

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
(要約)

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

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.....	1-1
1.2.4 関係機関.....	1-2
1.2.5 調査工程とスコープ.....	1-2
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.....	1-2
1.3.1 排水の汚濁状況.....	1-2
1.3.2 排水の灌漑への再利用に係る水質基準.....	1-3
1.3.3 開発パートナーの活動状況.....	1-3
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.....	2-1
2.1.5 交通.....	2-1
2.1.6 電力.....	2-1
2.1.7 上水道.....	2-2
2.1.8 下水道.....	2-2
2.2 カフルシェイク県の農業.....	2-2
2.2.1 農地所有.....	2-2
2.2.2 農民組織・水利組合.....	2-2
2.2.3 作付・農業生産.....	2-4
2.2.4 農業所得.....	2-5
2.2.5 内水面漁業.....	2-5
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.....	2-6
2.3.1 灌漑システム.....	2-6
2.3.2 排水システム.....	2-7
2.3.3 灌漑用水の収支.....	2-7
2.3.4 灌漑のための排水再利用.....	2-8
2.4 カフルシェイク県における排水の水質.....	2-9
2.4.1 排水の水質レベル.....	2-9
2.4.2 汚染源と汚濁負荷量.....	2-10
2.4.3 汚染源としての廃棄物.....	2-10
2.4.4 公共下水道および集落排水処理.....	2-10

2.4.5	農業・畜産廃棄物の処理状況	2-10
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	3-1
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	3-2
3.2	農村における住民組織の課題	3-3
3.2.1	水利組合	3-3
3.2.2	環境改善に関わる農村住民	3-4
3.3	下水道整備に対する開発パートナーの関心と課題	3-4
3.3.1	用地取得と法的規制	3-5
3.3.2	集落排水処理施設の試み	3-5
3.3.3	施設の維持管理	3-5
3.4	課題の整理：問題系図	3-6
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	4-2
4.2.3	灌漑のための排水水質管理・再利用戦略	4-3
4.2.4	実施方法とプロジェクトの提案	4-4
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	4-7
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	4-10
4.4.1	パイロットプロジェクトの実施経緯	4-10
4.4.2	パイロットプロジェクトの成果	4-10
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	4-11
4.5	排水再利用計画の構成プロジェクト	4-13
4.5.1	プロジェクト1：灌漑コンプレックスの設立	4-13
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	4-18
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	4-19
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	4-20
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	4-21
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）	4-21
4.6	優先コンポーネント（事業）	4-22
4.7	排水再利用計画の実施体制	4-25
4.7.1	省庁間の協議による実施体制	4-25

4.7.2	開発パートナーとの協調体制.....	4-26
4.7.3	灌漑コンプレックス設立の実施体制.....	4-27
4.7.4	施設計画時の手順・留意点.....	4-28
4.7.5	女性の役割と巻き込み.....	4-29
4.8	施設維持管理計画.....	4-30
4.8.1	排水再利用計画事業の維持管理体制.....	4-30
4.8.2	灌漑コンプレックス施設に係る維持管理体制.....	4-30
4.9	事業費.....	4-31
4.10	期待される効果.....	4-32
4.10.1	全般的な効果.....	4-32
4.10.2	プロジェクト毎の効果.....	4-33
4.11	事業概要表（活動計画）.....	4-35
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

図表一覧

表 2.3.1 排水再利用可能量の算定（パイロットプロジェクト地区）	2-9
表 4.2.1 排水再利用における水質条件の設定	4-4
表 4.2.2 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 4.4.1 パイロットプロジェクト地区のコンポーネント	4-10
表 4.5.1 施設別所有権と利用者組織の形態	4-14
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	4-14
表 4.5.3 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	4-18
表 4.5.4 全国排水路暗渠化計画（2015年度時点での確定目標）	4-21
表 4.5.5 本排水再利用計画での排水路暗渠化計画延長	4-21
表 4.7.1 排水再利用計画の実施体制	4-26
表 4.7.2 環境啓蒙活動における女性の役割と巻き込み方法	4-30
表 4.8.1 施設建設を含むプロジェクトの維持管理体制	4-30
表 4.9.1 排水再利用計画の概算事業費総括表（\$1,000）	4-32
表 4.9.2 排水再利用計画の概算事業費内容	4-32
表 4.10.1 提案プロジェクト毎の期待される効果	4-33
図 3.4.1 カフルシェイク県の排水再利用に関わる制約と機会	3-7
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 国家戦略および実践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	4-9
図 4.5.1 「灌漑コンプレックス」の概要図	4-16
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	4-23
図 4.6.2 カフルシェイク県の排水再利用計画	4-24
図 4.7.1 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	4-26
図 4.7.2 プロトコルと農民組織化のプロセス	4-28
図 4.8.1 灌漑コンプレックス施設運用概要図	4-31

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	: Mill 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	: 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

	Irrigation in Middle Nile Delta	
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。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、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おり、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月に水資源灌漑省と国際協力機構（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国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、また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、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機関である水資源灌漑省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)

水資源灌漑省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。

1.2.5 調査工程とスコープ

調査業務は二つのフェーズに分けられる。フェーズ1では、排水再利用計画の草案を作成し、パイロットプロジェクトを計画した。フェーズ2では、パイロットプロジェクトを実施し、施設建設の完了後は、パイロットプロジェクトの実施により得られた教訓を、排水再利用計画(案)に反映させて、排水再利用計画を最終化した。

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

エジプト国の灌漑水路の水質は、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、BOD10mg/lを超えている。一方、排水路の水質は、デルタ全域において BOD10～30mg/l と高い。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。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。こ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。

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、家庭および工場からの排水など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。また、繰り返し農業排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 (Loufty, 2007)¹ 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 であり、さらに、それに付随する法律、省令などがある。Law 48 は、現行の水質と比較すると非常に厳しい制限を課しており、現実的には、ほとんどの排水路で遵守できない。よって、今回のプロジェクトでは、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)² で作成された基準を参考に水質基準を別途策定した。

