr El sheik 県、Kased 幹線水路系統により配水）

出典：JICA 調査団

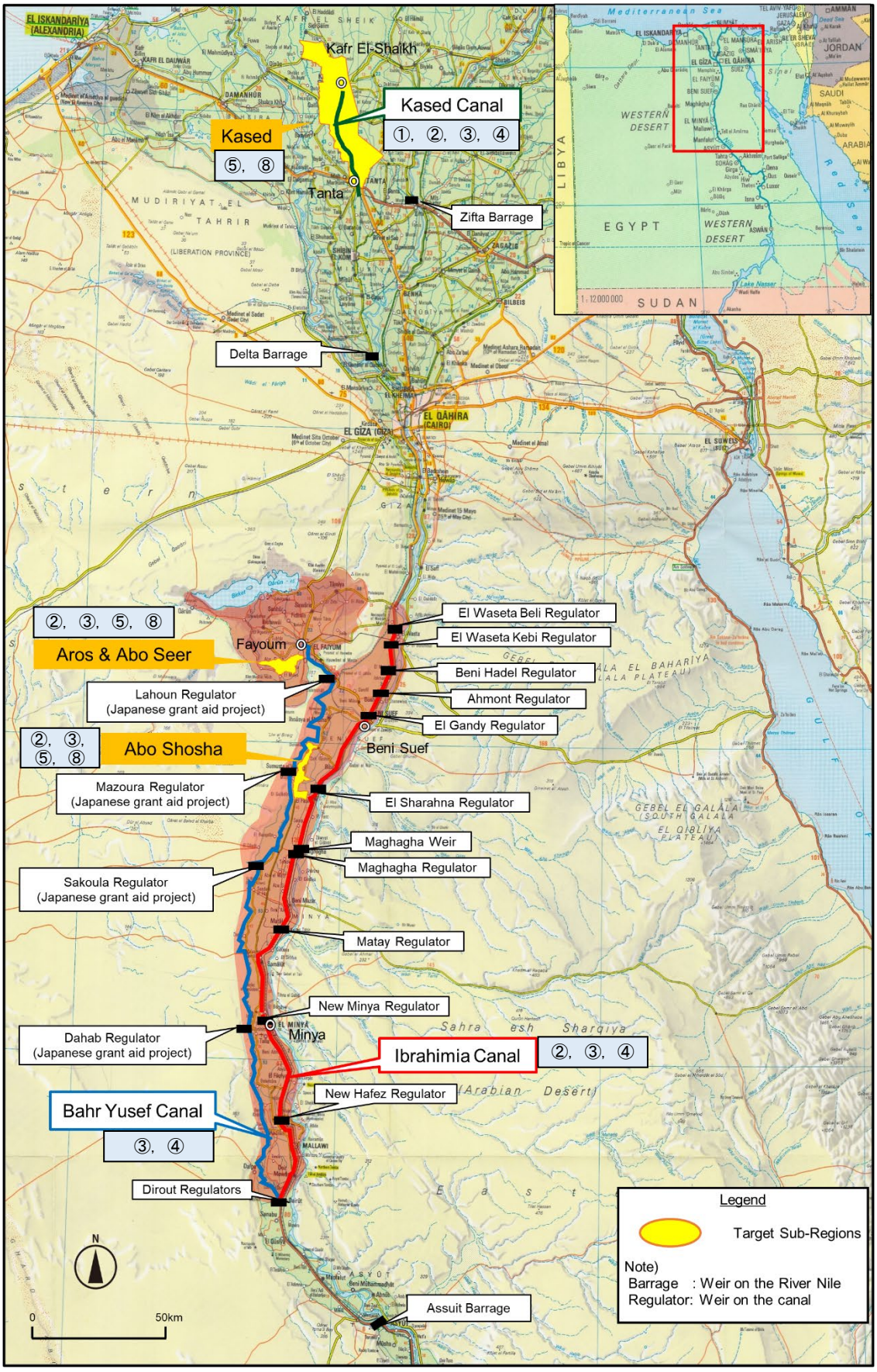


図 7.1.2 事業コンポーネントの位置（出典：JICA 調査団）

（備考：図内の番号は表 7.1.1 の事業コンポーネント No.に対応）

圃場レベルでの近代的圃場灌漑施設の導入（事業コンポーネント：No.8 に対応）は、今後一部を除くエジプトの全域で導入することが政府決定されている。本事業では、Fayoum の Aros & Abo Seer を除く二つの優先地域の全域に導入を図る計画である。二つの優先地域の対象農地面積は、Abo Shosha: 17,881 feddan（7,510 ha）、Kased: 95,976 feddan（40,309 ha）である。他方、Aros & Abo Seer 優先地域については、近代圃場灌漑施設の導入は行わないものの Meska の改良を施す計画である。Aros & Abo Seer の対象農地面積は 13,330 feddan（5,599 ha）である。

本事業による近代的圃場灌漑施設の導入では、灌漑システムの最末端水路である Meska 掛かりを対象としてシステムを導入する。最大で 30 feddan（12.6 ha）程度の農地につき一組の近代的圃場灌漑施設を導入する。一組の近代的圃場灌漑施設は、複数の農家の農地をカバーする施設となるため、グループ単位で導入を図ることとなる。グループは WUA（水管理組合）として組織化され、WUA が近代的圃場灌漑施設の運用と管理を行う形となる（図 7.1.3 近代的圃場灌漑施設に伴う WUA 設置のイメージ図参照）。用地取得・住民移転については発生しない。

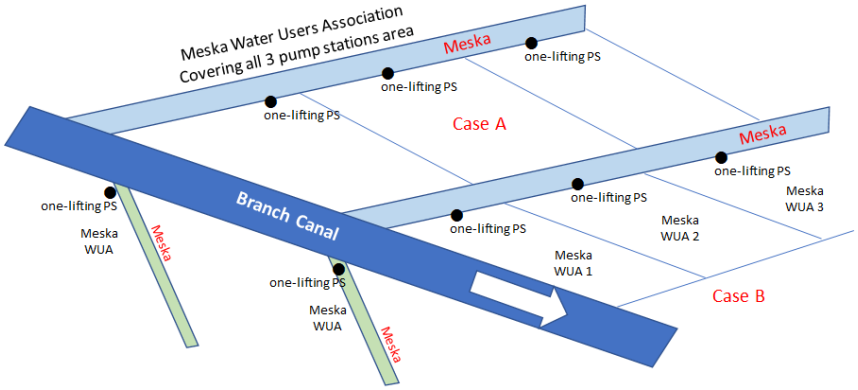


図 7.1.3 近代的圃場灌漑施設に伴う WUA 設置のイメージ図
出典：JICA 調査団

近代的圃場灌漑施設は、ポンプを含む管路システムおよび散水器具（スプリンクラー、ドリップ等）により構成される。また、近代的圃場灌漑施設の揚水元である Meska についてもライニングや管路への置き換え等の土木的な改善を施す。改善を行う Meska は既存の Meska 水路の範囲内での改善工事となる（近代的圃場灌漑施設の標準例は右図 7.1.4 を参照）。

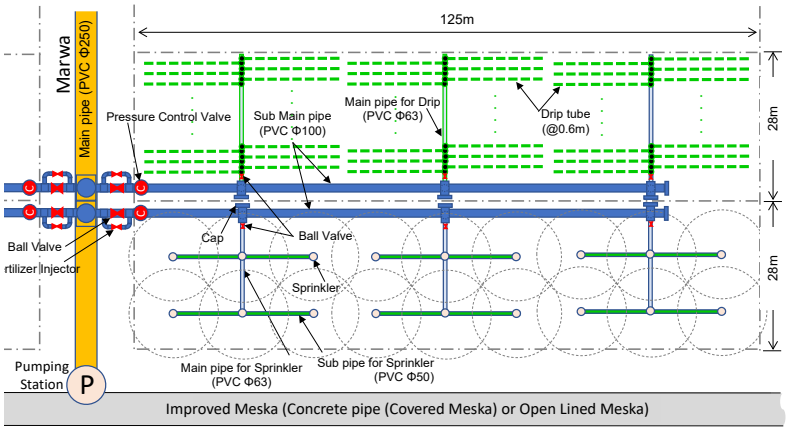


図 7.1.4 近代圃場灌漑施設の標準図
出典：JICA 調査団

ポンプ施設の用地は、Meska からの揚水を目的として従来より使用されている Sakia（揚水用水車）の設置用地を使用する（農民の共有地である）。また、ポンプから先の管路については、従来より Marwa（圃場内小水路）として使用されている用地を使用する。したがって、Meska 改善および近代的圃場灌漑施設設置の双方において既存用地の範囲内での工事となる。

7.2　環境社会配慮にかかる法制度・組織

7.2.1　環境社会配慮にかかるエジプトの法制度・組織

1）組織

エジプトの環境行政において中心的な役割を果たす機関は、環境政策立案等を担う環境省（Ministry of Environment）およびその下部機関であるエジプト環境庁（EEAA: Egyptian Environmental Affairs Agency）である。エジプト国内の新規事業の環境影響評価（EIA）にかかる審査および事業承認は、EEAA が担当している。

EEAA の組織図を図 7.2.1 に示す。EEAA の CEO-Deputy Chairman の下には 5 つのセクターがあり、この内の Environmental Management Sector の下部である EIA Central Department が EIA 審査の担当部署である。

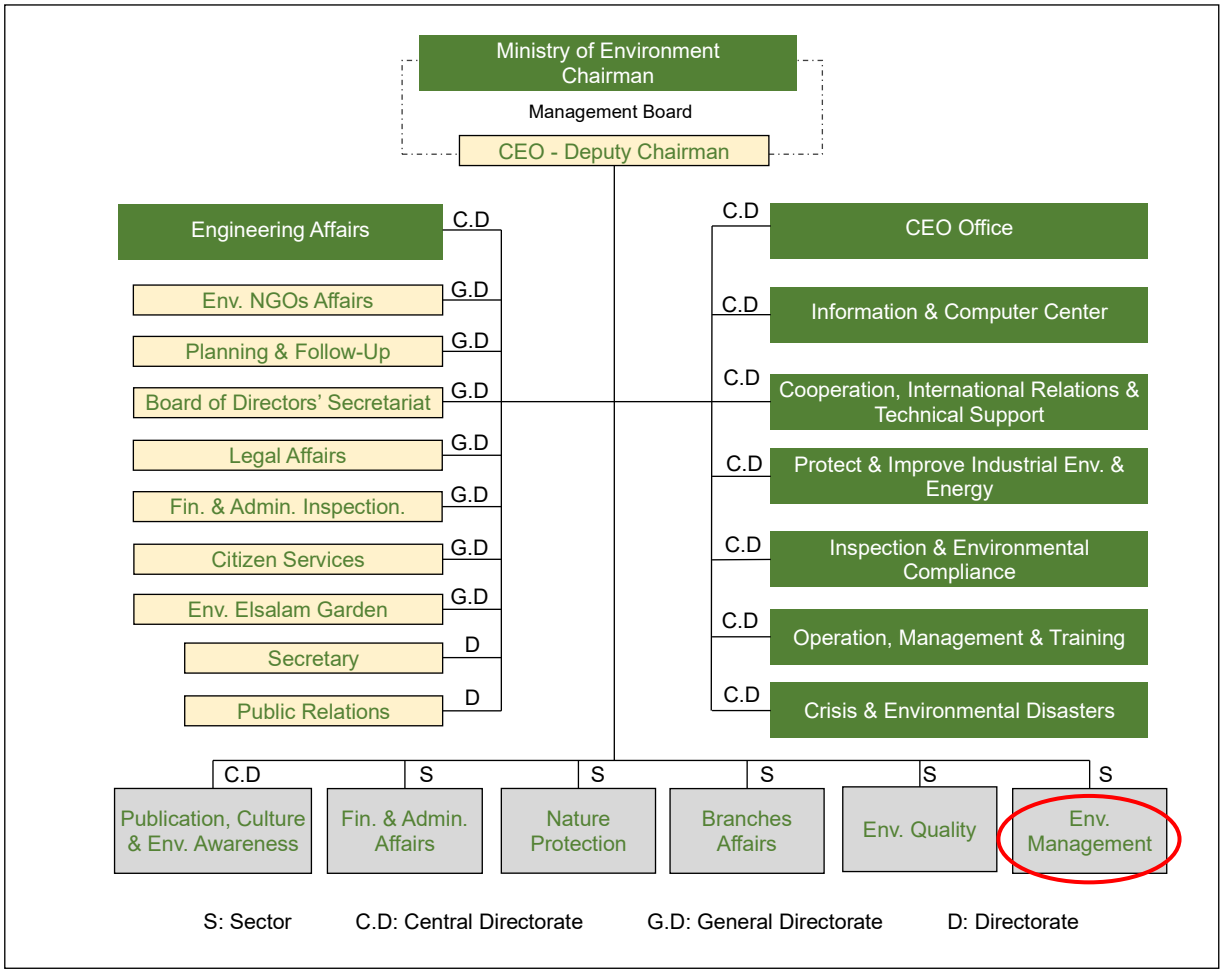


図 7.2.1　EEAA の組織図
出典：EEAA web site

2）環境法および EIA 制度

エジプトの環境にかかる基本法は、環境法（法律 No.4/1994）である。環境法において、事業実施者に対する環境影響評価の必要性および EEAA による審査・承認の権限を定めている。エジプトの EIA 制度は、EIA ガイドライン（第 2 版、2009 年）により手続きが定められている。事業はその性質によりカテゴリ A から C の 3 段階に区分され、求められる要件および様式が異なる。

表 7.2.1 にカテゴリ分類の定義を示す。

表 7.2.1 エジプトの EIA 制度による環境カテゴリの定義

Category A :	Projects that are expected to have minimal environmental impacts. Form A must be submitted as an application form for environmental review.
Category B :	Projects that are not expected to have a major impact, but are expected to have some environmental impact. Form B must be submitted as an application for environmental review.
Category C:	Projects that are expected to have significant environmental impacts. A full-scale EIA study and report must be submitted.

出典：Edited by JICA Survey Team based on the Guidelines of Principles and Procedures for Environmental Impact Assessment 2nd edition, 2009

EIA ガイドラインで示されているカテゴリ分類リストを表 7.2.2 に示す。本事業は中規模または大規模の灌漑事業であり、カテゴリ B または C が適用されると想定される。最終的には、EEAA により事業のカテゴリ分類が決定される（図 7.2.2 の決定フローを参照）。したがって、事業実施者である MWRI より EEAA に対してプロジェクト情報が共有され、EEAA によるカテゴリ分類の決定を受ける必要がある。このタイミングについては、DFR による事業協議を経た後、MWRI により事業に対する意思決定がなされたタイミングにおいて、MWRI と EEAA との協議が実施される事が想定される。

表 7.2.2 エジプトの EIA 制度による環境カテゴリ分類リスト（農地開拓事業、灌漑・排水事業）

Classification	Nature of the projects
Category A	• Land reclamation projects between 100 and 400 feddan
Category B	• Land reclamation project between 400 and 2,000 feddan • Medium scale irrigation and drainage project
Category C	• Land reclamation project more than 2,000 feddan • Construction of waterways • Large scale irrigation and drainage project, dams and barrages

出典：Guidelines of Principles and Procedures for Environmental Impact Assessment 2nd edition, 2009 に基づき JICA 調査団作成

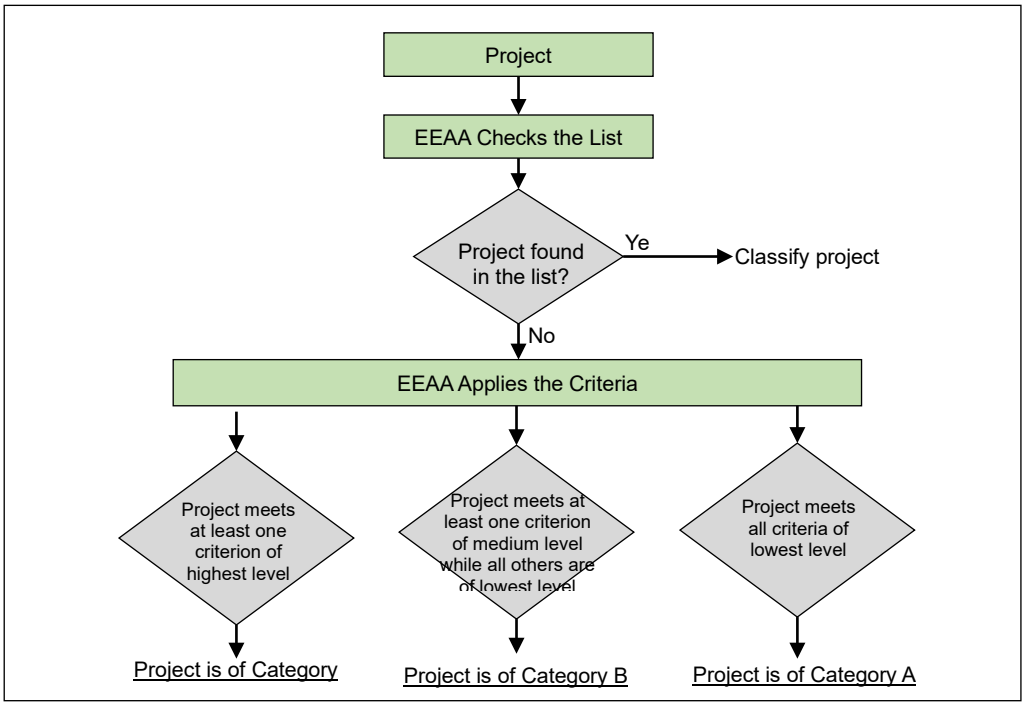


図 7.2.2 エジプトにおける環境カテゴリ分類の決定フロー

出典：Guidelines of Principles and Procedures for Environmental Impact Assessment 2nd edition, 2009

EIA 審査手続きの要旨は、以下のとおりである。

1) 事業実施者となる MWRI が EEAA とカテゴリ分類について確認し、EEAA よりカテゴリ分類の決定を受ける。

2) MWRI はカテゴリ分類に沿った EIA 書類を EEAA へ提出する。
カテゴリ A の場合：申請書フォーム A
カテゴリ B の場合：申請書フォーム B
カテゴリ C の場合：EIA 調査報告書（フルスケールの EIA 調査の実施が必要）

3) EEAA は EIA 書類を審査し、承認・不承認、提言、追加の情報の必要性等に対する決定を行う。提出された EIA 書類およびその審査結果は、EEAA により登録される。

4) カテゴリ A～C のいずれにおいても、上記の EIA 書類の提出後、審査結果は書類受領後 30 日以内に書面にて通知され、事業の承認が決定される。

カテゴリ C プロジェクトの場合、EIA 調査報告書に記載されるべき内容は表 7.2.3 に示す通りである。EIA 調査報告書は、環境コンサルタント（または環境コンサルタント会社）により作成される必要がある。カテゴリ C の場合、調査コンサルタントの調達、調査実施、報告書作成・提出まで、5 ヶ月程度が想定される。したがい、審査期間を考慮すると、調査開始から承認決定まで約 6 ヶ月間の期間が見込まれる。なお、MWRI の過去の類似事業では、MWRI の関連部局である NWRC（National Water Research Institute）により、EIA 調査および報告書取り纏めが行われており、本事業の EIA 関連調査においても同部局が候補先として想定される。

表 7.2.3 エジプト EIA 制度による EIA 調査報告書の構成（カテゴリ C の場合）

Contents of EIA Study Report	
1) Executive Summary	7) Environmental Management Plan
2) Project Description	- Summary of Impacts
3) Law and Regulations	- Description of Mitigation Measures
4) Baseline Description	- Description of Monitoring Program
5) Assessment of Impacts	- Institutional Arrangements
6) Alternative Analysis	8) Public Consultation

出典：Guidelines of Principles and Procedures for Environmental Impact Assessment 2nd edition, 2009 に基づき、JICA 調査団作成

3）保護区にかかる許認可

自然保護法（法律 No. 102/1983）では、国が指定した自然保護区内において環境破壊・悪化につながる開発行為を禁止している。同地区内では、道路工事等の建設工事および営農や商業などの経済活動について禁止されている。また、同地区近隣では、環境に影響を及ぼすと目される活動について、環境庁の許可がある場合を除いて禁止とされている。

4）廃棄物にかかる許認可

事業の建設工事における既設構造物撤去および建設資材の廃棄については、廃棄物管理法（法律 No.202/2020）を遵守する必要がある。廃棄物管理法では、建設工事により発生する廃材の処分について、ライセンスを有する業者により処分が行われる必要があること、指定された処分場において処分する必要があることを規定している。

5）埋蔵文化財にかかる許認可

古物保護法（法律 No.117/2020）では、歴史的なモニュメントまたは古代建築物が立地してい

る地域および近接した地域における建設工事を制限している。歴史的なモニュメントまたは古代建築物が立地している地域では建設工事を行う事を禁止されており、近接地域については文化省（Ministry of Culture）の認可が必要である。また、建設工事中に埋蔵文化財が発見された場合、同省への速やかな届出が必要である。

6) 住民移転・用地取得にかかる法制度

エジプトにおける土地収用および住民移転にかかる手続きは、公共目的による不動産収用法（Law No. 10/1990 on expropriation of real estate for public benefit and improvement）において規定されている。公共目的による不動産収用法は、公共事業における土地収用とその手続きを示したもので、概要を表 7.2.4 に示す。JICA ガイドラインとのギャップ分析については、7.2.4 項において後述する。

表 7.2.4 公共目的による不動産収用法（Law No.10）

Purpose of expropriation to be applied in the Law	The law is limited to public purpose and applies only to private real estate including lands and its appurtenances.
Decision of Expropriation	The decision that a project falls under the category of public purpose is determined by presidential decree.
Publication	A copy of the presidential decree stating the project is public purpose and the relating documents (such as project outline and maps of the required properties) are published in the Official Gazette. These documents are put on the signboard at the local administrative offices, police stations, and courts.
Right to entry and investigation	The implementing organization of the expropriation has the right to conduct a field survey including land survey of the designated land. Prior to the field survey, owners of the asset, who are called the Project Affected Persons (PAPs), are notified about the schedule of the survey by the registered mail.
Appraisal and evaluation of the assets	The appraisal and evaluation of assets (property and land) are conducted by a committee consisting of representatives of the implementing organization of the expropriation, representatives of the local administrative office where the project is implemented, and the chief of treasurer. The PAP should be present at the appraisal and evaluation of the above committee. After completion of the appraisal, both the committee and PAP sign to the appraisal report.
Costing of the compensation budget	The amount of compensation is determined by the Compensation Committee. Basically, the amount of compensation is calculated based on the market price at the time of the decision of expropriation.
Notice of the compensation amount	The calculation report of compensation amount with necessary information (land area, property, names and addresses of owners) shall be post at (1) the official gazette and two major newspapers in the area, (2) the office of the implementation organization of the expropriation, and (3) the local administrative office. Notification to the PAP shall be made by registered mail 15 days prior to the public announcement and the PAP is requested to evacuate the property within 5 months in same registered mail.
Right of objection by PAPs	The PAP has a right to file a written objection within 30 days from the date of public notice. And, PAP has a right to appeal to the court within 60 days from the date of public notice if the PAP is dissatisfied with the response to the objection.
Completion of expropriation	If no objection or appeal is filed within the period, the case is finalized.

出典：Law No. 10/1990 on expropriation of real estate for public benefit and improvement

7) 労働法

エジプトでは労働法（法律 No. 12/2003）が定められている。建設工事にかかる労働者の雇用や管理において、同法を遵守する必要がある。

8) 批准する国際協定

エジプトが批准している主な環境社会配慮にかかる国際協定・条約は、表 7.2.5 のとおりである。表 7.2.5 に示すものの内、気候変動にかかる条約、湿地の保全にかかるラムサール条約等が、本事業と関連する。

表 7.2.5 エジプトが批准する主な環境社会配慮にかかる国際協定・条約

Category	Name of Convention	Year of Ratification/ Signature
Climate Change	United Nations Framework Convention on Climate Change	1992
	Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change	1999
	Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer	1985
	Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer	1994
	Paris Agreement	2016
Hazourdous Substances and Wastes	Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal	1993
	Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants	2002
Nature Conservation	Convention on Biological Diversity	1992
	Ramsar Convention: Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat	1988

出典：EEAA Web site に基づき JICA 調査団作成

7.2.2 エジプトの環境基準

1) 大気質

大気質にかかるエジプトの環境基準を表 7.2.6 に示す。本事業では、工事期間中の重機や工事車両の運用等に関連するため、工事期間のモニタリング計画に基準値を参照する。

表 7.2.6 大気質汚染にかかるエジプト環境基準

Pollutants	Averaging time	Standard value (μg/m^3)	
		Egypt	IFC Guideline*1 (Reference)
Sulfur dioxide (SO_2)	Hour： 24 hours： Year:	350 150 60	500 (10 min) 20 -
Nitrogen dioxide (NO_2)	Hour： 24 hours： Year:	400 150 60	200 - 40
Ozone (Ox)	Hour： 8 hours：	200 120	- 100
Suspended particles matter (SPM)	24 hours： Year：	230 90	- -
Particle matter less than 10 μm (PM10)	24 hours： Year：	150 70	50 20
Black Smoke (BS)	24 hours： Year：	150 60	- -
Lead (Pb)	Year：	1	-

*1: IFC (International Finance Corporation)
出典：Executive Regulation, Law No. 4/1994 Environmental Protection Law

2) 騒音・振動

騒音にかかるエジプトの環境基準を表 7.2.7 に示す。本事業では、特に夜間の工事をする場合において、周辺地域への騒音・振動への影響を与えないよう留意する必要がある。灌漑水路の一部は市街地または農村地を通過するため、表 7.2.7 の“Residential suburbs with little traffic”または“Residential areas in the city”が該当するエリアとなる。これらの基準値を工事期間中のモニタリング計画に参照する。

表 7.2.7 騒音にかかるエジプト環境基準

Area	Standard value (dB)			
	Egypt		IFC Guideline*1 (Reference)	
	Daytime (7:00-22:00)	Nighttime (22:00-7:00)	Daytime (7:00-22:00)	Nighttime (22:00-7:00)
Residential areas located on roads less than 12m and by some of the workshop	65	55	55	45
Residential Areas located on roads less than 12m width and by	70	60		

Area	Standard value (dB)			
	Egypt		IFC Guideline*1 (Reference)	
	Daytime (7:00-22:00)	Nighttime (22:00-7:00)	Daytime (7:00-22:00)	Nighttime (22:00-7:00)
some of the workshop				
Industrial areas with light industries	70	60	70	70
Industrial areas with heavy industries	70	70		

*1: IFC (International Finance Corporation)
出典：Executive Regulation, Law No. 4/1994 Environmental Protection Law, as amended by Law No.9/2009

なお、エジプトの環境基準では建設工事中の振動基準は指定されていない。従って、日本の基準を参考し、工事期間中のモニタリング計画に参照する。

表 7.2.8　建設作業時の振動基準

Type of Construction Works	Standard value (dB)	
	Egypt	Japanese Law (Reference)
Piling works, crushing works, excavation works, demolition works, etc.	-	75

出典：Vibration regulation law in Japan

3) 水質

公共水域への排水にかかるエジプトの環境基準は、ナイル川および水路等の汚染に対する保護法（法律 No. 48,法令 402/2009 により改訂）により定められている。ナイル川および水路への排水にかかる水質基準は表 7.2.8 のとおりである。本事業では、水路内のライニング工事や水理構造物の改修等が予定されおり、工事排水に留意する必要がある。pH、油分、SS などの関連する水質項目について本基準値をモニタリング計画に参照する。

表 7.2.9　排水水質にかかるエジプト環境基準

Parameters	Unit	Standard value	
		Egypt	Japanese Law*1 (Reference)
pH	-	6 - 9	5.8 - 8.6
Chemical Oxygen Demand (COD)*2	mg/l	80	120
Oils and Greases	mg/l	10	30
Total Suspended Solid (TSS)	mg/l	50	120
Sulphides (as H_2S)	mg/l	1	-
Cyanide	mg/l	None	1
Phosphate	mg/l	2	8
Total Nitrogen (T-N)	mg/l	10	60
Phenol	mg/l	None	5
Insecticides	mg/l	None	1 (as organic phosphate pesticides)
Mercury	mg/l	0.001	None
Lead	mg/l	0.001	0.1
Cadmium	mg/l	0.003	0.03
Arsenic	mg/l	0.01	0.1
Chrome	mg/l	0.01	0.5
Copper	mg/l	1	3
Nickel	mg/l	0.02	-
Zinc	mg/l	1	2
Portable enumeration for the colonic group	Per 100 cm^3	5,000	3,000

*1: Water pollution prevention law in Japan, *2: Measurement by potassium dichromate method
出典: Article 66 Discharge into Non-Potable Surface, Decree No. 402.2009, Amending the Executive Regulation of Law No. 48/1982, Regarding the Protection of the Nile River and Waterways against Pollution

4) 廃棄物

廃棄物管理法（法律 No.202/2020）では、危険廃棄物（Hazardous Waste）と非危険廃棄物

（Non-Hazardous Waste）に分けて、管理方法が明記されている。農業で使用される農薬の処分は危険廃棄物、稲わらや家畜の糞等の農業残渣の処分は非危険廃棄物として管理・処分される必要がある。廃棄が必要な農薬については、ライセンスを所有する専門業者により処分が行われる必要がある。農業残渣については、コンポスト利用などの再利用を行う方針としており、野焼きによる処分を禁止している。

EEAA は、廃棄物の適正管理にかかる課題を近年の重要課題の一つとして取り扱っており、稲わらのリサイクル方法等の農業残渣の有効活用にかかる教材（例：Agricultural Waste Recycle Guide[1]）を作成し、住民への啓発に努めている。後述する MWRI による農家向けの技術研修（近代的圃場灌漑施設の展示圃場における研修）において、これらの情報を参照する。

5）農薬管理

エジプト国内で流通する農薬の登録・許認可を管轄している MALR（農業土地開拓省）の APC（Agricultural Pesticide Committee）は、農家向けの技術指南書として Technical Recommendations for Agricultural Pest Control（2020 年）[2]を発行して、普及に努めている。農薬使用にかかる技術情報を提供しており、その中で作物別の病害虫の種類、適切な農薬の種類・使用量、安全な使用・保管等を提示している。更に、生物的防除（天敵の利用等）、物理的防除（忌避資材の使用等）などの多様な手法を組み合わせた病害虫の防除方法を提供している。後述する MWRI による農家向けの技術研修（近代的圃場灌漑施設の展示圃場における研修）において、これらの情報を参照する。

7.2.3 ギャップ分析

JICA 環境社会配慮ガイドラインとエジプトの法制度とのギャップ分析結果を表 7.2.10 に示す。影響評価項目の一部およびモニタリングにかかる事項にギャップが見られるものの、JICA ガイドラインとエジプトにおける法制度に大きなギャップはない。

他方、住民移転および用地取得にかかる JICA ガイドラインとエジプトにおける法制度にはギャップが見られる（表 7.2.11 参照）。なお、本事業による住民移転および用地取得の必要性は確認されてない。

表 7.2.10 JICA 環境社会配慮ガイドラインとエジプトの環境社会配慮にかかる法制度のギャップ分析結果

Items	JICA Environment and Social Consideration Guideline	Egyptian Laws / Regulations	GAPs	Policy for filling GAPs
Principles	Environmental impacts that may be caused by projects must be assessed and examined in the earliest possible planning stage. Alternatives or mitigation measures to avoid or minimize adverse impacts must be examined and incorporated into the project plan (Appendix 1, the JICA Guidelines).	In the EIA Guideline (2nd edition, 2009), it is stated that environmental and social impacts of the project, alternatives, and mitigation measures, etc. must be assessed and examined in the project planning stage.	-	-
Information disclosure	EIA Reports must be written in the official language or in a language widely used in the country in which the project is to be implemented. When explaining projects to local residents, written materials must be provided in a language and form understandable to them.	The EIA Guideline specifies that the EIA report should be written in the official languages. It also states that the EIA report should be made available to the local communities affected by the project, and a summary of the	-	-

