

エジプト・アラブ共和国
水資源灌漑省

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
(開発計画調査型技術協力)

ファイナルレポート

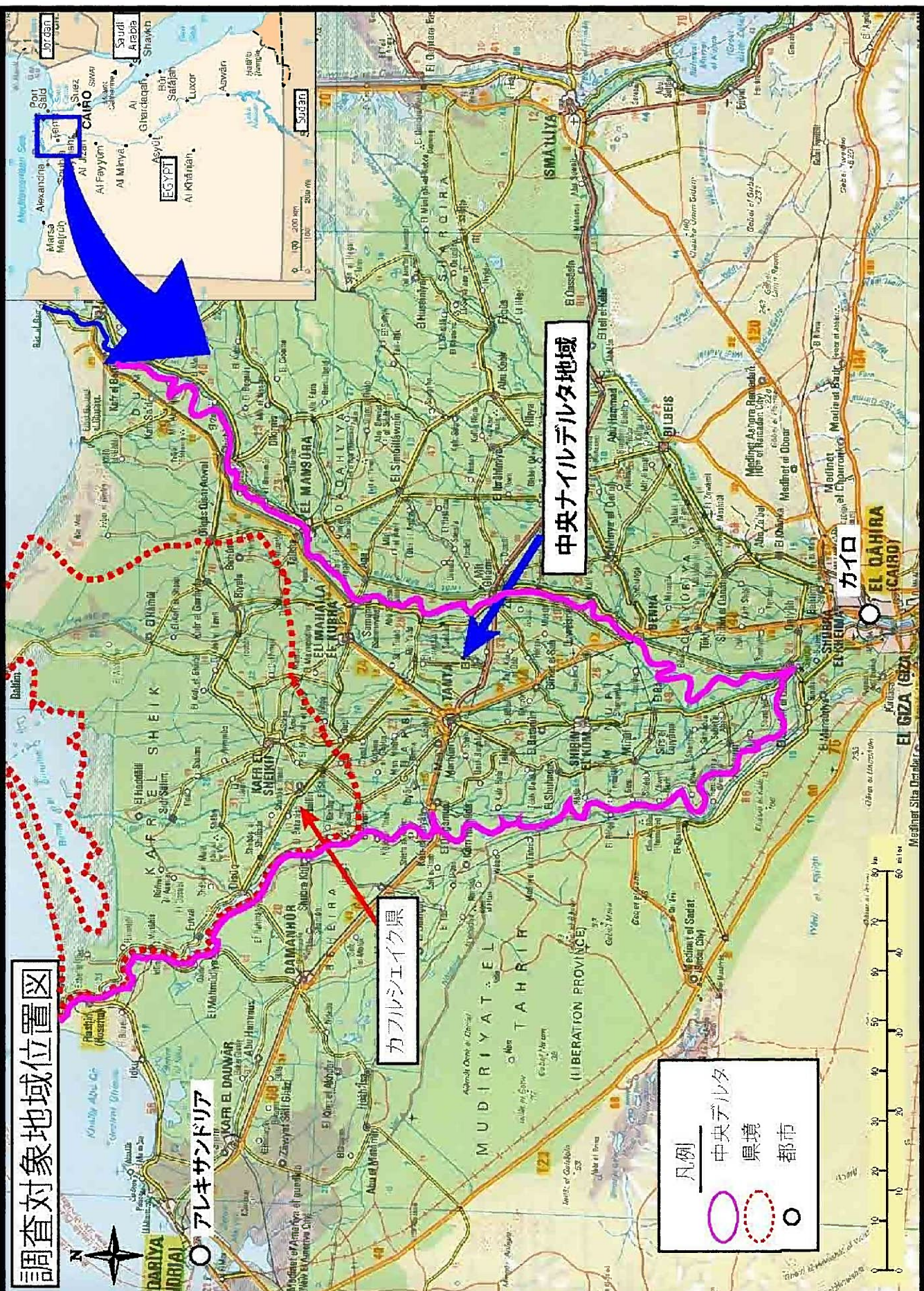
平成 28 年 3 月

(2016 年)

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

調査対象地域位置図



○アレキサンドリア

カフシエイク県

中央ナイルデルタ地域

凡例

- 中央デルタ
- 県境
- 都市



目 次

調査対象地域位置図

目次

図表目次

略語一覧

第1章 序論	1-1
1.1 プロジェクトの背景	1-1
1.2 プロジェクトの概要	1-1
1.2.1 提案計画の活用目標	1-1
1.2.2 期待される成果	1-1
1.2.3 対象地域	1-2
1.2.4 関係機関	1-2
1.2.5 調査工程とスコープ	1-5
1.3 ナイルデルタ地域における排水の水質保全に係る一般概要	1-6
1.3.1 排水の汚濁状況	1-6
1.3.2 排水の灌漑への再利用に係る水質基準	1-8
1.3.3 開発パートナーの活動状況	1-10
第2章 調査対象地域の概況	2-1
2.1 カフルシェイク県の自然・社会状況	2-1
2.1.1 位置	2-1
2.1.2 気温/雨量	2-1
2.1.3 人口	2-1
2.1.4 経済	2-2
2.1.5 交通	2-2
2.1.6 電力	2-3
2.1.7 上水道	2-3
2.1.8 下水道	2-3
2.2 カフルシェイク県の農業	2-5
2.2.1 農地所有	2-5
2.2.2 農民組織・水利組合	2-5
2.2.3 作付・農業生産	2-9
2.2.4 農業所得	2-13
2.2.5 内水面漁業	2-16
2.3 カフルシェイク県における灌漑と排水再利用の現状	2-18
2.3.1 灌漑システム	2-18
2.3.2 排水システム	2-21
2.3.3 灌漑用水の収支	2-22
2.3.4 灌漑のための排水再利用	2-26
2.4 カフルシェイク県における排水の水質	2-30
2.4.1 排水の水質レベル	2-30
2.4.2 汚染源と汚濁負荷量	2-31
2.4.3 汚染源としての廃棄物	2-31
2.4.4 公共下水道および集落排水処理	2-32
2.4.5 農業・畜産廃棄物の処理状況	2-32

第3章	カフルシェイク県の農業振興に向けての排水再利用の課題	3-1
3.1	灌漑の観点からみた農業振興の課題	3-1
3.1.1	農業生産性の低下傾向	3-1
3.1.2	灌漑用水の不足と対処策としての排水再利用	3-2
3.1.3	排水の水質汚染	3-2
3.1.4	ガルビア幹線排水路の水質と再利用	3-3
3.2	農村における住民組織の課題	3-5
3.2.1	水利組合	3-5
3.2.2	環境改善に関わる農村住民	3-6
3.3	下水道整備に対する開発パートナーの関心と課題	3-7
3.3.1	用地取得と法的規制	3-7
3.3.2	集落排水処理施設の試み	3-7
3.3.3	施設の維持管理	3-8
3.4	課題の整理：問題系図	3-8
第4章	排水再利用計画	4-1
4.1	排水再利用計画の目的と策定手順	4-1
4.1.1	開発目的	4-1
4.1.2	排水再利用計画の策定手順	4-1
4.2	排水再利用計画の骨子（フレームワーク）	4-2
4.2.1	国家政策との整合	4-2
4.2.2	カフルシェイク県における課題対処へのアプローチ	4-3
4.2.3	灌漑のための排水水質管理・再利用戦略	4-4
4.2.4	実施方法とプロジェクトの提案	4-5
4.3	排水再利用計画の実施方策	4-7
4.3.1	水質保全と排水再利用のパッケージ：灌漑コンプレックス	4-7
4.3.2	広域に作用する対策：広域事業	4-7
4.3.3	灌漑コンプレックスと広域事業の類型別の実施	4-8
4.3.4	排水再利用計画のタイムフレーム：短期および中・長期計画	4-8
4.4	パイロットプロジェクトでの実証	4-11
4.4.1	パイロットプロジェクトの実施経緯	4-11
4.4.2	パイロットプロジェクトの成果	4-12
4.4.3	パイロットプロジェクトの実施により得られた教訓	4-13
4.5	排水再利用計画の構成プロジェクト	4-15
4.5.1	プロジェクト1：灌漑コンプレックスの設立	4-15
4.5.2	プロジェクト2：ガルビア排水路の灌漑のための排水水質改善	4-23
4.5.3	プロジェクト3：大規模排水再利用ポンプ場の建設	4-24
4.5.4	プロジェクト4：ボックスカルバートによる排水路の暗渠化	4-26
4.5.5	プロジェクト5：水質モニタリングシステムの活用強化	4-29
4.5.6	プロジェクト6：排水の作物生産への効果的活用（化学肥料の節減）	4-29
4.6	優先コンポーネント（事業）	4-30
4.6.1	優先コンポーネントの考え方	4-30
4.6.2	灌漑コンプレックス展開の優先順位付け方法	4-31
4.7	排水再利用計画の実施体制	4-34
4.7.1	省庁間の協議による実施体制	4-34
4.7.2	開発パートナーとの協調体制	4-35
4.7.3	灌漑コンプレックス設立の実施体制	4-36

4.7.4	施設計画時の手順・留意点	4-41
4.7.5	女性の役割と巻き込み	4-42
4.8	施設維持管理計画	4-43
4.8.1	排水再利用計画事業の維持管理体制	4-43
4.8.2	灌漑コンプレックス施設に係る維持管理体制	4-44
4.9	事業費	4-46
4.10	期待される効果	4-47
4.10.1	全般的な効果	4-47
4.10.2	プロジェクト毎の効果	4-49
4.11	事業概要表（活動計画）	4-53
第5章	提言	5-1
5.1	排水再利用計画の妥当性	5-1
5.1.1	灌漑水量の確保	5-1
5.1.2	水質保全	5-1
5.1.3	施設計画	5-2
5.2	排水再利用計画の実施に向けて	5-2
5.2.1	従来の水資源灌漑省の計画と調和した事業の推進	5-2
5.2.2	他省庁および開発パートナーと連携した実施	5-2
5.2.3	中央レベルから村レベルまでの関係者の巻き込み	5-3
5.2.4	事業の面的展開と地域の上下流の連携	5-3
5.3	持続的な水質保全活動に向けて	5-4
5.3.1	利害関係者を考慮した維持管理体制	5-4
5.3.2	農民組織化における関係部局の協力	5-4
5.3.3	排水ポンプ委員会の公的位置づけの明確化	5-5
5.3.4	環境啓発活動	5-5
5.3.5	ジェンダー配慮	5-6

添付資料

- A-カフルシェイク県の農業統計
- B-パイロットプロジェクト候補地区位置図
- C-パイロットプロジェクトサイトの水質モニタリング結果（2013-2014/2015）
- D-水質に関する法律
- E-住民調査結果
- F-GIS マップ
- G-カフルシェイク県の下水処理状況と村落リスト
- H-主要排水路沿いの市・村落リスト
- I-暗渠化に係る意志決定過程
- J-パイロットプロジェクトサイトにおける問題分析
- K-パイロット施設に係るプロトコル
- L-パイロット施設の設計図面
- M-環境啓発活動教材
- N-パイロットプロジェクト実施経緯

図表目次

表 1.2.1 調査工程とスコープ	1-5
表 1.3.1 用水路水質	1-6
表 1.3.2 排水路水質【西デルタ地域】	1-7
表 1.3.3 排水路水質【中央デルタ地域】	1-7
表 1.3.4 排水路水質【東デルタ地域】	1-7
表 1.3.5 水質基準(排水再利用ポンプ・水路浄化施設)	1-9
表 1.3.6 水質基準(集落排水処理施設)	1-10
表 2.1.1 月別平均気温/湿度/雨量 (2012年 Mansura 観測所観測結果)	2-1
表 2.1.2 カフルシェイク県の人口推移状況	2-1
表 2.1.3 経済部門別雇用者割合	2-2
表 2.1.4 カフルシェイク県の上水道分野一般統計 (2006年)	2-3
表 2.1.5 エジプト国の下水道整備率 (2015年2月)	2-3
表 2.1.6 カフルシェイク県の下水処理施設	2-4
表 2.2.1 地域別農地所有面積の割合	2-5
表 2.2.2 カフルシェイク県の水利組合設立状況	2-6
表 2.2.3 メスカと支線水路レベルの水利組合の差異	2-7
表 2.2.4 耕地/作付面積と作付率 (2012年冬作、2013年夏作、ナイル作)	2-9
表 2.2.5 カフルシェイク県における主要作物別作付面積の割合	2-10
表 2.2.6 カフルシェイク県における主要作物の単収と生産量の5ヶ年平均 (2004-2008年と2009-2013年)	2-11
表 2.2.7 調査地区の上下流別サンプル農家の作付	2-13
表 2.2.8 上下流別の作物別単収	2-14
表 2.2.9 水稻の収量と収量構成要素 (2014・2015)	2-15
表 2.2.10 メイズの収量調査結果 (2014・2015)	2-15
表 2.2.11 農家の平均農業所得 (上流および下流) の算定	2-16
表 2.2.12 カフルシェイク県の漁獲量	2-16
表 2.2.13 養殖による所得の算定	2-17
表 2.3.1 カフルシェイク県の灌漑管区	2-20
表 2.3.2 カフルシェイク県の年間灌漑総用水量	2-23
表 2.3.3 水収支計算に用いられた作物別作付面積	2-24
表 2.3.4 カフルシェイク県の主要用水路の水収支	2-25
表 2.3.5 既存排水再利用ポンプ	2-28
表 2.3.6 排水再利用量の推計	2-29
表 2.3.7 単位排水再利用可能量の算定	2-30
表 2.3.8 排水再利用可能量の算定 (パイロットプロジェクト地区)	2-30
表 2.4.1 水質調査結果 (2012年、排水)	2-31
表 2.4.2 汚染源の種類と割合(BOD)	2-31
表 4.2.1 デルタ地域での排水再利用計画(NWRP)	4-2
表 4.2.2 カフルシェイク県に掛かる幹線排水路の排水再利用計画 (NWRP)	4-2
表 4.2.3 排水再利用における水質条件の設定	4-4
表 4.2.4 実施戦略と国家政策を踏まえたプロジェクトの提案	4-5
表 4.3.1 排水再利用計画の類型	4-8

表 4.3.2	排水再利用のコンポーネントと短期および中・長期対策	4-9
表 4.4.1	パイロットプロジェクト地区のコンポーネント	4-11
表 4.5.1	施設別所有権と利用者組織の形態	4-16
表 4.5.2	排水再利用ポンプ委員会設立・機能強化の基本方針	4-16
表 4.5.3	支線水利組合に係る主な課題/懸念事項と取り組みアプローチ	4-17
表 4.5.4	排水再利用ポンプの MWRI による建設状況 (2015 年 11 月)	4-21
表 4.5.5	地形図より確認した灌漑コンプレックスの設置候補地区一覧	4-22
表 4.5.6	ガルビア幹線排水路水質改善プロジェクトのコンポーネント	4-24
表 4.5.7	全国排水路暗渠化計画 (2015 年度時点での確定目標)	4-28
表 4.5.8	本排水再利用計画での排水路暗渠化計画延長	4-28
表 4.7.1	排水再利用計画の実施体制	4-35
表 4.7.2	排水再利用ポンプ場に係るプロトコルの例	4-37
表 4.7.3	灌漑コンプレックス事業に関わる農民組織化	4-38
表 4.7.4	内規の主な項目	4-41
表 4.7.5	環境啓発活動における女性の役割と巻き込み方法	4-43
表 4.8.1	施設建設を含むプロジェクトの維持管理体制	4-44
表 4.8.2	灌漑コンプレックス施設の運営維持管理体制に関するプロトコルの内容	4-45
表 4.9.1	排水再利用計画の概算事業費総括表(\$1,000)	4-46
表 4.9.2	排水再利用計画の概算事業費内容	4-46
表 4.10.1	排水再利用による平均増加所得額の算定	4-48
表 4.10.2	提案プロジェクト毎の期待される効果	4-49
表 4.10.3	パイロットプロジェクト地区の全窒素測定結果	4-51
表 4.10.4	カフルシェイク県での排水に含まれる窒素と稲吸収量の試算 (水稻)	4-52
表 4.10.5	カフルシェイク県での排水に含まれる窒素と稲吸収量の試算 (水稻)	4-52
図 1.2.1	排水庁 (EPADP) 組織図	1-3
図 1.2.2	カフルシェイク県西灌漑局組織図	1-3
図 1.2.3	カフルシェイク県西排水局組織図	1-4
図 1.2.4	カフルシェイク県統合東灌漑局組織図	1-4
図 1.2.5	プロジェクトのフロー	1-5
図 2.1.1	ISSIP によりカバーされる公衆衛生改善範囲	2-4
図 2.2.1	カフルシェイク県における主要作物別作付面積の推移	2-10
図 2.2.2-1	コメの単収と生産量の推移 (カフルシェイク県)	2-12
図 2.2.2-2	綿花の単収と生産量の推移 (カフルシェイク県)	2-12
図 2.2.2-3	メイズの単収と生産量の推移 (カフルシェイク県)	2-12
図 2.2.2-4	小麦の単収と生産量の推移 (カフルシェイク県)	2-12
図 2.2.2-5	テンサイの単収と生産量の推移 (カフルシェイク県)	2-12
図 2.2.2-6	アルファルファの単収と生産量の推移 (カフルシェイク県)	2-12
図 2.2.3	養殖池の生産量	2-17
図 2.3.1	カフルシェイク県の灌漑システム	2-18
図 2.3.2	カフルシェイク県の排水系統図	2-22
図 2.3.3	主要幹線水路の水収支	2-26
図 2.4.1	カフルシェイク県内の年間家庭ゴミ排出量 (トン)	2-32
図 3.1.1	カフルシェイク県の主要作物の単収傾向	3-1
図 3.1.2	排水路の BOD および DO (2011/12 年) (Drainage Research Institute Year Book)	

2011/12, July 2013)	3-3
図 3.1.3 Hamoul PS の稼働時間	3-5
図 3.4.1 カフルシェイク県の農業振興と排水の再利用の観点から整理した問題系図	3-9
図 3.4.2 カフルシェイク県の排水再利用に関わる制約と機会	3-10
図 4.1.1 排水再利用計画の策定手順	4-1
図 4.2.1 課題対処へのアプローチ	4-3
図 4.2.2 国家戦略および実施戦略を踏まえた排水再利用計画の提案	4-6
図 4.3.1 「灌漑コンプレックス」と「広域事業」の基本概念	4-8
図 4.3.2 排水再利用計画のコンポーネントとタイムフレーム	4-10
図 4.4.1 パイロットプロジェクトサイト位置図	4-11
図 4.4.2 処理前後の水質比較（水質浄化水路）（平均値）	4-12
図 4.4.3 処理前後の水質比較（集落排水処理施設）	4-13
図 4.5.1 「灌漑コンプレックス」の概要図	4-19
図 4.5.2 地形図より確認した灌漑コンプレックスの設置候補地区	4-21
図 4.5.3 ガルビア幹線排水路の位置と排水再利用灌漑地域	4-24
図 4.5.4 大規模排水再利用ポンプ場の提案地点	4-26
図 4.6.1 灌漑コンプレックス設立プロジェクト優先度の検討指針	4-32
図 4.6.2 カフルシェイク県の排水再利用計画	4-33
図 4.7.1 関係省庁の調整	4-34
図 4.7.2 灌漑コンプレックス実施における実施主体と他ドナースキームと重複する部分での協調	4-36
図 4.7.3 プロトコルと農民組織化のプロセス	4-39
図 4.7.4 環境啓発活動における女性の役割と巻き込み方法	4-43
図 4.8.1 灌漑コンプレックス施設運用概要図	4-45
図 4.10.1 中間排水再利用（灌漑コンプレックス）による排水再利用と便益の発現	4-48
図 4.10.2 農業便益算定の考え方	4-48
図 4.10.3 養殖池と農業との収益性比較	4-50

略語一覧

AES	: Agricultural Extension Service	: 農業普及局
BCM	: Billion Cubic Meter	: 十億立法メーター
BCWUA	: Branch Canal Water Users' Association	: 支線灌漑水路レベル水利用者組合
B/D	: Basic Design	: 基本設計
BOD	: Biological Oxygen Demand	: 生物学的酸素要求量
CDA	: Community Development Association	: コミュニティー開発組合
CDIAS	: Central Department of Irrigation Advisory Service	: 水資源灌漑省灌漑指導部
CFU	: Colony Forming Unit	: コロニー形成単位
CLEQM	: Central Laboratory for Environmental Quality Monitoring	: 環境モニタリング中央研究所
CO ₂	: Carbon Dioxide	: 二酸化炭素
COD	: Chemical Oxygen Demand	: 化学的酸素要求量
COD(Cr)	: Chemical Oxygen Demand (potassium dichromate)	: 化学的酸素要求量 (重クロム酸カリウム)
COD (Mn)	: Chemical Oxygen Demand (potassium permanganate)	: 化学的酸素要求量 (過マンガン酸カリウム)
C/P	: Counterparts	: カウンターパート
Cu	: Copper	: 銅
DAS	: Drainage Advisory Service	: 排水指導部
D/D	: Detailed Design	: 詳細設計
DO	: Dissolved Oxygen	: 溶存酸素
DPC	: Drainage Pump Committee	: 排水ポンプ委員会
DRI	: Drainage Research Institute	: 水資源灌漑省排水研究所
DWB	: District Water Board	: 灌漑管区委員会
DWMP	: Decentralized Wastewater Management Project	: 集落排水処理プロジェクト
EC	: Electrical Conductivity	: 電気伝導度
EEAA	: Egyptian Environmental Affairs Agency	: 環境庁
EIA	: Environmental Impact Assessment	: 環境影響評価
EP	: End Point	: エンドポイント
EPADP	: Egyptian Public Authority for Drainage Projects	: 水資源灌漑省排水庁
EU	: European Union	: 欧州連合
EWRMP	: Enhanced Water Resources Management Project	: 水資源管理強化プロジェクト
F	: Fluoride	: フッ素
FAO	: Food and Agriculture Organization	: 国連食糧農業機関
FIRR	: Financial Internal Rate of Return	: 財務内部収益率

F/S	: Feasibility Study	: 実施可能性調査
GDIAS	: General Directorate for Irrigation Advisory Service	: 県灌漑指導部
GEF	: Global Environmental Facility	: 地球環境ファシリティ
GIS	: Geographic Information System	: 地理情報システム
GIZ	: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	: ドイツ国際協力公社
GOJ	: Government of Japan	: 日本大使館
HCWW	: Holding Company for Water & Wastewater	: 上下水道公社
IAS	: Irrigation Advisory Service	: 灌漑指導部
ID	: Irrigation Directorate	: 水資源灌漑省灌漑総局
IIP	: Irrigation Improvement Project	: 灌漑改善事業
IIIMP	: Integrated Irrigation Improvement and Management Project	: 統合灌漑改善事業
IMT	: Irrigation Management Transfer	: 灌漑管理移管
IWMD	: Integrated Water Management District	: 統合水管理管区
IRR	: Internal Rate of Return	: 内部収益率
IWMI	: International Water Management Institute	: 国際水管理研究所
IS	: Irrigation Sector	: 灌漑局
ISSIP	: Integrated Sanitation and Sewerage Infrastructure Project	: 衛生・下水処理施設機能強化・整備 プロジェクト
IWRM	: Integrated Water Resources Management	: 統合水資源管理プロジェクト
IWSP	: Improved Water and Wastewater Services Prgrammes	: 上下水道サービス改善プログラム
JARUS	: Japan Association of Rural Resources Recycling Solutions	: 旧 日本集落排水協会
JICA	: Japan International Cooperation Agency	: 国際協力機構
JPY	: Japanese Yen	: 日本円
JSC	: Joint Steering Committee	: 共同運営委員会
Kfw	: Kreditanstalt für Wiederaufbau	: ドイツ復興金融公庫
kW	: Kilo Watt	: キロワット
LE	: Egyptian Pond	: エジプトポンド
lit/s	: Litter per Second	: 毎秒リットル
m/s	: Meter per Second	: 毎秒メートル
MALR	: Ministry of Agriculture and Land Reclamation	: 農業土地開拓省
MCM	: Million Cubic Meter	: 百万立方メートル
m ³ /day	: Cubic Meter per Day	: 日あたり立方メートル

MED	:	Mechanical and Electrical Department	:	水資源灌漑省機械電気局
m ³ /s	:	Cubic Meter per Second	:	毎秒立方メートル
mg/l	:	Milli Gram per Litter	:	リッターあたりミリグラム
MHUUD	:	Ministry of Housing Utilities and Urban Development	:	住宅省
Mn	:	Manganese	:	マンガン
MOIC	:	Ministry of International Cooperation	:	国際協力省
MPS	:	Mixing Pump Station	:	混合揚水機場
MWRI	:	Ministry of Water Resources and Irrigation	:	水資源灌漑省
NAWQAM	:	National Water Quality and Availability Management Project	:	
NGO	:	Non Governmental Organization	:	非政府組織
N ₂	:	Nitrogen	:	窒素
NH ₃	:	Ammonia	:	アンモニア
NH ₃ -N, NH ₄ -N	:	Ammonium Nitrogen	:	アンモニア性窒素
NO ₂	:	Nitrite	:	亜硝酸
NO ₂ -N	:	Nitrite Nitrogen	:	亜硝酸性窒素
NO ₃	:	Nitrate	:	硝酸
NO ₃ -N	:	Nitrate Nitrogen	:	硝酸性窒素
NWRI	:	National Water Research Institute	:	国家水研究所
NWRP	:	Nation Water Resource Plan 2017	:	国家水資源計画
OJT	:	On the Job Training	:	職場研修
O&M	:	Operation and Maintenance	:	運営維持管理
pH	:	Potential Hydrogen	:	水素イオン濃度
PIM	:	Participatory Irrigation Management	:	参加型灌漑管理
PS	:	Pump Station	:	ポンプ場
R/D	:	Record of Discussion	:	討議議事録
RRTC	:	Rice Research and Training Center	:	稲作研究研修所
SAR	:	Sodium Adsorption Ratio	:	ナトリウム吸着比
SS	:	Suspended Solid	:	浮遊物質
SWMT	:	The Project for Strengthening Water Management Transfer	:	水管理移管強化プロジェクト
TDS	:	Total Dissolved Solid	:	全溶解性物質
T-N	:	Total Nitrogen	:	全窒素
TOC	:	Total Organic Carbon	:	全有機炭素
T-P	:	Total Phosphorus	:	全リン
TSS	:	Total Suspended Solid	:	総懸濁個体量
USAID	:	United States Agency for International Development	:	合衆国国際開発庁

WARUS	: The Project For Drainage Water Quality Control for Irrigation in Middle Nile Delta	: 中央デルタ灌漑のための排水水質管理・再生利用プロジェクト
WMIP	: Water Management Improvement Project	: 水管理改善プロジェクト
WQU	: Water Quality Unit	: 水資源灌漑省水質部
W/S	: Workshop	: ワークショップ
WTP	: Wastewater Treatment Plant	: 下水処理施設
WUA(s)	: Water Users' Association(s)	: 水利用者組合
WWMP	: Water and Wastewater Management Program	: 上水・排水管理プログラム
Zn	: Zinc	: 亜鉛
μS/cm	: Micro Siemens per Centi Meter	: cmあたりマイクロシーメンス

面積単位

Feddan=0.42ha

通貨

日本円	Japanese Yen (JPY)
アメリカ・ドル	US Dollar (USD)
エジプトポンド	Egyptian Pound (LE)

換算率 (2016年2月)

USD = 118.74 JPY

LE = 15.211 JPY

第1章 序論

1.1 プロジェクトの背景

エジプト・アラブ共和国（以下、エジプト国）は、降雨量が非常に少なく、その水源をほぼ全面的にナイル河川水に依存している。1959年にスーダン国と結んだ協定により、エジプト国のナイル川からの年間利用可能量は555億 m^3 と規定されている。エジプト国の水資源灌漑セクターにおいては、この限られた水資源の有効利用が重要な課題である。

エジプト国では、年率約2%の人口増加を続けており、それに伴う食糧増産のための農地開発、さらに経済成長も加わり、農業・工業・生活用水の水需要が大幅に増加し、水需給の逼迫が懸念されている。特にナイル川の下流域であるナイルデルタ地域では農業用水の不足が発生しており、農業用水の確保は国家の重要課題の一つとなっている。

「国家水資源計画（National Water Resources Plan 2017: NWRP 2017）」では、水需要の増加に対応するため、地下水開発による新規水源探査、既耕地における節水、および排水の再利用による水供給が戦略として掲げられている。このうち農業セクターの排水の再利用については、1997年の排水再利用量3.5BCMから2017年に約2.5倍の8.9BCMまで増加するとしているが、そのためには、未処理の工業排水及び生活排水の混入、家畜の糞尿の混入等の様々な原因によって悪化する排水の水質を保全・向上させ、農業用水として許容可能なレベルで再利用する方法の確立が必要となっている。

上記の背景のもと、エジプト政府からの要請を受け、我が国は、エジプト国水資源灌漑省（Ministry of Water Resources and Irrigation: MWRI）配下の排水庁（Egyptian Public Authority for Drainage Project: EPADP）及びカフルシェイク県を主なカウンターパート（C/P）機関として、中央ナイルデルタにおける農業用水の安定確保のための排水再利用計画の策定と、それを通じたC/Pの能力向上を図る開発計画調査型技術協力の実施を決定した。2011年11月にMWRIと国際協力機構（JICA）の間で本協力の目的、内容、主な投入等を定めた討議議事録（Record of Discussion: R/D）が締結された。

1.2 プロジェクトの概要

1.2.1 提案計画の活用目標

本プロジェクトでは、中央ナイルデルタにおける農業用水を増加させるためにカフルシェイク県を具体的な対象地域として、排水の灌漑利用に必要な水質保全を含めた中期的（3～5年程度）及び長期的（10年程度）な対策を設定し、パイロットプロジェクトでの実証を経て、排水再利用計画を策定する。提案される計画の活用目標は以下のとおりである。

- ・ 策定された排水再利用計画がエジプトの総合的な水資源計画に有効な施策として採用される。
- ・ 排水再利用計画の短期的及び中期的対策がエジプト国、もしくはドナーにより実施される。

1.2.2 期待される成果

上記目標に向けて、以下の成果を得ることを目的に本プロジェクトを実施する。

- ・ 灌漑のための水質保全対策を含む排水再利用計画が策定される。

- ・ 計画の策定及びパイロットプロジェクトの実施を通じて、C/P の事業計画策定及び事業実施能力が向上する。

1.2.3 対象地域

本プロジェクトの対象地域は中央ナイルデルタ地域であり、カフルシェイク県を具体的な計画策定の対象とする。ただし、農業用水及び排水はカフルシェイク県より上流域から流入しており、排水再利用の促進のためには上流部での水質保全の取り組みも重要であることから、排水再利用を進めるにあたって、より上流域で行うべき有効な対策があれば、本計画に含めることを検討する。

1.2.4 関係機関

本プロジェクトの実施においては、下記の5省庁より Joint Steering Committee (JSC) を組織して実施する。

関係省庁 (JSC)

- 水資源灌漑省 Ministry of Water Resources and Irrigation: MWRI
- 農業土地開拓省 Ministry of Agriculture and Land Reclamation: MALR
- 環境庁 Egyptian Environmental Affairs Agency: EEAA
- 住宅省 Ministry of Housing Utilities and Urban Development: MHUUD
- 国際協力省 Ministry of International Cooperation: MOIC

また、主要なC/P機関であるMWRI内の主要関連部局と地方レベルでの関係機関は下記のとおりである。

水資源灌漑省内の部局

- 排水庁 Egyptian Public Authority for Drainage Projects: EPADP
- 排水研究所 Drainage Research Institute: DRI
- 計画局 Planning Sector: PS
- 灌漑局 Irrigation Sector: IS

地方レベル

- カフルシェイク県庁
- 排水庁のカフルシェイク県支所：西排水局 (General Directorate of Drainage of West Kafr El Sheikh)
- 灌漑局のカフルシェイク県支所：西灌漑局 (General Directorate of Irrigation of West Kafr El Sheikh)
- 灌漑局のカフルシェイク県支所：東統合灌漑局 (General Integrated Directorate of Water Resources and Irrigation of East of Kafr El Sheikh)

MWRIのカフルシェイク県支所は、従前は東西の灌漑局及び排水局に分かれていたが、東灌漑局と東排水局については2013年に統合され、統合東灌漑局と改組されている。本プロジェクトの主要C/PであるEPADPおよびMWRIカフルシェイク県支所の組織図を下図に示す。

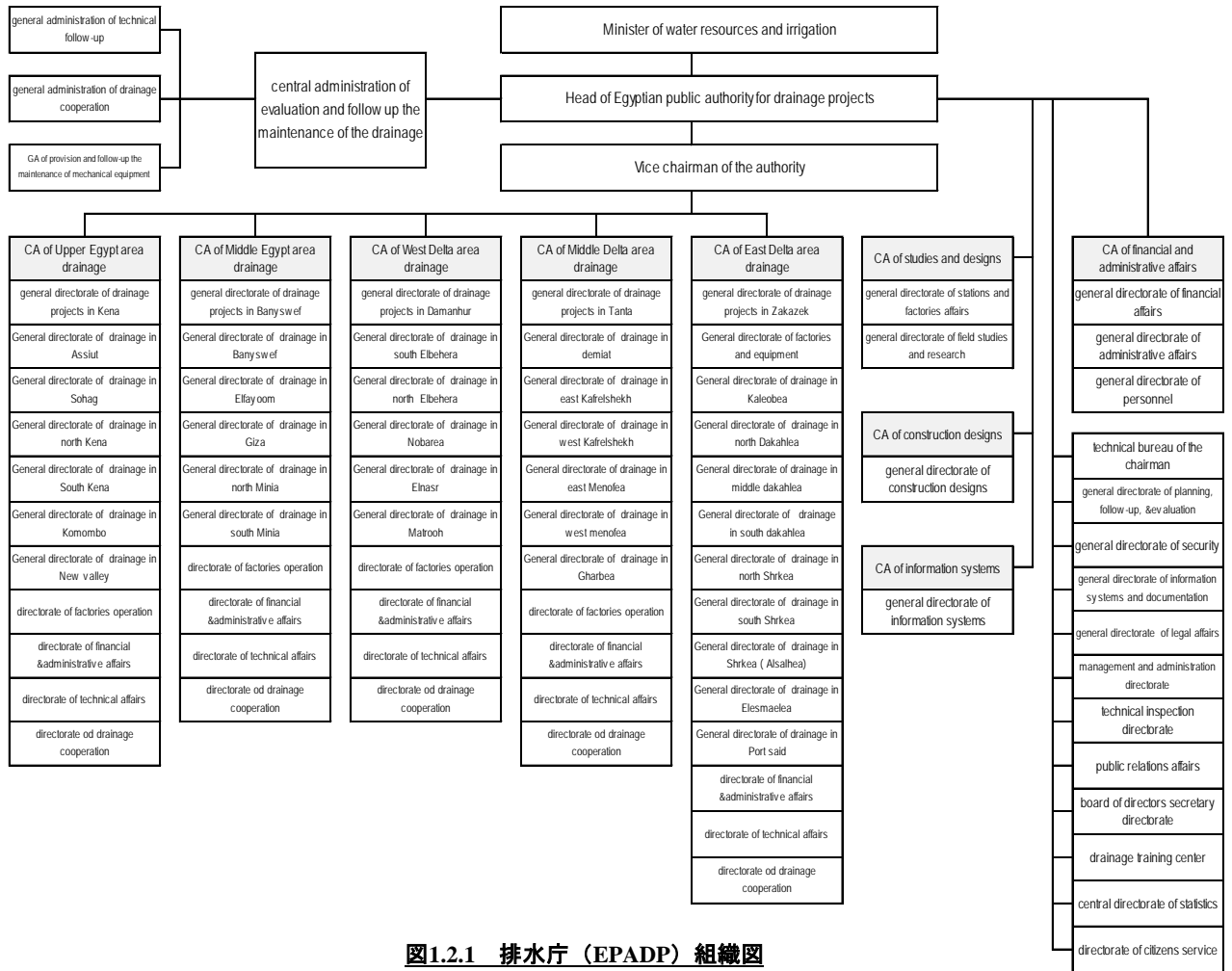


図1.2.1 排水庁 (EPADP) 組織図

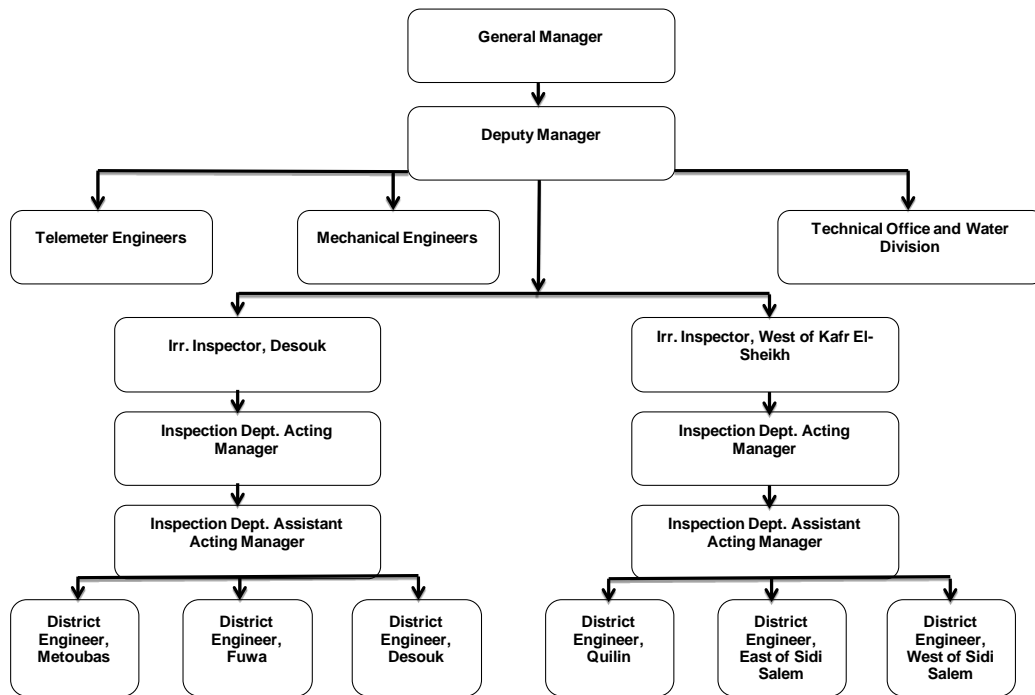


図1.2.2 カフルシェイク県西灌漑局組織図

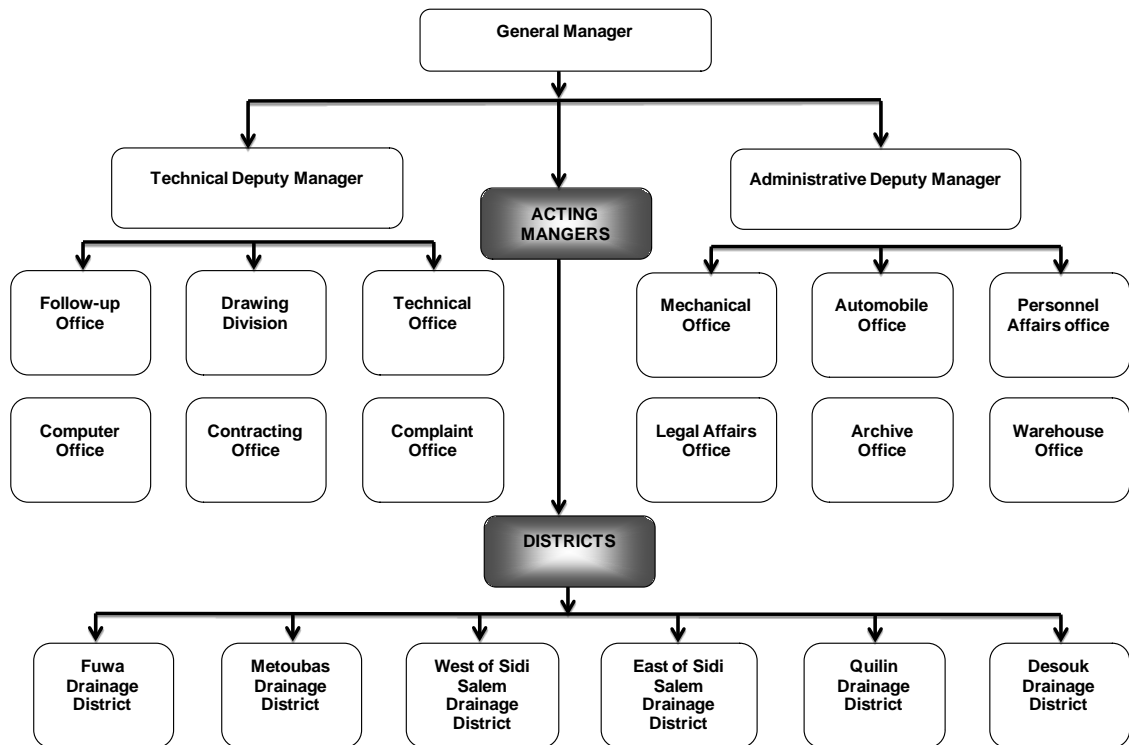


図1.2.3 カフルシェイク県西排水局組織図

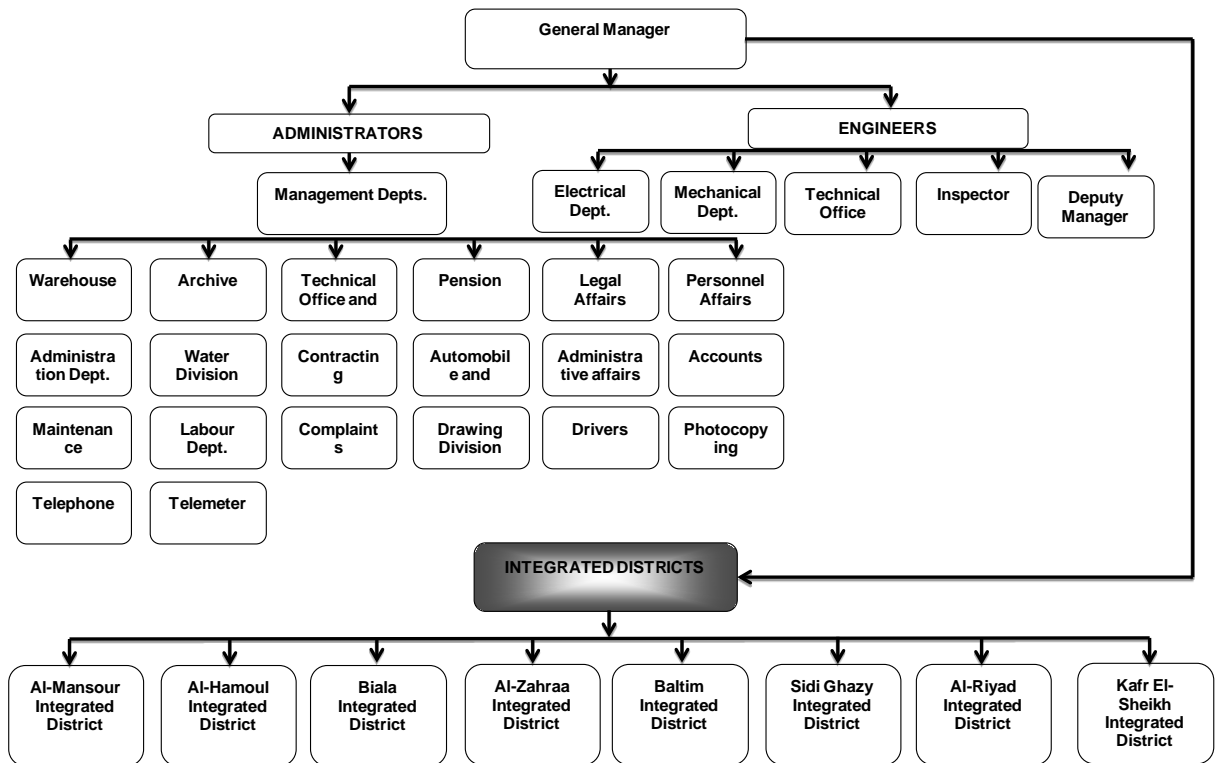


図1.2.4 カフルシェイク県統合東灌漑局組織図

1.3 ナイルデルタ地域における排水の水質保全に係る一般概要

1.3.1 排水の汚濁状況

エジプト国のほぼ全ての水源となるナイル川の水質は、アスワンハイダムにおいて BOD1.2mg/l と良好である。その水質は、カイロ付近で 3.2mg/l、デルタの支川では 5mg/l と悪化している。排水研究所が実施しているナイルデルタ地域の水質モニタリング調査結果を表 1.3.1 から表 1.3.4 に示す。灌漑水路の水質については、東デルタにおいては、比較的良好であるが、西デルタ及び中央デルタでは、上流部より BOD10mg/l を超える値となっている。排水路の水質は、デルタ全域において BOD10~30mg/l の高い値を示している。各排水路の傾向として、中流部で高く下流部で低い結果となっているが、中流部において集落及び農地からの汚染があり、下流部では、若干の自浄作用が働いている結果と推定される。

汚染物質とは異なるが、塩分濃度も作物被害に大きく影響する。塩分濃度は、表 1.3.1~表 1.3.4 に示される EC が一般的な指標として用いられる。稲の品種により塩分の耐性は異なるが、FAO の”Water quality for agriculture”によれば、Oriza sativa という品種の場合、2.0ds/m までは作物被害が生じないが、4.8ds/m となった時には、50%の減収となるとされている。表 1.3.1 より、用水路の水質は、1.5ds/m 以下となっており、大きな影響は無いと判断される。排水路水質は、場所により 5.0ds/m を超える地点もあり、灌漑へ再利用をする場合には課題となる。塩分濃度の傾向としては、地中海の影響を受け、排水路下流部で高くなる傾向となっている。ライスリサーチトレーニングセンターでは、このような状況を踏まえ、耐塩性の高い稲の開発に取り組んでいるところである。

上記の排水の水質を農業にそのまま再利用すれば、農作物の減収および品質の悪化が懸念される。今後は、工場排水及び家庭排水の処理を拡大するとともに、農業の低肥料化の推進が必要である。しかしながら、その対策による改善には、長年を要することから、緊急対策として、排水路内の直接浄化が効果的と判断できる。

表 1.3.1 用水路水質

West delta (main canal)	BOD(mg/l)	DO(mg/l)	EC(dS/m)
Upstream	12.43	5.34	0.43
Midstream	13.00	5.19	0.60
Downstream	13.67	5.00	0.53
Middle delta(main canal)	BOD(mg/l)	DO(mg/l)	EC(dS/m)
Upstream	15.50	5.34	0.37
Midstream	17.67	6.28	0.52
Downstream	15.33	4.75	0.55
East delta (main canal)	BOD(mg/l)	DO(mg/l)	EC(dS/m)
Upstream	7.33	6.69	0.33
Midstream	10.31	5.43	0.67
Downstream	11.67	5.55	0.50
East Minor Canal (branch)	BOD(mg/l)	DO(mg/l)	EC(dS/m)
Upstream	N/A	N/A	N/A
Midstream	12.00	3.65	1.31
Downstream	18.50	2.32	1.24

表 1.3.2 排水路水質【西デルタ地域】

Edko Drain (main)	BOD(mg/l)	DO(mg/l)	EC(dS/m)
Upstream	13.00	3.91	0.90
Midstream	22.29	2.85	1.04
Downstream	16.00	2.39	2.12
Minor Drain (branch)	BOD(mg/l)	DO(mg/l)	EC(dS/m)
Upstream	12.00	6.26	3.19
Midstream	26.75	3.69	1.76
Downstream	15.50	4.94	2.93
Umoum Drain (branch)	BOD(mg/l)	DO(mg/l)	EC(dS/m)
Upstream	N/A	N/A	N/A
Midstream	19.80	3.70	3.18
Downstream	32.50	2.60	5.51

表 1.3.3 排水路水質【中央デルタ地域】

Gharbia Drain (main)	BOD(mg/l)	DO(mg/l)	EC(dS/m)
Upstream	23.25	3.23	1.06
Midstream	30.50	1.46	1.56
Downstream	23.33	2.73	3.84
Minor Drain (branch)	BOD(mg/l)	DO(mg/l)	EC(dS/m)
Upstream	16.00	6.07	0.96
Midstream	24.00	1.81	1.19
Downstream	18.00	3.36	2.57
No.1,2,7,8,11 Drain (main)	BOD(mg/l)	DO(mg/l)	EC(dS/m)
Upstream	N/A	N/A	N/A
Midstream	22.00	2.02	0.99
Downstream	18.29	4.44	3.50

表 1.3.4 排水路水質【東デルタ地域】

Bahr Bhadus (main)	BOD(mg/l)	DO(mg/l)	EC(dS/m)
Upstream	N/A	N/A	N/A
Midstream	23.10	1.83	1.66
Downstream	13.60	2.62	2.40
Bahr ElBaqar Drain (main)	BOD(mg/l)	DO(mg/l)	EC(dS/m)
Upstream	20.67	2.96	3.54
Midstream	22.88	2.42	1.32
Downstream	17.00	3.49	3.76
Minor Drain (branch)	BOD(mg/l)	DO(mg/l)	EC(dS/m)
Upstream	N/A	N/A	N/A
Midstream	N/A	N/A	N/A
Downstream	19.75	2.95	1.55

農業排水には窒素などの栄養分が含まれており、農家にとって施肥量を最小限にする点から排水利用はメリットがある。しかし、家庭からのごみ・排水、工場排水などの汚染された水が農業排水路に流入すると、農業排水が金属や病原菌に汚染され、それを利用する農民に健康被害が発生する可能性がある。農業排水の不適切な再利用による人体への健康被害は世界各国で報告されており、その症状は主に下痢、チフス、回虫症などである。同様に、エジプト国内でも農業排水を十分に処理しないまま野菜に灌漑するとその野菜を摂食した人間への回虫症や、鞭虫類への感染の危険性が高まることが指摘されている (IWMI, 2007)¹。また、繰り返し農業排

¹ International Water Management Institute, 2007, "11. Agricultural use of marginal-quality water-opportunities and

水を灌漑利用すると、排水中の塩分、農薬、肥料が濃縮される。地中海付近の排水では塩分濃度が 3,000mg/lに達する (Loutfy, 2007)²など塩分濃度の上昇が課題となっている。

1.3.2 排水の灌漑への再利用に係る水質基準

エジプト国における排水再利用に関わる法制度は、Law 48 がある。その他それに付随する法律、省令などがある。Law 48 は、現行の水質と比較しても非常に厳しい制限をしており、現実的には、ほとんどの排水路で遵守できない状況である。今回のプロジェクトにおいて、再利用ポンプに適用する水質基準は、Law 48 を遵守しつつ、現行水質に適合する様に National Water Quality and Availability Management Project (NAWQAM)³で作成された基準を参考に水質基準を策定した。Law 48 及びNAWQAMの水質基準及び今回のプロジェクトに適用する再利用ポンプの水質基準を表 1.3.5、集落排水処理施設に適用する水質基準を表 1.3.6 に示す。Law48 の Article61 は、保健衛生の観点から項目が定められたものであり、Article62 は灌漑用水の水質を、Article65 は排水路の水質をそれぞれ規定したものである。Article 66 は、下水処理施設からの放流水と、放流水が混ざった後の排水路の水質に関する水質基準である。

challenges”

² N.M. Loutfy, 2010, “Reuse of Wastewater in Mediterranean Region, Egyptian Experience”, Handbook Environmental Chemistry, DOI 10.1007/698_2010_76

³ NAWQAM は、カナダ政府（当時 CIDA）と MWRI の共同プロジェクトとして、1997 年から 2004 年に実施された。水質管理システム改善を主題とする事業である。

表 1.3.5 水質基準(排水再利用ポンプ・水路浄化施設)

Statement	Article 61	Article 62	Article 65	NAWQAM 2004	NAWQAM 2004	Project
	by Ministry of Health	by Ministry of Irrigation	Drain Water	table 6 Irrigation	table 7b water treatment	
Color	Free from colored substances		< 100 unit			
EC				4.0ds/m		4.0ds/m
Total solid substances (SS)	800	1000	500	2000		1000
Temperature	35		5°C			
Odor			Free from colored substances			
Dissolved oxygen (DO)			> 5			
Hydrogen exponent (pH)	6 ~ 9		7 ~ 8.5	6 ~ 9		6 ~ 9
Absorbed biotic oxygen (BOD)		30	< 10	40	40	40
Chemically consumed oxygen (COD)	20	40	(Dichromate) < 15	80	80	80
	30		(Permanganate) < 6			
Organic nitrogen (ON)			-			
Ammonia			< 0.05			
Grease and oils	5	10	< 1	5		10
Total Alkalines			50 ~ 200			
Sulfates	1		-	1000		1
Mercury compounds	0.001		< 0.001			0.001
Boron				3	3	
Chloride				700		
Benzen				2.5		
Aluminium				5	5	
Molybdenum				0.01	0.01	
Trichloroacetaldehyde				0.5		
Propionaldehyde				0.5		
Atrazine				0.01		
Dimethoate				0.003		
Chlorpyrifos				0.024		
Barium					0.01	
Cobalt					0.05	
Nickel					0.2	
Vanadium					0.1	
Iron	1		< 1	5	5	5
Manganese	0.5		< 1.5	0.2	0.2	0.5
Copper	1		< 1	1	1	1
Zinc	1		< 1	5	3	1
Detergents	0.05		< 0.5			0.05
Nitrates	30	30	< 45	30		30
Fluorides	0.5		< 0.5	1		1
Phenol	0.001	0.002	< 0.02	2		2
Arsenic	0.05		< 0.05	0.1	0.1	0.05
Cadmium	0.01		< 0.01	0.01		0.01
Cobalt				0.05		
Chromium	0.05		< 0.01	0.05	5	0.05
Cyanide			< 0.1			
Lead	0.05		-	5	5	0.05
Selenium			-	0.02	0.02	
Tannin and lignite			< 0.5			
Phosphate	1		< 1			1
Carbon-chloroform abstracts			< 1.5			
Nematode eggs					1	
Potential number of the colonic group 100 C3	2500		5000	1000	1000	-

注；着色部は、本プロジェクトに引用した箇所を示す。

表 1.3.6 水質基準(集落排水処理施設)

Parameters	Rural sewage treatment	
	Outlet	After mixing to drainage
	Article 66 in Law 48/1982 (Sewage water)	Article 68 in Law 48/1982 (Sewage water)
Temperature	< 35 °C	≤ +5 °C
Hydrogen exponent (pH)	6 ~ 9	7 ~ 8.5
Absorbed biotic oxygen (BOD)	< 60 mg/L	
Chemically consumed oxygen (COD)	(Dichromate) < 80 mg/L (Permanganate) < 50 mg/L	
Ammonia nitrogen (N-NH4)	< 0.5 mg/L	
Dissolved oxygen (DO)	> 4 mg/L	> 4 mg/L
Detergents		< 0.5 mg/L
Sediments		< 50UNIT
Grease and oils	< 10 mg/L	
Dissolved Substances	< 2000 mg/l	
Suspended substances	< 50 mg/l	< 650 mg/l
Colored substances	Free from colored substances	
Sulfates	< 1 mg/L	
Nitrates	< 50 mg/L	
Phenol	-	< 0.005 mg/L
Total heavy metals	< 1 mg/L	
Pesticides	None	
Potential number of the colonic group 100 cm3	< 5000 CFU	< 5000 CFU