1.3.3 開発パートナーの活動状況

(1) 排水再利用

USAID と水資源灌漑省は、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、および活性化の支援であり、処理水の再利用も実施している。この分野では、住宅省配下の上下水道公社 (Holding Company for Water Wastewater : HCWW) の能力強化や官民連携が提言されている。

(2) 水質保全・水管理

世界銀行 (WB)、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)。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。

¹ N.M. Loufty, 2010, "Reuse of Wastewater in Mediterranean Region, Egyptian Experience", Handbook Environmental Chemistry, DOI 10.1007/698_2010_76

² 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。

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、パイロットサイトを設けて、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。

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、第 1 ステージから第 3 ステージで構成されている。既に、WUA 設立強化活動、CDIAS の能力向上、BCWUA の強化、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が実施され、現在は、第 3 ステージで参加型水管理を推進しているところである。

(3) 下水処理施設・集落排水施設

WB 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 Integrated Sanitation and Sewerage Infrastructure Project (ISSIP) を実施している。ISSIP は、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、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ため、これらの小集落の下水道整備率を上げることは困難になっている。よって、集落排水施設の設置検討が必要となっている。ISSIP においても、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。

EU は、既存の大規模な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る Improved Water and Wastewater Services Programme (IWSP) を 2006 年から実施している。カフルシェイク県においては、関連事業として Kafr El Sheikh Wastewater Treatment Project を実施している。

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である。

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) を展開しており、このプログラムの下で Decentralized Wastewater Management Project 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。すべての施設で、エネルギーフリーの酸化池 (安定化池) が適用されている。

(4) 廃棄物処理

EU、GIZ および KfW は、National Solid Waste Program を 2012 年より支援しており、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。所管は環境庁で、パイロット対象県では、県庁の既存の環境管理室が実施主体である。また、カフルシェイク県では、廃棄物処理行政の強化を実施中である。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している。

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、カイロより北約120kmに位置する。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。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では、月別の平均最高気温は19.5℃～34.5℃で、5月～9月は30℃を超える。県都のカフルシェイク市の降雨量は106.3mmである（2002年～2010年の平均）。

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、各々23%および77%であった（2006年）。2010年～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。

2.1.4 経済

2013年における県の雇用人口892,900人のうち、44.2%が農業セクターに従事している（エジプト国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。

2012年における県の総耕地面積は566,024フェダン¹（237,730ha）である（県全体面積の62%）。主要農産物は、米、綿花およびテンサイであり、これに関連する食品産業も盛んである。綿花はエジプトの伝統的な産物であるが、近年の農業自由化および国際価格の下落などにより、生産量は減少傾向にある。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。

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。

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。全般的に県のアクセス状況は良い。

2.1.6 電力

エジプト電力公社（Egyptian Electricity Holding Company: EEHC）によれば、エジプト国の電化率は99%を超えている。しかし、エジプト国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。カフルシェイク県においても断続的な停電が頻発し

¹ 1フェダン = 0.42ha

ている。

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。IIIMP では、電力を動力源としたポンプ場を設置し、電力庁 (Egyptian Electronic Authority: EEA) と合意を交わし、IIIMP 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。しかし、農民からは、停電によるポンプ場への影響について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、管路ネットワークシステムにより配水が行われている。給水へのアクセス率は、2006年に都市部で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。

2.1.8 下水道

2015年2月時点でのカフルシェイク県での下水道整備率は、整備が終了した市町村数比率で示すと、全体で44%であり、都市部及び農村部の整備率は、各々100%及び35%である。下水道は、中心都市で整備されているが、人口増加のため既存施設の機能強化が必要であり、さらに、大規模な村落の下水道整備も計画する必要がある。

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施設があり、またWBのISSIPで建設中また建設予定の施設がある。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

カフルシェイク県における土地所有の特徴として、全国平均に比べ、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% (全国レベルでは56.9%) であり、1フェダン以上を所有する小規模農家の占める割合が高い。

2.2.2 農民組織・水利組合

(1) 水利組合

エジプト国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WB、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・ヤズィド灌漑幹線用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。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。

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 of 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。

(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（1984年）と No.213（1994年）である。灌漑排水法 No.12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は、灌漑排水法 No.12を修正したものであり、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 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。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、作付調整などが行われている。

一方、BCWUAの場合、省令 977号で、その公的組織としての立場を認証されているものの、BCWUAによる施設の維持管理は進んでいない。活動内容も、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、水不足に関する陳情など限定的にならざるを得ない。しかし、その一方で、水資源灌漑省からの特例許可を得る、あるいはNGO法の適用を行うことで、銀行口座を開設し、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もある。

(3) 他の農民組織：農業協同組合

水利組合以外の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し、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。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、病虫害などの情報提供が主な活動となる。まれであるが、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実施している農業協同組合からの聞き取りでは、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、もし拒否すれば、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り、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, 2002 年) 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

カフルシェイク県の総耕地面積は 566,024 フェダンであり、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。ナイル作と永年作物の作付は、各々1%、2%にとどまっている。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 200%に達している。

(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における主要作物は稲、綿花、メイズであり、主な冬作の作物は小麦、テンサイ、ベルシーム (エジプシャン・クローバー) である。2009～2013 年の 5 ヶ年平均では、夏期の水稻、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、2009～2013 年 5 ヶ年の平均では、小麦、ベルシーム、テンサイの作付面積がそれぞれ 45%、24%、21%となっている。

2007 年から 2011 年にかけて水稻、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。

2.2.4 農業所得

(1) 灌漑用水路の上流部と下流部

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（10 水路から各々上流 20 戸、下流 20 戸の計 400 戸）を 2012 年に実施した。また、パイロットプロジェクト地区（5 地区）の水路の上下流で坪刈り調査を実施し、米及びメイズの収量を調査した。

(2) 経営規模と主要作物

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（30%）、メイズ（7%）の順となっている。冬作期では、小麦が主要作物であり 45%～49%の作付を占め、27%程がテンサイとなっている。