[1] Agricultural Waster Recycle Guide, EEAA (https://www.eeaa.gov.eg/MediaCenter/81/sub/159/index)

[2] http://www.apc.gov.eg/Files/Releases/Recom.20-English.pdf

Items	JICA Environment and Social Consideration Guideline	Egyptian Laws / Regulations	GAPs	Policy for filling GAPs
	EIA Reports are required to be made available to the local residents of the country in which the project is to be implemented. The EIA Reports are required to be available at all times for perusal by project stakeholders such as local residents and copying must be permitted. (Section 2.1and the 3rd item of Appendix 2, JICA Guidelines)	EIA report should be disclosed on the website of the EEAA as the policy.		
Public consultation	For projects with a potentially large environmental impact, sufficient consultations with local stakeholders, such as local residents, must be conducted via disclosure of information at an early stage, at which time alternatives for project plans may be examined. In preparing EIA reports, consultations with stakeholders, such as local residents, must take place after sufficient information has been disclosed. Records of such consultations must be prepared. Consultations with relevant stakeholders, such as local residents, should take place if necessary throughout the preparation and implementation stages of a project. Holding consultations is highly desirable, especially when the items to be considered in the EIA are being selected, and when the draft report is being prepared. (Section 2.4 and Appendix-2, the JICA Guidelines)	The EIA Guideline states that consultations with local communities and other stakeholders should be conducted from the project planning stage through public consultations, and the records of the consultations should be included in the EIA report.	-	-
Impacts to be Assessed	The impacts to be assessed with regard to environmental and social considerations include impacts on human health and safety, as well as on the natural environment, that are transmitted through air, water, soil, waste, accidents, water usage, climate change, ecosystems, fauna and flora, including trans-boundary or global scale impacts. These also include social impacts, namely, migration of population and involuntary resettlement, local economy such as employment and livelihood, utilization of land and local resources, social institutions such as social capital and local decision-making institutions, existing social infrastructures and services, vulnerable social groups such as poor and indigenous peoples, equality of benefits and losses and equality in the development process, gender, children's rights, cultural heritage, local conflicts of interest, infectious diseases such as HIV/AIDS, and working conditions including occupational safety. In addition to the direct and immediate impacts of projects, their derivative, secondary, and cumulative impacts as well as the impacts of projects that are indivisible from the project are also to be examined and assessed to a reasonable extent. It is also desirable that the impacts that can occur at any time throughout the project cycle should be considered throughout the life cycle of the project. (Section 2.3, the JICA Guidelines)	The EIA Guideline states that the impacts on the physical environment (water, air, soil, noise, etc.), biological environment (ecosystems, vegetation, etc.), and social environment (livelihoods, impacts of involuntary resettlement and land acquisition, etc.) need to be assessed. It also states that it is necessary to consider the impacts over the life cycle of the project, including impacts during construction and operation. However, the impacts associated with indivisible projects are not the scope to be assessed.	The impacts associated with indivisible projects to be assessed.	Include the impacts associated with indivisible projects to be assessed.
Monitoring, Grievance	Project proponents etc. should make efforts to make the results of the monitoring	The EIA Guideline specifies that relevant materials should be	Availability of the results of	Disclosure of the results of

Items	JICA Environment and Social Consideration Guideline	Egyptian Laws / Regulations	GAPs	Policy for filling GAPs
Handling and so on	process available to local project stakeholders. When third parties point out, in concrete terms, that environmental and social considerations are not being fully undertaken, forums for discussion and examination of countermeasures are established based on sufficient information disclosure, including stakeholders' participation in relevant projects. Project proponents etc. should make efforts to reach an agreement on procedures to be adopted with a view to resolving problems. (Section 8.3 and 8.4, JICA Guidelines)	made available in a timely manner and the consultations should be conducted between project implementer and local stakeholders, local NGOs in the community. However, it is not clearly noted whether the results of the monitoring process are included in the scope of relevant materials mentioned above.	the monitoring process to the local stakeholders, NGOs.	the monitoring process to the local stakeholders, NGOs, as necessary.
Ecosystem and Biota	Projects must not involve significant conversion or significant degradation of critical natural habitats and critical forests. (Section 6.1, the JICA Guidelines)	The EIA Guideline specifies that impacts on ecosystem and biota should be assessed in the scope of biological environment indicated in the EIA Guidelines.	-	-
Indigenous People	Any adverse impacts that a project may have on indigenous peoples are to be avoided when feasible by exploring all viable alternatives. When, after such an examination, avoidance is proved unfeasible, effective measures must be taken to minimize impacts and to compensate indigenous peoples for their losses. (Section 8, the JICA Guidelines)	No laws/regulations are confirmed in Egypt	Consideration to Indigenous people	Consideration will be given for indigenous people based on JICA Guideline

出典：JICA 調査団

表 7.2.11 住民移転および用地取得にかかる JICA ガイドラインとエジプト法制度とのギャップ分析結果

No.	JICA Environment and Social Consideration Guideline	Egyptian Laws / Regulations	GAPs	Policy for filling GAPs
1.	Involuntary resettlement and loss of means of livelihood are to be avoided when feasible by exploring all viable alternatives. (JICA GL)	The Constitution guarantees the protection of private property and the right to inherit property. The constitution also guarantees that the right of ownership of property shall not be confiscated excepted for the public interest and with giving prior compensation.	Examination of the avoidance or the minimization of the impacts.	Examination of the avoidance or the minimization of the impacts.
2.	When after such examination, avoidance is proved unfeasible, population displacement is unavoidable, effective measures to minimize impact and to compensate for losses must be agreed upon with the people who will be affected. (JICA GL)			
3.	People who must be resettled involuntarily and people whose means of livelihood will be hindered or lost must be sufficiently compensated and supported, so that they can improve or at least restore their standard of living, income opportunities and production levels to pre-project levels. (JICA GL)	Compensation for the acquisition of individual property and real estate is provided in the regulation, but the necessity of the assistance for restoring livelihoods is not required.	Necessity of the livelihood restoring support.	Implementation of the livelihood restoring support.
4.	Compensation must be based on the full replacement cost as much as possible. (JICA GL)(Cost of any registration and transfer taxes shall be included in compensation.)	Evaluation of the compensation amount is determined by the evaluation committee based on the market price at the time of the decision of the resettlement or the land acquisition.	It is unclear in Egyptian law that compensation amount must include taxes and fees, or not.	Compensation based on the full replacement cost.
5.	Compensation and other kinds of assistance must be provided prior to displacement. (JICA GL)	Compensation must be done prior to displacement.	-	-
6.	For projects that entail large-scale involuntary resettlement, resettlement action plans must be prepared and made	There is no provision for the preparation and disclosure of resettlement action plans.	Preparation and disclosure of the resettlement action	Preparation and disclosure of the resettlement action

No.	JICA Environment and Social Consideration Guideline	Egyptian Laws / Regulations	GAPs	Policy for filling GAPs
	available to the public. (JICA GL)		plans.	plans
7.	In preparing a resettlement action plan, consultations must be held with the affected people and their communities based on sufficient information made available to them in advance. (JICA GL) When consultations are held, explanations must be given in a form, manner, and language that are understandable to the affected people. (JICA GL)	Affected persons (PAPs) are notified individually in advance, while there is no provision for prior consultation with the community. And the way of consultations such as, form, manner, and languages are not specified.	- Prior consultation and information disclosure with PAPs and community. - Implementation of the consultations with the explanations in a form, manner and languages that are understandable to the affected people.	Implementation of the public meetings in the planning and monitoring stages. And public meetings shall be made by Arabic languages which is understandable by the local people.
8.	Appropriate participation of affected people must be promoted in planning, implementation, and monitoring of resettlement action plans. (JICA GL)	Not specified.	Appropriate participation of PAPs and community	Implementation of the public meeting in the planning, implementation and monitoring stage
9.	Appropriate and accessible grievance mechanisms must be established for the affected people and their communities. (JICA GL)	Appeals against relocation can be made by PAPs to the commission within one (1) month of public notice, while appeals against the amount of compensation can be acceptable within four (4) months of public notice.	Unclear process of grievance handling mechanism.	Establishment of grievance handling mechanism.
10.	Affected people are to be identified and recorded as early as possible in order to establish their eligibility through an initial baseline survey (including population census that serves as an eligibility cut-off date, asset inventory, and socio-economic survey), preferably at the project identification stage, to prevent a subsequent influx of encroachers of others who wish to take advance of such benefits. (WB OP4.12 Para.6)	After the declaration of expropriation of land by public works, a census survey is conducted by the committee. After this survey, no alteration action is allowed to seek the benefit of compensation. On the other hand, there is no clear provision for setting a cut-off date.	Setting of cut-off date	Setting of cut-off date
11.	Eligibility of benefits includes, the PAPs who have formal legal rights to land (including customary and traditional land rights recognized under law), the PAPs who don't have formal legal rights to land at the time of census but have a claim to such land or assets and the PAPs who have no recognizable legal right to the land they are occupying. (WB OP4.12 Para.15)	Eligible persons of the compensation are those who have formal legal right to the land. Illegal occupants are not covered as the eligible persons of compensation.	Eligibility of the compensation for illegal occupants of the land	Illegal occupants are considered in the scope of eligible persons. However, compensation must not be considered for the land.
12.	Preference should be given to land-based resettlement strategies for displaced persons whose livelihoods are land-based. (WB OP4.12 Para.11)	Not specified.	Prioritization of land-based resettlement strategy	Examination of the compensation option by providing alternative lands
13.	Provide support for the transition period (between displacement and livelihood restoration). (WB OP4.12 Para.6)	Not specified.	Providing support for the transition period	Providing support for the transition period
14.	Particular attention must be paid to the needs of the vulnerable groups among those displaced, especially those below the poverty line, landless, elderly, women and children, ethnic minorities etc. (WB OP4.12 Para.8)	Not specified.	Particular attention to the vulnerable groups	Particular attention to the vulnerable groups
15.	For projects that entail land acquisition or involuntary resettlement of fewer than 200 people, abbreviated resettlement plan is to be prepared. (WB OP4.12 Para.25)	Not specified.	Preparation of abbreviated resettlement plan	Preparation of abbreviated resettlement plan

出典：JICA 調査団

7.3 環境社会影響評価

7.3.1 ベースとなる環境社会の現状

1) 自然環境

事業対象地域の地勢、気象、地形、水文・水質等の現状については、“3.1.1 地理的位置づけ”、“3.1.3 気象：気温、雨量および湿度”、“3.1.4 水文・灌漑水量”を参照。また、農地の土壌特性や耕地面積、栽培状況等については、“3.2 対象地域における農業および農業普及”および“3.7 衛星画像解析による作付面積の経時変化”を参照。自然保護・生態系にかかるベースとなる環境について、以下に詳述する。

1.1) 保護区

- **国指定の自然保護区**

エジプトの国指定の自然保護区のリストは表 7.3.1 のとおりである。エジプト全土で 30 地域が国の自然保護区に指定されている。Aros & Abo Seer 優先地域が所在する上エジプトの Fayoum では、No.9 の Lake Qarun Protectorate（以下、Qarun 湖）、また No.10 の Wadi El Rayan Protectorate（以下、Rayan 湖）が保護区に指定されている。Beni Suef では、No. 15 の Sannur Cave Protectorate が保護区に指定されているが、ナイル川より 40km 以上離れた東部砂漠に位置しており事業地とは関係しない。中央デルタには指定されている保護区は存在しない。

Qarun 湖の保護境界と最も近い事業地は、Bahr Yusef 基幹水路であり、その端部から約 18km 離れている。また、Rayan 湖の保護境界と最も近い事業地は Aros & Abo Seer 優先地域であり、その端部から約 10 km 離れている。（事業地とそれぞれの位置については、後述する図 7.3.4 を参照）。

表 7.3.1 エジプトにおける国指定の自然保護区のリスト（位置は下図参照）

No.	Name	Area (km^2)	Governorate	No.	Name	Area (km^2)	Governorate
1	Ras Mohamed National Park	850	South Sinai	16	Nabq Protectorate	600	South Sinai
2	Zaranik Protectorate	230	North Sinai	17	Abu Galum Protectorate	500	South Sinai
3	Ahrash Protectorate	8	North Sinai	18	Taba Protectorate	3,595	South Sinai
4	El Omayed Protectorate	700	Matrouh	19	Lake Burullus Protectorate	460	Kafr El Sheikh
5	Elba National Park	35,600	Red Sea	20	Nile Islands Protectorates	160	All Governorates on the Nile
6	Saluga and Ghazal Protectorate	0.5	Aswan	21	Wadi Degla Protectorate	60	Cairo
7	St. Katherine National Park	4,250	South Sinai	22	Siwa	7,800	Matrouh
8	Ashtum El Gamil Protectorate	180	Port Said	23	White Desert	3,010	Matrouh
9	Lake Qarun Protectorate	250	El Fayoum	24	Wadi El-Gemal/Hamata	7,450	Red Sea
10	Wadi El Rayan Protectorate	1,225	El Fayoum	25	Red Sea Northern Islands	1,991	Red Sea
11	Wadi Alaqi Protectorate	30,000	Aswan	26	El Gulf El Kebeer	48,523	New Valley
12	Wadi El Assuti Protectorate	35	Assuit	27	El-Dababya	1	Qena
13	El Hassana Dome Protectorate	1	Giza	28	El-Salum	383	Matrouh
14	Petrified Forest Protectorate	7	Cairo	29	El-Wahat El-Bahreya	109	6th October
15	Sannur Cave Protectorate	12	Beni Suef	30	Mount Kamel Meteor Protectorate	8	New Valley

出典：Protectorates declared in the framework of Law 102 of year 1983

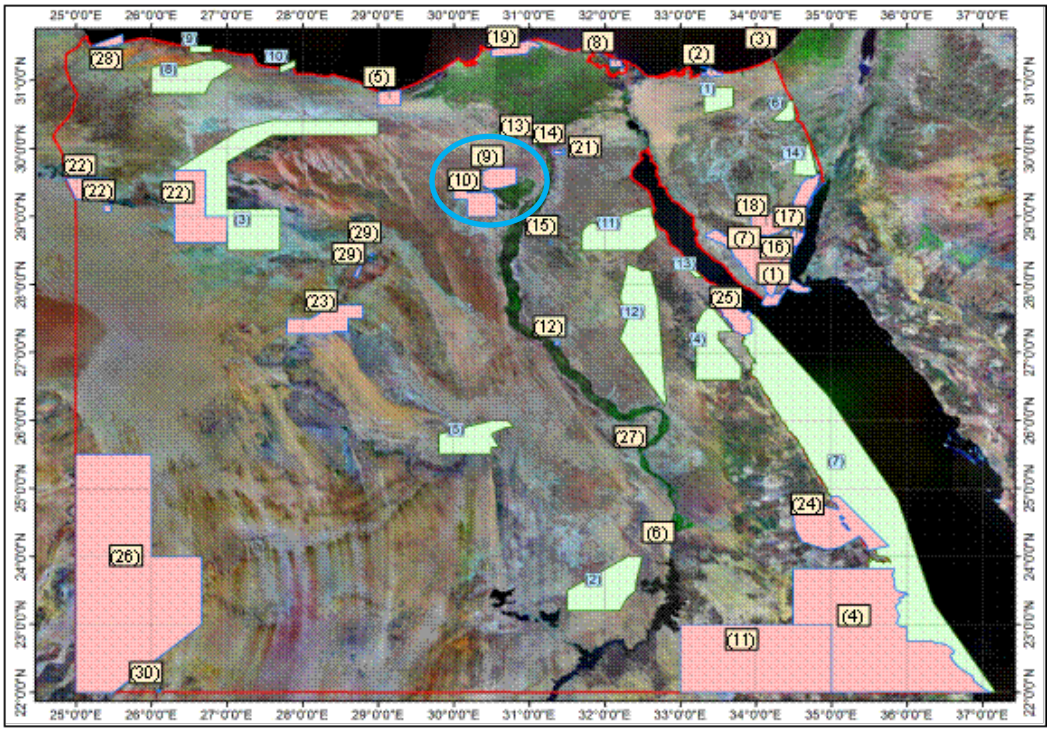


図 7.3.1　エジプトにおける国指定の自然保護地の位置（出典：EEAA の情報を元に JICA 調査団編集）

➢ IBAs および KBAs

図 7.3.2 にエジプトの IBAs（Important Bird Areas）、図 7.3.3 に KBAs（Key Biodiversity Areas）を示す。エジプト全土で 34 箇所の IBAs、38 箇所の KBAs が登録されている。上述した国指定の保護区でもある Qarun 湖および Rayan 湖は、IBAs および KBAs にも登録されている。その他の登録地については、事業地とは関係しない。

1	Lake Bardawil	13	Aswan Reservoir	25	St. Katherine
2	Zaranik	14	Lake Nasser	26	Gabel Maghara
3	El Malaha	15	Hurghada Archipelago	27	Quseima
4	Bitter Lakes	16	Tiran Island	28	Wadi Gerafi
5	Lake Manzalla	17	Wadi Gimal Island	29	El Qasr Desert
6	Lake Burullus	18	Qulan Island	30	Suez
7	Lake Idku	19	Zabargad Island	31	Gabel El Zeit
8	Lake Maryut	20	Siyal Islands	32	El Qa Plain
9	Lake Qarun	21	Rawabel Islands	33	Ras Mohammed
10	Wadi El Rayan	22	Nabaq	34	Ain Sukhna
11	Wadi El Naturn	23	Gabel Elba		
12	Upper Nile	24	The Abraq Area		

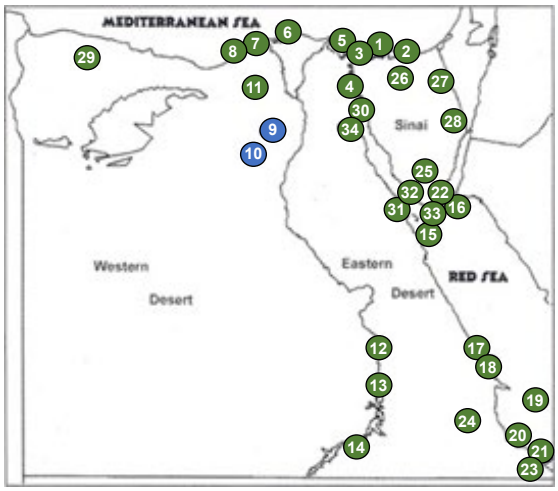


図 7.3.2　エジプトの IBAs（Important Birds Areas）
出典：EEAA の情報を元に JICA 調査団編集

1	Lake Bardawil	13	Aswan Reservoir	25	St. Katherine	37	Coastal Dune
2	Zaranik	14	Lake Nasser	26	Gabel Maghara	38	Sallum Gulf
3	El Malaha	15	Hurghada Archipelago	27	Quseima		
4	Bitter Lakes	16	Tiran Island	28	Wadi Gerafi		
5	Lake Manzalla	17	Wadi Gimal Island	29	El Qasr Desert		
6	Lake Burullus	18	Qulan Island	30	Suez		
7	Lake Idku	19	Zabargad Island	31	Gabel El Zeit		
8	Lake Maryut	20	Siyal Islands	32	El Qa Plain		
9	Lake Qarun	21	Rawabel Islands	33	Ras Mohammed		
10	Wadi El Rayan	22	Nabaq	34	Ain Sukhna		
11	Wadi El Naturn	23	Gabel Elba	35	El Omayed		
12	Upper Nile	24	The Abraq Area	36	Ras El Hekma coastal dunes		

備考：No. 1～34 までは IBAs と同じサイト

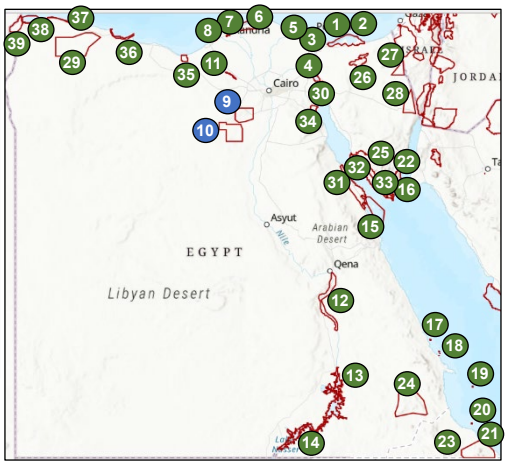


図 7.3.3　エジプトの KBAs (Key Biodiversity Areas)
出典：KBAs ホームページ

➢　ラムサール条約湿地

図 7.3.4 にエジプトのラムサール条約登録湿地を示す。エジプト全土で、4 箇所の湿地がラムサール条約に登録されている。前述している Qarun 湖および Rayan 湖は、重要湿地として、ラムサール条約湿地にも登録されている（登録年は共に 2012 年）。その他の登録地については、事業地とは関係しない。

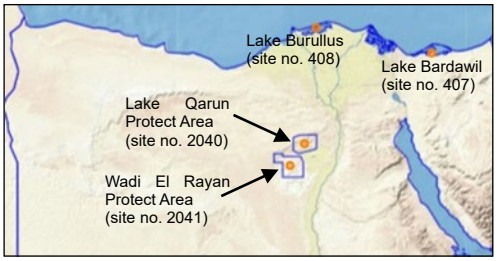


図 7.3.4　エジプトのラムサール条約湿地
出典：ラムサール湿地条約事務局ホームページ

➢　その他（世界遺産等）

エジプトにおいて UNESCO 世界遺産に登録されているサイトは 8 箇所ある。その内の 7 箇所が文化遺産であり、1 箇所が自然遺産である。自然遺産に登録されている Wadi Al-Hitan（Whale Valley）は Rayan 湖保護区内の北西端に位置しているが、最も近い事業地である Aros & Abo Seer 優先地域の端部から 50 km 以上離れており隣接しない（事業地と Wadi Al-Hiltan の位置関係については、後述する図 7.3.6 を参照）。その他のサイトは、事業地とは関係しない。

表 7.3.2 エジプトの世界遺産（自然遺産・文化遺産）

No.	Name of heritage site	Governorate	Type
1.	Abu Mena	Alexandria	Culture
2.	Ancient Thebes with its Necropolis	Luxor	
3.	Historic Cairo	Cairo	
4.	Memphis and its Necropolis – the Pyramid Fields from Giza to Dahshur	Giza	
5.	Nubian Monuments from Abu Simbel to Philae	Aswan	
6.	Saint Catherine Area	South Sinai	
7.	Wadi Al-Hitan (Whale Valley)	Fayoum	Nature

出典：UNESCO World Heritage

1.2) 生物多様性

➢　国の生物多様性の概要

エジプトには、2016 年 143 種の国際的に重要な種、1,500～2,000 種の花弁を有さない植物、2,302 種の花弁を有する植物、111 種の哺乳類、480 種の鳥類、109 種の爬虫類、9 種の両生類、1,000 種以上の魚類が確認されている（2016 年時点）[3]。

ナイル川流域とデルタ地域は、ユーラシアと東アフリカを結ぶ主要な鳥類の移動ルート上にあ

[3] Egyptian Biodiversity Strategy and Action Plan (2015 - 2030), Ministry of Environment, Egypt (January 2016)

り、約 200 種の渡り鳥が年に 2 回通過している。最新の統計（Bird Life International：2023 年）によれば、国内に 377 種の鳥類が確認されており、16 の種が絶滅の脅威に晒されている（Endangered: 5 種、Vulnerable: 11 種）。この他、Rayan 湖が位置する西部砂漠では、哺乳類の数が年々減少しており、ガゼルやハイエナなどの種が絶滅の脅威に晒されている。

➢ Qarun 湖および Rayan 湖の生物多様性[4]

Qarun 湖では、88 種の鳥類、12 種類以上の魚類、数種の爬虫類の生息が確認されている。国際的に重要な種として、ハジロカイツブリ（Black-necked Grebe: *Podiceps nigricollis*）、ハシビロガモ（Shoveler: *Anas clypeata*）、ハシボソカモメ（Slender-billed Gull: *Larus genei*））、コアジサシ（Little Tern: *Sterna albiforns*）などの鳥類が確認されている。また、絶滅危惧種 IB 類（EN）あるいは絶滅危惧 II 類（VU）として、リム･ガゼル（Rhim gazelle: *Gazella leptoceros*）やドルカス･ガゼル（Dorcas gazelle: *Gazella dorcas*）、低危険種（LC）としてエジプトハイエナ（Striped hyena: *Hyaena hyaena*）やフェネックギツネ（Fennec fox: *Vulpes zerda*）などの哺乳類が確認されている。

Rayan 湖では、164 種の鳥類、29 種の魚類、24 種の哺乳類、14 種の爬虫類の生息、38 種の植生が確認されている。国際的に重要な種として Qarun 湖と同様の鳥類が確認されている他、カモ、ワシ、タカ、ハクチョウなどに関して貴重な種が確認されている。絶滅危惧種 IB 類（EN）あるいは絶滅危惧 II 類（VU）として、メジロカモ（Ferruginous duck: *Aythya nyroca*）やウスハイイロチョウヒ（Pallid harrier: *Circus macrourus*）などの渡り鳥、Qarun 湖と同様にリム･ガゼルやドルカス･ガゼルなどの哺乳類が確認されている。

塩湖である Qarun 湖の南側沿岸には、湖の塩分を抽出する塩精製プラントが複数稼働しており、湖の塩分濃度の低減に役立っている。エコツーリズムの活動としては、砂漠のサファリ、ボートツアーなどが営まれている。Qarun 湖、Rayan 湖共に周辺には養殖場が営まれている。

1.3) 事業による Qarun 湖および Rayan 湖への影響

上述したように、両湖は水鳥等の生息地となっており、国指定の保護地、IBAs/KBAs およびラムサール条約湿地に指定されている。事業による両湖への影響を慎重に考慮する必要がある。

Qarun 湖および Rayan 湖と事業地（Bahr Yusef 基幹水路、Ibrahimia 基幹水路、Aros & Abo Seer 優先地域、Abo Shosha 優先地域）との位置関係を図 7.3.5 に示す。Qarun 湖（保護境界）と Bahr Yusef 基幹水路との距離は最も隣接する場所で約 18km、Ibrahimia 基幹基幹水路との距離は最も隣接する場所で約 35km、Aros & Abo Seer 優先地域との距離は最も隣接する場所で約 20km、Abo Shosha 優先地域との距離は最も隣接する場所で約 50km である。

他方、Rayan 湖（保護境界）と Bahr Yusef 基幹水路との距離は最も隣接する場所で約 26km、Ibrahimia 基幹基幹水路との距離は最も隣接する場所で約 37km、Aros & Abo Seer 優先地域との距離は最も隣接する場所で約 10km、Abo Shosha 優先地域との距離は最も隣接する場所で約 27km である。Bahr Yusef 基幹水路から Fayoum へ供給された農業用水は、農地を通り排水へと形を変えて最終的に Qarun 湖および Rayan 湖へと排水される。

本事業では Bahr Yusef 基幹水路の部分的な改修（土木工事）が予定されているが、Bahr Yusef 基幹水路の端部と両湖は隣接しておらず（Qarun 湖の保護境界まで約 18km、Rayan 湖の保護境界まで約 26km）、基幹水路の改修工事が両湖へ与える影響は深刻なものとは想定されない。優先地

[4] ラムサール条約事務局の RIS (Information Sheet on Ramsar Wetland) に基づき JICA 調査団編集

域の Aros & Abo Seer では、幹線・支線レベルの水路および水利構造物の改修（土木工事）が実施される予定であるが、Aros & Abo Seer は両湖に隣接しておらず（Qarun 湖の保護境界まで約 20km、Rayan 湖の保護境界まで約 10km）、工事が両湖へ与える影響は深刻なものではないと想定される。

他方、圃場レベルでの近代的圃場灌漑施設の導入ついては、その特徴として節水灌漑をコンセプトとするため、供用時における農地からの排水が著しく減少することが想定される。農地からの排水は Qarun 湖および Rayan 湖の水源となっており、Fayoum における広域的な近代的圃場灌漑施設の導入はラムサール湿地である両湖へ与える影響が大きい（詳細の分析結果は“4.8 近代的圃場灌漑施設の導入に伴う Fayoum 地域の灌漑開発”参照）。以上を踏まえて、後述の“7.3.2 代替案の検討”において取り得る事業コンポーネントを検討する。

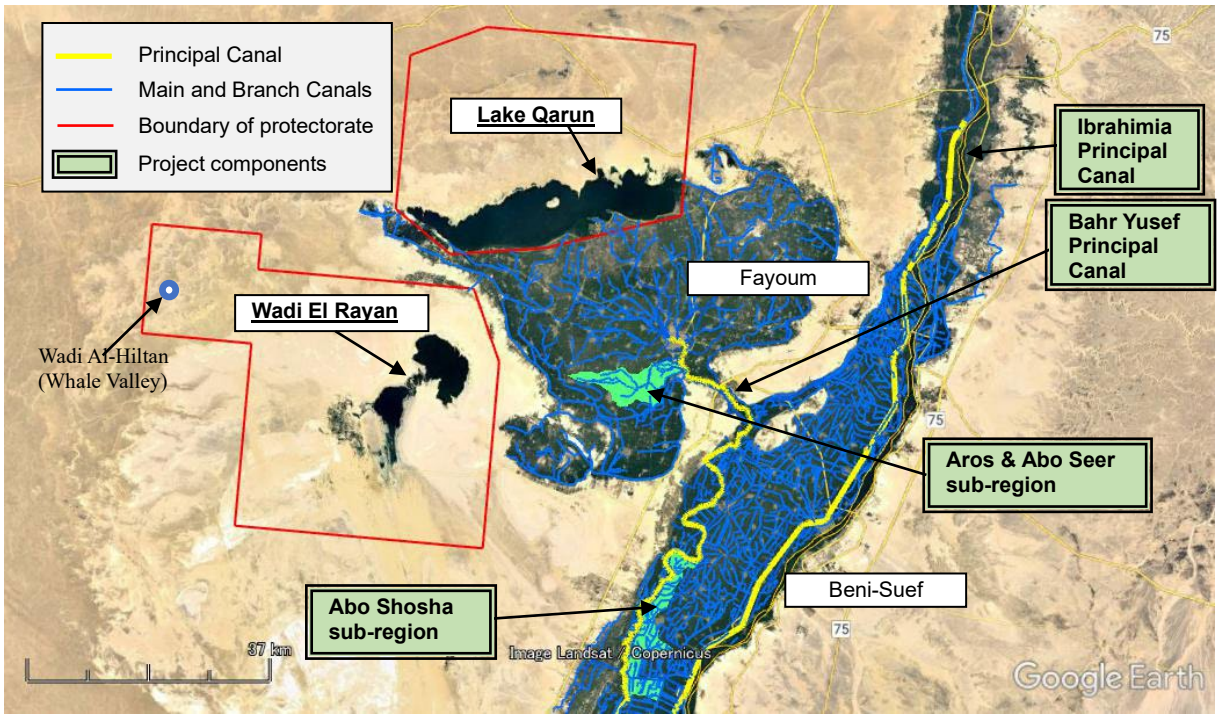


図 7.3.5 事業地区概要と Fayoum 県に位置する 2 つの湖（Qarun 湖と Rayan 湖）（出典：JICA 調査団）

2）汚染環境

2.1）大気質

一般的に大気汚染物質として、一酸化炭素、窒素酸化物、粒子状物質等が挙げられる。大気汚染源は、工場からのばい煙、自動車からの排気ガス、屋外での固形廃棄物の野焼き、建築・建設サイトおよび道路からの粉塵等が挙げられる。エジプト全国の観測所の定期モニタリング結果では、一酸化炭素および窒素酸化物の大気汚染負荷は許容範囲内（全国87箇所の観測所の内、基準値を超えた観測所は０）であるが、PM10およびPM25等の粒子状物質の年間平均レベルは許容限度を超えるレベルであることが報告されている（都市部のPM10年間平均値：154μg/m^3、基準値：70μg/m^3）[5]。