1.3.3 開発パートナーの活動状況

開発パートナーは、デルタ地域において、下水道施設建設や環境キャンペーン、農民組織の能力向上等による水環境改善の分野でエジプト政府に協力している。世界銀行、European Union (EU)、United States Agency for International Development (USAID)、ドイツ国際協力公社 (GIZ)、オランダ政府、イタリア政府、スイス政府等が協力している。下記に開発パートナーの活動概要を示す。

(1) 排水再利用

USAID と水資源灌漑省が協力して統合水資源管理プロジェクト II (Integrated Water Resource Management II : IWRM II) (2009-2012)を実施した。プロジェクトの主な活動は、東デルタ地域で支線レベルの灌漑水路水利用組合 (Branch Canal Water Users' Association: BCWUA) を形成して活性化を支援することであり、コンポーネントの中に処理水の再利用も含まれていた。この分野では、住宅省配下の上下水道公社 (Holding Company for Water Wastewater) の能力強化や官民連携の模索が提言されている。

(2) 水質保全・水管理

Italian - Egyptian Debt for Development Swap Program Phase II がイタリア政府の協力で 2007 年から 2012 年の期間の負債を 30 のエジプト国の活動予算に振り向ける形で実施された。このプログラムでは、国家水研究所 (National Water Research Institute : NWRI) によるナイルデルタのロゼッタ運河で水質遠隔監視システムを導入する活動も含まれていた (Use of remote sensing systems for monitoring water quality in the region of the Nile Delta)。その成果は未だ研究段階のようである。

世界銀行、ドイツ復興金融公庫(KfW)およびオランダ政府は、Integrated Irrigation Improvement and Management Project (IIIMP)を2004年から2016年10月までの予定で中央デルタおよび西デルタ地域で実施している(世銀の融資は2016年3月まで、KfWは2016年10月まで)。プロジェクト対象地域のうち、ミット・ヤズイド(Mit Yazeed)用水路掛であるカフルシェイク県の西側がWARUSの対象地域と重なる。IIIMPは、水利構造物の改修、暗渠排水、BCWUAやDistrict Water Board (DWB)およびIntegrated Water Management District (IWMD)の設立と能力向上、といったコンポーネントで構成されている。IIIMPによる水管理改善の突破口は、支線水路レベルに連続通水を導入し、もって支線水路レベルでの水利用者間の水管理参加を促すことである。すなわち最末端レベルでの水資源管理の分権化を推進している。

IIIMPと関連して、世銀とGlobal Environmental Facility (GEF)はMWRIとの技術協力プロジェクトでEnhanced Water Resources Management Project (EWRMP)を実施している。同プロジェクトは、水管理に係る多岐に亘るコンポーネントをカバーしている。水質問題に関しては、西、中央および東デルタで3か所の灌漑排水地区のパイロットサイトを設けている。パイロットサイトでは、BCWUAの水質管理や排水管理、廃棄物管理等の活動強化を支援している。同プロジェクトは2013年に開始され、2016年で終了予定である。

日本の協力による水管理改善プロジェクト(Water Management Improvement Project: WMIP)は、2000年~2006年に第1ステージが実施され、カフルシェイク県ビヤラ郡でメスカレベルのWUA設立強化活動が行われた。2008年~2012年の第2ステージでは、CDIASの能力向上と共に支線水路レベルのBCWUAの強化に取り組み、BCWUAによる環境キャンペーンや水利組合参加による水路改修などを進めた。2012年11月~2016年3月の期間で実施中の水管理移管強化プロジェクト(The Project for Strengthening Water Management Transfer)は、日本による技術協力の第3ステージで、BCWUAを対象に受益農民と労働力やコストを政府側と共有しながら水路の維持管理を進める参加型水管理を推進している。

(3) 下水処理施設・集落排水処理施設

世界銀行は、Integrated Sanitation and Sewerage Infrastructure Project (ISSIP)をIIIMPと同様の対象地域で2009年より実施している。ISSIPは、主に地方都市とその周辺農村をカバーする規模の下水処理施設を建設する事業である。多くの村を一つのクラスターにまとめ、パイプラインで大規模な下水処理施設に連結して処理するものである。しかしながら、灌漑システムの近代化に伴い、Izbaと呼ばれる小集落が水路に沿って分散するようになった。このため、クラスターのみで農村の小集落をカバーして下水道整備率を上げることは困難になっている。こういった状況から、独立したユニットである集落排水処理施設の設置可能性の検討が必要となっている。ISSIPにおいても、このオプションを地域の状況に応じて検討し、日本政府が拠出する日本社会開発基金等を用いて、HCWWの能力強化や住民組織化を含む技術協力も実施している。スイス政府も同プロジェクトの下で世界銀行と協働している。

EUは、Improved Water and Wastewater Services Programme (IWSP)を2006年から実施している。IWSPは、既存の下水処理施設の改修と機能強化、および実施機関の能力強化を進めている。IWSPは、現在フェーズ2を実施しており対象地域を上エジプトに拡大している。カフルシェイク県においては、特に関連事業としてKafr El Sheikh Wastewater Treatment Projectを実施している。IWSPは規模の大きい下水処理施設を対象としている。

USAIDはエジプト国において、砂濾過設備を用いた集落排水処理施設の建設に資金提供をし

ている。この施設では、濾過を含む処理工程が鋼製の塔内にパッケージ化されており、通常のコンクリート水槽に比べて必要な用地が少ないといった利点がある。他方、毎日のポンプ運転や施設の維持管理に係る要員が必要であることも特徴に挙げられる。

オランダ大使館は、ファユーム県の給水衛生プログラムを1990年から2009年まで支援した。集落排水処理施設としては、簡易処理システムをファユーム県で導入し、同様の施設が他の県にも普及している。

ドイツ国際協力公社（GIZ）は Water and Wastewater Management Programme (WWMP)を、2007年から2017年の期間で実施している。エジプト側の実施機関の筆頭は住宅省の管轄下にある上下水道公社（HCWW, MHUUD）である。このプログラムの下で Decentralized Wastewater Management in the Governorate of Kafr El Sheikh (DWMP) が実施されている。このプロジェクトでは分散型の下水処理施設を建設しており、2012年までにカフルシェイク県内で7村の下水処理施設が設置された。施設は、エネルギーフリーの酸化池（安定化池）で、全ての施設は同様の設計である。

(4) 廃棄物処理

農村では、廃棄物が水路に投棄されるため、水質保全と廃棄物処理は関連している。EU、GIZ および KfW は、National Solid Waste Program を2012年より支援している。所管は環境庁である。カフルシェイク、ガルビア、アシュートおよびケナの4県でパイロット活動を実施中である。パイロット対象県では、県庁の既存の環境管理室が実施の主体となっている。カフルシェイク県では、環境管理室の職員への研修および業務管掌の再定義等による廃棄物処理行政の強化を2014年から3年間の予定で実施している。カフルシェイク、ガルビア、アシュートおよびケナ県において、GIZ は能力強化活動を、KfW はインフラ整備を担当する。

第2章 調査対象地域の概況

2.1 カフルシェイク県の自然・社会状況

2.1.1 位置

カフルシェイク県は、ナイルデルタ最下流に位置し、カイロより北へ約 120Km 先に位置する。県境は、北部を地中海、西部をナイル川のロゼッタ支流、東部をダカリア県、南部をガルビア県と接する。カフルシェイク県から見てナイル川の上流の位置となるガルビア県には工業都市であるマハラクブラ市やデルタの中心都市のタンタ市といった大都市が所在する。県の面積は 3,748km² であり、10 郡、49 町、206 村および 1,559 の小集落より構成される。県都はカフルシェイク市であり、県北部の地中海付近にはブルルス湖が存在する。

2.1.2 気温/雨量

カフルシェイク県とほぼ同緯度に位置するマンスーラ観測所の 2012 年の観測結果を表 2.1.1 に示す。月別の平均最高気温は 19.5℃から 34.5℃の間で推移しており、5 月から 9 月の間は 30℃を超える。2012 年における年間降水量は約 51mm であり、7 月から 8 月までの間は、降雨がなかった。県都のカフルシェイク市内にある Rice Research Training Center に設置されている雨量計では、2002 年~2010 年の平均で 106.3 mm の年降雨が記録されている。

表 2.1.1 月別平均気温/湿度/雨量 (2012 年 Mansura 観測所観測結果)

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Max. Temp (°C)	19.5	20.5	24.5	28.0	31.5	34.0	34.5	34.0	31.5	28.5	25.0	21.5
Mini. Temp (°C)	9.5	9.5	11.0	13.5	16.5	19.5	21.5	21.5	20.0	17.5	14.0	11.0
Humidity (%)	74	72	99	62	58	60	68	71	69	69	72	74
Rainfall (mm/month)	11.0	9.2	7.7	2.7	2.8	0.4	0.0	0.0	0.1	2.9	5.6	8.8

出典: Statistical Year Book, September Issue 2014

2.1.3 人口

2014 年におけるカフルシェイク県の人口推定値は 3.1 百万人である。都市部と農村部の人口割合は、最新統計である 2006 年人口センサスによると、各々 23% および 77% であった。2006 年人口センサスでの 1 世帯当たり家族構成員数 4.3 人から推計すると、2014 年の県全体の世帯数は約 719 千世帯となる。2010 年から 2014 年にかけて年人口増加率は平均 2.19% であり、2010 年から 2014 年の 5 年間の総増加率は 8.91% (2010 年比) である。これらの増加率は全国平均よりは下回る。2014 年の人口密度は 825 人/km² となる。

表 2.1.2 カフルシェイク県の人口推移状況

Year		2010	2011	2012	2013	2014	Ave	2010 To 2014
Total in Egypt	Population	78,684,622	80,529,566	82,549,977	84,628,982	85,782,965	-	-
	Growth rate	2.29%	2.34%	2.51%	2.52%	1.36%	2.20 %	9.02%
Kafr El Sheikh	Population	2,840,662	2,905,891	2,979,258	3,054,770	3,093,754	-	-
	Growth rate	2.32%	2.30%	2.52%	2.53%	1.28%	2.19 %	8.91%

出典: Statistical Year Book, September Issue 2014

2.1.4 経済

農業セクターは、県の主要な経済部門である。2013年における県の雇用人口 892,900 人のうち、44.2%に当たる 395,100 人が農業セクターに従事している（エジプト統計書では農業および狩猟と記載）。これに対し、2次産業および3次産業の雇用者の雇用人口に占める割合は、各々 14.0%および 41.8%となっている。農業セクターの雇用者割合は、近年3カ年で約 44%と安定した割合を維持している。一方、第2次産業の雇用者割合は微増、第3次産業は微減となっている。

表 2.1.3 経済部門別雇用者割合

Governorate	Agriculture & hunting (%)			Industry (%)			Services (%)		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013
Urban	2.4%	2.4%	4.0%	29.7%	31.8%	29.8%	67.1%	65.8%	66.2%
Lower Egypt	34.9%	32.3%	32.2%	21.0%	22.6%	22.3%	44.0%	45.1%	45.5%
Upper Egypt	34.6%	32.2%	33.8%	24.2%	24.8%	24.2%	41.0%	43.0%	42.0%
Frontier	19.7%	20.3%	24.1%	17.4%	19.2%	16.3%	62.7%	60.5%	59.6%
National	29.2%	27.1%	27.9%	23.5%	24.9%	24.1%	47.1%	48.1%	48.0%
Kafr El Sheikh	44.5%	44.1%	44.2%	12.8%	14.0%	14.0%	42.7%	42.0%	41.8%

出典: Statistical Year Book, September Issue 2012, 2013 and 2014

2012年における県の総耕地面積は 566,024 フェダン¹ (237,730ha) であり、これは県総面積の 62.3%に当たる。主要農産物は、米、綿花およびテンサイで、2012/13年における各々の生産量は、全国生産量の 20.0%、25.7%および 25.0%を占める。これらの農産物に関連して、精米工場、綿繰り紡績工場、製糖工場といった食品産業が振興している。綿花生産は、エジプトの伝統的な産物であるが、農業自由化およびそれ以降の綿花の国際価格の下落などにより、県の綿花生産量は減少傾向であり、特に 2008 年以降の生産量落ち込みは激しい。テンサイは節水作物として政府が作付を奨励しており、生産が急増している。

県北部が地中海や Burullus 湖に接することから、漁業もまた県の主要産業である。内水面養殖業も県北部で広がっている。これまで数万フェダンという農地が養殖池に転換されたとも言われている。主な養殖魚は、ティラピア、ボラ、ナマズである。養殖業の進展に従い、魚の餌を生産する工場も県内に数件設立されてきている。

第2次産業、第3次産業に関しては、県の産業推進のために、県北端を横断する国際海岸道路に沿って2ヶ所の産業団地が設立されている。一方はバルティーム産業団地で 114 フェダンの敷地を擁する。他方はメトバス産業団地で、敷地面積は 1,160 フェダンである。2007年段階で、これら産業団地内で 55 の工場が稼働している（内閣府情報支援センター）。海岸沿いは、県内の史跡と共に観光開発のポテンシャルがある。特にブルルス湖は、自然保護区に指定されており、本地域での観光開発を進めるには、環境保全が非常に重要である。

2.1.5 交通

2014年の統計によると、カフルシェイク県の全道路延長は、4,618Km であり、その 91.3%は舗装が行われている。主要都市を結ぶ幹線道路はアファルト舗装されており、アクセス状況は良い。水路沿いを走る2次道路では、一部に舗装道路が見られる。カフルシェイク市と県北部のブルルス湖近くに位置するバルティーム市を結ぶ高速道路が整備されたことにより、県庁から県北部へのアクセス状況は非常に良い。

¹ 1 フェダン = 0.42ha

2.1.6 電力

エジプト電力公社 (Egyptian Electricity Holding Company: EEHC) によれば、エジプトの電化率は99%を超えており、ほとんどの世帯が電気へアクセスできる状態となっている。エジプト電力公社は16社のグループ企業を抱えており、これらの企業がエジプトにおける電力サービスの提供を行っている。エジプトでは経済成長に伴う電力需要が急速に高まっており、深刻な電力不足が懸念されている。世界銀行によれば、電力需要は2003年以降平均約7.5%増大しており、実際、カフルシェイク県においても断続的な停電が頻発している状況となっている。

また、農業セクターにおいても、ポンプ場の電化が進められている。例えば、メスカ改良事業を行っているIIMPでは、いくつかのサイトで電力を動力源としたポンプ場を設置している。さらに、IIMPは電力庁 (Egyptian Electronic Authority: EEA) と合意を交わし、IIMPによって設置されたポンプ場に、通常よりも安い電気料金を適用している。こうした状況は、灌漑コストの低減に大きく貢献していると言えるが、一方で農民からは、停電が頻発している昨今の状況では、必要な時にポンプを運転することができなくなるという不安の声も上がっている。

2.1.7 上水道

カフルシェイク県の上水道は、県下7ヶ所の浄水場にて浄水処理を行い、19ヶ所の高架タンクを含めた管路ネットワークシステムにより配水が行われている。2006年の統計によると、県の1人あたり平均水消費量は都市部で371 liter/day、農村部で63 liter/dayとなっている。給水へのアクセス率は、2006年で既に都市部で99%、農村部で96%となっており、全体的に高い水準となっている。

表 2.1.4 カフルシェイク県の上水道分野一般統計 (2006年)

Area	Water Production (thousand m ³ /d)	Water Consumption (thousand m ³ /d)	Water Consumption per Capita (liters per capita/day)	Households with access to the water
Urban	336.2	224.4	371.6	99.4%
Rural	173.2	128.2	63.6	96.1%
Total	509.4	352.6	134.7	96.9%

出典: Description by Information 2007, The Cabinet Information and Decision Information Center

2.1.8 下水道

2015年2月時点でのエジプト国内の下水道整備率は、HCWWからの聞き取りによれば、処理施設及び管路の整備が終了した市町村数比率で示すと50%である。このうち都市部が78%であり、農村部は12.6%と低い整備率となっている (表 2.1.5)。カフルシェイク県は、全体で44%の整備率で、都市部及び農村部の整備率は、各々100%及び35%となっており、都市・農村別にみれば整備率は全国に比べて高くなっている。

表 2.1.5 エジプト国の下水道整備率 (2015年2月)

Area	National			Kafr El Sheikh		
	No. of city/town/village	Covered by WTP	(%)	No. of city/town/village	Covered by WTP	(%)
Urban	222	173	78.0%	10	10	100%
Rural	4,617	582	12.6%	206	72	35%
Total	-	-	50.0%	-	-	44%

出典: HCWW 聞き取り。Totalの整備率は、市町村の人口も加味された加重平均値

カフルシェイク県には、カフルエルシェイク、ディスーク、ビヤラ、ケリエン、メトバス、アルリアド、フワ、バルティーム、アルハモウルおよびシディサレムの 10 郡と郡中心都市がある。都市下水道は、これらの市で整備されているが、人口増加の結果、ビヤラ市など幾つかの市では施設の機能強化が必要である。さらに、県内には 206 の村があり、一村当りの平均人口が約 1 万人に達するなど、人口が増加している。規模の大きい村での下水道整備も計画する必要がある。県内には更に 1,559 の小集落も存在する。表 2.1.6 に、計画を含むカフルシェイク県の下水処理場の一覧を示す。

表 2.1.6 カフルシェイク県の下水処理施設

No.	Ca.	District	Name of Plant	Drain	Remarks
1	A	Biyala	Biyala	Drain No.4	
2	A	Hamoul	Hamoul	Drain No.6	
3	A	Burlos (Baltim)	Baltim	Nasir Drain	
4	A	El Reyad	El Reyad	Abu Khashabah	
5	A	Kafr El Sheikh	Kafr El Sheikh	Drain No.7	
6	A	Kellien	Caleen	Nashart al-A'la	
7	A	Sidi Salem	Sidi Salem	Nashart	
8	A	Desouq	Desouq	Tahwilat Hud al-Hajar	
9	A	Fuwa	Fuwa	No.11 Drain	
10	A	Motobas	Motobas	Zaghlul	
11	B	Biyala	Isshan	Drain No.5	
12	B	Biyala	Al Carayda	al-Banawan	
13	B	Hamoul	Al Zaffaran	Isshan	
14	B	Burlos (Baltim)	Al Burg	Gharb al-Burullus	
15	B	El Reyad	Al Hasfa	Drain No.7	
16	B	Kafr El Sheikh	Sidi Ghazi	Umm Ja'far	
17	B	Kellien	Shabas Omare	Fir'awn	
18	B	Sidi Salem	Abu Ghanimah	Drain No.10	
19	B	Desouq	Sanhur al-Madinah	Sanhur ash-Sharqi	
20	B	Desouq	Shabas al-Malh	Drain No.10	
21	B	Fuwa	Kabreet	Kabreet	
22	C	Desouq	Agoozain	Drain No.9	
23	D	Hamoul	Koleaah	Isshan	GIZ supported
24	D	El Reyad	Om Sen	Fars Al-Ganaen	GIZ (Not working, beside E1)
25	D	Sidi Salem	El Mbufty	Al-Minsha	GIZ supported
26	D	Biyala	Handakokha	Drain No.4	GIZ supported
27	D	Hamoul	Om Shour	Drain No.4	GIZ supported under construction(2013/5/2)
28	D	Kafr El Sheikh	Kafr El Gedid	small drain	GIZ supported under construction(2013/10/22)
29	D	Kellien	Kouzman	small drain	GIZ supported under construction(2013/4/25)
30	E	El Reyad	Karsa (Kheregin) 3 El Fayrouz	Al-Admah	
31	E	El Reyad	Karsa (Kheregin) 5 Om El Koraa	-	position of target village
32	E	El Reyad	Karsa (Kheregin) 6 El Kadesaya	-	position of target village
33	E	El Reyad	Arymon (ISSIP KSH-3)	branch drain	ISSIP proposed site

Source: Location Maps of HCWW, GIZ

Category: A: Treatment Plant in City D: GIZ supported
 B: Kfw funded projects E: WB funded
 C: NOPAWS

郡都以外の都市では、主として KfW 融資により下水処理場が建設されている。これに加え、GIZ により建設された集落排水処理施設があり、また世銀の ISSIP で建設中また予定の施設がある。これらを合わせて 33 ヶ所の下水処理場がある。ISSIP 事業では、新設の処理場に加え、既存処理場の強化を含め、周辺農村をパイプで繋ぐクラスター型の下水処理整備事業を進めている。また集落排水処理施設設置の取り組みも進めている。ISSIP-1 で、カフルシェイク県にはミット・ヤズィド幹線水路沿いで 3 つのクラスター (KSH-1~KSH-3) が計画されており、各クラスターでは数十村がパイプラインで大規模下水処理場につながる計画になっている。

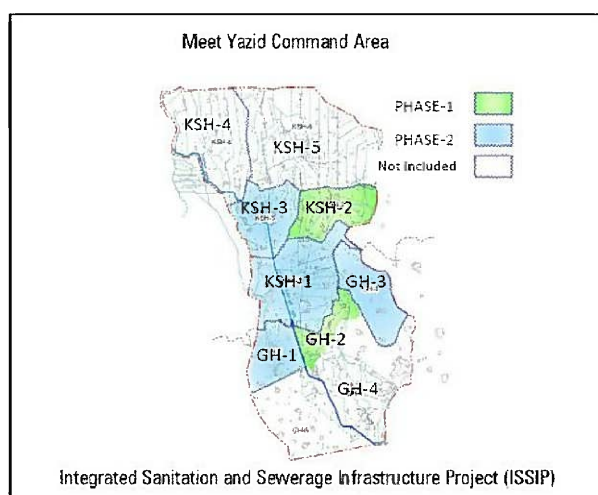


図 2.1.1 ISSIP によりカバーされる公衆衛生改善範囲

また、EU も、Kafr El Sheikh Waste Water Treatment (KSWWP)プロジェクトで、3 ヶ所の既存

下水処理場の機能強化、2ヶ所の下水処理場の整備、および52ヶ所のポンプ場を含む694kmの下水管の設置を計画している。

2.2 カフルシェイク県の農業

2.2.1 農地所有

カフルシェイク県では、農協に農地の登録が行われているが、頻繁な更新は行われておらず、少なくとも10年ほどは行われていない。土地登録に記載される情報としては、灌漑/排水路のような政府の管理地、農地とその所有者などである。このため、均分相続による農地の細分化が進んでいるものとも推測されることに留意する必要があるが、カフルシェイク県における土地所有の特徴として、零細農家の占める割合が少ないことがあげられる。特に所有土地面積が1フェダン（0.42ha）以下の農家は33.3%と全国レベルの56.9%や下エジプト地域の52.4%、上エジプトの65.9%と比較するとその差は歴然としている。また、1～4フェダンの土地を所有する農家の占める割合は約40%になり、カフルシェイク県が属する下エジプト全体の約32.5%と比べると零細農家を除いた1フェダン以上を所有する小規模農家の占める割合が非常に高いことがわかる。

表 2.2.1 地域別農地所有面積の割合

Land Holding	National	Urban	Lower Egypt	Upper Egypt	Kafr El Sheikh
Less 1 fed	56.9%	54.4%	52.4%	62.9%	33.3%
1<2	14.8%	11.3%	15.6%	14.2%	15.8%
2<3	9.0%	6.1%	10.4%	7.6%	12.4%
3<4	5.6%	3.2%	6.5%	4.6%	11.6%
4<5	4.8%	19.8%	4.6%	3.2%	9.1%
5<10	3.8%	2.5%	4.4%	3.1%	5.9%
10<20	2.3%	1.3%	2.6%	2.0%	4.8%
20<50	1.6%	0.5%	1.9%	1.3%	4.4%
50<100	0.7%	0.1%	0.8%	0.6%	2.1%
More than 100	0.6%	0.7%	0.8%	0.5%	0.6%

出典: Statistical Year Book, September Issue 2014

2.2.2 農民組織・水利組合

灌漑管理に関わる農民組織としては、1980年代から組織化が開始された水利組合が重要な役割を担っている。排水再利用においても、水利組合が重要な役割を担うことになるので、農民組織の現状としては、水利組合を中心に、主要な農民組織の現状について述べる。

(I) 水利組合

エジプトにおける水利組合は水路システムの階層に合わせて大きく3つに分けることができる。メスカと呼称される最末端水路（3次水路）レベルでの水利組合（WUA: Water Users' Association）、支線水路（2次水路）レベルの水利組合（BCWUA）、そして最後に地区毎に支線水路を束ねたDWB（District Water Board）の3つである。DWBは、まだ設立がそれほど進んでおらず、ベヘイラ県で3地区とファユーム県で5地区が設立されているのみである。

水利組合は、主に水資源灌漑省が1980年代から開始した灌漑改善事業（IIP: Irrigation Improvement Project）を通じてメスカの改修と同時に水利組合の設立が進められてきた。また、現在では世界銀行、オランダ政府およびKfWの支援によるIIIMPがガルベイヤ県及びカフル

シェイク県を流下するミト・ヤズィド灌漑幹線水路流域および西デルタのマハモウディア幹線水路流域を対象に実施されており、メスカ改修と水利組合の設立が進められている。

2015年11月現在、カフルシェイク県では、2,402のWUAと113のBCWUAが設立されている。全县をカバーするための目標組織化数からみたWUAおよびBCWUAの組織化率は、各々23%および65%である。BCWUAの組織化率がWUAのそれより高いのは、IIIMPが、WUAの前にBCWUAを先行して設立する手順を採用していることに起因している。

表 2.2.2 カフルシェイク県の水利組合設立状況

水利組合	設立数(1)	受益面積(fed)	目標設立数(2)	目標面積(fed)	組織化率(1)/(2)
WUA	2,402	118,000	10,255	556,000	23%
BCWUA	113	352,740	174	556,000	65%

出典：WUA：IIS Tanta、BCWUA：GDIAS Tanta

注) 2015年時点のメスカレベルWUA設立目標は、3,652組織(198,000フェダシ)となっている。しかしながら、最終目標は全域でのWUA設立であることから、本表では現在目標のWUAの平均規模から、県全域をカバーする場合の目標設立数を算定した。

灌漑改善事業を通じて組織されたこれらの水利組合は、水資源灌漑省の灌漑指導部(CDIAS：Central Department for Irrigation Advisory Service)に引き継がれ、CDIASが組合に対する研修の実施や活動のモニタリングといったフォローアップ活動を行っている。CDIASは水利組合の設立に関する管轄機関となっているが、活動予算の制約等から現在は新たな水利組合の設立よりも、既存の水利組合の強化の活動に集中している。

水利組合の設立・強化については、日本による支援も行われている。これまで「ナイルデルタ水管理改善プロジェクト(WMIP)」(2000年～2007年)や「水管理改善プロジェクトII(WMIP2)」(2008年～2012年)を通じて、メスカ及び支線水路の水利組合の活動支援を行ってきた。そして、2012年11月からは「水管理移管強化プロジェクト(Strengthening for Water Management Transfer: SWMT)」が開始され、BCWUAへの水管理移管を全国的に展開するための実施体制作りを行っている。SWMTでは、Ebheet(Fayoum)、Shubra Baloola(Middle Delta)、Bisintaway(West Delta)の3地区をパイロット地区として選定し、これらのパイロット地区での水利組合強化活動を通じて、水管理移管の実施に係るロードマップの策定が進められている。

(2) 水利組合の役割

水利組合の設立および役割に関する法的な整備が進められている。エジプト国の水利組合に関連する主な法律は、灌漑排水法 No.12 と No.213 である。灌漑排水法 No.12 (1982)では、灌漑及び排水についての規定がなされている。本法律によって幹線水路などの灌漑水路、排水路、取水口や土手などが公共物であることが明記されており、こうした公共水路に対する取水口設備の設置等に関して規定されている。

灌漑排水法 No.213 (1994)は、灌漑排水法 No.12 (1984)を修正したものであり、末端用水路(メスカ)を共有する農家で組織される水利組合に関する法的資格の根拠となっている。また、本法律によって水資源灌漑省は、メスカ改良プロジェクトの事業費を各農民から回収することが可能であり、メスカの維持管理のために水利組合の設立が本法律をもとに進められている。

現在、水資源灌漑省はBCWUAに対する法的資格を付与するため灌漑排水法 No.12の改正を進めようとしている。2015年11月及び12月に国会議員選挙が実施され、国会開設時に改正案が審議される予定である。法改正がなされるまでの間、水資源灌漑省はBCWUAの役割と責任を定義して組織を公的に認めるための省令(Ministerial Decree) 977号を発行している。

もともとエジプト国では、末端水路のメスカは民間の資産であり水路の維持管理についても農民自身が行ってきた。これに対して、支線水路では施設の所有権も維持管理責任も政府（水資源灌漑省）にあるため、同じ水利組合であってもメスカレベルの WUA と支線水路レベルの BCWUA ではその役割や活動内容が異なる。次表にメスカと支線水路レベルの水利組合について概要をまとめる。

表 2.2.3 メスカと支線水路レベルの水利組合の差異

	メスカの水利組合 WUA	支線水路レベルの水利組合 BCWUA
法的根拠	灌漑排水法 (LawNo.12/ Law213)	MWRI 省令 977 号 (2015 年)
主な活動	灌漑改善事業への参加、施設の運営維持管理、WUA 組織の運営、組合規則及び活動計画の策定、受益者間の問題解決等	灌漑・排水路改善事業への参加、主水路又は支線水路レベルの灌漑スケジュール・水配分ローテーション管理への参加、水資源灌漑省が行う灌漑・排水路維持管理活動優先順位付けへの協力、メスカ WUA 設立の補助、問題解決・紛争の調停及び司法に対する代表、水使用者への啓発（圃場での水使用方法、水質保全、効率的な水利用）、受益者のコミットメント内容の同定及び受益者委員会（Representation committee）への承認、主水路又は支線水路維持管理活動への参加方法枠組の策定、定例会議（毎月）の開催（維持管理活動、会計状況、内規等について協議）、BCWUA アクションプランの策定及び実施、政府・NGO 及び地域組織等との連絡体制の整備、会計方法の整備（電気代の徴収方法等）
組織構成	全ての受益農家から構成される総会と水利組合を運営するための意思決定機関である役員会	BCWUA の設立については、CDIAS が設立の決定を行い、GDAIS（General Directorate for Irrigation Advisory Services）が実際の組織化を補助する。 (具体的な BCWUA の組織構成に対する記述なし)

メスカレベルの WUA の場合、灌漑排水法 No. 213 によって規定されており、灌漑改善事業への参加を契機に組織されることが多い。主な活動として、メスカレベルのポンプの維持管理や農民間の水配分、作付調整といったことが行われている。例えば、メヘザン支線水路の末端のメスカでは、毎年シーズンの初めに会議を持ち、メンバー間で誰がどの作物をどれくらい作付けするかといったことを話し合ったり、各メンバーから 50LE/フェダンを集めて、ポンプのオペレーターを雇用したり、ポンプの修理費用に充てている。但し、この水利組合では、ディーゼルポンプを利用しているため、ポンプを運転する燃料は各メンバー自身が必要な分だけ自前で持参するという方式を取っていた。

この他にも、ネシェール支線水路沿いの IIIMP の対象となったメスカレベルの WUA では、メンバーから年間 300LE/フェダンを集め、ポンプの警備員兼オペレーターを雇用したり、ポンプの修理費用として積み立てを行っている。但し、灌漑改善事業では、基本的に事業費も受益者負担であり、IIIMP の場合、その事業費用はおよそ 4000LE~5000LE/フェダンになると想定されている。事業終了後 5 年間は支払い猶予期間があり、5 年以後各農民から約 20 年間の分割払いで事業費の徴収が行われる。この事業費の徴収については、組合を通じて行われるのではなく、政府の職員が農地の税金と併せて徴収を行っている。

一方で BCWUA の場合、2015 年 7 月の省令 977 号で、その公的組織としての立場を認証しているものの、施設の BCWUA による維持管理も進んでおらず、活動内容が限定的に成らざる得ない状況と言える。活動内容は組合によって様々であるが、メスカレベル WUA で解決できなかった問題の調停や、水配分の調整等を行っている。また水不足問題に際しては、MWRI の

職員に陳情に行くなどの活動を行っているケースも見受けられる。

こうした BCWUA の活動が限定されている中でも、いくつかの BCWUA では組合メンバーから活動費を徴収し活動を行っているケースが確認された。こうしたケースでは、水資源灌漑省からの特例許可を得ていたり、NGO 法の適用を行うことで銀行口座等の開設を可能としたりして活動を行っている。例えば、2006 年に IHMP を通じて設立されたバハルネムラ支線水路組合では、メンバーから 30LE を集め、水路の浚渫を半年に一度実施している。その他にもこの水利組合では、メンバーで資金を出し合って清掃用車両を購入し、各家庭から毎月 2LE を集めゴミ収集活動を行っている。日本の協力による WMIP-SWMT でも西デルタ地域の対象水利組合が、ゴミ収集活動を継続している。しかしながら、前述した通りこうした活動を行っている支線水路レベルの水利組合は極めて限られており、水利組合への水路の維持管理活動といった移管準備は整っていないのが現状である。

(3) 他の農民組織：農業協同組合

農民組織の代表的なものとして農業協同組合が挙げられる。カフルシェイク県には 248 の農業協同組合が存在する。県農協連合会、郡農協連合会及び村落農協という階層別に組織されている。農地所有者は基本的に農協への加入が義務付けられている。村落農業協同組合の主な役割として、農地の管理、農薬や肥料といった農業資材の販売、農業技術の普及、病害虫などの情報提供が主な活動となる。まれであるが、村落農業協同組合が、パイプライン化されていないメスカの清掃活動を管轄している例もある。具体的な農業協同組合の役割として、清掃スケジュールの調整や水路清掃用の重機の手配、農民からの料金徴収を行っている。

実際にメスカの清掃を取り仕切る農業協同組合からの聞き取りでは、清掃費用として約 25LE/フェダンを農民から徴収し、年に一回程清掃を実施している。ほぼ全ての農民が清掃費用を負担し、費用の徴収についても支払いを拒否されるなどの問題はないという。こうした背景には、農業協同組合に対してこうした清掃費用の支払いを拒否すれば、今後、農業協同組合を通じた農業資材へのアクセスができなくなってしまう恐れがあるため、多くの農民がきちんと清掃費用の負担に応じるインセンティブが働いていると考えられる。

(4) 他の農民組織：Community Development Association (CDA)

農村で他に一般的にみられる農民組織として、Community Development Association (CDA) がある。CDA の設立は NGO 法(Law No.84 of 2002)によって規定されているため、農村では CDA ではなく NGO と呼び習わしているところもある。CDA の設立に当たっては NGO 法に基づき社会連帯省 (Ministry of Social Solidarity) への登録が義務付けられている。登録に当たっては、組織構成や会計システム、活動内容といった内容を申請することが NGO 法によって規定されている。CDA の活動としては、農村女性への教育や扶助、保育園の運営、家畜ローン等、多岐にわたる。

CDA は法的資格を有しているため、コミュニティーサービスの提供が可能であり、コミュニティーメンバーからのゴミ収集や集落排水処理施設運営に係る料金徴収や、組織として銀行口座を開設することが可能である。GIZ が建設した集落排水処理施設も、対象村で CDA が設立され、CDA により運営・維持管理されている。こういった CDA は、県内の大規模村落 (マザービレッジ) レベルでは一般に組織されている。

2.2.3 作付・農業生産

(1) 作期別作付面積

表 2.2.4 にカフルシェイク県およびエジプト国全土における 2012 年冬作期から 2013 年の夏作・ナイル作期の作付面積・作付率を示す。県内の総耕地面積は 566,024 フェダンであり、エジプト国全土の総耕地面積の 6.2%を占める。永年作物を合わせると、県内の年間作付率は約 199%に達し、国全体の作付率約 173%と比べると高い。冬作期・夏作期別にみると、各々98%と、エジプト全国の冬作期 76%、夏作期 67%と比べると顕著に高く、カフルエルシェイク県の年間作付率の高さは、冬作期と夏作期の高い作付率によるものである。ナイル作と永年作物の作付は、全国レベルと比較すると低く、各々1%、2%に留まっている。県内の耕地面積の大半が旧来からの既耕地（Old land と呼称される）に属し、その冬作期・夏作期の作付率はほぼ 100%に近く、Old land の年間作付率は新規開拓農地（New land と呼称される）と比べると高く、200%に達している。

表 2.2.4 耕地/作付面積と作付率（2012 年冬作、2013 年夏作、ナイル作）

Governorate	Land Category	Cultivated Area (10 ³ fed)	Cropped Area (1,000fed) and Cropping Intensity (%)									
			Winter		Summer		Nile ¹		Permanent ²		Total	
			10 ³ fed	%	10 ³ fed	%	10 ³ fed	%	10 ³ fed	%	10 ³ fed	%
	(1)	(2)	(2)/(1)	(3)	(3)/(1)	(4)	(4)/(1)	(5)	(5)/(1)	(6)	(6)/(1)	
Kafr-El Sheikh	Old Land	543.0	532.3	98%	535.3	99%	8.1	1%	10.6	2%	1,086.4	200%
	New Land	13.1	11.5	88%	7.0	54%	-	0%	1.6	12%	20.1	154%
	Total	556.0	543.8	98%	542.3	98%	8.1	1%	12.2	2%	1,106.4	199%
	% ³	(6.2%)	(8.0%)		(9.1%)		(1.4%)		(0.6%)		(7.1%)	
National	Old Land	6,183	5,298	86%	5,008	81%	471	8%	884	14%	11,662	189%
	New Land	2,772	1,507	54%	964	35%	93	3%	1,264	46%	3,829	138%
	Total	8,954	6,806	76%	5,972	67%	564	6%	2,149	24%	15,490	173%

出典: Study of The Indicators Agricultural Statistics Summer and Nile Crops 2012/2013, 2014 MALR

注記 1: Nile cropping season is from May to October, and is categorized separated from summer cropping according to the statistic of MALR

注記 2: Permantet crop includes sugarcane and cotton according to the category of MALR.

注記 3: Percentages of total areas in Kafr-El Sheikh to National total areas.

(2) 作付体系と作物生産量

カフルシェイク県における夏作期における主要作物は稲、綿花、メイズである。これら 3 作物の作付面積の合計は、2009 年から 2013 年にかけて総作付面積の平均約 83%を占めている。

(表 2.2.5 参照) 主な冬作期の作物は小麦、テンサイ、ベルシーム (エジブシャン・クローバー) であり、これらの主要な冬作物の作付面積は、2009~2013 年の平均で、冬期の総作付面積の 90%を占めている。(表 2.2.5 参照) 夏作では、総作付面積の半分以上を水稲が占める。2010 年までは綿花がメイズの作付面積を上回っていたが、近年はメイズが綿花の作付面積を上回るようになった。2009~2013 年の 5 ヶ年平均では、水稲、綿花、メイズの作付面積の割合は 54%、14%、15%となっている。一方、冬作物では、小麦が総作付面積の半分近くを占め、次いでベルシーム、テンサイとなっており、2009~2013 年 5 ヶ年の平均では、それぞれ 45%、24%、21%となっている。

表 2.2.5 カフルシェイク県における主要作物別作付面積の割合

Year	Summer Season				Winter Season			
	Paddy	Cotton	Maize	Total Area of 3 crops	Wheat	Sugar Beat	Berseem	Total Area of 3 crops
2009	62%	13%	10%	83%	49%	17%	19%	84%
2010	51%	19%	11%	84%	44%	21%	21%	86%
2011	51%	10%	23%	84%	45%	20%	28%	93%
2012	53%	14%	16%	83%	43%	23%	28%	94%
2013	54%	13%	16%	82%	44%	23%	27%	94%
Ave 2009- 2013	54%	14%	15%	83%	45%	21%	24%	90%

出典: MALR Agriculture Statistics, 2009-2013

図 2.2.1 は、2004～2013 年の直近 10 ヶ年の夏作・冬作の主要作物の作付面積の変動を示している。2013 年には、水稲の作付面積が最も大きく、次いで小麦、ベルシーム、テンサイ、綿花、メイズの順となっている。2007 年から 2011 年にかけて水稲、小麦、綿花の作付面積は大きく変動しているものの、テンサイ、メイズの作付面積は緩やかな増加傾向にある。一方で、ベルシームと綿花の作付面積は 10 年前と比較すると減少している。綿花の作付面積が減少傾向にある一つの理由としては、近年綿花の価格が低いことが挙げられる。

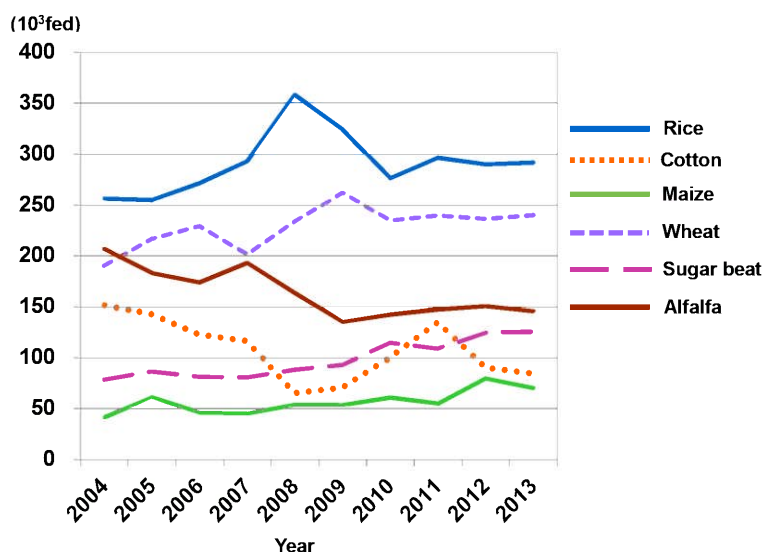


図 2.2.1 カフルシェイク県における主要作物別作付面積の推移

出典: MALR Agriculture Statistics, 2004-2013

図 2.2.2-1 から 2.2.2-6 はカフルシェイク県の 2004～2013 年にかけての主要作物の単収と生産量の変動を示しており、表 2.2.6 は 2004～2008 年と 2009～2013 年、それぞれ 5 ヶ年の平均収量、平均生産量を示している。綿花やベルシームは、近年の作付面積の減少に伴い生産量も減少傾向にあり、(図 2.2.2-2、2.2.2-6 参照) 2009～2013 年の平均生産量は 2004～2008 年の平均生産量に比べ、各々 67.3%、78.0%に減少している。(表 2.2.6 参照) 単収を見ると、綿花の単収は他の作物に比べると不安定に推移しておりベルシームの単収は、2007 年以降わずかに減少してきている。メイズとテンサイの生産量は顕著に増加してきており、2004～2008 年の平均生産量と比較すると 2009～2013 年の平均生産量は各々 128.0%、131.7%にも上る。(表 2.2.6 参照) これらの単収はほぼ大きく変わらず安定して推移しており、これらの生産量が増加してきているのは、主に作付面積が拡大したことが主な要因であると考えられる。水稲と小麦の生産量の推移に明確な傾向はみられないものの、直近 10 ヶ年における単収はわずかに減少してきている。

表 2.2.6 カフルシェイク県における主要作物の単収と生産量の5ヶ年平均(2004-2008年と2009-2013年)

Crop	Rice		Cotton ^{2 3}		Maize		Wheat		Sugar beat		Alfalfa	
	Yield (t/fed)	Prod. (10 ³ t)	Yield (Q.M./fed)	Prod. (10 ³ Q.M)	Yield (t/fed)	Prod. (10 ³ t)	Yield (t/fed)	Prod. (10 ³ t)	Yield (t/fed)	Prod. (10 ³ t)	Yield (t/fed)	Prod. (10 ³ t)
Ave (a) (2004-2008)	4.29	1,227	6.75	829	3.67	183	2.78	594	20.74	1,728	62.12	6,502
Ave (b) (2009-2013)	3.93	1,163	5.70	558	3.65	234	2.65	644	20.13	2,276	58.91	5,073
(b)/(a) ¹	91.5%	94.8%	84.5%	67.3%	99.6%	128.0%	95.6%	108.3%	97.0%	131.7%	94.8%	78.0%

出典: MALR Agriculture Statistics, 2009-2013

注記¹: (b)/(a) figures show the average yield and production from 2009 to 2013 as a percentage of each averages from 2004 to 2008.注記²: 1 Q.M. is equal to 0.1575 ton.注記³: Cotton in the table is seed cotton and its production was estimated according to Agricultural directorate, MALR.

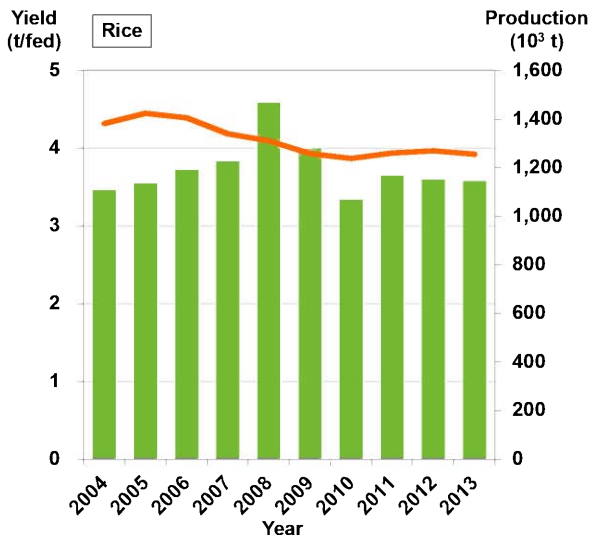


図 2.2.2-1 コメの単収と生産量の推移 (カフルシェイク県)

出典: MALR Agriculture Statistics, 2004-2013

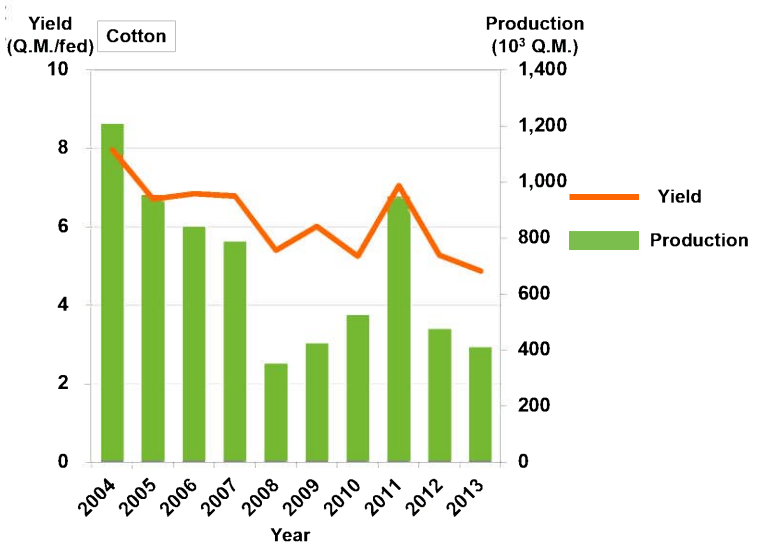


図 2.2.2-2 綿花の単収と生産量の推移 (カフルシェイク県)

出典: MALR Agriculture Statistics, 2004-2013

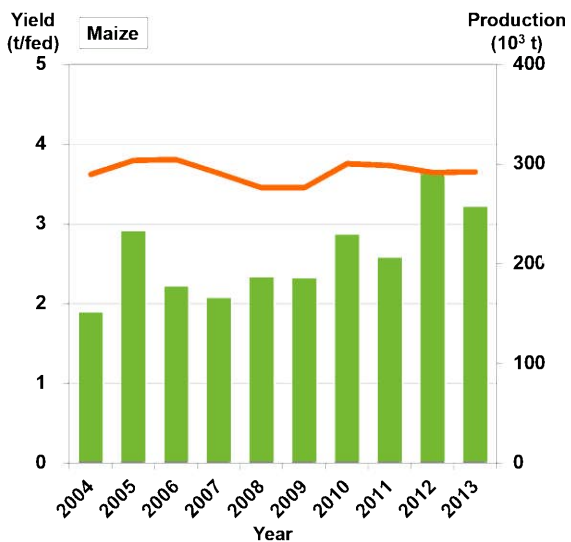


図 2.2.2-3 メイズの単収と生産量の推移 (カフルシェイク県)

出典: MALR Agriculture Statistics, 2004-2013

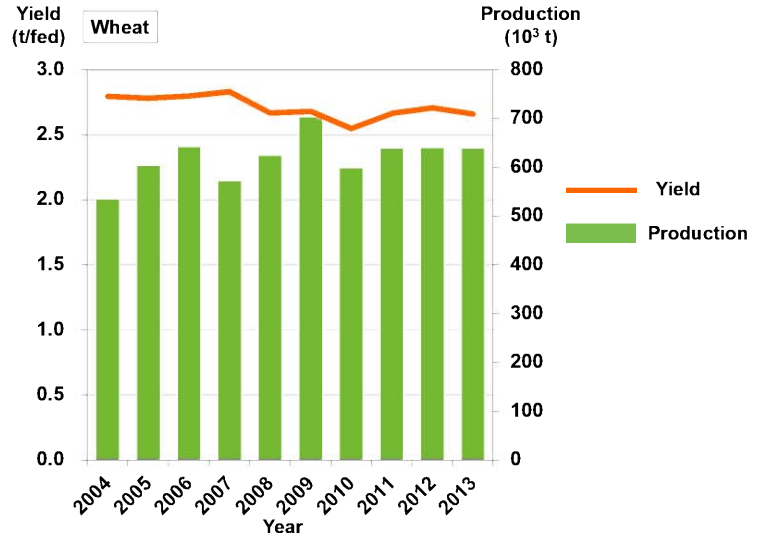


図 2.2.2-4 小麦の単収と生産量の推移 (カフルシェイク県)

出典: MALR Agriculture Statistics, 2004-2013

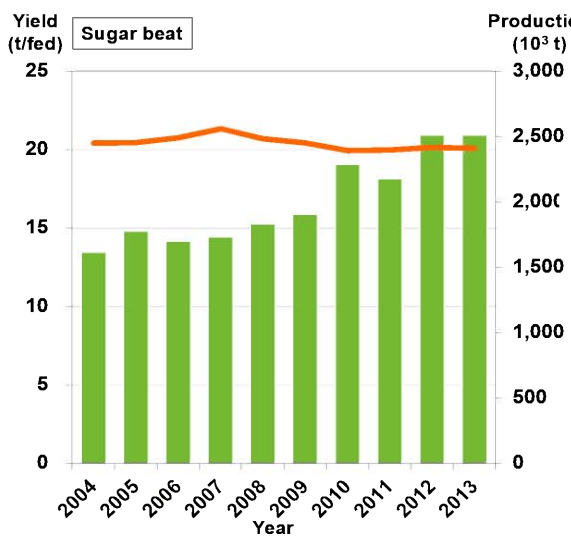


図 2.2.2-5 テンサイの単収と生産量の推移 (カフルシェイク県)

出典: MALR Agriculture Statistics, 2004-2013

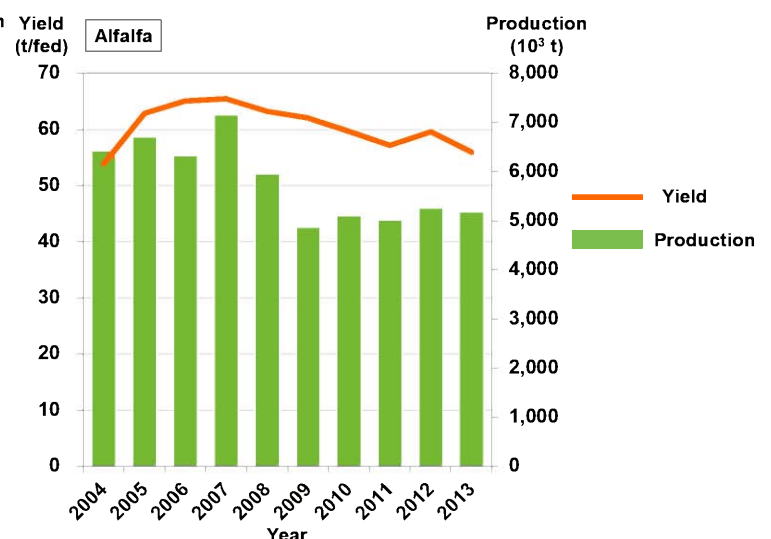


図 2.2.2-6 アルファルファの単収と生産量の推移 (カフルシェイク県)

出典: MALR Agriculture Statistics, 2004-2013

2.2.4 農業所得

(1) 灌漑用水路の上流部と下流部

本プロジェクトが対象としている排水の再利用は、主として灌漑用水路の下流部で発生している用水不足を補い、農業生産性を向上させることが目的である。このため、調査団は、水路の上下流に焦点をおいて調査票による農家聞き取り調査を2012年に実施した。10水路から各々上流20戸、下流20戸、合計400戸を調査した。また、本プロジェクトで実施したパイロットプロジェクトの実施期間に、パイロット地区（5地区）の水路の上下流で、坪刈り調査による米およびメイズの収量調査を実施した。農業所得の現状分析は、この農家聞き取り調査、坪刈り調査および農業統計を基に行った。

(2) 経営規模と主要作物

下表は、調査団が実施した農家聞き取り調査10地区の、用水路上下流に位置するサンプル農家の経営規模、作付率および作物別作付面積割合を整理したものである。サンプル農家の平均経営規模は、上流で2.70フェダン、下流で2.35フェダンであった。平均作付率は、上下流共に198%であった。但し、W-6サイトの下流部作付率は165%と低く、顕著な水不足が発生している可能性が示唆される。夏作期の作付では、米が約60%を占めており、次が綿花で30%、メイズが7%の順となっている。幾つかの用水路では、下流部の米の作付率が上流よりも高くなっているが、上下流での作物別作付率に顕著な差はない。冬作期では、小麦が主要作物であり45%から49%の作付を占める。カフルシェイク県ではテンサイの作付が伸びており、サンプル農家でも冬作の27%程がテンサイとなっている。

表 2.2.7 調査地区の上下流別サンプル農家の作付

Site	Canal and Length	Category	Ave. Area (fed)	Share of Crop (%) in 2011										% of sample re-using water
				Cl (%)	Summer				Winter					
					Rice	Maize	Cotton	Other	Wheat	Berseem	Sugar beet	Nile Maize		
E-1	Marsa Al Gamal 17.0 km	Head	3.24	200	60	15	22	0	49	22	29	0	39	
		Tail	2.54	199	66	11	23	0	46	13	41	0		
E-4	Mekhazan 5.2 km	Head	2.46	200	55	18	27	0	46	33	19	2	80	
		Tail	1.73	199	49	19	40	0	48	18	30	4		
E-5	El Roken 1.7 km	Head	1.88	194	59	11	30	0	41	14	45	0	100	
		Tail	1.68	195	69	5	26	0	48	23	27	2		
E-6	Ariamon 8.9 km	Head	1.58	197	86	7	7	0	32	11	57	0	20	
		Tail	2.15	202	87	4	9	0	36	21	43	0		
W-5	M. Belshasha El Gharby 6.0 km	Head	2.19	199	52	7	40	0	43	18	39	0	50	
		Tail	2.27	210	53	4	43	0	45	17	37	1		
W-6	Abo Hamar 3.5 km	Head	4.89	192	61	0	39	0	53	22	25	0	45	
		Tail	2.98	165	65	4	31	0	38	29	33	0		
W-8	Mantariismaeer 3.0 km	Head	3.48	197	58	8	34	0	66	26	1	7	48	
		Tail	3.11	227	57	20	23	0	31	28	3	19		
W-9	El Sherkah El Mostagadah 5.6 km	Head	1.88	196	44	0	56	0	40	33	28	0	100	
		Tail	2.13	201	66	2	32	0	45	23	32	0		
W-10	El Tarawy 5.0 km	Head	2.95	200	59	2	39	0	50	31	19	0	48	
		Tail	1.84	192	70	0	30	0	58	36	6	0		
W-14	El Koniesah 9.7 km	Head	2.43	203	68	0	32	0	71	27	2	0	50	
		Tail	3.03	193	61	0	39	0	59	28	13	0		
Average		Head	2.70	198	60	7	33	0	49	24	26	1	58	
		Tail	2.35	198	64	7	30	0	45	24	27	3		

(出典) JICA 調査団実施農家聞き取り調査 (2012年)

(3) 作物単収

用水不足と排水の再利用による水質の問題により用水路の上流と下流で農業生産性に差が出ているかを検討するために、調査対象用水路のサンプル農家の上下流別の平均作物単収を調査した。灌漑用水をより確保し易い上流農家の単収が高いものと想定された。

下表は、対象用水路の上流下流での作物別平均単収を整理したものである。10 用水路のうち 6 用水路で、米と小麦の上流での平均単収が下流よりも高くなった。テンサイは、9 用水路のうち 5 用水路で上流の平均単収が高くなった。綿花が最も顕著な単収差を示しており、10 用水路中のうち 9 用水路で上流の平均単収が高くなった。全用水路の平均では、全作物で上流の平均単収が下流での平均単収を上回った。上下流での平均単収の差は、米で 8%、綿花で 20%、小麦で 3%、およびテンサイで 5%であった。夏作の必要水量が冬作よりも多く、それゆえ夏作の上下流単収差がより高いという仮定と一致する結果である。米については、4 用水路で上下流の平均単収差が 20%以上という結果であった。

下流での平均単収が上流より高い用水路は、その用水路延長が短いという特徴がある。例えば、E-5 地区の用水路延長は 1.7km と、他の調査対象用水路に比べて際立って短く、また下流サンプル農家の全員が排水再利用を行って灌漑用水不足を補っていることから、単収が高かったものと考えられる。E-6 地区の用水路は、幹線用水路（ミト・ヤズィド水路）からの取水口が上下流に 2 か所あり、実際に水不足が発生しているのは、下流ではなく用水路の中流部であったことが調査結果に影響していると考えられる。

表 2.2.8 上下流別の作物別単収

Site	Canal and Length	Category	Ave. Yield (2009 - 2011) (t/fed)				% of sample re-using
			Rice	Cotton	Wheat	Sugar beet	
E-1	Marsa Al Gamal 17.0 km	Head	2.68	1.03	1.73	15.89	39
		Tail	2.63	0.89	1.42	18.05	
E-4	Mekhazan 5.2 km	Head	2.13	1.00	1.51	17.12	80
		Tail	1.73	0.86	1.50	15.45	
E-5	El Roken 1.7 km	Head	2.01	0.84	1.07	12.94	100
		Tail	2.17	1.10	1.38	15.26	
E-6	Ariamon 8.9 km	Head	3.09	1.53	2.21	20.22	20
		Tail	3.13	1.43	2.42	20.55	
W-5	M. Belshasha El Gharby 6.0 km	Head	3.79	1.34	2.49	24.33	50
		Tail	3.10	0.98	1.94	19.56	
W-6	Abo Hamar 3.5 km	Head	2.48	1.17	1.49	20.10	45
		Tail	2.05	0.75	1.22	18.15	
W-8	Manial Ismaeel 3.0 km	Head	2.93	1.39	1.64	18.36	48
		Tail	2.70	1.12	1.68	20.17	
W-9	El Sherkah El Mostagadah 5.6 km	Head	2.15	1.08	1.42	16.78	100
		Tail	2.21	1.07	1.49	15.20	
W-10	El Tarawy 5.0 km	Head	2.75	1.21	1.75	17.90	48
		Tail	1.81	0.85	1.69	14.67	
W-14	El Koniesah 9.7 km	Head	2.88	1.25	1.38	-	50
		Tail	2.98	1.01	1.25	14.48	
Average		Head	2.68	1.19	1.63	18.44	58
		Tail	2.48	0.99	1.59	17.62	

(出典) JICA 調査団実施農家聞き取り調査 (2012 年)

上記農家聞き取り調査では、農業土地開拓省の統計値に比較してかなり低い数字となっている。一方で、調査団は、本プロジェクト内で実施したパイロットプロジェクト 5 地区で、水路の上下流別に米とメイズの坪刈り調査を 2014 年および 2015 年に実施した。下表に米とメイズの坪刈り調査結果を示す。坪刈り調査は、より精度が高く、また農業統計による県の平均値にも近い値となっている。本坪刈り調査でも、上下流で顕著な単収格差が認められた。米の 2014 年における上流および下流の平均単収は、各々 3.5t/フェダンおよび 3.0t/フェダンであり、2015 年では各々 3.5t/フェダンおよび 2.9t/フェダンであった。メイズの上下流での単収は、2014 年に

各々4.9t/フェダンおよび3.6t/フェダン、2015年に5.3t/フェダンおよび3.5t/フェダンであった。

表 2.2.9 水稻の収量と収量構成要素 (2014・2015)

Location ¹	Variety		Estimated Yield (t/ha) ²		Estimated Yield (t/fed) ²		Yield components ³							
			14	15	14	15	Panicles/m ²		Spikelets /panicle		Ripening ratio		1,000 grains weight (g)	
Year ⁴	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15
W5-U	Giza 178	Giza 178	5.9	8.3	2.4	3.5	554	568	98	127	80.0%	90.7%	23	22
W5-D	Giza 178	Giza 177	5.1	6.5	2.2	2.7	521	487	85	110	76.0%	82.7%	22	27
W4-U	Sakha 101	Sakha 101	9.9	9.6	4.2	4.0	558	605	110	115	86.0%	82.7%	27	27
W4-D	Sakha 104	Sakha 104	5.4	5.4	2.3	2.3	420	435	95	113	84.0%	78.4%	26	26
W2-U	Giza 177	Sakha 104	9.0	7.8	3.8	3.3	491	532	108	128	91.0%	86.4%	28	28
W2-D	Giza 178	Giza 178	7.7	8.1	3.2	3.4	479	467	120	130	87.0%	83.7%	23	22
E1-U	Giza 177	Sakha 104	8.0	8.2	3.4	3.4	387	581	100	114	83.0%	91.2%	27	27
E1-D	Giza 178	Giza 178	9.2	7.7	3.9	3.2	714	459	105	128	80.0%	82.2%	22	21
E4-U	Sakha 101	Giza 178	8.9	8.0	3.8	3.4	593	632	92	134	89.0%	85.2%	27	21
E4-D	Giza 178	Sakha 104	8.3	6.3	3.5	2.6	789	684	80	103	85.0%	76.1%	22	27
Ave.-U	-	-	8.3	8.4	3.5	3.5	517	584	102	123	85.8%	87.3%	26	25
Ave.-D	-	-	7.1	6.8	3.0	2.9	585	507	97	117	82.4%	80.6%	23	24

Source: Dr. Abdallah, RRTC, 2014 and 2015

Note1: "U" and "D" stand for "Upstream" and "Downstream", respectively.