(3) 作物単収

用水不足と排水の再利用により、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、調査対象用水路の上下流別の平均作物単収を調査した。

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。すなわち、夏作の必要水量が冬作よりも多いことから、夏作において上下流間での単収差が冬作より高いという結果となった。

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。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・ヤズイド水路）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。

(4) 農業所得

サンプル調査対象地区での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 であった。また、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 であった。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。

2.2.5 内水面漁業

県北部では、水質悪化による作物の低収量により、農地の養殖池の転換が増加している。本来、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）で原則禁止されており、転用が認められるのは原則農業不適地に限られている。つまり、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。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、魚類生産量は、527,730 トンであり、養殖池の面積は、約 87,955 フェダンと見積もられる（2012 年）。ただし、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。

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、収益性の高さであった。農業では、水不足と水質問題により収益性の低下という課題がある。一方、養殖業の起業には多額の投資が必要であり、業者の大半は大規模農地所有者である。水質が改善され、水不足が緩和されれば、作物生産に戻りたいとする養殖業者もいる。収益は、養殖池を自分で運営する場合は年間 11,000LE/フェダンであり、借地の場合は年間 7,900LE/フェダンである。

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、エルラヤエルモネフィ基幹用水路と、エルラヤエルアバシ基幹用水路である。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 である。

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。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、多くの援助機関がメスカを改良し、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。

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²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³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。

(2) 水管理体制

幹・支線用水路の水管理

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 (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。

² 農民の要望により開水路方式の所もある。

³ 水利組合結成までがプロジェクトに含まれている。

末端圃場用水路の水管理

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。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。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）よりも低いため、機械排水が行われている。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）の管理下にある。

カフルシェイク県内の排水路総延長は 812.2 km で、排水路は農地の地下水位を低下させることが目的である。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、住民によるゴミ投棄や、水草の繁茂、構造物の目詰まりにより、水路の管理は困難である。近年、排水庁や県庁は、排水路の暗渠化を市街地で実施しているが、その範囲は限定的である。地域住民は暗渠の入り口や出口にゴミを投棄しており、住民教育やゴミ収集システムの改善を進めることも必要である。

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ところ、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 0.281m³/s/1000 フェダンを示した。つまり、夏期の方が冬期よりも排水量が多いことが判明した。この理由として、この地域は、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。

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。これによると、年間総用水量は 5,158 MCM⁴と算定された。水灌漑資源省（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⁵から、680,700 フェダンを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、

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

⁴ "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。

⁵ 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。

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ある。

(2) 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。支線用水路単位での作付面積が集計されていないため、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）されている。各支線用水路のゲートの開閉日、制水樋門の上・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、支線用水路毎の水稲作付面積を約 50 %以下に規制し、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。

(3) 灌漑ピーク時の不足水量

水資源灌漑省は、2012 年に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。その結果によると、冬期 1~2 月に若干の水不足が発生しているが、夏期 7 ~9 月の 3ヶ月間は大きな水不足を生じている。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）と穂ばらみ期（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⁶。

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。ただし、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。

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

カフルシェイク県では、毎年、夏作、特に水稲作時に用水不足と言う課題を抱えている。この地域では、大きな灌漑システムの変更は用地取得の面から不可能である。また、この地域の地下水は塩分濃度が高く灌漑には適さないうえ、降雨量は少なく不定期で、用水源としては期待できない。

よって、利用可能な水源として農地からの排水の再利用が考えられる。農業排水は、比較的汚染度が低く、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

⁶ 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。

ラア郡 (Zahara'a District) 揚水機場、および No.11 混合揚水機場があるが、年々その揚水能力は低下している。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。

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。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、ポンプ運転管理人が運転・管理している。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。

(3) 灌漑用水源としての排水再利用量

基幹ポンプ以外には運転記録がほとんどないため、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。よって、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。

(4) 単位排水利用可能量

パイロットプロジェクト実施地区に関する 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ため、パイロット地区の排水再利用地点の計画比流量とする。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。

(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ところ、下記の結果が得られた。

表 2.3.1 排水再利用可能量の算定 (パイロットプロジェクト地区)⁷

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8月にかけて、各月1回の水質調査を行った。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。その水質検査結果と 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。

⁷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、ポンプ容量を賄える結果を得たが、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。

- 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

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。

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, 2010⁸）である。しかし、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。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）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。

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

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（污水安定池法）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。

2.4.5 農業・畜産廃棄物の処理状況

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有機肥料の活用を推進している。しかし、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。

⁸ 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"

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、近年低下しており、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。また、メイズを除く綿花、米という夏作の単収低下傾向が特に大きい。さらに、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。

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いう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、ナイル川から取水する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。排水再利用水の水質の主要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）の主要源は、家庭からの排水および農業廃棄物である。
- 栄養素（N-NO₃、N-NH₄、TN、TP）は、農業における化学肥料施用と生活排水から排水に流入している。
- 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、圃場からの排水と共に排水路に流入している。
- 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。

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。

3.1.4 ガルビア幹線排水路の水質と再利用

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となっている。県の東部を流下しているこの本幹線排水路は、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。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 年に建設されたが、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。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。

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。

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。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。しかし、ハモウル揚水機場における年間稼働時間が減少傾向にある。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、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。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。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。分散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。