[5] State of the Environment 2022, Ministry of Environment, Egypt

2.2) 水質

灌漑水路の取水源となるナイル川の水質は、上流の上エジプト地域では比較的良好であるものの、カイロ以南の下流のデルタ地域に行くにつれて徐々に悪化する。上エジプト地域のナイル川の水質は、DO（溶存酸素）が 5.83～9.71 mg/l、COD（化学的酸素要求量）が 5.64～9.9 mg/l の範囲であり、これは環境基準である Law 48 の基準値の許容範囲内である。一方、カイロ以南のデルタ地域の Rosetta branch におけるナイル川の水質は、DO が 6.5～7.08 mg/l、COD が 11.5～13.2 mg/l の範囲であり、DO は基準値内であるが、COD については基準値を超える水準である [6]。

2.3) 廃棄物

エジプトでは、人口増加につれて年々廃棄物の発生量も増加しており、年間の廃棄物発生量は 20.9 百万トン程度 [7]である。廃棄物の種類としては、家庭ゴミ、建設廃棄物、工業および農業廃棄物等が挙げられる。上エジプトのファユーム県では 7 箇所、ベニスエフ県では 4 箇所、ミニア県では 3 箇所、中央デルタのガルビア県では 5 箇所の処分場が設置されている [8]。

3) 社会環境

事業対象地域の人口については、“3.1.2 対象地域、人口および受益者”を参照。民族・言語・宗教、居住形態、保健医療、教育、衛生、インフラ等の社会状況については、“3.1.6 社会状況”を参照。対象農家の家計、土地所有面積、世帯構成等については、“3.3 農家経済調査（インタビューおよび質問票調査）”を参照。また、農家により構成される水利組合（WUA）の現状については、“4.7 近代圃場灌漑における水利組合の設立”を参照。その他のベースとなる社会環境について以下に記述する。

3.1) 先住民族

エジプトでは全体の 99.7%がエジプト民族であり、その他の民族として 0.3%の人々が暮らしている [9]。その他の民族の中には、ヌビア人等の先住民族が含まれる。本件の事業地域には、これらの先住民族のコミュニティーは存在していない。

3.2) 社会的弱者

エジプトにおける社会保障行政は、社会連帯省（Ministry of Social Solidarity）が管轄している。社会連帯省は、社会的弱者（Vulnerable people）に対する社会的保護や社会的包摂にかかる支援を行っている。具体的には、社会的弱者を対象としたベーシック･インカム支援や就労支援、そうした活動に関わる NGO の登録・管轄を行っている。同省は支援対象の社会的弱者として、貧困家庭、母子家庭、高齢者、障害者、孤児、失業者を対象としている。

同省が進める社会的弱者への支援の一つとして、Takaful (solidatiry) and Karama (dignity)プログラムが実施されている [10]。同支援は、ソーシャル・セーフティーネットとして、低所得者層に対する経済的支援を行うプログラムである。Takaful プログラムは、条件を満たす貧困家庭に対して月額 325 EGP を支援する。さらに、子どもを持つ貧困家庭に対しは、子どもの教育継続を支援することを目的に、追加で子ども 1 人あたり月額 60 EGP～140 EGP（最大 3 人まで）を提供する。

[6] State of the Environment 2022, Ministry of Environment, Egypt
[7] State of the Environment 2022, Ministry of Environment, Egypt
[8] National Solid Waste Management Program (NSWMP) Egypt, SWM Governorate Survey
[9] The World Fact Book (CIA, 2006 estimation)
[10] https://www.worldbank.org/en/news/feature/2018/11/15/the-story-of-takaful-and-karama-cash-transfer-program

受給資格は、3 年ごとに見直しが行われる。

Karama プログラムは、高齢者および障害者を持つ貧困家庭に対して経済的支援を行うことを目的としたプログラムである。高齢者については、年齢が 65 歳以上であり、就労による収入を得られないこと、社会保障年金などの定期収入が得られないことを条件としている。障害者については、医師および国の承認により認定が行われる。対象者を持つ家庭には、対象者の人数に応じて月額 325 EGP～550 EGP の支給が行われる。Takaful および Karama プラグラムは世界銀行の Strength Social Net Project の支援のもとに、全国 27 県で 3.1 百万世帯（11.1 百万人）に実施されており、その内の 75%が女性を対象としている（2020 年 11 月時点）[11]。

この他、社会連帯省に登録されている NGO である Egyptian Food Bank（2006 年設立）は、全国 27 県の 5,000 の CDA[12]とネットワークを作って活動を行っている。Egyptian Food Bank は、貧困ライン以下の 15 万世帯に対して毎月食料の補助を行っており、その原資は 100 を超えるエジプトの企業や海外からの企業の献金であり、予算規模は 750 百万 EGP 程度（約 50 億円：2020 年）である [13]。

3.3）用地取得・住民移転

エジプトでは、すべての国民が土地を所有する権利が認められている。土地の登記は、宅地については住宅・公共サービス都市開発省（MOH: Ministry of Housing, Utilities and Urban Development）、農地については農業省（MALR: Ministry of Agriculture and Land Reclamation）がそれぞれ管轄している。

公共利用を目的とした土地の収用手続きについては、「公共目的による不動産収用法（法律 No.10/1990）」に規定されている（内容については前述の表 7.2.4 を参照）。非自発的住民移転にかかる手続きも同法に基づくが、JICA ガイドラインに示されている移転後の生計回復支援の実施や再取得価格による補償の実施などについて定められていない。JICA ガイドラインとのギャップの解消が必要である（ギャップ分析については前述の表 7.2.11 を参照）。

7.3.2 代替案の検討

ここでは、事業コンポーネントの特徴を考慮して、「事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達」と「事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入」の 2 つに分けて代替案の検討を行う。本項以降についても同様に取り扱う事とする。

1）事業コンポーネント No.1～7（水路での土木工事および機材調達）の代替案検討

事業を実施しない案を含む 3 つの代替案を検討した（表 7.3.3）。事業オプション 1 は既存の水路および水利構造物に対して改修を前提とする案、事業オプション 2 は水路および水利構造物に対して新設を前提とする案である。代替案の比較・検討の結果、事業効果を確保しつつ、技術・コスト面および環境面において有利性が高いと判断される事業オプション 1（改修を前提とした案：現行の事業設計）を採用とした。

[11] https://www.worldbank.org/en/results/2020/11/17/takaful-and-karama-a-social-safety-net-project-that-promotes-egyptian-women-empowerment-and-human-capital

[12] Community Development Association：エジプトでは、住民が多くの CDA を作って、宗教的行事、託児所運営等、基金を集めて活動を行っている。

[13] アフリカ地域 IFNA 全アフリカ展開に向けた情報収集・確認調査 (2020)

表 7.3.3 代替案の検討（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達）

Environmental items	Option 0 (without project)	Option 1 Rehabilitation of canal/ facilities	Option 2 New canal construction
Construction site	−	既存水路を利用	新規の水路整備が必要
Technical/ financial aspects	−	既存の建設技術により施工が可能。新規建設と比較して大幅にコストの縮減が可能。	新規の調査、設計および建設が必要
Environmental aspects	−	X 既存の水利用に対して、工事中の影響などの軽微な影響が想定される。新規水路の整備と比して、生態系への影響が小さい。	XX 新規の土地にかかる環境アセスメントが必要。生態系に対する影響が他 2 案と比較して大きい。
Resettlement and land acquisition	なし	なし	XXX 大規模な用地取得と関連する調査が必要
Effect of project	なし	++ プロジェクトによる安定的かつ効率的な農業用水の供給が可能となる。	++ 同左
Project cost	なし	中規模	大規模
Selection	−	**採用**	−
Reason	将来の効率的な水利用が見込まれず、水資源の枯渇が進む。	技術面、財務面、環境面において有利性が高く、かつ新設の場合と同じ裨益効果が見込まれる。	技術面、財務面、環境面への影響が大きい一方で、改修事業の場合と裨益効果が変わらない。

X：軽微な負の影響、 XX: 中程度の負の影響、XXX: 大規模な負の影響
+：軽微な正の影響、 ++: 中程度の正の影響、+++: 大規模な正の影響
出典: JICA 調査団

2) 事業コンポーネント No.8（近代的圃場灌漑施設の導入）の代替案検討

代替案の検討として、事業を実施しない案を含む 4 つの事業オプションを検討した（表 7.3.4）。現行の事業案である事業オプション 2（Fayoum の Aros & Abo Seer 地区を含む全ての優先地域において Meska 改善＋近代的圃場灌漑施設を導入する案）については、Qarun 湖および Rayan 湖に与える影響が深刻であると評価した。エジプト国は 2022 年時点では、Aros & Abo Seer 地区が位置している Fayoum を含めて近代的圃場灌漑施設の導入を図る予定としているが、将来の Fayoum 全域への影響を考えると、JICA 事業として実施を推奨することは難しいと思慮される。

代案となる事業オプション 3 は、Qarun 湖および Rayan 湖への影響を考慮し、Fayoum の Aros & Abo Seer 地区においては老朽化した水理構造物や Meska 改善のみを導入対象とし、近代的圃場灌漑施設の導入については取り止める案である。他 2 つの優先地域については、現行の事業案どおりに、Meska 改善＋近代的圃場灌漑施設の組み合わせをフルパッケージで導入する案となる。

以上の代替案の比較・検討の結果、一定の事業効果を確保しつつ、環境への深刻な影響を回避することが可能となる事業オプション 3 を本検討の中では採用とした。

表 7.3.4 代替案の検討（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入）

Environmental items	Option 0 (without project)	Option 1 Meska improvement only in three priority sub regions	Option 2 Meska improvement + Modern on-farm irrigation in three priority sub regions	Option 3 Meska improvement only in Aros & Abo Seer area, Meska improvement + Modern on-farm irrigation in other two priority sub regions
Technical aspects	−	右 2 案と比べて最も容易	近代的圃場灌漑施設の供用時の効果的な活用について水利組合（WUA）への支援が必要。	同左
Financial aspects		右 2 案と比べて最も安価	近代的灌漑施設の導入は、農家によるコストリカバリーを原則とするため農家の家計に影響を与える。	同左
Environmental aspects	−	X 右 2 案と比べて環	XXX Fayoum における近代的圃場灌	X Fayoum では Meska 改善のみを

		境への影響は最も軽微	漑施設の広域的な導入は、ラムサール湿地である Qarun 湖および Rayan 湖の水量・水質および湖のワイズユースに与える影響が深刻である。また、両湖の生態系に影響を与える。 （詳細の分析結果は、“4.8 近代的圃場灌漑施設の導入に伴う Fayoum 地域の灌漑開発”を参照）	進め、近代的圃場灌漑施設の導入を取り止めることで、Qarun 湖および Rayan 湖への影響、および両湖の生態系への影響を回避できる。
Social aspects	−	+ Meska 改善により地域の均一な水管理が見込まれ、正の影響がある。	++ Meska 改善＋近代的圃場灌漑の導入により地域の水管理が向上し、農家経済の向上が見込まれる。 X Fayoum では、近代的圃場灌漑施設導入に対して慎重な姿勢を示す農家が多く、導入に対する合意が得にくい可能性がある。	++ Meska 改善＋近代的圃場灌漑の導入により地域の水管理が向上し、農家経済の向上が見込まれる。
Effect of project	なし	+ Meska 改善により不均一な水管理の解消に効果があるものの、大幅な節水効果は見込まれない。	++ Meska 改善＋近代的圃場灌漑のフルパッケージの効果が得られ、大きな節水効果が見込まれる。	++ Fayoum においては Meska 改善のみの効果となり、節水効果は限定的となる。
Selection	−	−	−	**採用**
Reason	将来の効率的な水利用が見込まれず、水資源の枯渇が進む。	大きな節水効果は見込まれず、水資源の枯渇が進む。	Fayoum において、プロジェクトでは優先灌漑地域である Aros & Abo Seer のみを近代的圃場灌漑施設を導入する対象としている。一方、将来的な Fayoum 全域への波及効果を考えると、Qarun 湖および Rayan 湖へ与える影響は甚大であり、JICA 事業として推奨することはできない。	Fayoum において、Qarun 湖および Rayan 湖への影響を回避しつつ、Meska 改善による一定の効果を確保することが可能となる。事業効果と環境に与える影響へのバランスを考えると、本案が最適と判断される。

X：軽微な負の影響、 XX: 中程度の負の影響、XXX: 大規模な負の影響
+：軽微な正の影響、 ++: 中程度の正の影響、+++: 大規模な正の影響
出典: JICA 調査団

7.3.3 スコーピングおよび環境社会配慮調査の TOR

本事業の環境社会に対する影響の予備的な評価として、スコーピング結果を表 7.3.5 および表 7.3.6 にそれぞれ示す。

表 7.3.5 スコーピング結果（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達）

Category	No.	Environmental item	Selection as scoping result		Reason
			Construction stage	Operation stage	
Pollution	1	Air Quality	✓	-	**Construction Stage**: 建設機械の稼働や工事用車両の走行に伴い、*一時的ではあるが大気質の悪化が想定される*。 **Operation Stage**: 改修された施設による大気質の悪化は想定されない。
	2	Water Quality	✓	✓	**Construction Stage**: 水路内工事に伴う*濁水、重機および工事宿舎からの排水による影響が想定される*。 **Operation Stage**: 灌漑用水の水質の確認を行うため、*定期的な水路の水質モニタリングが推奨される*。
	3	Waste/ Garbage	✓	✓	**Construction Stage**: 既存構造物の撤去や移設に伴う*廃材、建設残土、工事宿舎からの廃棄物の発生等が想定される*。

Category	No.	Environmental item	Selection as scoping result		Reason
			Construction stage	Operation stage	
					Operation Stage: 改修工事後の灌漑水路の通水性の継続的な確保のため、*計画的な水路の浚渫が必要である。浚渫土の処理を適切に行う必要がある。*
	4	Soil Contamination	✓	–	**Construction Stage**: *建設工事用オイルの流出等による土壌汚染の可能性が想定される。* **Operation Stage**: 改修された施設による土壌汚染は想定されない。
	5	Noise and Vibration	✓	✓	**Construction Stage**: *建設機械の稼働及び工事用車両による騒音・振動の発生が予想される。* **Operation Stage**: 灌漑水路の附帯設備の改修として、*揚水ポンプ施設の改修が計画される場合は、施設供用時の周辺環境への騒音・振動に留意する必要がある。*
	6	Subsidence	–	–	既存施設の改修であり、地盤沈下に影響を与える作業は想定されない。
	7	Odor	–	–	本事業の改修工事では、悪臭を引き起こす作業は想定されない。
	8	Sediment	–	–	灌漑水路の改修工事であり、河川・湖沼等の底質へ影響を及ぼす作業は想定されない。
Natural environment	9	Protected Areas	✓	✓	**Construction stage and Operation Stage**: Aros & Abo Seer 優先灌漑サブ地域における事業（幹線・支線水路改修）の影響について、*ラムサール湿地である Qarun 湖および Rayan 湖への影響*を把握する必要がある。
	10	Ecosystem	✓	✓	
	11	Hydrology	–	–	灌漑水路の改修工事であり、河川・湖沼等の水流・河床の変化を伴う構造物の建設は想定されない。
	12	Topography and Geology	–	–	周辺の地形、地質に影響を与えるような大規模な切土や盛土、造成工事は想定されない。
Social environment	13	Resettlement/ land acquisition	✓	✓	**Construction Stage and Operation Stage**: 住民移転は想定されない。施設建設にかかる*用地取得の必要性について把握する必要がある。*
	14	The poor	✓	✓	**Construction Stage**: 工事中に貧困層の人々が雇用機会を得る可能性があり、*正の影響が予想される。* **Operation Stage**: 事業による灌漑施設の整備により、貧困層を含む地域農家の所得向上に寄与することが期待され、*正の影響が見込まれる。*
	15	Ethnic Minorities and Indigenous Peoples	–	–	事業対象地およびその周辺に少数民族・先住民族は確認されていない。
	16	Livelihood/ local economy	✓	✓	**Construction Stage**: 工事中に地域住民が雇用機会を得る可能性があり、*正の影響が予想される。* **Operation Stage**: 事業による灌漑施設の整備により、地域農家の所得向上に寄与することが期待され、*正の影響が見込まれる。*
	17	Land use and local resource utilization	–	–	既存灌漑施設の改修であり、土地利用や地域資源利用への影響は想定されない。
	18	Water Usage or Water Rights and Rights of Common	✓	✓	**Construction Stage**: 既存灌漑施設の改修であるため、*工事中の農家の水利用に影響を与える可能性がある。* **Operation Stage**: 灌漑施設の改修により、*農家の効率的な水利用が促進され、正の影響が見込まれる。*
	19	Existing social infrastructures and services	✓	✓	**Construction Stage**: 工事車両の増加により、*一時的に地域交通に対しての影響が予想される。*また、*既存の灌漑施設の利用に制限がかかる可能性がある* **Operation Stage**: 灌漑水路の改修により、*併設されている管理道路のアクセス性の向上*が見込まれる。

Category	No.	Environmental item	Selection as scoping result		Reason
			Construction stage	Operation stage	
	20	Social institutions	✓	-	**Construction Stage**: 一部の灌漑水路（支線水路）は、地域住民の水利組合（WUA）により管理されている事が想定されるため、*工事開始時に工程の説明等の調整が必要と考えられる*。 **Operation Stage**: 既存施設の改修であり、施設の運用方法に変更はないため、地域の社会組織に対する影響は想定されない。
	21	Misdistribution of benefit and damage	-	✓	**Construction Stage**: 既存施設の改修であり、工事が周辺地域に不公平な被害と便益をもたらすことは想定されない。 **Operation Stage**: 本事業の効果により、同一地区内で均一的な水管理が可能となり、*正の影響が見込まれる*。
	22	Conflict	-	✓	**Construction Stage**: 既存施設の改修であり、工事が地域内の係争を引き起こすことは想定されない。 **Operation Stage**: 本事業の効果により、*同一地区内で均一的な水管理が可能となり、正の影響が見込まれる*。
	23	Cultural heritage	-	-	事業対象地およびその周辺に遺跡等の重要な文化遺産は確認されていない。
	24	Land scape	-	-	景観に影響を及ぼす構造物の建設は想定されない。
	25	Gender	-	-	既設施設の改修であり、工事および施設の稼働がジェンダーに対して影響を与えることは想定されない。
	26	Rights of the Child	-	-	既設施設の改修であり、工事および施設の稼働が子供権利に対して影響を与えることは想定されない。
	27	Hazards (Risk), Infectious diseases such as HIV/AIDS	✓	-	**Construction Stage**: 工事関係者が流入することにより、HIV/AIDS や COVID 等の*感染症が拡大するリスクがある*。 **Operation Stage**: 改修された施設の稼働により、感染症が引き起こされるなどの影響は想定されない。
	28	Work environment (including safety)	✓	-	**Construction Stage**: 建設工事中の作業員の作業事故が発生する可能性がある。*建設工事作業員の安全や健康等の労働環境に対して配慮する必要がある*。 **Operation Stage**: 既存施設の改修であり、施設の運用方法に変更はないため、作業者の労働環境に与える影響は想定されない。
Others	29	Accident	✓	-	**Construction Stage**: 建設機械の稼働および工事用車両の走行等、*工事中の事故が想定される*。 **Operation Stage**: 改修された施設の稼働による事故発生の増大などの影響は想定されない。
	30	Transboundary impact, climate change	-	✓	**Construction Stage**: 建設機械および工事用車両から排気ガスが排出されるが影響は限定的である。 **Operation Stage**: 本事業により促進される灌漑水の節水効果により、*将来の気候変動に伴う水資源の変動（渇水等）への適応性が向上することが期待され、正の影響が見込まれる*。

出典: JICA 調査団

表 7.3.6 スコーピング結果（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入）

Category	No.	Environmental item	Selection as scoping result		Reason
			Construction stage	Operation stage	
Pollution	1	Air Quality	✓	-	**Construction Stage**:小規模ではあるが工事による影響の可能性がある。 **Operation Stage**: 施設の稼働による大気質の悪化は想定されない。

Category	No.	Environmental item	Selection as scoping result		Reason
			Construction stage	Operation stage	
	2	Water Quality	✓	✓	**Construction Stage**: 小規模ではあるが工事による影響の可能性がある。 **Operation Stage**: スプリンクラーやドリップ灌漑では、チューブの目詰まりなど、*汲み上げる水質次第では圃場への効果的な灌漑に対して影響を与える可能性がある*。
	3	Waste/ Garbage	✓	✓	**Construction Stage**: *改修対象の Meska に対して、建設廃材およびワーカーによるゴミの投棄が行われる可能性がある*。 **Operation Stage**: スプリンクラーやドリップ灌漑では、チューブの目詰まりなど、*汲み上げる水質次第では圃場への効果的な灌漑に対して影響を与える可能性がある*。
	4	Soil Contamination	✓	✓	**Construction Stage**: *圃場内の工事があるため、工事機械の稼働により土壌が汚染される可能性がある*。 **Operation Stage**: 近代的圃場灌漑施設ではスプリンクラーおよびドリップ灌漑の導入による節水と併せて、*農薬・肥料等の投入が軽減されることが期待される*。一方、従来の表流水灌漑（水盤灌漑と畝間灌漑）から節水灌漑へと変更されることで、*表流水灌漑の副次的効果であった土壌のリーチングの効果が薄れ、土壌の塩害を誘発する*ことが懸念される。
	5	Noise and Vibration	✓	✓	**Construction Stage**: 小規模ではあるが工事による影響の可能性がある。 **Operation Stage**: *近代的圃場灌漑施設で導入されるポンプ施設からの騒音・振動の影響を考慮する必要ある*。
	6	Subsidence	-	-	地盤沈下に影響を与える作業は想定されない。
	7	Odor	-	-	悪臭を引き起こす作業は想定されない。
	8	Sediment	-	-	河川・湖沼等の底質へ影響を及ぼす作業は想定されない。
Natural environment	9	Protected Areas	✓	✓	**Construction Stage and Operation Stage**: Aros & Abo Seer 優先灌漑サブ地域における事業（近代的圃場灌漑施設の導入）の影響について、*ラムサール湿地である Qarun 湖および Rayan 湖への影響*を把握する必要がある。
	10	Ecosystem	✓	✓	
	11	Hydrology	-	-	河川・湖沼等の水流・河床の変化を伴う構造物の建設は想定されない。
	12	Topography and Geology	-	-	周辺の地形、地質に影響を与えるような大規模な切土や盛土、造成工事は想定されない。
Social environment	13	Resettlement/ land acquisition	✓	✓	**Construction Stage and Operation Stage**: 住民移転は想定されない。施設導入にかかる*用地取得の必要性について把握する必要がある*。
	14	The poor	-	✓	**Construction Stage**: 建設工事中の貧困層に与える影響は想定されない。 **Operation Stage**: 近代的圃場灌漑施設は、コストリカバリーを農家自身が行う必要があり、*農家経済に影響を与える可能性がある*。
	15	Ethnic Minorities and Indigenous Peoples	-	-	事業対象地およびその周辺に少数民族・先住民族は確認されていない。
	16	Livelihood/ local economy	-	✓	**Construction Stage**: 建設工事による生計・地域経済に与える影響は想定されない。 **Operation Stage**: 近代的圃場灌漑施設は、コストリカバリーを農家自身が行う必要があり、*農家経済に影響を与える可能性がある*。
	17	Land use and	-	-	工事中および供用時共に、地域の土地利用・資源に与

Category	No.	Environmental item	Selection as scoping result		Reason
			Construction stage	Operation stage	
		local resource utilization			える影響は想定されない。
	18	Water Usage or Water Rights and Rights of Common	✓	✓	**Construction Stage**: Meska 改修工事により*一時的に農家の水利用に影響を与える可能性がある*。 **Operation Stage**: 従来の圃場における水使用方法（水盤・畝間灌漑）から近代的な水使用方法（節水灌漑）に圃場灌漑方法が変更となるため、*既存の農家の水利用に影響を与える。*
	19	Existing social infrastructures and services	✓	✓	**Construction Stage**: *Meska に歩道が併設してある場合、農家が通行することから、事故が起こる可能性がある。* **Operation Stage**: Meska 改善に伴って Meska が地下埋設される場合は、上部が農家の歩道スペースとなるため、*地域の交通に有効活用されることが見込まれる*。
	20	Social institutions	-	✓	**Construction Stage**: 建設工事による地域の社会組織対する影響は想定されない。 **Operation Stage**: 近代的圃場灌漑施設は、農家単位ではなくグループ単位（WUA 単位）で導入される。WUA がまだ導入されていない地区では、*従来の農家単独で行う水利用からグループ単位での水利用へと変更となる。*
	21	Misdistribution of benefit and damage	-	✓	**Construction Stage**: 建設工事による地域の被害と便益の偏在にかかる影響は想定されない。 **Operation Stage**: *WUA による水管理が適切になされない場合、便益の偏りが生じる可能性がある*。
	22	Conflict	-	✓	**Construction Stage**: 建設工事による利害対立は想定されない。 **Operation Stage**: *WUA による水管理が適切に行われない場合、地域内の利害対立生じる可能性がある*。
	23	Cultural heritage	-	-	事業対象地およびその周辺に遺跡等の重要な文化遺産は確認されていない。
	24	Land scape	-	-	景観に影響を及ぼす構造物の建設は想定されない。
	25	Gender	-	✓	**Construction Stage**: 建設工事によるジェンダーへの影響は想定されない。 **Operation Stage**: *WUA が男性のみで構成される場合、女性の意見が反映されにくくなることが懸念される*。
	26	Rights of the Child	-	-	工事中および供用時共に、子どもの権利にかかる影響は想定されない。
	27	Hazards (Risk), Infectious diseases such as HIV/AIDS	-	-	**Construction Stage**: 工事の規模は小規模であり、地元の建設業者による工事となることが想定される。したがってワーカーの流入による HIV/AIDs などの感染症が持ち込まれる影響は想定されない。 **Operation Stage**: 供用時に感染症を引き起こすことは想定されない。
	28	Work environment (including safety)	✓	✓	**Construction Stage**: 建設工事中の作業員の作業事故が発生する可能性がある。*建設工事作業員の安全な作業に留意する必要がある*。 **Operation Stage**: 導入する近代的圃場灌漑施設では、ポンプ施設が整備されることとなる。*農家のポンプ運転時の事故が懸念される*。
Others	29	Accident	✓	✓	**Construction Stage**: *工事建設機械の稼働等により工事中の事故が想定される。* **Operation Stage**: 導入する近代的圃場灌漑施設では、ポンプ施設が整備されることとなる。*農家のポンプ運転時の事故が懸念される*。
	30	Transboundary impact, climate change	-	✓	**Construction Stage**: 建設工事に伴う温暖化ガスの排出量は微小と想定され、気候変動に与える影響は想定されない。

Category	No.	Environmental item	Selection as scoping result		Reason
			Construction stage	Operation stage	
					Operation Stage: 近代的圃場灌漑施設の導入により、大きな節水効果が見込まれる。*将来の気候変動に伴う水資源の変動（渇水等）への適応性が向上することが期待され、正の影響が見込まれる*。

出典: JICA 調査団

以上のスコーピング結果を踏まえた環境社会配慮調査の TOR を下表に示す。

表 7.3.7　環境社会配慮調査の TOR

Category	Survey Items	Means
Air Pollution	• 排出基準の確認 • 工事中の影響の把握	エジプト国関連法規の確認、本事業の工事内容の把握および現地踏査
Water Pollution	• 排水基準の確認 • 灌漑水路の水質確認 • 工事中の排水の影響把握 • 供用時の灌漑水路への影響把握	エジプト国関連法規の確認、本事業の工事内容の把握および現地踏査
Waste/Garbage	• 廃棄物基準の確認 • 建設廃材、撤去施設等の確認 • 掘削残土の処理等の確認	エジプト国関連法規の確認、本事業の工事内容の把握および関係機関への聞取り
Soil Contamination	• 工事中の影響の把握	エジプト国関連法規の確認、本事業の工事内容の把握および現地踏査
Noise and Vibration	• 騒音・振動基準の確認 • 工事中の騒音および振動の発生の予測 • 供用時の騒音および振動の発生の予測	エジプト国関連法規の確認、本事業の工事内容の把握および現地踏査
Protected Areas/ Ecosystem	• 保護区域およびラムサール湿地と事業予定地の詳細の確認	現地踏査、既存文献、関係機関からのヒアリングおよび協議
Land Acquisition	• 現地確認による用地取得の必要性の有無、必要性が確認された場合の土地利用および所有者等の確認	現地踏査および関係機関からのヒアリング、協議の実施
The poor/ Livelihood/ local economy	• 対象地において生活する貧困層の状況 • 地域住民の雇用可能性の有無	現地踏査および関係機関からのヒアリング、協議の実施
Water usage	• 工事中の農家の水利用への影響把握 • 本事業による節水効果	事業内容確認、現地踏査・ヒアリング
Existing social infrastructures and services	• 本事業予定地周辺における社会インフラ及び社会サービスの調査	現地踏査および既存文献資料による現状の把握
Social institutions	• 水利組合（WUA）の活動状況	現地踏査・ヒアリング、事業内容確認
Misdistribution of benefit and damage/ Conflict	• 本事業による均一的な水管理の効果	現地踏査・ヒアリング、事業内容確認
Gender	• 本事業とジェンダーとの関係性の把握	現地踏査・ヒアリング、既存文献資料による把握、事業内容確認
Hazards (Risk), Infectious diseases such as HIV/AIDS	• 工事作業員の流入による感染症拡大のリスクの評価	既存文献資料による確認
Work environment (including safety)	• 労働安全対策等の把握	既存文献および類似案件の実績の確認
Accidents	• 建設予定地における交通状況 • 工事の実施による影響の予測	現地踏査および類似案件の実績の確認
Transboundary impact, climate change	• 本事業による気候変動対策との関係性把握	現地踏査・ヒアリング、既存文献資料による把握、事業内容確認