Note2: Rice yield is air-dried grain weight with hull.

Note3: Yield components were measured by the method commonly applied in Rice Research and Training Center (RRTC).

Note4: "14" and "15" in the table are 2014 and 2015, respectively.

表 2.2.10 メイズの収量調査結果 (2014・2015)

Location ¹	Variety		Air-dried shoot weight (kg/m ²)		No. of Cobs/m ²		Estimated yield(t/fed) ²		Estimated yield (t/ha) ²		Harvest Index	
			14	15	14	15	14	15	14	15	14	15
Year ³	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15
W5-U	K-8	30K8	4.2	3.4	7	8	4.6	6.1	10.8	14.4	0.26	0.42
W5-D	K-8	30K8	3.0	1.7	6	6	2.8	3.4	6.6	8.2	0.22	0.47
W4-U	-	30-62	-	4.2	-	10	-	5.1	-	12.2	-	0.29
W4-D	Triple cross	30-62	3.0	1.9	7	6	1.8	3.5	4.3	8.3	0.14	0.43
W2-U	N-11	30-62	3.9	3.4	8	9	3.8	5.6	9.0	13.3	0.23	0.39
W2-D	Single cross-10	30-62	3.9	2.2	7	7	3.1	3.8	7.4	8.9	0.19	0.41
E1-U	Single cross-3062	30K8	5.3	3.9	11	10	4.4	4.8	10.0	11.4	0.19	0.29
E1-D	Triple cross	30K8	4.8	2.4	9	7	4.1	3.3	9.7	7.7	0.20	0.32
E4-U	Single cross-10	30K8	4.6	3.2	9	8	6.9	4.8	16.3	11.5	0.35	0.36
E4-D	Single cross-10	30K8	6.3	2.3	8	7	6.5	3.4	15.4	8.0	0.25	0.35
Ave.-U	-	-	4.5	3.6	8.8	8.8	4.9	5.3	11.5	12.6	0.26	0.35
Ave.-D	-	-	4.2	2.1	7.4	6.5	3.6	3.5	8.7	8.2	0.20	0.40

Source: Dr. Abdallah, RRC, 2014 and 2015

Note1: "U" and "D" stand for "Upstream" and "Downstream", respectively.

Note2: Maize yield is air-dried grain weight without cob.

Note3: "14" and "15" in the table are 2014 and 2015, respectively.

(4) 農業所得

上記農家聞き取り調査から農家の平均経営規模 (2.4 フェダン)、栽培作物別作付面積、およびより精度の高い坪刈り調査による上下流別平均単収、聞き取り調査による 2015 年価格を用

いて、平均的な農家の上流および下流部での農業所得を推計した。下表は、サンプル調査対象地区での単収が下流レベルおよび上流レベルでの農業所得を算定した表である。農家の平均年間農業所得は、上流および下流で、各々LE15,301 および LE12,254 と算定された。1 フェダン当たりの年間農業所得は、上流および下流で各々LE6,375 および LE5,106 と算定され、下流部の単位当たり農業所得は上流部の 8 割程度と算定された。

表 2.2.11 農家の平均農業所得（上流および下流）の算定

Crop	Cropped Area (fed)	Yield (t/fed)		Price (LE/t)	Gross Income (LE)		Cost (LE/fed)	Net Income (LE)	
		Downstream	Upstream		Downstream	Upstream		Downstream	Upstream
Summer Crop									
Paddy	1.44	3.00	3.50	2,000	8,640	10,080	2,290	5,342	6,782
Maize	0.24	3.50	5.10	1,500	1,260	1,836	2,888	567	1,143
Cotton	0.60	0.90	1.04	6,300	3,402	3,931	4,226	866	1,395
Other (melon)	0.12	13.22	15.34	697	1,106	1,283	2,764	774	951
Winter Crop									
Wheat	1.20	1.59	1.64	1,700	3,244	3,346	1,541	1,395	1,497
Berseem	0.36	39.02	40.19	55	773	796	279	673	696
Sugar beet	0.84	17.62	18.50	270	3,996	4,196	1,618	2,637	2,837
Total	4.80				22,421	25,468		12,254	15,301
								Net Income/feddand(LE/fed)	
								5,106	
								Difference (LE/fed)	
								1,269	

2.2.5 内水面漁業

上述のように、ティラピアとボラを主体とする内水面養殖は、県北部に広がっている。特にボラの養殖は、エジプト特有のものである。近年農地の養殖池の転換が増加しているが、農地の養殖池への転換は、農地を守る観点から、漁業・海洋生物・養殖法 Law No.124 (1983 年) で原則禁止されている。養殖池に開拓が許される土地は、原則農業不適地に限られている。このため、ほとんどの養殖池が無許可で農地を転換しているが、取り締まりが十分になされていない状態である。県北部では、水質問題が深刻になりつつあり、作物の低収量につながっている。このため、同地域での内水面養殖の経済的優位性が高まっている。同地域には魚類専門の卸売市場も開設されており、養殖魚の流通を容易にしている。下表に県の漁獲量を整理する。

表 2.2.12 カフルシェイク県の漁獲量

Year	Mediterranean sea (t)	El-Borullas Lake (t)	Fresh water (t)	Fish farms (t)	Rice fields (t)	Total (t)
2008	12,693	52,260	5,595	367,379	3,591	441,518
2009	14,365	53,401	6,308	363,815	3,730	441,619
2010	13,628	59,517	5,986	417,557	2,400	499,088
2011	11,632	45,544	5,896	494,343	2,363	559,778
2012	11,980	52,076	5,008	527,730	1,334	598,128

出典: CAPMAS

養殖池の魚類生産量は、2008 年から 2012 年にかけて顕著な伸びを示している。2012 年における県の養殖池からの魚類生産量は、527,730 トンであり、これは養殖池による国内生産量の 54% を占める。2012 年における養殖池の面積は、単位収量²を考慮すると約 87,955 フェダンと見積もられる。一方で、県内のコメの生産量は、2008 年をピークに減少傾向である。カフルシェイク県の 2012 年における米生産量は 114 万 t であり、2008 年の生産量 147 万 t の 78% まで減産している。また、養殖池の増加は、地域の用水不足に拍車をかけているとも言われている。

² JICA 調査団による調査によると、養殖池の収量は、6t/フェダンと見積もられる。

調査団は、10戸の養殖農家に対して聞き取り調査を実施した。この結果によると、養殖池の拡大の主要な理由は、養殖の収益性の高さであった。厳しい水不足と、汚れた排水を灌漑用水に混合することによる水質問題により、カフルシェイク県北部の作物生産性は低下しており、これが養殖業の優位性を高めている。しかしながら、養殖業の起業には多額の投資が必要となるため、小規模農家の参入は困難である。このため、養殖業者の大半は大規模農地所有者であり、自ら経営するかあるいは養殖池を賃貸している。養殖業者の中には10フェダン、あるいはそれ以上の規模に達する者もいる。

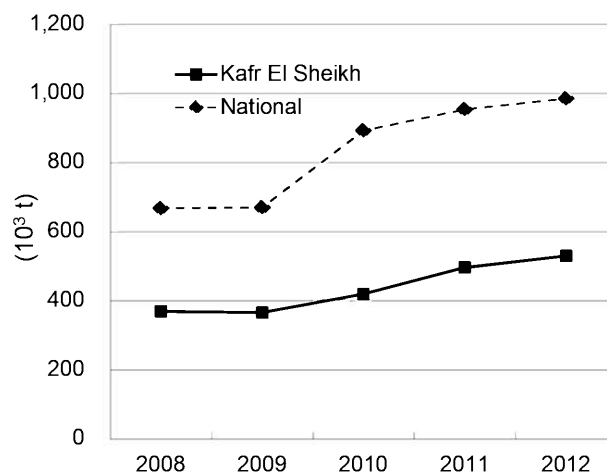


図 2.2.3 養殖池の生産量

出典: CAPMAS

調査結果によれば、水質が改善され水不足が緩和されれば、水稲や他の作物生産に戻りたいとする養殖業者もいる。調査結果では、養殖業者は、通常ティラピアとボラを同じ池に混合して養殖しており、その場合のティラピアとボラの単位生産量は、各々5t/フェダンおよび1t/フェダンである。

養殖においては、冬場の低温の水や水質により、魚が成魚になる前にロスを生じるリスクがある。そのようなリスクにより養殖の収益性は変動すると考えられるが、聞き取り結果を踏まえて養殖池の単位当り所得額を算定すると、自作の場合年間 11,000LE/フェダン、借地の場合年間 7,900LE/フェダンとなる。調査によると、この地域の水稲の単位収量は、1フェダン当り2トンから3トンと、エジプトにおける米の収量レベルに比してかなり低い量となっている。

表 2.2.13 養殖による所得の算定

Basis	Ownership	Own				Rent			
	Harvest times / year	1				1			
	Farming season	March to November				March to November			
	Mix kinds or separate	Mix				Mix			
Cost (LE)	Item	per		5 feddan		per		5 feddan	
		Amount	Unit	Unit Price	Price	Amount	Unit	Unit Price	Price
	Fish (Tilapia)	100,000	fish	0.05	5,000	100,000	fish	0.05	5,000
	Fish (Mullet)	10,000	fish	1.0	10,000	10,000	fish	1.0	10,000
	Fodder	50	ton	4,000	200,000	50	ton	4,000	200,000
	Operation labor	12	MM	1,000	12,000	12	MD	1,000	12,000
	Harvest labor	30	MD	50	1,500	30	MM	50	1,500
	Pumping cost				5,000				5,000
	Transportation				1,000				1,000
	Tools				1,000				1,000
	Depreciation of pond construction				9,450				-
	Rent	0	fed	5,000	0	5	fed	5,000	25,000
	Total				244,950				260,500
Sales (LE)	Item	Production	Unit	Unit Price	Gross Income	Production	Unit	Unit Price	Gross Income
	Tilapia	25.0	t	8,000	200,000	25.0	t	8,000	200,000
	Mullet	5.0	t	20,000	100,000	5.0	t	20,000	100,000
Total				300,000				300,000	
Income (LE)	Net Income				55,050				39,500
	Net Income per feddan				11,010				7,900

出典: JICA Study Team: Estimated based on the field questionnaire survey in 2012)

2.3 カフルシェイク県における灌漑と排水再利用の現状

2.3.1 灌漑システム

(1) 灌漑施設と配水システム

カフルシェイク県の用水源は、ナイル川のロゼッタ支流に建造されたモハマドアリバラージ（デルタバラージ）の上流から分水されているエルラヤエルモネフィ基幹用水路と、もう一方のダミエッタ支流に建造されたジフタバラージ上流より取水するエルラヤエルアバシ基幹用水路である。これら2つの基幹用水路はガルビア県等を流下し、カフルシェイク県には4本の幹線用水路（東からバハルテラ、ミット・ヤズイド、カセダ、エルコバダ幹線用水路）を通じて用水を供給している。県西部には、用水最需要期の用水不足³を補うため、Rosetta 支流から直接ポンプ取水しているバハルエルサイディ用水路と、小規模なポンプ場が3カ所存在している。（図 2.3.1 参照）

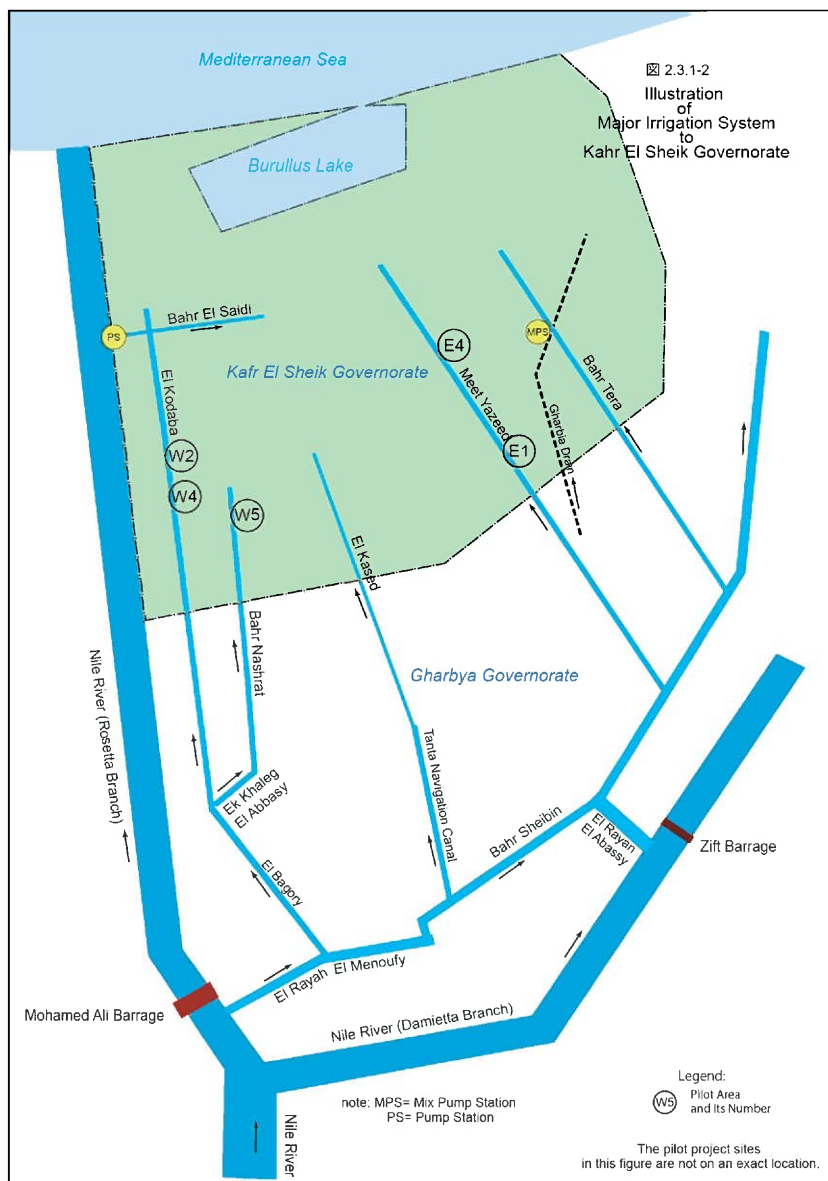


図 2.3.1 カフルシェイク県の灌漑システム

³ 水資源灌漑省は5月及び6月の2ヶ月間のみ Nile 川（Rosetta 支流）からの取水を許可している。

上述の幹線用水路から分岐して、多くの支線用水路が配置されている。その総延長はカフルシェイク県内で 1,061.3 km で、殆ど土水路⁴である。幹・支線用水路の最高水位は、隣接農地の地下水位上昇による塩類集積を防止するため、農地表面から約 1 m 下に設定されている。

支線用水路から圃場へは、末端水路であるメスカが配置され、農民はこの小用水路から個別に灌漑用水の取水を行い、各自の圃場へはマルワ (Marwa) と称する圃場内水路を通じて灌漑している。以前、農民は自己負担でメスカから移動式小型ポンプで個別取水していた。換言すれば、農民は水利費を払わない代わりに、ポンプ運転経費を自己負担していることになる。この小型ポンプを個々の農民が自己都合で運転するため、灌漑効率の低下、水不足の発生（特に下流域）などの問題が発生してきた。これを解消するため、多くの援助機関（例えば世界銀行）の資金援助でメスカを改良し、水利組合を組織して農民組織による改善メスカの水管理を行う IIP が実施されてきた。この事業は IIIMP や日本の協力による WMIP (Water Management Improvement Project) -SWMT (Strengthening Water Management Transfer) といった発展形態の参加型水管理プロジェクトと共に進められている。カフルシェイク県では、118,000 フェダン (耕地面積の 23 %) がこの方式に改善された。この事業の参加は農民の自由意思に委ねられており、不参加の農民も散見される。

改良メスカは、メスカ始点に統合ポンプを一カ所設置し、開水路敷地内にパイプライン⁵を設置し、各圃場には給水栓を設けたものである。このポンプ等の維持管理はメスカレベルの水利組合⁶を組織して行っている。一つのメスカの灌漑面積はおおよそ 50 フェダン～150 フェダン (21ha～63ha) である。

用水路の付帯工として、制水門、水位調節ゲート、分水門、余水吐、橋梁、暗渠、取水工などがあるが、すべて水資源灌漑省の管理下にある。水資源灌漑省は水路の堆砂状況に応じて、年に 1 ～ 2 回程度の浚渫、法面の除草を重機で行っているが、地域住民が塵芥を用水路に投棄するため、水質悪化やゲート等灌漑管理施設に目詰まりが発生している水路が多くある。施設管理担当者が配置されているが、塵芥の量が多く、除去が十分されていない用水路もある。

(2) 水管理体制

幹・支線用水路の水管理

エジプト全土の水資源管理は、水資源灌漑省がすべて一元的に管理している。農業用水については、農業土地開拓省が行政毎に翌年の作付計画を水資源灌漑省に提出し、これに水資源灌漑省設定の単位用水量を使用して各県の割り当て水量を決定する。

したがって、水量調整は県境で実施され、用水路の水位や流量は毎日観測・記録されている。しかし県内に入ると、主要幹線用水路を除き、殆ど流量記録はない。主要な場所（大きな分水工等）では水量調整（ゲートの上流と下流の水位をインスペクターが指示）を行っている。

水資源灌漑省カフルシェイク県灌漑局は灌漑地域を大きく二分割して、ローテーション灌漑システムを実施している。このローテーション・スケジュールに沿って、水資源灌漑省県灌漑局のインスペクターは、配下の Bahary (バハリと呼ばれるゲート操作人) に、各支線用水路の取水工ゲートを ON-OFF 操作させている。特に、水不足が激しくなる 5 月から 8 月までの間は

⁴ 市街地を通過する一部の用水路は住民の塵芥投棄を防止するため暗渠構造となっている。

⁵ 農民の要望により開水路方式の所もある。

⁶ 水利組合結成までがプロジェクトに含まれている。

(稲作の栽培期間にはほぼ合致)、支線用水路には、10 日間の内、4 日間通水し、残り 6 日間は断水するローテーション灌漑を実施している。

この水管理は過去の管理実績を基に、取水ゲートの開閉、ゲート開度、開閉時間を Bahary に指示し、ゲート操作を行っている。ゲート操作記録は各ディストリクトに毎日記録・保管されている。記録データはインスペクターにも同時に報告される。受益者は水不足時には、水資源灌漑省県灌漑局に個別に陳情に行き、問題解決を個々に行っている。

カフルシェイク県灌漑局の管理体制は、県を東西に 2 分割し、東西各 1 名、計 2 名のインスペクターにより水管理、機場管理を行っている。さらにその東西地区を下表のようにエンジニアリングディストリクトとして、ディストリクトエンジニア各 1 名を配置し、インスペクターからの指示（以前は有線電話だったが、近年は携帯電話を使用）を受けている。ディストリクトエンジニアには自主判断による水管理作業は行えず、すべてインスペクターの指示により、水管理を行っている。農民は夏期の水不足に対して、苦情をインスペクターあるいは上級職員に申し立てる。夏期の苦情処理業務は多岐に亘り、現地視察・確認・指示、事務所での苦情受け付け・処理などを行っている。

表 2.3.1 カフルシェイク県の灌漑管区

管区	所管灌漑区
東地区	Kafr El-Sheik, Seidy Ghazy, El-Riyad, Biala, El-Hamoul, El-Mansour, Baltim and El-Zahra'a (計 8 Irrigation ディストリクト)
西地区	Desouk, Fowa, Metoubas, West Seidy Salem, East Seidy Salem and Qilin (計 6 Irrigation District)

末端圃場用水路の水管理

メスカの改良事業実施前は、既存メスカ岸に農民個人が小型移動ポンプを据え、各々の圃場を個別に灌漑する方式であった。約 20 年前までは、エジプト国で有名なサキア(Sakia)と呼ばれる畜力で稼働する水車形式の揚水機を多くの農民が利用していた。可搬式小型ポンプが比較的安価に購入できるようになると、このサキアは、揚水量が大きく、且つ短時間で所定の量が揚水できるエンジン駆動の可搬式小型ポンプに替わった。しかし、開水路形式のメスカで、この可搬式小型ポンプを一斉に稼働させると、下流まで水が到達しにくくなってきた。これを解消するために、現在、IIP や IIIMP 等でメスカ改良事業がデルタ全域で実施されている。改良メスカの事業費は農民負担で、20 年償還で返済されている。上述のように、メスカ改良事業地区を対象に、メスカレベルの WUA が組織されている。また支線水路単位の BCWUA の組織化が進められている。これら農民組織の調整により水路上下流間での公平な水配分がなされることが期待されている。

改良メスカは統合ポンプ場と共用用水路（取水バルブを含むパイプが多い。一部コンクリート護岸の開水路の地区もある）で構成されており、従来のメスカの配水組織（面積、水路路線）をそのまま引き継いでおり、灌漑地域の統廃合は殆ど行われていない。改良メスカの維持管理は新たに組織された WUA が実施し、役員 5 名程度とポンプ運転係で施設の運営・維持管理に当たっている。ポンプ運転は農民（組合員）の個々の要求に応じて行われている。農民間の調整は農民同士で行っている。灌漑用水が必要なときには、農民が自分の圃場面積と栽培作物に必要な燃料を持参し、運転係に運転を依頼する。農民はメスカ上に設置された取水バルブから圃場に給水できる。灌漑の順番は運転係が決定する。

2.3.2 排水システム

カフルシェイク県内の排水施設として、排水ポンプ場、排水路及び暗渠排水施設およびこれらの付帯工がある。排水機場は2種類に分類できる。一つはカフルシェイク県内の余剰水を県外に排水する排水機場、他方は排水路の水位を調節する排水機場である。前者はカフルシェイク県の北部境界周辺（地中海、ブルルス湖の周辺）に位置する大型機場で計8機場、直接地中海へ排水する排水機場は1カ所、ナイル川(ダミエッタ支流)に排水する排水機場1機場の計10機場である。このうち1機場は現在建設中で、近年稼働予定である（図 2.3.2 参照）。カフルシェイク県の農地標高は低く、排水路内水位は、外水位（地中海やブルルス湖）よりも低いいため、排水路内の余水を排除するには自然排水は不可能であるので、機械排水が行われている。

この機場以外に地区内には5カ所の機場がある。この排水機場は排水路の水位を調節するために設置されている。カフルシェイク県の東部にドレイン No. 4 及び No. 6 上に4機場ある。このうち1機場は現在工事中であり、近年稼働予定である。

以上の機場はすべて水資源灌漑省の機械電気局（Mechanical and Electric Department: MED）の管理下にあり、ポンプ運転は各機場に設定された排水路の水位に従って運転が行われている。各機場の最大排水能力は $9.48 \text{ m}^3/\text{s}$ ($=568.8 \text{ m}^3/\text{min}$) $\sim 54.6 \text{ m}^3/\text{s}$ ($3,276 \text{ m}^3/\text{min}$)である。

カフルシェイク県内の排水路総延長は 812.2 km で、すべて台形断面で法勾配 3 (H): 2 (V)又は 1 (H): 1 (V)の土水路である。排水路は農地の地下水を低下させるために設置されており、雨水等による農地余剰水排除の目的ではない。排水路も水資源灌漑省が所有・管理しており、農民は維持管理に関わっていない。年に1～2回程度、重機で浚渫、除草、法面整形をおこなっているが、住民が塵芥を投棄したり、水草が繁茂したりしており、汚染がひどい区間が多く見かけられる。塵芥が構造物に目詰まりを発生させるなど、水路の管理をより困難にしている。近年、排水庁や県庁は、排水路の暗渠化を市街地の一部で実施しているが、まだ一部の区間に限定されている。暗渠化を行っても、地域住民は暗渠の入り口や出口に塵芥を投棄しており、暗渠化とともに住民教育やゴミ収集システムの改善を進めることが必要である。

圃場からの排水は、雨水などがいないため殆ど考慮されてない。水稻耕作の圃場には圃場内小排水路を設置している農民もいる。しかし畦畔の畦塗りをしていないし、土壌は乾燥するとクラックの入り易い土性のため、畦畔からの漏水が見られる。

カフルシェイク県はナイルデルタの低平地に位置しているため、排水路は土壌内の塩分除去のため、地下水位を低下させる暗渠排水事業を、世界銀行の資金援助事業で、殆ど全域に施工した。暗渠排水路はポリエチレンパイプで構成され、吸水渠の最上流端は農地表面より 1.0 m 程度に埋設され、集水渠を経て自然流下で排水路に送水される。排水路への流出地点では、暗渠管は地表より 1.3 ～ 1.5 m 程度下になっている。排水路に地下水を排除させるために、排水路の水位は管底より 10 ～ 20 cm 下に保持しなければならない規定になっている。カフルシェイク県の農地全域に暗渠排水施設が完備されているが、この暗渠排水には水閘がなく、排水路に直接地下水を排除している。水閘があれば、地下水位を調節でき、灌漑水が必要な時期には地下水位を上げ、節水できることに繋がる。

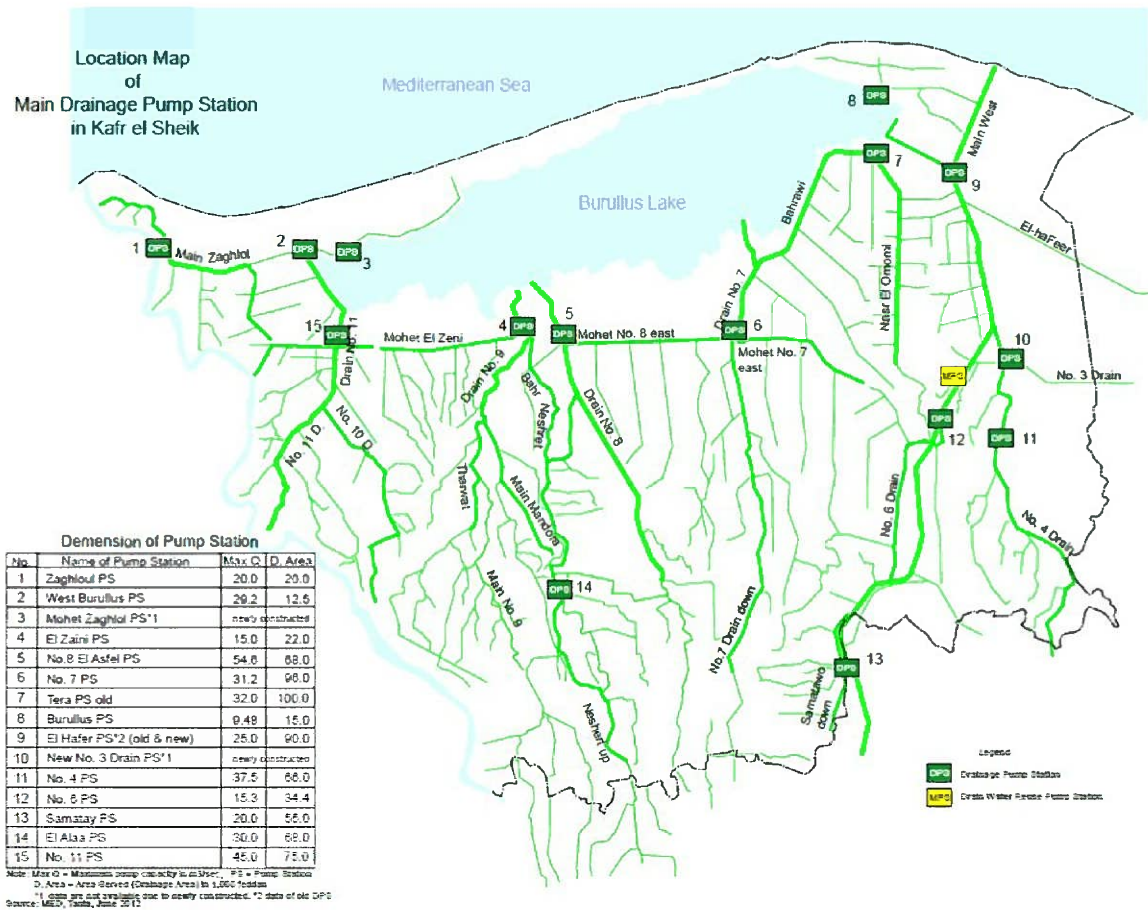


図 2.3.2 カフルシェイク県の排水系統図

当地区に関係する 4 機場の過去 5 年間（2007～2010 年）の月総排水量を解析した。その結果、1000 フェダン 当たりの単位排水量は冬期と夏期では大きな開きがある。100,000 フェダンの支配面積を持つ Tera 排水機場の場合、冬期では 0.149 m³/s/1000 フェダンであった単位排水量が、夏期には約 1.9 倍の単位排水量 0.281 m³/s/1000 フェダンを示して、夏期の蒸発散量が高いにも拘わらず、取水量が多いことが判明した。この理由として、この地域は、特に下流域では、水稻作付面積が多く、湛水灌漑による暗渠排水量の増加、畦畔等の浸透量の増加、配水ロスなどから排水量が増加しているものと想定できる。

一方、カフルシェイク県西端にある、ザグロウル排水機場の最小単位排水量は 0.249 m³/s/1000 フェダン、最大単位排水量で 0.712 m³/s/1000 フェダンと他の機場に比べて非常に大きな値を示している。これはこの排水路周辺では排水を利用した水産養殖業が多く営まれている影響であると考えられる。

2.3.3 灌漑用水の収支

(1) 灌漑用水量

水資源灌漑省の作物別単位用水量と灌漑面積から、県全体の灌漑用水量を算定した。幹線水路別に収支計算を行って集計した値である。これによると、年間総用水量は 5,158 MCM⁷と

⁷ ”Rehabilitation of Water Resources and Irrigation System of Kahr El Sheik, MWRI, 2012”報告書より引用。原本はアラビア語で、翻訳版を利用。

算定された（表 2.3.2 参照）。

表 2.3.2 カフルシェイク県の年間灌漑総用水量

Name of Canal	Annual Inflow (MCM)	Annual Water Requirement (MCM)	Balance (MCM)	Remarks
Bahr Tera	1,172	1,413	-241	Hamoul Mix PS of 95 MCM/year excluded
Meet Yazed	1,488	1,476	12	Fuwa PS of 183 MCM/year excluding
El Qusad	280	227	53	No. 11 PS of 173 MCM/year excluded
Bahr Nashrat	180	166	14	
El Quadaba	691	1,016	-325	
El Bahr El-Sa'edy	349	249	100	
Main El Rashidya	176	159	17	
El Nil El Eslah	-	264	-264	264 MCM from El Gharbia Main Drain
Ganabyad El Rashidy-Saedy Yousef	-	188	-188	from Nile River
Total	4,336	5,158	-822	Total annual inflow of 4,336 MCM + reuse pump discharge (95 + 183 + 173) + reuse water from El Gharbia drain 264 + 188 from the Nile river = 5,239

Note: The above figures are recalculated by JICA Team using the original figures which are reported on "Rehabilitation of Water resources and Irrigation System of Kafr El Sheik, MWRI, 2012".

上記レポート（MWRI, 2012）によれば、農地面積は、県北部の未開発地を開発すると、農用地面積は 600,800 フェダン⁸から、680,700 フェダンに増加する事が記述されている。従って、単純に用水量を面積比例させると、将来の灌漑必要水量は、

$$5,158 \text{ MCM} \times (680,700 \text{ フェダン} / 600,800 \text{ フェダン}) = 5,844 \text{ MCM}$$

と推定できる。エジプトでは作物選定は農民に自由意思に委ねられており、農民は前年の農産物価格の高い作物を翌年選定する傾向がある。従って、総用水量も年ごとにかなりの変化が予想される。

(3) 用水配分

用水配分は、行政区（県）で纏めた作付計画に従って、計画灌漑用水量を計算し、県に配水するシステムである。支線用水路単位に作付面積が集計されておらず、支線用水路単位の必要灌漑用水量、水収支等の計算は困難である。すなわち、支線用水路に関係する農業協同組合から支線用水路毎の作付面積データを収集し、その作付面積から総用水量を算定する複雑な作業を必要とする。従って、水配分は昔からの慣習（実績）に基づいて行われており、用水不足が発生し、農民からの苦情があれば、その地区に一時的に追加配水（取水ゲートの開門時間を延長する）するといった便法が取られている。各支線用水路のゲートの開閉日、制水樋門の上・

⁸ 農業土地開拓省の統計では、2012年の耕地面積は566,024 フェダンであるが、本節では、引用文献に準じる。

下流の水位は毎日記録されているが、流量観測は全く行われていない。

一方、水資源灌漑省は各支線用水路毎の水稲作付面積（約 50%）を規制し、違反者には課金する法律があるが、違反者の実態調査、違反者への警告、課金徴収、裁判等の煩雑な手続きが必要で、最終的には黙認状態になっている。その理由の一つに灌漑局の人員不足がある。

(4) 灌漑ピーク時の不足水量

上記レポート（MWRI, 2012）では、カフルシェイク県の主要幹線用水路の水収支計算が行われている。水収支計算の諸元は以下のとおりである。

1) 作付面積：2009 年の農業統計から実栽培面積を算定した。主要作物の栽培面積のうち、夏作では水稲栽培が卓越しており、その栽培面積は夏作耕作面積の 71.1% を占めている。ついで綿花栽培面積が同 15.5% である。多くの農民は夏作に水稲栽培を好んでいる。その大きな理由として、水稲栽培は湛水灌漑のため農地からの塩分除去作用があり、後作の農作物の収量に影響を与える事が広く知られている。また、水稲の収益が他の作物と同等かそれ以上と想定できるからである。冬作としては、エジプトの主食である小麦の栽培面積が 50.3% を占めている。家畜の飼料として知られているベルシームは 26.6% である。テンサイも最近広く栽培されるようになり、17.9% の栽培面積を占めている（表 2.3.3 参照）。

2) 作物消費水量：MWRI の作物消費水量を適用した。

3) 流入量：カフルシェイク県に流入する実測流量を使用した。

主要幹線用水路単位の水収支結果はほぼ同様な結果を示し、冬期 1~2 月に若干の水不足が発生しているが、夏期 7 月から 9 月の 3 か月間は大きな水不足を生じている結果となっている。カフルシェイク県の用水不足現象は、主に水稲の代掻き・田植え期（5 月）と穂バラミ期（8~9 月）に 2 回現れると想定されるが、5 月の第 1 回目のピーク時には 222.03 MCM の余剰が生じている。第 2 回目のピーク（年最大）時の 9 月には 515.70 MCM の不足が生じている計算になる⁹。（表 2.3.4 および図 2.3.3 参照）

これらの不足量は大規模排水再利用ポンプ揚水量、灌漑局が管理している 31 カ所の排水再利用ポンプ、農民の個人的可搬式小型ポンプで賄われている。大規模排水再利用ポンプ場以外は運転実績が記録されていないので、その実態把握は困難である。

表 2.3.3 水収支計算に用いられた作物別作付面積

Crop Name	Cropped Acreage (feddan)	Ratio (%)	Remarks
Summer Crops			
Paddy	324,628	71.1	
Cotton	70,618	15.5	
Maize	52,682	11.5	
Tomato	8,846	1.9	
Sub-total	456,774	100.0	
Winter Crops			
Crop Name	Cropped Acreage (feddan)	Ratio (%)	Remarks
Berseem	135,445	26.0	
Wheat	261,818	50.3	
Linen	1,664	0.3	
Sugar Beet	93,094	17.9	
Beans	26,586	5.1	
Barley	1,824	0.4	
Sub-total	520,431	100.0	
Otehrs			
Crop Name	Cropped Acreage (feddan)	Ratio (%)	Remarks
Fruits Garden	9,975	8.9	
Others	102,527	91.1	
Sub-total	112,502	100.0	
Total	1,089,707		

note: Since the total farmland area of the Governorate is 577,600 feddan, the crop intensity is 198%.

Source: Study of Rehabilitation of Water Resources and Irrigation System in Kafr El Shekh, 2012

⁹ この計算では、水稲の栽培期間を 6 月から 10 月としているが、現地の栽培状況、聞き取り調査結果では、水稲栽培期は 5 月から 8 月~9 月初旬であり実態と異なる面があることを附記する。

表 2.3.4 カフルシェイク県の主要用水路の水収支

Name of Canal	Irrigation Area (feddan)	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
		18	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	31
Bahr Tera Intake	125,123	23.77	18.60	23.93	29.69	21.90	24.07	67.36	68.46	63.90	16.63	8.29	13.54	
Unit Water Requirement (m3/feddan/day)		2.97	2.33	2.99	3.71	2.74	3.01	8.43	8.57	8.00	2.08	1.04	1.69	
-do- (MCM/month)	(a)	53.46	65.24	92.69	111.30	84.94	90.30	261.33	265.67	240.00	64.48	31.20	52.39	1,413
Inflow to Canal (MCM/day)		1.74	1.77	2.13	3.07	4.42	5.22	4.42	5.44	3.54	2.76	2.76	1.75	
-do- (MCM/month)	(b)	31.32	49.56	66.03	92.10	137.02	156.60	168.64	187.62	106.20	90.83	82.80	54.25	1,172
Balance (MCM/month)	(b-a)	-22.14	-15.68	-26.66	-19.20	-52.08	-66.30	-96.30	-132.65	-133.80	-26.35	-51.60	-1.86	-241
Meet Yazid	130,698	23.77	18.60	23.93	29.69	21.90	24.07	67.36	68.46	63.90	16.63	8.29	13.54	
Unit Water Requirement (m3/feddan/day)		3.11	2.43	3.13	3.88	2.86	3.15	8.80	8.95	8.35	2.17	1.08	1.77	
-do- (MCM/month)	(a)	55.98	68.04	97.03	116.40	86.66	94.50	272.60	277.45	250.50	67.27	32.40	54.87	1,476
Inflow to Canal (MCM/day)		2.24	2.86	3.07	4.13	5.91	6.36	6.36	7.55	5.65	3.67	3.37	2.46	
-do- (MCM/month)	(b)	40.32	80.08	95.17	123.90	183.21	190.80	197.16	215.15	111.30	113.77	101.10	76.26	1,488
Balance (MCM/month)	(b-a)	-15.66	-12.04	-1.86	-7.50	-94.55	-96.30	-175.64	-102.30	-139.20	-46.50	-88.70	-21.39	-12
Ei Qasid	20,085	23.77	18.60	23.93	29.69	21.90	24.07	67.36	68.46	63.90	16.63	8.29	13.54	
Unit Water Requirement (m3/feddan/day)		0.48	0.37	0.48	0.60	0.44	0.48	1.35	1.38	1.28	0.33	0.17	0.27	
-do- (MCM/month)	(a)	8.64	10.36	14.88	18.00	13.64	14.40	41.85	42.78	38.40	10.23	5.10	8.37	227
Inflow to Canal (MCM/day)		0.46	0.67	0.70	0.60	0.92	1.24	0.81	1.14	0.80	0.58	0.61	0.38	
-do- (MCM/month)	(b)	8.28	18.76	21.70	18.00	28.52	37.20	39.89	35.34	24.00	17.98	18.30	11.78	280
Balance (MCM/month)	(b-a)	-0.36	8.40	6.82	0.00	14.88	22.80	-1.86	-7.44	-14.40	7.75	13.20	3.41	53
Bahr Nashrat	14,753	23.77	18.60	23.93	29.69	21.90	24.07	67.36	68.46	63.90	16.63	8.29	13.54	
Unit Water Requirement (m3/feddan/day)		0.35	0.27	0.35	0.44	0.32	0.36	0.99	1.01	0.94	0.25	0.12	0.20	
-do- (MCM/month)	(a)	6.30	7.56	10.85	13.20	9.92	13.80	30.69	31.31	28.20	7.75	3.60	6.20	166
Inflow to Canal (MCM/day)		0.25	0.40	0.38	0.42	0.53	0.90	0.81	1.29	0.80	0.51	0.39	0.34	
-do- (MCM/month)	(b)	4.50	11.20	11.76	12.60	16.43	27.00	25.11	24.80	15.30	8.99	11.70	10.54	180
Balance (MCM/month)	(b-a)	-1.80	3.64	0.93	-0.60	6.51	15.20	-5.58	-6.51	-12.90	1.24	8.10	4.34	14
Ei Quadiaba	89,833	23.77	18.60	23.93	29.69	21.90	24.07	67.36	68.46	63.90	16.63	8.29	13.54	
Unit Water Requirement (m3/feddan/day)		2.14	1.67	2.15	2.67	1.97	2.16	6.06	6.16	5.75	1.50	0.75	1.22	
-do- (MCM/month)	(a)	38.52	46.76	66.65	80.10	61.07	64.80	187.86	190.96	172.50	46.50	22.50	37.82	1,016
Inflow to Canal (MCM/day)		0.89	1.38	1.66	1.98	3.42	2.20	2.95	2.27	1.87	1.58	1.58	1.26	
-do- (MCM/month)	(b)	16.02	38.64	51.46	59.40	106.02	65.00	91.45	70.37	56.10	48.98	47.40	39.06	691
Balance (MCM/month)	(b-a)	-22.50	-8.12	-15.19	-20.70	44.95	1.20	-96.41	-120.59	-116.40	2.48	24.90	1.24	-325
Ei Bahr El Saedy	22,061	23.77	18.60	23.93	29.69	21.90	24.07	67.36	68.46	63.90	16.63	8.29	13.54	
Unit Water Requirement (m3/feddan/day)		0.52	0.41	0.53	0.65	0.48	0.53	1.49	1.51	1.41	0.37	0.18	0.30	
-do- (MCM/month)	(a)	9.36	11.48	16.43	19.50	14.88	15.90	46.19	46.81	42.30	11.47	5.40	9.30	249
Inflow to Canal (MCM/day)														
-do- (MCM/month)	(b)	24.50	22.40	31.00	33.00	38.20	33.05	32.60	38.50	27.90	28.25	35.70	34.9	349
Balance (MCM/month)	(b-a)	15.14	10.92	14.57	13.50	23.32	21.75	-13.59	-8.31	-14.40	16.78	35.70	78	78
Main El Rasidiya	9,886	23.77	18.60	23.93	29.69	21.90	24.07	67.36	68.46	63.90	16.63	8.29	13.54	
Unit Water Requirement (m3/feddan/day)		0.23	0.18	0.24	0.29	0.32	0.36	0.99	1.01	0.94	0.25	0.25	0.25	
-do- (MCM/month)	(a)	4.14	5.04	7.44	8.70	9.92	13.90	30.69	31.31	28.20	7.75	7.50	7.75	159
Inflow to Canal (MCM/day)														
-do- (MCM/month)	(b)	15.50	14.00	15.00	15.00	15.50	13.00	18.60	19.00	0.00	4.65	24.00	15.50	176
Balance (MCM/month)	(b-a)	11.36	8.96	7.56	6.30	5.58	3.20	-12.09	-12.31	-28.20	-3.10	16.50	7.75	17
Ei Nil El Esiah	25,963	23.77	18.60	23.93	29.69	21.90	24.07	67.36	68.46	63.90	16.63	8.29	13.54	
Unit Water Requirement (m3/feddan/day)		0.62	0.48	0.62	0.77	0.59	0.66	1.99	2.01	1.94	0.54	0.25	0.44	
-do- (MCM/month)	(a)	11.16	13.44	19.22	23.10	16.80	18.80	60.69	61.31	58.20	15.14	7.50	12.24	264
Inflow to Canal (MCM/day)														
-do- (MCM/month)	(b)													
Balance (MCM/month)	(b-a)													
Ganabiyad El Rasidiya Saedy Yousef	21,033	23.77	18.60	23.93	29.69	21.90	24.07	67.36	68.46	63.90	16.63	8.29	13.54	
Unit Water Requirement (m3/feddan/day)		0.50	0.39	0.50	0.62	0.44	0.48	1.35	1.38	1.28	0.33	0.17	0.27	
-do- (MCM/month)	(a)	9.00	10.92	15.50	18.60	9.92	10.80	30.69	31.31	28.20	7.75	7.50	7.75	188
Inflow to Canal (MCM/day)														
-do- (MCM/month)	(b)													
Balance (MCM/month)	(b-a)													
Water Balance														
Inflow (MCM)		140.44	234.64	292.14	354	524.9	533.25	573.55	500.18	340.8	313.45	321	207.39	4,336
Water Requirement (MCM)		196.56	238.64	340.69	408.9	302.67	323.1	932.79	948.91	868.5	252.34	143.4	213.59	5,158
Balance (MCM)		-56.12	-4.20	-48.55	-54.90	222.03	210.15	-359.24	-448.73	-515.70	61.11	177.60	-6.20	-823

Source: Basic figures are based on the report of "Rehabilitation of Water resources and Irrigation System of Kahr El Sheik, MWRI, 2012".