そのため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。これら課題を図 3.4.1 に整理した。

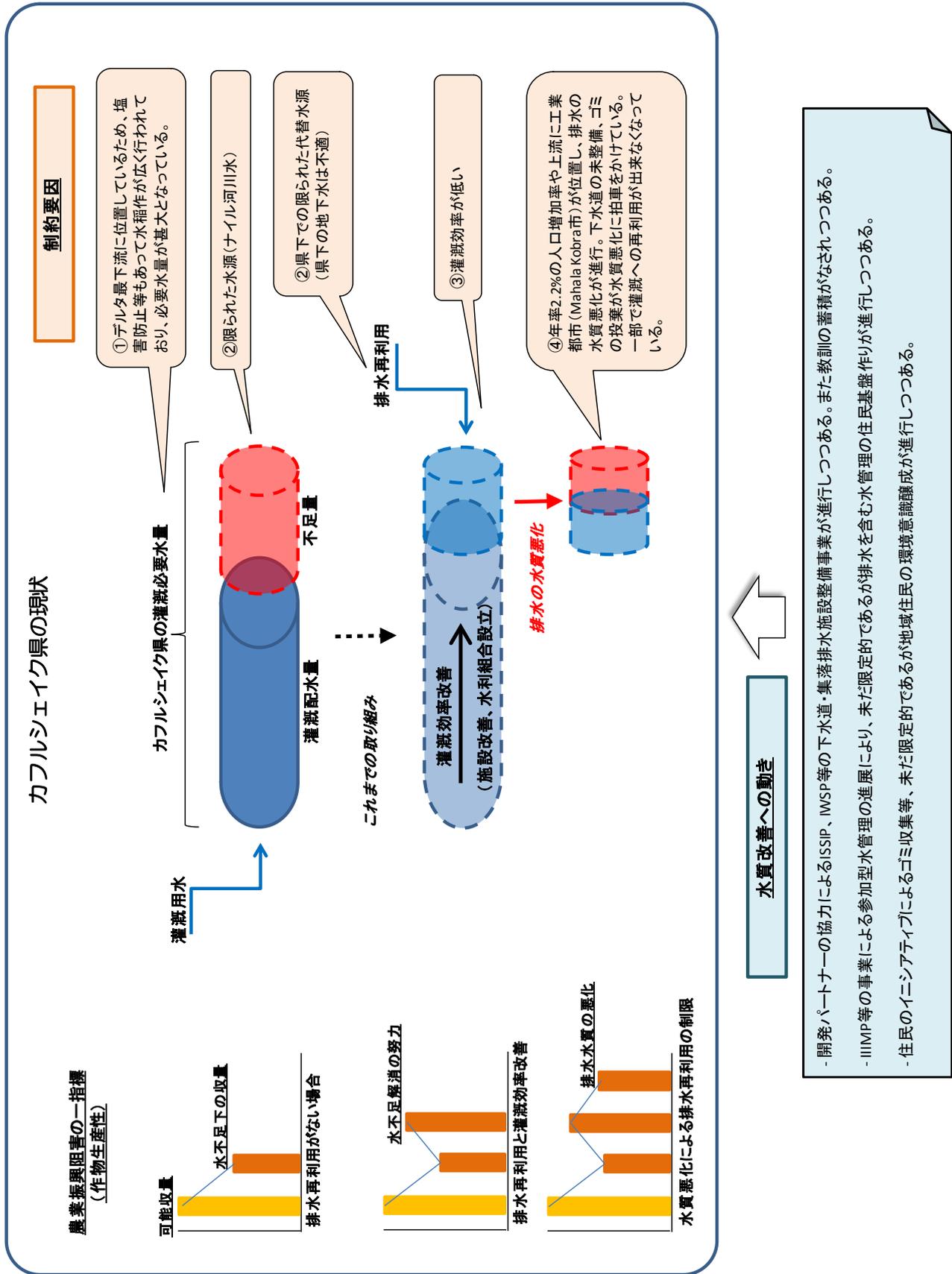


図 3.4.1 カフルシェイク県の排水再利用に関わる制約と機会

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。

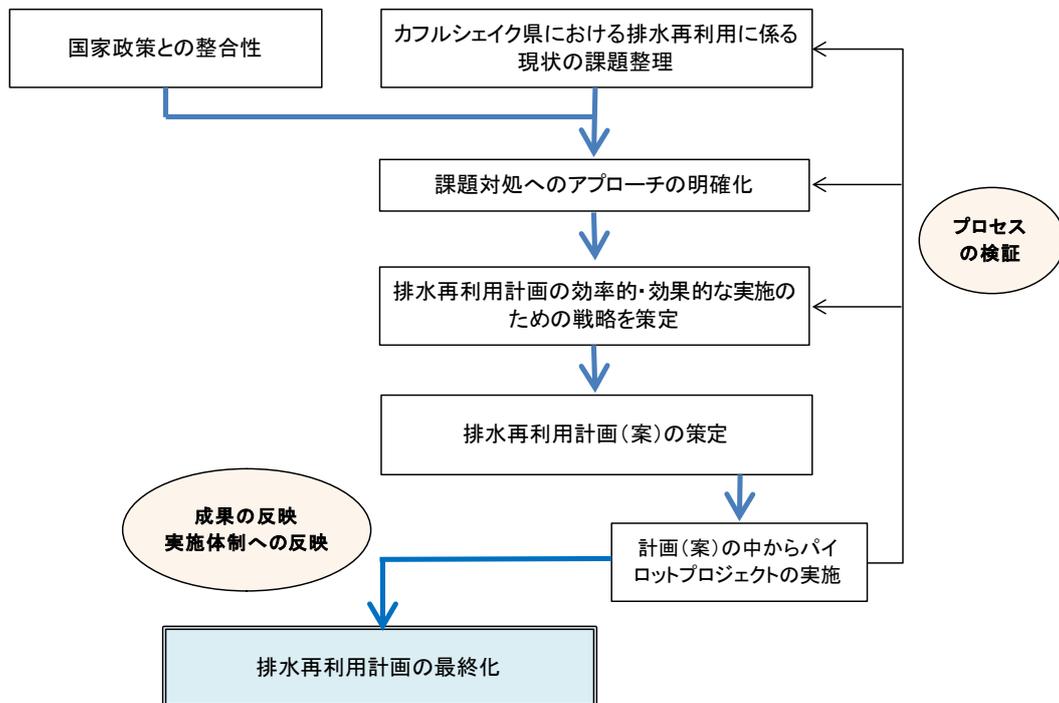


図 4.1.1 排水再利用計画の策定手順

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。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。