出典: JICA 調査団

7.3.4　環境影社会配慮調査結果

環境社会配慮にかかる調査結果を表 7.3.8 および表 7.3.9 にそれぞれ示す。

表 7.3.8 環境社会配慮にかかる調査結果（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達）

<table>
<tr><th>Category</th><th>Survey Results</th></tr>
<tr><td>Air Pollution</td><td>対象地域における主な大気汚染源は、工場からのばい煙、自動車からの排気ガス、屋外での固形廃棄物の野焼き、建築・建設サイトおよび道路からの粉塵等が挙げられる。本事業による影響としては、工事中の建設機械の稼働および工事用車両の走行に伴い、排出ガス等の大気汚染物質の発生が予想される。ただし、工事が一時的であること、また建設を予定する施設は大規模なものではないことから影響は限定的と想定される。</td></tr>
<tr><td>Water Pollution</td><td>エジプト国の排水基準によって工事中の排水の基準が定められているため、本基準を遵守する必要がある。本建設工事では水路内での工事が予定されており、オイルフェンスやシルトフェンスの設置などの排水対策を十分に講じる必要がある。本調査において実施した既存水路の水質調査結果を下表に示す。工事中および供与時の水路の水質モニタリングにおいて、本調査結果をベースライン値として参考する。なお、原位置試験結果の内、EC、Sanility および TDS (Total Disollved Solid)については、どれもが水路の塩分濃度を示したものである。灌漑水路の供用時において、営農を阻害するレベルに塩分濃度が著しく悪化しないよう、モニタリングが推奨される。
灌漑水路の水質分析結果（原位置試験）(2022 年 8～9 月実施)
<table>
<tr><th colspan="2">Canal name / Survey point</th><th>pH (-)</th><th>EC (uS/cm)</th><th>Salinity (ppm)</th><th>TDS (ppm)</th></tr>
<tr><td colspan="2">Egyptian Standard (Law 48)</td><td>6-9</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">Japanese law (Water pullition prevention law)</td><td>5.8-8.6</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">FAO Guidelene*1</td><td>6.5-8.4</td><td>3,000</td><td>-</td><td>2,000</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Ibrahimia 基幹水路</td><td>Dirout Regulator</td><td>8.35</td><td>318</td><td>160</td><td>227</td></tr>
<tr><td>New El Minia Regulator</td><td>7.86</td><td>278</td><td>150</td><td>216</td></tr>
<tr><td>Maghagha Regulator</td><td>7.84</td><td>312</td><td>160</td><td>222</td></tr>
<tr><td>El Geneidy Regulator</td><td>7.80</td><td>345</td><td>170</td><td>246</td></tr>
<tr><td>El Wasta Regulator</td><td>7.65</td><td>1410</td><td>710</td><td>939</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Bahr Yusef 基幹水路</td><td>Dahab Regulator</td><td>7.39</td><td>353</td><td>180</td><td>234</td></tr>
<tr><td>Saqula Regulator</td><td>7.66</td><td>347</td><td>170</td><td>247</td></tr>
<tr><td>Mazoora Regulator</td><td>7.57</td><td>349</td><td>170</td><td>245</td></tr>
<tr><td>El Lahoun cross Regulator</td><td>7.29</td><td>478</td><td>240</td><td>343</td></tr>
<tr><td rowspan="7">Kased 幹線水路</td><td>Dawould Bridge</td><td>7.83</td><td>345</td><td>170</td><td>208</td></tr>
<tr><td>Al Kased Regulator</td><td>7.61</td><td>347</td><td>170</td><td>249</td></tr>
<tr><td>Mahlet Menouf Regulator</td><td>7.23</td><td>342</td><td>170</td><td>244</td></tr>
<tr><td>Sourad Cross Regulator</td><td>7.65</td><td>368</td><td>180</td><td>259</td></tr>
<tr><td>Rewi intak</td><td>7.50</td><td>352</td><td>180</td><td>248</td></tr>
<tr><td>El Muhit El Sharqui Intake</td><td>7.40</td><td>380</td><td>190</td><td>259</td></tr>
<tr><td>Sandella Regulator</td><td>7.14</td><td>403</td><td>200</td><td>286</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Abo Shosha 幹線水路</td><td>Abo Shosha Weir</td><td>7.77</td><td>307</td><td>150</td><td>218</td></tr>
<tr><td>El qoleia Regulator</td><td>7.72</td><td>305</td><td>150</td><td>189</td></tr>
<tr><td>Megally Regulator</td><td>7.69</td><td>421</td><td>220</td><td>306</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Abo Seer 幹線水路</td><td>Bahr Arous Intake</td><td>7.09</td><td>383</td><td>190</td><td>222</td></tr>
<tr><td>Al Soudany Bridge</td><td>7.19</td><td>469</td><td>230</td><td>332</td></tr>
<tr><td>Botrous Bridge</td><td>7.16</td><td>504</td><td>250</td><td>360</td></tr>
</table>
*1: Water quality for agriculture, FAO, 1994
出典: JICA 調査団
灌漑水路の水質分析結果（室内分析）(2022 年 8～9 月実施)
<table>
<tr><th colspan="2">Canal name / Survey point</th><th>COD (mg/l)</th><th>TSS (mg/l)</th><th>T-N (mg/l)</th><th>Phosphate (mg/l)</th></tr>
<tr><td colspan="2">Egyptian Standard (Law 48)</td><td>80</td><td>50</td><td>10</td><td>2</td></tr>
<tr><td colspan="2">Japanese law (Water pullition prevention law)</td><td>120</td><td>120</td><td>60</td><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Kased 幹線水路</td><td>Sourad Cross Regulator</td><td>1</td><td>17</td><td>0.575</td><td>0.129</td></tr>
<tr><td>Sandella Regulator</td><td>8.3</td><td>49</td><td>1.058</td><td>0.18</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Abo Shosha 幹線水路</td><td>Abo Shosha Weir</td><td>9</td><td>13</td><td>0.502</td><td>0.063</td></tr>
<tr><td>El qoleia Regulator</td><td>7</td><td>21</td><td>0.504</td><td>0.074</td></tr>
<tr><td>Abo Seer 幹線水路</td><td>Bahr Arous Intake</td><td>6</td><td>31</td><td>2.671</td><td>0.12</td></tr>
</table>
出典: JICA 調査団</td></tr>
<tr><td>Waste/Garbage</td><td>建設工事に伴う廃棄物として、コンクリート工事における廃材、既設撤去に伴う廃材などの建設廃材の発生が予想される。また、水路浚渫工事に伴う廃土が発生する見込みである。これらの建設廃材および廃土については、適切な処理場への運搬および処分が必要となる。エジプトのファユーム県では 7 箇</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>Category</th><th>Survey Results</th></tr>
<tr><td></td><td>所、ベニスエフ県では 4 箇所、ミニア県では 3 箇所、中央デルタのガルビア県では 5 箇所の処分場が設置されている。</td></tr>
<tr><td>Soil Contamination</td><td>工事中、建設機械からの油の流出等による汚染の可能性があるが、影響は限定的である。また、工事において有毒な物質や化学物質は使用されない。</td></tr>
<tr><td>Noise and Vibration</td><td>工事中に想定される騒音・振動源となる工種は杭打ち工事、矢板打設工事、工事用機材の運搬、および既設構造物の撤去工事等である。エジプト国の騒音・振動にかかる基準を遵守し、トラックや建設機材の定期的な点検・管理が必要である。農村での水路工事が主となるが、市街地を通過する水路での工事も一部含まれるため、周辰環境への騒音・振動の影響を最小限にするよう特に留意する必要がある。</td></tr>
<tr><td>Protected Areas/ Ecosystem</td><td>Fayoum には、国の保護地に指定してある Qarun 湖と Rayan 湖が存在する。これらの湿地は、IBAs/KBAs およびラムサール湿地に指定してある。両湖は水鳥や渡り鳥などの生息地となっていると共に、リム・ガゼルやドルカス・ガゼルなどの絶滅が危惧されている哺乳類が生息していることが確認されている。
現地における水路工事地点を確認した結果、Bahr Yusef 基幹水路の工事については端部から湖まで 20km 以上離れていること、また幹線・支線水路の工事を行う Aros & Abo Seer 灌漑サブ地域も同様に 15km 以上離れていることを確認した。よって、水路の土木工事が両湖の環境および動植物に対して直接的に影響を与える事は考えにくい（地理的な位置については、図 7.3.2 を参照）。水路工事における排水に留意し、工事中の適切な対策を取る事で影響を緩和することは可能と判断される。

なお、本調査において実施した Qarun 湖および Rayan 湖の既存の水質分析結果は下表に示すとおりである。
<u>Qarun 湖および Rayan 湖の水質分析結果（2022 年 9 月実施）</u>
<table>
<tr><th>Lake name</th><th>pH
(-)</th><th>EC
(uS/cm)</th><th>TSS
(mg/l)</th><th>T-N
(mg/l)</th><th>T-P
(mg/l)</th><th>Salinity
(ppm)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Qarun Lake</td><td>7.62</td><td>46,400</td><td>61</td><td>2.882</td><td>0.163</td><td>30,100</td></tr>
<tr><td>TDS
(ppm)</td><td>NH_3
(mg/l)</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td></td><td>23,900</td><td>2.3</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><th>Lake name</th><th>pH
(-)</th><th>EC
(uS/cm)</th><th>TSS
(mg/l)</th><th>T-N
(mg/l)</th><th>T-P
(mg/l)</th><th>Salinity
(ppm)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Rayan Lake</td><td>8.01</td><td>36,200</td><td>15</td><td>0.405</td><td>0.072</td><td>23,100</td></tr>
<tr><td>TDS
(ppm)</td><td>NH_3
(mg/l)</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td></td><td>23,100</td><td>0.08</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>
出典: JICA 調査団
供用時においては事業が両湖の水量に影響を与えていないことを確認するために、Fayoum への供給水量を調整している Hassaen Wassef 取水口および Lahoun 堰の取水地点において、規定の灌漑水量が配水されているかどうかの定期的なモニタリングが推奨される。</td></tr>
<tr><td>Land Acquisition</td><td>本調査の中で建設予定地を確認した結果、全ての土木工事（水路工事および水利構造物の工事）について、既設水路内での工事となることが確認された。また、建設予定地に非正規住民や非合法で営業している商店・露店等は確認されていない。なお、工事資機材の保管等にかかる用地については、MWRI の管轄である灌漑水路の管理用地内に確保する予定である。</td></tr>
<tr><td>The poor/ Livelihood/ local economy</td><td>エジプト中央動員統計局（Central Agency for Public Mobilization and Statistics: CAMPAS）によると、同国が設定している国内貧困ライン（National Poverty Lien）を下回る人々の 2015 年の割合は 27.8%、2017 年の割合は 32.5%とされており近年増加傾向にある。本事業を実施することで、工事期間中に地域住民の雇用機会を得られる可能性があることから、貧困層の人々に対しても正の影響が見込まれる。</td></tr>
<tr><td>Water usage</td><td>本事業の水路工事では既存施設の改修を基本とすることから、工事期間中の農地への灌漑水の供給に影響を与える可能性がある。特に大型の水利構造物の工事を実施する Kased 幹線水路については、既設構造物の改修時において既存の水利用に影響を与える期間を最小限とすること、必要に応じて仮設水路を設置するなどの緩和策を講じる必要がある。</td></tr>
<tr><td>Existing social infrastructures and services</td><td>本事業で改修を実施する水路内水利構造物には、調整堰の機能に加えて水路を横断する橋梁としての機能を果たしている構造物も含まれる。工事中は当該構造物における水路横断が不可となることから、既存の地域住民の交通に対して影響を与える可能性がある。適切な迂回路の設定、渋滞を緩和するための工事車両の分散化などの対策が必要となる。</td></tr>
<tr><td>Social institutions/ Misdistribution of benefit and damage/ Conflict</td><td>優先灌漑サブ地域では Meska レベルの WUA の数は少ないものの、支線水路レベルの水利組合（BC WUA: Branch Canal WUA）が組織されている場合がある。支線水路の工事に際しては、BC WUA と適宜調整し、支線水路における水路工事の期間や工事の順番等を調整し、工事期間中の支線水路における既存の水利用への影響を緩和する事が必要となる。</td></tr>
</table>

Category	Survey Results
Hazards (Risk), Infectious diseases such as HIV/AIDS	エジプトにおける一般的な感染症として下痢、A 型肝炎、腸チフスなどが挙げられる。HIV への罹患率は低く 0.1%以下である。一方、若者の間で HIV 罹患者の数が増加しており、2020 年以降、新規感染者数は年間 25～30%の増加傾向にあることが指摘されている。COVID-19 に関しては、2022 年 11 月時点の累計の感染者数は 51 万人程度であり、国民 10 万人あたり 157.5 人の感染者数、8.7 人の死亡者数となっている。労働者の地域への流入により、感染症拡大のリスクが想定され、適切な労働環境・衛生環境の管理が必要である。
Work environment	エジプトの工事現場では、ヘルメットや安全靴の着用などを怠っている現場も見受けられる。安全対策を十分に講じると共に、安全大会等により作業者への周知徹底が必要である。
Accidents	各レベルの灌漑水路には、原則として管理用道路が併設されている。Ibrahimia 基幹水路および Bahr Yusef 基幹水路沿いは、車道として整備されており、一部には鉄道が並走している区間も存在する。工事時に現場に地域住民が立ち入らないように整理する交通・安全ガード員を適切に配置する必要がある。また、建設工事中の事項防止に向けて、作業員の健康管理や安全性に留意する必要がある。
Transboundary impact, climate change	Egypt National Climate Change Strategy 2050 では、灌漑・農業分野における適応策の一つとして、灌漑効率の向上が挙げられている。具体的な対策として、水路の改修、水路のライニング、近代圃場灌漑施設の導入等が事例として挙げられている。本事業の効果により、気候変動への適応とレジリエンスが向上することが期待される。

出典: JICA 調査団

表 7.3.9 環境社会配慮にかかる調査結果（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入）

Category	Survey Results
Air Pollution	本工事における主要な土木工事は、既存 Meska のコンクリートライニング等の改修工事である。バックホー等の重機による大規模かつ連続的な工事は予定されないため、周辺地への大気質の悪化は想定されない。
Water Pollution, Waste/Garbage	基幹水路、幹線水路および支線水路レベルの水路については、MWRI により定期的な浚渫等の維持管理が実施されている。一方、最末端の Meska レベルの水路に関しては、地域住民により形成される Meska レベルの水利組合（WUA）または農家に維持管理が委ねられている。Meska レベルの水路では、十分に維持管理がなされていない場合が多く、家庭ゴミ等の投棄が散見される。 近代的圃場灌漑施設の導入では、スプリンクラー灌漑やドリップ灌漑が導入される。水路にゴミや泥が多いなど水質が悪い場合は、チューブの目詰まりを引き起こしやすくなり、施設の供用や維持管理に影響を及ぼす懸念がある。事業のソフト支援による WUA の組織化の中で、定期的な Meska の清掃や WUA メンバーの環境意識の向上など、啓発活動が含まれる計画である。
Soil Contamination	ドリップ灌漑やスプリンクラー灌漑で使用する灌漑水に農薬や肥料などの農業資材を適切に混入することで、従来の表流水灌漑（水盤、畝間灌漑）よりも農業資材の投入量を軽減することが可能となる。圃場レベルにおける農業資材の投入量が軽減されることで、地域の土壌・水環境に対する負荷の軽減が期待される。他方、従来の表流水灌漑では、副次的な効果として土壌内の塩を洗い流す効果（リーチング）があり、土壌の塩害を防止する役割を果たしていた。したがい、近代的圃場灌漑施設の導入では、節水灌漑と従来の表流水灌漑の両方を行う事ができる機能を持たせる設計としている。 こうした近代圃場灌漑施設の特徴を踏まえた適切な施設の供用を農家が実践するために、事業のソフト支援の中で農家に対する研修が計画されている。 なお、事業対象地域において過去の重金属による圃場の土壌汚染は報告されておらず、事業対象地域内で重金属を扱う工場団地等は確認されていない。
Noise and Vibration	工事中においては、杭打ちや既設構造物の掘削等の騒音・振動が発生する工事は想定されない。供用時においてはポンプ機器が稼働するが、Meska に設置してある既存ポンプ施設を確認した結果、小規模のポンプ機器であることを確認した。本コンポーネントで導入するポンプ施設も同様の規模であるため、近隣住民に対する振動・騒音の影響は想定されない。
Protected Areas/ Ecosystem	Fayoum には、国の保護地に指定してある Qarun 湖と Rayan 湖が存在する。これらの湿地は、IBAs/KBAs およびラムサール湿地に指定してある。両湖は水鳥や渡り鳥などの生息地となっていると共に、リム･ガゼルやドルカス･ガゼルなどの絶滅が危惧されている哺乳類が生息していることが確認されている。 前述の「7.3.2 代替案の検討」で記述したとおり、Fayoum における優先サブ灌漑地域（Aros & Abo Seer）での近代圃場灌漑施設の導入は、将来的な Fayoum 全域における近代圃場灌漑施設の導入に波及する可能性がある。節水灌漑の導入により、農地からの排水量が著しく減少し、Qarun 湖および Rayan 湖の面積が減少に転じる可能性が高い。したがって代替案の検討の結果に基づき、両湖への深刻な影響を回避するため、Aros & Abo Seer については近代的圃場灌漑施設導入は行わず、水利施設および Meska 改善のみに留める事業案を選択する。
Land Acquisition	近代的圃場灌漑施設は、ポンプを含む管路システムおよび散水器具（スプリンクラー、ドリップ等）により構成される。ポンプ施設の用地は、Meska からの揚水を目的として従来より使用されている Sakia（揚水用風車）が設置された用地の使用が可能である。また、ポンプから先の管路については、従来より Marwa（圃場内小水路）として使用されている用地を転換して使用する。よって、既存用地内での施設配置が可能であるため、用地取得は発生しない。また、建設予定地に非正規住民や非合法で営業している商店・露店等については確認されておらず、新規の用地取得および住民移転は発生しない。
The poor/	近代的圃場灌漑施設の導入にかかる費用は安価なものではないと思慮される。MWRI が現在も進めてい

Category	Survey Results
Livelihood/ local economy	る既存の Meska 改善事業では、農家からのコスト回収方法として長期間（10 年間、無利子）、土地税を集める場合にあわせて回収するシステム（Meska 返済システム）を運用しており、有効に機能している。本事業では、こうした農家が近代的圃場灌漑施設の導入をしやすくなるような資金スキームの導入（償還期間の 10 年から 20 年の延長含む）が行われる予定である。また、本事業のソフト支援では、近代的灌漑施設導入後の農家収入の向上を支援するために、展示圃場の設置と営農研修が実施される予定である。
Water usage	近代的圃場灌漑施設では、これまでの表流水灌漑を中心とした灌漑方法から節水灌漑（スプリンクラー・ドリップ灌漑）へと大きく圃場への散水方法が変更となる。また、これまで個々の農家が Meska から個人のポンプで揚水する方式から、集合ポンプをグループ（WUA）で管理し、管路システムにより各圃場へローテーションにより灌漑する方式へと水管理方法が変更となる。こうした点を考慮し、本事業のソフト支援の中で Meska WUA への技術支援が行わる予定である。 本調査の中で実施した農家へのインタビューでは、近代的圃場灌漑施設を導入するにあたり、現地の土壌条件に合った散水器具の選定、推奨される農作物の選定、具体的な水管理方法に関する質問が多く上がった。これらの不明点を解消するために、展示圃場（デモンストレーションファーム）の設置を要望する意見が多数挙げられた。以上を考慮し、本事業のソフト支援では、具体的な近代圃場灌漑施設の導入例として展示圃場を設置し、農家への研修を実施することが計画されている。
Existing social infrastructures and services	Meska 改善の事例として、既存の開水路タイプの水路から埋設する暗渠タイプの水路へと改良を施す事例がある。暗渠タイプの水路へと変更することの利点として、ゴミの投棄による利水障害の防止、歩道としての有効活用などが挙げられる。一方、開水路タイプを保持することで、水量を目視で確認できるとの利点が挙げられる。本事業では、こうした地域の特徴を考慮して、Meska 改善の設計を行う計画である。
Social institutions/ Misdistribution of benefit and damage/ Conflict	新しく改良が施される Meska により、これまでの上流と下流の間で生じる不均一な配水が解消され、下流の農家からの不満が解消される事が期待される。一方、WUA が Meska の維持管理を継続的に実施していく必要がある。また、WUA には、メンバー間の係争を調整する機能もあることから、WUA が機能的に組織化されることで、農家間の紛争解決の場となることが期待される。本事業のソフト支援において、WUA の組織化および WUA に対する水管理にかかる研修が実施される予定である。
Gender	一般的に既存の WUA において女性メンバーの存在が認められる。本事業においても、WUA の組織化の中で、女性に配慮した組織構成とすることが求められる。本事業のソフト支援による WUA の組織化では、WUA への積極的な女性メンバーの取り込みを行うよう計画する。これらの女性メンバーは WUA への各研修にも参加することとなる。
Work environment	エジプトの工事現場では、ヘルメットや安全靴の着用などを怠っている現場も見受けられる。安全対策を十分に講じると共に、安全大会等に作業者への周知徹底が必要である。
Accidents	導入する近代的圃場灌漑施設では、ポンプ施設が設置される予定である。ポンプ施設は WUA により維持管理されることから、運転に際して事故が起きないように、本事業によるソフト支援の中で維持管理にかかる技術研修が行われる予定である。
Transboundary impact, climate change	Egypt National Climate Change Strategy 2050 では、灌漑・農業分野における適応策の一つとして、灌漑効率の向上が挙げられている。具体的な対策として、水路の改修、水路のライニング、近代圃場灌漑施設の導入等が事例として挙げられている。本事業の効果により、気候変動への適応とレジリエンスが向上することが期待される（詳細は後述する 7.10.2.2 を参照）。

出典：JICA 調査団

7.3.5 影響評価

代替案の検討結果および環境社会配慮調査結果を踏まえて、環境社会に対する影響を評価する。近代的圃場灌漑施設の導入については、代替案の比較・検討で記述したとおり、Qarun 湖および Rayan 湖への深刻な環境への影響を回避することが可能となる事業オプション 3（Aros & Abo Seer 地区では近代圃場灌漑施設を導入せず、水利施設や Meska 改善のみを事業計画とする案）を採用し、本項における影響評価の対象とする。なお、以降の節についても同様に取り扱う。

本事業の実施に伴う環境社会影響の評価結果を下表に示す。

表 7.3.10　環境社会影響評価（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達）

No.	Environmental item	Selection as scoping result		Evaluation based on the results of environmental and social consideration		Reason
		Construction stage	Operation stage	Construction stage	Operation stage	
Pollution						
1	Air Quality	✓	-	B(-)	N/A	**Construction Stage**: 建設機械の稼働や工事用車両の走行に伴い、*工事周辺地の大気質の一時的な悪化が想定される*。 **Operation Stage**: 施設供用時の大気質の悪化は想定されない。
2	Water Quality	✓	✓	B(-)	B(+)	**Construction Stage**: 水路内工事に伴う*濁水、重機および工事宿舎からの排水による影響が想定される*。 **Operation Stage**: 本事業で導入する水路メンテナンス機材（浚渫機材）を継続的に使用することで、水路の水質が向上することが見込まれる。事業効果の確認と灌漑水路の水質モニタリングの一環として、*定期的な水路の水質モニタリングが推奨される*。
3	Waste/ Garbage	✓	✓	B(-)	B(-)	**Construction Stage**: *建設工事に伴う廃材、既設撤去に伴う廃材、水路浚渫工事に伴う廃土等が発生する*。適切な処分場への運搬・処理が求められる。 **Operation Stage**: 事業により MWRI が水路メンテナンスを行うための浚渫作業用機材が導入される予定である。*水路メンテナンスにより浚渫土が継続的に発生する*ことが予想される。廃土の適切な処理が必要である。
4	Soil Contamination	✓	-	D	N/A	**Construction Stage**: 建設工事用オイルの流出等による土壌汚染の可能性があるが、水路内の工事が主であり、土壌への影響は限定的である。工事において、土壌に対して有毒な物質や化学物質は使用されない。 **Operation Stage**: 施設供用時の土壌汚染は想定されない。
5	Noise and Vibration	✓	✓	B(-)	D	**Construction Stage**: *騒音・振動を伴う工事（杭打ち工事、矢板工事等）が予定されている。また、工事用車両による騒音・振動の発生が予想される*。適切な緩和策が求められる。 **Operation Stage**: 大型ポンプ施設の建設・改修は事業コンポーネントに含まれず、影響は想定されない。
6	Subsidence	-	-	N/A	N/A	既存施設の改修であり、地盤沈下に影響を与える作業は想定されない。
7	Odor	-	-	N/A	N/A	本事業の改修工事では、悪臭を引き起こす作業は想定されない。
8	Sediment	-	-	N/A	N/A	灌漑水路の改修工事であり、河川・湖沼等の底質へ影響を及ぼす作業は想定されない。
Natural environment						
9	Protected Areas	✓	✓	B(-)	B(-)	**Construction Stage**: Qarun 湖および Rayan 湖は共に保護地、IBAs/KBAs、ラムサール湿地に登録されている。両湖には多数の水鳥や希少な哺乳類の存在が確認されている。幹線・支線水路の工事を行う Aros & Abo Seer 優先灌漑サブ地域と Qarun 湖と Rayan 湖は隣接していない。*工事中の排水に対する適切な緩和策を講じることで影響を緩和することが可能*である。 **Operation Stage**: 既存の Fayoum における規定の配水量を変更しない限り、両湖への影響は想定されない。一方、MWRI による Fayoum 地域への配水量が変更される場合、両湖の水量に影響を与える可能性がある。*MWRI が定期的に実施している Fayoum への灌漑水量のモニタリングを継続して実施することが必要である*。
10	Ecosystem	✓	✓	B(-)	B(-)	
11	Hydrology	-	-	N/A	N/A	灌漑水路の改修工事であり、河川・湖沼等の水流・河床の変化を伴う構造物の建設は想定されない。

No.	Environmental item	Selection as scoping result		Evaluation based on the results of environmental and social consideration		Reason
		Construction stage	Operation stage	Construction stage	Operation stage	
12	Topography and Geology	-	-	N/A	N/A	周辺の地形、地質に影響を与えるような大規模な切土や盛土、造成工事は想定されない。
Social environment						
13	Resettlement/ land acquisition	✓	✓	D	D	**Construction Stage and Operation Stage:** *住民移転は発生しない*。予定されている工事は全てが既存の水路内での工事であることから、*新規の用地取得は発生しない*。
14	The poor	✓	✓	B(+)	B(+)	**Construction Stage:** 工事中に貧困層の人々が雇用機会を得る可能性があることから、*正の影響が見込まれる*。 **Operation Stage:** 事業による灌漑施設の整備により、*貧困層を含む地域農家の所得向上に寄与することが期待される*。
15	Ethnic Minorities and Indigenous Peoples	-	-	N/A	N/A	事業対象地およびその周辺に少数民族・先住民族は確認されていない。
16	Livelihood/ local economy	✓	✓	B(+)	B(+)	**Construction Stage:** 工事中に地域住民が雇用機会を得る可能性があり、*正の影響が見込まれる*。 **Operation Stage:** 事業による灌漑施設の整備により、*貧困層を含む地域農家の所得向上に寄与することが期待される*。
17	Land use and local resource utilization	-	-	N/A	N/A	既存灌漑施設の改修であり、土地利用や地域資源利用への影響は想定されない。
18	Water Usage or Water Rights and Rights of Common	✓	✓	B(-)	B(+)	**Construction Stage:** 既存灌漑施設の改修であるため、*工事中の農家の水利用に影響を与える可能性がある*。工事中の代替の灌漑水の確保など、緩和策を講じる必要がある。 **Operation Stage:** 本事業による灌漑施設の改修により、*農家の効率的な水利用が促進され、正の影響が見込まれる*。
19	Existing social infrastructures and services	✓	✓	B(-)	B(+)	**Construction Stage:** 橋梁を併設した水利構造物の改修も工事対象に含まれおり、*一時的に地域交通に対しての影響が予想される*。迂回路の設定や渋滞緩和のための工事車両の分散等の緩和策が求められる。 **Operation Stage:** 灌漑水路の改修により、*併設されている管理道路や橋梁のアクセス性の向上により、地域交通に対する正の影響が見込まれる*。
20	Social institutions	✓	-	B(-)	N/A	**Construction Stage:** 工事期間中の農家の水利用に対して影響を与える恐れがある。支線水路レベルで存在している水利組合（BC WUA）に対して、*工事開始時の工程の説明等の調整が必要と考えられる*。 **Operation Stage:** 既存施設の改修であり、施設の運用方法に変更はないため、地域の社会組織に対する影響は想定されない。
21	Misdistribution of benefit and damage	-	✓	N/A	B(+)	**Construction Stage:** 既存施設の改修であり、工事が周辺地域に不公平な被害と便益をもたらすことは想定されない。 **Operation Stage:** 本事業の効果により、同一地区内で均一的な水管理が可能となり、*正の影響が見込まれる*。
22	Conflict	-	✓	N/A	B(+)	**Construction Stage:** 既存施設の改修であり、工事が地域内の利害を引き起こすことは想定されない。 **Operation Stage:** 本事業の効果により、*同一地区内で均一的な水管理が可能となり、正の影響が見込まれ*

No.	Environmental item	Selection as scoping result		Evaluation based on the results of environmental and social consideration		Reason
		Construction stage	Operation stage	Construction stage	Operation stage	
						る。
23	Cultural heritage	–	–	N/A	N/A	事業対象地およびその周辺に遺跡等の重要な文化遺産は確認されていない。
24	Land scape	–	–	N/A	N/A	景観に影響を及ぼす構造物の建設は想定されない。
25	Gender	–	–	N/A	N/A	既設施設の改修であり、工事および施設の稼働がジェンダーに対して影響を与えることは想定されない。
26	Rights of the Child	–	–	N/A	N/A	既設施設の改修であり、工事および施設の稼働が子供権利に対して影響を与えることは想定されない。
27	Hazards (Risk), Infectious diseases such as HIV/AIDS	✓	–	B(–)	N/A	**Construction Stage**: 工事関係者が流入することにより、HIV/AIDS や COVID 等の*感染症が拡大するリスクがある*。 **Operation Stage**: 改修された施設の稼働により、感染症が引き起こされるなどの影響は想定されない。
28	Work environment (including safety)	✓	–	B(–)	N/A	**Construction Stage**: エジプトの工事現場では、ヘルメットや安全靴の着用などを怠っている現場も見受けられ、作業事故が発生する可能性がある。*建設工事作業員の安全や健康等の労働環境に対して配慮する必要がある*。 **Operation Stage**: 既存施設の改修であり、施設の運用方法に変更はないため、作業者の労働環境に与える影響は想定されない。
Others						
29	Accident	✓	–	B(–)	N/A	**Construction Stage**: 基幹水路沿いは、車道として整備されており、一部には鉄道が並行する区間も存在する。建設機械の稼働および工事用車両の走行等により、工事中の事故が想定される。交通・安全ガード員の適切な配置などの緩和策を行い、事故を防ぐことが必要である。 **Operation Stage**: 改修された施設の稼働による事故発生の増大などの影響は想定されない。
30	Transboundary impact, climate change	–	✓	N/A	B(+)	**Construction Stage**: 建設機械および工事用車両から排気ガスが排出されるが影響は限定的である。 **Operation Stage**: 本事業により促進される灌漑水の節水効果により、*将来の気候変動に伴う水資源の変動（渇水等）への適応性が向上することが期待され、正の影響が見込まれる*。

A(+/–): Significant positive/negative impact is expected. B(+/–): Positive/negative impact is expected to some extent.
C: Extent of impact is unknown. (A further examination is needed, and the impact could be clarified as the study progresses)
D: No impact is expected.
出典：JICA 調査団

表 7.3.11 環境社会影響評価（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入）

No.	Environmental item	Selection as scoping result		Evaluation based on the results of environmental and social consideration		Reason
		Construction stage	Operation stage	Construction stage	Operation stage	
Pollution						
1	Air Quality	✓	–	D	N/A	**Construction Stage**: 周辺地の大気質の悪化をもたらすような重機による工事は想定されない。 **Operation Stage**: 施設の稼働による大気質の悪化は想定されない。
2	Water Quality	✓	✓	D	B(–)	**Construction Stage**: 小水路の工事であり、工事の該当箇所は排水を行った後にドライにして工事が行われ