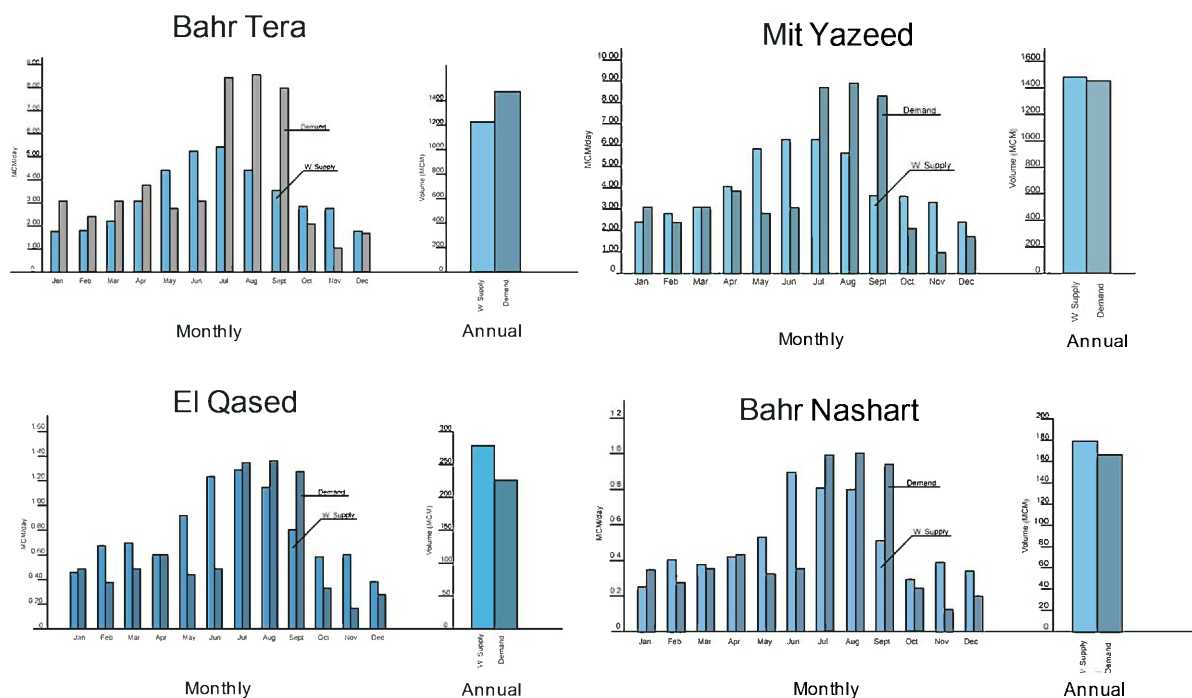


図 2.3.3 主要幹線水路の水収支

2.3.4 灌漑のための排水再利用

(1) 灌漑水源としての排水

カフルシェイク県の農地はデルタ地域の灌漑用水路の最末端部に位置し、ナイル川からの清水が十分到達せず、毎年、夏作、特に水稲作時に多大の用水不足地域を生み出している。この地域の灌漑用水路は既に完備されており、大きな灌漑システムの変更は用地取得の面から不可能と考えられる。

地下水も用水源として考慮できるが、この地域の地下水は農業や飲料には適さないほどの塩分が含まれており、住民も地下水を使用していないし、政府も地下水利用を奨励していない。降雨は少なく不定期で、用水源としては考慮できない。

このような状況下で、他に利用可能な水源としては、農地からの排水の再利用しかない状況にある。これらの排水は、農地に灌漑された用水が、暗渠排水や畦畔を浸透して排水路に流出している水で、汚染度が低く、農業用水として再利用可能な水源である。しかし、排水路には未処理の生活雑排水も流入しており、人口の増大とともに排水の汚染が将来増すことが予想される。

(2) 排水再利用のための施設

灌漑のための排水再利用施設として、排水再利用ポンプがある。このポンプには2種類あり、一つはMEDが管理する大型機場でハモウル混合揚水機場 (Mixing Pump Station: MPS)、ザハラ郡 (Zahara'a District) 揚水機場、およびNo.11混合揚水機場がある。ハモウル混合揚水機場は1962年に供用開始し、現在もガルビア幹線排水路からバハルテラ幹線用水路に排水を揚水している。ポンプは3台で揚水能力は10 m³/s/unitであるが、経年変化によりその揚水能力は

減少している。ガルビア幹線排水路の水質は、上流都市人口の膨張とともに悪化し、清水との混合比率を 1:1 で混合しても水質の悪化が懸念され、水質改善が望まれる。これ以外に 1991 年から Botate MPS でガルビア幹線排水路からエルサウエイア用水路に、排水を揚水していたが、水質の悪化のため現在は運転を中止している。

他の排水再利用施設として小型ポンプ場がある。カフルシェイク県内には 31 カ所のポンプ場があり、水資源灌漑省が建設・運転・維持管理を行っている。この再利用ポンプ場の規模はポンプ容量 $0.5 \sim 1.0 \text{m}^3/\text{s}$ 程度で、年間運転時間を 1,000 時間として、カフルシェイク県水資源灌漑省のインスペクターの指示(実際は農民の要請による)により、ポンプ運転管理人(Mushel と呼ばれている)が運転・管理している。運転期間中は、運転管理人が機場に隣接した宿舎に宿泊し、常時運転可能な体制が取られている。この排水再利用ポンプ場の維持管理費はすべて水資源灌漑省の負担となっている。

表 2.3.5 既存排水再利用ポンプ

No.	Name of Station	Installation Year	Name of Irrigation Canal	Command Area of Iri. Canal (fed)	Name of Drain	Command Area of Drain (fed)	No. of Unit	Major Crop in Summer Season	Pump Capacity (m ³ /sec)	Pump Type	Pump Diameter (mm)	Driving System	HP or PS	Working hours (hrs)	Pump Type	Remarks	
{East Kafr El Sheik}																	
1	Kom el Tiin	1997	Kom el Tiin	n.a	M. KM 7 Ayema	n.a	2	Rice	1.00	Vertical	750	Electric	120	1,000	KSB	Extra unit needed	
2	Ashrya Ebsihan	2007	Ebsihan KM11	n.a	Gharbya M.	n.a	1	Rice	0.50	Vertical	500	Electric	65	1,000	SZ50-55	OK	
3	Bahr Bila	1992	Bahr Bila	n.a	Namra 4	n.a	1	Rice	0.96	Vertical	600	Diesel	121	1,000		electric drive	
4	Sharfy	2007	Terqa el Sharfa	n.a	Namra 4	n.a	1	Rice	1.00	Vertical	700	Diesel	120	1,000	SZ60-65	electric drive	
5	Abu Mostafa	2003	Abu Mostafa KM14	n.a	Masraf 7 KM1	n.a	1	Rice	1.0	Vertical	750	Diesel	120	1,000	KSB	OK	
6	Wzaria	2003	Basis KM17	n.a	M. abu. Kharaba KM2.2	n.a	1	Rice	0.96	Vertical	600	Diesel	121	1,000		electric drive	
7	Naseria	1997	Basis KM17.2	n.a	M. abu. Kharaba KM1.2	n.a	1	Rice	1.0	Vertical	750	Diesel	120	1,000	KSB	electric drive	
8	Saayda	2006	Basis KM17.4	n.a	M. abu. Kharaba KM2.0	n.a	1	Rice	0.96	Vertical	600	Diesel	121	1,000		electric drive	
9	Gmeza	1994	Gmiza	n.a	M. Gharbya	n.a	1	Rice	0.96	Vertical	600	Diesel	121	1,000		electric drive	
10	Meshreki	1997	Teret el Adima	n.a	M. Gharbya	n.a	1	Rice	1.0	Vertical	750	Diesel	120	1,000	KSB	OK	
11	Manawfa	1997	Teret el Adima	n.a	Gharbya	n.a	1	Rice	1.0	Vertical	700	Electric	120	1,000	SZ60-65	OK	
12	Marbat	2007	Nhayet Teret el Mambt	n.a	M. No. 7	n.a	1	Rice	1.0	Vertical	700	Electric	120	1,000	SZ60-65	OK	
13	Farsh El Gnaayn	1994	Sant	n.a	Farsh el Ganayen	n.a	1	Rice	0.96	Vertical	600	Diesel	121	1,000		electric drive	
14	Kom el Roz	1997	Kom el Roz el Koklima	n.a	Ghanabya	n.a	1	Rice	1.0	Vertical	750	Diesel	120	1,000	KSB	electric drive	
15	Al Gdyah	2008	Nhayet Teret el Gdyah	n.a	M. Naser	n.a	1	Rice	0.96	Vertical	600	Diesel	121	1,000		electric drive	
16	Khallig	2009	Khallig 15.8 Ayman	n.a	M. Abu Khashba	n.a	1	Rice	0.96	Vertical	600	Diesel	121	1,000		electric drive	
17	Rokn	2010	Rokn	n.a	Abu Khashba KM1	n.a	1	Rice	0.5	Vertical	500	Diesel	65	1,000	KSB	electric drive	
18	Daramally	2010	Daramally	n.a	Farsh el Gnaayn	n.a	3	Rice	1.0	Vertical	900/600	Electric	120	1,000		OK	
{West Kafr El Sheik}																	
1	El-Sath	1990	End of El-Sath Canal	600	Bahr Nashart Drain	n/a	1	Rice	0.96	Vertical	700	Diesel	125	1,000	Agrofill		
2	Domro	1990	Imtedad Shalma	400	Drain No. 8	n/a	1	Rice	0.96	Vertical	700	Diesel	125	1,000	Agrofill		
3	El-Msk	2005	End of El-Msk Canal	700	Drain No. 8	n/a	1	Rice	1	Vertical	600	Diesel	120	1,500	Willer	Electricity conversion due	
4	Dil Rewaina	2011	End of Dil Rewaina	300	Drain No. 8	n/a	1	Rice	0.5	Hydro-flow	300	Diesel	n/a	n/a	Hydro-flow		
5	Shalma	2005	Imtedad Shalma	1,000	Drain No. 8	n/a	2	Rice	2	Vertical	600	Diesel	120	2,800	Willer	Electricity conversion due	
6	Youssef Afandy	2005	End of Youssef Afandy canal	500	Drain No. 10	n/a	1	Rice	1	Vertical	600	Diesel	125	300	Willer		
7	El-Henawy	2005	El-Henawy Canal through a mesqa	500	Bahr Nashart Drain	n/a	1	Rice	1	Horizontal	650	Electric	n/a	n/a	KSB		
8	Shalma (addtl)	2012	Imtedad Shalma	1,000	Drain No. 8	n/a	2	Rice	2	Horizontal	650	Electric	n/a	n/a	Fahim Ragab	under Construction	
9	Um Dokhan	2012	End of Um Dokhan canal	600	Bahr Nashart Drain	n/a	1	Rice	1	Horizontal	600	Electric	n/a	n/a	Willer	under Construction	
10	Moftah	2012	End of Moftah Canal	500	Bahr Thanwat Drain	n/a	1	Rice	1	Horizontal	600	Electric	n/a	n/a	Fahim Ragab	under Construction	
11	Sath (addtl)	2012	End of El-Sath Canal	600	Bahr Nashart Drain	n/a	1	Rice	1	Horizontal	n/a	Electric	n/a	n/a	Agrofill	under Construction	
12	El-Khamseen	2011	End of Moheet Beishasha El-Gharby Canal	n/a	Salem Drain	n/a	1	Rice	1	Hydro-flow	600	Diesel	n/a	n/a	Hydro-flow	installed & operational	
13	El-Ghamria	2012	End of El-Ghamria Canal	n/a	Salem Drain	n/a	1	Rice	1	Hydro-flow	600	Diesel	n/a	n/a	Hydro-flow	Necessary actions for operation are ongoing	

Note: M. means "masraf" (= drainage canal), KM means Kilometer (distance from the beginning point). Source: Irrigation Department of Kafr el Sheik Governorate

(3) 灌漑用水源としての排水再利用量

県全体の排水再利用量の実数把握は現時点では困難である。その理由は、基幹ポンプ以外には運転記録がほとんどないためである。基幹再利用ポンプの運転記録、および排水路からの取水実績から概略の排水再利用量を求めると 669.5 MCM となる。この値には、エジプト全域で行われているエンジン駆動移動式小型ポンプの排水再利用量が入っていない。この小型ポンプは排水庁の取水許可は必要なく、農民が必要に応じて設置・運転しており、その実態の把握は困難である。水資源灌漑省カフルシェイク県東西灌漑局管理の 31 カ所のポンプの年間総揚水量は 108.5 MCM で、各ポンプ容量と年間最高運転時間 1,000 時間を持って推定した。(表 2.3.6 参照)

表 2.3.6 排水再利用量の推計

Name of Reuse Pump Station	Annual Amount (MCM)	Remarks
1. Hamoul PS:	95	
2. Zahara'a District	293	
3. Mix PS No. 11	173	
Total	561	
4. 31 PSs under ID	108.5	
5. Private Pump	N.A.	There are many private mobile pumps in the area. And no data are available as of now.
Grand Total	669.5	

Source: Basic figures are based on the report of "Rehabilitation of Water resources and Irrigation System of Kahr El Sheik, MWRI, 2012"

(4) 単位排水利用可能量

用水が不足する夏期は無降雨で、排水は全て灌漑用水から発生している。現地での排水路内の流速実測結果では、排水路内の排水の流速は 0.05 m/s から 0.2~0.3 m/s と変化している。下流にある排水機場の稼働時には排水路の水が引かれて流速が大きくなり、停止している場合は遅い。この様に排水機場の運転によって流速が大きく左右される排水路においては現地での流量観測は余り意味がない。従って、排水再利用可能量を求めるには、上述の排水機場の排水量実績から比流量を求めて、排水再利用ポンプ計画地点の排水面積から排水流量を算定した。

夏期には排水路沿いには多くの排水再利用ポンプが設置され、農民が必要に応じて排水を再利用している事を勘案すると、排水再利用の取水上の安全率を 0.7 と仮定して排水再利用可能量とした。農民の排水再利用に関しては、許可数も統計もない。

パイロットプロジェクト実施地区に関係する 4 機場の基幹排水機場の排水実績を解析すると、Zagholul 排水機場を除く 3 排水機場の実績比流量はほぼ同じような値を示しているので、ここでは平均値を取って、パイロット地区の排水再利用地点の計画比流量とする。排水量は冬期と夏期では大きく差があるが、用水の不足する水稻の代掻期 (5 月から 6 月) を対象に計画比流量を求め、夏期 (8 月) の比流量は参考値とした。すなわち、夏期の最大排水時の比流量で排水利用計画を策定すれば、多くの排水の流入が期待されるが、排水を再利用する観点からは排水流入量を過大に評価してしまう懸念があるからである。下表のうち計画単位排水量として 5 月の 0.131 lit/s/フェダンを採用した。

表 2.3.7 単位排水再利用可能量の算定

月	実績比流量	計画比流量
5月	0.188 lit/s/フェダン	0.131 lit/s/フェダン
6月	0.233 lit/s/フェダン	0.161 lit/s/フェダン
7月	0.252 lit/s/フェダン	0.176 lit/s/フェダン
8月	0.258 lit/s/フェダン	0.181 lit/s/フェダン

(5) 再利用可能量

排水の再利用可能量は、対象地区毎に排水面積や利用可能な排水路の位置等を考慮して算定する必要がある。本プロジェクトで実施したパイロットプロジェクトの対象 5 地区を事例に、取水対象排水路からの再利用可能量を算定した。計算条件は以下のとおりである。

1. 排水面積：1/50,000 地形図と現地確認にて図上にて面積を算定する。
2. 単位排水利用可能量：前項の検討から 0.131 lit/s/フェダンとする。

以下は各パイロット地区の排水再利用可能量である。排水面積に単位排水利用可能量を乗じて、排水再利用可能量が得られる。

表 2.3.8 排水再利用可能量の算定（パイロットプロジェクト地区）¹⁰

パイロット計画地点	排水面積(フェダン)	排水再利用可能量(m ³ /s)
E1	11,000	1.441
E4	2,110	0.500
W2	56,850	7.447
W4	11,300	1.480
W5	9,100	1.192

(出典) JICA 調査団

2.4 カフルシェイク県における排水の水質

2.4.1 排水の水質レベル

調査団は、2012年6月から2012年8月にかけて、各月1回の水質調査を行った。水質試験は、水質基準に含まれる項目とその他必要と思われる窒素などを対象とした。用水路と排水路の水質試験結果を添付資料に示す。

多くの灌漑水路では、灌漑開始月である6月の水質が最も悪く、7月及び8月には若干良好な水質結果が確認できた。排水路における主要な水質項目を、表 2.4.1 に示す。

¹⁰検討の結果、E4地区以外はいずれも、排水流域内の農地流出水で、ポンプ容量をまかなえる結果を得たが、E4地区では、排水流域内からの流出は 0.276 m³/s しか期待できない。E4地区の支線排水路は、約 800 m 下流（排水路の始点）に Drain No.7 という基幹排水路に合流している。ポンプが稼働すれば、基幹排水路の排水も利用可能であるので、この利用について水理計算（不等流計算）を行い、0.500 m³/s の取水が可能であれば良いことになった。

表 2.4.1 水質調査結果 (2012 年、排水)

Item		EC (ms/cm)	DO (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)
Water quality standards		4.0	-	1000	80	30
June	Min	0.5	0.1	10	20	9
	Max	6.5	3.6	717	97	36
July	Min	0.9	0.6	11	17	7
	Max	11.7	2.4	3.7	53	34
August	Min	0.8	0.1	7	14	6
	Max	7.7	3.2	646	106	28

(出典) JICA 調査団

この水質検査結果と Law48 の 65 条を比較した結果は以下のとおりである。

- 6 月調査時の灌漑用水路 1 ヶ所のみが DO の基準値を満たしていた。
- 灌漑期 3 ヶ月間において 75 サンプルのうち 32 サンプルが BOD の基準を満たしていた。
- 灌漑期 3 ヶ月間において 75 サンプルのうち 9 サンプルが COD の基準を満たしていた。
- 灌漑期 3 ヶ月間において 75 サンプルのうち 17 サンプルが大腸菌の基準を満たしていた。

2.4.2 汚染源と汚濁負荷量

前述のとおり、ナイル川河川水は、アスワンハイダムよりカイロ市街を流下し、デルタ南端に到達するまでに、BOD 値 1.2mg/l から 5.0mg/l へと汚濁が進んでいる。この汚濁は、カイロの人口集中による家庭污水及び工場排水等による汚濁が大きな原因となっている。また、カフルシェイク県内の排水路の主な汚染源は、工業排水、家庭排水、畜産排水、農業に由来する。また、その他の汚染源としては、家庭の生ゴミ、畜産し尿の不法投棄などが想定されるが、量及び地点が不明であることから、その定量化は困難である。カフルシェイク県全体を捉えた水質汚濁源の推定値を、表 2.4.2 に示す。

表 2.4.2 汚染源の種類と割合(BOD)

	畜産	農業	村落家庭	都市家庭	工業	合計
汚濁量(t/年)	13,200	14,850	20,350	2,750	3,850	55,000
割合(%)	24	27	37	5	7	100

(出典) ナイルデルタ地域農業用水水質改善・再利用プロジェクト準備調査 (案) JICA

2.4.3 汚染源としての廃棄物

カフルシェイク県内における一般ゴミ(都市ゴミ)の 1 日あたり排出量は 2,500 トン (SWEEP NET, 2010¹¹) (年間 912,000 トン) である。その一方、同県における家庭ゴミ排出量が年間 811,200 トンとされていることから、一般ゴミのほとんどが家庭ゴミであることがわかる。図 2.4.1 に示すように、この家庭ゴミのうち有機ゴミが 65%とゴミの大半を占めており、ゴミ問題の対策にあたっては、この有機ゴミ処理への対応が重要であることが伺われる。

その一方、県環境局への聞き取りによると、県内で収集・処分されるゴミはそのうち 1,600 トン/日程度であり、排出される都市ゴミのうち 900 トン (=2,500-1,600、全体の 36%) は回収・処理されていない。また、ゴミ処理場も 1 ヶ所設置されているが、未だ稼動していない。エジプト国全般で、一般ゴミの収集率は都市部で 40~90%、農村部で 0~40% (SWEEP NET, 2010)

¹¹ The Regional Solid Waste Exchange of Information and Expertise network in Mashreq and Maghreb countries (SWEEP NET), 2010, "Country Report on the Solid Waste Management, Egypt"

とされており、カフルシェイク県の農村部でもゴミの収集率は都市部よりも低い。調査団が2012年に実施した社会状況調査結果によると、対象地域では、ゴミを戸外に放置する、水路に放棄するというケースが多く見られる。

カフルシェイク県内にはゴミのリサイクル施設が3ヶ所存在するが、そのうち1ヶ所は県に施設利用料を支払っていないなどの理由により停止中であり、残り2ヶ所のベイラ工場とシディ・サレム工場が稼働している。前者は1日100トン、後者は1日30トンのゴミを処理している。シディ・サレム工場の場合、130トンの処理容量があるが、トラックなどのゴミ収集・運搬手段を有していないため、県から運搬されるゴミ30トン分しかリサイクルできていない（県環境局およびリサイクル工場への聞き取りによる）。すなわち、県内で排出されるゴミのうち、ごく少量のみがリサイクルされている状況である。

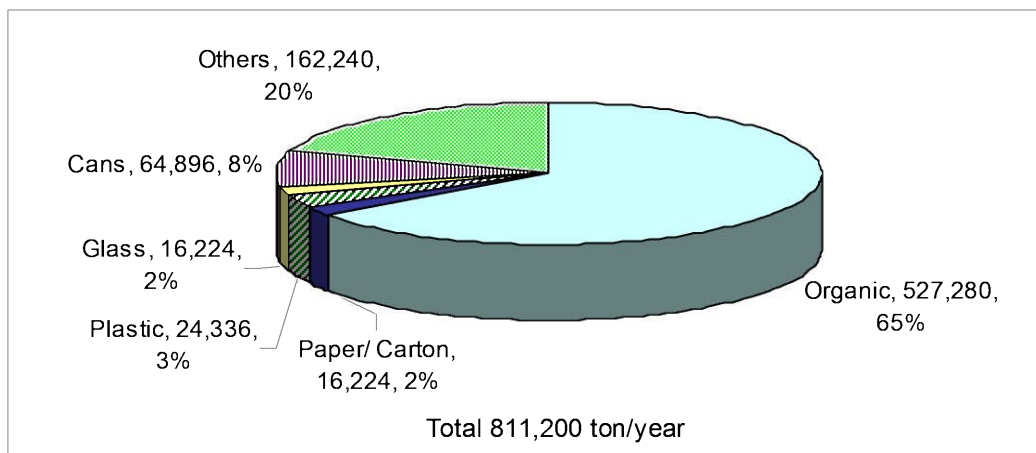


図 2.4.1 カフルシェイク県内の年間家庭ゴミ排出量（トン）

出典：カフルシェイク県「Kafr El Sheikh Governorate, "A study on the qualitative composition of the waste of Kafr El Sheikh governorate" (1996年、2011年更新)

このような状況に対し、カフルシェイク県内の IIIMP 対象地域の一部では、住民が自分たちで毎月数ポンド払うなどの有料のゴミ収集システムを確立し、水路にゴミを廃棄しないというルールを遵守している。しかし、一般的には、行政によるゴミ収集が十分に実施されておらず、住民側もゴミを処分する場所・手段がないという制約を抱えており、水路にゴミを投棄する以外に選択肢がないというのが実情である。

2.4.4 公共下水道及び集落排水処理

上述したように、カフルシェイク県の下水道整備率は、全体で44%の整備率で、都市部及び農村部の整備率は、各々100%及び35%となっている。都市部の下水道処理方式は、Activated sludge and oxidation ditches（活性汚泥法、OD法）79%、Waste stabilization ponds（汚水安定池法）11%、Trickling filters（散水ろ床法）5%、その他5%である。農村部の下水道処理方式は、ローコスト型として、UASB法、腐敗槽の改造なども想定されている。処理性能を考慮した上で、建設費が安価で維持管理が容易な処理方式の導入が必要である。

2.4.5 農業・畜産廃棄物の処理状況

一般的にワラ（稲わら、麦わら）は活用されずに焼却処理されているか、または、家畜の飼料、家庭の調理用燃料、有機肥料（堆肥）などとして有効利用されている。農家によっては家

畜糞（牛、水牛）を堆肥にして圃場に施用しており、家畜を所有していなくても家畜糞を購入している場合もある。家畜糞は圃場に施用するまで、水路沿いや圃場付近の家畜飼育場に長期間、野晒しで積み置かれている。水路沿いに積まれた家畜糞が崩れて水路に落下し、水質汚染の原因となっているところも見られる。

2014年より農業土地開拓省が推進する有機肥料の活用プロジェクト普及段階となり、農業普及員から農民への活動として、有機肥料について大学講師による講習会の実施、微生物資材など有機資材の使用説明および販売などが行われている。本プロジェクトで実施したパイロットプロジェクトの対象地区（E3 サイト）での聞き取り調査によると、農業普及所が推奨する有機資材を今年利用した農民は全体の 5%程度である。大多数の農民は化学肥料が有機肥料よりも有用性があると考えていると共に、一般的に保守的なことから、有機肥料の普及割合は低い。

第3章 カフルシェイク県の農業振興に向けての排水再利用の課題

対象県の現況調査を踏まえ、対象県の農業振興が抱える課題を、灌漑用水供給のための排水再利用の観点から整理する。農業振興への直接の制約要因の一つとして農業生産性の停滞の問題があげられる。農業生産性の要因を灌漑用水の不足の問題、そして不足を補う方法として排水の再利用の順に課題を整理する。排水再利用の課題は水質の課題に直結する。更に、排水の水質を保全して活用するための課題という順に整理していく。排水の水質保全と活用に係る課題は、水質保全のための施設整備の課題から、地域住民の関与に至る課題がある。

3.1 灌漑の観点からみた農業振興の課題

3.1.1 農業生産性の低下傾向

農業土地開拓省の統計によると、カフルシェイク県の主要作物の生産性は、近年低下している傾向にある。第2章 2.2.4 節の表 2.2.5 に示したように、カフルシェイク県の主要作物の最近年の単収は減少傾向にある。図 3.1.1 は、2004 年から 2008 年の平均単収を 1 とし、2009 年から 2013 年の平均単収を比較した図である。主要作物の全てで 2009 年から 2013 年の平均単収が低下していることが分かる。また、メイズを除く綿花、米という夏作の単収低下傾向が大きい。水不足の影響を大きく受ける夏作のみならず、冬作の単位収量も低下傾向にある。それゆえ、この傾向には様々な要因があると考えられるが、地域の農民から最もよく聞かれることは、夏場の厳しい水不足と灌漑用水の水質の問題である。

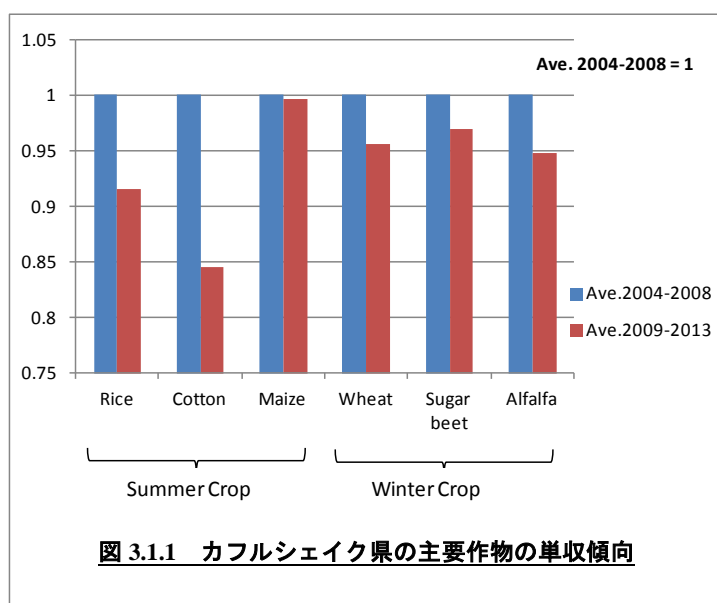


図 3.1.1 カフルシェイク県の主要作物の単収傾向

灌漑用水路（支線用水路）の末端で農地を耕作している農民は、灌漑用水が、水路の末端まで届かないことから、結局排水路の水のみを灌漑に用いなければならなくなるがあると述べており、更に水質の悪い排水は作物に被害をもたらすと不満を述べている。排水は、用水と混合して灌漑に用いることが前提であるが、灌漑用水が水路末端まで届く量が先細りすることにより、末端で排水の含有率が非常に高くなってしまふ現象を起こしている。結果として、水路末端の農民は、用水と混合しない水質の悪い排水を灌漑に用いることを強いられることになる。農民のこの不満からは、厳しい用水不足が、結果的に灌漑用水の水質悪化に拍車をかけていることが示唆される。

水不足のみならず水質の悪化は、農地の生産性に影響を及ぼし、農家の所得減につながる。特にエルハモウル郡においては、バハルテラ幹線用水路に、上流で既にガルビア幹線排水路からの排水を混合しており、混合される排水の水質悪化を受けて農民が農地を養殖池に転換するケースも出てきている。農地から養殖池への転換により、多量の用水が必要な夏作の作付面積が減少するだけでなく、エジプト国の主食の原料である小麦を含む冬作の作付も減少する。また地元農家の話では、水質の悪い地域では農産物への風評被害もあるという。水質を改善して作物の生産性や品質を維持することは、この地域の農業生産を確保するうえで非常に重要である。

3.1.2 灌漑用水の不足と対処策としての排水再利用

カフルシェイク県の用水不足は、主に水稻の穂バラミ期(8~9月)に現れる。幹線用水路ごとの水収支計算の結果では、灌漑ピーク時の9月に515.70 MCMの用水の不足が生じている計算になる。カフルシェイク県における主要灌漑幹線用水路の水収支分析の結果、これらの幹線水路では水収支においてほとんど同様の傾向を示している。すなわち、冬作期の1月および2月にわずかながら水不足が見られ、夏作期の7月から9月までの3ヶ月において顕著な水不足が発生している。

カフルシェイク県の農地は、灌漑用水路系統の最下流に位置している。この地理的条件が、特に夏期の水稲作付け期において、用水の不十分な供給という不利な条件をこの地域に与えている。デルタ地域に古くより張り巡らされた灌漑水路ネットワークの大きな変更を現在行うことは困難であり、本地域へのナイル河川水の供給の増量を望む余地はない。地下水は、一つの代替水源とみなされるが、カフルシェイク県下の地下水は塩分を多く含むため、灌漑には適さない。

このような状況下、利用可能な水源として排水の再利用に焦点が当てられている。排水の多くは、農地から暗渠排水システムや水田の排水溝を通して排出され、この排水は重金属等の有害な要素を含まないため、作物栽培に適する。水資源灌漑省は、そのような汚染度の低い排水の利用、いわゆる中間排水再利用を奨励している。

3.1.3 排水の水質汚染

エジプト国内の人口増加及び工業の発展により、ナイル川の水質汚濁は、進行しており、下流域となるデルタ地区においても水質汚濁は著しい。このことから、排水路の水質を改善する事は、排水再利用可能量を増加するために非常に重要である。排水再利用に関する水質上の課題は、以下のとおりである。

- 排水路に流入する有機質（BOD、COD、DO）の主要汚染源は、家庭排水および農業廃棄物である。
- 栄養素（N-NO₃、N-NH₄、TN、TP）の主要汚染源は、農業における化学肥料施用と生活排水である。
- 塩分（指標としてはEC）は、農地での土壌および帯水層にある塩分が、水分の蒸発散により集積され、塩分濃度の高い農業排水が排水路へ流出している。また、沿岸部に置いては、海水の影響を受け、塩分濃度が高くなっている。
- 病原菌を含む細菌類（全大腸菌群を指標とする）は主として生活排水を源としている。

前章で述べたように、排水路の主な汚染源は、工業排水、家庭排水、畜産排水、農業に由来するが、家庭の生ゴミ等の廃棄物の水路への投棄も水質悪化の原因となっている。カフルシェイク県全体を捉えた水質汚濁源は、前章に述べたように村落部の家庭排水が最大で37%であり、これに農業用水、畜産、工業排水、都市部の家庭排水と続く。これに対して、集落排水処理を施すことにより村落の家庭排水由来の汚濁負荷を90%削減し、また堆肥化処理施設の整備により農業廃棄物由来汚濁負荷の95%の削減が実現すれば、汚濁源のうち約6割を削減することが可能である。カイロなどの上流域での水質改善が同様に進めば、下流部での水質も改善される。

JICA 調査団が2012年に実施した社会状況調査結果によると、対象地域のゴミ処理の実態として、ゴミを戸外に放置する、水路に放棄するというケースが多く見られる。一般的に農村部では行政によるゴミ収集が十分に実施されておらず、住民側もゴミを処分する場所・手段がないという制約を抱えており、水路にゴミを投棄する以外に選択肢がないというのが実状である。

3.1.4 ガルビア幹線排水路の水質と再利用

下水処理場を整備することにより、排水路の水質が改善されることが想定されるが、下水処理場の運用が不適切であると、逆に多くの人口から集約した下水を、十分な処理がしないまま大量に排出することになる。この場合、排水路の水質は逆に悪化する。HCWW による下水処理場の運営維持管理が適切になされることは、排水再利用における大前提である。カフルシェイク県内で水質が最も悪化しており、この排水を灌漑用水路に混合しているガルビア幹線排水路の課題は、県内でも顕著な問題であるので、ここに詳述する。

ガルビア幹線排水路は、県の東部を流下している。本幹線排水路は、カフルシェイク県上流に接するガルビア県のタンタおよびマハラクブラという大都市からの下水を集め、ブルルス湖の東側から地中海へ放流している。カフルシェイク県のハモウル市の地点で、排水路はバハルテラ幹線用水路と交差している。ハモウル郡北部の新規開拓農地への灌漑用水を補填するため、ガルビア幹線排水路の排水をバハルテラ灌漑用水路に混合するハモウル混合揚水機場が 1960 年に建設された。その後、タンタ市およびマハラクブラ市の人口増大により、同排水路の水質は年々悪化している。2006 年の人口センサスから推定したタンタ市およびマハラクブラ市の 2014 年の人口は、各々 486 千人および 509 千人と推計される¹。下図は、DRIによる水質モニタリングデータである。この図から、ガルビア幹線排水路の水質が悪い状況が見て取れる。

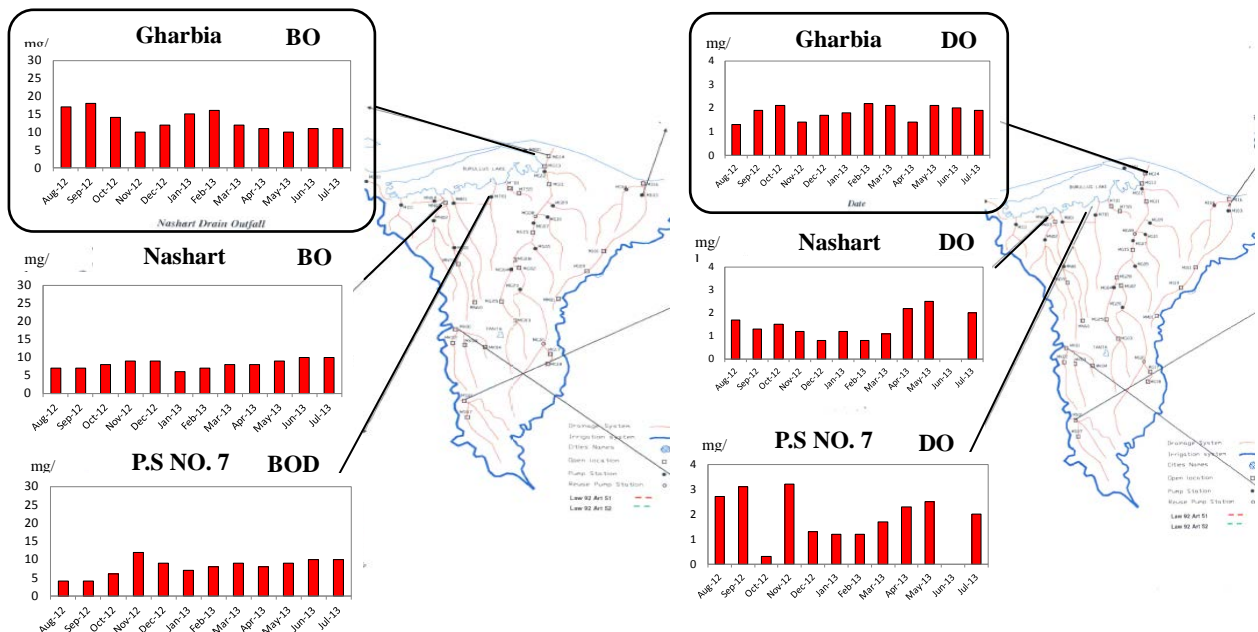


図 3.1.2 排水路の BOD および DO (2011/12 年) (Drainage Research Institute Year Book 2011/12, July 2013)

¹ タンタ市およびマハラクブラ市の 2006 年人口センサス時の人口は各々 422,854 人および 442,958 人であり、両市が位置するガルビア県の 2014 年の人口 (CAPMAS 推計) と対 2006 年の人口比 115%を適用して両市の 2014 年人口を推計した。

排水を混合した後のバハルテラ幹線用水路の下流部では、灌漑用水の水質悪化を被っている。作物生産性は低位であり、この地域に多く見られる農地の養殖池への転換を促進している。この地域の汚れた灌漑用水により作物の品質が落ち、または風評により、農産物の庭先価格が下落していると不満を述べる農家が見られる。カフルシェイク県内でこの地区が唯一、幹線用水路の上流側で排水が混合され、支線灌漑用水路の末端からではなく、用水路の上流から既に排水が混合された水が流れてくる地区となっている。

幹線排水路沿いには大小の村が存在し、小集落は、家屋から直接排水路に下水を、配管を通して排出している。大きな村落では、トラクターに牽引された汲み取りタンクが各世帯を回り、各世帯に設置されている腐敗槽（Septic Tank）から下水を汲み取ってガルビア幹線排水路に繋がる支線排水路に投棄している。しかし、汚濁負荷の規模を考えると、最大の水質悪化の原因は、幹線排水路上流に位置するマハラクブラ市の下水処理場（処理能力 90,000m³/日）が下水を十分に処理しないまま排出していることにある。



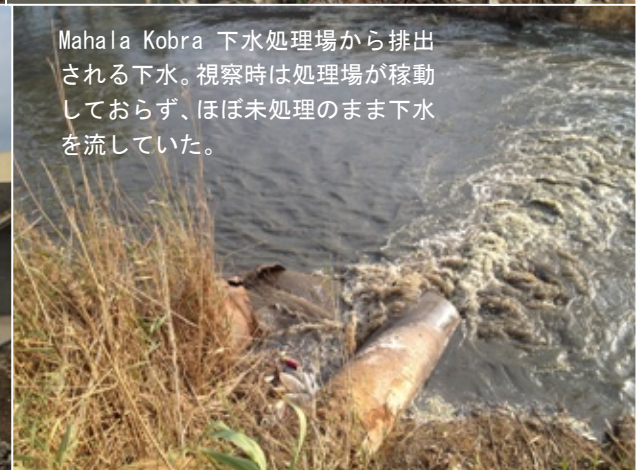
排水を水路に直接
流す集落



各世帯の Septic Tank から汲み取っ
た排水を水路に投機



Mahala Kobra 下水処理場：老朽化が激し
く、一部新規増設されているが革命後の混
乱で増設施設は未稼働とのこと



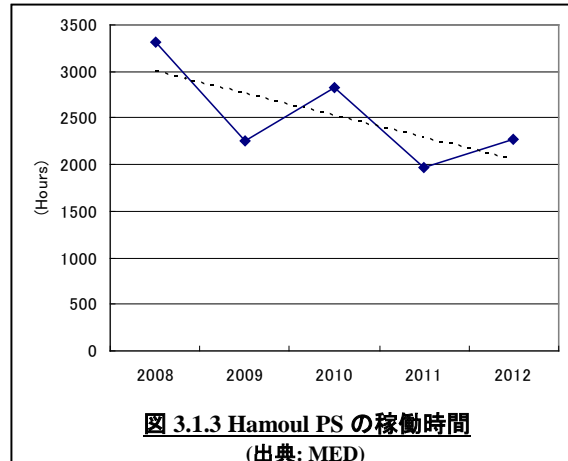
Mahala Kobra 下水処理場から排出
される下水。視察時は処理場が稼働
しておらず、ほぼ未処理のまま下水
を流していた。

マハラクブラ市は、綿の紡績工場等が操業しているデルタ内有数の工業都市であり、同市の下水処理場は、家庭排水と工業排水の処理を目的に 1982 年に建設され、同市と周辺の 8 村をカバーしている。現在は、人口増と施設の老朽化により、施設の処理能力が現在の必要処理量を下回っている。施設の稼働は午前 6 時から午後 2 時までで、その他の時間帯は未処理の排水をガルビア幹線排水路に流している。

これまでに同施設の改修および機能強化が、EU の IWASP で計画されたが、エジプトの政情不

安発生後、同プロジェクトの対象から外れてしまっている。現在、施設は 20 人の職員により運転されている。EU の改修計画では、職員の数を 150 人まで増員し、処理能力も 120,000m³/日に増大させる計画であった。更に工業排水を分離浄化する施設も建設中であったが、現在は工事が中断されている。この工業排水処理施設の処理水量は 45,000m³/日として計画されている。

ガルビア幹線排水路の排水は、ハモウル揚水機場（最大揚水量 10m³/s）でバハルテラ幹線用水路に注入され、同用水路下流の受益地 84,800feddan（35,600ha）への灌漑用水補給に充てられている。それゆえ、用水の水質悪化による作物への影響を防ぐため、ガルビア幹線排水路沿いの下水処理整備は緊急に必要である。図 3.1.3 は、ハモウル揚水機場における年間稼働時間を示している。図は近年揚水機場の稼働時間が減少傾向にあることを示唆する。所管の機械電気局（MED）職員によると、排水の水質が悪化しすぎて、排水を用水路に混合する揚水機場の稼働を一時的に停止しなければならない状況があるとのことである。



3.2 農村における住民組織の課題

農村においては、限られた水資源の利用効率の改善を目指した水利組合の組織化が進められている。また、農村で一般的に組織されている住民組織（CDA）でも、水環境を含む農村環境の悪化から、環境保全を目的とした活動にかかわる組織が出てきている。排水の灌漑への再利用を検討していくに当たり、こういった農村における住民組織の関与が重要となる。このため、農村住民組織における課題を整理しておく。

3.2.1 水利組合

(1) 農民組織の制約要因とイニシアティブ

メスカレベルの水利組合（WUA）の場合、灌漑排水法 No. 213 によって規定されており、灌漑改善事業への参加を契機に組織されることが多い。一方で支線水路の水利組合（BCWUA）の場合、組織の法的根拠は国会による審議を待っているところであり、省令によってその活動を規定しているが、BCWUA が組織されている地域であってもその活動内容は限定的に成らざる得ない状況である。

このように BCWUA の活動が限定されている中でも、第 2 章に事例を提示したように、いくつかの BCWUA では組合メンバーから活動費を徴収し活動を行っている。こうしたケースでは、水資源灌漑省からの特例許可を得ていたり、NGO 法の適用を行うことで銀行口座等の開設を可能にして活動を行っている。農業協同組合がメスカの維持管理に関与しているケースも第 2 章で述べたところである。

こうしたケースは非常に限られているといえるが、農民組織のイニシアティブにより、灌漑用水路の維持管理を行ったり、また住民によるゴミ収集を自主的に進めたりしている村もある。そのような活動を進める農民組織の存在は、他の村のモデルともなり、先進的な村への訪問活動（スタディツアー）を行う等により、他の村への学びの機会となる。

(2) 設立スタッフと農民とのコミュニケーション不足

組織設立に関わるスタッフと農民とのコミュニケーションにおいては、スタッフが組合の設立にあたり、ルーティンワークとして水利組合を設立し、単に農民への指示をするといったコミュニケーションの取り方をしていた場合、水利組合設立後の活発な活動の成否に影響を与える。また、組合設立に関わったスタッフが他の地域に異動した場合などは、組合のフォローアップ活動等にも影響が生じる。

(3) リーダー及び適切なリーダーシップの不在

活発な組合を作るためには、リーダーの存在が非常に重要となる。特に率先して寄付や活動費を賄うなどのリーダーシップを発揮できるリーダーがいる場合、概して活発な組合活動が行われる。例えば、IIIMP を通じて組織された Mesheer 灌漑水路のメスカ WUA では、組織立ち上げ当初は組合長が個人の費用を供出して、ポンプステーションの警備員兼オペレーターを雇用した。その後、メンバーがその必要性を徐々に理解するようになって、メンバー同士が費用を出し合うようになったという。

また、カフルシェイク県の BCWUA においても、定期的に会議の場を持ち、比較的活発な活動を行っている BCWUA では、ボードメンバーが富裕であり、組織の運営は彼らの個人負担金によってなされているという。こうした自ら行動を起こせるリーダーの存在により残りのメンバーも活動を行うようになり、組織が活発化すると言える。

(4) 組合にとっての取り組み課題、主要活動の明確化

組合が抱える問題の大きさもその組合の活動度合いに大きな影響を与えている。IIIMP のプロジェクトマネージャー経験者によれば、仮に水路の状況が非常に悪い場合、その地域の農民たちは自分たちでは何もできず、政府への要請や陳情を行うだけになってしまう。しかし、水路の状況がほどほどに悪い場合は、自分たちで行動を起こせば解決できるため、活発な活動をする組合が作られることが多いという。

本プロジェクトで実施した社会条件調査の結果においても、活発な活動を行っている水利組合の場合は、比較的大きな支線水路の組合であって、上流の農民と下流の農民の状況が大きく異なっており、支線水路内の意見調整や紛争解決といったことが主要な活動となっていた。一方で、支線水路レベルで水利組合が組織されているものの、実質的な活動を行っていない組合の場合、そもそも組合として行うべき活動や解決すべき問題が存在していなかったとも言える。カフルシェイク県の GDIAS スタッフによれば、活発な活動をしていない組合は、小さな水路の組合が多く、あまり大きな問題が発生していないとの意見も聞かれた。

3.2.2 環境改善に関わる農村住民

カフルシェイク県内の IIIMP の対象地域の一部では、住民が自分たちで毎月数ポンドを払うなどの有料のゴミ収集システムを確立し、水路にゴミを廃棄しないというルールを遵守している。いくつかの BCWUA では組合メンバーから活動費を徴収し活動を行っているケースが確認された。こうしたケースでは、水資源灌漑省からの特例許可を得ていたり、NGO 法の適用を行うことで銀行口座等の開設を可能にして活動を行っている。例えば、2006 年に IIIMP を通じて設立されたバハルネムラ支線水路組合では、メンバーから 30LE を集め、水路の浚渫を半年に一度実施しているという。その他にもこの水利組合では、メンバーでお金を出し合って清掃用車両を購入し、各家庭から毎月 2LE を集めてゴミ収集活動を行っている。こうした活動を行っている支線水路レベ

ルの水利組合は極めて限られてはいるが、このような事例が地域に存在していることは、他の地域住民にとっては学びを得る機会となる。

3.3 下水道整備に対する開発パートナーの関心と課題

第1章で述べたように、多くの開発パートナーが農村部を含む下水処理施設・集落排水処理施設の整備に関わっている。ここでは、他の開発パートナーの経験を踏まえた課題を整理しておく。

3.3.1 用地取得と法的規制

GIZのDWMPではカフルシェイク県の7村で集落排水処理施設を建設し、世界銀行のISSIPにおいても、集落排水処理施設の建設を進めようとしている。これらの事業関係者が一様に指摘することが施設建設の用地の確保である。人口密度の高いエジプト国の農村地域では、施設を建設するための用地確保が容易ではない。また、EIAをクリアーするために、臭気等の問題が懸念される集落排水処理施設の場合は、集落から500m以上施設を離して設置する必要があるが、エジプト農村では、これは大変厳しい条件である。

このような用地問題をクリアーする方策として、排水路沿いに通常設けられている管理用道路の地下に施設を埋設すること、あるいは公共用地である排水路敷の法面部分を活用することが考えられる。こういった用地は農村にある公共用地であり、地下埋設等により現状の道路としての機能を阻害せずに施設を建設できる。また、施設を地下に埋設することにより臭気の問題を解決できるため、EIAの要件を満たす可能性がある。

もうひとつの法的課題として、施設の所有権がある。現状のHCWWの方針では、小規模な集落排水処理施設については、所有権を持たないことになっており、このため、施設を地方行政組織や住民組織に移管する必要性が生じている。住民組織に施設の所有権を移管させるためには、任意組織ではなく、法的に登録された組織である必要がある。このため村の任意組合は、施設を法的に所有する資格を得るためにCDAとして組織化する必要がある。

3.3.2 集落排水処理施設の試み

HCWWは、これまで大規模な下水処理施設に下水のパイプラインをつなげて処理対象の居住区を連結していくクラスターアプローチを原則としてきた。ISSIPでは、このクラスターアプローチを取り入れながらも、これに代わる代替アプローチとして、村落に独立して集落排水処理施設を設置する分散システム（Decentralized System）と遠隔小集落用の腐敗槽の3つの代替アプローチを提案している。文さんシステムについては、HCWWとの粘り強い協議の末、カフルシェイク県では13の村落で実施に入っている。集落排水処理施設に関しては、これまでは多くのドナーによるパイロット的な施設設置が主流であった。ISSIPの実施等を通じて、HCWWも分散システムへの関与を始めつつある。集落排水処理施設の広域展開には、その施設規模等において以下の課題がある。

USAIDが支援して建設した砂濾過設備を用いた集落排水処理施設は、維持管理に係る要員が必要となり、一般住民による維持管理が困難となっていた。オランダの支援した簡易処理システムは、維持管理は容易であったが、処理水の水質が基準を超えてしまうという課題があった。集落排水処理施設に対するHCWWの関与は、大規模下水処理場と異なり、現行では技術支援までであり、施設の運営については住民組織の役割が非常に重要になる。このため、水質基準を満たし、かつ維持管理費用が高くなり過ぎず、運転も複雑でないことが、施設の設計上の課題となる。

調査団が実施した住民意向調査において、住民の下水処理料金の支払い意思については、LE10以下であれば農民の合意が得られることが可能であることが示唆されている。住民の支払い意思に見合う程度の金額で運営できる施設設計が求められる。

3.3.3 施設の維持管理

GIZが実施したDWMPで実施された集落排水処理施設から、以下の課題を抽出した。GIZの下水処理施設は、維持管理がほとんどかからないような設計になっている。その分、技術的に水質改善の目標が低くなっているように見受けられる。下水ポンプ場の運営維持管理はなされているが、処理施設の方は自浄作用に任せきりという感じである。これは、GIZの同プロジェクトに対する評価レポートにも記述されており、住民は自らの家の環境が改善されれば満足し、最終的な処理水の状況には関心がいかない、という報告がある。



一方で、メンテナンスフリーに近いような施設であることも、施設の荒廃要因ではないかと思われる。施設が完全にメンテナンスフリーになることはあり得ず、軽微といえども維持管理が必要になる。逆に軽微過ぎることが、住民が維持管理をしようという動機を減少させることにもなっているようにも思われた。軽微だから何もせずにおいてもよいだろうという具合である。また、設置する側も、軽微な作業負担だからと住民のボランティアに依拠するような想定をおいてしまう懸念もある。

むしろ、簡易でも定期的な維持管理・操作を必要とする施設にしたほうが、責任が明確になり、また操作しないことで運転上の問題が発生するので、ある程度の維持管理・操作の負荷があったほうがきちんとした運用がなされるのではないかとも思われる。ただし、そのような運営・操作には、責任者に応分の報酬を支払うことが前提になる。受益者から料金を徴収し、管理者に報酬を払っていくシステムの導入が大事である。逆に、「軽微だからボランティアに頼る」といった方向の方が、施設が荒廃するリスクが高くなるのではないかと考えられる。

3.4 課題の整理：問題系図

カフルシェイク県の農業振興における、灌漑への排水再利用の課題を要約すると、以下のとおりである。カフルシェイク県は、ナイル川最下流に位置するため、灌漑用水の配水では最も不利な地域にある。加えて、海岸も近く塩害のリスクも高く、この塩害防止対策も一要因として消費水量が他の作物に比べて多大な水稻の作付け割合が高い。コメの生産量は全国の20%を占める。このような要因から灌漑ピーク時の用水不足が深刻である。

灌漑改善事業の進展により、灌漑効率改善による水不足緩和も進められているが、慢性的な水不足対処には、追加の水供給が必要である。塩害の関係から代替水源としての地下水は望めず、排水の再利用が唯一の代替水源となる。しかしながら、年率2.2%という高い人口増加率に下水処

理施設整備が特に農村部において追いついておらず、カフルシェイク県上流にはマハラクブラ市などの工業都市やタンタ市など人口百万人規模の大都市も位置しており、排水の水質悪化の要因となっている。排水の水質悪化と共に、灌漑に再利用可能な排水の量も少なくなっている。これらの課題を図 3.4.1 および図 3.4.2 に整理した。

本調査の焦点: 灌漑用水の不足を排水の再利用の観点から検討すること



図 3.4.1 カフルシェイク県の農業振興と排水の再利用の観点から整理した問題系図

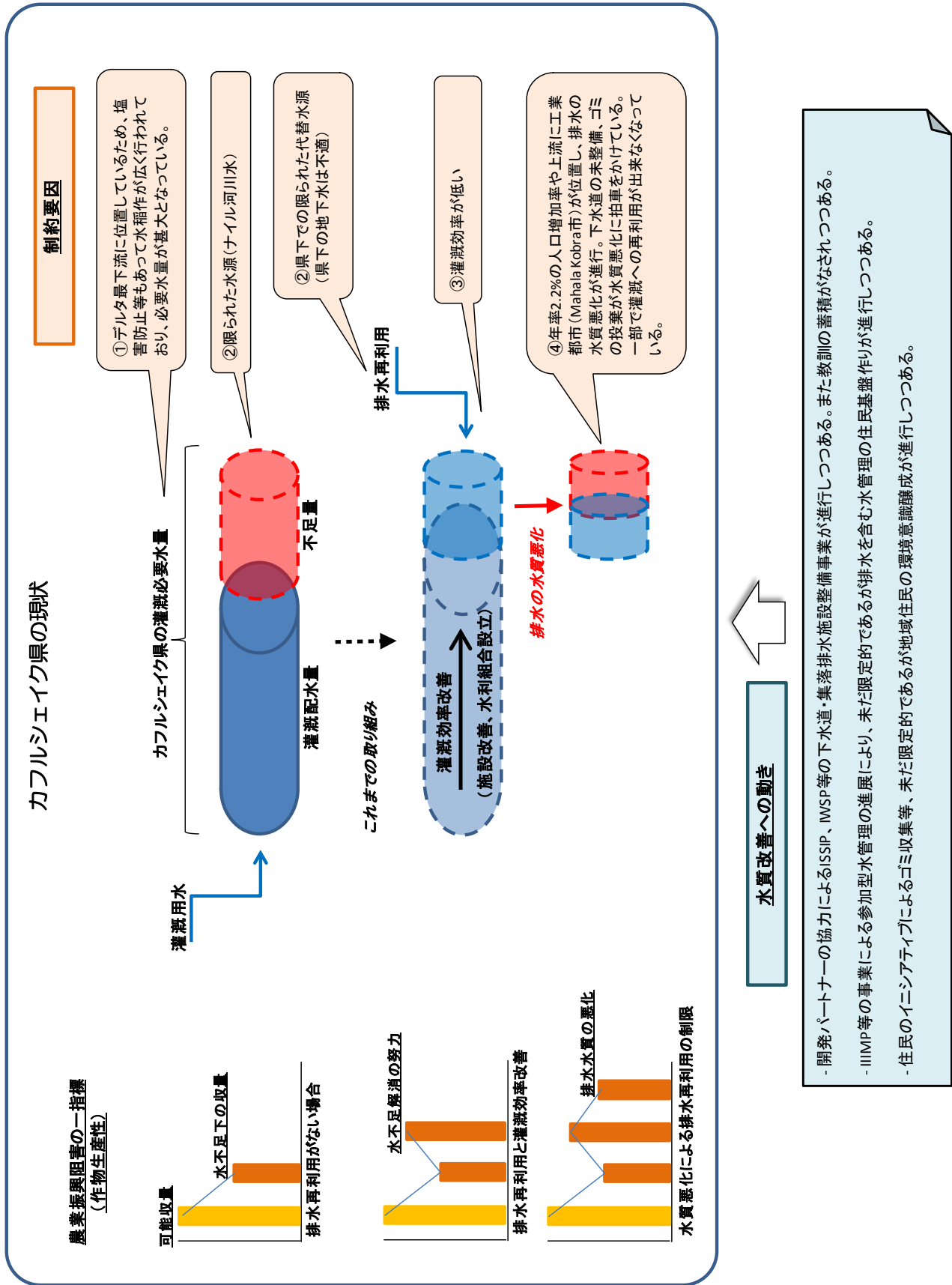


図 3.4.2 カフルシェイク県の排水再利用に関わる制約と機会

第4章 排水再利用計画

4.1 排水再利用計画の目的と策定手順

4.1.1 開発目的

「国家水資源計画（National Water Resources Plan 2017: NWRP 2017）」では、水需要の増加への対処として、地下水開発による新規水源探査、既耕地における節水に並んで、排水の再利用による水供給を掲げている。そのためには、未処理の工業排水及び生活排水の混入、家畜の糞尿の混入等の様々な原因によって悪化する排水の水質を保全・向上させ、農業用水として許容可能なレベルで再利用する方法の確立が必要となっている。