(2) 中間排水再利用

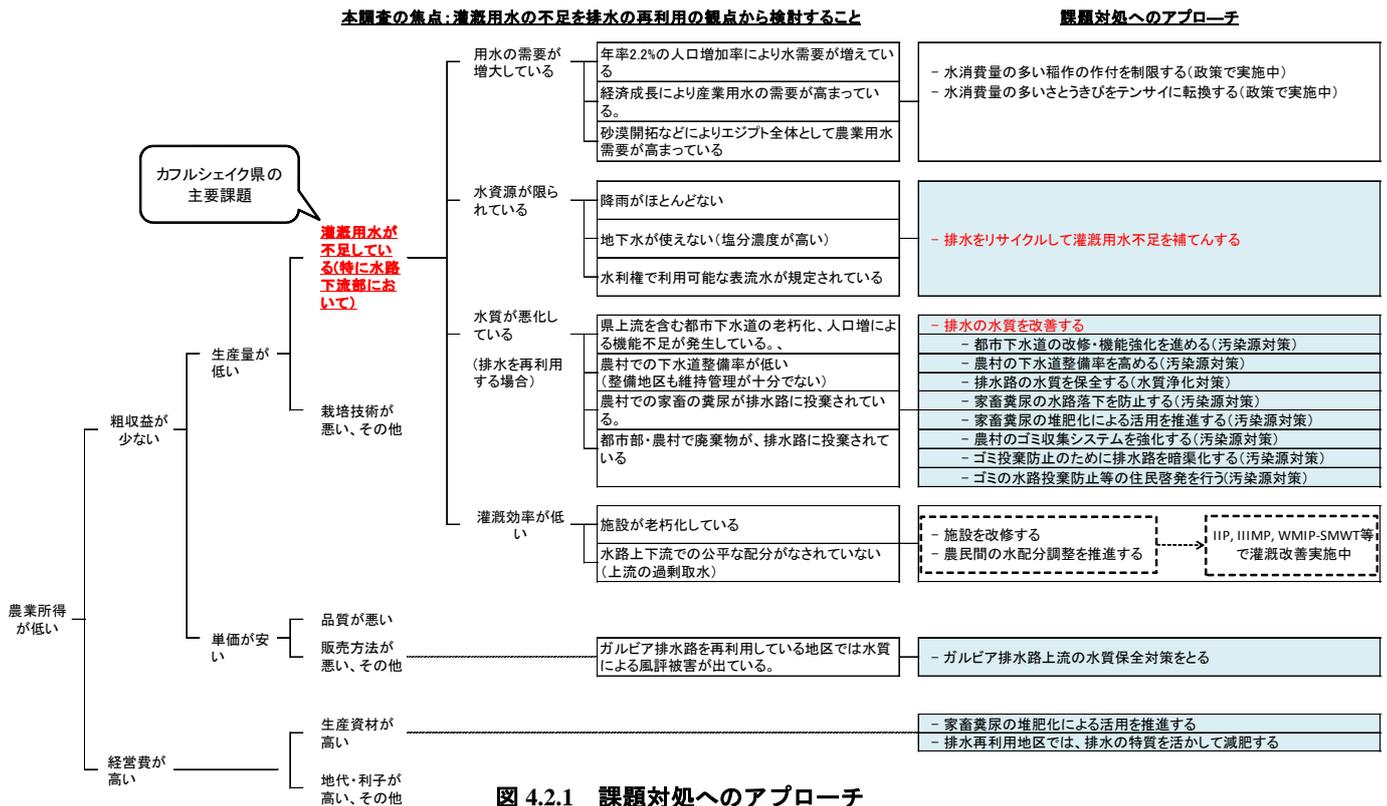
NWRPでは、幹線排水路からの大規模な排水再利用の代案として、排水ネットワークの上流で、規模が小さく水質汚染がより少ない排水の再利用を提案している。この代案は、「中間排水再利用」と称され、水質汚染が進む前の（支線）排水路から灌漑水路へ排水を揚水するものである。NWRPでは、更に粘土層が保護されていない、汚染に弱い地下水域での排水の慎重な再利用にも注意を向けている。

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、水資源が限られている（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。

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 4.2.1 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 \leq 4ds/m、且つ、有害な重金属が含まれていない	集落排水処理、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

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」という事業実施方策に分類し、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 4.2.2 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