No.	Environmental item	Selection as scoping result		Evaluation based on the results of environmental and social consideration		Reason
		Construction stage	Operation stage	Construction stage	Operation stage	
						る。したがって、工事中の工事排水による影響は想定されない。 **Operation Stage**: スプリンクラーやドリップ灌漑では、チューブの目詰まりなど、*汲み上げる水質次第では圃場への効果的な灌漑に対して影響を与える可能性がある*。本事業のソフト支援による WUA の組織化の中で、水路へのゴミの投棄防止などの環境啓発活動が組み込まれる予定である。
3	Waste/ Garbage	✓	✓	B(-)	B(-)	**Construction Stage**: *掘削工事による掘削土および毛節廃材が発生することが想定される。また、ワーカーによる Meska へのゴミの投棄が懸念される。* **Operation Stage**: スプリンクラーやドリップ灌漑では、チューブの目詰まりなど、*汲み上げる水質次第では圃場への効果的な灌漑に対して影響を与える可能性がある*。本事業のソフト支援による WUA の組織化の中で、水路へのゴミの投棄防止などの環境啓発活動が組み込まれる予定である。
4	Soil Contamination	✓	✓	B(-)	B(-) B(+)	**Construction Stage**: *圃場内の工事であり、建設機械からのオイル漏れ等により、土壌を汚染する可能性がある*。 **Operation Stage**: 近代的圃場灌漑施設ではスプリンクラーおよびドリップ灌漑の導入による節水と併せて、*農薬・肥料等の投入が軽減されることが期待される*。一方、従来の表流水灌漑（水盤、畝間灌漑）から節水灌漑へと変更されることで、*表流水灌漑の副次的効果であった土壌のリーチングの効果が薄れ、土壌の塩害を誘発する*ことが懸念される。これを防止するため、本事業で導入する近代的圃場灌漑施設の設計では、表流水灌漑の機能を持たせるよう設計する計画である。
5	Noise and Vibration	✓	✓	D	D	**Construction Stage**: 杭打ちや既設構造物の破砕作業など騒音・振動を伴う工事は想定されない。 **Operation Stage**: 導入されるポンプは小規模であること、またポンプは農地に隣接した位置に設置されることから、*周辺住民に対する騒音・振動の影響は大きなものではない。*
6	Subsidence	-	-	N/A	N/A	地盤沈下に影響を与える作業は想定されない。
7	Odor	-	-	N/A	N/A	悪臭を引き起こす作業は想定されない。
8	Sediment	-	-	N/A	N/A	河川・湖沼等の底質へ影響を及ぼす作業は想定されない。
Natural environment						
9	Protected Areas	✓	✓	D	D	**Construction Stage and Operation Stage:** Qarun 湖および Rayan 湖は共に保護地、IBAs/KBAs、ラムサール湿地に登録されている。両湖には多数の水鳥や希少な哺乳類の存在が確認されている。 代替案の検討により、Fayoum の Aros & Abo Seer 優先灌漑サブ地域における近代的圃場灌漑施設の導入は、両湖の水量減少に与える影響が深刻であると分析された。したがって、近代的圃場灌漑施設の Fayoum における導入は行わない方針とする。以上から、保護地および生態系への影響は想定されない。
10	Ecosystem	✓	✓	D	D	
11	Hydrology	-	-	N/A	N/A	河川・湖沼等の水流・河床の変化を伴う構造物の建設は想定されない。
12	Topography and Geology	-	-	N/A	N/A	周辺の地形、地質に影響を与えるような大規模な切土や盛土、造成工事は想定されない。
Social environment						

No.	Environmental item	Selection as scoping result		Evaluation based on the results of environmental and social consideration		Reason
		Construction stage	Operation stage	Construction stage	Operation stage	
13	Resettlement/ land acquisition	✓	✓	D	D	**Construction Stage and Operation Stage:** 住民移転は想定されない。ポンプ施設の用地は、従来より Sakia が使用されている用地、圃場内管路については従来より Marwa（圃場内小水路）として使用されている土地を使用することから、*新規の用地取得は発生しない*。
14	The poor	-	✓	N/A	B(-)	**Construction Stage:** 建設工事中の貧困層に与える影響は想定されない。 **Operation Stage:** 近代的圃場灌漑施設は、コストリカバリーを農家自身が行う必要があり、*農家経済に影響を与える可能性がある*。本事業ではこうした点を考慮し、Meska 返済システムなどの農家が近代的圃場施設を導入しやすい資金スキームの導入が行われる予定である。また、ソフト支援の中で、農家収入の向上を支援するために、展示圃場の設置と営農研修が実施される予定である。
15	Ethnic Minorities and Indigenous Peoples	-	-	N/A	N/A	事業対象地およびその周辺に少数民族・先住民族は確認されていない。
16	Livelihood/ local economy	-	✓	N/A	B(-)	**Construction Stage:** 建設工事による生計・地域経済に与える影響は想定されない。 **Operation Stage:** 近代的圃場灌漑施設は、コストリカバリーを農家自身が行う必要があり、*農家経済に影響を与える可能性がある*。本事業ではこうした点を考慮し、Meska 返済システムなどの農家が近代的圃場施設を導入しやすい資金スキームの導入が行われる予定である。また、ソフト支援の中で、農家収入の向上を支援するために、展示圃場の設置と営農研修が実施される予定である。
17	Land use and local resource utilization	-	-	N/A	N/A	工事中および供用時共に、地域の土地利用・資源に与える影響は想定されない。
18	Water Usage or Water Rights and Rights of Common	✓	✓	B(-)	B(-)	**Construction Stage:** Meska 改修工事により*一時的に農家の水利用に影響を与える可能性がある*。影響を最小化するよう効率的な工事計画と地元説明が必要となる。 **Operation Stage:** 従来の圃場における水使用方法（表流水灌漑）から近代的な水使用方法（節水灌漑）へと圃場灌漑方法が変更となるため、*既存の農家の水利用に影響を与える*。こうした点を考慮し、本事業のソフト支援の中で、WUA の水管理に対する研修が実施される予定である。
19	Existing social infrastructures and services	✓	✓	B(-)	B(+)	**Construction Stage:** Meska 改善工事に伴い、Meska に歩道が併設してある場合、工事個所における農家の通行が阻害される可能性がある。*農家の通行に配慮する必要がある*。 **Operation Stage:** Meska 改善に伴って Meska が地下埋設される場合は、上部が農家の歩道スペースとなるため、*地域の交通に有効活用されることが見込まれる*。なお、改善する Meska のタイプ（開水路または暗渠）については、地域性を考慮する必要がある。
20	Social institutions	-	✓	N/A	B(-)	**Construction Stage:** 建設工事による地域の社会組織対する影響は想定されない。 **Operation Stage:** 近代的圃場灌漑施設は、農家単位ではなくグループ単位（WUA 単位）で導入される。*従来の農家単独で行う水利用からグループ単位での水利*

No.	Environmental item	Selection as scoping result		Evaluation based on the results of environmental and social consideration		Reason
		Construction stage	Operation stage	Construction stage	Operation stage	
						用へと変更となる。こうした点を考慮し、本事業のソフト支援の中で、WUA の水管理に対する研修が実施される予定である。
21	Misdistribution of benefit and damage	-	✓	N/A	B(-)	**Construction Stage**: 建設工事による地域の被害と便益の偏在にかかる影響は想定されない。 **Operation Stage**: *WUA による水管理が適切になされない場合、便益の偏りが生じる可能性がある*。こうした点を考慮し、本事業のソフト支援の中で、WUA の水管理に対する研修が実施される予定である。
22	Conflict	-	✓	N/A	B(-)	**Construction Stage**: 建設工事による利害対立は想定されない。 **Operation Stage**: *WUA による水管理が適切に行われない場合、地域内の利害対立生じる可能性がある*。こうした点を考慮し、本事業のソフト支援の中で、WUA の水管理に対する研修が実施される予定である。
23	Cultural heritage	-	-	N/A	N/A	事業対象地およびその周辺に遺跡等の重要な文化遺産は確認されていない。
24	Land scape	-	-	N/A	N/A	景観に影響を及ぼす構造物の建設は想定されない。
25	Gender	-	✓	N/A	B(-)	**Construction Stage**: 建設工事によるジェンダーへの影響は想定されない。 **Operation Stage**: *WUA が男性のみで構成される場合、女性の意見が反映されにくくなることが懸念される*。本事業のソフト支援による WUA の組織化では、WUA への積極的な女性メンバーの巻き込みおよび研修への参加を行う計画である。
26	Rights of the Child	-	-	N/A	N/A	工事中および供用時共に、子どもの権利にかかる影響は想定されない。
27	Hazards (Risk), Infectious diseases such as HIV/AIDS	-	-	N/A	N/A	**Construction Stage**: 工事の規模は小規模であり、地元の建設業者による工事となることが想定される。したがってワーカーの流入による HIV/AIDs などの感染症が持ち込まれる影響は想定されない。 **Operation Stage**: 供用時に感染症を引き起こすことは想定されない。
28	Work environment (including safety)	✓	✓	B(-)	B(-)	**Construction Stage**: エジプトの工事現場では、ヘルメットや安全靴の着用などを怠っている現場も見受けられ、作業事故が発生する可能性がある。*建設工事作業員の安全な作業に留意する必要がある*。 **Operation Stage**: 導入する近代的圃場灌漑施設では、ポンプ施設が整備されることとなる。*農家のポンプ運転時の事故が懸念される*。本事業のソフト支援では、農家に対する技術研修が行われる予定である。
Others						
29	Accident	✓	✓	B(-)	B(-)	**Construction Stage**: *掘削箇所などの工事現場における周辺住民の転落事故、建設機械の稼働に伴う作業員の工事中の事故等が想定される。* **Operation Stage**: 導入する近代的圃場灌漑施設では、ポンプ施設が整備されることとなる。*農家のポンプ運転時の事故が懸念される*。本事業のソフト支援では、農家に対する技術研修が行われる予定である。
30	Transboundary impact, climate change	-	✓	N/A	B(+)	**Construction Stage**: 建設工事に伴う温暖化ガスの排出量は微小と想定され、気候変動に与える影響は想定されない。 **Operation Stage**: 近代的圃場灌漑施設の導入により、大きな節水効果が見込まれる。*将来の気候変動に伴う水資源の変動（渇水等）への適応性が向上することが期待され、正の影響が見込まれる*。

A(+/-): Significant positive/negative impact is expected. B(+/-): Positive/negative impact is expected to some extent.
C: Extent of impact is unknown. (A further examination is needed, and the impact could be clarified as the study progresses)
D: No impact is expected.
出典：JICA 調査団

7.4 緩和策およびモニタリング計画

7.4.1 緩和策および費用

1) 事業コンポーネント No.1～7（水路での土木工事および機材調達）の緩和策

工事期間中は大気汚染、廃棄物や騒音などの影響が生じる。これらの影響の緩和策として、大気汚染や騒音に対しては、車両・重機の整備、防音装置付の車両の活用、工事時間への配慮、事故防止には建設工事車両の点検・管理、周辺住民の安全確保、等を実施する。水路内工事における濁水・オイル漏れ等の工事排水への対策として、シルトフェンスの設置等の排水処理対策を実施する。

工事期間の工事に伴う緩和策の実施については工事を請け負うコントラクターが実施し、その責任を MWRI の各コンポーネントの担当部署が負うこととする。また、施設供用期間中は灌漑水路の水質モニタリング、浚渫作業の実施および浚渫土の廃棄状況のモニタリング等を実施する計画とする。

表 7.4.1 緩和策および実施体制・費用（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達）

No.	Environmental Item	Mitigation Measures	Implement ation	Respon sible	Cost
(Construction Stage)					
1.	Air Quality	• 建設用機械・車両の点検および適正な維持管理を実施する。車両・重機が頻繁に出入りする現場では、定期的に散水を行う。	Contractor	RGBS/ IS	Inclusive in construction cost
2.	Water Quality	• 水路のライニング工事等の水路内の工事において、下流への水質汚濁の影響を緩和するため、シルトフェンスの設置等の濁流対策および重機からのオイル漏れへの対策を適切に行う。 • 工事現場に適切な数の仮設トイレ、浄化槽の設置を行う。	Contractor	RGBS/ IS	Inclusive in construction cost
3.	Waste/ Garbage	• 建築廃材および既設撤去等に伴う建設廃棄物について、許認可を受けた処分場で適切に処理を行う。 • 工事現場において、ゴミ容器を適切に配置し、処置を行う。ワーカーによる工事現場および水路でのゴミの投棄を防止する。 • 仮設トイレまたは浄化槽を設置し、工事宿舎からの未処理の排水の流出を防止する。	Contractor	RGBS/ IS	Inclusive in construction cost
4.	Noise and Vibration	• 工事の作業時間を限定する（住居近隣地域での夜間工事を避ける）。 • 建設機械の稼働に伴う騒音の発生が集中しないよう工事計画を作成する。 • 車両の定期点検および適正な維持管理を行う。	Contractor	RGBS/ IS	Inclusive in construction cost
5.	Protected Areas/ Ecosystem	• 上述の工事中の水質に対する対応と同様。	Contractor	IS	Inclusive in construction cost
6.	Water Usage	• 灌漑水路の工事に伴い、周辺農家の水利用に大きな影響を与えないよう、仮設水路の設置等の対策を実施する。	Contractor	RGBS/ IS	Inclusive in construction cost
7.	Existing social infrastructures and services	• 工事中の灌漑水路に併設されている管理用道路において、既存の交通を妨げる事がないよう、交通整理員を配置し、適切な交通整理を行う。また、橋梁が設置されて	Contractor	RGBS/ IS	Inclusive in construction cost

		いる水利構造物の工事中は、適切な迂回路を設置する。			
8.	Social institutions	• 幹線水路および支線水路の工事実施の際は、支線レベルの水管理組合（BC WUA）に対して工事スケジュールや工事期間の影響の有無などにつき事前の説明会を適切に行う。	Contractor	RGBS/ IS	Inclusive in construction cost
9.	Hazards (Risk), Infectious diseases such as HIV/AIDS	• 作業員に対し安全衛生教育、感染症対策の教育を定期的に実施する。	Contractor	RGBS/ IS	Inclusive in construction cost
10.	Work environment (including safety)	• 建設工事作業員に対する安全教育を適切に実施する。 • 作業員の安全を図る為の保護道具（ヘルメット等）の着用を遵守する。	Contractor	RGBS/ IS	Inclusive in construction cost
11.	Accident	• 工事作業員、ドライバーに対して、安全教育、安全運転研修を定期的に実施する。 • 交通標識、交通整理の人員、工事用仮設道路を適切に設置する。 • 現場内に安全第一を啓発する看板を設置する。 • 掘削工事等の落差が生じる施工箇所については、柵、掲示板等の転落防止の対策を実施する。	Contractor	RGBS/ IS	Inclusive in construction cost
(Operation Stage)					
1.	Water Quality	• 水路（基幹水路・幹線水路）の水質を定期的にモニタリングし、農業用水として適切な水質であることを確認する。	IS	IS	Inclusive in maintenance work of IS
2.	Waste/ Garbage	• 水路（基幹水路・幹線水路）の浚渫を定期的に実施し、浚渫土を MWRI 規定の処分場に移送、処理する。	GD Canal Maintenance	GD Canal Maintenance	Inclusive in maintenance work of GD Canal Maintenance
3.	Protected Areas/ Ecosystem	• Fayoum への規定の年間配水水量の遵守 • Qarun 湖および Rayan 湖への排水量モニタリング	IS	IS	Inclusive in maintenance work of IS

RGBS: Reservoirs and Grand Barrages Sector (MWRI), IS: Irrigation Sector (MWRI), GD: General Directorate
出典：JICA 調査団

2) 事業コンポーネント No.8（近代的圃場灌漑施設の導入）の緩和策

圃場レベルの近代的灌漑施設の施工は、最小 10～標準 30 feddan（4.2～12.6 ha）の農地に対する圃場内灌漑施設の整備であり、一つ一つの工事は小規模である。工事期間中の施工に対する緩和策は施工業者および周辺住民に対する施工中の安全対策などが中心となる。

他方、近代的圃場灌漑施設の導入は、既存の農家の水管理方法および営農方法が大きく変更となること、農家による導入コストの負担が求められること、グループ単位での運用が必要であることなど、特に農家に対する社会面の影響が想定される。事業で計画する農家へのソフト支援（WUA の組織化および技術支援）の実施が、これらの影響に対する緩和策となる。

本コンポーネントの担当部署は MWRI の IIS（Irrigation Improvement Sector）であり、ソフト支援については IIS 自身が実施を担当する。工事についてはコントラクターが実施し、その管理を IIS が担当する。よって、工事に対する緩和策はコントラクターが実施し、その責任を IIS が負うこととする。また、ソフト支援の実施およびその責任は IIS が負うこととする。

IIS による WUA へのソフト支援は、工事開始前より活動を開始する。7.3.11 で評価した施設供用時の環境社会影響に対する緩和策は、ソフト支援の中で実施される。したがい、緩和策およびそのモニタリングについても工事開始前より開始する計画とし、施設供用時も継続して実施する。

影響評価結果項目と対応する緩和策の対応表を表 7.4.2、緩和策の内容を表 7.4.3 に取り纏める。

表 7.4.2 影響評価結果項目と対応する緩和策の対応表（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入）

Item No.	Environmental Item	Evaluation Results at Construction Stage	Corresponding Mitigation Measures in Table 7.4.3	Evaluation Results at Operation Stage	Corresponding Mitigation Measures in Table 7.4.3
2.	Water Quality	N/A	-	B(-)	Before Construction Stage No.1 (Continue in Operation Stage)
3.	Waste/Garbage	B(-)	Construction Stage No.1	B(-)	
3.	Soil Contamination	B(-)	Construction Stage No.2	B(-)	Before Construction Stage No.2 (Continue in Operation Stage)
14.	The Poor	N/A	-	B(-)	Before Construction Stage No.3 (Continue in Operation Stage)
16.	Livelihood /local economy	N/A	-	B(-)	
18.	Water usage or Water Rights and Rights of Common	B(-)	Construction Stage No.3	B(-)	Before Construction Stage No.4 (Continue in Operation Stage)
19.	Existing social infrastructures and services	B(-)	Construction Stage No.4	B(+)	-
20.	Social institutions	N/A	-	B(-)	Before Construction Stage No.4 (Continue in Operation Stage)
21.	Misdistribution of benefit and damage	N/A	-	B(-)	
22.	Conflict	N/A	-	B(-)	
25.	Gender	N/A	-	B(-)	Before Construction Stage No.5 (Continue in Operation Stage)
28.	Work Environment	B(-)	Construction Stage No.5	B(-)	Before Construction Stage No.6 (Continue in Operation Stage)
29.	Accident	B(-)	Construction Stage No.6	B(-)	

出典：JICA 調査団

表 7.4.3 緩和策および実施体制・費用（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入）

No.	Environmental Item	Mitigation Measures	Implementation	Responsible	Cost
(Before Construction Stage)					
1.	Water Quality and Waste/Garbage	• WUA 組織化における環境啓発パッケージの導入（Meska へのゴミ投棄防止等）	IIS	IIS	Inclusive in project cost
2.	Soil contamination	• 近代圃場灌漑施設の設計におけるリーチング対策の導入 • 展示圃場の設置と WUA への研修実施（農薬・肥料管理）	IIS	IIS	Inclusive in project cost
3.	Poor/ Livelihood/ local economy	• 適切な資金スキームの導入（例、Meska 返済システム等） • 展示圃場の設置と WUA への研修実施（営農支援）	IIS	IIS	Inclusive in project cost
4.	Water Usage/ social institutions/ conflict/ misdistribution of benefit and damage	• 展示圃場の設置と WUA への研修実施（水管理））	IIS	IIS	Inclusive in project cost
5.	Gender	• WUA における女性メンバーの巻込みと役割の向上	IIS	IIS	Inclusive in project cost
6.	Work environment/ accident	• 展示圃場の設置と WUA への研修実施（安全な運転管理）	IIS	IIS	Inclusive in project cost
(Construction Stage)					
1.	Waste/ Garbage	• 建築廃材および既設撤去等に伴う建設廃棄物について、許認可を受けた処分場で適切に処理を行う。 • 工事現場において、ゴミ容器を適切に配置し、処置を行う。ワーカーによる工事現場および水路でのゴミの	Contactor	IIS	Inclusive in construction cost

		投棄を防止する。			
2.	Soil Contamination	• 建設機械の定期的なメンテナンスを行い、オイル漏れを防止する。	Contactor	IIS	Inclusive in construction cost
3.	Water Usage	• Meska 改修における既存の農家の水利用への影響を最小化するための工程検討と住民説明の実施	Contactor	IIS	Inclusive in construction cost
4.	Existing social infrastructures	• Meska に歩道が併設されている場合、工事個所に歩行者が立ち入らないよう柵を設けるなどの対策を行う。	Contactor	IIS	Inclusive in construction cost
5.	Work environment (including safety)	• 建設工事作業員に対する安全教育を適切に実施する。 • 作業員の安全を図る為の保護道具（ヘルメット等）の着用を遵守する。	Contactor	IIS	Inclusive in construction cost
6.	Accident	• 工事作業員、ドライバーに対して、安全教育、安全運転研修を定期的に実施する。 • 交通標識、交通整理の人員、工事用仮設道路を適切に設置する。 • 現場内に安全第一を啓発する看板を設置する。 • 掘削工事等の落差が生じる施工箇所については、柵、掲示板等の転落防止の対策を実施する。	Contactor	IIS	Inclusive in construction cost
(Operation Stage)					
Same items as “Before construction stage”		• WUA に対する技術支援の継続と完了	IIS	IIS	Inclusive in maintenance work of IS

IIS: Irrigation Improvement Sector (MWRI)
出典：JICA 調査団

7.4.2 モニタリング計画および費用

1）事業コンポーネント No.1～7（水路での土木工事および機材調達）のモニタリング計画

工事期間のモニタリングは工事を請け負うコントラクターが実施し、本事業の実施ユニットである PMU（Project Management Unit）および RCU（Regional Coordination Unit）がモニタリングにかかる責任を負う体制とする。供用開始後のモニタリングは、実施と責任の両方において、MWRI の各コンポーネント担当部署がその役割を果たす体制とする。

表 7.4.4 モニタリング計画および実施体制・費用
（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達）

No.	Environmental Item	Monitoring Items	Monitoring Points	Frequency	Implementation	Responsible	Cost
(Construction Stage)							
1.	Air Quality	• 建設用機械・車両の点検、維持管理記録	建設地点	Monthly	Contractor	PMU/ RCU	Inclusive in construction cost
2.	Water Quality	• 排水対策の実施状況 • 灌漑水路（工事個所の下流）の水質モニタリング（pH, EC, TSS, 油脂類） • 仮設トイレ・浄化槽の設置記録	建設地点より下流の水路	Monthly	Contractor	PMU/ RCU	Inclusive in construction cost
3.	Waste/ Garbage	• 既設撤去に伴う廃棄物の処理記録 • 工事現場におけるゴミ容器の設置記録	建設地点	Monthly	Contractor	PMU/ RCU	Inclusive in construction cost
4.	Noise and Vibration	• 工事記録（時間帯） • 騒音・振動レベル	建設地点（住民近隣地域）	Monthly	Contractor	PMU/ RCU	Inclusive in construction cost
5.	Protected Areas/ Ecosystem	（No.2：水質と同じ）	（No.2：水質と同じ）	（No.2：水質と同じ）	（No.2：水質と同じ）	（No.2：水質と同じ）	（No.2：水質と同じ）

6.	Water Usage	• 仮設水路の設置状況 • 支線レベル水管理組合（BC WUA）および地域住民への工事説明会記録	建設地点周辺	Monthly	Contractor	PMU/ RCU	Inclusive in construction cost
7.	Social institutions						
8.	Existing social infrastructures	• 工事中の交通渋滞の有無 • 迂回路の設置状況	建設地点周辺	Monthly	Contractor	PMU/ RCU	Inclusive in construction cost
9.	Hazards (Risk), Infectious diseases such as HIV/AIDS	• 安全衛生教育、感染症にかかる衛生教育の実施記録	建設地点	Monthly	Contractor	PMU/ RCU	Inclusive in construction cost
10.	Work environment, safety, accidents	• 安全大会の実施記録 • 事故の発生記録 • 交通整理員の配置、交通標識、工事看板等の設置状況	建設地点	Monthly	Contractor	PMU/ RCU	Inclusive in construction cost
(Operation Stage)							
1.	Water Quality	• 灌漑用水路（基幹水路・幹線水路）の定期水質モニタリング記録（pH, EC, TSS, 油脂類）	基幹・幹線水路	Biannually	IS	IS	Inclusive in maintenance work of IS
2.	Waste/ Garbage	• 灌漑用水路（基幹水路・幹線水路）の定期浚渫作業記録	基幹・幹線水路	Biannually	GD Canal Maintenance	GD Canal Maintenance	Inclusive in maintenance work of GD Canal Maintenance
3.	Protected Area/ Ecosystem	• Fayoum への灌漑配水量 • Qarun 湖および Rayan 湖への排水量	取水口および湖への排水路*1	Annually	IS, EPAD	IS, EPAD	Inclusive in ordinary work of IS and EPADP

PMU: Project Management Unit, RCU: Regional Coordination Unit, IS: Irrigation Sector (MWRI), GD: General Directorate, EPAD: Egyptian Public
*1: 取水口 2 箇所（Hassaen Wassef Intake, Lahoun Regulator）および排水路 10 箇所
出典：JICA 調査団

2) 事業コンポーネント No.8（近代的圃場灌漑施設の導入）のモニタリング計画

IIS が行うソフト支援活動による緩和策実施状況のモニタリングは、IAS 自身が活動報告書の中で記録し、本事業の実施ユニットである PMU および RCU がモニタリングにかかる総括を行う体制とする。工事に対する緩和策のモニタリングについては、工事を請け負うコントラクターが実施し、その責任を PMU および RCU が負う体制とする。

表 7.4.5 モニタリング計画および実施体制・費用（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入）

No.	Environmental Item	Monitoring Items	Monitoring Points (or method)	Frequency	Implementation	Responsible	Cost
(Before Construction Stage)							
1.	Water Quality and Waste/Garbage	• WUA への研修内実施状況（環境啓発）	IIS 活動報告書	Monthly	IIS	PMU/ RCU	Inclusive in project cost
2.	Soil contamination	• リーチング対策の有無 • 展示圃場設置と WUA への研修実施状況（農薬・肥料管理）	IIS 活動報告書	Monthly	IIS	PMU/ RCU	Inclusive in project cost
3.	Poor/ Livelihood/ local economy	• 資金スキームにかかる WUA との合意状況 • 展示圃場設置と WUA への研修実施状況（営農支援）	IIS 活動報告書	Monthly	IIS	PMU/ RCU	Inclusive in project cost

4.	Water Usage/ social institutions/ conflict/ misdistribution of benefit and damage	• 展示圃場設置と WUA への研修実施状況（水管理）	IIS 活動報告書	Monthly	IIS	PMU/ RCU	Inclusive in project cost
5.	Gender	• WUA における女性メンバーの数および活動状況	IIS 活動報告書	Monthly	IIS	PMU/ RCU	Inclusive in project cost
6.	Work environment/ accident	• 展示圃場設置と WUA への研修実施状況（安全な運転管理）	IIS 活動報告書	Monthly	IIS	PMU/ RCU	Inclusive in project cost
(Construction Stage)							
1.	Waste/ Garbage	• 既設撤去に伴う廃棄物の処理記録 • 工事現場におけるゴミ容器の設置記録	建設地点	Monthly	Contractor	PMU/ RCU	Inclusive in construction cost
2.	Soil contamination	• 土壌でのオイル漏れの有無	建設地点	Monthly	Contractor	PMU/ RCU	Inclusive in construction cost
3.	Water Usage	• 工事計画の住民説明記録	建設地点	Monthly	Contractor	PMU/ RCU	Inclusive in construction cost
4.	Existing social infrastructures	• 工事中の通行人に対する安全対策の実施状況（ガード柵の設置等）	建設地点	Monthly	Contractor	PMU/ RCU	Inclusive in construction cost
5.	Work environment, safety, accidents	• 安全大会の実施記録 • 事故の発生記録 • 交通整理員の配置、交通標識、工事看板等の設置状況	建設地点	Monthly	Contractor	PMU/ RCU	Inclusive in construction cost
(Operation Stage)							
Same items as “Before construction stage”		• モニタリングの継続と完了	IIS 活動報告書	Monthly	IIS	PMU/ RCU	Inclusive in project cost

PMU: Project Management Unit, RCU: Regional Coordination Unit, IIS: Irrigation Improvement Sector (MWRI)
出典：JICA 調査団

7.5 実施体制

緩和策およびモニタリングにかかる実施体制を図 7.5.1～図 7.5.3 に示す。工事期間は、プロジェクト監理コンサルタントが、建設業者により実施される緩和策およびそのモニタリングについて、MWRI の責任機関と共に監理を行う。IIS が行うソフト支援活動（緩和策）およびモニタリングについてはプロジェクト監理コンサルタントが適宜助言を行う。モニタリング報告書の作成、および JICA への提出については、RCU/PMU が責任を負うこととする。

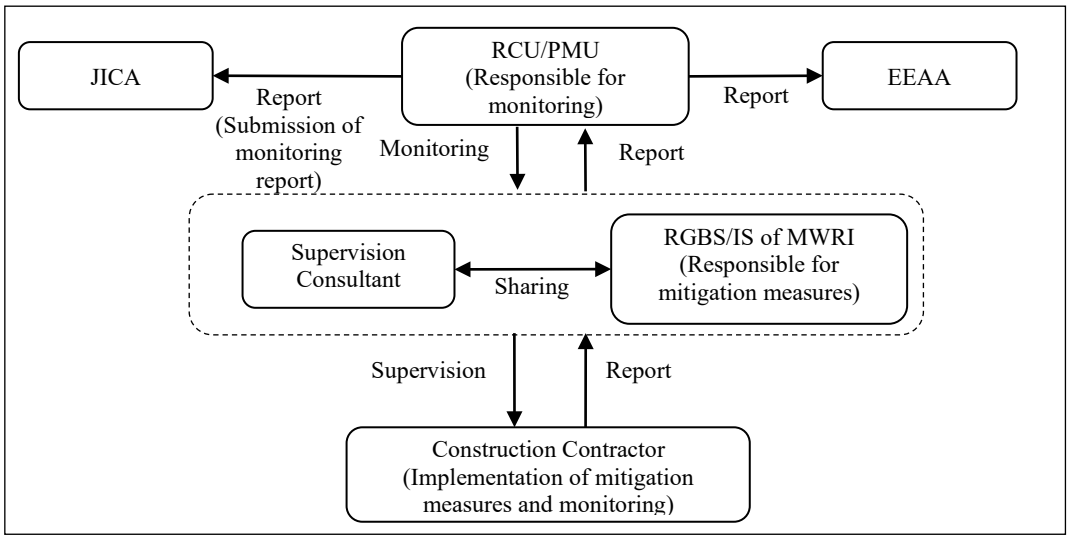


図 7.5.1 工事中の緩和策およびモニタリングの実施体制
（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達）（出典：JICA 調査団）

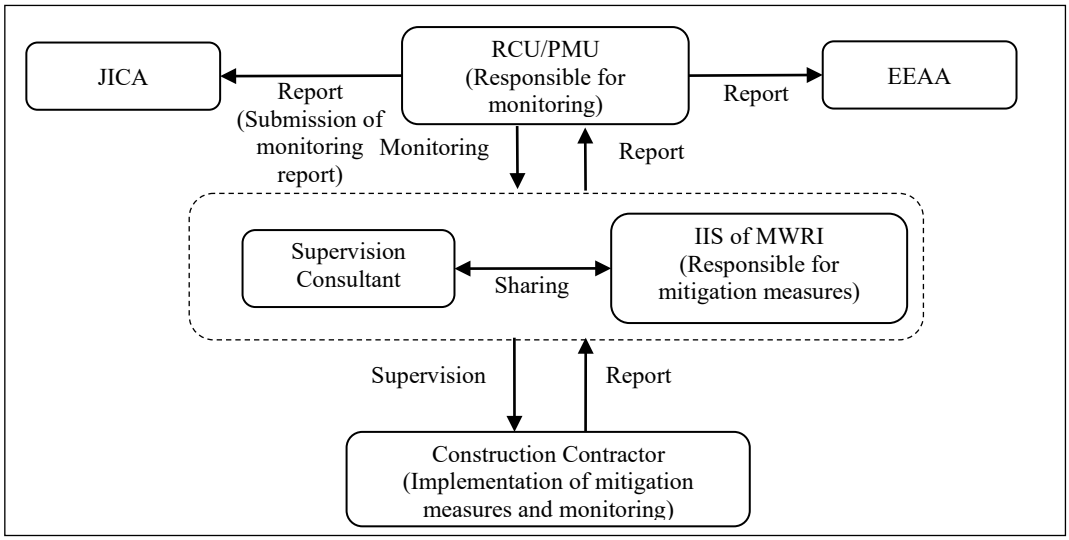


図 7.5.2 工事中の緩和策およびモニタリングの実施体制
（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入）（出典：JICA 調査団）