本プロジェクトは、中央デルタ最下流域のカフルシェイク県を直接の対象地域とし、排水の水質を保全しながら灌漑のための再利用を行って、慢性的な灌漑用水の不足を補い地域の農業振興に寄与する排水再利用計画を策定することを目的とする。本プロジェクトで策定される排水再利用計画は、類似した条件にあるナイルデルタ地域に展開可能な排水の水質保全、再利用の方法を提示することも目論まれる。

4.1.2 排水再利用計画の策定手順

前章にて、カフルシェイク県における、灌漑のための排水再利用をめぐる課題を整理した。次に国家政策との整合性を踏まえて、これら課題に対応するアプローチを整理し、それぞれのアプローチを実施に押し進めるための実施戦略を策定した。この実施戦略の具現化としてのプロジェクトにより構成される排水再利用計画（案）を策定した。この排水再利用計画(案)から、パイロットプロジェクトを計画して、本プロジェクトのフェーズ2で実施した。この実施過程で得られた情報や教訓から、排水再利用計画の策定プロセスを検証し、更にパイロットの成果や教訓を計画や実施体制に反映して、排水再利用計画を最終化した。

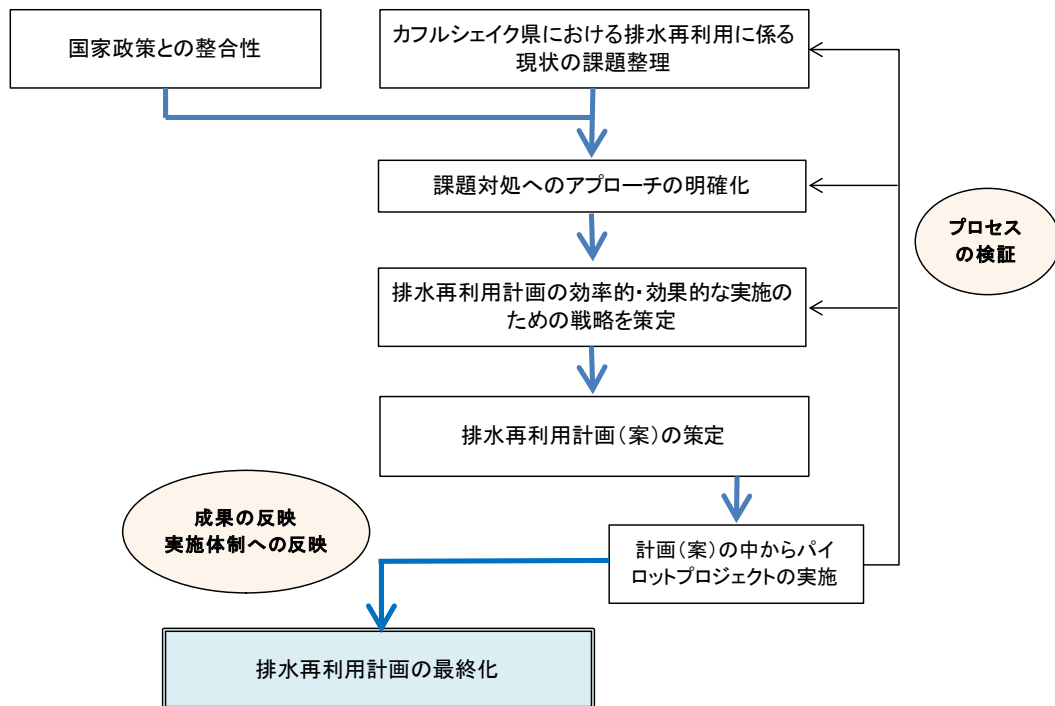


図 4.1.1 排水再利用計画の策定手順

4.2 排水再利用計画の骨子（フレームワーク）

前章にまとめた、カフルシェイク県における排水再利用の課題、および国家灌漑政策との整合性も踏まえ、排水再利用計画（マスタープラン）の基本アプローチを整理し、タイムフレームの下に排水再利用計画の実施戦略を設定する。この実施戦略に基づいて、排水再利用のためのプロジェクトを提案し、短期、および中・長期の対策として全体計画の中に位置づける。

4.2.1 国家政策との整合

水資源灌漑省と関係省庁は、自然環境を保護しながら持続的な資源の利用（表流水と地下水）を基礎にエジプトの社会経済開発を支援することを目的とした、「国家水資源計画2017年」(NWRP)を策定している。NWRPは、将来の水需要を国家の挑戦と認識し、この挑戦に立ち向かう2つのアプローチを打ち立てている。一つは、追加的水資源を開発すること、もう一つは、既存資源のより有効な利用、というものである。排水の再利用は、後者のアプローチに属する。

既存資源の有効な利用を進めるための方策として、排水の再利用量の増大が位置付けられている。NWRPにおける排水再利用増大の基本戦略は、「幹線排水路の排水の最適な用水との混合」と「中間排水の再利用」を進めていくという2つがある。また、NWRPでは、増大する灌漑用水の需要を踏まえて、排水との混合水の塩分の受容可能レベルを1,600ppmまでとすることを提示している。このためNWRPでは、排水再利用の増加に伴い、「排水の汚染レベルを制御していく」必要があることを指摘している。本排水再利用計画は、このNWRPの戦略に沿って策定する。

(1) 幹線排水路からの大規模な再利用

排水再利用には二つのレベルが規定されている。一つは大規模な再利用、もう一方は、中間排水再利用である。NWRPでは、排水の再利用は、灌漑用水と混合して利用することで灌漑用水ロスを軽減できると捉えている。NWRPは、幹線排水路から幹線用水路に排水を混合する大規模な排水再利用は既に実践されてきていることを説明し、一方で、都市や工場を汚水源とする排水の水質悪化が、混合地点より下流の水利用者に脅威を与えていることが認知されていることも説明している。また、過去に排水の水質悪化から、幾つかの幹線排水路の混合揚水機場が稼働を停止したことも紹介している。

それゆえNWRPでは、汚染負荷の軽減の必要性が唱えられており、その下での幹線排水路からの再利用が求められている。下表4.2.1および表4.2.2は、NWRPに示されているデルタ地域とカフシェイク県の排水再利用計画を整理したものである。本排水再利用計画は、この上位計画を適用する。カフルシェイク県では幹線排水路からの再利用は2007年レベルの維持が想定されている。

表 4.2.1 デルタ地域での排水再利用計画(NWRP)

Pump Stations	1997 MCM/yr	2007 MCM/yr	2017 MCM/yr
Eastern Delta	1,774	2,699	3,639
Middle Delta	808	2,659	3,159
Western Delta	637	1,070	1,670
Total	3,219	6,428	8,468

表 4.2.2 カフルシェイク県に掛かる幹線排水路の排水再利用計画 (NWRP)

Pump Stations	From drain	To canal	1997:MCM/yr	2007:MCM/yr	2017:MCM/yr
East Menufeya P.S.	Menufi	Bahr El Abbasy	57	57	57
Mahallet Ruh P.S.	Upper Gharbia	Meet Yazid	77	77	77
Hamoul P.S.	Gahrbia end	Tera, El Nil etc	390	390	390
Gharbia outfall	Gharbia end	Tera, El Nile etc	0	970	970
No.11 P.S.	No.11	El Nour + Abo	0	178	178
Nashart drain	Nashart	Ismiel	0	236	236
Total			524	1,908	1,908

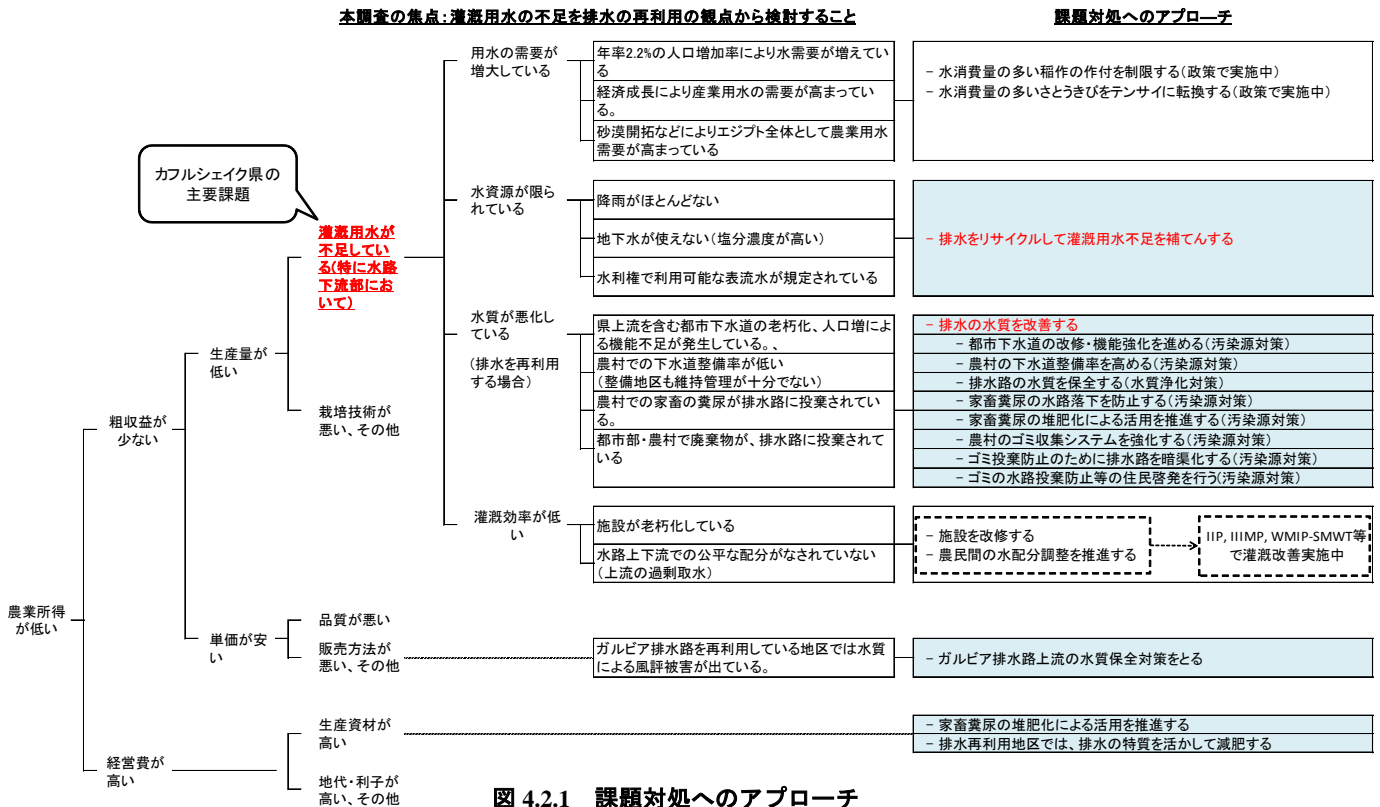
(2) 中間排水再利用

NWRP では、幹線排水路からの大規模な排水再利用の代案として、排水ネットワークの上流で、規模が小さく水質汚染がより少ない排水の再利用を提案している。この代案は、「中間排水再利用」と称され、水質汚染が進む前の（支線）排水路から灌漑水路へ排水を揚水するものである。NWRP では、更に粘土層が保護されていない、汚染に弱い地下水域での排水の慎重な再利用にも注意を向けている。

4.2.2 カフルシェイク県における課題対処へのアプローチ

カフルシェイク県の灌漑用水不足を主とする課題に対し、その対処アプローチを整理する。下図に課題に沿った対処アプローチを示す。灌漑用水の不足要因の一つは用水の需要増大である。用水の需要を抑制することが一つのアプローチとなるが、これは水消費量の多い稲作の作付制限やサトウキビのテンサイへの転換により政策として実施されている。水資源に限られている（代替水源がない）という課題に対しては、排水の再利用がこのアプローチとして位置づけられる。そして水質の悪化に関しては排水の再利用の脅威となることから、排水の水質改善が重要なアプローチとして位置づけられ、都市部および農村部での汚染源対策や水路での直接浄化等による対策が検討される。灌漑効率が悪いという課題には、施設の改修と農民間の水配分の調整がアプローチとして挙げられるが、これは灌漑改善事業（IIP）をはじめ、多くの取り組みがなされている。

これらのアプローチのうち、本排水再利用計画は、「排水の再利用の促進」と「排水の水質改善」が基本アプローチとなる。「排水の水質改善」においては、現状の課題に対応する形で、都市・農村の下水道整備、畜産廃棄物やゴミの排水路投棄防止といった「汚染源対策」、排水路内の「水質改善対策」が具体的な内容として挙げられる。一方、排水に含まれる窒素分の活用や水質改善のための家畜糞尿の汚染源対策が、農業振興における生産資材が高いという課題へのコスト低減になりうるものとして、付帯的アプローチとして本計画に位置づける。



4.2.3 灌漑のための排水水質管理・再利用戦略

カフルシェイク県の課題に沿って整理した対処アプローチを、効果的に実施につなげるための実施戦略を下記のとおり設定する。

(1) 水質保全対策と排水再利用施設を組み合わせた実施

灌漑への排水再利用計画は、水質悪化の未然防止（汚染源対策）→汚れた水の水質改善（水質浄化）→再生水の利用（排水のリサイクル）という言わば上流から下流に至る各地点での対策を組み合わせで計画する。排水の灌漑への再利用に許容可能な水質を保つには、汚水源対策が最も有効である。すなわち、汚染源の直下流や近傍で排水の水質を保全するという上流での対策が効果的かつコストを抑えられるといえる。この観点から、汚染源における水質保全対策を重視する。次に、汚染源から放流された排水の水質を、水路内で改善する対策を計画する。これらの水質保全対策を潜り抜けた最下流で、排水を灌漑に再利用するための揚水施設を設置するところまでが排水再利用計画の内容となる。

(2) 公共投資と利用者組織：ハード面とソフト面を組み合わせた実施

提案される施設は、水という公共財を扱うこと、また公益に資することから、基本的に公共投資により設置されるものと考えられるが、施設の供用においては、利用者の計画、運営維持管理への参加により計画の適切性および持続性を向上することを基本とする。施設の持続的な運営は、利用者がその施設を自らの生活に意義あるものと感じられることにより、より確保されるであろう。公共投資を行うことと同時に、利用者、すなわち対象村の居住者の組織化も、持続的な施設の運営維持管理のために重要な戦略として位置づける。施設計画の方針は、経済性と受益住民の能力を考慮して、受益者が継続的に関与しうるレベルの参加型運営管維持管理システムも計画に含める。

(3) 排水再利用の水質基準設定と水質モニタリングの活用

排水再利用を水質保全対策との組み合わせを考える場合には、水質条件を設定し、この条件に基づいて対処策を選定する。排水再利用を行うための水質条件は、Law48 に示される数値を遵守しなくてはならない。特に Law48 の Article61 には、健康被害に関する水質項目、Article62 には、灌漑面での基準値が示されており、これらを遵守する必要がある。これらのことから、排水の灌漑への再利用を行うサイト選定に当たっての必要条件は、下記のとおりである。

表 4.2.3 排水再利用における水質条件の設定

判定	水質条件	適用条件
水処理不要	Law48 に適合している	水処理無しで適用可能
水処理必要	EC ≤ 4ds/m、且つ、有害な重金属が含まれていない	集落排水処理施設、水路内浄化にて水処理後使用
再利用に不適	EC > 4ds/m、或いは、有害な重金属が含まれている	適用不可

①水処理不要なサイト

集落排水処理施設や水路内浄化等の水処理設備を必要としないのは、全ての水質基準が満たされているサイトである。

②水処理併用で選定可能なサイト

併用される水処理は、比較的安価で維持管理の容易な沈殿及びスクリーンなどの物理処理及び

生物処理によって除去可能な SS、BOD、COD が許容値を越えるサイトである。その様なサイトの場合には、今回の灌漑コンプレックスに含まれる水路内浄化施設及び集落排水処理設備による水処理を行う事により採用可能である。

③選定が困難なサイト

高価な水処理を必要とする水質項目が基準値を越えている場合には、その水質改善に多額の建設費及び維持管理費が必要となり、灌漑用水単価も高価となり、農業の採算性が確保できない。その水質項目は、重金属及び塩分濃度（EC）である。

重金属は、土壌への蓄積も懸念され食物を摂取する事により人体への健康被害も懸念される。重金属の処理には、高価な化学処理が必要となる。また、塩分濃度は、膜処理又は電気処理が必要であり、水の単価が非常に高価となる。塩分濃度軽減のためには、塩分遡上を防ぐための防潮ゲートが有効であるが、土壌への蓄積もあり、場所によっては、塩分濃度改善に長期間を要する。

水質条件の確認は、対象地区毎に行う必要があるが、水資源灌漑省が定期的実施している水質モニタリングデータを活用することも可能である。このようなモニタリングデータを活用して優先順位の設定に用いる等、対策の効率的・効果的な実施に資することも実施戦略の一つとして上げる。

(4) 排水の特質の営農への活用

排水の水質悪化が現状の課題として挙げられるものの、排水を再利用することによる利点を引き出すことも考えられる。排水には、作物の生育に有用な窒素も含まれるため、水質改善の指標（BOD や DO 等）を明確に設定し、作物生育に有用な窒素は除去しないような水質改善対策をとれば、化学肥料の節約等の営農改善につながる。このような排水の利点の活用、ということも実施戦略として上げる。

4.2.4 実施方法とプロジェクトの提案

上記実施戦略の主要な戦略である「対策の組み合わせ」と国家政策における「中間排水再利用」と「大規模排水再利用」を合わせて、効果的な対処策の実施方法とプロジェクトを提案する。「中間排水再利用」と「大規模排水再利用」に対し、各々「支線水路レベルでの水質保全対策＋再利用」と「幹線水路の上流から下流に至る広域に作用する事業の構築」という事業実施方針に分類し、プロジェクトを提案する。前者を「灌漑コンプレックス」と呼称し、後者を広域事業と呼称する（次節で詳述）。更に、排水再利用を効果的に促進するための「技術開発・基盤整備」として水質モニタリング活用強化の基盤整備や、営農改善技術の開発・普及を、排水再利用計画を構成するプロジェクトとして提案する。

表 4.2.4 実施戦略と国家政策を踏まえたプロジェクトの提案

実施戦略	国家政策	実施方法	プロジェクト
水質保全対策と再利用施設の組み合わせ ハードとソフトの組み合わせ	中間排水再利用	支線水路レベルの対策 (灌漑コンプレックス)	灌漑コンプレックス設立(集落排水処理施設、直接浄化施設、排水再利用ポンプ、堆肥化施設、住民組織化、環境キャンペーン)
	大規模排水再利用	広域事業	ガルビア排水路の水質保全、大規模再利用機場建設、排水路の暗渠化、
水質のモニタリングと排水の効果的活用	中間排水／大規模排水再利用	排水再利用促進のための技術開発・基盤整備	水質モニタリングの活用強化、排水を活用した営農技術改善

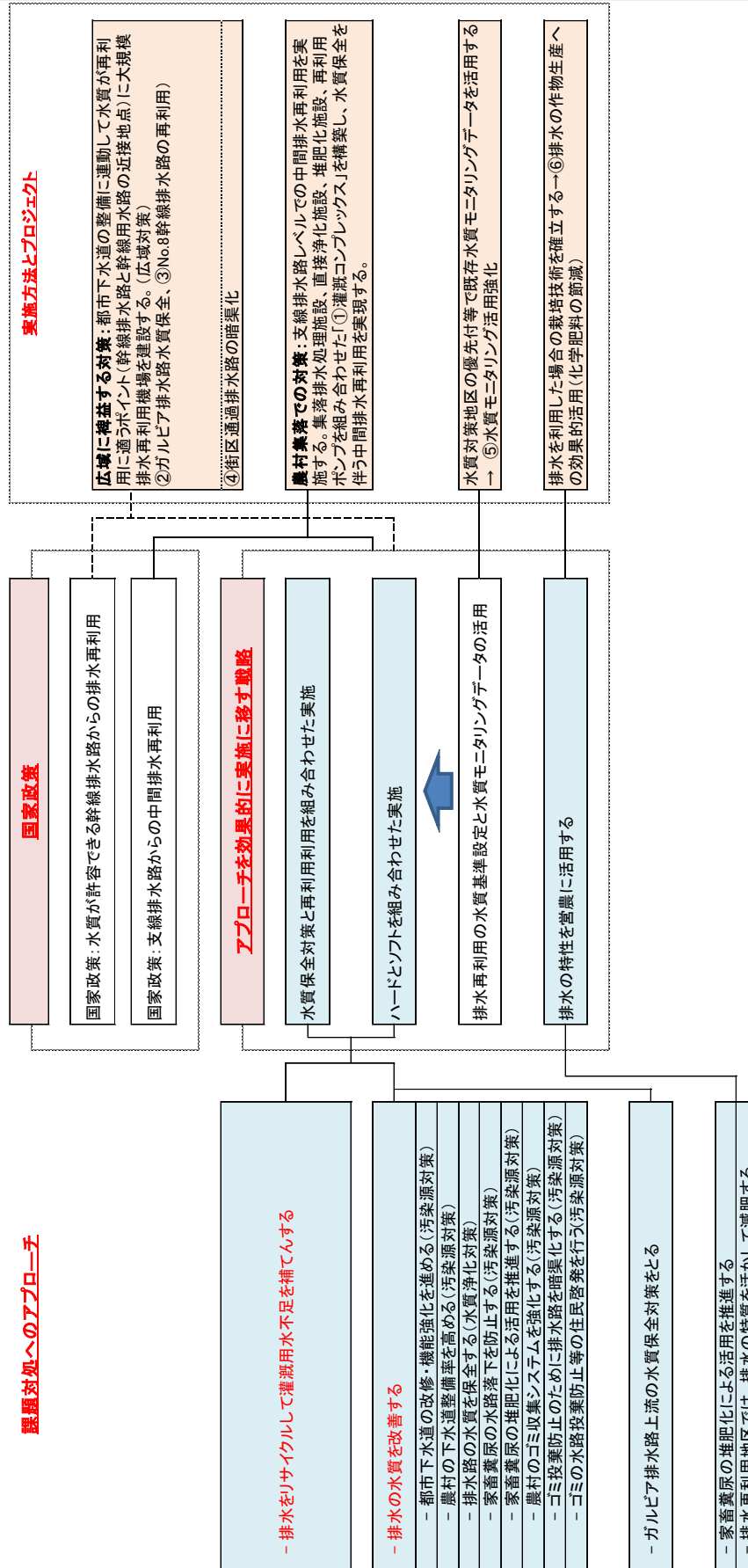


図 4.2.2 国家戦略および実施戦略を踏まえた排水再利用計画の提案

4.3 排水再利用計画の実施方策

提案された事業を実施していく方策として、本排水再利用計画では、農村地域での排水の水質保全と再利用を推進する方策として「灌漑コンプレックスの構築」という複数施設を組み合わせた事業の実施を提案する。また、地域の上下流に広く作用する事業を「広域事業」として提案する。本排水再利用計画は、この二つの類型のプロジェクトで実施を提案する。

4.3.1 水質保全と排水再利用のパッケージ：灌漑コンプレックス

水質保全を地域住民が自らの課題と認識して取り組み易くするためには、排水を汚す人と、その汚れた排水を利用する人との物理的な距離を縮めることが一つの方法として掲げられる。排水を汚す、あるいは排水を利用するという立場がいつでも逆転するような身近さがあれば、お互いのピアツーピア (peer-to-peer) でのプレッシャーが働くようになる。換言すれば、住民が一つの水環境地域に居住している者同士としての一体感を持つことができると考えられる。まず、この一つの区域として考えられる水環境空間の単位 (ユニット) を設定し、その単位毎にとりうる方策のパッケージを検討する。

水環境ユニットを考える場合、排水路の水質を悪化させている原因は、①地区内より直接排出される明確な要因 (集落からの生活排水、畜産廃棄物からの浸出水/直接投棄) と、②地区外からの要因 (上流部の産業排水による汚濁、肥料・農薬等による農業排水の汚濁) に区分できる。①に関しては、ポイントソース (点源汚濁負荷) であるため、狭い範囲で有効に取り除くことが可能であり、かつ水質改善には重要な項目である。これには、集落排水処理施設や農業廃棄物を有効活用するための施設整備などが想定される。

一方、②に関しては、汚濁原因の場所が特定できないため、排水路全体の水質改善 (排水路の直接浄化) を行うことが有効と考えられる。さらに、③水質改善された排水を再利用するための中間排水再利用施設 (ポンプ) を組み合わせることにより、地域資源の再利用システムを構築することとなる。また、これら施設整備に合わせて、地区住民に水質保全を促す環境意識醸成のための活動 (キャンペーンなど) を組み合わせることによって、各対策を有機的に関連づけたユニットとしての水環境改善のパッケージが出来上がる。

このようなパッケージを、水質改善・排水再利用のコンプレックス、「灌漑コンプレックス」と称して構築する。このパッケージを対象県に展開していく。灌漑コンプレックスの規模は村レベルの地方自治体 (ローカルユニット) が関与し得るよう、ローカルユニットの境界内で、水系 (支線水路レベル)、住民の近接性を考慮した範囲で設定を考えていく。

4.3.2 広域に作用する対策：広域事業

狭い範囲での水環境ユニットでの対策を上記のように検討するが、水を汚す人と、汚れた水を使う人との距離が遠隔になるようなケース、すなわち水系 (幹線水路レベル) の下流での便益を発生させるために、上流での汚染対策を施すような施作も必要となる。このように水系の上下流全体を見て広域に作用するような対策は、規模が比較的大きくなる傾向になると想定される。また、上流域に大きな町などが存在する場合は、町の規模に応じた対策が必要となる。このような大規模な都市下水処理場や、幹線排水路に大規模排水再利用揚水機場を設置するといった、施設建設・改修が下流域に広域に裨益する事業を「広域事業」と呼称する。

4.3.3 灌漑コンプレックスと広域事業の類型別の実施

「灌漑コンプレックス構築」と「広域事業」に区分により事業実施を計画する。灌漑コンプレックスは、支線灌漑用水路以下の空間で、近傍排水路から用水路の末端または中間で排水を用水路に混合する。そして近傍集落に集落排水処理施設を設置したり、排水路内に直接浄化施設を設置したりして排水の水質を保全する。灌漑コンプレックスは、用水路と排水路が近接する地点に施設群を構築するものであり、言わば点的な狭域での事業である。この点的な「灌漑コンプレックス」は、その設置数を増やしていくことで面的展開を行う。

「広域事業」は、優先的に実施すべき地域とコンポーネントを明確にして実施する。また、営農に関するプロジェクトは、基本的に灌漑コンプレックスの展開に伴って普及を図るが、試験結果を普及していくという観点から広域事業と位置付ける。灌漑コンプレックスの展開に伴走する形での展開を計画するが、実施主体が水資源灌漑省ではなく、農業土地開拓省となることから灌漑コンプレックスの枠外に位置づけた。

表 4.3.1 排水再利用計画の類型

類型	内容
灌漑コンプレックス	支線用水路以下の狭域で、用水路と排水路が近接する地点の周辺で構築する施設群のブロック。点的な事業の実施である。この点の数を増やして言って地域への面的展開を図る。
広域事業	大規模な施設の建設・改修を核とする事業で裨益面積が広域に亘る事業。

灌漑コンプレックスを形成する個々のコンポーネントは、実施地区の状況に応じて、それら全てまたは一部を組み合わせて実施される。広域事業のコンポーネントについては、各々単独での事業実施が可能である。

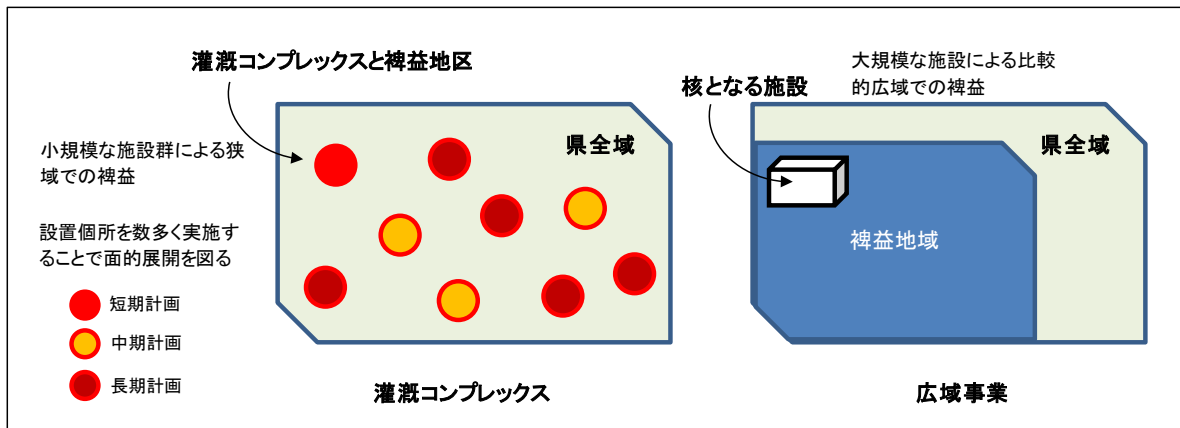


図 4.3.1 「灌漑コンプレックス」と「広域事業」の基本概念

4.3.4 排水再利用計画のタイムフレーム：短期および中・長期計画

本排水再利用計画は、短期計画を1年～3年、中期計画を3年～5年、および長期計画を5年～10年と定めて策定する。短期計画の主題は、本計画策定の過程で実施したパイロットプロジェクトの、支線レベルの水域での水質保全と排水再利用の活動のパッケージ、すなわち「灌漑コンプレックス」の設立を行い、「灌漑コンプレックス」展開の基礎を作ることである。まず本排水再利用計画で整理している事業実施候補地区のアセスメントを行い、フィージビリティスタディ (F/S) を実施して、事業実施可能地区の確定と優先順位を定める。この優先順位の下に、パイロットプ

プロジェクトで確立した事業実施手順に沿って事業を実施する。

灌漑コンプレックスの施設は、再利用ポンプ、直接浄化施設、集落排水処理施設、堆肥化施設等が含まれる。これらの施設設置は受益農民だけでは困難であるので、公共投資として実施されるが、受益農民は施設の持続的な使用のため、運営維持管理への参加を前提とする。こういった持続性の観点から、主要受益者となる水利組合の強化、また対象村落での環境啓発活動も、灌漑コンプレックス設立のコンポーネントとして組み合わせる。

中・長期段階においては上記 F/S の結果を基に、このパッケージの他地域への展開を計画・実施する。また、広域の流域に作用する広域事業を実施する。この広域の流域に作用する投資は、比較的大規模なものが想定されるが、こういった投資の効果発現や効率性向上のためのソフトコンポーネントも想定される。支線レベル水域でのパッケージの展開と、広域に作用する事業とを組み合わせ、中・長期計画を策定していく。

上述のように、排水再利用計画のコンポーネント、すなわちプロジェクトは、「灌漑コンプレックス」(番号 1) と「広域事業」(番号 2-4)、および「排水再利用促進のための技術開発・基盤整備」(番号 5、6) に分類される。表 4.3.2 および図 4.3.2 では、提案プロジェクトを排水路の上流での対策(汚染源対策)から中流での対策(水質浄化)、そして下流(再利用段階)での対策という順に並べてある。灌漑コンプレックスは、短期計画から F/S と共に適用可能なコンポーネントから実施し、中・長期に実施サイト数を増やしていく。比較的大規模投資を含む広域事業は、短期では、F/S を実施し、中・長期に事業実施に進む計画である。「排水再利用促進のための技術開発・基盤整備」は、灌漑コンプレックスと広域事業の実施に並行して進めることができる。下表に、プロジェクト毎の短期、および中・長期対策を整理する。

表 4.3.2 排水再利用のコンポーネントと短期および中・長期対策

番号	プロジェクト	短期	中・長期
1	灌漑コンプレックス設立	F/S および優先地区実施	県全域への面的展開
2	ガルビア排水路水質保全	F/S の実施	施設建設
3	排水再利用機場建設	F/S の実施	施設建設
4	排水路の暗渠化	県の要望により建設実施	県の要望により建設実施
5	水質モニタリング活用強化	既存システムのレビュー改善	活動の継続、M&E
6	排水を活用した営農技術	基礎調査及び試験圃場での実験	技術の確立、普及

区分	対象地域	プロジェクト No.	対策	関係機関と役割	タイムフレーム			
					短期計画 (1-3年)	中期計画 (3-5年)	長期計画 (5-10年)	
水質保全	広域対策	2	ガルビア幹線排水路からの排水再利用水の水質改善(ハモウル排水再利用ポンプ場の改修を含む)	水資源灌漑省(MWRI)及び住宅省(MHUU)による公共事業	(F/S)		↑	
			3	大規模排水再利用ポンプ場の建設(都市下水道処理場の拡張・増設と連携)	水資源灌漑省(MWRI)による公共事業(都市下水道処理場整備は住宅省(MHUU))	(F/S)		↑
		4	ボックスカルバートによる排水路暗渠化	県及び水資源灌漑省排水庁(EPADP)による公共事業	既に実施中、継続			↑
		5	広域的な水質モニタリングシステムの強化	水資源灌漑省排水研究所(MWRI-DRU)、環境庁(EAAA)、住宅省(MHUU)				↑
			環境啓発キャンペーンの推進 一住民・自治体活動	住民参加による活動 ゴミ収集システムの改善・構築		(灌漑コンプレックスの対象県での展開)		↑
水質浄化	点源対策としての灌漑コンプレックス	1	住民による集落排水処理施設	住民参加による活動 自治体(ローカルユニット)の関与			↑	
			農家による堆肥化施設	農家、農業普及員及び民間企業との連携			↑	
排水再利用	広域対策	6	水路の直接直接浄化システム	水資源灌漑省排水庁(EPADP)による公共事業 一維持管理に対する排水再利用組合の参加			↑	
			水路の植生浄化	水資源灌漑省排水庁(EPADP)による公共事業 一維持管理に対する排水再利用組合の参加			↑	
			排水再利用ポンプ施設の設置、改修	水資源灌漑省排水庁(EPADP)による建設 同省灌漑局による運転・維持管理 農民利用者組織への管理委譲を段階的に計画			↑	
			排水再利用ポンプ利用者組合の組織化(水利組合の強化)				↑	
			排水再利用の特徴を踏まえた営農推進(減肥、排水の減肥効果による化学肥料の削減)	農業開拓省(MALR)による試行、標準化及び普及	(調査、試行)		↑ (普及)	

図 4.3.2 排水再利用計画のコンポーネントとタイムフレーム

4.4 パイロットプロジェクトでの実証

本排水再利用計画は、現状調査に基づいてまず計画（案）を策定し、この計画案からパイロットプロジェクトを実施した。パイロットプロジェクトで得られた教訓を反映して、排水再利用計画は最終化された。本節では、計画反映に際してのパイロットプロジェクトの実施経緯、成果および教訓を整理しておく。

4.4.1 パイロットプロジェクトの実施経緯

パイロットプロジェクトは、フェーズ1にカフルシェイク県の東西の灌漑局・排水局との協議により 23 地区の候補地区を挙げてもらって現地調査を行い、「灌漑水が不足している」、「排水が灌漑に適用可能」、「排水路の水が灌漑期に潤沢にある」、「住民が排水を再利用する意思がある」といった選定基準を設け、下表および下図の 5 地区を最終的に選定して、パイロットプロジェクトを実施した（パイロットプロジェクトの実施経緯の詳細は Appendix J 参照）。

表 4.4.1 パイロットプロジェクト地区のコンポーネント

Code	Drain	Irrigation Canal	Component
Kafr El Sheikh East			
E-1	Farsh Al Ganaen	Marsa Al Gamal	Reuse pump (1.0m ³ /s), Strengthening WUA, Environmental Campaign
E-4	Mekhazan	Mekhazan	Reuse pump (0.5m ³ /s), Strengthening WUA, Environmental Campaign
Kafr El Sheikh West			
W-2	No. 11	Kbreet	Reuse pump (1.0m ³ /s), Strengthening WUA, Environmental Campaign
W-4	Faranon	El Karadwah	Reuse pump (0.5m ³ /s), Strengthening WUA, Environmental Campaign
W-5	Sandela	El Moheet El Gharby	Reuse pump (1.0m ³ /s), Rural Sewerage system (500 people), In-stream system, Compost yard, Strengthening WUA, Environmental Campaign

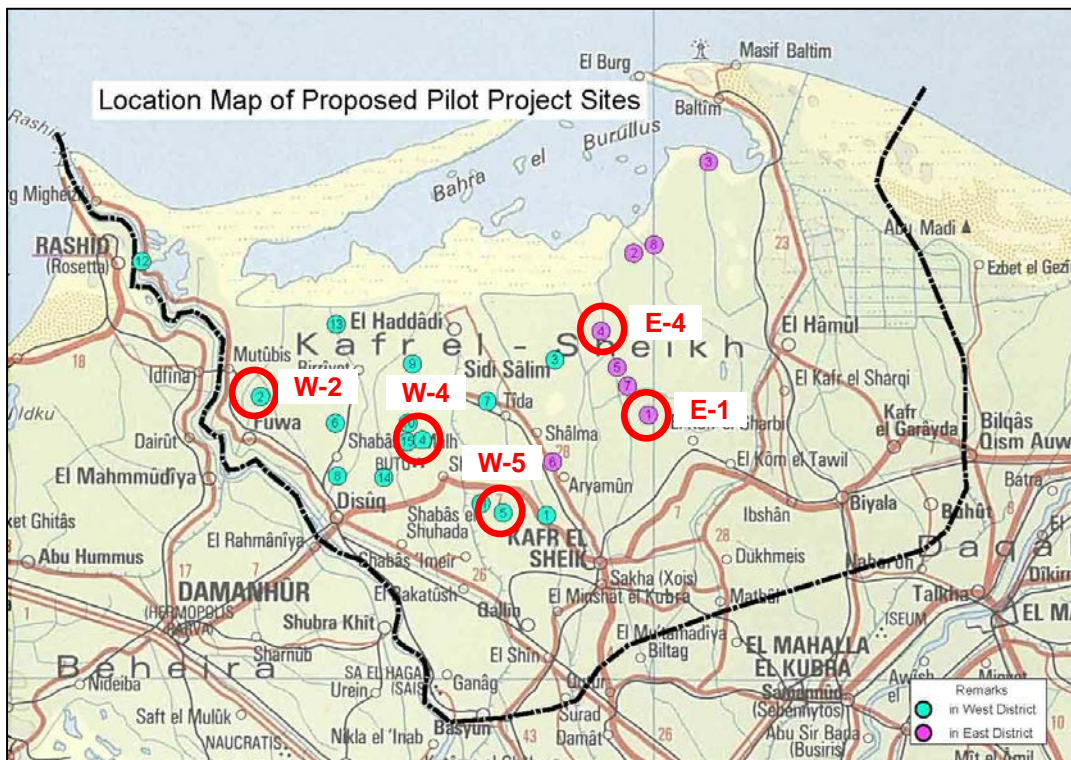


図 4.4.1 パイロットプロジェクトサイト位置図

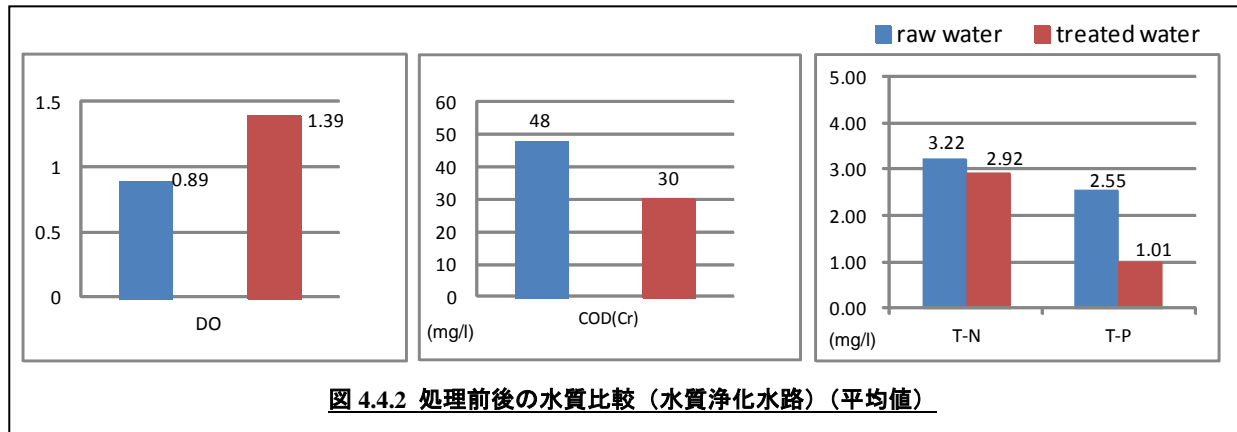
パイロットプロジェクトは、基本的に灌漑コンプレックスの設立プロジェクトとして実施した。

W5 地区では、灌漑コンプレックスの水質保全にかかる施設をフルに設置したが、他の 4 地区は排水再利用ポンプのみ設置を行い、ポンプ維持管理に関与する水利組合の強化および環境キャンペーン実施による環境啓発活動は全 5 地区で実施した。灌漑コンプレックスのコンポーネントは、次節 4.5.1 にて説明する。

4.4.2 パイロットプロジェクトの成果

パイロットプロジェクトで実施した水質保全施設の効果を整理する。対象施設は、W-5 地区排水路内の直接浄化施設および集落排水処理施設である。

直接浄化施設は、灌漑コンプレックスの一部として排水路内の直接的な水質浄化を行うものである。排水路内の有機物や栄養塩類等の汚濁負荷の軽減、および溶存酸素の向上などの水質改善効果が見込まれる。水質浄化水路による処理効果は、溶存酸素（DO）について平均 0.50 mg/l の上昇値、COD について平均 37%の除去率、全窒素（T-N）について平均 11%の除去率、全りん（T-P）について平均 45%の除去率が得られ、排水路の水質改善が認められた。



集落排水処理施設は、排水路沿いの集落からの家庭排水を集めて処理を行い、処理水を排水路へ放流する施設である。水質汚染源への対策であり、排水路の水質汚濁を未然に防ぐものである。従って、本施設により適切に集落からの家庭排水を処理することが、排水路の水質改善に寄与する。

W5 地区の集落排水処理施設の処理効果を図 4.4.3 に示す。原水は今回対象となるハムシーン村から流入する下水である。原水と処理水との比較において、COD について 85%、BOD について 99%と高い除去率が得られた。また処理水の濃度がそれぞれ COD : 60mg/l、BOD : 5mg/l と低く、良好な処理が行われていることが確認できる。

窒素・りんについては、全窒素（T-N）で 14%、全りん（T-P）で 43%の除去率が得られた。大腸菌群数（Total coliforms）や糞便性大腸菌群数（Fecal coliforms）についても、それぞれ処理水の値が 100 MPN/ml 以下と適正に処理が行われている。排水基準と比較すると、処理水の DO 値が若干基準値に満たなかったものの、その他の水質項目（COD、BOD、大腸菌群数、糞便性大腸菌群数）は基準値を満たしており、良好な処理水質であることが確認された。

本集落排水処理施設の対象水量は、30 m³/日と少量であるが、本施設を排水路沿いのその他の集落へと広域的に展開・整備することによって、排水路全体の水質改善が期待される。

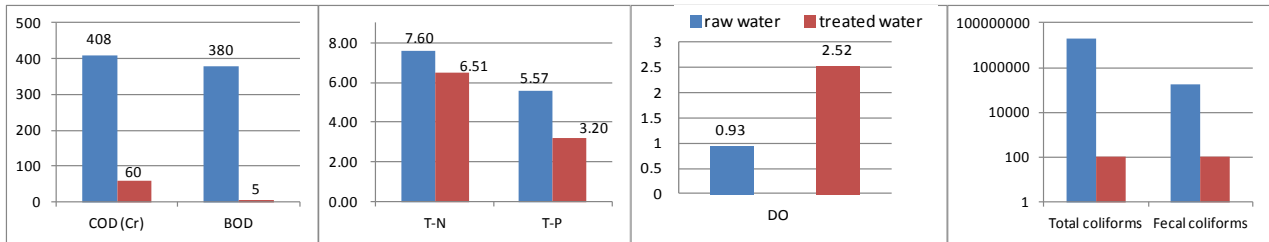


図 4.4.3 処理前後の水質比較（集落排水処理施設）

また、実施体制の構築として、これまで開水路の環境保全を直接的に担当する政府機関がなかったが、パイロットプロジェクトを通じて EPADP および県レベルの灌漑局・排水局関係者をを集めたワークショップを実施し、環境啓発活動については、排水局の DAS 及び灌漑局の GDIAS が中心となって実施していくことが確認された。DAS は排水セクターにおける暗渠排水の利用者に対する啓発活動等を行っており、GDIAS は灌漑セクターにおける水利組合を対象とした活動を行っている。どちらも農民を中心に活動しているため、地域住民を巻き込んだ環境啓発活動についても中心的な役割が果たせる。実際に、この DAS および GDIAS の参加による環境啓発活動をパイロットプロジェクトで実施され、彼らの活動の一部として環境啓発活動を認知された。

環境啓発活動実施にあたっては、宗教省、教育省（学校）、青少年・スポーツ省など様々な省庁に対して、環境への意識を高めるための協力を要請した。その結果、いずれも高い関心と理解を示し、非常に協力的であり環境キャンペーンの実施、イマムによる環境啓発、水路周辺の清掃活動などの実施が可能となった。本プロジェクトの実施により、これらの省庁の関係者の環境保全への意識向上に貢献したものと思われる。これら関係者との協力も、DAS および GDIAS が先導して進められることが期待される。

4.4.3 パイロットプロジェクトの実施により得られた教訓

(1) 組織体制及びプロジェクト実施体制における教訓

排水再利用計画の実施計画は、パイロット事業実施を通じて得られた教訓を活かして計画する。パイロット事業の実施にあたっては、中央レベルでの JSC による省庁間の合意と、それに基づく県およびサイトレベルでの様々な関係者との協調による実施体制を築いて事業を実施した。県、サイトレベルでは、地方レベルでの新たな関係機関も関与した。たとえば、学校での環境キャンペーン実施の際には、県教育省の積極的な協力が得られた。また、水資源灌漑省に属しているが、CP として位置付けられていなかった IAS (Irrigation Advisory Service) や Drainage Advisory Service (DAS) の職員が、学校での環境啓発活動に参加した。

排水再利用計画の実施にあたっては、排水庁のみならず様々な関係者が関与することになるので、こういった関係者間の調整が重要となる。下記にパイロット事業実施により得られた主要な教訓を整理する。これらは実施計画の基盤となるものである。

- 中央レベル：実施計画や実施体制につき、中央レベルでの JSC を設置して合意形成をおこない、定期的な進捗報告を行うことで、サイトでの課題に対する中央からの円滑な指示、対処を受けられるようにする。
- 県レベル：行政管轄の異なる施設の設置の際には、特に県レベルにおいて関係諸機関の間でプロトコルを締結することが不可欠である。プロトコルにより責任の所在が明確になり、関係諸機関の責任意識醸成にもつながる。また、この調整過程では、県庁の役割が重要に

なる。なお、調整役を担うのは、県の Secretary General である。

- 村レベル：施設維持管理等で新たな住民組織を作る場合は、行政最末端組織のローカルユニットのみならず、地元の既存 NGO 等経験を有する住民組織による支援が有効である。例えば、活動計画作り等の組織運営に係る支援を行うことが考えられる。また、環境活動等においては、既存組織が持つ資機材の提供や T-シャツや清掃用具といった必要資材を提供するといった支援が想定される。さらに、環境啓発活動では、村のイマムや小学校等地元根付いた関係者との協力も必要になる。このため、施設建設計画の早期の段階から地元 NGO 等の村の既存組織も含めたプロジェクトの説明会を行い、プロジェクトへの関与を促すことが重要である。
- 灌漑コンプレックスのコンセプトは新しいものであるため、政府職員および住民に対し時間をかけた説明が必要である。早期に関係者会議を、県庁を介して開催し、関係者の理解共有を早期から図っていくことが効果的である。
- 下流部の農家は上流部に比べれば利用可能な水が常に制限された状況で灌水管理することに慣れており、本当に十分な灌水方法を行えていないことが考えられる。今後、下流部の作物生産を改善していくためには、排水再利用ポンプの設置と共に、本当に適切な灌水量・灌水時期といった灌水方法の指導・是正、特に下流部の農家の意識改善を図る必要がある。

(2) 設計・施工における教訓

パイロットプロジェクトの実施に当たっては、日本の設計に基づき、ローカルの業者により施工した。その結果、想定以上に工期が必要となり、多くの課題を把握できた。下記に設計施工時点における教訓をとりまとめる。

- 各施設の設置場所については、用地確保が困難な事から、極力公共用地を利用する。今回のプロジェクトにおいては、ポンプ施設を灌漑水路内、集落排水処理施設を排水路管理用道路下、水路内浄化施設を排水路内へ計画し、用地取得の問題は回避した。
- 設計は、極力エジプト国内の技術水準に合わせ、外観もエジプト国内の構造物を参考に行う。従来技術から新技術へ進展させる事は重要であるが、円滑な導入と運用の継続性を高めるためには、従来技術を尊重した設計が必要である。
- 施設規模が、過大とならない様に配慮し、十分な協議を経て規模を決定する。特にパイロットプロジェクトという特性から、計画年次は数年先を見越して設定する事が必要である。
- 工事工程は、設計変更協議や検査/検収を含めて十分な工期を確保する。施工業者は、材料手配、労働者手配、資金調達等をその都度検討するために工程の変更が多く生じること、また、各関係者の承認手続きに要する日数と工事工程との兼ね合いを考慮する。
- 施工管理の主な内容は、工程管理・出来形管理・品質管理・原価管理・安全管理とされている。地元の施工業者の能力を把握して、施工全般において管理を行う、施工管理要員の配置が重要である。
- 工事完了後の引き渡しに際しては、関係者間の確認により、追加工事や改善が必要な事項が生じるものであり、こうしたプロセスを考慮して、工期・工事費に余裕を確保しておくことが必要である。

4.5 排水再利用計画の構成プロジェクト

4.5.1 プロジェクト1：灌漑コンプレックスの設立

(1) 灌漑コンプレックスのコンポーネント

灌漑コンプレックスを構築するコンポーネントは、全てあるいは幾つかの組み合わせで設置できる。コンポーネントの組み合わせは、対象地区の状況に依存する。各コンポーネントの内容を下記に述べる。

1) 集落排水処理施設

集落排水処理システムを導入することは、排水の水質の維持に寄与する。水質汚染の40%が下水によるものであるとの事実を考えると、集落排水処理施設は、水質保全に重要な役割を担うことになる。村落から排水路に流される下水の処理を行い、排水の水質を改善することを目的とする集落排水処理システムは、維持管理の容易さ、経済効率、水質改善レベル等を考慮して設計する。集落排水処理システムの規模は、一つのユニットで500人から1,000人をカバーする規模とする。500人以下は、汚水量も少なく、排水路へ与える影響も少ないことから、腐敗槽などの簡易処理で暫定的に整備し、他の事業を優先し、下水道事業を推進していく。また、1,000人以上は、住宅省及びHCWWにより公共下水道として計画的に進めるべきと考えられる。したがって、灌漑コンプレックスとして考慮する集落排水処理システムは、500人～1,000人を対象とする。

2) 直接浄化施設

直接浄化システムは、排水のDOおよびCOD値の改善を目的に、排水路内に設置する。施設は、エジプトにおける水質改善の一モデルとして展示することにより地域住民への啓蒙効果が得られる。施設は、沈殿槽、植物浄化槽、および接触充填剤を入れた爆気層からなる。

3) 農業畜産廃棄物処理／堆肥化施設

村では一般的に、家畜の糞は戸外の水路脇に積み上げられている。また、稲藁なども同様で、用排水路に直接落下し水質汚染の要因となっている。堆肥化施設は、水路脇に設置し、家畜の糞尿や稲藁などが水路に落下することや地下浸透を防ぐことを目的に設置する。また、堆肥化施設で作成された堆肥は、肥料としての利益を創出する。

4) 排水再利用ポンプ

排水再利用ポンプは、浄化施設の下流側への設置が計画される。排水再利用ポンプのデザインは、これまでエジプトで設置されてきたポンプ場と基本的に同じである。排水再利用ポンプの設置で、水質が改善された排水の再利用を促進する。

5) 利用者の組織化

上述の施設の運営維持管理を通じて、施設利用者の住民組織の設立・機能強化を行う。施設の所有権は、基本的に政府に帰属することを前提とする。その理由として、施設は公共用地を用いて建設されていること、さらに住民組織が所有権を持った場合、政府が関与することが難しく、施設の修理や改修が必要になった際に政府の支援を受けられない可能性が高いためである。排水再利用ポンプおよび直接浄化施設は水資源灌漑省、集落排水処理施設および堆肥化施設はローカルユニットの所有となる。住民組織は、これらの施設の運営・維持管理に参画する計画である。このため、既存組織がない地区では、新規組織化を行い、既存組織がある地区では、既存組織の

機能強化を図ることとなる。施設別の所有権と利用組織の形態を下表にまとめる。

表 4.5.1 施設別所有権と利用者組織の形態

施設	所有権	運営・維持管理に関わる利用者組織
集落排水処理施設	ローカルユニット	受益村の既存 CDA あるいは新規 CDA 設立
農業畜産廃棄物処理／堆肥化施設	ローカルユニット	
直接浄化施設	水資源灌漑省（排水局）	排水再利用ポンプ委員会（既存水利組合の有無により形態が若干異なる。）
排水再利用ポンプ	水資源灌漑省（灌漑局）	

集落排水処理施設や農業畜産廃棄物処理／堆肥化施設は、基本的に村の CDA が関与することとする。CDA がない村では、NGO 法に則って住民による CDA 設立を支援する。排水再利用にあたっては、当該地域の農民が直接の受益者となることから、水利組合の機能強化が重要な要素となる。とりわけ、排水再利用ポンプ設置が予定される支線水路を取りまとめる BCWUA の役割が非常に大きいといえる。実際、水資源灌漑省は国家水資源計画において水利組合の重要性を述べており、今後の方針としてこれまで政府が担ってきた施設の維持管理を水利組合に移管していくことを明確に述べている。水資源灌漑省は、IIIMP（世銀等）や SWMT（JICA）といった開発パートナーの支援による灌漑改善事業も通じて、この方針の具体的取り組みを進めている。つまり将来的には排水再利用に係る施設の維持管理も BCWUA が担うことが理想的である。