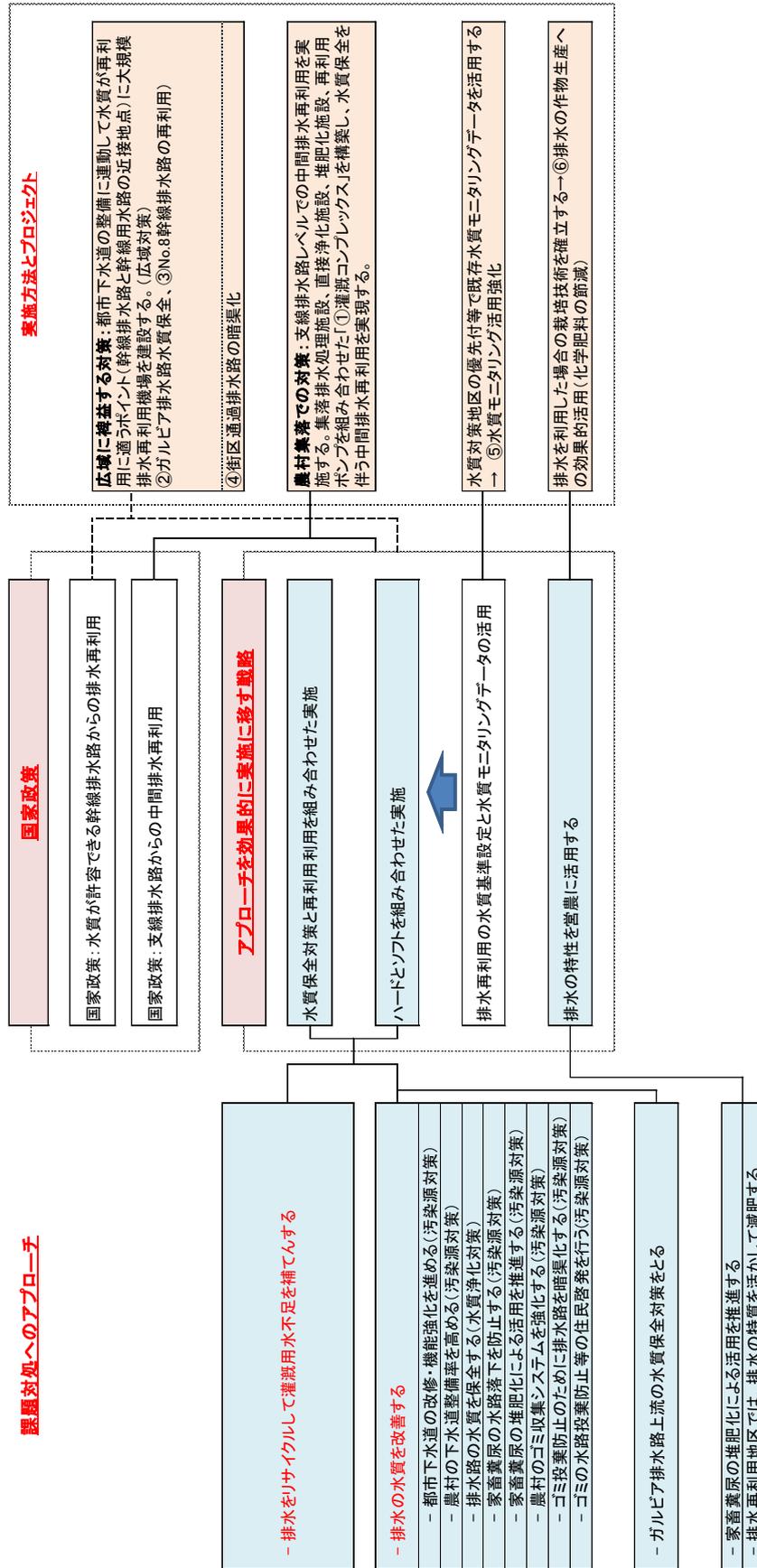


図 4.2.2 国家戦略および実施戦略を踏まえた排水再利用計画の提案

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。

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

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。この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

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。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。

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。

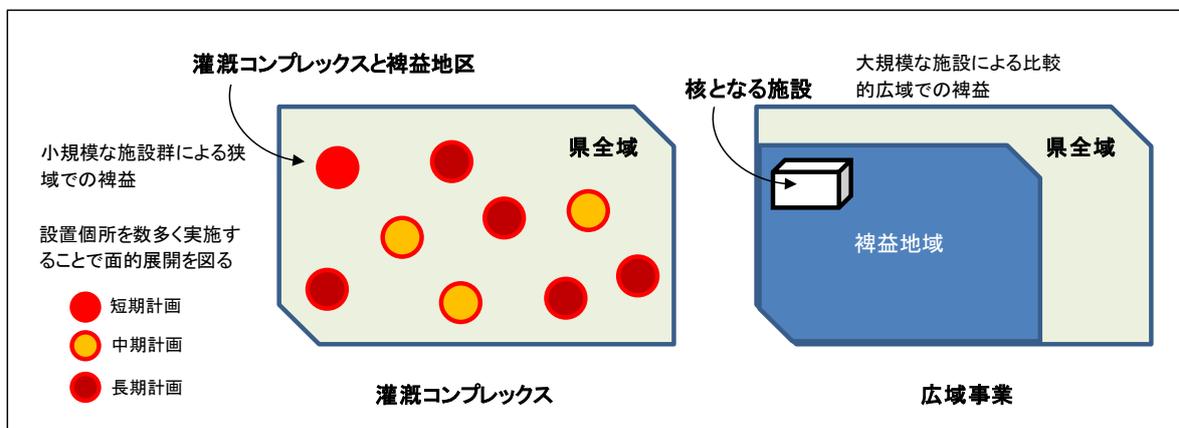


図 4.3.1 「灌漑コンプレックス」と「広域事業」の基本概念

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。

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。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。

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(ハモワル排水再利用ポンプ場の改修を含む)	水資源灌漑省(MWR)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(都市下水処理場の拡張・増設と連携)	水資源灌漑省(MWR)による公共事業(都市下水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+DR)・環境庁(EEAA)、住宅省(MHUU)		↑	
		1	環境啓発キャンペーンの推進 -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)	↑	

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 N 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

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。W-5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、ポンプ維持管理に参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、W5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。

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。

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当たっては、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。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、環境啓発活

動では、村のイمامや小学校等地元に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、ローカルのせ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

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。

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

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。

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たり、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 BCWUA がある。また、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。さらに、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。

こうした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مام（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、W5 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。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や、暗渠排水を制御する水閘を設置することが考えられる。