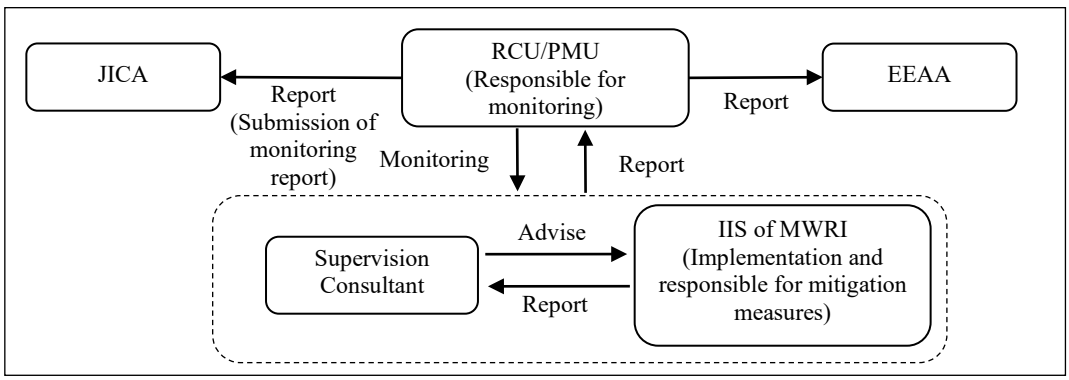


図 7.5.3 工事開始前および供用時のソフト支援活動（緩和策）およびモニタリングの実施体制
（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入）（出典：JICA 調査団）

7.6 苦情処理

1) 事業コンポーネント No.1～7（水路での土木工事および機材調達）の苦情処理

水路および水利構造物等の土木工事に対する住民の苦情窓口は、村レベルあるいは郡レベルの役場（Local unit）が担当する。苦情を受けた村または郡役場は、MWRI の末端事務所である郡事務所（District office）へ報告する。MWRI の郡事務所は、RCU へ苦情を報告する。RMU は苦情の内容を PMU および建設コントラクターへ共有する。苦情の内容に応じて RCU/PMU および建設コンタクターが対処を行う。苦情処理メカニズムの設立時期は、工事の開始時期とし、村および郡の Local unit を通じて住民に通知する。

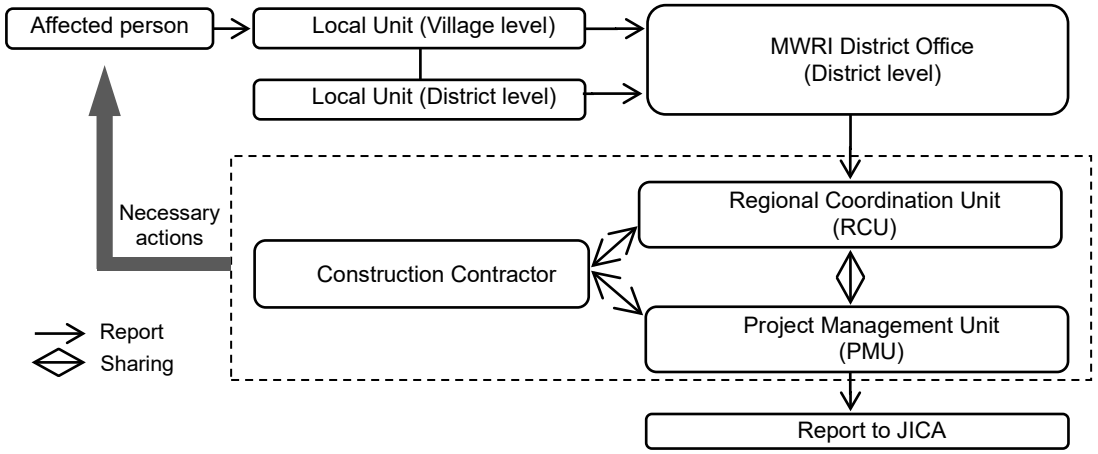


図 7.6.1 苦情処理フロー（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達）

出典：JICA 調査団

2) 事業コンポーネント No.8（近代的圃場灌漑施設の導入）の苦情処理

近代的圃場灌漑施設は WUA をベースとして導入される。施設建設前より、MWRI の IIS が WUA の組織強化および技術支援を実施する。従って、受益者となる農家からの苦情については、IIS が直接の窓口となる。苦情を受けた IIS は、RCU へと共有を行う。RCU は PMU および建設コントラクターへ苦情を共有する。苦情の内容に応じて IIS、RCU/PMU および建設コンタクターは対処を行う。苦情処理メカニズムの設立時期は、IIS の活動開始時期（工事前より開始）とし、IIS から WUA（および受益農家グループ）に通知する。

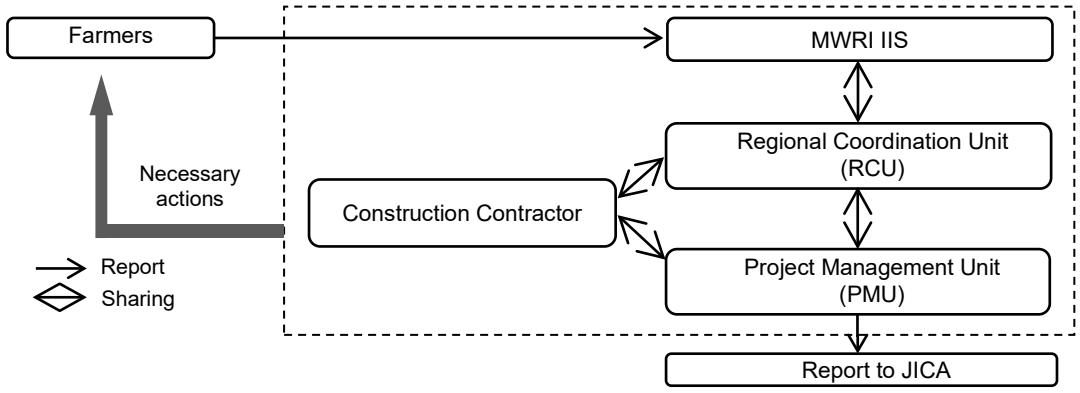


図 7.6.2 苦情処理フロー（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入）

出典：JICA 調査団

7.7 ステークホルダー協議

ステークホルダー協議は、2022 年 11 月～12 月にかけて実施した。3 つの各優先灌漑サブ地域から、水不足がほとんど起こっていない村、中程度の村、水不足に悩む村を代表として各 3 村（計 9 村：表 7.7.1 参照）選定し、各県の IIS 職員のファシリテーションの下に村レベルで集会を実施した。

表 7.7.1 ステークホルダー協議の開催対象の村

Village with Water Condition	Beni Suef	Fayoum	Gharbia
	Abo Shosha	Aros & Abo Seer	Kased
	Name of Villages		
Good	Dashtot	Masara Arfa	Mahlet Menouf
Moderate	El Mahmodya	El Gafra	Shobra barola
Shortage	Mazora	Bahr Abo Elmer	Damat

出典：JICA 調査団

1) 開催日時、場所、告知方法、開催方法

各村のステークホルダー協議の開催日時および場所を表 7.7.2 に示す。ステークホルダー協議の開催告知は、IIS 職員を通して「2) 参加者」に示した各村の農家および農業従事に関係するコミュニティー関係者に伝えられ参加者が参集された。ステークホルダー協議は、各地域に設置されている公共施設（Municipality office, youth center 等）または農家代表の家屋に参加者を参集し、会議方式により開催した。Gharbia 県の 3 村では初回の協議では女性の参加者が得られなかったため、女性を対象とした協議を別途実施した。

表 7.7.2 ステークホルダー協議の開催日時、場所

No.	Village/ Sub region/ Governorate	Date/ Time	Venue
1	Dashtot/ Abo Shosha/ Beni Suef	13-11-2022/ 10:00 AM	Municipality office at the village
2	El Mahmodya/ Abo Shosha/ Beni Suef	14-11-2022/ 10:30 AM	House of village head
3	Mazora/ Abo Shosha/ Beni Suef	15-11-2022/ 10:30 AM	House of village head
4	El Gafra/ Aros & Abo Seer/ Fayoum	4-12-2022/ 11:00 AM	House of a farmer
5	Bahr Abo Elmer/ Aros & Abo Seer/ Fayoum	5-12-2022/ 11:00 AM	House of a farmer
6	Masara Arfa/ Aros & Abo Seer/ Fayoum	6-12-2022/ 11:00 AM	House of a farmer
7	Shobra barola/ Kased/ Gharbia	27-12-2022/ 10:30 AM	Youth center
8	Damat/ Kased/ Gharbia	28-12-2022/ 10:30 AM	Village sports hall
9	Mahlet Menouf / Kased/ Gharbia	29-12-2022/ 10:30 AM	Youth center
10	Mahlet Menouf / Kased/ Gharbia (for female farmers)	19-6-2023/ 11:30 AM	House of WUA head
11	Damat/ Kased/ Gharbia (for female farmers)	20-6-2023/ 11:30 AM	Village sports hall
12	Shobra barola/ Kased/ Gharbia (for female farmers)	20-6-2023/ 1:00 PM	Katoor district irrigation department office

出典：JICA 調査団

2) 参加者

ステークホルダー協議は、各地域の村の共同組合関係者（Village cooperative）、農業組合関係者（Agricultural Cooperative）、水管理組合関係者（WUA: Water Users' Association）、WUA に参加している一般農家およびその他の一般農家等を集めて実施した。また、WUA に参加している女性代表者についても参加するよう要請し、女性の意見が反映されるよう配慮した。また、前述のとおり、Gharbia 県については女性を対象とした協議を別途実施した。

表 7.7.3 ステークホルダー協議の参加者

No.	Village/ Sub region/ Governorate	Nos. of participants Total Nos. (Female nos.)	Variety of participants
1	Dashtot/ Abo Shosha/ Beni Suef	54 (Female: 15)	- IIS staff, MWRI - Village cooperative staff - Agricultural cooperative staff in the village - WUA chairman and other board members - WUA member farmers - Other farmers, and so on.
2	El Mahmodya/ Abo Shosha/ Beni Suef	19 (Female: 3)	
3	Mazora/ Abo Shosha/ Beni Suef	26 (Female: 7)	
4	El Gafra/ Aros & Abo Seer/ Fayoum	48 (Female: 2)	
5	Bahr Abo Elmer/ Aros & Abo Seer/ Fayoum	24 (Female: 2)	
6	Masara Arfa/ Aros & Abo Seer/ Fayoum	16 (Female: 2)	
7	Shobra barola/ Kased/ Gharbia	23 (Female: 0)	
8	Damat/ Kased/ Gharbia	29 (Female: 0)	
9	Mahlet Menouf / Kased/ Gharbia	36 (Female: 0)	
10	Mahlet Menouf / Kased/ Gharbia (For female farmers)	14 (Female: 9)	
11	Damat/ Kased/ Gharbia (For female farmers)	35 (Female: 21)	
12	Shobra barola/ Kased/ Gharbia (For female farmers)	26 (Female: 20)	

出典：JICA 調査団

今回実施したステークホルダー協議では、IIS を通じて事前に村の責任者や組合の役員等を通じて必ず女性の参加がなされるよう依頼を行った。しかしながら、男女を同一会場に集めて計画したステークホルダー協議では女性の参加が少ない、あるいは参加がみられない結果となった。

そのため、女性を対象としたステークホルダー協議を Gharbia 県においては別途実施し、女性の意見の取り込みを図った。しかしながら、より保守的な地域では女性のみの参加であっても困難な場合がある（例えば、Fayoum 県）。このため、事業実施に向けての情報公開やステークホルダー協議においては、まずは IIS の女性職員（通常 1～2 割は女性職員）を優先的に当事業対象地域に配置することが必要である。そして、女性を対象とした協議会の開催を担当の IIS 職員によって粘り強く申し入れていく、さらに大きな女性人数での招集が困難な場合もあることから、小さな女性グループを対象に複数回のステークホルダー協議を行うなど、女性の事業への参加促進と情報へのアクセス向上に留意する必要がある。

3) 協議内容

協議は 2 部構成として、第 1 部で事業全体にかかる説明・協議、第 2 部で近代的圃場灌漑施設導入にかかる説明・意見徴収・集約を行った。協議内容は以下のとおり。

【第 1 部：事業全体にかかる説明・協議】

- ✓ 事業の概要、実施スケジュール、事業対象地域、事業スコープの内容の説明
- ✓ 工事概要・影響・緩和策
- ✓ 質疑応答

【第 2 部：近代圃場灌漑施設導入にかかる説明・意見徴収・集約】

- ✓ 近代的圃場灌漑施設の施設構成の説明（施設のコストについては説明していない）
- ✓ 近代的圃場灌漑施設の導入に対する詳細の意見徴収・集約
  - WUA をベースとした施設の導入
  - Meska の改修方法
  - 節水機器の種別（スプリンクラー、ドリップ、両機器併用）
  - 償還方法

- 導入の意思確認

4）協議結果

事業全体にかかる説明・協議に対する主な意見・質疑内容を表 7.7.4 に示す。事業コンポーネントの内、水路および水利施設の改修について、事業を積極的に進めてほしいとの意見が寄せられた。参加者の水不足の解消にかかる意識は高く、灌漑効率のより一層の改善を望む声が多く聞かれた。また、工事の影響とその緩和策（水路工事中の灌漑水の確保、工事個所の安全柵の設置、交通誘導員の配置等）について説明を行った。参加者からは否定的な意見や質疑は挙げられなかった。女性の参加者からは、衛生環境と子供の安全を守るため、市街地に近い場所の支線水路・Meska を暗渠化し、水路へのゴミの投棄を防止してほしいとの意見が聞かれた。

一方、近代的圃場灌漑施設の導入については、不安を憶える農家が少なくない。これは、現時点において、多くの農家が所有・耕作している従来からの耕作農地（Old lands）に対する適用事例がなく、成功事例がイメージできないことが起因していると考えらえる。近代圃場灌漑施設導入にかかる意見徴収・集約結果の詳細は、次段落に記述する。

表 7.7.4 事業全体にかかる質疑・意見等

Major Opinions/Questions from Participants	Answers by IIS
【基幹・幹線水路の改修・水利構造物の改修について】 - 事業コンポーネントの内容に賛同する。是非事業を進めてほしい。	- 基幹・幹線水路の改修は、MWRI が進める灌漑効率改善に寄与するものであり、本事業も MWRI の目的に合致したものである。
【支線水路・Meska の改修・水利構造物の改修について】 - 事業コンポーネントの内容に賛同する。自分達の村近くの支線水路・Meska については、未だライニング水路への更新が済んでいないものがあるので、是非早期に改修をお願いしたい。	- MWRI では、全ての支線水路についてライニング等の改修を行う計画を立てている。Meska については、WUA にて改修を行うように計画している。
- 支線水路・Meska の改修に際し、ゴミの投棄による水質汚染や公衆衛生上の問題が懸念されるためカバーを施すなどの対策を行ってほしい。 （市街地に近い水路は、衛生環境と子供の安全を守る上でも、暗渠化を検討してほしい。）	- ゴミ投棄の問題等を考慮し、適切な設計とするよう配慮する。
【近代的圃場灌漑施設の導入について】 - 近代的圃場灌漑施設の導入は、今後必ず導入していく必要があるのか？	- 2022 年 5 月に発行された Ministerial Decree（省令）[14]により、一部の地域を除く全エジプト地域に近代的灌漑施設を導入していくことが決定されている。近い将来、全ての農家が同施設の導入を検討する必要がある。
- 近代的圃場灌漑施設の導入により、生産量が上がり、市場の農作物が増える事で、買い取り価格が下がることに懸念がある。	- MAWRI は農家の市場でのマーケティングに対し、支援を行う。
- 近代的圃場灌漑施設の導入に際し、より一層の水路での灌漑効率改善が必要と思うので、水路の改修を合わせて	- 水路と圃場灌漑施設を併せて整備し、灌漑効率を改善することが事業の目的である。

[14] 近代圃場灌漑施設の導入には巨額の予算が必要となるため、財務省、NBE、ABE、そして MWRI と MALR の 5 者からなる Joint Cooperation Protocol が 2021 年 8 月 5 日付けで署名・締結されている。当該文章タイトルは「National Initiative for the Irrigation Improvement and the Transition to Modern Irrigation」とされているが、近代圃場灌漑施設導入の資金を財務省が NBE と ABE に供与、そして農民は両銀行からのローンによって施設を整備するが、その際の実施機関として MWRI と MALR が責を持つことを合意している。なお、第 7 条には本文書の confidentiality が記載されている。また、その後、水資源灌漑省は 2022 年 5 月 9 日付けにて Ministerial Decree No. 143（2022）にて近代圃場灌漑施設の導入を行うことを決定している。

Major Opinions/Questions from Participants	Answers by IIS
進めてほしい。	
- 近代的圃場灌漑施設において、稲作（コメ）の栽培は可能か？	- 可能ではあるが、技術的に推奨はされない。営農にかかる事業によるソフト支援も検討したい。
- 近代的圃場灌漑施設の導入により、土壌の塩分濃度が上がらないか？営農上問題ないか？	- 近代的圃場灌漑施設に、従来の flood 灌漑の機能を持たせた設計とすることが可能である。これにより、土壌のリーチングが可能であり、土壌の塩分も適切に除去される。
- 従来農地（Old lands）における適用事例を知りたいので、デモンストレーション圃場の設置を行ってほしい。	- 事業のソフト支援の中で、デモンストレーション圃場の設置と技術支援を行う計画としている。
【その他】 - 水路内でホテイアオイが繁殖し、水路の水を所費している可能性があるので、対処を検討してほしい。	- MWRI の維持管理作業の一部であり対処したい。本事業によりメンテナンス機器も導入される。

出典：JICA 調査団

近代的圃場灌漑施設導入に対する詳細の質問内容と意見徴収・集約結果を地域別に表 7.7.5～7.7.7 に示す。近代圃場灌漑施設の導入に対する意識は地域間でモチベーションに差異が見られる。最も導入に対して積極的なのはデルタ地域の Kased（Gharbia 県）であり、ついで上エジプト地域の Abo Shosha（Beni Suef 県)、最も導入に対して懐疑的な姿勢を取ったのは上エジプト地域の Fayoum であった。

Fayoum では、導入に際し農家が所有する農地サイズが小さいことを問題として挙げており、グループ単位での施設の導入に対し不安を憶える農家が多いことが特徴として挙げられた。Fayoum での導入を図る場合、施設の規模・組織化に際し、それらの特徴に留意する必要がある（なお、Fayoum 県における近代圃場灌漑施設の導入は、Quaran 湖と Rayan 湖への影響を考慮し、詳細の影響分析（4.10 章参照）および代替案の分析結果から、事業コンポーネントに含めないことを提案している)。

共通して強く望まれた事項として、開拓農地（New lands）での成功事例を見聞きしており魅力を感じるものの、従来農地（Old lands）での成功事例を経験していないため、デモンストレーション圃場での実証を示してほしいとの要望が挙げられた。近代的圃場灌漑施設導入後の栽培やマーケティングにかかる要望も挙げられおり、事業によるソフト支援（組織化・技術支援）の中で、これらの農家の要望を満足するための技術支援活動が重要である。

表 7.7.5　近代圃場灌漑施設導入にかかる意見徴収・集約結果（Abo Shosha, BeniSuef）

Items	Dashtot (Water condition/ Good)	El Mahmodya (Water condition/ Moderate)	Mazora (Water condition/ Shortage)
1. WUA をベースとした（農家グループをベースとした）近代圃場灌漑施設の導入に賛成か？（Yes/No）	Yes	Yes	Yes
	【代表的な意見】 • WUA による運用が必要であること同意する。 • WUA には近代圃場灌漑施設の経験を有した農家（含む大規模農家）の参加が望ましい。		
2. Meska 改良を行う場合、開水路タイプと暗渠タイプのどちらがよいか？（開水路タイプ//暗渠タイプ）	開水路タイプ	暗渠タイプ	開水路タイプ
	【代表的な意見】 • （「開水路タイプ」を選択した理由）水路が閉塞した場合の修繕が容易であり、水を目視することができる。 • （「暗渠タイプ」を選択した理由）水路へのゴミの投棄がひどく、暗渠によりこれを防ぎたい。		
3. 近代圃場灌漑施設の導入機器としてどの機器を使用したいか？（Drip or Sprinkler or Combination use）	Combination use	Combination use	Combination use
	【代表的な意見】 • デモンストレーション圃場を設置し、どの作物に対して、どのタイプの節水器具が最も有効であるのか、実証をしてほしい。		

Items	Dashtot (Water condition/ Good)	El Mahmodya (Water condition/ Moderate)	Mazora (Water condition/ Shortage)
	• 節水器具の使用について、方法・技術を上記圃場で示してほしい。 • 水利用のことを考えると、グループによる同一作物の栽培が好ましいと思うが、全ての農家の総意を得ることは難しいと思う。		
4. 近代圃場灌漑施設の導入によりどのような作物を栽培したいか？	Sugar beet, wheat, berseem, aromatic plant	Wheat, berseem, potatoes, maize	Wheat, berseem, maize, potato, aromatic plant
	【代表的な意見】 • 現在作付けしている作物と同じものの栽培を継続したい（上記の作物は既存の栽培作物）。		
5. コストの償還方法はどの方式がよいか？（銀行融資、土地とあわせた徴収等）	どちらでもよい	どちらでもよい	どちらでもよい
	【代表的な意見】 • 銀行融資または土地税と一緒の場合の徴収方法の具体的な違いがイメージできない。 • 自分達としては、利率が０であれば、どの償還方法であっても構わない。		
6. 近代圃場灌漑施設の導入に賛成か？（Yes/No）	条件付きで Yes	条件付きで Yes	条件付きで Yes
	【代表的な意見】 【Dashhot village】 • 近代的圃場灌漑施設に対する知識がないので、導入によりどのような効果があって、収益が向上するのか知識をまずは得たい。 • 開拓地の農地（New lands）でトマトの栽培事例を知っており、成功していることを知っている。New lands を見学し、施肥量が少なく、収量が高いというメリットを知った。しかし、村の中の農地において（Old lands において）使用されている例はなく、各農家は事例を学ぶ必要がある。 • 村の中にデモンストレーション圃場を設置して、成功事例を示してほしい。自分の農地（従来農地：Old lands）に適するのか結果を見たい（導入の条件）。 【El Mahmodya village】 • 近代的圃場灌漑施設が多くの利点を有することを知っている（収量増、節水効果大、費用削減効果（施肥・労力）等）。一方、Old lands（自分達の農地）で有効であるのかどうか成功事例を知らない。施設導入の前に、デモンストレーション圃場を設置し、実証を行ってほしい（導入の条件）。 • デモストレーション圃場の設置について、自分達の農地を提供すること可能である。 【Mazora village】 • 自分達の村では、New lands 農地を有する農家が多数おり、近代的圃場灌漑施設にかかる New lands での成功事例を知っている。一方、Old lands でうまく適合できるのか事例を知らないので、デモンストレーション圃場（例えば 2 feddans の農地）による実証で成功事例を示してほしい（導入の条件）。		

出典：JICA 調査団

表 7.7.6 近代圃場灌漑施設導入にかかる意見徴収・集約結果（Aros & Abo Seer, Fayoum）

質問内容	Masara Arfa (Water condition/Good)	El Gafra (Water condition/ Moderate)	Bahr Abo Elmer (Water condition/ Shortage)
1. WUA をベースとした（農家グループをベースとした）近代圃場灌漑施設の導入に賛成か？（Yes/No）	No	No	No
	【代表的な意見】 • （No の理由）導入する近代的圃場灌漑施設の規模感が大きいと感じる。5 karat 以下の農地面積の農家が多く存在するため、導入する施設の規模が大きすぎると農家の数が多くなり、グループによる導入・管理に不安を憶える。 • （No の理由）近接する農家であっても、グループによる導入に同意を得られるか不安がある。		
2. Meska 改良を行う場合、開水路タイプと暗渠タイプのどちらがよいか？（開水路タイプ//暗渠タイプ）	開水路タイプ	開水路タイプ	開水路タイプ
	【代表的な意見】 • （「開水路タイプ」を選択した理由）水路が閉塞した場合の修繕が容易であり、水を目視することができる。また、水路内の堆砂が少なくなる。		
3. 近代圃場灌漑施設の導入機器としてどの機器を使用したいか？（Drip or Sprinkler or Combination use）	栽培作物による	栽培作物による	Combination use
	【代表的な意見】 • （「栽培作物による」を選択した理由）Sprinkler よりも Drip の方が導入コストは高いと思う。栽培する作物によって導入したい機器は異なる。 • （「栽培作物による」を選択した理由）近代的圃場灌漑施設にかかる知識を持ち合わせていない。 • （「Combination use」を選択した理由）Berseem（牧草の一種）など特定の作物はスプリンクラーが適している。作物によって選択できる Combination use が最適と思う。		

4. 近代圃場灌漑施設の導入によりどのような作物を栽培したいか？	Wheat, berseem, maize, cabbage, tomato, leek, onion and cucumber	Wheat, berseem, potatoes, maize	Wheat, berseem, maize
	【代表的な意見】 • 現在作付けしている作物と同じものの栽培を継続したい（上記の作物は既存の栽培作物）。		
5. コストの償還方法はどの方式がよいか？（銀行融資、土地とあわせた徴収等）	銀行融資 (Agricultural bank)	銀行融資 (Agricultural bank)	銀行融資 (Agricultural bank)
	【代表的な意見】 • 銀行融資を選んでいるものの、土地税とあわせた徴収のシステムはよくわからない。どのような違いがあるのかわからない。		
6. 近代圃場灌漑施設の導入に賛成か？（Yes/No）	No	No	No
	【代表的な意見】 【Masara Arfa village】 • New lands で近代的圃場灌漑施設が大きく成功していることを知っている（収量増、水使用量減、施肥量減、生産コスト減）。ただし、Old lands で導入している事例を見た事がない。 • 各農家間で農地サイズに差がある。また、農地の標高差に差がある。これらの条件があり、近代的圃場灌漑施設の導入がうまくいくか心配である。 【El Gafra village】 • New lands での近代圃場灌漑施設の導入事例を見た事はあるが、Old lands での導入事例を見た事がなく、成功するか不安である。 • 近代的圃場灌漑施設導入は、コストが高いイメージがあり、Old lands に対する導入は難しいのではないかと感じる。 • 各農家の土地が小さいため、この状況下では近代的圃場灌漑施設導入は難しいのではないかと感じる。 • デモンストレーション圃場を設置してほしい。 【Bahr Abo Elmer village】 • 各農家の土地が小さいため、この状況下では近代的圃場灌漑施設導入は難しいのではないかと感じる。最大でも 10 feddan 以下の施設構成とする必要がある。 • 導入はコスト次第である。		

出典：JICA 調査団

表 7.7.7　近代圃場灌漑施設導入にかかる意見徴収・集約結果（Kased, Gharbia）

質問内容	Mahlet Menouf (Water condition/ Good)	Shobra barola (Water condition/ Moderate)	Damat (Water condition/ Shortage)
1. WUA をベースとした（農家グループをベースとした）近代圃場灌漑施設の導入に賛成か？（Yes/No）	Yes	Yes	Yes
	【代表的な意見】 • WUA ベースによる施設導入および運用は容易であると思う。		
2. Meska 改良を行う場合、開水路タイプと暗渠タイプのどちらがよいか？（開水路タイプ//暗渠タイプ）	両タイプ併用	両タイプ併用	開水路タイプ
	【代表的な意見】 • （「両タイプ併用」を選択した理由）住宅地を通過する Meska のみを暗渠、農地を通過する Meska は開水路としてほしい。開水路の方が水路の維持管理および水位の確認が容易である。一方、住宅地では家庭ゴミの投棄を防ぐため、暗渠としてほしい。		
3. 近代圃場灌漑施設の導入機器としてどの機器を使用したいか？(Drip or Sprinkler or Combination use)	Combination use	栽培作物による	栽培作物による
	【代表的な意見】 • デモンストレーション圃場を設置し、どの作物に対して、どのタイプの節水器具が最も有効であるのか、実証をしてほしい。 • 栽培する作物によって、導入機器を選択したい。 • 最適な作物と導入機器の組み合わせについて、可能であればプロジェクトから推奨してほしい。		
4. 近代圃場灌漑施設の導入によりどのような作物を栽培したいか？	現状と同じ作物 (Traditional cops and vegetables)	現状と同じ作物 (Traditional cops and vegetables)	現状と同じ作物 (Traditional cops and vegetables)
	【代表的な意見】 • 現在作付けしている作物と同じものの栽培を継続したい。		
5. コストの償還方法はどの方式がよいか？（銀行融資、土地とあわせた徴収等）	銀行融資 (Agricultural bank)	土地税による徴収	土地税による徴収
	【代表的な意見】 • （「銀行融資」を選択した理由）銀行融資の方が慣れている。 • （「土地税による徴収」を選択した理由）Improved Meska を導入する場合の償還方法と同じであり、慣れている。また、銀行融資の場合、土地を担保とする必要があるが、土地税と一緒の徴収の場合はその心配もない。		
6. 近代圃場灌漑施設の導入に賛成	Yes	条件付き Yes	Yes

質問内容	Mahlet Menouf (Water condition/ Good)	Shobra barola (Water condition/ Moderate)	Damat (Water condition/ Shortage)
か？ (Yes/No)	【代表的な意見】 【Mahlet Menouf village】 • New lands における適用事例を知っている。Olds lands でも成功するかもしれないとの期待を持っている。本事業による近代的圃場灌漑施設の導入に大きな興味を持っている。 • デモンストレーション圃場の設置・実証を通じて、Old lands による運用および成功事例にかかる試行を行ってほしい。 【Shobra barola village】 • 本事業による近代的圃場灌漑施設の導入に期待している。 • デモンストレーション圃場の設置による成功事例を先に知りたい（導入の条件）。 【Damat village】 • 事業による近代的圃場灌漑施設の導入を希望する。 • デモストレーション圃場の設置・実証を事業コンポーネントに取り込んでほしい。		

出典：JICA 調査団


Dashhot village, Beni Suef


Masara Arfa village, Fayoum


Mahalt Mnof village, Gharbia

図 7.7.1 ステークホルダー協議の写真（出典：JICA 調査団）

7.8 用地取得・住民移転

1) 事業コンポーネント No.1～7（水路での土木工事および機材調達）

本事業コンポーネントで工事を予定している水路（基幹・幹線・支線の各レベル）および水利構造物は、全てが既存の灌漑水路内に位置する。これらの灌漑水路は MWRI の管理敷地内であり、工事が予定される範囲には家屋等は存在していない。また、非正規住民や非合法で営まれている商店・露店・農地等も確認されておらず、新規の用地取得および住民移転は発生しない。なお、工事資機材の保管等にかかる用地については、MWRI の管轄である灌漑水路の管理用地内に確保する予定である。既設水路の工事中は、既存農業従事者の水利用への影響を最小化するため、工法の検討（半河川締切り工事の実施）、住民に対する工事工程の十分な説明、必要に応じて仮設水路による用水供給を行うものとする。

2) 事業コンポーネント No.8（近代的圃場灌漑施設の導入）

本事業コンポーネントでは、最末端の灌漑水路である既存の Meska の改善と圃場レベルの近代的灌漑施設を設置する。近代的圃場灌漑施設は、ポンプを含む管路システムおよび散水器具（スプリンクラー、ドリップ等）により構成される。

Meska の改善工事は既存水路を対象とした工事であり、新規の用地取得は発生しない。ポンプ施設の用地は、Meska からの揚水を目的として従来使用されている Sakia（揚水用水車）が設置されている用地を使用する。圃場内に展開する管路については、既存の Marwa（圃場内小水路）

として使用されている用地を転換して使用する。また、非正規住民や非合法で営まれている商店・露店・農地等も確認されておらず、新規の用地取得および住民移転は発生しない。既設 Meska の工事中は、既存農業従事者の水利用への影響を最小化するため、住民に対する工事工程の十分な説明、必要に応じて仮設水路による用水供給を行うものとする。

7.9 環境チェックリストおよびモニタリングフォーム

7.9.1 環境チェックリスト（案）

本事業にかかる環境チェックリスト（案）を下表に示す。

表 7.9.1 環境チェックリスト（案）

Category	Environmental Item	Main Check Items	Yes: Y No: N	Confirmation of Environmental Considerations (Reasons, Mitigation Measures)
1 Permits and Explanation	(1) EIA and Environmental Permits	(a) Have EIA reports been already prepared in official process? (b) Have EIA reports been approved by authorities of the host country's government? (c) Have EIA reports been unconditionally approved? If conditions are imposed on the approval of EIA reports, are the conditions satisfied? (d) In addition to the above approvals, have other required environmental permits been obtained from the appropriate regulatory authorities of the host country's government?	(a) N (b) N (c) N/A (d) N/A	(a) EIA report shall be prepared by MWRI before or in Detail Design Stage. (b)) EIA report shall be submitted before or in by MWRI to obtain approval from EEAA in Detail Design Stage. (c) N/A (d) N/A
	(2) Explanation to the Local Stakeholders	(a) Have contents of the project and the potential impacts been adequately explained to the Local stakeholders based on appropriate procedures, including information disclosure? Is understanding obtained from the Local stakeholders? (b) Have the comment from the stakeholders (such as local residents) been reflected to the project design?	(a) Y (b) Y (both are currently in progress as of November, 2022)	(a) Contents of the project and the potential impacts will have been explained by MWRI and shared with local stakeholders through the series of stakeholder meetings in November and December 2022. (b) Results of the stakeholder meetings are reflected to the project design.
	(3) Examination of Alternatives	(a) Have alternative plans of the project been examined with social and environmental considerations?	(a) Y	(a) Examined under social and environmental considerations.
2 Pollution Control	(1) Water Quality	(a) Are considerations given to water pollution of the surrounding water bodies, such as rivers and groundwater by effluents or leachates from agricultural lands? Are adequate use/disposal standards for fertilizers, agrochemicals, and livestock wastes established? Is a framework established to increase awareness of the standards among farmers? (b) Is a monitoring framework established for water pollution of rivers and groundwater?	(a) Y (b) Y	(a) Mitigation measures against the effluent from construction works will be carried out by the construction contractor. Training will be provided to beneficiaries (farmers) on the proper management, use, and disposal of fertilizers and pesticides through technical assistance by MWRI. (b) Water quality of canals will be monitored during construction and operation stage.
	(2) Wastes	(a) Are wastes properly treated and disposed of in accordance with the country's regulations?	(a) Y	(a) Mitigation measures against the waste from construction works will be carried out by the construction contractor.
	(3) Soil Contamination	(a) Is there a possibility that impacts in irrigated lands, such as salinization of soils will result? (b) Are adequate measures taken to prevent soil contamination of irrigated lands by agrochemicals, heavy metals and other hazardous substances? (c) Are any agrochemicals management plans prepared? Are any usages or any implementation structures organized for proper use of the plans?	(a) Y (b) Y (c) Y	(a) There is a possibility of salinization of soils with the introduction of modern on-farm irrigation. (b) Against the possibility of salinization, technical arrangement will be done such as equipping the function of leaching soils in the modern on-farm irrigation facility. And, technical assistance will be provided to the beneficiaries (farmers) by MWRI.