このように、将来的には灌漑支線水路全てに BCWUA が設立されて、排水再利用も含めた水管理を BCWUA が担うことを前提に、排水再利用ポンプ委員会を設置する。但し、現状では BCWUA が設立されていない地区、メスカレベルの WUA のみ設立されている地区といった既存組織の差異があるので、それぞれの場合の利用者組織設立・機能強化方針を下表にまとめる。

表 4.5.2 排水再利用ポンプ委員会設立・機能強化の基本方針

項目	BCWUA 有り	メスカ WUA のみ	水利組合なし
組織化	排水再利用ポンプ利用者グループを組合内に設立	メスカ WUA の代表者を集めて、排水再利用ポンプ利用者グループを設立	地域の有力者を特定し、排水再利用ポンプ利用者組合を設立
組合の主な役割	・ポンプの警備、清掃 ・運転スケジュールの話し合い	・ポンプの警備、清掃 ・運転スケジュールの話し合い	・ポンプの警備、清掃 ・運転スケジュールの話し合い
政府の主な役割	・運転員配置と運転行為、動力費負担、保守点検・修理及び経費負担	・運転員配置と運転行為、動力費負担、保守点検・修理及び経費負担	・運転員配置と運転行為、動力費負担、保守点検・修理及び経費負担
組合機能強化	・水質保全に対する問題意識の醸成、活動の実施（清掃キャンペーンの実施等） ・将来の維持管理の移管に向けたトレーニングの実施	・排水再利用ポンプの維持管理を通じた組織の活動の明確化 ・水質保全に対する問題意識の醸成、活動の実施	・排水再利用ポンプの維持管理を通じた組織の活動の明確化 ・水質保全に対する問題意識の醸成、活動の実施
その他	—	将来的には、本排水再利用ポンプグループが BCWUA の母体あるいは、一部となりうる。	将来的には、本排水再利用ポンプグループが BCWUA の母体あるいは、一部となりうる。

農民組織、とりわけ水利組合に関しては、その課題を 3 章にて述べているが、各々の課題についての事業実施のためのアプローチを下表に整理する。

表 4.5.3 支線水路水利組合に係る主な課題/懸念事項と取り組みアプローチ

主な課題/ 懸念事項	取り組み
法的根拠の不在	<ul style="list-style-type: none"> ・ アンダーセクレタリーによる活動の承認 ・ 法改正後の活動に向けた体制の準備
設立スタッフと農民とのコミュニケーション不足	<ul style="list-style-type: none"> ・ 組合設立に係るスタッフのトレーニング ・ 灌漑インスペクターや排水インスペクターといった多様な関係者を巻き込みながらの組合立ち上げ
リーダー及び適切なリーダーシップの不在	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地元有力者、宗教関係者、篤農家といった人材の発掘 ・ また、これらの人材を核とした組織の設立
組合にとっての取り組み課題、主要活動の明確化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 組織立ち上げにあたっての活動の明確化 ・ 主要課題、問題意識の醸成

一部の支線水路レベルの水利組合では、組合メンバーから集金し組合活動を行っている事例も確認されている。現時点で取りうる現実的な取り組みとしては、将来の法改正成立後の活動を見据え、排水再利用や水質保全活動に関する委員会を BCWUA 内部に作るといったことや、将来の組合の母体となるような農民グループを作って活動するといったことが考えられる。

6) 環境キャンペーン

灌漑コンプレックス設立においては、環境キャンペーンといったコンポーネントも組み込む。既に述べたように、対象地域では水路へのゴミ投棄が課題となっており、住民に対する環境保全への啓発が重要となっている。環境啓発活動は様々な方法があるであろうが、どのような活動をするかは、対象地区の状況に応じてプログラムされる。

一つの方法として、住民のゴミ処理に関する理解を深めるには、すでに活動的な組織をもち、適正なゴミ処理や水路の清掃を展開している地区を視察することが効果的である。これに基づき、自分たちに何ができるか、環境保全のためにどの程度のコスト負担が可能かなど検討し、自分たちの活動内容を策定できれば、現実的かつ持続的な活動を展開することができる。

IIIMP の対象地域に位置するマフロザ東、マフロザ西 BCWUA や JICA の水管理改善プロジェクト (WMIP) フェーズ 2 のエルラシュエルガルビ BCWUA などは、NGO と契約し、各世帯がゴミ収集費を 1 ヶ月に 2~3 ポンド負担することにより、定期的なゴミ収集を行っている。また、同じく IIIMP のバハルネムラ BCWUA では自分たちでゴミ収集車を購入してゴミ収集を行っている。これらの先進地区を対象地域の住民が訪問し、各家庭に負担可能な範囲でゴミ収集システムを構築することが、対応策として考えられる。

また、各家庭でゴミを分別することにより、ゴミ収集・処分にかかる人件費や運搬費の軽減を図ることが可能である。家庭からの生ゴミは可能な限り堆肥化することで、ゴミ排出量そのものを削減できる一方、農業生産性の向上にも寄与できる。また、ペットボトルやカン、ダンボールなどについては、カフルシェイク県内のリサイクル工場を巻き込んでリサイクルを促進するなど、各段階でゴミ排出量を削減するシステムが必要である。これに加え、行政（県）に対しても、ゴミ収集に際し、NGO やリサイクル工場と住民間の橋渡し役を務めてもらうことが期待される。

環境啓発活動の実施には様々な分野の関係者を巻き込む必要がある。本パイロットプロジェクトでは、水資源灌漑省だけでなく、ローカルユニット、宗教省、青少年・スポーツ省、教育省が環境啓発活動に関与した。各サイトで、イマーム（聖職者）は、毎週金曜日、モスクにて環境意識を高めるためのスピーチを行っている。また、W-5 サイト（サンデラ村）では、青年会（Youth Society）が水路沿いの清掃活動を実施したところ、これが契機となってローカルユニットがゴミ

収集を開始することとなった。水路の水質悪化は、技術的問題に加え倫理感や教育に関係するものであり、環境啓発の拡大には水資源灌漑省を含め多様なセクターの協力・参加が必要である。

7) その他の可能性のあるコンポーネント：暗渠排水からの再利用

デルタ地方では、圃場内暗渠排水の設置が進んでいるが、暗渠排水の設置の際、水閘、集水レーンを併せて設置することを提案できる。圃場内の小暗渠排水管は圃場の地下水を集めて基幹暗渠排水管に連結し、開渠の排水路へ排出される。この排水の塩分濃度に問題なければ、汚濁された排水路に落ちて汚濁が進む前に再利用することが考えられる。このために集水して下流で再利用するためのレーンを設置することが考えられる。また、農家がこの排出口からの排水を、水閘設置により制御できれば、農地の土壌水分を保持するために農地の地下水位を制御することもできる。これも一つの灌漑用水の再利用方法である。



暗渠排水路からの排水

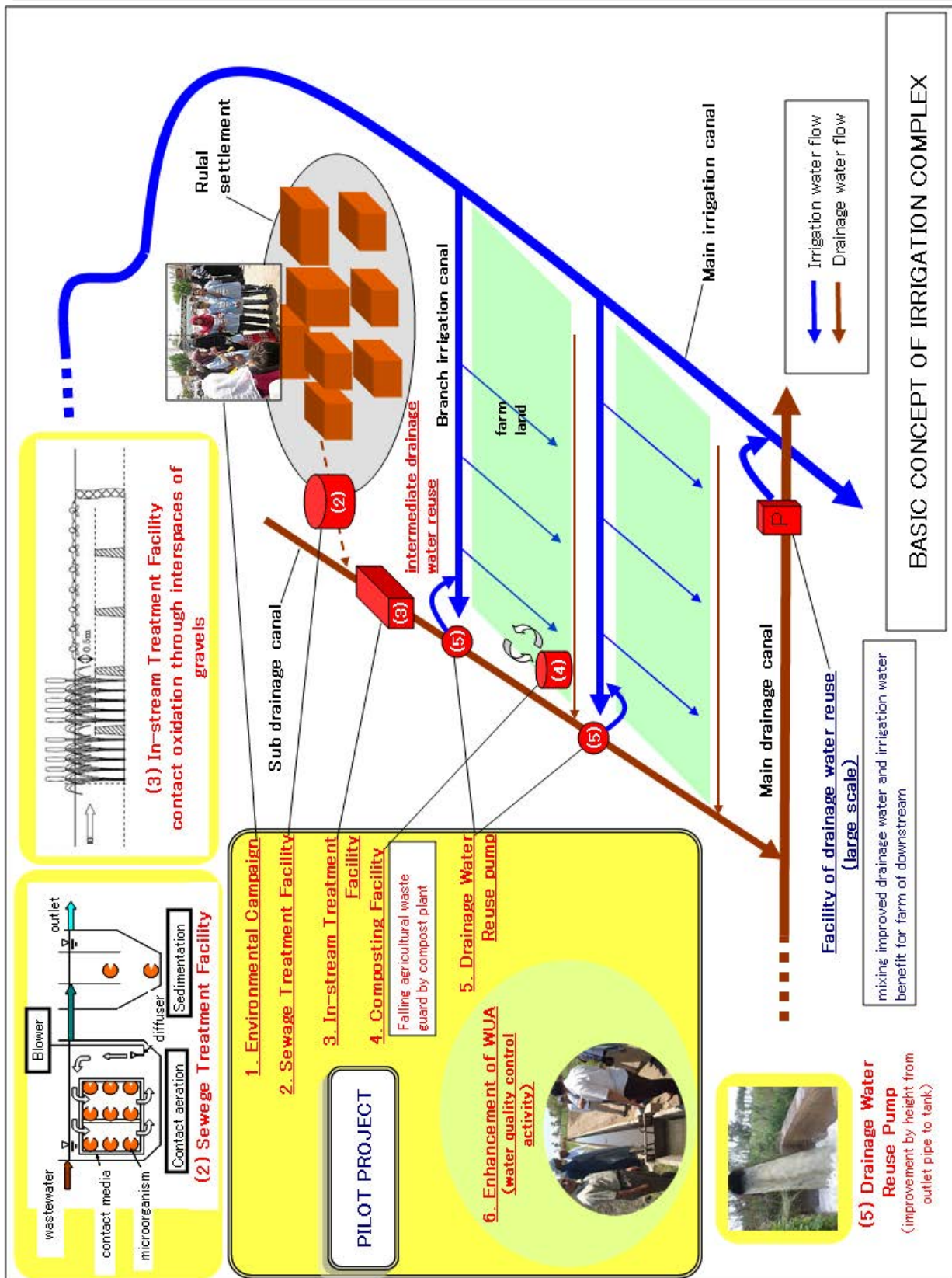


図 4.5.1 「灌漑コンプレックス」の概要図

(2) パイロット事業サイトの活用による実施

灌漑コンプレックス設立のパイロットプロジェクトをマスタープラン策定期間中に実施し、カフルシェイク市近郊に展示した。このパイロットを通じて、農民の運営維持管理への参加による公共投資のシステムを設計した。排水再利用計画における短期計画のポイントは、灌漑コンプレックスのパイロットをフルスケールで実施していく端緒を開くことである。短期計画においては、関係機関によるパイロットの継続的なモニタリングも実施し、施設の運営維持管理の受益者参加を促進も実施する。パイロットプロジェクト完了後、政府による短期計画の実施可能性を高めるために、次のような準備や手法を短期計画で実施する。

- 短期計画でコンプレックスを展開可能な候補地を数ヶ所検討しておく。
- 候補地の F/S 実施と共に優先順位づけを行う。
- 住民間のスタディツアーや関係機関職員に対するワークショップを行い、コンプレックスの有効性について理解者を増やす。

エジプト側の予算規模に合わせて、啓発活動やモニタリング体制の整備など着手しやすいものから開始する。

(3) 灌漑コンプレックスの面的展開

中・長期計画では、灌漑コンプレックスを県下で必要な場所に拡大していくことを計画する。灌漑コンプレックスの設置可能サイトの確認や情報の整理のために、GIS 地図を作製した。この地図は排水路、用水路、および集落のレイヤーを重ねており、カフルシェイク県の 5 万の 1 地形図を基図に作成した。この GIS 地図は Appendix F に添付している。灌漑コンプレックスの設置の可能性がある場所は、集落と排水路と用水路が近接している場所である。

これら灌漑コンプレックス設置候補地区は、5 万の 1 地形図を基礎に、地図上より用水路と排水路が近接していることを基準に 89 ヶ所を抽出した。この 89 ヶ所のうちには、当初にパイロット事業地区候補として県灌漑局および排水局が提示した地区で、現地調査の結果排水再利用可能地として選定された地区を含んでいる。当初に提示されたパイロット事業候補地区のうち、塩分濃度の高さ等水質が排水再利用に適さなかった地区は、将来の候補地区から除外した。さらに、この候補地区を基に EPADP と協議した結果、ガルビア幹線排水路の最下流で、排水路の水質悪化の課題がある 2 地区（アルニル地区およびアルシェイカ地区）を追加し、合計 91 か所の候補地を抽出した（図 4.5.2 および表 4.5.5 参照）。これらの地区は、住宅省の下水処理施設整備計画とは基本的に重複していないので、住宅省との調整が必要である。

また、本計画策定のプロセスで実施したパイロットプロジェクトでは、5 つのサイトで灌漑コンプレックスを構築した。このうち 1 ヶ所（W-5 地区）では、主要施設を網羅する灌漑コンプレックスを構築したが、他の 4 地区は排水再利用ポンプの設置と、環境キャンペーン実施のみを行っている。このことから、このパイロット 4 地区も更なる灌漑コンプレックス構築の候補地となり得る。よって、この 4 地区を加えた合計 95 地区を候補地とする（表 4.5.5 に一覧を示す）。

しかしながら、これら候補地の情報は限られている。すなわち、位置、用水路、排水路および近傍村落名の情報が入力されているのみのインベントリーである。また、現地の状況も時の経過によって変わり得る。このため、灌漑コンプレックス設立を実施に移す際は、以下の手順を必要とする。

1. このインベントリーを基に暫定的な優先順位付けを行う。
2. 優先順位の高い地区について、現地調査および F/S を実施する。この調査を通じて、住民の意向、水不足の度合い、排水の水質、下水処理の状況等の情報を確認する。
3. 施設建設を実施する。

優先順位については、後述するが、既に排水再利用ポンプが設置されている、本プロジェクトによるパイロットプロジェクト地区（4 地区）と、更に水資源灌漑省が自国予算で排水再利用ポンプの設置を進めている地区が優先地区として有望である。下表に、既に排水再利用ポンプ設置が着手されている地区を示す。

表 4.5.4 排水再利用ポンプの MWRI による建設状況（2015 年 11 月）

ID of the target site	District	Canal	Drain	PS Discharge	Progress
R-3	Reyad (East of Sidi Salem)	Al-Monsha'a	Al-Monsha'a	2 m ³ /sec.	70%
Ke-3	Kelin	Al-Kharaba	Nashart Drain	1 m ³ /sec.	41%
F-3	Fowa	Al-Suada'a	No. 11	1 m ³ /sec.	30%
D-10	Desouk	Lasefer	No. 9	1 m ³ /sec.	0%
-	Motobas	Khaleeg Brembal	Tharwat	1 m ³ /sec.	50%
F-4	Fowa	Bahr Al-Qasaby	No. 11	1 m ³ /sec.	11%
Ka-1	Kelin / Kafr El Sheikh	Al-Ghamria	Bahr Nashart	1 m ³ /sec.	32%
D-11	Fowa / Desouk	Nahr Kushk	Tharwat	1 m ³ /sec.	40%

(出典)カフルシェイク県西灌漑部

注) ID 番号は、灌漑コンプレックス候補地区（表 4.6.1）。パイロット地区は、カフルシェイク灌漑部の計画に組み込まれていたものから実施している。

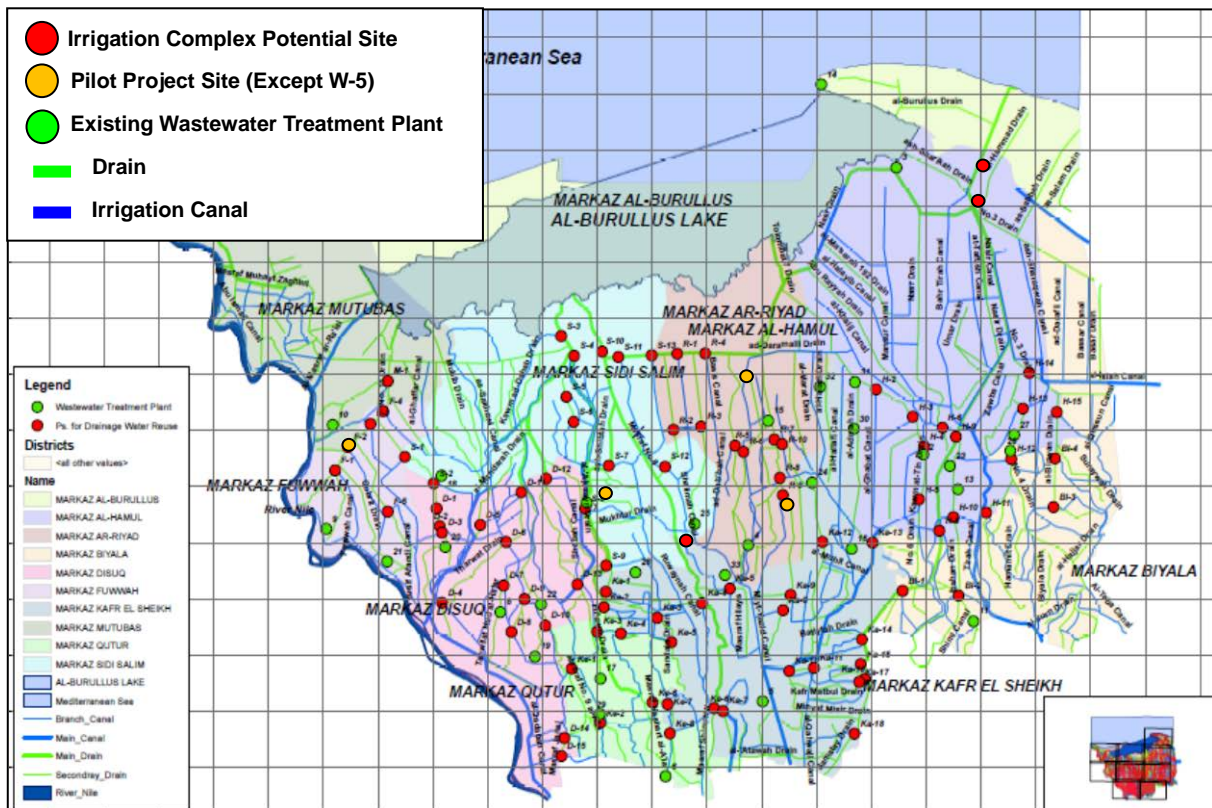


図 4.5.2 地形図より確認した灌漑コンプレックスの設置候補地区

表 4.5.5 地形図より確認した灌漑コンプレックスの設置候補地区一覧

No.	District	ID No.	Irrigation Canal	Drain	No.	District	ID No.	Irrigation Canal	Drain
1	El Hamoul	H-1	Al Hallafi	Kaum at-Tin	49	Sedi Salem	S-5	West Sid Salim Side (branch)	Al-Wastani
2	El Hamoul	H-2	Al Ghabat	Kaum at-Tin	50	Sedi Salem	S-6	Bahr Sheikh Ibrahim (branch)	Al-Wastani
3	El Hamoul	H-3	Siyaq	No.6 - Kaum at-Tin	51	Sedi Salem (PC)	S-7	Mit Yazeed (PC: W-7)	Ash-Shibrah(Nashart al Asfal) (PC: W-7)
4	El Hamoul	H-4	ad-Dayir	No.6 - Kaum at-Tin	52	Sedi Salem	S-8	Al-Afir	Nashart
5	El Hamoul	H-5	Az-Zawiyah (Branch)	No.6	53	Sedi Salem	S-9	Umm Dukhan	Al-Ajuzayn (or Nashart)
6	El Hamoul	H-6	ad-Dayir (Branch)	Abu Hamad	54	Sedi Salem	S-10	Mit Yazeed	No.8
7	El Hamoul	H-7	Ibshan	Gharbia	55	Sedi Salem	S-11	Shalimah	Tolombat 8
8	El Hamoul	H-8	Az-Zawiyah (Branch)	Gharbia	56	Sedi Salem	S-12	Shalimah	Tarfish Minshat Abbas
9	El Hamoul	H-9	ad-Dayir (Branch)	Gharbia	57	Sedi Salem	S-13	Shalimah	Tolombat 8
10	El Hamoul	H-10	ad-Dayir	Ibshan	58	Sedi Salem (PC)	S-14	Ariamon (PC: E-6)	Erin (PC: E-6)
11	El Hamoul	H-11	Bahr Nour	Ash Sharqawiyah	59	Fowa	F-1	Fuwah	No.11
12	El Hamoul	H-12	Bahr Tirah (Branch)(Abu Uweyadah)	No.4	60	Fowa (IS)	F-3	Yusif Afandi (Al-Suadaha)	No.11
13	El Hamoul	H-13	Raghib	No.4	61	Fowa (IS)	F-4	Al-Qassab	No.11
14	El Hamoul	H-14	Bahr Al-Binwah	No.3	62	Fowa	F-5	Yusif Afandi	Kbreet
15	El Hamoul	H-15	Al-Bashmah	Al-Binwan	63	kelin	Ke-1	Al-Kardy	No.9 al-A'la
16	El Reyad	R-1	Al-Minshah	Tolombat 8	64	kelin	Ke-2	As-Salamuniyyah	Qunah
17	El Reyad	R-2	Al-Minshah (branch)	Tarfish Minshat Abbas	65	kelin (IS)	Ke-3	Al-Hinawi (AL Khirabaha)	Bahr Nashart (Nav.)
18	El Reyad (IS)	R-3	Al-Minshah (branch)	Al-Minshah	66	kelin	Ke-4	Ash-Shuqqah	Mit ad-Dibah ash-Sharqi
19	El Reyad	R-4	Basis	Tolombat 8	67	kelin	Ke-5	As Safi	Sandera
20	El Reyad	R-5	Ad-Dabbah	Abu Khashabah	68	kelin	Ke-6	Bahr Nashart	Ar-Rawdah
21	El Reyad	R-6	Abu Muatafa	Abu Khashabah	69	kelin	Ke-7	As Safi	Ar-Rawdah
22	El Reyad	R-7	Al-Hasfar	No.7	70	kelin	Ke-8	As Safi	Ar-Rawdah
23	El Reyad	R-8	Al-Mallahah	No.7	71	Kafr ELSheikh (IS)	Ka-1	Al-Amiryiyah (Al Ghamalia)	Nashart
24	El Reyad	R-9	Abu Reyah	No.7	72	Kafr ELSheikh	Ka-2	Muhayt Shabah al-Gharbi	Nashart
25	El Reyad (PC)	R-10	As-Santah (PC: E-7)	Farsh Al-Ganayin (PC: E-7)	73	Kafr ELSheikh	Ka-3	As Safi	Sandera
26	Biyala	Bi-1	Damaqash	Gharbia	74	Kafr ELSheikh	Ka-4	Ash-Shaburah	No.8
27	Biyala	Bi-2	Shimi	Ibshan	75	Kafr ELSheikh (PC)	Ka-5	Ash-Shakiriyah (PC: W-1)	Hillays (PC: W-1)
28	Biyala	Bi-3	Musayri (cross)	AL-Binwan	76	Kafr ELSheikh	Ka-6	As Safi (branch)	No.8
29	Biyala	Bi-4	Musayri (end)	AL-Binwan	77	Kafr ELSheikh	Ka-7	Al-Qasid	Waqi Uthman
30	Desouk	D-1	(Small canal from Nile)	No.10	78	Kafr ELSheikh	Ka-8	Umm Inan	No.7
31	Desouk	D-2	(Small canal from Nile)	No.10	79	Kafr ELSheikh	Ka-9	Maris al-Gamal	No.7
32	Desouk	D-3	Yusif Afandi (branch)	No.10	80	Kafr ELSheikh	Ka-10	Al-Qahwagi (branch)	Mabtbl
33	Desouk	D-4	Sanbur al-Kabirah	Tharwat	81	Kafr ELSheikh	Ka-11	Al-Qahwagi	al Tayifah
34	Desouk	D-5	Umm Barakah (branch)	Al-Mandurah No.9	82	Kafr ELSheikh	Ka-12	Kadlah	Al-Ganayin
35	Desouk (PC)	D-6	Umm Barakah (Kontiesah) (PC: W-14)	Tharwat Howd el-Hagar (PC: W-14)	83	Kafr ELSheikh	Ka-13	Az-Zawiyah	An-Nashadi
36	Desouk	D-7	Sanhur as-Sughra	Tharwat Howd el-Hagar	84	Kafr ELSheikh	Ka-14	As Shamariqah	Gharbia
37	Desouk	D-8	Sanhur as-Sughra	Sanhur al-Gharbi	85	Kafr ELSheikh	Ka-15	As Shamariqah (branch)	Kahalaf Allah
38	Desouk	D-9	Al-Asfar	Sanhur al-Gharbi	86	Kafr ELSheikh	Ka-16	Matbul	Ash Shamariqah
39	Desouk (IS)	D-10	Al-Asfar (Lasefer)	No.9 (branch)	87	Kafr ELSheikh	Ka-17	Kafr Matbul	Kafr Matbul
40	Desouk (IS)	D-11	Al-Kunayyisah (Nahr Kuskh)	Tharwat	88	Kafr ELSheikh	Ka-18	Al Ramadi	Samatey
41	Desouk	D-12	Shabah	Masraf 9 al-Bahr as-Saghir	89	Motobas	M-1	Khalij al-Quni	Zaghlul
42	Desouk	D-13	Shabah	Farwan	90	Baitim	B-1	Al Nil	Gharbia Main
43	Desouk	D-14	Sanhur al-Kabirah (branch)	Janai	91	Baitim	B-2	Al Sheikh	Gharbia Main
44	Desouk	D-15	Sanhur al-Kabirah (branch)	Janai	92	El Reyad (PS)	E-1	Marsa Al Gamal (PS: E-1)	Farsh Al-Ganayin (PS: E-1)
45	Sedi Salem	S-1	Yusif Afandi	No.10	93	Sedi Salem (PS)	E-4	Mekhazen (PS: E-4)	Mekhazen (PS: E-4)
46	Sedi Salem (PC)	S-2	Abo Hamar (PC: W-6)	No.10 (PC: W-6)	94	Fowa (PS)	W-2	Kbreet (PS: W-2)	No.11 (PS: W-2)
47	Sedi Salem	S-3	Al-Fadil	Nashart	95	El Reyad (PS)	W-4	El Karadwah (PS: W-4)	Faraon (PS: W-4)
48	Sedi Salem	S-4	West Sid Salim Side	Nashart					

Note: PC = Pilot Candidate Site (but not selected as priority). PS = Pilot Site (selected and implemented sites except for W-5, since the Irrigation Complex has already been established in W-5). IS: Pump construction has started. A site called E-3 is not included in this table due to the fact that the site was not to deal with drain but irrigation canal, although this site was one of the pilot candidates.

4.5.2 プロジェクト2：ガルビア排水路の灌漑のための排水水質改善

前章の課題で述べたように、カフルシェイク県東部を流化するガルビア幹線排水路は、排水の水質悪化が顕著な水路として水資源灌漑省において認知されている。また、県内で、幹線排水路から幹線用水路の上流に排水を混合する唯一の幹線排水路となっている。県北部のハモウル市に設置されているハモウル揚水機場により、ガルビア幹線排水路の排水は、バハルテラ幹線用水路に混合され、下流受益地約 84,800 フェダン (35,600ha)¹への灌漑用水補給に充てられている。

前章の課題で述べたように、カフルシェイク県の上流に位置するガルビア県のマハラクブラ市の人口増により同市の下水処理場の処理機能が不足している。また施設の老朽化も進み、未処理の下水を大量にガルビア幹線排水路に流出させている状況になっている。排水の水質悪化の影響を受け、ハモウル揚水機場も稼働時間が減少傾向にあり、下流の水質悪化のみならず用水不足問題への対処も困難になっている。このようなことから、同地区の農業生産性は低下している。

バハルテラ用水路との混合地点を過ぎ、バルティム郡に至るガルビア幹線排水路の下流部においても、再度ガルビア幹線排水路からの排水は再利用されている。ガルビア幹線排水路の排水を灌漑用水に再利用しており、水質悪化が問題で作物収量にも影響が出ている地区が 2 地区ある。これらは、アルニル用水路とアルシェイカ用水路の取水地点である。

これらの地区は、地中海に近いことから塩害の問題も抱えている。ガルビア幹線排水路は、地中海に流れ込むため、出口は海に開いている。このため、ガルビア幹線排水路の下流部の排水は、下水による汚濁のみならず、海水侵入による土壌への塩害も合わせた懸念をもたらしている。海水侵入の問題は、気候変動による地中海の水位上昇の懸念²により更にリスクが高まる。海面上昇が進めば、海水はガルビア幹線排水路をより深く遡上し、排水路の水は塩分濃度が高くなり、灌漑への再利用が不可能となる。この問題を解決するために、ガルビア幹線排水路の末端に防潮水門を設置することが効果的である。

ガルビア幹線排水路の再利用および水質が及ぼす影響は、このような状況から非常に大きいため、ハモウル揚水機場から排水を混合したバハルテラ幹線用水路下流の受益地および、ハモウル揚水機場より更に下流部のガルビア幹線排水路からの再利用地区であるアルニル用水路およびアルシェイカ用水路地区を、EPADP との協議結果も踏まえ、優先性の高い事業として位置づける。

本プロジェクトは、灌漑コンプレックスとは独立した広域に作用する、広域事業として位置づけられる。灌漑コンプレックスは、ガルビア幹線排水路に流れ込む支線排水路に沿っての設置が考えられ、これらは本プロジェクトの関連事業と言う位置付けになる。また、EU はゴミ収集、排水処理を含めたセクター横断的な支援のための F/S を、ガルビア幹線排水路下流地域で行う計画であり、本プロジェクト実施への活用が考えられる。下表および下図に本提案プロジェクトのコンポーネントを示す。

¹ 出典：エジプト国中央デルタ農村地域水環境改善計画調査（1999年、JICA）

² 地中海の気候変動による海面上昇を検討する Study として Mohamed Shaltout et.al. “Sea-level change and projected future flooding along the Egyptian Mediterranean coast”, Oceanologia (2015) 57 がある。

表 4.5.6 ガルビア幹線排水路水質改善プロジェクトのコンポーネント

コンポーネント	概要
マハラクブラ下水処理場	既存処理場の改修・機能強化 (90,000m ³ /day → 120,000m ³ /day+産業排水処理施設 45,000m ³ /day)。産業排水と家庭排水を分離し、新たに産業用排水処理場を併設する。
ハモウル揚水機場	既存機場の改修 (最大揚水能力 10m ³ /s)。揚水機場手前に沈殿槽を設置し、排水の灌漑用水への混合前に水質改善を図る。
ガルビア排水路沿線集落排水処理施設	ガルビア排水路に直接排水を垂れ流している集落や、未処理の排水を流している支線排水路沿いの集落に集落排水処理施設を設置する。一部は灌漑コンプレックス設立事業で扱うものとし、本プロジェクトに対しては関連事業という位置づけにする。
アルニルおよびアルシェイカ地区	直接浄化施設の設置および排水再利用ポンプ設置を検討する。
ガルビア排水路取水口防潮樋門	ガルビア排水路の取水口からの海水の遡上を抑制する防潮樋門の設置の有効性を検討する。

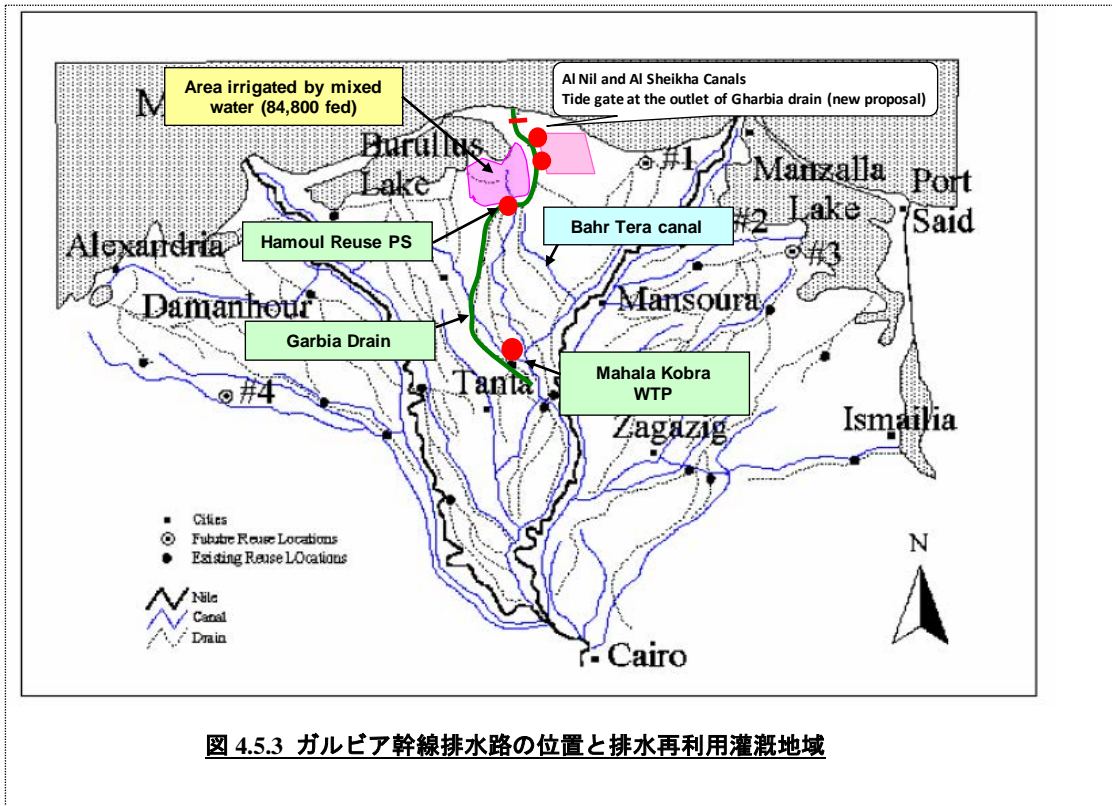


図 4.5.3 ガルビア幹線排水路の位置と排水再利用灌漑地域

4.5.3 プロジェクト 3 : 大規模排水再利用ポンプ場の建設

プロジェクト 3 は、都市下水処理場の整備による排水の水質保全に伴って設置を検討する、大規模排水再利用機場の設置プロジェクトである。都市下水処理場整備自身もプロジェクトであるが、これは住宅省が主体となって整備を進めている事業である。ここでは、住宅省の下水処理場整備を前提に、大規模な排水再利用機場設置プロジェクトを提案する。まずは、住宅省が世銀等のローンも得て進めている下水処理整備状況について整理し、その上で大規模排水再利用機場の設置サイトを提案する。

カフルシェイク県下の主要な幹線排水路は、東からガルビア幹線排水路、ドレイン No.7、ドレイン No.8、ナシャート、ドレイン No.9、ドレイン No.10、およびドレイン No.11 幹線排水路である。このうちガルビア幹線排水路は、既に大規模排水再利用機場がハモウルに設置されており、

バハルテラ幹線用水路に上流からガルビア幹線排水路の排水を混合させている。ガルビア幹線排水路の水質悪化は深刻であり、住宅省との共同による優先度の高い事業として、上述のように提案しているところである。

また、NWRP2017 では、No.11 幹線排水路およびナシャート幹線排水路が、排水再利用量を増大させる計画として挙げられている。この他の幹線排水路では、No.8 幹線排水路（ドレイン No.8）が幹線用水路と交差していることから、これら 3 つの幹線排水路について大規模排水再利用機場設置の可能性を検討した結果、No.8 幹線排水路を適地として提案する。

1) No.8 幹線排水路

No.8 幹線排水路は、カフルシェイク県の主要基幹用水路であるミト・ヤズイド水路と交差している。この交差する地点で、比較的規模の大きな再利用揚水機場の設置が検討可能である。この交差点から下流部のミト・ヤズイド用水路の受益面積は、16,900 フェダン（7,098ha）である³。ミト・ヤズイド用水路は、世銀等の支援で 2004 年より IIIMP を実施してきた地区であり、水利組合設立による末端灌漑改善等を通して、灌漑改善が進められてきている。しかしながら、ミト・ヤズイド用水路の下流部では、未だ灌漑用水不足の問題は顕在しており、排水再利用の必要性があることを、前 IIIMP ダイレクターに確認している。排水再利用機場を No.8 幹線排水路とミト・ヤズイド用水路の交差点に設置するプロジェクトは、まず F/S を実施して、ミト・ヤズイド下流部の水不足度合いを算定し、再利用揚水機場の規模と経済性を検討する必要がある。No.8 幹線排水路の排水の水質も確認する必要があるが、現状では問題ない。



No. 8 排水路（奥縦方向）とミト・ヤズイド用水路（手前横方向）の交差点

2) ナシャート幹線排水路

ナシャート幹線排水路は、水路幅が広く水量が多いが、一方で幹線用水路は下流末端に近づくため、細くなっており、大規模な再利用ポンプ機場を設置する妥当性は低いと考えられる。むしろ支線用水路レベルに排水を揚水する小規模な再利用ポンプを複数設置する方が、妥当性が高くなると考えられる。すなわち、灌漑コンプレックス設立プロジェクトで再利用ポンプの設置を進めることが妥当である。

3) No.11 幹線排水路

No.11 幹線排水路は、ナシャート幹線排水路と同様、規模の大きい用水路と近接しておらず、大規模な幹線排水路を設置するよりも、各支線用水路の末端から小規模（ $0.5\text{m}^3/\text{s}$ ～ $1.0\text{m}^3/\text{s}$ ）な排水再利用ポンプを設置していく計画が妥当と考えられる。本幹線排水路沿いでは、パイロットサイトである W-2 地区（コブリート水路）があり、排水再利用ポンプを設置済みである。他の支線用水路（バハルアルカセブ、テラユスィフ、フワ、およびカジアルクニ）も、灌漑コンプレックス設立プロジェクトとして排水再利用ポンプ設置を検討することが妥当である。一方、No.11 幹線排水路につながる支線用水路は、ミト・ヤズイド用水路掛りに入る支線もあるため、これらは上流で大規模排水再利用機場が設置されれば、末端での小規模排水再利用ポンプは必要性が薄くな

³ 出典：カフルシェイク県西灌漑局。同灌漑局では本排水再利用機場の設置を強く要望している。

る。この点を考慮した、F/S（灌漑コンプレックスおよび No.8 幹線排水路への排水再利用機場設置）を実施して、プロジェクトサイトの選定と優先度を検討する必要がある。

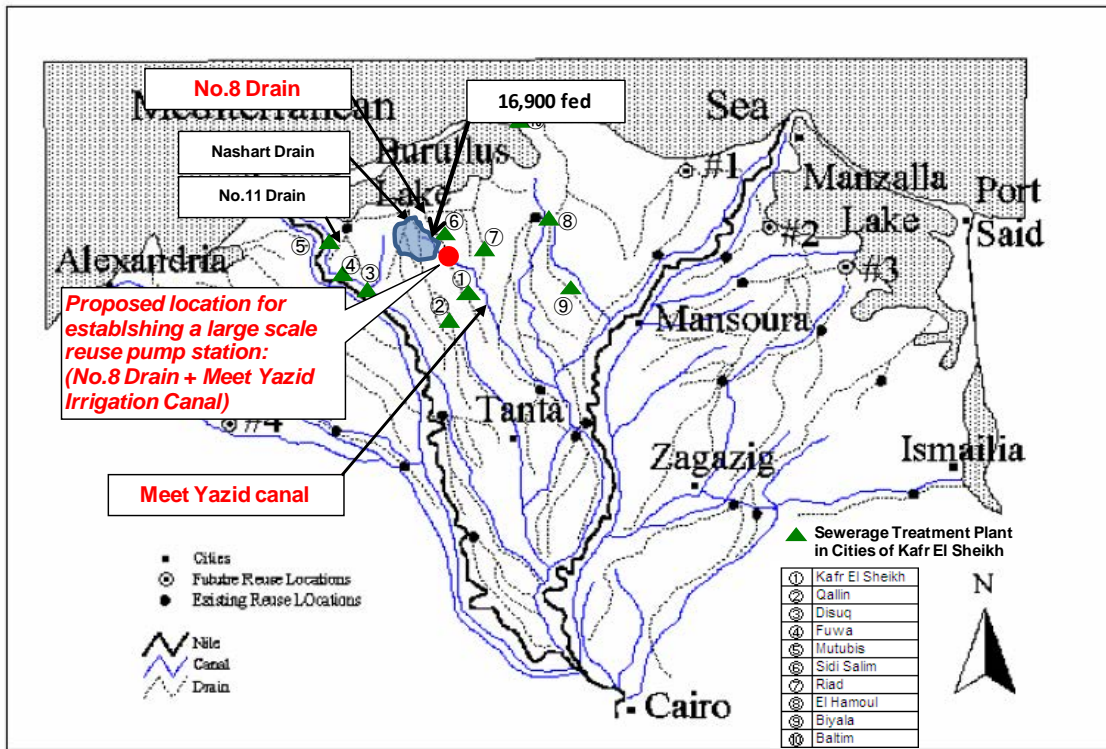


図 4.5.4 大規模排水再利用ポンプ場の提案地点

4.5.4 プロジェクト 4：ボックスカルバートによる排水路の暗渠化

都市部は農村に比べて人口密度が高く、発生する排水およびごみの量は人口に比例して増えるため、下水処理やごみ収集サービスが実施されている。しかし人口の増加や生活レベルの向上によって、排出される排水とごみの量はますます増える傾向にあり、このうち十分に処理されないものは排水路に直接流されている。

排水路に投棄されるごみは排水路の法面や排水路の底泥の上で腐敗し、都市の衛生環境を悪化させている。これらは排水路の流下能力を低下させるだけでなく、堆積したごみが橋桁や排水路を横断する管路によって堰き止められた箇所では水量の増加と共に施設を破損に至らしめることもある。また、ごみの中には金属やガラスの破片などの危険物も含まれており、下流で炊事・洗濯・漁業などを行う人々の健康にも影響があると考えられる。

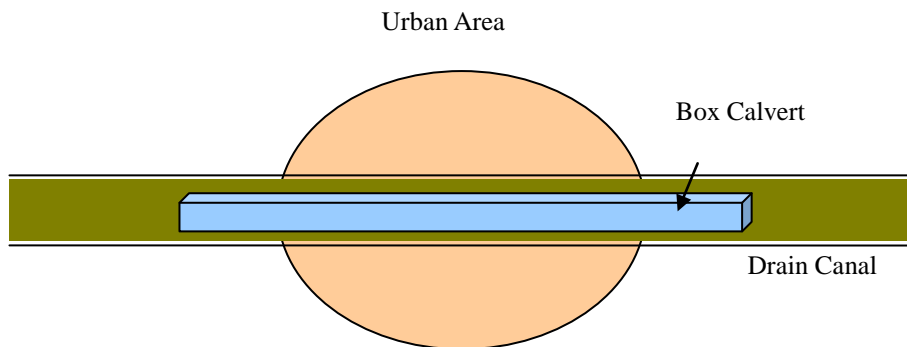


こうした状況に対して都市部を通過する排水路に覆蓋をかけたり、排水路の中にボックスカル

バートを布設したりして埋め戻す（排水暗渠化）といった対策がとられている。これにより、生活や商業、建設現場から発生するごみが排水路に入ることが無くなり、排水路の水質と通水量を確保することができる。

暗渠化した水路の維持管理は、開水路のゴミ除去とくらべて、重機を利用する必要がなくなり、大きく手間が減るが、暗渠内に一旦ゴミが入ると除去しにくいので、暗渠の出入口にはスクリーンを設置して、堆積するゴミを定期的に除去する。また、暗渠には百メートル毎を目処に点検孔を設けて、内部の泥を排水ポンプで押し流したり、排泥ポンプで堆積した土砂を吸い出す。

排水暗渠化工事は、排水路が通過する都市の行政予算によって建設業者に発注されている場合もあるが、多くは県や地域住民からの要請により MWRI の予算によって建設業者に発注し、排水庁が施工監理や技術支援を行っている。将来計画として、カフルシェイク県内の中小都市約 30 ヶ所を対象に都市部及びその上下流を合わせた延長 3km 程度の暗渠化が想定されているが、基本的には地元からの要請ベースで MWRI が年間計画を立てて実施を進めている。本計画は、既に MWRI が実施を進めているものであるが、排水の水質保全対策として本排水再利用計画から除外するものではないので、MWRI が排水路暗渠化を継続的に実施することを推奨することから、本計画の一コンポーネントとして記載する。



但し、都市部排水路の暗渠化については、2005 年にそのインパクトに関する調査がなされている（BCEOM/DCE）⁴。この調査では、3 か所の排水路暗渠化地区を選定し、現地調査、環境アセスメント社会調査、および財務経済分析を行っている。この調査は、排水路の暗渠化を否定するものではないが、暗渠化を決定するための基準とプロセスを提示している。Annex-I に暗渠化を決定するためのフローを添付する。調査団の現地視察においても、排水路の暗渠化は下記に示す課題があり水質保全の直接解決策ではないが、一定の流速が得られる地区等一定の基準を満たす地区では暗渠化は実施しても問題ないという、この調査の結論を支持する。下記に、この調査の結論に係る重要事項を整理する。

- 排水路の水質を保全する最善のオプションは、固形・液体廃棄物の収集、運搬、処理および廃棄の統合されたシステムの確立である。よって、資源を汚染源対策に振り向けることが推奨される。
- 排水路の暗渠化は、環境や健康の問題を完全に解決するものではなく、問題を上流か下流に移転するだけのものである。

⁴ “Covering of Agricultural Drains in Residential Areas in Egypt”, by BCEOM / DCE, October 2005

- 排水路の暗渠化は、土壌水分の排水路への浸透を防ぐことになり、排水路の所期目的の阻害要因となる。土壌水分の浸透は、暗渠化区間を避けて上下流の開水路の方へ浸透していくが、暗渠区間が長距離に亘るとネガティブインパクトが出る可能性がある。
- コンクリートライニングされない等の設計不備な水路では、住居からの排水（硫化水素濃度が高い）の浸透が建物に影響を与え得る。
- 暗渠排水路の浚渫は困難であり、十分にできない場合は水路の遮断により臭気や蚊の発生等の問題を助長する。
- 社会調査によれば、住民は、排水路の暗渠化に対して全般的に好意的である。住民は、暗渠化による臭気の緩和や、子供の排水路への入水を防ぐこと、道路幅員の拡大等の長所を上げている。一方で、廃棄物処理の解決策に対し、より支払意志を示している。

2015年度時点で、EPADPが実施を計画する排水路の暗渠化の確定目標延長は、全国で17.6kmでありカフルシェイク県は1.42kmとなっており、全国総計画延長の約8%を占める。このうち2015年度は240mの延長工事予算が承認されている（下表4.5.6）。このペースでの実施を想定すると、確定目標延長は6年間で完成する想定となる。なお、排水路の暗渠化は県庁が予算を出して実施する場合もあり、2015年度では1地区36mの暗渠化が県庁で計画されている。本排水再利用計画においては、カフルシェイク県灌漑局への聞き取りから長期計画として全体で3kmの計画延長を想定する（下表4.5.7）。また、ゴミの暗渠化区間内での堆積を防ぐため、暗渠化水路の出口・入口にスクリーンを設置する計画とする。

表 4.5.7 全国排水路暗渠化計画（2015年度時点での確定目標）

地域	区間数	目標延長 (m)	事業費 (000LE)	2015年度承認 (m)
東デルタ地域	15	8,135	31,252	1,290
中央デルタ地域	13	3,559	26,096	870
西デルタ地域	5	1,030	10,215	130
上エジプト地域	17	4,876	29,124	1,700
全国計	50	17,600	96,687	3,990
カフルシェイク県	5	1,420	9,500	240
全国に対するシェア (%)	10.0%	8.1%	9.8%	6.0%

（出典）EPADP Central Administration for Planning and Follow-up

表 4.5.8 本排水再利用計画での排水路暗渠化計画延長

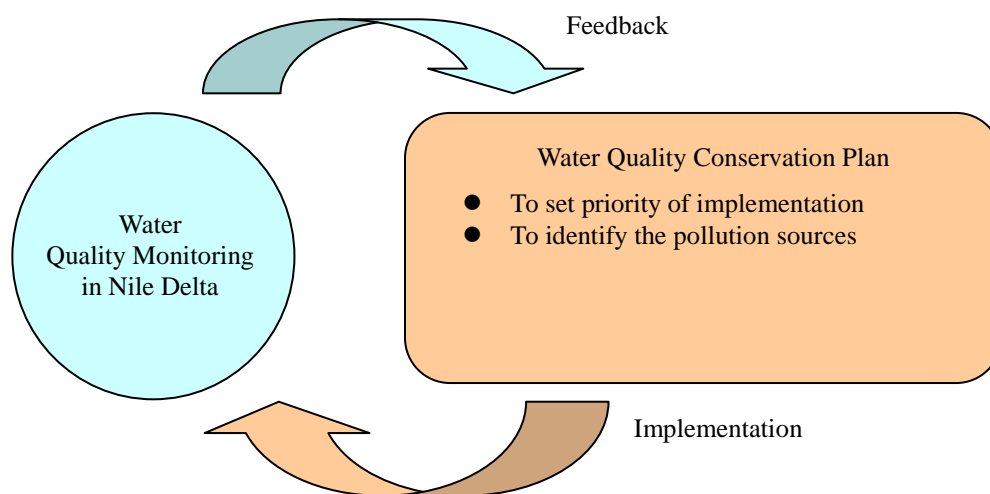
区間		目標延長(m)	実施目標(m)		
街	排水路		短期	中期	長期
Biyala	No.4	500	720	700	-
Desouk	Faroon	330			
El Westany	El Westany	200			
El Arab	El Arab	200			
El Mandara Gharby	El Mandara Gharby	190			
Others	Others	1,580	-	-	1,580
合計		3,000	720	1,420	3,000

（出典）EPADP Central Administration for Planning and Follow-up およびカフルシェイク県聞き取り

4.5.5 プロジェクト5：水質モニタリングシステムの活用強化

排水研究所（DRI）ではナイルデルタ内の幹線排水路の系統ごとに区分し、計測箇所を固定して毎月水質測定を行い、*Drainage Waters Status in the Nile Delta- Year Book* の形でとりまとめて公表している。しかしながら、この年報の公刊は2年近く遅れており、このようなモニタリングデータがプロジェクトの計画や優先順位が十分に活用できていない状況にある。本排水再利用計画においては、ガルビア幹線排水路の優先性を検討するために、上記モニタリング結果を活用した。今後も、このような水質モニタリングの分析結果を本プロジェクトの中・長期的な計画に結びつけて活用することが必要である。

活用の手法としては、幹線排水路の水質汚染の程度に応じて、その系統の上流にある都市や地域に対して水質保全計画の実施優先度を調整することが考えられる。また検出される汚濁成分により、工場排水の放流元や使用されている農薬、投棄されるごみの種類などの汚染源を特定して個別に規制や対策を行うことが可能である。プロジェクトを計画する際のF/Sの実施においては、EPADPにせよ、実施機関が対象地区でスポット的に水質調査を実施する。このスポット的な水質調査はプロジェクト計画の際には必ず実施するが、これを評価する際に、例えば対象地区の支線排水路が流れ込む幹線排水路のDRIによるモニタリングデータを確認して、幹線排水路の水質保全への影響度を確認するなどして、プロジェクトの効果算定や優先度の設定に活用できる。このように、本排水再利用計画の実施において、水質モニタリング結果の活用システムの構築を行うものとする。



4.5.6 プロジェクト6：排水の作物生産への効果的活用（化学肥料の節減）

化学肥料の過剰投入は、水質汚染の原因の一つであると言われる。一方で、排水は作物生産に必要な栄養素を含んでいるという見方もできる。この栄養素を作物の肥料として用いることで、化学肥料の投入量を節減できる可能性がある（減肥効果）。この効果については、世界で既に研究されまた実践されている。一例として、アメリカ合衆国カリフォルニア州モンレー郡が有名である。モンレー郡では、一定の水質基準を満たしつつ、同時に作物への液肥効果を残すように水質処理が制御されている。

排水再利用が増加していくに伴い、排水を液肥として活用できるように水質を制御する研究を

進め、排水再利用に伴う化学肥料の施用に関するガイドラインを作成することを提案する。確立された排水の液肥としての活用方法とガイドラインは、排水を再利用している農民に普及していくことが提案される。MALR が、この研究と普及に対して主管となる。このような観点から、MALR の農業普及局と協議のうえ、下記のプロジェクト概要を整理した。本プロジェクトは、灌漑コンプレックスの進捗に従い、中・長期計画期間での実施を計画する。

プロジェクト目標: 土壌と水質を特定し、排水再利用に適した農業技術を開発する。

成果:

1. プロジェクト地区における土壌分布図が作成され、作物毎の適切な栽培圃場が選定される。
2. 排水の水質が試験され確認される。
3. 圃場の土壌条件が確認される。
4. 排水再利用の作物への効果が確認される。
5. 排水再利用による農業技術と水管理技術が開発される。
6. 開発された技術が県下に普及される。

活動:

1. 土壌タイプの地図化
2. 水質調査
3. 土壌調査
4. 農家調査
5. 試験圃場設置
6. 展示圃場設置
7. 収量調査
8. ガイドライン/マニュアルの作成
9. 排水再利用に適した営農の普及

実施機関:

農業土地開拓省:農業研究所、農業普及局

4.6 優先コンポーネント（事業）

4.6.1 優先コンポーネントの考え方

本排水再利用計画の優先事業は、水資源灌漑省の推進政策とされている「中間排水再利用」、すなわち、支線排水路レベルでの灌漑への排水再利用を優先的に進めていく。この排水再利用を進めていくために、支線用排水路レベルの水域での排水の水質を保全する対策を合わせた「灌漑コンプレックス設立プロジェクト」の推進を優先事業と位置付ける。灌漑コンプレックスは、地区の状況および水資源灌漑省の予算に合わせて、実施可能なコンポーネント（例えば環境啓発活動だけでもよい）を進めていくことができる。排水再利用ポンプが既に設置されている地区や現在建設中の地区（上述表 4.5.4 参照）を優先的に取り上げることが考えられる。

広域事業については、上述のようにカフルシェイク県内で水質悪化が最も顕著で、しかも幹線用水路上流からその排水を混合させているため、水質悪化の影響範囲が大きい、「ガルビア幹線排水路水質保全プロジェクト」を投資規模が大きい広域事業での優先プロジェクトとして位置づける。EPADP との協議の結果、ガルビア幹線排水路からハモウル揚水機場で排水を混合するバハルテラ灌漑用水路の下流域のみならず、ハモウル揚水機場を過ぎた更に下流でガルビア幹線排水路から再利用を行うアルニル地区およびアルシェイカ地区を含む広域事業として F/S を実施する。上流の汚染源であるマハラクブラ下水処理場の改修・機能強化も、住宅省で懸案の事業となっている。EU の IWSP で一時改修対象地区にリストアップされたが、現在のその支援は進捗していない。