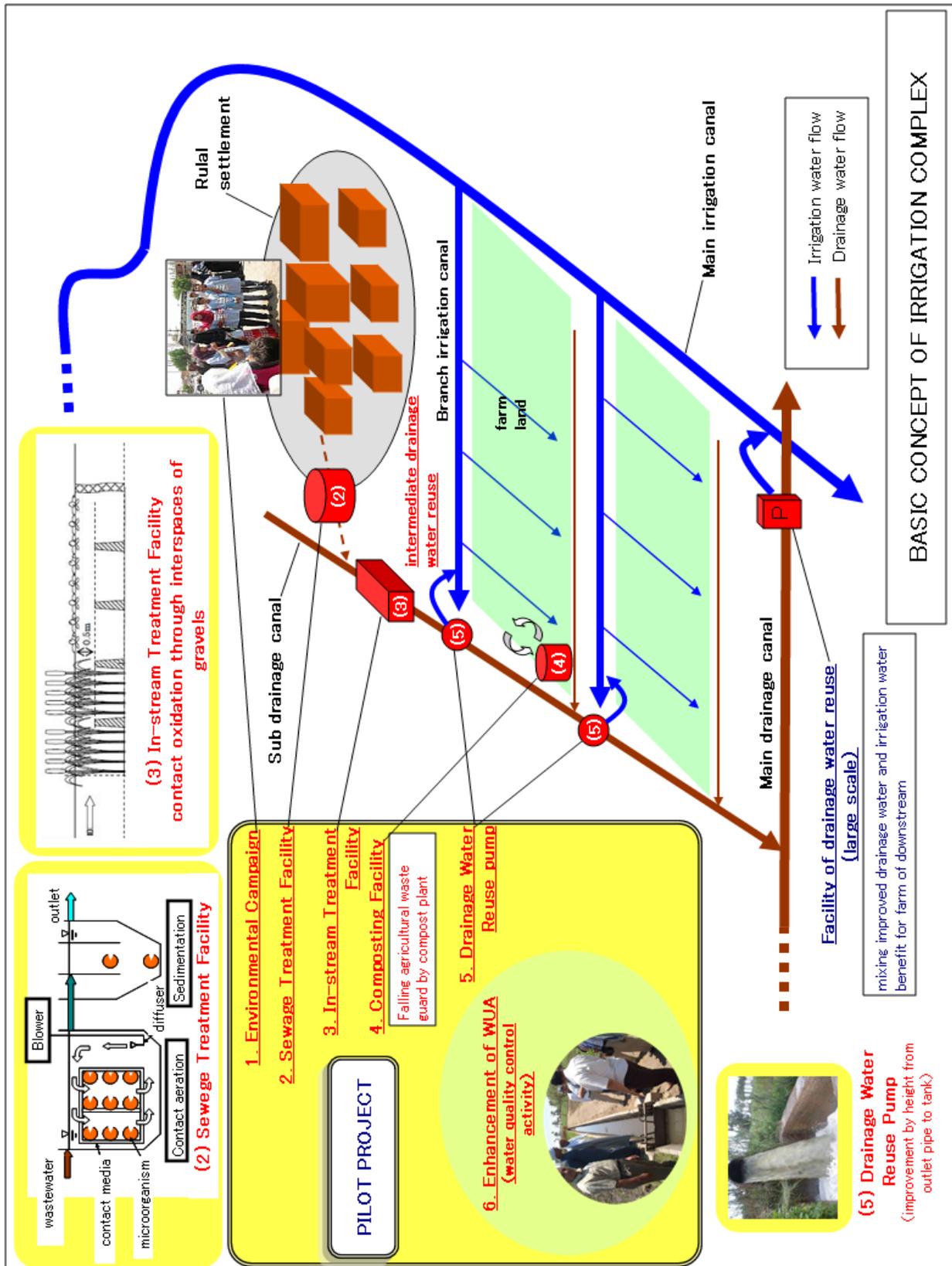


図 4.5.1 「灌漑コンプレックス」の概要図

(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が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 万分の 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 万分の 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 ヶ所の候補地を抽出した。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（W5 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。

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。

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

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機能が伴わなくなっており、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。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づけになる。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。下表に本提案プロジェクトのコンポーネントを示す。

表 4.5.3 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到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。

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。この交差地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（7,098ha）である¹。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。

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（0.5m³/s～1.0m³/s）な排水

¹ 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。

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・ヤズィ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。

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）といったことにより、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、開水路のごみ除去とくらべて、重機を利用する必要がなくなり、大きく手間が減るが、暗渠内に一旦ごみ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、堆積するごみ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。

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 4.5.4）。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 4.5.5）。また、ごみ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 4.5.4 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 4.5.5 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。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トレイ郡が有名である。モントレイ郡では、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、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。

4.6 優先コンポーネント（事業）

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²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。