Category	Environmental Item	Main Check Items	Yes: Y No: N	Confirmation of Environmental Considerations (Reasons, Mitigation Measures)
				(c) Enhancement of beneficiaries (farmers) on agrochemical management will be planned through the training provided by MWRI.
	(4) Subsidence	(a) In the case of extraction of a large volume of groundwater, is there a possibility that the extraction of groundwater will cause subsidence?	(a) N	(a) No large groundwater extraction is planned by the project
	(5) Odor	(a) Are there any odor sources? Is there a possibility that odor problems will occur to the inhabitants?	(a) N	(a) Order problems are not anticipated.
3 Natural Environment	(1) Protected Areas	(a) Is the project site or discharge area located in protected areas designated by the country's laws or international treaties and conventions? Is there a possibility that the project will affect the protected areas?	(a) Y→N	(a) Introduction of modern on farm irrigation throughout Fayoum, where Qarun and Rayan lakes (designated as protected areas) are located, may have a significant negative impact on the lakes. To avoid this impact, the introduction of modern on-farm irrigation in Fayoum area was reconsidered to be out of project scope and possible alternatives were examined.
	(2) Ecosystem	(a) Does the project site encompass primeval forests, tropical rain forests, ecologically valuable habitats (e.g., coral reefs, mangroves, or tidal flats)? (b) Does the project site or discharge area encompass the protected habitats of endangered species designated by the country's laws or international treaties and conventions? (c) Is there a possibility that the project will result in the loss of breeding and feeding grounds for valuable wildlife? If they are lost, are there substitutes for the grounds near the original locations? (d) Is there a possibility that overgrazing will cause ecological degradation, such as impacts on wildlife habitats and desertification? (e) If significant ecological impacts are anticipated, are adequate protection measures taken to reduce the impacts on the ecosystem?	(a)N (b)N (c)N (d)N (e)Y	(a) Qarun an Rayan lakes (Ransar sites) are not located besides the project area and the project will not affect significantly to the two lakes except for the component of modern on-farm irrigation. (b) Same as (a) (c) Same as (a) (d) Same as (a) (e) Project component of the introduction of modern on-farm irrigation in Fayoum was reconsidered to be out of project scope and possible alternatives were examined.

Category	Environmental Item	Main Check Items	Yes: Y No: N	Confirmation of Environmental Considerations (Reasons, Mitigation Measures)
4 Social Environment	(1) Resettlement	(a) Is involuntary resettlement caused by project implementation? If involuntary resettlement is caused, are efforts made to minimize the impacts caused by the resettlement? (b) Is adequate explanation on compensation and resettlement assistance given to affected people prior to resettlement? (c) Is the resettlement plan, including compensation with full replacement costs, restoration of livelihoods and living standards developed based on socioeconomic studies on resettlement? (d) Is the compensations going to be paid prior to the resettlement? (e) Is the compensation policies prepared in document? (f) Does the resettlement plan pay particular attention to vulnerable groups or people, including women, children, the elderly, people below the poverty line, ethnic minorities, and indigenous peoples? (g) Are agreements with the affected people obtained prior to resettlement? (h) Is the organizational framework established to properly implement resettlement? Are the capacity and budget secured to implement the plan? (i) Are any plans developed to monitor the impacts of resettlement? (j) Is the grievance redress mechanism established?	(a)N (b)N/A (c)N/A (d)N/A (e)N/A (f)N/A (g)N/A (h)N/A (i)N/A (j)N/A	(a)Both resettlement and land acquisition are not required for the project components. (b)N/A (c)N/A (d)N/A (e)N/A (f)N/A (g)N/A (h)N/A (i)N/A (j)N/A
4 Social Environment	(2) Living and Livelihood	(a) Is there a possibility that the project will adversely affect the living conditions of inhabitants? Are adequate measures considered to reduce the impacts, if necessary? (b) Is proper allotment made for rights to agricultural land use? Is there a possibility that the allotment will result in inequitable distribution or usurpation of land and available resources? (c) Are proper allotments, such as water rights allotment in the project area made? Is there a possibility that the allotments will result in inequitable distribution or usurpation of water rights and available resources? (d) Is there a possibility that the amount of water used (surface water, groundwater) by the project will adversely the downstream fisheries and water uses? (e) Is there a possibility that water-borne or water-related diseases (e.g., schistosomiasis, malaria, filariasis) will be introduced? Is adequate consideration given to public health education, if necessary?	(a)Y (b)N/A (c)Y (d)Y (e)N	(a) The introduction costs of modern on-farm irrigation will be borne by beneficiaries (farmers). To reduce the financial burden on farmers, the effective financial scheme will be introduced to support farmers. (b) Not applicable (c) One of the project purpose is to contribute equal irrigation water distribution among agricultural water users (farmers). (d) Same as (c) (e) Not applicable
	(3) Heritage	(a) Is there a possibility that the project will damage the local archeological, historical, cultural, and religious heritage? Are adequate measures considered to protect these sites in accordance with the country's laws?	(a)N/A	Not applicable
	(4) Landscape	(a) Is there a possibility that the project will adversely affect the local landscape? Are necessary measures taken?	(a)N/A	Not applicable

Category	Environmental Item	Main Check Items	Yes: Y No: N	Confirmation of Environmental Considerations (Reasons, Mitigation Measures)
	(5) Ethnic Minorities and Indigenous Peoples	(a) Are considerations given to reduce impacts on the culture and lifestyle of ethnic minorities and indigenous peoples? (b) Are all of the rights of ethnic minorities and indigenous peoples in relation to land and resources respected?	(a)N/A (b)N/A	Not applicable
	(6) Working Conditions	(a) Is the project proponent not violating any laws and ordinances associated with the working conditions of the country which the project proponent should observe in the project? (b) Are tangible safety considerations in place for individuals involved in the project, such as the installation of safety equipment which prevents industrial accidents, and management of hazardous materials? (c) Are intangible measures being planned and implemented for individuals involved in the project, such as the establishment of a safety and health program, and safety training (including traffic safety and public health) for workers etc.? (d) Are appropriate measures taken to ensure that security guards involved in the project not to violate safety of other individuals involved, or local residents?	(a) N (b) Y (c) Y (d) Y	(a) No violations (b) Necessary arrangements will be given by the contractor and monitored by MWRI. (c) Same as (b) (d) Same as (b)
5 Others	(1) Impacts during Construction	(a) Are adequate measures considered to reduce impacts during construction (e.g., noise, vibrations, turbid water, dust, exhaust gases, and wastes)? (b) If construction activities adversely affect the natural environment (ecosystem), are adequate measures considered to reduce impacts? (c) If construction activities adversely affect the social environment, are adequate measures considered to reduce impacts?	(a) Y (b) Y (c) Y	(a) Mitigation measures during construction works are planned with the evaluation of impacts. (b) Same as (a) (c) Same as (a)
	(2) Monitoring	(a) Does the proponent develop and implement monitoring program for the environmental items that are considered to have potential impacts? (b) What are the items, methods and frequencies of the monitoring program? (c) Does the proponent establish an adequate monitoring framework (organization, personnel, equipment, and adequate budget to sustain the monitoring framework)? (d) Are any regulatory requirements pertaining to the monitoring report system identified, such as the format and frequency of reports from the proponent to the regulatory authorities?	(a)Y (b)Y (c)Y (d)Y	(a) Monitoring plan is prepared. (b) They are included in the monitoring plan. (c) They are secured in the project cost. (d) They are included in the monitoring plan.

出典：JICA 調査団

7.9.2 モニタリングフォーム（案）

事業コンポーネント No.1～7（水路での土木工事および機材調達）および事業コンポーネント No.8（近代的圃場灌漑施設の導入）にかかるモニタリングフォーム（案）を以下に示す。

表 7.9.2 モニタリングフォーム（案）（事業コンポーネント No.1～7：水路での土木工事および機材調達）

MONITORING FORM (Draft)

(1) During Construction Stage

1) Responses/Actions to Comments and Guidance from Government Authorities and the Public

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Number and contents of formal comments made by the public		Monthly	**Implementer:** PMU/RCU **Responsible:** PMU/RCU
Number and contents of responses from the people			

2) Air Quality

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Monitoring Place	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Operation and maintenance condition of truck and heavy machinery for preventing air pollution		Construction sites	Monthly	**Implementer:** Contractor **Responsible:** PMU/RCU

3) Water Quality

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Monitoring Place	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Countermeasures for construction drainage of canal rehabilitation work for preventing water pollution		Construction sites	Monthly	**Implementer:** Contractor **Responsible:** PMU/RCU
Installation condition of temporally toilet and septic tank for workers in the base camp and construction sites		Construction sites		

Monitoring Item		Monitoring Results during Report Period	Monitoring Frequency	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Water quality measurement	pH EC (uS/cm) TSS (mg/l) Oil and grease (mg/l)		Downstream of canal work points	Monthly	**Implementer:** Contractor **Responsible:** PMU/RCU
	Note 1: Egyptian standard of drain water quality regulated by Law 48 pH: 6-9, TSS: 50mg/l, Oil and greases: 10mg/l Note 2: Japanese law (water pollution prevention law) pH: 5.8-8.6, TSS: 120mg/l, Oil and greases: 30mg/l Note 3: Average of EC level measured in OD survey: 414 uS/cm Note 4: Baseline water quality shall be measured in advance of construction commencement. Note 5: Measuring points shall be set up three points (upstream, midstream, and downstream) of Aros Canal, Abo Shosha Canal and Kased Canal. Measuring points for Bahr Yusef and Ibrahimia shall be set up at downstream of canal rehabilitation work points.				

4) Waste/ Garbage

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Monitoring Place	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Disposal condition of existing removal facilities		Construction sites	Monthly	**Implementer:** Contractor **Responsible:** PMU/RCU
Garbage containers arrangement condition at work places				

5) Noise and vibration

Monitoring Item		Monitoring Results during Report Period	Monitoring Place	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Working time zone during the construction work near the residential place and complainants from residential people			Construction sites near the residential place	Monthly	**Implementer:** Contractor **Responsible:** PMU/RCU
Noise measurement near residential place	Noise level (Unit: dB)				
Vibration level during pile works, crushing	Vibration level		Construction sites		

Monitoring Item		Monitoring Results during Report Period	Monitoring Place	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
works, excavation works, demolition works	(Unit dB)				
Note 1: Egyptian standard of noise level at residential area is below. Residential area located on roads less than 12m: 65 dB at day time and 55 dB at night time. Residential area located on roads more than 12m: 70 dB at day time and 60 dB at night time. Note 2: IFC Guideline: 55 dB at day time and 45 dB at night time. Note 3: Vibration regulation law in Japan: 75 dB					

6) Protected Areas/ Ecosystem
Same as "(3) Water Quality"

7) Water Usage/Social institutions

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Monitoring Place	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Temporary canal use condition during construction works for existing agricultural water use		Construction sites	Monthly	**Implementer:** Contractor **Responsible:** PMU/RCU
Explanation meeting of the construction schedule to BC-WUAs				

8) Existing social infrastructures and services

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Monitoring Place	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Existence of traffic near the construction sites due to construction works at canals		Construction sites	Monthly	**Implementer:** Contractor **Responsible:** PMU/RCU
Setting up of the bypass road, if necessary				

9) Hazards (Risk) Infectious diseases such as HIV/AIDs

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Monitoring Place	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Record of holding sanitary education meeting		Construction sites	Monthly	**Implementer:** Contractor **Responsible:** PMU/RCU

10) Work environment (including safety) /Accidents

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Monitoring Place	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Record of holding construction safety meeting		Construction sites	Monthly	**Implementer:** Contractor **Responsible:** PMU/RCU
Number of accidents				
Safety measures conditions (allocation of traffic guards, putting up of sign board, fencing etc)				

(2) During Operation Stage

1) Water Quality

Monitoring Item		Monitoring Results during Report Period	Monitoring Frequency	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Water quality measurement	pH EC (uS/cm) TSS (mg/l) Oil and grease (mg/l)		Principal Canal and Main Canals	Biannually	**Implementer:** IS (MWRI) **Responsible:** IS (MWRI)
	Note 1: Egyptian standard of drain water quality regulated by Law 48 pH: 6-9, TSS: 50mg/l, Oil and greases: 10mg/l Note 2: Japanese law (water pollution prevention law) pH: 5.8-8.6, TSS: 120mg/l, Oil and greases: 30mg/l Note 3: Average of EC level measured in OD survey: 414 uS/cm				

3) Waste/ Garbage

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Monitoring Place	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Canal maintenance work condition		Principal Canal and Main Canals	Biannually	**Implementer:** GD Canal Maintenance (MWRI) **Responsible:** GD Canal Maintenance (MWRI)

4) Protected Area (Water volume to the Lake Qarun and Rayan)

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Monitoring Place	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Annual irrigation water allocation to the Fayoum Area	Total volume: MCM/year	Refer to below	Annually	**Implementer:** Contractor **Responsible:** IS and EPADP (MWRI)
Annual drainage volume to the two lakes	Total volume: MCM/year			
Note 1: Regulated irrigation allocation amount to the Fayoum area is 2,600 MCM (million m3)/year. Note 2: Regulated drainage volume to the two lakes is 500 MCM (million m3)/year. Note 3: Actual allocated irrigation water volume in Fayoum area is measured at Hassen Wassef Intake and Lahoun Regulator by the IS ordinary work. The actual drainage volume to the two lakes is measured at 10 drainages connected to the lakes by the EPADP ordinary work.				

表 7.9.3 モニタリングフォーム（案）（事業コンポーネント No.8：近代的圃場灌漑施設の導入）

MONITORING FORM (Draft)

(1) Before Construction Stage

1) Responses/Actions to Comments and Guidance from Government Authorities and the Public

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Number and contents of formal comments made by the public		Monthly	**Implementer:** PMU/RCU **Responsible:** PMU/RCU
Number and contents of responses from the people			

2) Setting up of Demonstration Farms for Trainings

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Measures of Monitoring	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Setup of Demonstration Farms		IIS Activity Report	Monthly	**Implementer:** IIS **Responsible:** PMU/RCU

3) Water Quality and Waste/ Garbage

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Measures of Monitoring	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Training activity on Environmental Awareness to WUA		IIS Activity Report	Monthly	**Implementer:** IIS **Responsible:** PMU/RCU

4) Soil contamination

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Measures of Monitoring	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Designing of leaching facility		IIS Activity Report	Monthly	**Implementer:** IIS **Responsible:** PMU/RCU
Training activity on pesticides and fertilizer control to WUA				

5) Poor/ Livelihood/ Local economy

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Measures of Monitoring	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Consent from WUA on the financial scheme		IIS Activity Report	Monthly	**Implementer:** IIS **Responsible:** PMU/RCU
Training activity on farming to WUA				

6) Water Usage/ Social institutions/ Conflict/ Misdistribution of benefit and damage

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Measures of Monitoring	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Training activity on water management to WUA		IIS Activity Report	Monthly	**Implementer:** IIS **Responsible:** PMU/RCU

7) Gender

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Measures of Monitoring	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Women's participation in WUA (Numbers of women members and activities in WUA)		IIS Activity Report	Monthly	**Implementer:** IIS **Responsible:** PMU/RCU

8) Work environment /Accidents

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Measures of Monitoring	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Training activity on safety operation of facility to WUA		IIS Activity Report	Monthly	**Implementer:** IIS **Responsible:** PMU/RCU

(2) During Construction Stage

1) Responses/Actions to Comments and Guidance from Government Authorities and the Public

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Number and contents of formal comments made by the public		Monthly	**Implementer:** PMU/RCU **Responsible:** PMU/RCU
Number and contents of responses from the people			

2) Waste/ Garbage

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Monitoring Place	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Disposal condition of existing removal facilities		Construction sites	Monthly	**Implementer:** Contaractor **Responsible:** PMU/RCU
Garbage containers arrangement condition at work places				

3) Soil Contamination

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Measures of Monitoring	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Existence of oils in farmlands		Construction sites	Monthly	**Implementer:** Contaractor **Responsible:** PMU/RCU

4) Water Usage

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Monitoring Place	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Explanation meeting of the construction schedule to WUAs		Construction sites	Monthly	**Implementer:** Contractor **Responsible:** PMU/RCU

5) Existing social infrastructures and services

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Monitoring Place	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Safety measures for passengers of meska (setting up of guard fence, etc)		Construction sites	Monthly	**Implementer:** Contractor **Responsible:** PMU/RCU

6) Work environment (including safety)/Accidents

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period	Monitoring Place	Monitoring Frequency	Monitoring Organization
Record of holding construction safety meeting		Construction sites	Monthly	**Implementer:** Contractor **Responsible:** PMU/RCU
Number of accidents				
Safety measures conditions (allocation of traffic guards, putting up of sign board, fencing etc)				

(3) During Operation Stage

"Before construction stage"に同、IIS の技術支援を含む。

7.10 気候変動

7.10.1 緩和策（温室効果ガスの削減）

本事業において温室効果ガスの削減に寄与するコンポーネントとして、事業コンポーネントNo.8（近代的圃場灌漑施設の導入）が対応する。近代的圃場灌漑施設の導入により、圃場での水使用について、これまでの各農家の個人ポンプの利用から集合ポンプの利用へと転換される。したがい、集合ポンプの使用にかかる温室効果ガスの削減が期待できる。

JICA Climate Fit の計算式に沿って、試算した温室効果ガス発生量を表 7.10.1 に示す。プロジェクトの実施により 10,356 t CO2/year の削減量と試算される。農地 1 feddan あたりの削減量に換算すると、0.09 t CO2/year の削減量となる。

表 7.10.1 プロジェクトによる CO_2 削減量の試算

Description	Value	Unit	Remarks
Emission reduction	10,356	tCO_2/year	113,857 feddans
(Emission reduction per feddan)	0.09	tCO_2/year	per feddan
Baseline emission	40,311	tCO_2/year	113,857 feddans
Production capacity (or other appropriate factors) in the baseline	0	-	
Production capacity (or other appropriate factors) in the project	0	-	
Electricity consumption in the baseline in year y	75,631	MWh/year	
CO_2 emission factor of the grid electricity	0.533	t-CO_2/MWh	
Net calorific value of fuel i	0	TJ/t	
CO_2 emission factor of fuel i	0	t-CO_2/TJ	
Project emission	29,955	tCO_2/year	113,857 feddans
Electricity consumption in the project in year	56,201	MWh/year	
CO_2 emission factor of the grid electricity	0.533	t-CO_2/MWh	
Net calorific value of fuel i	0	TJ/t	
CO_2 emission factor of fuel i	0	t-CO_2/TJ	

Calculation condition of baseline electricity consumption (MWh/year)

Description		Unit	Value	Calculation condition
Crop area (feddan)	(a)	feddan	113,857	Kased 95,976 + Abo Shosha 17,881
No. of farmers	(b)	-	133,600	Kased 117,000 + Abo Shosha 16,600
No. of pumps	(c)	-	133,600	1 unit per farmers (individual pump)
Output of pump	(d)	KW/unit	3.7	Average output
Operation hour in a day	(e)	hrs/day	3	Average operation hours
Operation days in a year	(f)	days/year	51	
- Summer Crop	-	days	36	6 months, 6 days per month (=1 day/5 days)
- Winter Crop	-	days	15	5 months, 3 days per month (=1 day/10 days)
Consumption in a year	(g)=(d)*(e)*(f)	KWh/year	75,630,960	
	(h)=(g)/1,000	MWh/year	75,631	
Consumption per feddan in a year	(i)=(h)/(a)	MWH/year/feddan	0.664	

Calculation condition of project electricity consumption (MWh/year)

Description		Unit	Baseline	Calculation condition
Crop area (feddan)	(a)	feddan	113,857	Kased 95,976 + Abo Shosha 17,881
No. of farmers	(b)	-	133,600	Kased 117,000 + Abo Shosha 16,600
No. of pumps	(c)	-	3,450	1 unit per 33 feddans (collective pump)
Output of pump	(d)	kW/unit	15	Average output

Description		Unit	Baseline	Calculation condition
Operation hour in a day	(e)	hrs/day	6	Average operation hours
Operation days in a year	(f)	days/year	181	
- Summer Crop	-	days	126	6 months, 21 days per month (=5 days/7 days)
- Winter Crop	-	days	55	5 months, 11 days per month (=5 days/14 days)
Consumption in a year	(g)=(d)*(e)*(f)	KWH	56,200,500	
	(h)=(g)/1,000	MWH	56,201	
Consumption per feddan in a year	(i)=(h)/(a)	MWH/feddan	0.494	

出典：JICA 調査団

7.10.2 適応策

エジプトの「気候変動 2050 年国家戦略」では Goal 2 の中で、気候変動に対するレジリエンスと適応策に対する方策を掲げている。本事業のコンポーネントである灌漑水路システムの効率化と近代的圃場灌漑システムの導入は、農業・灌漑セクターの中で取り組むべき気候変動への適応策（表中の灰色と下線で示した部分）と合致する。本事業の事業コンポーネントの実施により、水資源の有効活用（14%の灌漑効率の向上）が見込まれが、これは気候変動に対するレジリエンスと適応能力の向上に寄与する。

表 7.10.2 エジプトの気候変動に対するレジリエンスと適応策に対する方策

Goal 2: Enhancing Resilience and Adaptive Capacity to Climate Change, and Alleviating the Associated Negative Impacts		
Objective (2.c):	Preserving country's resources from the impacts of climate change	1) Determining the priorities of the proposed adaptation measures for all concerned sectors. 2) Develop policies to reduce waste and raise the efficiency of water resource use. 3) Using more efficient technologies to rationalize water and energy consumption and reduce food waste. 4) Development of water harvesting and rainwater collecting systems. 5) Raising awareness about the conservation of water, energy and land resources. 6) Encourage and implementing flood water harvesting systems and its utilization. 7) Use more efficient irrigation systems. 8) Increasing the coverage of sewage treatment plants and industrial wastewater in different areas to recycle water, maintain its quality and maximize its use. 9) Carrying out maintenance and disinfection work for fresh water sources (canals and drains) on an ongoing basis and to cover as many of them as possible. 10) Ensuring that services cover the poorest rural areas. 11) Developing non-conventional water resources. 12) Preserving agricultural land and water resources by maintaining the fertility of agricultural soil continuously. 13) Develop different varieties and hybrids of strategic crops that are highly productive and tolerant to adverse weather conditions. 14) Allocating new agricultural lands to increase the agricultural area. 15) Rationalizing water consumption in agriculture. 16) Improving crop management systems. 17) Protection of fisheries. 18) Identify ways and means to integrate biodiversity considerations into assessments of impacts, vulnerability, and climate change adaptation. 19) Encouraging local production for the production of sanitary ware and fixtures that apply international water saving standards. 20) Strengthen supply chains and logistics systems to reduce wastage during shipping and handling.
Objective (2.d):	Resilient infrastructure and services in the face of climate change impacts	1) Determining the priorities of the proposed adaptation measures for all concerned sectors. 2) Protecting coastal lowland and implementing integrated coastal zone management. 3) Improving water and sanitation systems and services, particularly in hotspots and underserved areas most vulnerable to the impacts of climate change and establishing of environmentally compatible sewage stations in the Nile Marinas. 4) Improving roads to be more resilient to the impacts of climate change such as high temperatures, floods and sea level rise. 5) Ensuring that the impacts of climate change are included as part of the planning and

Goal 2: Enhancing Resilience and Adaptive Capacity to Climate Change, and Alleviating the Associated Negative Impacts		
		design of large agricultural projects, such as the New Delta project, greenhouses, fish farms, poultry and livestock production projects. 6) Developing infrastructure in rural communities including water and irrigation infrastructure (example: expansion in rehabilitation and lining of canals and private canals, development and modernization of irrigation and agricultural systems and management of the agricultural process) 7) Infrastructure development for healthcare facilities.