ミト・ヤズィド用水路と No.8 排水路との交差点に大規模排水再利用機場を建設する計画案は、これまでミト・ヤズィド用水路掛りで灌漑改善事業を実施してきた IIIMP が、2016 年 10 月終了予定であり、この事業終了後の灌漑改善状況に応じて、設置の具体的な検討（F/S）を実施する。排水路のボックスカルバートによる暗渠化は、基本的に地方政府で順次進められる計画であり、EPADP は技術支援を随時行う。水質モニタリング活用強化および排水を利用した営農プロジェクト

トは、小規模な予算であり、上記灌漑コンプレックス設立およびガルビア幹線排水路水質保全プロジェクトの進捗に応じて実施を進めることを計画する。プロジェクトの活動計画は、4.11 の事業概要表に整理した。

4.6.2 灌漑コンプレックス展開の優先順位付け方法

灌漑コンプレックス設立プロジェクトは、本パイロットプロジェクトで排水再利用ポンプを設置した W5 地区を除く 4 地区を含む 95 か所が候補地として挙げられる。これらの候補地に対し優先順位を設定する必要がある。基本的には、F/S を実施して各候補地の実施の可能性および優先順位を決定するものとする。優先順位検討時には、本パイロットプロジェクトで用いた比較項目（灌漑水の不足頻度、再利用への水質適合性、排水路の水量、用地取得可能性等）を準用するが、大枠の優先順位設定として以下を基準とした検討を F/S で進める。

1. 排水再利用ポンプが既に設置されている地区、あるいは建設中の地区に優先度を置く。
2. 住宅省が進める下水処理整備計画の実施地区（ISSIP 等のドナー支援事業地区を含む）との連携が可能な地区を優先する。HCWW の本計画における村落リストを、それぞれの村落の下水処理状況と共に Appendix-G に整理した。
3. GIZが進める廃棄物処理プロジェクトの実施地区と受益が重なる地区を優先する。ゴミ処理部分の活動に対し、GIZによる個別投入が見込め、間接的に便益を得るからである。但し、GIZの地区選定⁵に関する情報収集や調整は、F/Sの過程で行う必要がある。
4. 各サイトの条件をアセスメントし、住民の水質改善意向が高い地区を優先する。
5. 広域事業として優先度の高いガルビア幹線排水路の最下流のアルニルおよびアルシェイカ地区を優先地区として検討する。
6. 同様にガルビア幹線排水路の上流に位置する候補地区を優先的に検討する。
7. ミト・ヤズィド用水路掛りの No.8 排水路の交差点より下流の地区については、大規模排水再利用機場の設置 F/S の実施（再利用機場の規模を含む）に基づいて、この下流域での支線水路レベルでの排水再利用ポンプの設置の必要性を検討したうえで設置地区を検討する。

⁵ GIZ の当該プロジェクトは 2015 年末時点で県職員の能力向上研修を実施しており、具体的な地区選定はまだなされていない。

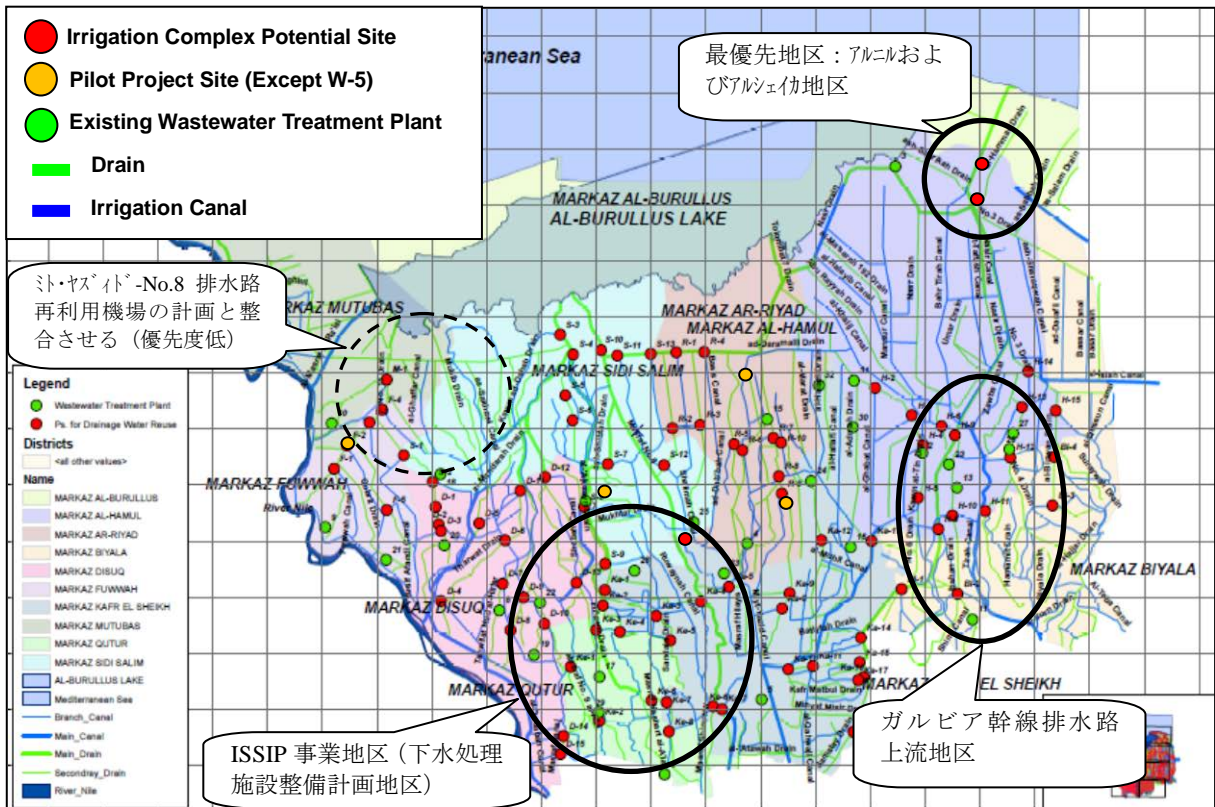


図 4.6.1 灌漑コンプレックス設立プロジェクト優先度の検討指針

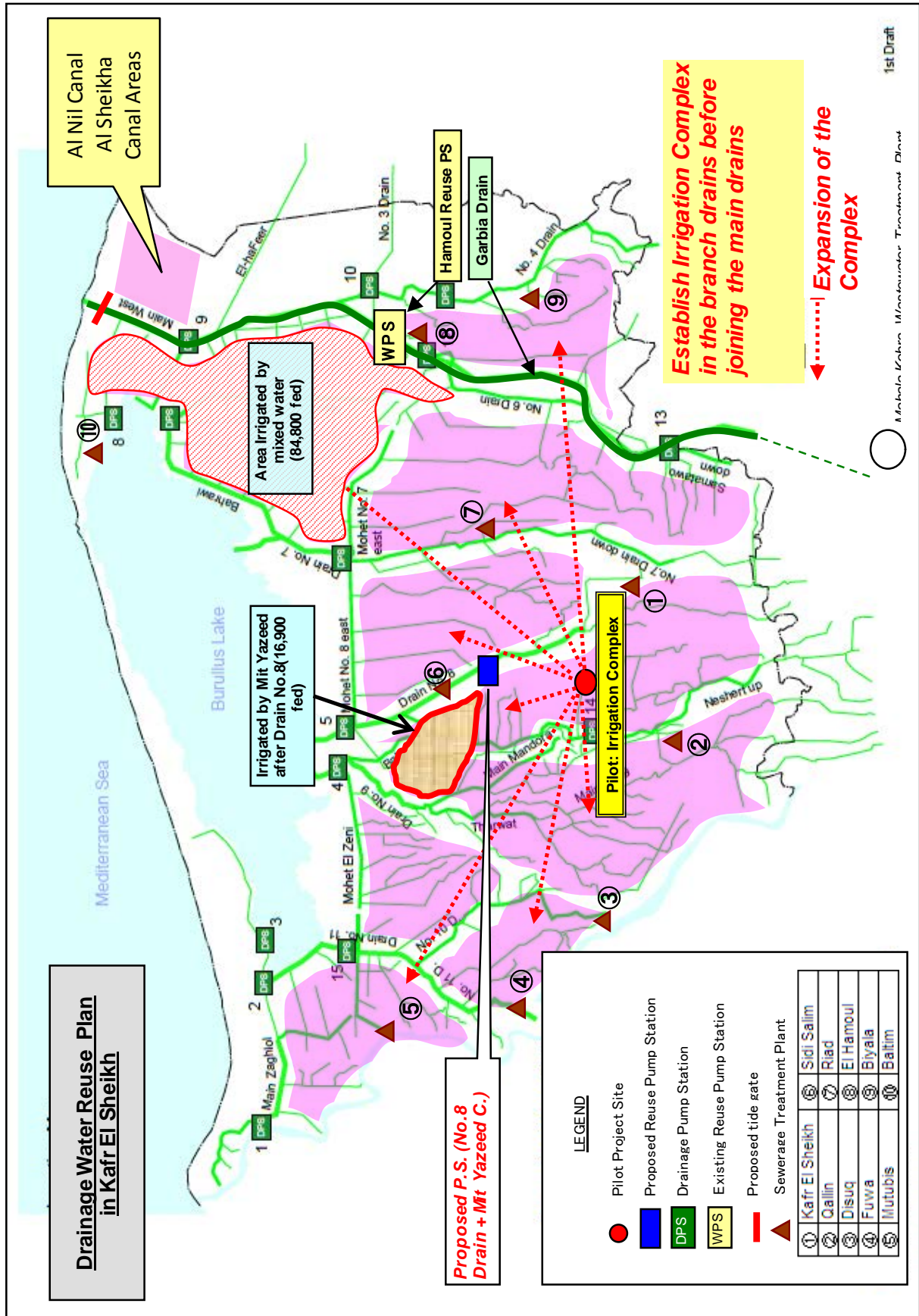


図 4.6.2 カフルシェイク県の排水再利用計画

4.7 排水再利用計画の実施体制

4.7.1 省庁間の協議による実施体制

(1) 水資源灌漑省／排水庁の実施体制

灌漑用水の代替水源としての排水を再利用するためには、排水の水質保全が非常に重要であることから、排水の水質保全は水資源灌漑省の重要な関心事項でもある。しかしながら、灌漑コンプレックスの主要施設となる集落排水処理施設については、現状では水資源灌漑省の管轄になく、したがって水資源灌漑省の予算としてはエジプト国財務省への予算要求が困難である。但し、開発パートナー等から資金援助を得る場合は、集落排水処理施設建設を水資源灌漑省が実施することが可能である。もしくは住宅省と協力し、住宅省による予算手当てで建設を進める必要がある。水資源灌漑省が実施する場合であっても、維持管理においては住宅省傘下の HCWW に、維持管理を担う住民組織への支援を得る必要があるため、住宅省とのプロトコル作成・合意を行う必要がある。その他のコンポーネントは、基本的に水資源灌漑省の予算で対応可能である。

短期計画として水資源灌漑省予算ですぐに実施可能な活動としては、灌漑コンプレックスのソフトコンポーネントである環境啓発活動の実施があげられる。排水庁は、県の排水局の Drainage Advisory Services (DAS) に指示を出して、環境啓発活動の継続実施をすぐにできる活動として挙げている。本パイロットプロジェクトを通して県の DAS と GDIAS で環境啓発活動を共同で実施していくことを合意しており、GDIAS の環境啓発活動に排水局も参画する形で実施を進めることが可能である。

排水庁では、パイロットプロジェクトで構築した灌漑コンプレックスの展開のため、MWRI 大臣に事業実施のための要請を行っており、また水資源灌漑大臣も住宅省との協力検討を考慮しているとのことである。灌漑コンプレックス推進のため、排水庁の本調査に対する実施部署であった Environment and Evaluation Unit (排水庁の Follow-up Department 配下) が 2015 年 9 月に General Directorate に格上げされた。これは、本調査および世銀／GEF 支援による EWRMP の実施が主要な理由である。本調査の実施も含めて、排水庁は排水の水質保全への具体的な対策実施の必要性を強く認識するに至っており、このように対応部署の強化を図っている。部署強化に対する予算的裏付けについては、現段階では未定であるが、本排水再利用計画の実施においても、General Directorate for Environment and Evaluation が実施部署・事務局としての機能を果たすことになる。

(2) 省庁間連携

排水の水質改善と再利用を軸とする、本排水再利用計画の実施においては、関連する機関が省庁をまたぐ。本排水再利用計画策定に当たっては、5 省による Joint Steering Committee (JSC) を形成して、調査の進行を監理した。今後の実施体制においても、関係諸機関の共同による事業実施体制の構築が必要である。排水再利用という観点から、引き続き水資源灌漑省の排水庁が核となり、JSC を設置し、排水庁が省内外の他機関との調整役を果たす体制を計画する。資金調達や技術協力で開発パートナーとの協力を要請する場合は、国際協力省 (MOIC) が、関係機関として JSC にメンバーとして加わる。

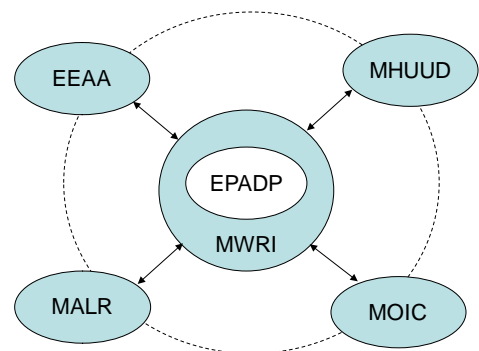


図 4.7.1 関係省庁の調整

関係機関の位置づけは、各プロジェクトの内容に応じて規定していく。下表に、プロジェクト毎の実施体制を示す。灌漑コンプレックスの設立においては、中央レベルのみならず、県レベルでおよび村レベルでの関係諸機関の連携が重要となる。灌漑コンプレックス設立プロジェクトの実施体制については、次節で詳述する。

表 4.7.1 排水再利用計画の実施体制

施設	実施主体と役割
灌漑コンプレックス設立プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 水資源灌漑省（排水庁、灌漑局、灌漑サービス部）：施設建設と直接浄化施設、およびポンプの運転維持管理、水利組合強化、環境啓発活動 上下水道公社：集落排水処理施設の運営支援 ローカルユニット：集落排水処理施設の運営支援 農業土地開拓省（農業普及局）：堆肥作り等の普及活動
ガルビア幹線排水路の水質改善プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 水資源灌漑省（排水庁、灌漑局、電気機械局）：集落排水処理施設設置、ハモウルポンプ場改修、アルニルおよびアルシェイカ用水路の再利用ポンプ設置、防潮ゲート設置 住宅省（全国上下水道公社持株会社、全国上下水道庁）：マハラクブラ下水処理場の改修・機能強化、集落排水処理施設の運営支援
大規模排水再利用ポンプ場建設プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 水資源灌漑省（排水庁、灌漑局、電気機械局）：排水再利用機場の建設 電気機械局：運転・維持管理 灌漑局：灌漑計画ポンプ運転時間の指示 排水庁：No.8 幹線排水路の維持管理
ボックスカルバートによる排水路の暗渠化プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 地方政府（県）：施設建設、維持管理 水資源灌漑省（排水庁）：技術支援
水質モニタリングシステムの効果的な活用強化プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 水資源灌漑省（排水庁水質モニタリング部、排水研究所、計画局水質部局（Water Quality Unit））：水質モニタリング結果の活用
排水の作物生産への効果的活用促進プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 農業土地開拓省（農業研究所、農業普及局）：土壌、水質調査、試験、展示、普及 水資源灌漑省：排水研究所、灌漑局、排水庁：対象地区の選定、排水水質の分析

出典：JICA 調査団

4.7.2 開発パートナーとの協調体制

下水道整備では世銀（ISSIP）、EU、GIZ 等、廃棄物処理では GIZ/KfW がプロジェクト/プログラムを実施しているので、これら開発パートナーとも協調しながら、実施体制および短期、中・長期の実施計画を策定する必要がある。本排水再利用計画においては、あくまでも排水の灌漑への再利用という点が機軸であり、特に灌漑コンプレックスも、排水の灌漑への再利用のために、必要となる様々な活動（コンポーネント）が組織されることになる。種類と所管の異なるコンポーネントを組み合わせる観点から、本排水再利用計画の実施は、他の開発パートナーとの協調が有効である。

すなわち、灌漑コンプレックスのコンポーネントで、他省庁・ドナーが実施しているコンポーネント（下水処理施設、廃棄物処理等）は、サイト選定でこれら他ドナーのプロジェクト対象地区の近接地区を選び、下水処理や廃棄物処理のコンポーネントは、他ドナーの活動を取り込んで灌漑コンプレックスを構築する、ということである。これにより各省庁の開発パートナーのプロジェクトの相乗効果を上げることができ、かつ実施資金の担保もし易くなることが期待される。これら関連事業を実施している開発パートナーには、JSC を通じて協調の協議を行う。

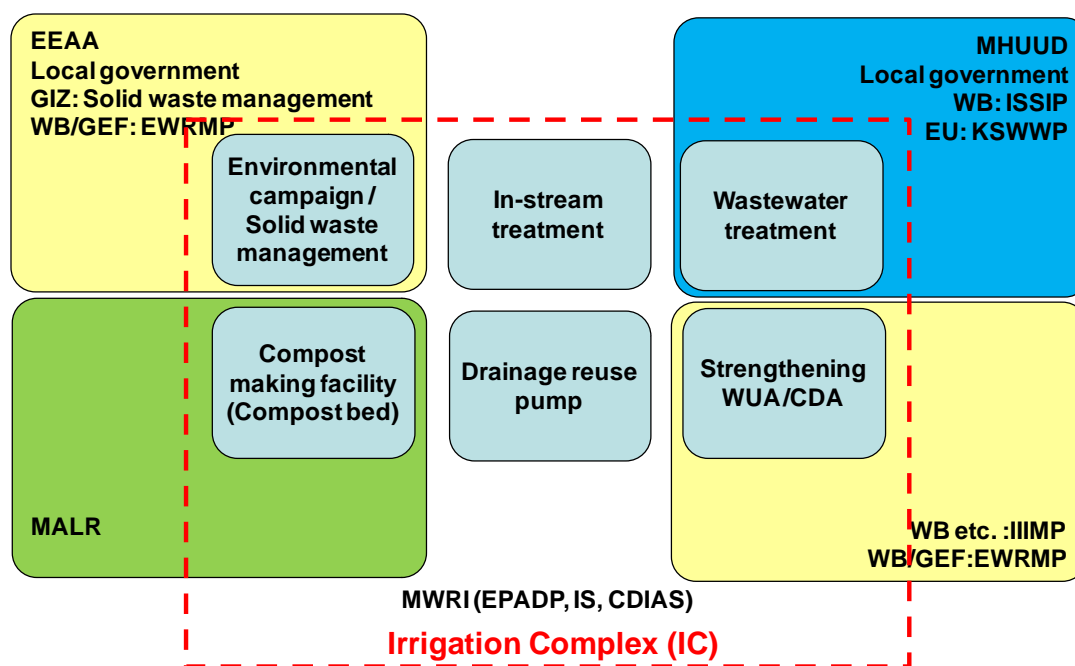


図 4.7.2 灌漑コンプレックス実施における実施主体と他ドナースキームと重複する部分での協調

4.7.3 灌漑コンプレックス設立の実施体制

(1) 県レベルでの協力体制の確立

灌漑コンプレックスの設立においては、集落排水処理施設、水路内浄化施設、コンポスト施設、排水再利用ポンプ場と複数の施設が組み合わさって構築されるため、様々な機関が関与することになる。中央のラインからの県出先機関、すなわち水資源灌漑省の排水局、灌漑局、および灌漑サービス局、住宅省の県上下水道公社、農業土地開拓省の農業普及局といった部局に加え、県の関係部局も事業に関与する。県の関係部局としては、環境局、プロジェクトサイトが位置するローカルユニット等が関わる。

また、事業実施にあたっては、施設の維持管理で住民組織（CDA）を設立したり、既存水利組合に排水再利用ポンプコミッティーを設置して関与してもらったりすることになる。このような受益住民の受け皿の形成、住民と政府の役割分担ということも踏まえて、灌漑コンプレックス構築の際の各施設供用に係るプロトコルを、関係者間で合意することが事業実施体制の核となる。プロトコルがあることによって、各関係機関の職員も業務随行の根拠とする事が出来る。

このプロトコルは、各関係機関の役割と責任が明確になるものであるため、十分な討議と権威付けが必要となる。このことから関係者間での準備会合を開いて議論を積み重ね、プロトコル署名に当たっては、県知事出席の会合を開いて、プロトコルの内容を関係機関が確認し、合意する手続きを行うものとする。灌漑コンプレックスのコンポーネント内容にもよるが、施設ごとのプロトコルとするのではなく、灌漑コンプレックスをひとまとまりのセットとして一つのプロトコルを締結することが望ましい。施設が、例えば排水再利用ポンプのみと言う場合は、その施設に対してのプロトコルとなる。

排水再利用ポンプ場を例に、プロトコルの内容について述べる。灌漑局は既に排水再利用ポンプ場を管理しているため、灌漑局によるポンプ場の管理が基本となる。この場合のプロトコルで

は、灌漑局、排水局及び住民組織（水利組合内に設置される排水ポンプ委員会）の3者で合意し、締結を行う。排水再利用ポンプに係るプロトコルでは、灌漑局が運営維持管理についてその役割と責任を担うことになる。そのため、ポンプオペレーターや運転に係る費用は灌漑局が負担する。一方で排水局は、排水路に係る責任を負っており、加えて排水ポンプ委員会が環境啓蒙活動を実施する際には協力するといった役割を担わせる。排水ポンプ委員会の主な役割は、灌漑局と調整しポンプ運転時間や運転期間を決めることであり、加えて関係機関を巻き込んだ地元住民の環境啓蒙活動を実施する主体となることが明記される。

表 4.7.2 排水再利用ポンプ場に係るプロトコルの例

項目	内容
1) ポンプオペレーターに関して	ポンプの運転維持管理については、灌漑局がその責務を負う。但し、ポンプのオペレーターを灌漑局が準備できない場合には、ポンプ委員会が灌漑局の承認のもとオペレーターを提供する。
2) ポンプの警備について	ポンプ場の警備についても灌漑局がその責務を負う。但し、灌漑局が警備員を準備できない場合には、ポンプ委員会が灌漑局の承認のもと警備員を提供する。
3) ポンプ運転に必要な資材について	ポンプ運転に必要な機器・資機材等は全て灌漑局が責任を持つ。
4) ポンプの運転スケジュールについて	ポンプ委員会と灌漑局が協力し、ポンプ運転のスケジュールを決める。
5) ポンプの運転時間について	ポンプ委員会はポンプを利用する農家のニーズを取りまとめ、灌漑局とポンプ運転時間について協議する。
6) ポンプ委員会の役割について	灌漑局職員は、ポンプ委員会がその役割を全うできるように権限を与える。
7) 環境活動について	ポンプ委員会は、必要に応じて地域住民や農家の環境啓蒙活動を実施する。
8) ポンプ場のモニタリングについて	ポンプ委員会はポンプ場施設が適切に運用されるようにモニタリングを行う。何か問題があれば灌漑局と協力して解決する。
9) ポンプ場の電気設備について	ポンプ場の電気設備に不具合が生じた場合は、灌漑局が問題解決を行う。
10) 水路内の清掃について	灌漑局は灌漑水路内の清掃等に関する責任を負う。また、ポンプ委員会は水路内の清掃等に関して灌漑局と協力する。
11) 排水路内の清掃について	排水局は排水路の清掃等に関する責任を負う。また、ポンプ委員会は排水路内の清掃等に関して排水局と協力する。
12) 排水路の水質について	排水局は、排水路内の水質モニタリング等を定期的実施する。また、必要に応じてポンプ委員会と協力して環境活動等を実施する。
13) その他	その他の事項に関しては、必要に応じてその都度関係者間で合意を行う。

出典：JICA 調査団

(2) 住民の組織化：類型と法的根拠

上述のように、受益住民の受け皿となる住民組織を、事業実施体制の一部として組み込むために組織化する必要がある。事業実施に必要となる住民組織は、主として2タイプあり、1つは排水ポンプ委員会（DPCs: Drainage-reuse Pump Committees）であり、もう1つがCDA:（Community Development Association）である。これらは事業実施後の施設利用組合なることを念頭に組織化される。

通常、水利組合の設立にあたっては、灌漑改善事業を契機に設立されCDIASがフォローアップを行うという形が取られている。その為、本プロジェクトのCPである。排水セクターや灌漑セクターのスタッフが水利組合の設立に関与するということはほとんどない。しかし、排水再利用という観点からは、排水ポンプの管理や排水路の清掃といったことも大きく関わってくるため、

水利組合の設立あるいは、排水ポンプに関するグループを水利組合の内部に立ち上げる場合には、管区灌漑指導部 (GDIAS: General Directorate for Irrigation Advisory Service) や灌漑改善事業のスタッフだけでなく、排水セクターや灌漑セクター等のスタッフをできるだけ巻き込んだ水利組合の設立が望まれる。

ポンプ委員会は主に排水再利用ポンプ場の裨益者から成り立っている。一方で、CDA は灌漑コンプレックス施設の裨益者が主な構成員となっている。排水ポンプ委員会を利用者組合として設立する背景には、排水再利用ポンプ場の主な裨益者が支線水路の下流地域の農家であることがあげられる。支線水路上流の農家にとっては、排水再利用ポンプ場に対する関心が薄く、ポンプ場の運転等にも関わることがない。そのため、上流から下流まで全ての農家を含んだ支線水路組合では、排水再利用ポンプの運営に関して、大きすぎるといえる。

しかし、一方で、支線水路上下流全体での公平な水配分を実現することが灌漑改善の目標となることから、ポンプ委員会は、既存の水利組合が存在するサイトでは、当該水利組合内部の委員会として立ち上げることを計画する。そしてこの委員会の幹部には、水利組合全体の組合長等も加わるようにし、排水再利用も含めた上下流の公平な水配分が行えるような体制で委員会を形成する。

また、灌漑コンプレックス施設の対象地区では、集落排水処理施設の運転維持管理を担う住民組織が必要であり、既存の組織がない場合は、新たに CDA を設立する。CDA は地元住民で組織される。CDA は社会連帯省に登録された NGO であり、エジプトの農村地域においてよく見られる住民組織である。多くの CDA はコミュニティーサービスの提供や慈善活動を主な活動としている。灌漑コンプレックス対象地区においては、CDA がコミュニティーサービスの一環として集落排水処理サービスの提供を行う。

排水ポンプ委員会は、法的な根拠があるわけではなく、あくまで任意組織という位置付けになる。しかしながら、委員会の活動を円滑に実施していくためには、政府の公認を得ることが重要である。排水再利用ポンプの利益者が代表者を選出し、排水ポンプ委員会の代表メンバーとして、排水再利用ポンプ場の運営に関わることになるため、県の灌漑局によって排水ポンプ委員会を水資源灌漑省が公認した委員会であることを記した省令を発行する。

一方で CDA の設立は NGO 法(Law No.84 of 2002)によって規定されており、設立に当たっては社会連帯省への登録が義務付けられている。登録に当たっては、組織構成や会計システム、活動内容といった内容が NGO 法によって規定されている。排水ポンプ委員会と異なり、CDA は法的資格を有しているため、コミュニティーサービスの提供が可能であり、コミュニティーメンバーからのゴミ収集や集落排水処理施設運営に係る料金徴収や組織として銀行口座を開設することが可能である。

表 4.7.3 灌漑コンプレックス事業に関わる農民組織化

組織類型	認可
任意組織 (ポンプ委員会等)	県の灌漑局等により、水資源灌漑省が公認した委員会であることを記した省令を発行する。
CDA (集落排水処理施設利用組合等)	NGO 法(Law No.84 of 2002)に基づいて設立し、社会連帯省へ組織登録する。

(3) 農民組織化のステップ

農民組織化のステップについて整理しておく。農民組織化は、関係諸機関の間でとり結ぶプロトコルの作成・合意過程と並行して進められる。排水ポンプ委員会及びCDAの設立にあたっては、主に3つの設立準備活動があげられる。1つは導入ワークショップ、2つ目は代表者選出、そして3つ目が組織規定の作成である。これらの準備活動は、排水ポンプ委員会とCDAでほぼ共通している活動である。下図にプロトコル締結と農民組織化の標準的プロセスを示す。

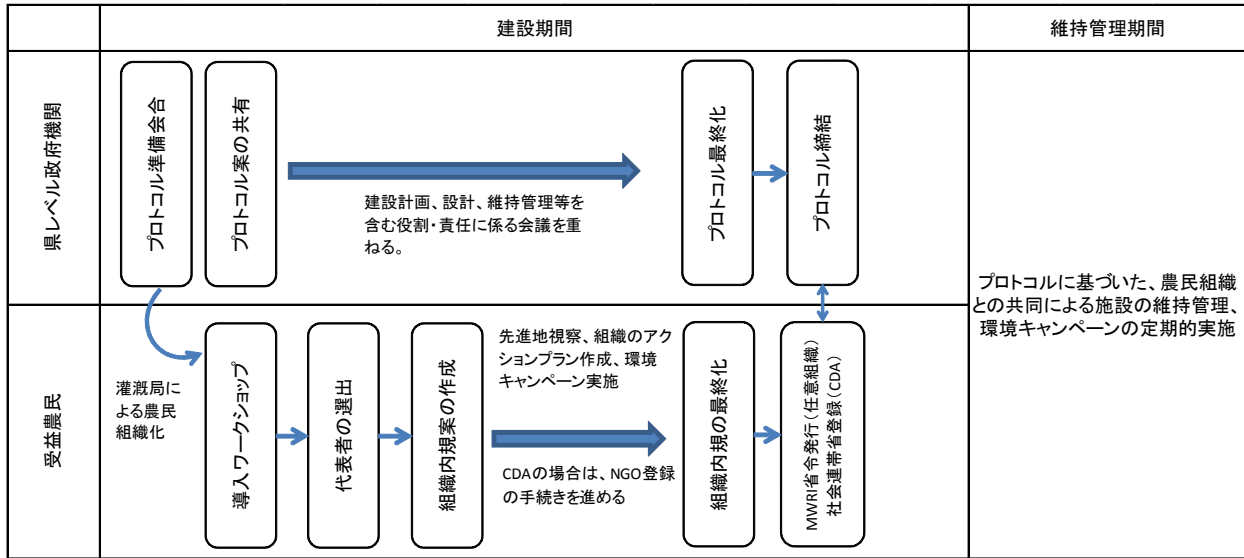


図 4.7.3 プロトコルと農民組織化のプロセス

これら一連のプロトコルと農民組織化に係る活動は、施設の建設工事の進捗に合わせて実施していくことが望ましい。プロトコルの締結にあたっては、農民組織が、省令及びNGO法によってプロトコルの実施主体となりえるようになってから、締結手続きがなされるべきである。そのため、プロトコルの最終化及び締結手続きは、農民組織の内規の最終化及び省令発行といったタイミングと同じく実施する。さらに、これらプロトコル締結に係る手続きは、施設建設工事終了の数カ月前に完了させておくことが望ましいと言える。プロトコル締結が早すぎた場合、プロトコル締結から実際の施設運用までの期間が長くなりすぎて、実際の施設運用時に再度プロトコルの内容を調整しなければならぬ可能性がある。逆に、プロトコル締結が遅すぎた場合、施設建設工事完了後、スムーズに運用に移行することができなくなってしまう。そのため、施設建設工事完了の数カ月前を目途に、農民組織の省令発布及びプロトコル締結手続きを実施するような活動スケジュールが望ましい。

導入ワークショップ

導入ワークショップの目的は、プロジェクトのコンセプト及び目的を裨益者に伝えることであり、プロジェクト裨益者のプロジェクトに対する合意を得るステップともなる。特に灌漑コンプレックス施設導入の対象となる住民は、集落排水処理施設に対する支払い負担が発生するため、対象住民より合意を得ることは、その後のプロジェクト活動を円滑に進めていく上で、重要なプロセスとなる。そのため、この導入ワークショップは地元裨益者を含め、灌漑局及び排水局等のプロジェクトに係るステークホルダーとの信頼関係を築く最初のステップとなる。

代表者の選出

各地区での導入ワークショップ実施後は、ポンプ委員会及びCDAの代表者の選出を行う。住民間で話し合いを重ね、1地区で5名から7名の代表者を選出する。排水ポンプ委員会及びCDAの代表メンバーは地元住民の話し合いによって選定してもらう。投票など、その方法については、地元住民の裁量に委ねる。代表者メンバーとしてコミュニティの年長者メンバーが選ばれるケースが多い。年長者はコミュニティ内で影響力があり、村内の揉め事が起こった際には、仲裁役となることが多い。活動的な農家も代表に選ばれるケースが多い。このように、代表者の選出は、地元住民が納得する形で進めることが望ましい。

代表者の選出については、地元の有力者を巻き込むように留意する必要がある。パイロットプロジェクトでは、コミュニティ内で話し合いをしてもらい代表者を選出することで、どのコミュニティも地元の有力者が代表者グループに含まれることとなった。地元の有力者が選ばれることにより、コミュニティメンバーを集めた会議や環境啓蒙活動を実施する際に、より多くのコミュニティメンバーを巻き込むことが可能となる。一方で、排水ポンプ委員会の場合、その役割からして女性がメンバーに含まれることは稀であると考えられる。しかしながら、そのような場合でも、ポンプ委員会の会議に女性が参加することは、パイロットの経験から可能である。このため、代表者選出については、コミュニティメンバーを委員会の活動に巻き込むために地元の有力者が選ばれる方が効果的といえる。そして、具体的な委員会の活動計画を作る際や活動を実施する際には、そのプロセスに女性を巻き込むように留意する必要がある。

組織内規案の作成

内規の作成も活発な委員会を組織する上で重要な要素となる。内規の主な目的は農民組織の運営ルールを明確にすることであり、メンバーがその内容を適切に理解している必要がある。例えば、ガルベイヤ県の活発な支線水路水利組合では、メンバー組織内規の存在とその内容を理解しており、理事メンバーは内規に関する研修を受講している経験も有していた。内規の作成を行い、メンバーへの周知を徹底することが活発な委員会を組織する要件となりうる。

排水ポンプ委員会の内規は、灌漑及び排水路の管理を規定している Law No.12/1984 and Law No.213/1994 に基づき、各組織の代表者メンバーがドラフトの作成を行う。ドラフト作成では、メスカレベルの水利組合の内規も参考になる。内規は、会議の運営方法、メンバーへの伝達方法、組織構造、運営上のルール等が定められる。排水ポンプ委員会やCDAを初めて組織したメンバーがその内規を作成するのは容易ではない。そのため、活動を始めた当初に内規のドラフトを作成し、一連の活動を経験したあとに、再度ドラフトを見直し内規の最終化を行うという手順で行う。

組織内規最終化までの人材育成活動

組織内規の最終化を図る前段に、組織としての活動を進める上での学習期間を設け、内規の最終化に有益な情報が得られるよう工夫することが考えられる。そのための活動として、先進地の視察研修実施、および環境キャンペーンの実施を計画する。視察研修の目的は、排水ポンプ委員会やCDAのメンバーが、先進的な事例地区を視察することで摂り実践的な経験を得ることである。カフルシェイク県内では主としてIIIMPで組織化された支線水路水利組合(BCWUA)が多く存在し、ユニークな活動を行っている先進的な組合も存在する。このようなIIIMPの成果を活用して、組織の能力強化を図る。先進事例視察の後は、組織でアクションプランを作成し、主に境キャンペーンを最初に組織として行う活動として計画し、実行する。この過程を経ることで、組織の能力向上につながり、また組織内規で必要となる事項もより明確となる。更には、当初に選定され

た代表者の資質も確認されることになり、場合によっては、内規最終化までにより活動的な人材への代表者の交代の機会も得られることになる。

組織内規の最終化

組織の一連のアクションプラン終了後、組織設立当初に作成した内規案の最終化を行う。代表メンバー同士で改めて内規の内容を確認しメンバー間で合意を行う。こうした内規の最終化プロセスは、組織の目的、活動内容を改めて代表メンバー間で見直すきっかけとなる。また、最終化された排水ポンプ委員会の内規はカフルシェイク県の灌漑局に提出し、灌漑局長より承認を得る。排水ポンプ委員会は任意組織であるものの、灌漑局や排水局、ローカルユニットなど幅広い関係機関がその活動に関するため、政府機関より内規等に対する承認を得ておくことが重要である。

表 4.7.4 内規の主な項目

項目	内容
1. 内部規定について	<ul style="list-style-type: none"> 代表者の任期期間 活動の記録方法、保管について 代表者会議の開催について 代表者メンバーのメンバーシップについて
2. 組織機能と責任	<ul style="list-style-type: none"> 代表メンバーの責任 委員会の機能 支線水路組合との協力
3. 罰則等について	<ul style="list-style-type: none"> 委員会メンバーへの罰則について 紛争解決について

出典：JICA 調査団

水資源灌漑省省令の発布

ポンプ委員会のような任意組織に対しては、県の灌漑局長より内規について承諾を得たのち、カフルシェイク県灌漑局長より排水ポンプ委員会に関する省令の発布を行う。省令は、公式に排水ポンプ委員会の設立を認めるものであり、排水ポンプ委員会の目的や構成員、主な活動等について明記される。この省令の発布により、ポンプ委員会は省から、水利組織としての公認を受けることになる。

省令の内容
第1条：排水ポンプ委員会のメンバーについて
第2条：灌漑局職員の役割について
第3条：排水ポンプ委員会の責務について
第4条：排水ポンプ委員会の解散について
第5条：省令の発効について

4.7.4 施設計画時の手順・留意点

灌漑コンプレックス構築における施設計画時の手順・留意点を以下に示す。

(1) 集落排水処理施設

集落排水処理施設の計画時に重要な課題として、設置場所の選定が挙げられる。エジプト国内においては、農地の土地買収は困難であり、空地なども共有地になっており、全ての地権者の同意を得るのは不可能に近い。したがって、公有地を前提に設置場所を選定する。

設置場所の選定後、各関係者との調整・承認の手続きが必要となるが、CDA、県庁、排水庁、保健省への直接説明、承認が有効である。各関係者よりその都度出される条件に対応する事になる事から、時間を要する事に留意する必要がある。

処理方式は、特に維持管理の容易性及び維持管理費を重視して、選定する必要がある。将来的

には、専門業者による巡回管理も想定されるが、現時点においては、処理施設箇所数も少ない事から、専門業者への委託は困難である。したがって、農民等、高度な知識や経験を持たない維持管理者でも容易に維持管理操作が可能となる処理形式の選定が必要である。建設費は、処理規模も小さい事から大きな差は生じないと思われるが、高度な計測機器等は維持管理出来ないため、必要最低限の設備として設計する事が望ましい。処理方式の選定において課題となる臭気の問題は、地下式とするなどカバーし、民家より距離を確保する事により大きな問題は生じないと想定される事から、脱臭設備等の特別な臭気対策は不要である。

(2) 水路内浄化施設

処理形式の選定において、重要なのが排水庁で決めている水位の保持である。現在は、設置後の水位上昇 20cm 以内と決められているが、設計水位と現況水位が大きく異なる事にも留意が必要である。水位上昇を 20cm 以内とし、経済性を考慮してポンプなどの機器を利用しない事を考慮すれば、処理方式は自ずと限定される。したがって、本パイロットプロジェクトで採用した沈殿及び植生浄化が妥当と判断できる。また、頻度の高い維持管理も困難である事から、汚泥処理や交換頻度の高いろ材等の採用もエジプト国には適さない。植生浄化の対象となる植物種は、DRI 等で研究は進められているが、処理能力よりも継続性が重要である。即ち、入手しやすく、成長の早い植物種として、原生しているホテイアオイ、葦などが最適である。ホテイアオイは、特に成長が早いので、浚渫時期が遅くなると過繁茂となり、効果が無くなるので、排水庁で計画される浚渫が定期的実施される事が前提条件である。設置延長についても、数 km の延長とすれば、理論的に処理効果は上がるが、維持管理の分担などが困難であるため、数百 m 程度の延長に抑える事が望ましい。水路内浄化施設は、集落排水処理施設の様に除去率 90%以上の能力を期待する施設では無い。したがって、汚濁濃度の高い排水路に対しては、下水道整備等抜本的な対策を講じる事とし、水路内浄化施設は、水質の安定性の確保及び 10~20%程度の水質改善を目的に設置する事が望ましい。

(3) 排水再利用ポンプ

排水再利用ポンプは、エジプト国内でも多くの実績がある事から、既存のポンプ施設を参考に計画する事が可能である。留意点としては、ポンプメーカーの選定に際し、納入実績が多く、故障が少ないメーカーを選定する事が重要である。電気の引き込みに関しても、本体工事との取り合いを各段階で確認する事、工事工程、品質管理にも十分な留意が必要である。ポンプの検査に関しては、ポンプコミッティーの承認が必要である事から、試験日の調整及び試験項目について、事前に確認が必要である。

(4) 堆肥化施設

堆肥化施設も用地取得が困難である事から、排水路脇が最適であると考えられる。しかしながら、排水路の護岸について、十分な協議を行い、課題な護岸型式とならない様に留意する。

4.7.5 女性の役割と巻き込み

灌漑コンプレックス設立において、女性が水利組合や CDA のメンバーになることは慣習上困難であるが、環境啓発活動においては女性の役割も期待される。家庭内でのゴミ処理や環境に関する子供の教育は、女性の役割であることが一般的であり、それに加え、家畜の世話や農業にも一定の役割を果たしている。灌漑コンプレックス設立活動を通じて、女性の役割を明確に位置付けて女性の活動参加が環境改善に寄与することを男性にも認識できるように活動を進めていく。ま

た、環境啓発活動でも、女性はモスクでイمامによる環境啓発の話聞きに行くことができないと言った制約もあるので、女性の活動への巻き込み方法も工夫が必要である。下表および下図に、灌漑コンプレックスにおける女性の役割と活動への巻き込む方法を示す。

表 4.7.5 環境啓発活動における女性の役割と巻き込み方法

環境啓発活動	主な活動内容	女性の役割/巻き込み方
コミュニティにおける環境啓発活動	コミュニティ内のゴミ収集活動	家庭ゴミの分別・廃棄は女性の仕事であることが多く、ゴミ収集活動等の実施では女性に働きかけることが必要。
イمامを通じた啓発活動	イمامによる説話等	女性がモスクに行く機会が少ない場合があるので、女性だけのセッションを設ける。
水路付近の清掃／環境キャンペーン	ゴミ拾いや植林活動等の実施	女性が直接的に参加することは難しい。女性教師等の参加を通じてコミュニティ内の女性への活動アピールを行うことが有効。
学校における環境啓発活動	生徒及び保護者を対象とした環境保全に関する講義等	子供の日頃の世話は母親が中心。学校での環境啓発活動に、母親に参加してもらうことで家庭内の啓発につながることを期待される。

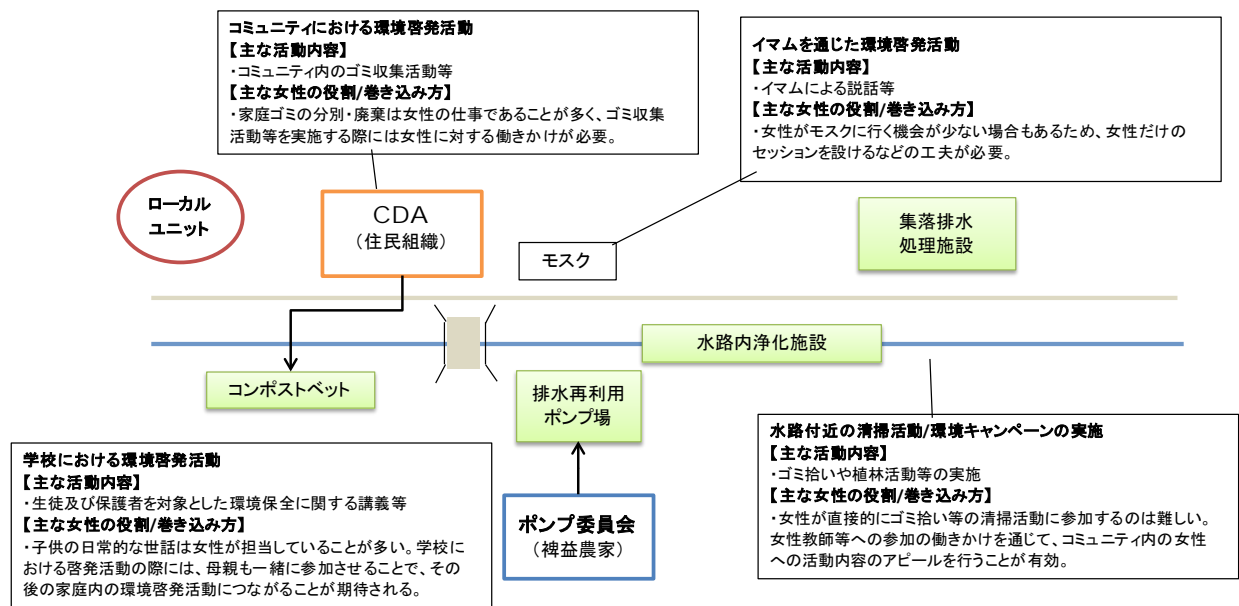


図 4.7.4 環境啓発活動における女性の役割と巻き込み方法

4.8 施設維持管理計画

4.8.1 排水再利用計画事業の維持管理体制

排水再利用計画の維持管理体制は、基本的に施設の建設に関わる機関が、維持管理にも携わりますが、集落排水処理施設等の灌漑コンプレックスの一部のコンポーネントは、農民組織に管理を移管する。下表に、施設建設を含むプロジェクトの維持管理体制を整理する。

表 4.8.1 施設建設を含むプロジェクトの維持管理体制

施設	実施主体と維持管理内容
灌漑コンプレックス設立プロジェクト	関係機関によるプロトコル締結： 灌漑局：排水再利用ポンプの維持管理（運転、燃料供給、補修） 排水局：直接浄化施設の維持管理（浚渫、水生植物除去、ゲート操作） 上下水道公社：集落排水処理施設のモニタリング、技術支援、塩素供給、汚泥買取 農民組織（ポンプ委員会）：排水再利用ポンプ運転にかかる要請、水路清掃 農民組織（CDA）：集落排水処理施設の維持管理（料金徴収、施設運転、軽微な補修、汚泥引き抜き）、ゴミ収集、堆肥化施設の活用
ガルビア幹線排水路の水質改善プロジェクト	排水庁：排水路の維持管理 灌漑局・電気機械局：ポンプ場の運転・維持管理 上下水道公社：都市下水道の運営・維持管理
大規模排水再利用ポンプ場建設プロジェクト	排水庁：排水路の維持管理 灌漑局・電気機械局：ポンプ場の運転・維持管理
排水路の暗渠化プロジェクト	地方政府・排水局：ごみ除去、浚渫等の定期的メンテナンス

4.8.2 灌漑コンプレックス施設に係る維持管理体制

排水再利用を促す灌漑コンプレックス施設の導入はエジプト国においてこれまでに先例がほとんどない新しいコンセプトであるといえる。しかしながら、いくつかの灌漑コンプレックスのコンポーネントは単体として既にデルタ地域で導入されているものもある。例えば、排水再利用ポンプ場は一般的に広く既に使用されているものである。一方で、水路内浄化施設や集落排水処理施設等については、灌漑局や排水局に馴染みがなく新しい施設であるといえる。こうした新しい施設に対しては、プロトコル締結にも時間がかかることが想定される。

水路内浄化施設については、排水路内の施設であるため排水局の管轄となる。しかしながら、水路内浄化施設そのものが排水局にとって新しいものであり、これまで同様の施設を運営管理してきた経験が乏しい。水路内浄化施設の運営維持には、水路上流部分に溜まったゴミの除去や浄化施設が設置されている水路部分の浚渫といった定期的な作業が発生する。また、灌漑期には、浄化施設の構造物を操作し、排水路内の水位を調整する必要も生じる。これらの維持管理については、パイロット事業で実施した W-5 地区での実践を基に経験を蓄積し、排水局の通常業務としていく必要がある。

集落排水処理施設については、CDA が日常的な運営・維持管理をすることが基本となる。集落排水処理施設そのものは、複雑な操作が必要なく CDA のメンバーでも運転操作が可能なのである。しかしながら、定期的なメンテナンスや機器に不具合が起こった際には、CDA のみでの対応が難しいと考えられるため、都市部の下水処理施設を管轄している上下水道公社に技術的なサポートを依頼する。このような役割分担は、上述のプロトコルで明確化しておく。

灌漑コンプレックス施設に係るプロトコルは、施設建設後の維持管理体制の役割の明確化が重要である。プロトコルの効力を確実にするためにも、プロトコル締結には、県知事立会の下での締結式の実施が推奨される。パイロット事業の例では、締結式には 10 組織が参加し、参加者全員の合意のもとプロトコルへのサインが取り付けられた。プロトコルへの関係機関は下記の 10 組織である。

- 1) カフルシェイク県知事
- 2) 中央デルタ排水局長
- 3) カフルシェイク県灌漑局長
- 4) カフルシェイク県上下水道公社
- 5) 西カフルシェイク県灌漑局
- 6) 西カフルシェイク県排水局
- 7) カフルシェイク県シティカウンシル

8) サンデラ村ローカルユニット 9) ハムシーン村 CDA 10) 排水ポンプ委員会

灌漑コンプレックス施設に係るプロトコルは大きく5つの項目から成る。1) ポンプ場の運転管理、2) 水路内浄化施設の維持管理、3) 集落排水処理施設の運営維持管理、4) コンポスト施設の運営維持管理、そして5) ゴミ収集活動のモニタリングとフォローアップである。次の表の各施設と主な活動内容をまとめる。

表 4.8.2 灌漑コンプレックス施設の運営維持管理体制に関するプロトコルの内容

施設	主な活動
排水再利用ポンプ場	<ul style="list-style-type: none"> 灌漑局が施設の運営維持管理の責任を負う。 排水ポンプ委員会は、ポンプの運転に関して灌漑局と農家間の調整を行う。また、環境啓蒙活動を推進する。 排水局は排水路の維持管理について責務を負う。
集落排水処理施設	<ul style="list-style-type: none"> CDA が日常的な施設運営維持管理を行う。また、ローカルユニットと上下水道公社との各種調整を行う。 上下水道公社は CDA に対して技術支援を行う。 ローカルユニットは CDA の運営サポートを担う。
水路内浄化施設	<ul style="list-style-type: none"> 排水局が排水路内の水位調節や清掃等の維持管理を行う。
堆肥作り施設	<ul style="list-style-type: none"> CDA が農業省等の関係機関と調整を行う、運営管理を行う。
ゴミ収集システム	<ul style="list-style-type: none"> CDA が運営を行う。住民からゴミを収集し、ローカルユニットとしての処分場まで運搬を行う。

出典：JICA 調査団

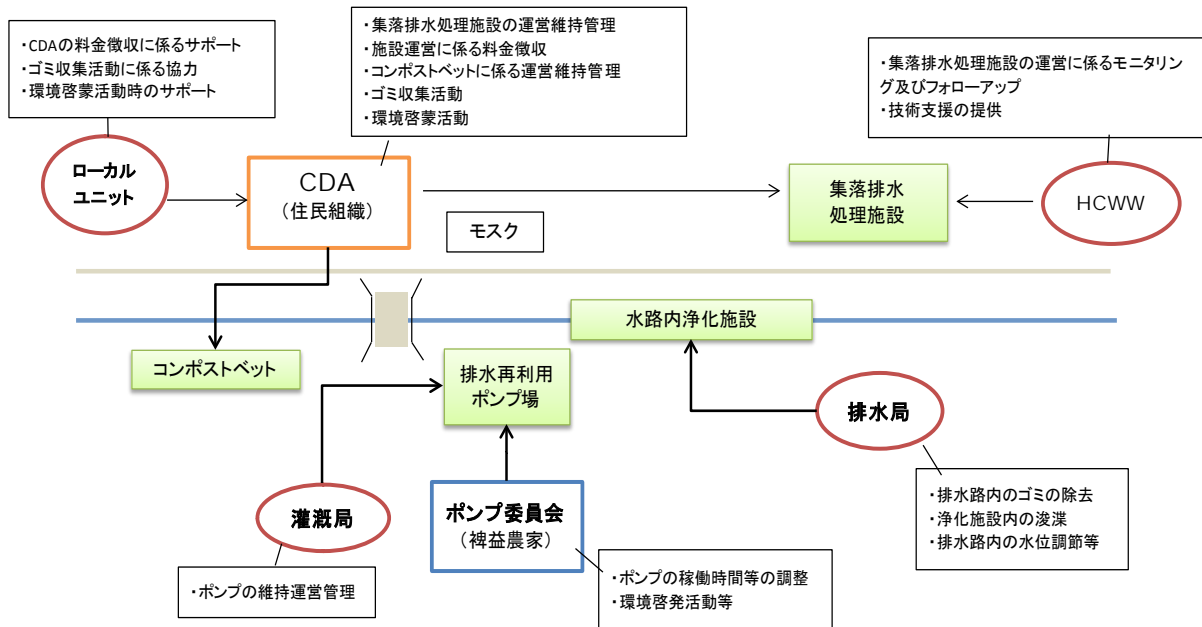


図 4.8.1 灌漑コンプレックス施設運用概要図

4.9 事業費

下表 4.9.1 に排水再利用計画の概算事業費を、表 4.9.2 に事業費内容を示す。10 年間の計画における総額は USD231,000,000 と概算される。このうち、マハラクブラ市の大規模下水処理場の改修・機能強化を含むガルビア幹線排水路の水質保全事業費が USD200,000,000 で、全体の 87% を占める。水質モニタリング活用強化および排水を活用した営農改善プロジェクトは、専門家投入によるソフトコンポーネントである。排水路の暗渠化は、MWRI が年次計画を立てて実施中であり、2015 年度（2015 年 7 月から 2016 年 6 月）では 240m の実施の予算が承認済みである。

灌漑コンプレックスの事業費は、1 地区をフルスケールで実施した場合で USD450,000/ヶ所であり、予算や対象地区の条件に応じて、部分的なコンポーネントの実施を計画する。実際、上述の表 4.5.4 に示したように排水再利用ポンプの設置は水資源灌漑省でも継続的に進めており、排水再利用ポンプ設置地区に、他のコンポーネント（直接浄化施設、集落排水処理施設、堆肥化施設、環境キャンペーン）を組み合わせていくことで実施を推進できる。また 91 地区の候補地区から F/S を通じて 46 か所を実施に移行すると仮定する。

表 4.9.1 排水再利用計画の概算事業費総括表(\$1,000)

Project	Total	Short Term	Mid Term	Long Term
灌漑コンプレックス設立	21,500	1,250	9,000	11,250
ガルビア幹線排水路の水質改善	200,000	1,000	149,000	50,000
大規模排水再利用ポンプ場建設	4,000	800	3,000	200
排水路の暗渠化	2,600	624	607	1,369
水質モニタリングの活用強化	700	350	350	-
排水の作物生産への効果的活用	2,000	1,000	1,000	-
Total	230,800	5,024	162,957	62,819

表 4.9.2 排水再利用計画の概算事業費内容

Project	Description
灌漑コンプレックス設立	灌漑コンプレックス 1 か所当り USD450,000（ポンプ USD230,000、直接浄化施設 USD86,000、集落排水処理施設 USD76,000+下水道管 USD20,000、コンポスト USD33,000、水利組合強化・環境キャンペーン等）、F/S : USD800,000、F/S により 91 か所から 50% の 46 か所の実施想定。
ガルビア幹線排水路の水質改善	マハラコブラ下水処理場建設（家庭排水 120,000m ³ /day+産業排水 45,000m ³ /day）USD180,000,000、ハモウル混合揚水機場改修（10m ³ /s）USD4,000,000、再利用ポンプ（アルニル、Al Sheika 水路）USD2,300,000、ガルビア排水路沿い集落排水処理施設 USD1,000,000
大規模排水再利用ポンプ場建設	No.8 排水路とミト・ヤズィド用水路の交差点(10m ³ /s)USD4,000,000
排水路の暗渠化	ボックスカルバート USD867/m×3,000m
水質モニタリングの活用強化	専門家投入：1 名×6 年×0.6（年間稼働率）、機材
排水の作物生産への効果的活用	専門家投入：2 名×6 年×0.6（年間稼働率）、機材

4.10 期待される効果

4.10.1 全般的な効果

(1) ピーク時における灌漑用水不足量の解消

第2章で述べたように、カフルシェイク県全体の灌漑用水の不足量は、年間 822MCMと算定され、これに対し、記録されている公式の排水再利用機場による排水の再利用は年間 669.5MCMとなっている。農家が個別に小型ポンプを用いて排水を揚水して水不足を補う光景が農村では見られるが、これらは非公式な排水再利用であり記録はない。将来の水需要増加予測を考慮すると、不足水量は 1,508MCMと予測される⁶。

カフルシェイク県のピーク時（9月）の不足水量は 516MCM となっている。集落排水処理施設を含む灌漑コンプレックスを 46 か所で設立し、各地区で 1 m³/s の排水再利用が可能になり、No.8 排水路に 10m³/s の排水再利用機場を建設すれば、全体で 56m³/s、1 か月の排水再利用量ではピーク月に 145MCM となる。これにより県全体の不足水量の 28%を解消できることになる。上記のように既に排水再利用も相当量実践されてはいるが、将来の水需要増大も考慮する必要がある。集落排水処理施設を積極的に広めて水質保全がなされることを前提に、本排水再利用計画による排水再利用量の増加は十分なインパクトがある。

(2) 農村部での下水道整備率の向上

第2章で述べたように、2015年2月時点でのカフルシェイク県内の下水道整備率は、下水道がカバーされている市町村数で見れば、都市部が郡都 10 都市に対して 100%、農村部が 206 村に対して 72 村をカバーする 35%という整備率になっている。本プロジェクトにより 46 か所の灌漑コンプレックスが設立され、各コンプレックスに集落排水処理施設が整備されると想定すると、農村での下水道整備率は、現状の整備率は 57%まで上昇する。但し、灌漑コンプレックスでは、パイロットプロジェクトのように村内の小集落を対象にする場合があるので、村落カバー率は高まるが、人口からみた整備率は、これより下回ることが想定される。したがって、中小都市の下水道整備を含め、住宅省の主導による下水道整備事業の推進が必要である。

(3) 農業所得の増大

排水の灌漑への再利用による直接の効果は、灌漑用水路下流部の用水不足解消による農業生産性の増大である。中間排水再利用の実践である灌漑コンプレックスでは、支線用水路の末端から支援排水路の排水を揚水し、支線水路全体の用水不足を補う。ガルビア幹線排水路の場合は、バハルテラ幹線用水路の受益地 84,800 フェダンについては、幹線用水路上流から排水を混合するので、支線用水路の上流から不足水の補てんを行うことになる。No8 幹線排水路からミト・ヤズィド用水路に排水を混合するプロジェクトもの受益 16,900 フェダンも同様に支線用水路上流部から不足水の補てんが図られる。灌漑コンプレックスが 46 か所（1 か所 1,800 フェダンと想定）設置されるとすると、82,800 フェダンへの用水不足補填がなされることになる。灌漑長期計画の 10 年間に至る本計画で期待できる想定受益面積は約 190,000 フェダン（79,800ha）となる。これは、カフルシェイク県の耕地面積 566,024 フェダンの 34%をカバーする。

⁶ 第2章 2.3.3 に示すように、農地開拓による面積増（600,800 fed ⇒680,700 fed）を想定した場合の不足水量である。

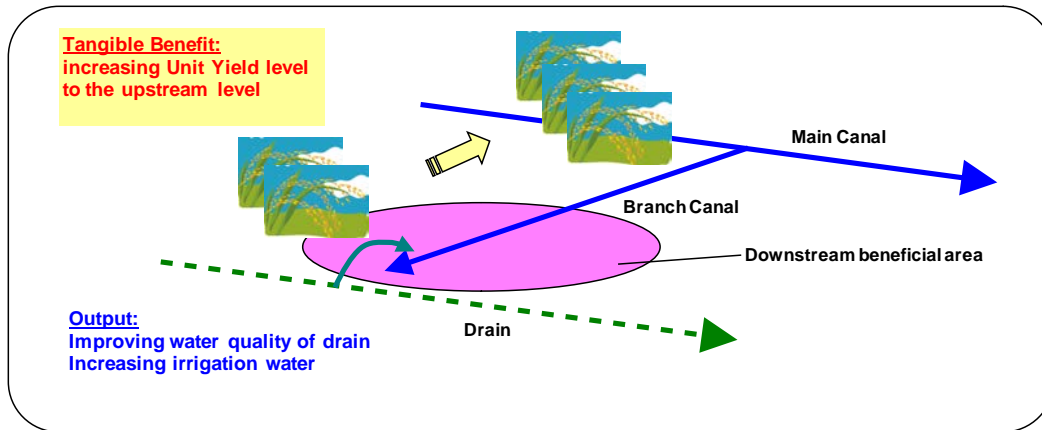


図 4.10.1 中間排水再利用（灌漑コンプレックス）による排水再利用と便益の発現

プロジェクトによる農業所得の増大は、作物単収の増大による農業所得の向上である。作物の増収率は、本プロジェクト実施期間中に坪刈り調査等を行った結果を基礎に、水稻で上下流間の差が 16%と算定された。これを便宜上受益支線用水路全体での単純平均を想定し（下図参照）、受益地区全体で 8%の増収率と設定した。

同様にメイズも坪刈り調査の結果を考慮して増収率を 23%と設定し、綿花その他野菜の増収率を米と同等の 8%、冬作も若干の水不足期間が出ることから 3%~5%の増収率を考慮した。農家調査等に基づいて設定した標準的な農家の営農

規模および作物別作付面積から、排水再利用による平均増加所得額を 692LE/フェダンと算定した。これを基に、計画実施による県全体の農業増加所得額を算定すると、年間 131.5million LE となる。

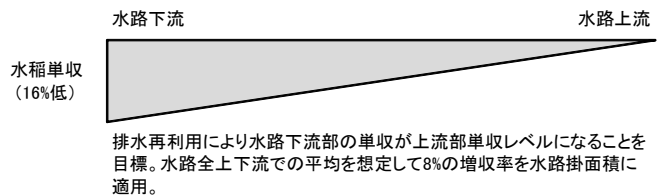


図 4.10.2 農業便益算定の考え方

表 4.10.1 排水再利用による平均増加所得額の算定

Crop	Without Project					With Project(Sumer:rice 8%, maize 23%, Other 8%) (Winter: wheat 3%, berseem 3%, sugarbeet 5%)					Difference (LE)
	Cropped Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/t)	Cost (LE/fed)	Net Income (LE)	Cropped Area (fed)	Yield (t/fed)	Price (LE/t)	Cost (LE/fed)	Net Income (LE)	
Summer Crop											
Paddy	1.44	3.00	2,000	2,290	5,342	1.44	3.24	2,000	2,290	6,034	
Maize	0.24	3.50	1,500	2,888	567	0.24	4.31	1,500	2,888	858	
Cotton	0.60	0.90	6,300	4,226	866	0.60	0.97	6,300	4,226	1,131	
Other (melon)	0.12	13.22	697	2,764	774	0.12	14.28	697	2,764	863	
Winter Crop											
Wheat	1.20	1.59	1,700	1,541	1,395	1.20	1.64	1,700	1,541	1,496	
Berseem	0.36	39.02	55	279	673	0.36	40.19	55	279	695	
Sugar beet	0.84	17.62	270	1,618	2,637	0.84	18.50	270	1,618	2,837	
Total	4.80				12,254	4.80				13,914	
farmland =2.4fed					5,106					5,798	
										692	

4.10.2 プロジェクト毎の効果

プロジェクト毎の期待される効果を下表に整理する。このうち定量的に評価できるものについて下記に記述していく。

表 4.10.2 提案プロジェクト毎の期待される効果

プロジェクト	効果
灌漑コンプレックス設立	灌漑のための利用可能な排水の増加、水不足解消による作物生産性の増加、農業所得の増大、灌漑水路内の農家間の水争いの軽減、生活環境の改善、水因性疾患の削減等
ガルビア排水路の水質改善	灌漑利用可能な排水の水量増大、水不足解消による作物の生産性および生産量の増大、ガルビア幹線水路排水利用による風評被害の除去による作物価格上昇、農業所得の増大、生還環境の改善、水因性疾患の軽減等
大規模排水再利用ポンプ場建設	灌漑用水の増大、水不足解消による作物生産性および生産量の増大、農業所得の増大
排水路の暗渠化	排水の水質保全、居住地域での臭気の軽減、水路転落事故の防止、土地の創出。
水質モニタリングの活用強化	汚染源の確定が効果的に実施される。対策の優先順位付けが効果的になされる。これらにより、水質保全対策に対する投資効率が向上する。
排水の作物生産への効果的活用	化学肥料等の節減による農業生産費の軽減、農業収益の向上

(1) 灌漑コンプレックスの設立

上述のように、本排水再利用計画では 91 か所の灌漑コンプレックス設置の候補地を挙げているが、パイロットプロジェクトの選定時でも、水質の許容範囲や住民の意向等で候補から外れるサイトも出てきたことから、F/S の実施により実施可能地区数も絞られると考えられ、46 か所の設置を想定している。上述のように、排水の再利用による農業所得の増大は 692LE/フェダンと想定される。灌漑コンプレックス 1 地区あたりの受益面積は、水路により異なってくるが、パイロットプロジェクトを実施した W5 地区の受益面積 1,800 フェダンを一単位と想定すると、46 か所で 82,800 フェダン (34,776ha) の受益となる。これは、カフルシェイク県耕地面積の 15%をカバーする。農業所得増加額は、年間 57.3million LE となる。

排水再利用ポンプと直接浄化施設、集落排水処理施設等のフルスケールの灌漑コンプレックス設立に対して、FIRR を算定すると 27.8%という高い経済性を得た。集落排水処理施設は、従来生活環境改善のためのシビルミニマムという観点から設置されるべき施設であり、水質保全による農業生産性の向上でもってその効果を測ることは直接的ではない。しかしながら、灌漑コンプレックスの経済性を検討すると、集落排水処理施設の建設費を内数としても十分な経済性があることが示唆される。

(2) ガルビア幹線排水路の水質改善

ガルビア排水路からバハルテラ幹線用水路に排水を混合するハモウル揚水機場地点から下流部のバハルテラ用水路の受益地は、84,800 フェダンとされる。また、ハモウルより下流のガルビア幹線排水路からの再利用が計画されるアルニルおよびアルシェイカ水路への受益を約 5,000 フェダンと想定する。本プロジェクトによる受益面積は、県の耕地面積の 16%となる。農業所得増加額は、上述と同じ推計により年間 62.1million LE となる。本提案プロジェクトでは、カフルシェイク県上流のマハラクブラ市の下水道改修・機能強化が含まれ、事業費の 90%がこの下水道の整備に充てられる見積もりである。この下水道整備費用は高額であり、この費用を下流部の農業生産増大の便益で購うことは難しい。しかしながら、下水道の整備は環境改善、シビルミニマムの観点から進められるべき事業であり、排水を再利用することの農業便益は、事業全体の一部の効果

を占めるにすぎない。このため、IRR といった経済性のみでの本事業の実施判断は避けるべきである。

なお、ガルビア幹線排水路で排水を混合したバハルテラ幹線用水路下流受益に当たるハモウル郡北東部では、近年水田の養殖池への転換が進んでいる。養殖の収益性の高さも要因であるが、農業の低生産性による低収益性も、養殖池への転換に拍車をかけているものと推察される。図 4.10.3 は、養殖池の収益と現状の農業所得、また本プロジェクト後の増加農業所得（平均増収率と最大増収率）、更に県農業統計の平均値まで生産性が向上した場合の農業所得額を比較した図である。

第 2 章で示したように、調査団の聞き取り調査に基づく養殖池の収益性は高く、現状の農業所得レベルでは倍近い差額がついている。農業生産性が向上しても、農業所得は養殖池を上回る額に達しない。しかしながら、養殖業を創業するためには多額の投資資金が必要であり、また病気等により魚が大打撃を被るリスクもあるため、単年度の収益性のみでは全ての農家が養殖に転業するというほど誘引力にはならない。

また、作物による農業所得は低くとも、農家は更に冬作でベルシームを栽培し畜産収入を得られる基盤を持つことができる。水田を池に転換した場合は、もはや冬作も不可能となる。肉や乳製品販売による畜産収入を追加すれば、農業と養殖の収益差は更に縮小される。また、米や小麦の自家消費用の生産も賄えることが農地を維持する誘因となるであろう。いずれにせよ、水質を保全して用水不足を解消し農業生産性を高めることは養殖池への転換を抑制する要因となるであろう。

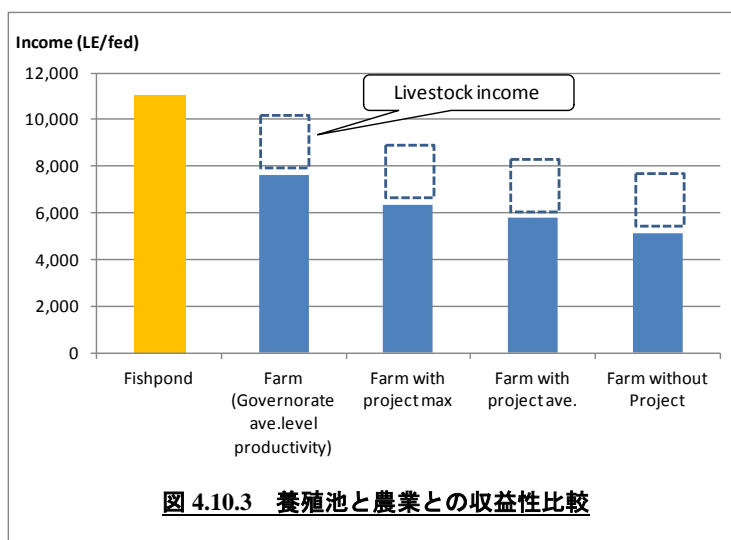


図 4.10.3 養殖池と農業との収益性比較

(3) 大規模排水再利用ポンプ場の建設

提案する排水再利用機場は、No.8 排水路とミト・ヤズィド用水路の交差点に位置し、この地点からミト・ヤズィド用水路の灌漑受益面積は、16,900 フェダン (7,098ha) であり、カフルシェイク県の耕地面積の 3% を占める。IIIMP による灌漑改善が進行中であるが、ピーク時には灌漑用水が絶対的に不足しており、排水再利用の必要性がある。上記と同様に本プロジェクトによる農業所得増加額を算定すると、年間 11.7million LE となる。本プロジェクトに対し、FIRR を算定すると 25.8% となり高い経済性が示唆される。

(4) 排水路の暗渠化

排水路の暗渠化による効果は定量化が困難である。暗渠区間が短いと水質に与える影響はほとんどないためである。暗渠化は居住区域に限って実施するため、計画地区の延長は 500m 未満に過ぎない。しかしながら、居住区であるがゆえに深刻となるゴミの投棄が軽減されれば濁土 (SS) の軽減につながり、また通水阻害の影響を軽減できる。但し、暗渠の出入り口にスクリーンを設置してゴミの回収を行う必要がある。その他の効果として、安全性の向上、臭気の防止等による

衛生改善、土地の創出等の効果がある。土地の創出では、3km の計画が完成すれば、180,000m² (1.8ha) の新たな土地が創出される。

(5) 水質モニタリングシステムの活用強化

本プロジェクトは水質専門家主導による既存水質モニタリングシステムの活用強化であり、定量的な効果の算定は困難である。しかしながら、水質モニタリングデータが事業の計画・実施に有効に活用されれば、経済性や緊急性の高い事業から投資がなされていく結果となり、全体の投資効率が上がることに寄与する。

(6) 排水の作物生産への効果的活用

排水の水質保全により BOD や DO 等の指標が改善されるが、排水に含まれる窒素は、一定の水質管理の下、作物の生育のための肥料として活用できる。どのくらいの排水内の窒素が肥料として有効に活用されるかは、圃場の土壌や気候条件等多くの条件下で異なってくる。ここでは、排水利用による肥料の代替効果について、水稻を代表作物として概略の試算を行う。試算の手順は以下である。

- 1) 排水内の窒素含有量を推定する。
- 2) 排水内の窒素が稲に吸収される率を推定する。
- 3) 窒素吸収量と排水再利用による用水補填量を勘案して排水からの窒素供給量を推定し、化学肥料を節減しうる量を推定する。
- 4) 窒素含有量換算肥料単価を用いて生産費減額を推定する。

まず、本パイロットプロジェクト対象 5 地区では、2013 年と 2014 年に継続的に水質モニタリングを実施してきた。この結果に基づき、水稻に対する灌漑用水が不足する時期で、排水内の窒素が肥料として作物の生育に活用される時期、すなわち 7 月および 8 月期の T-N 値を用いて排水の平均窒素含有量を推定したところ、T-N 値 (全窒素) は平均で 9.98mg/l という数値を得た。

表 4.10.3 パイロットプロジェクト地区の全窒素測定結果

Month	E1: Frash Alganaen		E4: Mekhazen		W2: Drain No.11		W4: Faraon		W5: Sandela		Average		
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	Average
Jul	4.20	11.40	21.80	11.42	17.00	8.20	12.60	10.52	11.76	5.60	13.47	9.43	11.45
Aug	6.72	9.82	12.88	10.44	11.00	7.20	8.48	8.45	5.48	4.54	8.91	8.09	8.50
Ave.	5.46	10.61	17.34	10.93	14.00	7.70	10.54	9.49	8.62	5.07	11.19	8.76	9.98

(出典) JICA 調査団

第 2 章に記載したカフルシェイク県の現状によると、7 月と 8 月の水稻に対する灌漑不足量は、必要水量に対し各々 38.5% および 47.2% に達する。水量では 7 月および 8 月に各々 501.27m³/フェダン/月および 687.7m³/フェダン/月となる。過剰な窒素投入とならないよう、農業用水の汚濁程度別濃度分級⁷を参考とし、混合水の全窒素濃度の上限を 4ppm としたうえで、この不足分を排水の再利用で補うと仮定した場合、排水から供給される全窒素は 7 月と 8 月を合わせて 10.82kg/フェダンと推計される。ここで、ポット試験での実験結果⁸での NH₄ 態での水稻吸収率が 44%、NO₃ 態での水稻吸収率が 15% という値を参照として用い、カフルシェイク県における排水内の窒素の水稻への吸収率を 15%~44% で想定する場合、肥料に代替できる窒素が 1.62kg/フェダンから 4.76kg/フェダンと算定される。但し、窒素吸収率は条件によって異なること、また灌漑に利用される排水も、収量増につながるタイミングでの供給でないと施肥効果を得られないことに留意する必要

⁷ 森川昌記ら；水質汚濁が稲作に及ぼす影響 (第 1 報)、千葉農試研報,23,pp.83~90 (1982)

⁸ 小川吉雄、酒井一；水田の窒素容量と水質保全対策；農土誌 1989 年 7 月

がある。

カフルシェイク県における聞き取り調査では、農家は水稲に対し窒素換算で約 19kg/10a (80kg/フェダン) の施肥を行っている。肥料節減量は、2.0%から 6.0%となる。但し、農家の施肥量は標準より過剰に投入している傾向にある。日本での水稲の施肥量は窒素換算で 10kg/10a (42kg/フェダン) 程度である。栽培環境条件が異なるため、そのままの比較は困難であるが、適切な施肥設計を行えば、排水利用による肥料節減料率はさらに高まると言える。

化学肥料の購入費用で換算すれば、10LE/フェダン～28LE/フェダンの節減額となる。これはわずかではあるが、エジプト国では肥料に補助金を付けて農協から販売しており、農協への配給量が希少になると、農家は一般市場で肥料を購入することになり、その値段は農協販売価格の倍にも達するので、肥料を適切に調整して節減することは有効である。補助金付肥料価額で、本排水再利用計画の全受益面積 190,000 フェダンの減肥が実施されると仮定した場合、年間 LE1.9 million から LE5.3 million の生産費節減となる。

表 4.10.4 カフルシェイク県での排水に含まれる窒素と稲吸収量の試算（水稲）

月	水稲必要水量 (m ³ /fed/月)	不足率	排水再利用 (m ³ /fed/月)	N-T (kg/fed)	窒素供給量 (kg/fed)	
					稲吸収率 15%	稲吸収率 44%
7月	1,302	0.385	501.27	5.00	0.75	2.20
8月	1,457	0.472	582.8 ^{注)}	5.82	0.87	2.56
合計				10.82	1.62	4.76

注) 全窒素濃度 4ppm 以下を考慮し、不足率の排水再利用補填上限を 0.4 で計算した。

(出典) JICA 調査団

表 4.10.5 カフルシェイク県での排水に含まれる窒素と稲吸収量の試算（水稲）

ケース	窒素吸収量 (kg/fed)	N 換算肥料単価 (LE/kg)	肥料節減額 (LE/fed)
稲の窒素吸収率 15%	1.62	5.94	10
稲の窒素吸収率 44%	4.76	5.94	28

注) 肥料価格は補助金付価格 (Urea: LE100/50kg, N46%、Nitrate LE95/50kg, N33%、Nitrate Fermex LE85/50kg, N22% の 3 種類の平均で N 換算肥料単価を算出)

(出典) JICA 調査団

4.11 事業概要表（活動計画）

上述の排水再利用計画の内容を、プロジェクト毎に概要表にまとめた。この概要表では、実施主体と時期別活動内容をアクションプランとしても整理した。以下に、プロジェクト毎の概要表を添付する。

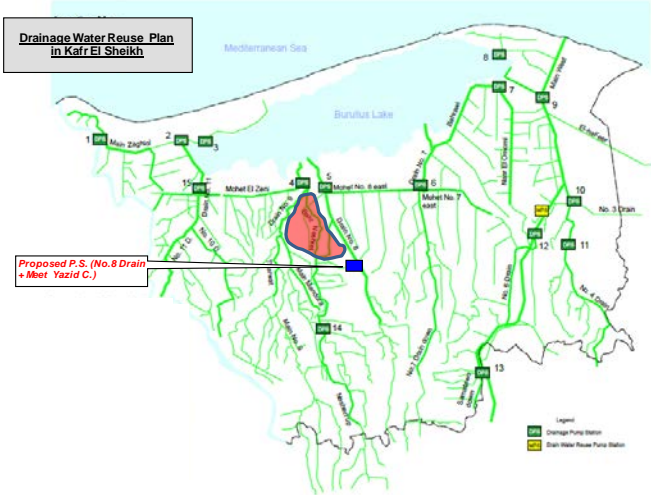
(1) プロジェクト概要表：灌漑コンプレックス設立プロジェクト

プロジェクト名		灌漑コンプレックス設立プロジェクト									
プロジェクト目標：灌漑に利用可能な排水の再利用により作物生産性が向上する。											
プロジェクト概要：						対象地域：県全域					
<p>本プロジェクトは、排水の水質を保全して灌漑への再利用を強化するため、複数の施設を組み合わせたコンプレックスを設立するものである。これを「灌漑コンプレックス」と称する。</p> <p>「灌漑コンプレックス」は、排水再利用ポンプ、直接浄化施設、集落排水処理施設および堆肥化施設により構成される。直接浄化施設や集落排水処理施設で排水の水質を改善し、また堆肥化施設では家畜の糞尿が排水路に流されるのを防止して水質を保全する。そして改善・保全された排水をポンプで灌漑に再利用する。</p> <p>これらの施設を受益者が自ら設立することは困難であるので、公共投資が必要である。しかしながら、運営・維持管理に十席農家が参加することは、施設の持続的な活用に欠かせない。持続性の観点から、水利組合の組織強化および住民への環境啓発活動を「灌漑コンプレックス」の付帯ソフトコンポーネントとして含める。</p>											
受益者	灌漑用水の不足により被害を受けている農民。特に、灌漑水路の下流部で耕作している農民。臭気や水因性疾病等、生活環境の悪化による被害を受けている農村住民										
成果	短期：F/S 実施により事業実施地区および優先地区の確定（候補地区のうち半数にあたる 46 地区を事業地区として実施可能と仮定する）、灌漑コンプレックス 1 地区の設立 中期：灌漑コンプレックスの設立（20 地区と仮定） 長期：灌漑コンプレックスの設立（25 地区と仮定）										
実施機関	水資源灌漑省（排水庁、灌漑局、灌漑サービス部）：施設建設と直接浄化施設、およびポンプの運転維持管理、水利組合強化、環境啓発活動 上下水道公社：集落排水処理施設の運営支援 ローカルユニット：集落排水処理施設の運営支援 農業土地開拓省：堆肥作り等の普及活動										
主要な活動と工程 (S: 短期, M: 中期, L: 長期)											
活動		1 th	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th
S-1	パイロット地区の広報(視察ツアー、セミナー等)										
S-2	事業実施候補地区の選定										
S-3	F/S の実施										
S-4	実施可能地区の優先順位付け										
S-5	建設事業の実施										
M-1	実施地区の拡大										
L-1	実施地区の拡大										
投入	集落排水処理施設、直接浄化施設、作物残渣・家畜の糞尿堆肥化施設、排水再利用ポンプ、水利組合強化（再利用ポンプグループ組織化）、環境啓発キャンペーン、その他（例：暗渠排水再利用施設）										
事業費	USD21,500,000										
事業効果	灌漑のための利用可能な排水の増加、水不足解消による作物生産性の増加（夏作増収率 8%~23%）、農業所得の増大（692LE/フェダン、46 か所で 82,800 フェダンの裨益（県耕地面積の 15%。年間総増加所得 LE57.3million）灌漑水路内の農家間の水争いの軽減、生活環境の改善、水因性疾患の削減等。FIRR=27.8%										

(2) ガルビア幹線排水路の水質改善プロジェクト

プロジェクト名		ガルビア幹線排水路の水質改善プロジェクト															
プロジェクト目標： ガルビア幹線排水路の水質改善により、同排水路の排水を再利用する地区の作物生産性および作物生産量が増大する。																	
プロジェクト概要： ガルビア幹線排水路は、県の東部を流化する幹線排水路である。ガルビア幹線排水路は上流のタンタ市やマハラクブラ市といった都市下水の排出先となっている。下流のハモウル市の地点でガルビア幹線排水路とバハルテラ用水路が交差する。この地点に設置されているハモウルポンプ場で、ガルビア幹線排水路の排水は、バハルテラ用水路に注入される。ハラクブラ市の下水道施設が人口増大や老朽化により機能不全となっていることが主要因となり、ガルビア幹線排水路の水質が顕著に悪化している。F/Sの実施による確定が必要であるが、本プロジェクトのコンポーネントは、マハラクブラ下水処理場の改修・機能強化、ハモウルポンプ場の改修、ガルビア幹線排水最下流のAl Ni用水路およびアルシェイカ用水路の排水再利用改善、防潮ゲート設置、およびガルビア幹線排水路沿いの村落への集落排水処理施設設置（灌漑コンプレックス事業との関連事業となる）である。						対象地域： ガルビア幹線排水路沿線／ガルビア幹線排水路下流に位置する農地											
受益者		<ul style="list-style-type: none"> ガルビア幹線排水路の排水が注入された後のバハルテラ用水路下流部で、排水の水質悪化およびそれによるハモウルポンプ場の運転停止により生じる水不足によって作物被害を被っている農家。 アルニルおよびアルシェイカ用水路で、ガルビア幹線排水路の水質悪化、またそれにより再利用減少による水不足の被害を被っている農家 ガルビア幹線排水路下流部で、排水の水質悪化により生活環境悪化の被害を被っている農村住民 															
成果		短期： F/S、B/D および D/D 中期： B/D、D/D、優先パッケージの実施 長期： 残りのパッケージの実施															
実施機関		水資源灌漑省（排水庁、灌漑局、電気機械局）：集落排水処理設置、ハモウルポンプ場改修、Al Nill およびアルシェイカ用水路の再利用ポンプ設置、防潮ゲート設置 住宅省（全国上下水道公社持株会社、全国上下水道庁）：マハラクブラ下水処理場の改修・機能強化、集落排水処理施設の運営支援															
主要な活動と工程（S: 短期, M: 中期, L: 長期）																	
活動		1 th	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th						
S-1	F/S の実施																
S-2	基本設計および詳細設計の実施 （事業実施のパッケージ作成）																
M-1	優先パッケージの実施																
M-2	基本設計および詳細設計の実施 （事業実施のパッケージ作成）																
L-1	残りのパッケージの実施																
投入		マハラクブラ下水処理場の改修・機能強化、ハモウルポンプ場の改修、アルニルおよびアルシェイカ用水路の排水再利用ポンプ設置、防潮ゲートの設置、ガルビア幹線排水路沿いでの灌漑コンプレックス設置（関連事業として）															
事業費		USD200,000,000															
事業効果		灌漑利用可能な排水の水量増大、水不足解消による作物の生産性および生産量の増大（夏作増収率8%~23%）、ガルビア幹線水路排水利用による風評被害の除去による作物価格上昇、農業所得の増大（89,800 フェダンの裨益(県耕地面積の16%)。年間増加所得 LE62.1 million)、生還環境の改善、水因性疾病の軽減等															

(3) 大規模排水再利用ポンプ場建設プロジェクト

<p>プロジェクト名</p>	<p>大規模排水再利用ポンプ場建設プロジェクト（都市下水道システムの改善・機能強化と連携）</p>									
<p>プロジェクト目標：Mi Yazeed 用水路の灌漑用水を排水再利用で補給することによる 作物の生産性および生産量の増大。</p>										
<p>プロジェクト概要：</p> <p>No.8 幹線排水路は、カフルシェイク県の主要幹線用水路であるミト・ヤズィド用水路と交差している。この交差点に比較的規模の大きい排水再利用ポンプ場を建設することが可能である。ポンプ場の規模は、ミト・ヤズィド 用水路下流部の用水不足の規模から設定される。ミト・ヤズィド用水路受益地区の灌漑改善は、IIIMP で実施されてきた。本ポンプ場の設置は、IIIMP の全体成果と照らし合わせて設置を検討する必要がある。排水路上流の下水道整備は、住宅省配下のプロジェクト（ISSIP、IWSP など）で実施が見込まれ、また灌漑コンプレックスの設置により、排水路の水質が保全されることを合わせて実施を計画する。</p>	<p>対象地域： ミト・ヤズィド用水路と No.8 幹線排水路の交差点からミト・ヤズィド用水路下流の農地 16,900 フェダン</p> 									
<p>受益者</p>	<p>ミト・ヤズィド用水路下流部（No.8 幹線排水路交差点より下流）で耕作している農家</p>									
<p>成果</p>	<p>短期； F/S の実施 中期：基本設計（B/D）、詳細設計（D/D） Long-term：建設</p>									
<p>実施機関</p>	<p>水資源灌漑省（排水庁、灌漑局、電気機械局）</p>									
<p>主要な活動と工程（S: 短期, M: 中期, L: 長期）</p>										
<p style="text-align: center;">活動</p>										
<p>S-1</p>	<p>IIIMP との協議、調整</p>	<p>1th</p>	<p>2nd</p>	<p>3rd</p>	<p>4th</p>	<p>5th</p>	<p>6th</p>	<p>7th</p>	<p>8th</p>	<p>9th</p>
<p>S-2</p>	<p>F/S の実施</p>									
<p>M-1</p>	<p>基本設計および詳細設計</p>									
<p>M-2, L-1</p>	<p>事業実施</p>									
<p>投入</p>	<p>ポンプ場建設 ポンプ場運営・維持管理の技術研修</p>									
<p>事業費</p>	<p>USD4,000,000</p>									
<p>事業効果</p>	<p>灌漑用水の増大、水不足解消による作物生産性および生産量の増大（夏作増収率 8%~23%）。農業所得の増大（16,900 フェダンに裨益（県耕地面積の 3%）。年間増加農業所得 LE11.7 million）。FIRR=25.8%</p>									

(4) ボックスカルバートによる排水路の暗渠化プロジェクト

プロジェクト目標		ボックスカルバートによる排水路の暗渠化プロジェクト									
プロジェクト目標：都市部を通過することによる排水の汚染が軽減される。											
プロジェクト概要：		対象地域： 中小都市を通過する開渠排水路区間									
<p>排水路に廃棄された固形廃棄物は、水路のそこで腐食し水衛生環境の悪化要因の一つとなる。このような廃棄物の投棄による排水路の水質汚染を改善するために、都市部を通過する排水路のボックスカルバートによる暗渠化が実施されている。この方法により日々の家庭廃棄物や産業廃棄物の排水路への流入を軽減し、水質を保全することは可能である。カフルシェイク県では、中小都市において延べ約3kmの区間で開渠排水路を暗渠化することが想定されている。本プロジェクトは県や地域住民からの要請ベースで MWRI が実施しており、今後も継続的に実施する。排水庁は、排水路の暗渠化に適した区間を、排水庁の調査による基準に照らして実施区間の特定を指導する。</p>											
受益者	灌漑への排水再利用を行っている農家、排水路が通過する都市に居住する住民										
成果	短期：地元からの要請に応じて、MWRI による事業実施（排水庁による技術支援、施工監理） 計画延長：720m 中期：同上、計画延長：700m 長期：同上、計画延長：1,580m										
実施機関	水資源灌漑省（排水庁）：施設建設、技術支援 地方政府（県）：維持管理										
主要な活動と工程 (S: 短期, M: 中期, L: 長期)											
活動		1th	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
S, M, L	地方政府等からの要望に合わせて年次実施計画を作成する										
S, M, L	年次計画に基づき、設計の技術支援、施設建設、維持管理の実施										
S, M, L	モニタリング・評価										
投入	ボックスカルバートの排水路への設置、カルバート両端にスクリーンの設置										
事業費	USD2,600,000										
事業効果	排水の水質保全 (SS 削減)、居住地域での臭気の軽減、水路転落事故の防止、土地の創出 (18,000m ²)。										

(5) 水質モニタリングシステムの効果的な活用強化プロジェクト

プロジェクト名		水質モニタリングシステムの効果的な活用強化プロジェクト									
プロジェクト目標 ：Project プロジェクトの計画、優先順位付け、および推進が効率的に実施する。水質保全に関する投資の効率的、効果的な配分が実行される。											
プロジェクト概要 ： 中・長期において、水資源灌漑省の既存の水質モニタリングシステムの効果的な利用の強化を進める。既存システムでは、排水研究所（DRI）が主要な幹線排水路で定期的な水質検査を実施しており、この結果を年報（Drainage Waters Status in the Nile Delta）としてとりまとめている。既存情報を活用し、1) 幹線排水路の水質汚染の度合いに従って、水質保全計画と優先地区を決定する、2) 汚染源を確定し、その汚染源に応じた対策を策定する、という行動につなげる。本マスタープランの実施においては、この水質モニタリングシステム強化と組み合わせ実施し、水質の継続的モニタリングとプロジェクトの効果のモニタリングを実施するものである。						対象地域 ：県全域					
受益者	水分野、農業分野、産業分野における公共および民間組織										
成果	短期：既存水質モニタリングシステムのレビュー及び改善 中期：水質モニタリングの継続およびシステムのレビュー、改善 長期：同上										
実施機関	水資源灌漑省(排水庁, 排水研究所, 計画局 (Water Quality Unit))										
主要な活動と工程 (S: 短期, M: 中期, L: 長期)											
活動		1 th	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th
S-1	既存水質モニタリングシステムのレビュー	■									
S-2	既存水質モニタリングシステムの改善		■								
S-3	汚染源確定や優先順位付けのための水質情報の活用			■							
M-1	水質モニタリングの継続実施				■						
M-2	システムのレビュー、改善					■					
L-1	水質モニタリングの継続実施							■			
L-2	システムのレビュー、改善								■		
投入	技術支援、水質試験・モニタリング機材の設置										
事業費	USD700,000										
事業効果	汚染源の確定が効果的に実施される。対策の優先順位付けが効果的になされる。これらにより、水質保全対策に対する投資効率が向上する。										

第5章 提言

排水再利用の促進には、ハード（施設・機材）とソフト（組織化および環境啓発）の組み合わせが重要であり、この2つが両輪となって、灌漑コンプレックスの展開を進めていくことが求められる。すなわち、下記に記載する提言は個別に実施されるのではなく、統合的に実施されることが望ましい。

5.1 排水再利用計画の妥当性

5.1.1 灌漑水量の確保

適正で公平な灌漑水量の配水は、まず灌漑用水管理改善により対処されることが先決である。これは、水資源灌漑省の灌漑セクター（IS）や灌漑サービス局（IAS）が受益農民の参加を得て進めているところである。すなわち、支線水路内の水利組合（WUA）間での効率的な灌漑用水配分を実現するための支線水路レベルの水利組合（BCWUA）の設立である。日本の技術協力プロジェクトである SWMT でも BCWUA の能力強化と水管理移管を進めることでより公平な水配分の実現を目指している。支線水路内では、農民自身の裁量により用水を管理し、また作付調整による用水需要の平準化を行うことで、彼ら農民間での公平な用水配分が実現されると期待できる。

その上で、排水の灌漑への再利用は、基本的に補給用水として実践されるべきである。しかしながら、ナイルデルタ地域の水不足の現状や将来予測も踏まえると、排水再利用を支線排水路及び幹線排水路の各レベルで進めて行くことが、灌漑用水配水の安定性を向上させることを可能にする。このため、今後も引き続き排水の再利用の取り組みをカフルシェイク県で拡大させることが望まれる。

2015年のカフルシェイク県における灌漑用水の配水状況をみると、作付計画と配水計画の調整によって灌漑水の配分の改善はある程度見込めると考えられる。水稻の栽培は毎年 MWRI が作成する灌漑計画に基づき、MWRI と MALR によって公的に制限されている。言うまでもなく、これは水稻栽培が他作物に比べて必要とする水量が大きいためである。しかし、実際の状況としては、農家はこうした政府の方針・規則について関心や理解が高いとは言い難く、灌漑計画、作付計画と現実の乖離が大きいであろうことが推察される。こうした状況の是正も将来必要とされる。こうした灌漑水の適切な利用の推進とともに、配水の不公平さを緩和するために排水再利用が補完的な役割を果たす。

5.1.2 水質保全

排水の水質の悪化は、灌漑に利用可能な水量の減少を意味する。デルタ地区内の人口増加に伴い、都市部から排水路に流入する排水量が増えており、排水路の水質が悪化してきていることから、デルタ地区の排水路を系統ごとに区分して、定期的な水質のモニタリングを実施し、必要な対策を検討していくことが大切である。

水質保全の最も有効な対策は、汚染源対策である。都市下水道の整備は、それゆえ有効な手段である。農村地域では、本排水再利用計画で提案している、集落排水処理施設を伴う灌漑コンプレックスの設立が有効である。各集落から排出される汚水量は汚濁負荷の規模としてはわずかであるが、広範囲に亘る集落からの汚水の集積は排水水質に大きく影響する。このため、集落排水処理施設を含む灌漑コンプレックスは、広域をカバーするように面的に整備していくことが必要である。固形廃棄物による水質汚染対策としては、排水路の暗渠化やゴミ収集シス

テムの運用が挙げられる。

5.1.3 施設計画

なお、下水処理場の建設に際して、人口密度の高いエジプトの農村地域では土地の確保が困難である。また、環境影響評価（EIA）の要件として、居住区から最低 500m 遠隔に施設を設置することと規定されている。本パイロットプロジェクトでは、排水路の水路敷および排水路管理用道路の地下に集落排水処理施設を埋設して建設することにより、臭気の問題を解消し、比較的集落に近い配置であったが、EIA の承認を得ることが出来た。また管理用道路や水路敷という公共用地の地下に建設するという手法により、土地問題も容易に解決することができた。水路敷または道路の地下に集落排水処理施設を建設する手法は、人口増加の進むエジプト国の農村地域に適用可能である。

5.2 排水再利用計画の実施に向けて

5.2.1 従来の水資源灌漑省の計画と調和した事業の推進

本排水再利用計画は、排水の水質保全と再利用の観点からプロジェクトを提案しているが、従来から MWRI が推進している灌漑事業と重複しているものもあり、MWRI が既に自国予算で推進している事業に関連付けて実施を推進することには意義がある。灌漑コンプレックスの構成施設である排水再利用ポンプは、県の灌漑局が地元の要請に基づいて設置を進めている。第 4 章で示したように、本排水再利用計画で提示した 91 か所の灌漑コンプレックスのうち、7 か所ではポンプ設置の計画および実施が進んでいる。また、排水路の暗渠化計画も 2015 年度に 240m 分について、MWRI の予算承認が出されて実施に進んでいる。このように、MWRI が予算化しやすく、実際に事業を実施している地区を優先して灌漑コンプレックスの他の施設の導入や衛生教育・組織形成・ゴミ処理活動といった費用負担の少ないコンポーネントを先行して実施を進めていくことが有効である。

5.2.2 他省庁および開発パートナーと連携した実施

灌漑コンプレックスの中で MWRI による単独実施が困難なコンポーネントは、集落排水処理施設である。これは MWRI の正式な所管とはなっておらず、これまでも MWRI では、計画局付の水質部局（Water Quality Unit）がモデル事業として集落排水処理施設を建設してきた実績があるが、モデルの普及に対しては、MWRI では予算化が難しい状況である。こうした中で事業実施に結び付けるには、住宅省との連携、開発パートナーが集落排水処理施設を建設する地区に灌漑コンプレックスを設立、あるいは開発パートナーからの資金援助を得て MWRI が実施するという方法が考えられる。

EPADP では、灌漑コンプレックスの展開を大臣に提案し、また大臣を通じた住宅省との連携を開始している。本プロジェクトのパイロットプロジェクトで、排水路敷や水路管理用道路の地下に集落排水処理施設を建設する試みを行い、農村での用地不足の問題と臭気対策の問題を解決する実践的な手段を提示することができた。MWRI は、このように排水路敷や管理用道路の用地利用を、実施者に積極的に提供することで住宅省や開発パートナーの、用地に関する問題を解決し、連携を容易にすることが可能になると考える。

2016 年 2 月 3 日に本排水再利用計画案の関係者への発表会を開催した。その際、MWRI と MHUUD の間で M/P 実施に係る協定を結ぶこと、関係者の協調体制構築の方策を考えること、および各関係省庁に本計画実施連携の責任者を任命すること、といった実施に係る提言が出さ

れた。これらの提言の実現のために関係者の熟慮が必要である。

5.2.3 中央レベルから村レベルまでの関係者の巻き込み

パイロットプロジェクト実施の過程で、中央レベルと県レベルにおける様々な組織が本活動に参加した。JSC のメンバー省庁に加え、現場レベルでは、教育省や宗教省など他の省庁も環境啓発活動のため協力することとなった。今後、様々な関係者間でこのような協力体制を構築することにより、より広い地域においてプロジェクトの効果を推進および展開することが可能になると考えられる。

本プロジェクトでは、排水再利用計画案および、パイロットプロジェクトの進捗状況を共有・議論するための Joint Steering Committee (JSC) 会議を定期的開催した。JSC は、提案内容へのフィードバックとその反映、確認をする場となった。説明資料を排水庁職員と協議して作成し、プレゼンテーションを排水庁職員と共同で行うことで、マスタープランを理解し、MWRI 幹部や関係省庁への説明を職員自身が行う形で進めた。

本排水再利用計画の実施推進のためには、上記のように MWRI のみならず住宅省等との連携が必要となる。このため EPADP を核とし、中央関係省庁の JSC による協調体制を継続させることを提案する。JSC は、元々水環境を巡る 5 省庁の協議会として、2010 年に日本大使館の調整により発足されたものである。本調査は、この JSC の活動の一環として実施されたとも言え、本排水再利用計画の実施段階においても、引き続き JSC が機能していくことが有効である。

県レベルでも関係機関の協力体制が不可欠である。排水再利用計画の実施に際して、完成した施設の維持管理体制を見据えた関係者のプロトコルの作成を予め進める過程で各組織間の協力体制を作ることができる。県灌漑局と排水局が共同実施者となり、プロトコル作成を通じた関係者会議を招集して実施活動を進めることを提案する。このプロトコルは、施設の維持管理の役割・責任を明確に定める重要な書類となる。県知事臨席の下で署名することで権限を明確にし、各関係者が責任をもって施設の運営・維持管理を分担することが明記されたプロトコルを作成し、各機関の責任を書面化し、効力のあるものにすることができる。

村レベルで環境啓発活動を実施する際は、やはり多様な関係者との共同が必要である。本パイロットプロジェクトの環境啓発活動では、MWRI に加え、ローカルユニット、宗教省、青少年・スポーツ省、教育省が関与した。灌漑および排水水路の水質悪化は技術的課題に加え、農村部に実質的なゴミ収集システムがないこと、さらに、周辺住民の環境保全の意識に関係するものであり、水質の保全は、MWRI のみで解決可能な問題ではない。環境啓発の拡大には MWRI を含め多様なセクターの協力・参加が必要である。

5.2.4 事業の面的展開と地域の上下流の連携

水路は複数の村落を通過して流れており、下流に位置する村落が水質保全に努力しても上流側にその意識がなければ効果は低いものに留まる。このため、灌漑コンプレックスの面的展開と、広域に裨益する比較的大規模な事業を同時に進めていく必要がある。パイロットプロジェクトで設立した灌漑コンプレックス (W5 地区) を拠点として、灌漑コンプレックスの適地への設置を推進する。W5 地区は、新たに設立する地区関係者の視察先として活用し、活動関係者との会議を県レベルで開催して、プロトコル作成や環境キャンペーン実施方法等、プロジェクト実施方法を、新たなプロジェクト実施関係者に伝達する県レベルの会議の開催を提案する。

施設の建設には時間を要し、また面的展開には長期を要するため、事業を進めていく間にも

地域住民組織を調整して、水質保全に取り組むことが重要である。特に灌漑局、排水局が上流の村と下流の村との間に介在し、ローカルユニットやBCWUAなど、水路の上下流全域を統括する組織の協力を要請して、上流部と下流部が連携した水路の水質保全に取り組む体制を整える必要がある。

5.3 持続的な水質保全活動に向けて

5.3.1 利害関係者を考慮した維持管理体制

住民は下水をつなぐパイプや下水を送水するポンプの維持管理は、持続的に行っているが、処理場の維持管理や、最終的な処理水の水質に関しては関心が低い。これは、処理場の処理水量が、排水路に流れている水量に比べて少量であり、排水の水質改善に対する影響が見えにくいこともあるが、結局汚いものが自分の前を通過してしまえば、後は関知しないということになっているようである。

下水処理場整備プロジェクトは、村の生活（衛生環境）改善が目的であるが、本排水再利用計画では、排水の再利用を目的としてプロジェクトを組み立てていることがユニークな点である。この観点から下水処理場の受益者は、村から下水を排出する者だけではなく、下流で排水を再利用する農民も受益者に含まれてくる。

本排水再利用計画のコンセプトからは、下水処理施設の利用者のみをターゲットにするのではなく、下流の排水再利用農民（下水処理施設使用者と重ならない人も出てくる）も、排水の利用者として、下水処理施設の運営・維持管理に関与してもらうような体制を考えることができる。下流の排水再利用農家にとっては、下水処理施設によって、再利用可能な排水が増加することが期待でき、住民にとっては生活環境の改善や排水処理コストの軽減がインセンティブとなる。さらに、排水庁にとっては排水路の維持管理が軽減することや、灌漑職員にとっては灌漑水不足の解消といったことが排水再利用を進める大きな動機づけとなる。排水再利用という観点から利害関係者を特定し、こうした各々のインセンティブに基づく運営・維持管理への参加を促すことで、施設の持続的な維持管理が期待できる。

5.3.2 農民組織化における関係部局の協力

排水ポンプ委員会は支線水路水利組合の一部として水利組合への統合を進めていくべきである。本パイロットプロジェクトでは、排水再利用ポンプ場の裨益者となる水路下流の農家を排水ポンプ委員会として組織したが、水路内のゴミ問題等は水路全体に関わる問題であり、排水ポンプ委員会のメンバーが水路上流の農家と協力して問題に対処していくことが望ましい。そのためには、支線水路水利組合の一部として排水ポンプ委員会を位置づけて、水利組合の代表者を通じて問題解決にあたることを、将来のあるべき姿であるといえる。

排水ポンプ委員会の設立及び組織能力強化活動については、管区灌漑指導部（GDIAS: General Directorate for Irrigation Advisory Service）がそのプロセスに直接的に関与すべきである。GDIASは水利組合に設立及びその機能強化活動に関して豊富な経験と知識を有しており、排水ポンプ委員会の立ち上げに際しても、そうした経験と知識を活用されるべきである。実際、本パイロットプロジェクトにおいては、対象地区選定プロセスにおいて、水利組合の情報提供を受けていた。より直接的な関与を促すためには、排水ポンプ委員会の設立から設立後のフォローアップに係る一連の活動においてGDIASの直接的な関与が望まれる。

通常、水利組合の設立では、灌漑改善事業を契機に組合が設立されGDIASがその後のフォ

ローアップを行うという形が取られている。そのため、排水局や灌漑局のスタッフが水利組合の設立に関与するということはほとんどない。しかし、排水再利用という観点からは、排水ポンプの管理や排水路の清掃といったことも大きく関わってくるため、水利組合の設立あるいは、排水ポンプに関するグループを水利組合の内部に立ち上げる場合には、GDIAS のスタッフだけでなく、排水局や灌漑局のスタッフをできるだけ巻き込んだ水利組合の設立が望まれる。

5.3.3 排水ポンプ委員会の公的位置づけの明確化

排水ポンプ委員会は、法的な根拠があるわけではなく、あくまで任意組織という位置付けになる。しかしながら、委員会の活動を円滑に実施していくためには、政府の公認を得ることが重要である。排水再利用ポンプの利益者が代表者を選出し、排水ポンプ委員会の代表メンバーとして、排水再利用ポンプ場の運営に関わることになるため、水資源灌漑省から公的に認知された組織であることが有用となる。パイロットプロジェクトでは、カフルシェイク県の灌漑局によって、排水ポンプ委員会が水資源灌漑省に公認された組織であることを記した省令が発布された。

排水ポンプ委員会の設立に当たっては、委員会の運営ルールを定める内規の作成が、活発な委員会を組織する上で重要な要素となる。この排水ポンプ委員会の内規は、県の灌漑局に提出して灌漑局長より承認を得る必要がある。この内規の承認をもって、カフルシェイク県灌漑局長より排水ポンプ委員会に関する省令が発せられることになる。省令は、公式に排水ポンプ委員会の設立を認めるものであり、排水ポンプ委員会の目的や構成員、主な活動等について明記される。施設の維持管理のために任意組織を設立する場合は、このような政府の省令により公認を受ける手続きを経ることが重要である。

5.3.4 環境啓発活動

(1) 環境啓発活動の継続的実施

環境啓発活動は、施設の建設を伴わずに早期に実施できる活動であることから、施設の建設に先立ち、広い範囲で取り組むことができ、実施後も継続することで効果が発揮されるものである。パイロットプロジェクトの最終評価 W/S において、ローカルユニットとイマムが実施した環境啓発により、ゴミ処理に関する人々の振る舞いが改善されてきたとの指摘があった。しかし、環境保全の重要性への認識が住民レベルで根付くには時間がかかるため、環境キャンペーンなどの一時的なイベントに加え、定期的に環境啓発活動を実施することが重要である。現行システムでは排水路の保全を担当する DAS のスタッフが年に 2 回現地に赴いて住民との協議を行っており、今後、DAS と IAS のスタッフがより頻繁に村落を訪問し、連携することが求められる。

(2) 環境保全のための研修教材の活用

環境キャンペーンでは、学校の生徒たちが多くの説得力のある環境啓発ポスターを作成しており、これは政府職員も納得するものであった。ただ単に口頭で環境保全の重要性を説明するよりも、視覚に訴えるこれらのポスターを活用すれば、より効果的な啓発を行うことが可能である。また、ポスターを作成する過程で環境啓発の主題と行動を理解することができる。こうした生徒たちの家庭内での言動により、地域の生活習慣によい影響を及ぼすことが期待される。JICA チームが、パイロットプロジェクトの活動状況の写真や子供たちが描いた啓発のポスターなどを取り込んだ紙芝居形式の研修教材を作成したところ、W-5 地区の CDA メンバーから自

分たちの啓発活動を実施するので、同教材を提供してほしいという申し出があった。このような教材は誰でも簡単に使用可能であり、経費もほとんど必要ないことから、プロジェクト完了後も引き続き使用することが推奨される。

5.3.5 ジェンダー配慮

女性を巻き込んだ環境啓蒙活動を行っていく必要がある。特に農村部では、家庭のゴミ処理は女性の役割の1つでもある。本パイロットプロジェクトでは、イマムや学校を通じて環境啓蒙活動を実施していたが、女性がモスクに行ってイマムのスピーチを聞く機会は少ないため、女性に対して直接的な環境啓蒙活動を実施することは困難を伴う。イマムが女性だけの宗教クラスにおいて環境啓蒙を実施した例もあったが、あまり一般的ではない。今後、環境啓蒙活動の効果をさらに上げていくためには、女性への効果的な環境啓蒙を実施する必要がある。

女性への啓発活動推進の介在者として、村の学校の女性教師が挙げられる。環境キャンペーンの際には、女性教師がローカルユニットに対し、イベント的なゴミ収集ではなく、定期的なゴミ収集を実施するよう強く主張する場面も見られた。また、女性ジャーナリストが学校での環境キャンペーンに参加して意見を述べたこともあった。デルタ地帯では、教師など高学歴の女性は公共の場でも自分の意見を述べることに抵抗がなく、将来は、このような女性を通じて、一般女性への環境啓蒙を実施していくことが望まれる。