備考：灰色および下線で示す部分が、本事業の事業コンポーネントと合致する。
出典：Egypt National Climate Change Strategy 2050

第 8 章　事業実施・案件管理上の留意点

本事業が実施される場合、実施の過程において何らかのリスクや影響が予想される。そのため、本章においては、事業実施や案件管理上の留意点について述べる。留意点はリスク管理シートに整理する他、個別の事案についてまとめる。

8.1　リスク管理シート

リスク管理シートで提案する項目は、1）ステークホルダーリスク、2）実施機関の能力リスク、ガバナンスリスク、不正・腐敗リスク、3）プロジェクトリスク（設計リスク、プログラム・ドナーリスク、品質リスク）で構成される。以下の表は、リスクの特定とその管理についてまとめたものであり、総合的なリスク評価は、確率で中程度、影響度で中程度と結論づける。

表 8.1.1 リスク管理シート

プロジェクト名：灌漑水資源管理改善プロジェクト
セクター：水資源、灌漑、農業
担当：水資源灌漑省(MWRI)

プロジェクトの潜在的なリスク	アセスメント	
1.ステークホルダーリスク	確率：H/M/L	M
（リスクの内容）	インパクト：H/M/L	M
✓ 土地取得:基本的に構造物は既存の構造物の位置で改修されるか、水路の内側に建設され、さらに水路沿いの土地は主に MWRI に属している。したがって、土地取得はない。ただし、工事中の資材置き場設置等で一時的な土地借り上げはありうる。 注：万一、土地取得が発生する場合、また工事中の一時的な土地借り上げはすべて MWRI 側の負担となる（借款ではカバーされない）。 ✓ 近代圃場灌漑の導入は遅延するかもしれない。近代圃場灌漑設備を導入すると、農法が大きく変わり、しかも農家はその投資費用を償還しなければならない。農家がソフトローンを利用して営農を変えるには、時間を要する可能性がある。	確率と影響の分析 ✓ 水利構造物の改修・建設は、大きな環境・社会的影響をもたらさないため、ステークホルダー・ミーティングの結果を考慮しても、プロジェクトに負の影響を与える可能性は低いと判断される。 ✓ 水路のライニングについては、生物環境に影響を与える可能性がある。しかし、用水路は自然環境を守るための自然河川ではなく、ステークホルダー・ミーティングで農民は効率的な水管理を優先し、漁業などの用水路での実質的な経済活動は行っていない。また、水路のライニングは、プロジェクト地域の住民に負の影響を与える可能性は低い。 ✓ 近代的な圃場灌漑（MOI）については、農家は旧耕地での近代圃場灌漑施設の導入に大きな懸念を抱いており、一部では土壌の塩類化について懸念している。農地に近代圃場灌漑施設を設置する前に土壌評価を行い、施設設置後も塩分を洗い流すための冬期における表流水灌漑を必要に応じて行うことが望ましい（なお、圃場脇にはバルブを設けているため、従前の表流水灌漑の実施は可能な設計となっている）。	
	緩和策 ✓ 補助金付き融資制度と塩害緩和対策による経済的リターンについて、受益農家への近代圃場灌漑施設導入の投資利益の十分な説明。	
	実施中のアクション ✓ MOI の展示農場を設立し、すでに MOI を実践している農家への現地視察などのアドボカシー活動を行う。	
	コンティンジェンシー・プラン（該当する場合） 該当事項なし。	
2.執行機関のリスク		
2.1.能力リスク	確率：H/M/L	M
（リスクの内容）	インパクト：H/M/L	M
✓ MWRI の担当者が ODA 借款プロジェクトに十分な経験がないため、建設工事の入札手続きが遅れる可能性がある。 ✓ MOI については、投資に対する個別の判断だけでなく、MOI システムを管理する WUA のメンバーとなる農家の合意形成が必要なため、実施が遅れるリスクがある。 ✓ 水路ライニングは、農家が MOI の設置を決断するきっかけとなり、また単位収量増加の相乗効果を生み出すことができる。	確率と影響の分析 ✓ 建設スケジュールの遅延	
	緩和策 ✓ 入札書類、仕様書等を期限内に確定し、スケジュール通りに入札を実施する。 ✓ 工事計画、動員計画（特に機械配置計画、労務、資材）の見直し・調整など。 ✓ 事業監理ユニットの設置(中央レベルの Project Management Unit および現場レベルの Regional Coordination Unit（上エジプトを対象として Beni Suef 市、そして Kased 地区を対象として Tanta 市に設置） ✓ 農家の組織化および農家を支援するための展示圃場設立のためのスタッフ派遣	
	実施中のアクション	

プロジェクトの潜在的なリスク	アセスメント	
	✓ コンサルタントによる入札手続きの支援 ✓ IAS スタッフおよびコンサルタントによる MOI の効果検証・アドボカシー活動の支援 ✓ 工期短縮のためのスケジュール調整（残業、夜間作業など）。また、十分な建設機械を利用できるようにする。 ✓ プロジェクト運営委員会（中央レベル）およびプロジェクト管理ユニット（地域レベル）は、プロジェクト実施開始に先立ち設立する。	
	コンティンジェンシー・プラン（該当する場合）	
	水管理および近代圃場灌漑施設の導入、推進のための技術協力プロジェクト。	
2.2.ガバナンスリスク	確率：H/M/L	M
（リスクの内容）	インパクト：H/M/L	L
✓ 政府における ODA ローンの協議から承認までの手順は決まっているが、エジプト政府内の意思決定プロセス、行政における手続きの経験不足、複数の官庁（MWRI、国際協力省、外務省、財務省など）の関与が、意思決定や手続きの遅れの原因になる可能性がある。	確率と影響の分析	
	✓ プロジェクトの実施が遅れる。	
	緩和策	
	✓ 日本の ODA 借款の手続きについて、関係官庁の能力向を図る。 ✓ 関係省庁へのアドボカシー	
	実施中のアクション	
	✓ プロジェクト実施に伴うプロジェクトメリットに関する広報は、全国に発信する。	
	コンティンジェンシー・プラン（該当する場合）。	
	該当事項なし。	
2.3.不正・腐敗リスク	確率：H/M/L	L
（リスクの内容）	インパクト：H/M/L	H
✓ 憲法第 218 条には、「国家は汚職と闘うことを約束し、法律はそのための管轄監督機関や組織を定めている」と示され、これに基づいて、汚職を防止し、撲滅するための一連の法律が立法化されている。 ✓ コンサルタントなどの第三者の管理のもとでプロジェクトを実施することで、汚職のリスクを減らすことができる。	確率と影響の分析	
	✓ 汚職が発生した場合、プロジェクトの中断や延期を余儀なくされる可能性がある。	
	緩和策	
	✓ エジプト政府は、公的機関が汚職防止法を遵守しているかどうか監督する必要がある。	
	実施中のアクション	
	✓ 調達は、アシスタントコンセプトのもと、コンサルタント立会いのもと、透明性の高い形で実施する。	
	コンティンジェンシー・プラン（該当する場合）	
	該当事項なし。	
3.プロジェクトリスク		
3.1.設計リスク	確率：H/M/L	L
（リスクの内容）	インパクト：H/M/L	M
✓ 入札手続き、特に国際競争入札は長期化する可能性があり、大型水利構造物や機械の調達は、製造、輸送、通関等の工程を伴い、遅れる可能性がある。	確率と影響の分析	
	✓ 本プロジェクトは、現在 MWRI が実施している Dirout 建設事業と準備・運営・調達の面で大きな違いはなく、予想されるリスクは非常に小さい。	
	緩和策	
	✓ 入札書類の適切な作成。	
	実施中のアクション	
	✓ 各プランのスケジュール変更	
	コンティンジェンシー・プラン（該当する場合）	
	該当事項なし。	
3.2.プログラム＆ドナーのリスク	確率：H/M/L	M
（リスクの内容）	インパクト：H/M/L M	H
✓ 水利組合の設立や MOI の設置は、政府と受益農家、農家間の合意が必要となるため、進行に時間がかかる可能性がある。 ✓ 同国では、政府およびドナーによる同様のプロジェクトがいくつか実施されている。MOI のための普及サービスの実施の遅れ（例：展示圃場の設置の遅れ）は、他の普及プログラムとの重複が原因となる可能性がある。	確率と影響の分析	
	✓ プロジェクトの宣伝や、情報交換のために先進的な農家を巻き込むことが、進捗を加速させることにつながる可能性がある。 ✓ 他のプログラムとの情報交換や連携により、リスクを軽減できる可能性がある。	
	緩和策	
	✓ プロジェクトの宣伝と、MOI の効果を示すための展示圃場の設立。 ✓ 他の政府プログラムとの調整によりプロジェクト・コンポーネントの優先順位を上げ、すべての活動を相互に調整していく。	
	実施中のアクション	
	✓ 定期的な評価とフォローアップワークショップの実施による普及部門の活動調整（各作期の前と後）。	
	コンティンジェンシー・プラン（該当する場合）	
	該当事項なし。	
3.3.納入品質リスク	確率：H/M/L	L

プロジェクトの潜在的なリスク	アセスメント	
（リスクの内容）	インパクト：H/M/L	H
✓ MOI に関する現場技術者と普及員の知識は限られており、現場技術者と普及員の高齢化が、現場活動進捗のための許容不足となりうる。 ✓ 一方で、新規開拓農地で MOI を導入する農家を支援する普及員や先進農家も存在する。	確率と影響の分析 ✓ フィールドエンジニアの知識不足、パフォーマンスの低さが、現場の進捗を停滞させうる。 緩和策 ✓ MOI システムを運用・維持するための主要スタッフの能力向上のための十分な研修。 ✓ 現場レベルでの若手技術者の採用。 実施中のアクション MALR と民間委託先（先進農家、NGO など）との連携 コンティンジェンシー・プラン（該当する場合） 該当事項なし	
4. その他のリスク	確率：H/M/L	L
（リスクの内容）	インパクト：H/M/L	L
✓ 外部要因として、不作や穀物価格が暴落した際に、受益農家が近代圃場灌漑施設の償還に困窮する可能性がある。	確率と影響の分析 ✓ エジプト国は降雨がほとんどなく、またナイル川の水量もアスワンハイダムで制御されているため、台風や洪水等の自然災害に見舞われるリスクは非常に低いため、不作のリスクは低いと言える。一方、今日の流動的な国際情勢にあって、穀物等の市場価格の暴落による農家庭先価格の下落は起こりうる。 緩和策 ✓ 返済の免除や延期をするといった補助政策の策定を検討し、農家にあらかじめ明示して施設導入への動機付けを促すことが考えられる。 実施中のアクション ✓ 初期投資の償還期間を Meska 改良と同時に実施することで、現行の Meska 改良に適用されている償還期間（20 年）を適用して、年間の農家負担を下げるという制度の運用が検討されている。 コンティンジェンシー・プラン（該当する場合） 該当事項なし	
5. 総合リスク評価	確率：H/M/L	M
（全体コメント）	インパクト：H/M/L	M
✓ プロジェクトは、水理構造物の改修・建設、水路の改善、水管理改善からなる灌漑改善コンポーネントと、近代圃場灌漑施設（MOI）の導入コンポーネントに分類できる。灌漑改善については、政府側でコントロールでき、受益農家の費用負担がないため、実施上のリスクは少ないと考えられる。一方、MOI 導入は受益農家が投資費用を負担するため、受益農家の同意が必要であり、また農家の組織化も必要である。そのため、MOI の進捗が遅れるリスクは高いと予測される。MOI を拡大するためには、実施過程での集中的なモニタリングと対策・実施が必要である。		

出典：JICA 調査団

8.2 事業実施にあたっての留意事項

事業実施にあたっての留意事項として、水管理における受益者の受益者参加、近代圃場灌漑施設の導入に係る受益者からの積極的受容、ジェンダー主流化、貧困農民における近代圃場灌漑施設の導入に係る支援といったことについて以下に述べる。

8.2.1 水管理における受益者参加

水資源の効率的な利用と公平な分配を達成するためには、施設改修とシステムの近代化のみでは不十分であり、Meska レベル以下を含めた水管理の改善も同時になされなければならない。この意味で、WUA を通じた水管理への農家の参画が非常に重要である [1]。

支線水路以上の運用は MWRI の管轄下にある一方で、Meska や Marwa は共有財ないしは個人の財産として農家によって運用されている。受益農家の同意のもと、Meska や Marwa の構造の改良、新たな運用システムの導入がなされ、その上で農家は Meska レベル以下の灌漑システムの維持管理に全責任を負うこととなる。この責任を果たすため、Meska や Marwa を利用する農家は WUA

[1] 1994 年の 213 法に基づき、世銀の IIIMP では機能的な WUA の設立が Meska 改良の条件とされた。MWRI (2016) *PMU Completion Report (IBRD Loan no 7291-EGT) Integrated Irrigation Improvement and Management Project (IIIMP)*

の設立を義務付けられる。受益者が担うべき職務について、以下に列挙する。

- ✓ 灌漑施設やシステムの維持管理
- ✓ 1 つの集合ポンプ以下の受益者間での灌漑ローテーションのスケジュール管理
- ✓ 維持管理に係る費用の徴収
- ✓ 農家間の紛争解決

これらのタスクに関する受益者の能力構築および強化のためには、一連の研修が実施されなくてはならない。さらには、ドリップやスプリンクラーといった近代圃場灌漑システムを運用するには、特定の技術や知識が求められる。すべての農家が近代圃場灌漑システムの維持管理方法を学べるように、IAS による研修や技術指導が提供されるべきである。さらに、ドリップの詰まりを予防するためのフィルターメンテナンスといった、システムの効果的使用のために集団レベルで求められるコントロールについての理解が、受益者間で共有されることが必要となる。

WUA の設立に際しては、農家のオーナーシップの醸成とエンパワーメントの促進が重要である。例えば、近代圃場灌漑システムの効果的な維持管理を考慮すると、1 つの集合ポンプステーションで灌漑される 1 農地ブロックは大きい単位を避け、10～30 feddan の面積であることが理想的である。よって、この農地ブロック単位ごとに、WUA が 1 つ設立されることとなる。WUA 設立の第一歩は農地間の境界描写であり、このプロセスにおいて受益者は中心的役割を担わなくてはならない。

実際の状況においては、ある農地が特定のポンプステーションによってカバーされるべきか、もしくは異なるポンプによって灌漑される別の農地ブロックに含められるべきかについては、農家の意見に基づいて決められなくてはならない。もし、同じ 1 つの Meska により灌漑される約 30 feddan の農地のブロックがあれば、そのブロックで営農する農家は特に悩むことなく彼らの農地を灌漑する集合ポンプを 1 つ取り付けるという決定を下すと思われる。

しかしながら、1 つの Meska がカバーする面積が 30 feddans よりも大きく、さらにそこから用水がそれぞれ相当程度の農地面積をカバーする Marwa に配水されているような場合は、実用的かつ管理可能な灌漑システムの維持管理のために、Marwa の取水口に取り付けるポンプの最適数や 1 つの集合ポンプによってカバーされる面積の大きさ等、いくつかの検討が必要になる。

実際の土地状況を考慮しないで地図のみを見ながら机上で行われた行政手続き的な境界策定は、将来的に深刻な結果をもたらすことが想定される。地理的条件や水の流れの特徴については農家自身が最もよく理解しており、持続的な管理を保証するためにはこの計画と合意形成プロセスへの農民参加が必要となる。また、初期の段階で農家の参画を確保することは、オーナーシップの醸成とより良い維持管理に繋がると考えられる。

8.2.2 近代圃場灌漑施設の導入に係る受益者からの積極的受容

近代圃場灌漑施設の導入に要する費用は受益者によって返済されなくてはならないため、受益者からの積極的受容を得ることは、プロジェクトによる改善エリアの水平的拡大のみならず施設と水管理システムの持続性にとっても非常に重要である。特に、事業進捗や事業が推進する灌漑システムの受益者による採択率についての定期的なアセスメントによって、何らかの遅滞に直面した際には、事業実施における修正や改善が検討されるべきである。受益者の参加促進に資するいくつかの戦略を、以下に示した。

- ✓ **構造やシステムのデザインおよび計画プロセスへの受益者参画**：技術的デザインや計画プロセスへ農家を意図的に巻き込んでいくことはオーナーシップのみならず持続性を高めることにもなる。農家のデザインに関する好みを取り入れ、圃場でのパイプライン敷設工事やレイアウトについての合意を得ることが、事業の円滑な実施にとっては肝要である[2]。
- ✓ **返済メカニズムに関する詳細説明**：貸付契約のスムーズな進捗と費用償還の望ましくない遅延の回避のためには、返済メカニズムについて農家に正確かつ詳細な情報を与えることが非常に重要である。分割金の回数、猶予期間の終了と最初の分割金支払いのタイミング、無金利であること、徴収方法などについて、事前説明が十分になされるべきである。
- ✓ **返済期間の延長もしくは細分化**：無金利でかつ返済期間が長く設定されていれば、農家が融資を受けるハードルは低くなる。近代圃場灌漑システムの採択率が非常に低かった場合には、返済期間の延長もしくは細分化の検討がなされるべきであろう。たとえば、世銀の IIIMP では、集合ポンプの費用は 3 年間で返済しなくてはいけないものの、土木工事の費用については 20 年以上の返済期間が設定されている[3]。コンポーネントごとに細分化する際には、それぞれの構造や耐用年数を考慮すべきであるが、現在の 10 年償還を 15～20 年に延長する等、考慮されるべきである。
- ✓ **展示圃場を通じた意識向上**：本格的な普及の取組に先行した近代圃場灌漑システムの展示圃場の必要性は、灌漑技術者と一般農民の双方からよく指摘されている。農家が製品そのものを見たいと思っていて、実際の圃場での灌漑システムの効果を自分の目で確認しない限り、なかなか導入を受け入れないだろうということはしばしば強調される。ドリップやスプリンクラーといった新しい製品を相当程度の費用負担を伴って導入することが農家にとってそれほど容易でないことは自明である。プロジェクト地域内の任意の村で調査団が実施したステークホルダー会議では、農民の多くは新規開拓農地での実践を見て近代圃場灌漑システムの便益については知っているものの、それが旧耕地でも同様に機能するのかという点について確信が持てないでいることが確認された。したがって、実際の圃場において、新しいシステムの導入によってどれだけ節水できて、どれほど作物収量が増加するのかを示すための取り組みが検討に値する。

8.2.3 事業実施におけるジェンダー配慮

エジプトにおいて、女性雇用の中核をなす農業はジェンダーで区分されており、女性は男性に比べて、低賃金で、パートタイム、そして季節的な労務に従事していると言われている[4]。このような区分の主たる背景にはジェンダー規範があると考えられ、農村部、特に上エジプトでより広まっている[5]。いくつかの文献によれば、ジェンダー分離に則って、男性は基本的に耕起、灌漑、施肥といった圃場での作物生産作業に責任を有する一方[6]、女性は播種や収穫、屋内での家畜飼育に従事する傾向があり、さらに家庭内でのケア労働を割り当てられている[7]。

[2] WB (2022) *Project Performance Assessment Report - Arab Republic of Egypt – Integrated Irrigation Improvement and Management Project and Farm-Level Irrigation Modernization Project* (Report No. 173462) https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/04394c94-f6ab-5b26-a2e7-19e29d304597/content
[3] Ibid.
[4] UN Women (2018) *Profile of women in rural Egypt* https://egypt.unwomen.org/sites/default/files/Field%20Office%20Egypt/Attachments/Publications/2018/05/Profile%20of%20rural%20women%20%20final%20version.pdf
[5] UN Women (2018)
[6] IsDB (2019) および FAO (2021)
[7] IsDB (2019), FAO (2021) および JICA (2018) *Report of 'Improving Small-Scale Farmers' Market-Oriented Agricultural Project (ISMAP)' – Outcome of Gender Mainstreaming Activities*

灌漑作業に関しては、その身体的強靭性や知識と経験を理由に、男性が女性よりも優れた灌漑主体であるとみなされている[8]。また、灌漑自体が男性的な活動と捉えられているため、女性の灌漑への参加はしばしば否定されるか無視される[9]。加えて、女性が灌漑に参画できない理由としては、女性が夜間に灌漑作業を行うことが社会的に相応しくないとされていることや、女性にとって水路の清掃が難しいと言われることなどがしばしば強調される[10]。

ジェンダー平等の達成に向けて差別的な慣習を取り除いていくことはもちろん重要であるものの、男女間のジェンダー分離は常に強固な社会的規範から生じているわけではなく、女性への配慮や留意の結果でもあることは述べておかなくてはならない。たとえば、女性による夜間灌漑の制限は、ある意味では暗闇の中での性的虐待リスクから女性を守る働きをしている。同様に、女性は男女間の労働分離のおかげで、重い農業機械や機材の運搬といった圃場活動の重労働から解放されているとも言えるかもしれない。

提案コンポーネントにおけるジェンダー主流化については、単一の集合ポンプステーションとMarwa レベルの配水パイプラインによって代替すること自体が、灌漑作業への女性の参加促進に貢献しうると考えられる。従前の土堀りの開水路を通じて農地を灌水するには、農家は雑草を除去し、水路に亀裂や破損がないことを確認しなければならない。さらには、個々人のポンプを圃場から（へ）移動するのも、重労働かつ時間のかかる作業である[11]。WB (2022) は、IIIMP およびFIMP を通じた労力と時間の削減が、汚れたり素肌を晒したりすることなく女性が灌漑作業に参加することを可能にしたことを報告している。

提案コンポーネントにおいても、特に Meska の改修および改善といった水路改修、集合ポンプの設置、そして配水パイプラインの敷設によって、同様のメカニズムが生じることが想定される。さらには、ドリップやスプリンクラーといった近代圃場灌漑システムの導入は、灌漑作業をさらに容易に出来るようにすることで女性参加を促進させることが期待される。

女性の土地所有が依然として非常に低いことを考慮すると、土地所有権を必要とするような条件付けについては慎重に避けるべきである。上述のとおり、土地所有を要件とすることで女性農業者は経済的機会や組織参加から構造的に排除されてきた。もしも近代圃場灌漑システム導入のためのローンプログラムが土地を担保として求めてしまうと、女性は意志決定プロセスから排除され、女性を独立した主体ではなくあくまで手伝いとみなすようなジェンダー分離の固定化に繋がりかねない。

WUA の設立に関しては、灌漑と農作業への女性の効果的参加を実現するために、土地所有をWUA 構成員の前提条件とすべきではない。土地の権利を保持していなくても実際には灌漑や作物栽培に従事している女性も、WUA の構成員になれることはもちろんのこと、WUA の代表メンバーに含まれるべきである。

このことにより、既存の WUA において女性メンバーが家庭内水利用や環境啓発にばかり責任を有し、圃場での農作業については発言権を持たないという現在の状況も、徐々に緩和されるこ

[8] Najjar (2019) Women, irrigation and social norms in Egypt: 'The more things change, the more they stay the same?', Water Policy 21(4)
https://www.researchgate.net/publication/331461637_Women_irrigation_and_social_norms_in_Egypt_'The_more_things_change_the_more_they_stay_the_same'
[9] Ibid.
[10] Ibid.
[11] WB (2022) *Project Performance Assessment Report - Arab Republic of Egypt – Integrated Irrigation Improvement and Management Project and Farm-Level Irrigation Modernization Project* (Report No. 173462)

とが期待される。事業実施主体は、WUA 設立プロセスを通じて、女性の WUA 参画と、灌漑や農業に関するイシューでの女性の積極的関与を奨励していく必要がある。

8.2.4 貧困農民における近代圃場灌漑施設の導入に係る支援

第 6 章で示したように近代圃場灌漑のみによる事業の効果は、EIRR 11.2%（作付け体系変化なし）と 13.5%（園芸作物の増加）である。これらは、資本の機会費用 10%を上回るリターンであることから。近代圃場灌漑施設の導入に限ったとしても事業を実施する経済的優位性はある。その上で、MWRI 管轄の灌漑施設の改善をあわせて行った場合、EIRR は 15.0%（作付け体系変化なし）と 18.7%（園芸作物の増加）まで増加する[12]。

ここで、近代圃場灌漑施設の導入については、農家は金利負担は免除されるが、基本、10 年間での償還が予定されている（2021 年 8 月 5 日付けで関係 5 省庁によって署名・締結された Joint Cooperation Protocol。なお、本文書は Confidential Clause を有している）。近代圃場灌漑施設の導入のみの効果を考慮する場合、一般的な農家において作付け体系の変化が無いと仮定した時、農業所得の純増加分に占める農家の返済・負担額の合計額は上エジプトとデルタでそれぞれ 86%と 74%となる。また、園芸作を増加させた場合、上エジプトとデルタでそれぞれ 76%と 63%に減少する。作付体系において収益性の高い園芸作を増やすことが農家の手元に所得を残す方策となる。

さらに、近代圃場灌漑の導入に加えて、MWRI 管轄部分の灌漑施設の改善も行った場合、上エジプトにおいて増加所得に対する償還費用の負担率は各々61%（作付け体系変化無し）と 55%（園芸作物の増加）まで下がる。デルタでは、各々55%と 48%まで下がる。これは、水利構造物の改修・建設、水路ライニングといった灌漑改善が、農業所得増に大きく寄与することを意味し、農家への近代圃場灌漑導入においては、あわせて MWRI 管轄の灌漑施設の改善を行うことが必要といえる。

穀類を主たる営農作物としている貧困農民層においては、当該農家が近代圃場灌漑のみを導入し、作付けの変更がない場合、農業所得は 28,297 LE/feddan となり、この時の増加農業所得は 7,133 LE/feddan に過ぎない。この場合、10 年間での増加農業所得に対する償還額は 133%となり、増加所得のみでの償還は困難となる。ここで償還期間を 20 年とすると 96%となり、これでも貧困農家層にとっては、近代圃場灌漑施設の導入による可処分所得はほぼ増えないこととなる。

灌漑施設の改善を行った上で近代圃場灌漑を導入する場合、作付け体系に変化が無いとした時、農業所得は 32,425 LE/feddan となる。この時の増加農業所得は 11,261 LE/feddan で 10 年間および 20 年間での増加所得に対する償還額は、各々84%および 61%となり、増加所得のみでの償還が可能である。園芸作物を導入すれば、さらに所得は増えるが、貧困農民層の場合、作付け体系の変化は一般的な農民より躊躇する可能性がある。そのため、現行の作付け体系が維持されるとの前提の下での、償還の検討が望ましいと思われる。

上記から、農家にとっての近代圃場灌漑を導入する誘因は、水利構造物や水路ライニング等の灌漑改善を合わせて実施すること、そして園芸作物などのより付加価値の高い作物を導入することであるが、さらに貧困農民向けには 10 年間の償還期間を例えば 20 年間とすることが考えられ

[12] 近代圃場灌漑については、現行の個々人での灌漑方式に比較して燃料、潤滑油、労働力といった灌漑用ポンプの運用コストは削減される。ただし、ポンプのみならず追加でパイプラインや点滴灌漑システムの維持管理費用が必要となる。ポンプ運用コストについては、作物毎の生産費において灌漑コストの削減として算定していることを考慮し、機器のその他維持管理費用は初期投資の１％と仮定している。また、更新費用は、ドリップの耐用年数を 3 年として 4 年目に置き換える費用を見込んでいる（第 6 章参照）。

る。また、気候変動などによる生産量の一時的な減少、その他、市場における穀物価格が暴落した時に、返済の免除や延期をするといった補助政策の導入を検討することが必要である。

8.2.5 大規模 3 堰の施設の設計変更にかかる工事費への影響

1) Kased 取水工

Kased 取水工は、予定地点周辺の水路脇にて、ボーリング調査を実施し、杭基礎構造としているが、詳細設計では取水工の床版直下（水路内）でボーリングが予定される。したがい、地質調査結果により基礎構造の変更の可能性がある。基礎形式が直接基礎形式となれば、工事費の削減が予想される。

また、Kased 取水工の、Tanta Navigation 水路側には、Gharbia Irrigation Directorate（ID）の要望および協議結果により、船通しを計画しているが、船の曳航は現状において運用されていないことから、船通しの必要性についてエジプト側から公式な見解を求めることが必要である。船通しは、調整堰長の約 1/3 を占めており、船通しが不要となれば、工事費の削減が予想される。

2) Mahlet Menouf 調整堰

Mahlet Menouf 調整堰は、予定地点周辺の水路脇にて、ボーリング調査を実施し、基礎は地盤改良を計画している。ここで、詳細設計では取水工の床版直下（水路内）でボーリングが予定されるが、地質調査結果によっては基礎構造の変更の可能性がある。地盤改良が不要となれば、工事費の削減が予想される。

3) Sorad 調整堰

Sorad 調整堰は、予定地点周辺の水路脇にて、ボーリング調査を実施し、基礎は地盤改良を計画している。詳細設計では取水工の床版直下（水路内）でボーリングが予定されるが、地質調査結果により基礎構造の変更の可能性がある。地盤改良が不要となれば、工事費の削減が予想される。

第 9 章　結論と提言

9.1　結論

非公開情報

9.2　提言

1) 本事業ではコンポーネントが 8 つある。また、実施形態も Kased 幹線水路上の 3 つの堰、維持管理用機材の調達は国際入札（ICB）、小規模な工事の場合は国内入札（LCB）、さらに直営（近代圃場灌漑導入に伴う農民の組織化、研修）による実施と多岐にわたる。特に国内入札を想定している支線水路のライニング（BCRL）や近代圃場灌漑の導入（MOI）はパッケージ数も多い。このため、中央に Project Management Unit、上エジプトの Beni Suef 市とデルタの Tanta 市に Regional Coordination Unit を設立することを計画しているが、プロジェクト管理や調達に豊富な経験を有する専属の MWRI 職員を確実に配置すべきである。

2) 基幹水路や幹線水路内に位置する構造物は、狭い水路断面内で通水しながら工事を行なう必要があるため、施工計画が重要となる。エジプト国内で類似規模の水路内での工事経験を持つ建設業者の選定が望ましい。また、幹線道路脇や居住地が隣接する場所となる施設もあるため、周辺施設への安全配慮の計画提案や必要に応じて関係機関との調整を十分に行える業者を選定することが必要となる。特に、Kased 幹線水路上に新規に建設される 3 堰（Kased 取水工、Mahlet Menouf 調整堰、Sorad 調整堰）は、比較的水量の多い条件下、かつ幹線道路脇や居住地に近い場所での工事となるため経験豊富な建設業者を ICB にて選定することが必要

である。非通水環境下でも工事が可能、または支線水路以下の水路工事においては、エジプト国内の建設業者でも十分可能と思われるため、LCB での入札が適切である。

3) Kased 取水工は Navigation Authority からの要請により船通しを計画しているが、実際上、舟運はなされていないため、設置が不要となる可能性がある。実施に向けては、Navigation Authority と再度の協議を行い船通しの設置可否について確認することが望まれる。船通しが不要となれば、躯体コンクリート量の減、および左岸側工事の仮締切範囲の減や基礎杭の減によるコスト縮減が見込まれる。また、Kased 幹線水路の 3 堰の基礎は、Kased 取水工が基礎杭、Mahlet Menouf 調整堰と Sorad 調整堰においては地盤改良を選定している。実施設計時の追加の水路内ボーリング調査により良好な地盤状況が確認されれば、範囲の縮小または、直接基礎（地盤改良を伴わない）の採用により、コストの縮減を行うことが見込まれる。

4) 一連の水理シミュレーションの結果、将来、近代圃場灌漑施設が導入され節水がなされた場合でも、水路内の調整堰を適宜運用することによって水路内水位を上昇させることができることから、その下位の支線水路への配水は可能であることが判明した。その際、エジプトの水路勾配は 1/10,000～1/15,000 と非常に緩勾配であることから（ただし、Fayoum 地区を除く）、概ね 10～15 km 毎に設計通りに機能する調整堰が必要となる。すなわち、水路内水位の調整および下位水路への配水を、将来の節水に伴い灌漑用水が減少した状態でも可能とするため、概ね 10～15 km 程度に一か所は十分に機能する調整堰を確保しておくことが必要となる（Kased 幹線水路に新規建設される堰は、既存の Tanta 1 調整堰を含めて約 10 km 毎に設置される）。

5) 近代的灌漑システム導入のための金融支援スキームに関し、当初、TSL を念頭に入れていたが、本件、TSL 実施に伴う次の三つの事業リスクをヘッジするため、アドバンス方式によるプロジェクトローンを活用すべきである。リスクとしては、第一に銀行ローン申請資料の煩雑さ等から農民が近代圃場灌漑導入を躊躇する可能性があること、第二にエジプトの農業向け貸出シェアの約 7 割を占める ABE（PFI の最有力候補）では 2016 年に外貨借入局が廃止されたため、制度上、TSL スキームに PFI として参加できないリスクがあること、そして第三に不良債権問題の不透明さ、適時情報公開体制の未整備、TSL の経験不足（2016 年以降）等があげられる。

6) 本事業実施の経済的妥当性は確認されているが、特にドリップやスプリンクラーといった近代圃場灌漑の導入については、投資に見合う便益を確実に発現させるために、農家の適切な施設操作による単収の増大と化学肥料投入費用の節減の実現が不可欠であると共に、収益性の高い園芸作物の作付増が重要な要素となる。このため、農家への近代圃場灌漑システムを用いた栽培技術指導と施設運営のための農民組織化を確実に実施することが不可欠である。さらには、農家の初期投資に対する償還期間につき 10 年から 20 年への延長や、不作や穀物価格が暴落した時に、返済の免除や延期をするといった補助政策などを農家にあらかじめ明示して施設導入への動機付けを促すことが考えられる。

7) 近代圃場灌漑（ドリップやスプリンクラーの利用）は、節水や肥料の節減のみならず収量の増加による作物収益の向上に寄与する。しかしながら、旧耕地（Old Lands）で初めて近代圃場灌漑システムを導入する農家にとっては、機器の扱いに慣れ、フルスケールでの単収増を達成するには時間を必要とすると考えられる。旧耕地にはわずかであるが、水不足が発生している水路下流部などで一部、近代圃場灌漑を実施している農家も存在する。これらの農家は、新規開拓農地での先行農家、またドリップなどの機材供給業者や農業普及員から近代灌

漑システムの運用方法を学んでいる。このことから、初めて近代灌漑システムを導入しようとする農家には、展示圃場とともに一連の技術研修を提供することが必要である。研修は IAS（Irrigation Advisory Services）の地方職員が中心となって農民を対象に行うこととする。

8) Fayoum 地区に関しては、スプリンクラーやドリップといった近代圃場灌漑施設の導入を推奨しない。Fayoum 地区の末端には Quarn 湖と Rayan 湖が存在しているが、同地区への近代圃場灌漑施設の導入は両湖への排水量を大きく減少させる（例えばスプリンクラーを 10%面積に導入した場合 3%の排水量の減少、ドリップであれば 7%の減少となる）。両湖には観光業、塩精製業、漁業等に携わる多くのステークホルダーが存在しており、湖の塩湖としての水質および水位の両方を維持すべきである。すなわち、Fayoum 地区においては幹線・支線レベルの水路改修と併せて、効率的な水管理を実現するための Meska の改修など、排水量を減少させない状況下での灌漑施設の改善を図っていく事が推奨される

9) 先進的な水管理方法として、作付面積をフォローするための衛星画像分析の導入を提案している。これにより、MWRI は作付け状況、また収穫が行われた面積の情報を取得し適切な必要水量に基づく水配分が可能となる。また、衛星画像を用いれば生育不良といったより多くの用水供給を必要とする範囲を把握することも可能である。加えて、本事業の実施により水利用にかかる効率が改善されることが期待されるが、それと同時に運用管理面の改善が望まれる。現状では全国 26 の General Directorate for Irrigation に属する Directorate Engineer が施設操作を、Maintenance Section のエンジニアが日常管理と簡易メンテナンスを行っているが、これらの情報はナイル川の主要な堰を除いてほとんど共有されていない。これら施設の管理状況の発信・閲覧を関係者間で、例えばクラウド上で、更新・共有できるようなシステムを導入することが必要である。