² 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。

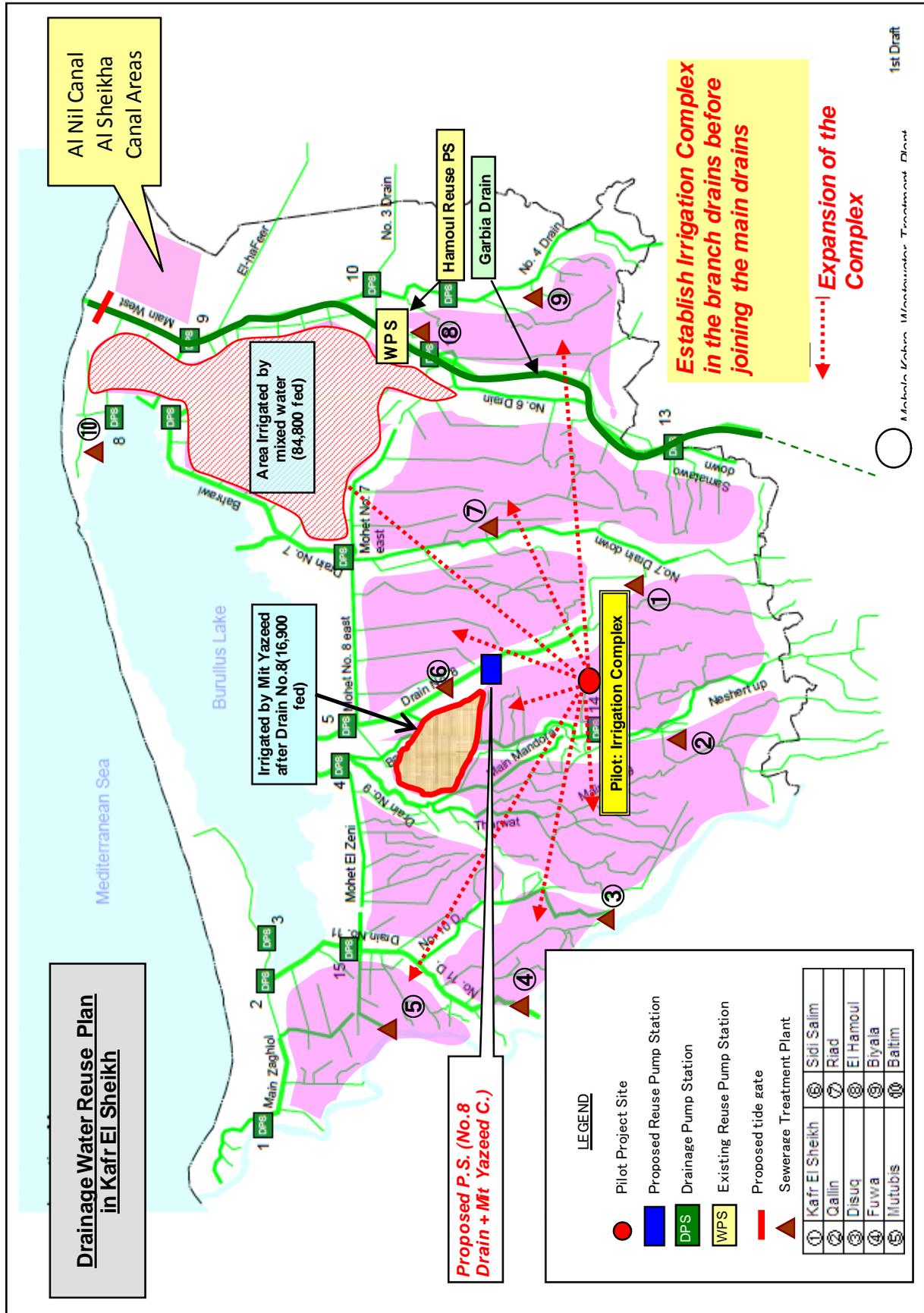


図 4.6.2 カフルシェイク県の排水再利用計画

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がなく、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。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。

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

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。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。

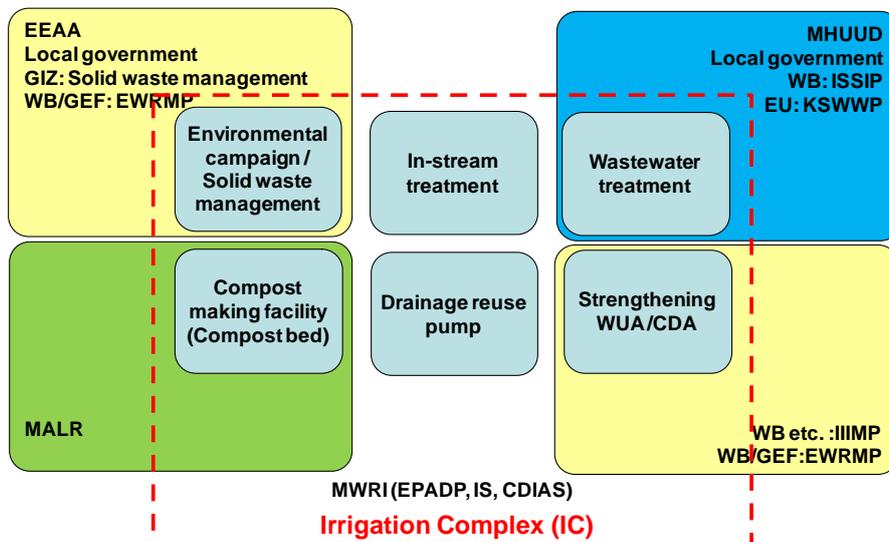


図 4.7.1 灌漑コンプレックス実施における実施主体と他ドナースキームと重複する部分での協調

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。

(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に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事はほとんどない。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。

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。

(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。

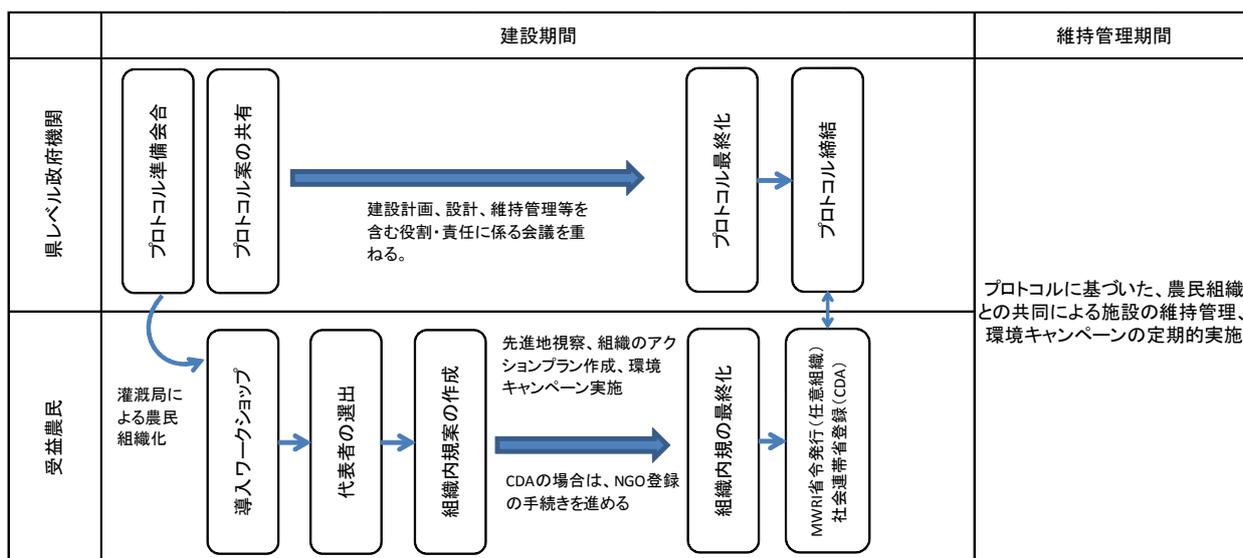


図 4.7.2 プロトコルと農民組織化のプロセス

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。

4.7.4 施設計画時の手順・留意点

(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、女性はモスクでイマムによる環境啓発の話を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 4.7.2 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。
イマムを通じた啓発活動	イマムによる説話等	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。

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、汚泥買取り 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

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スル
- 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。

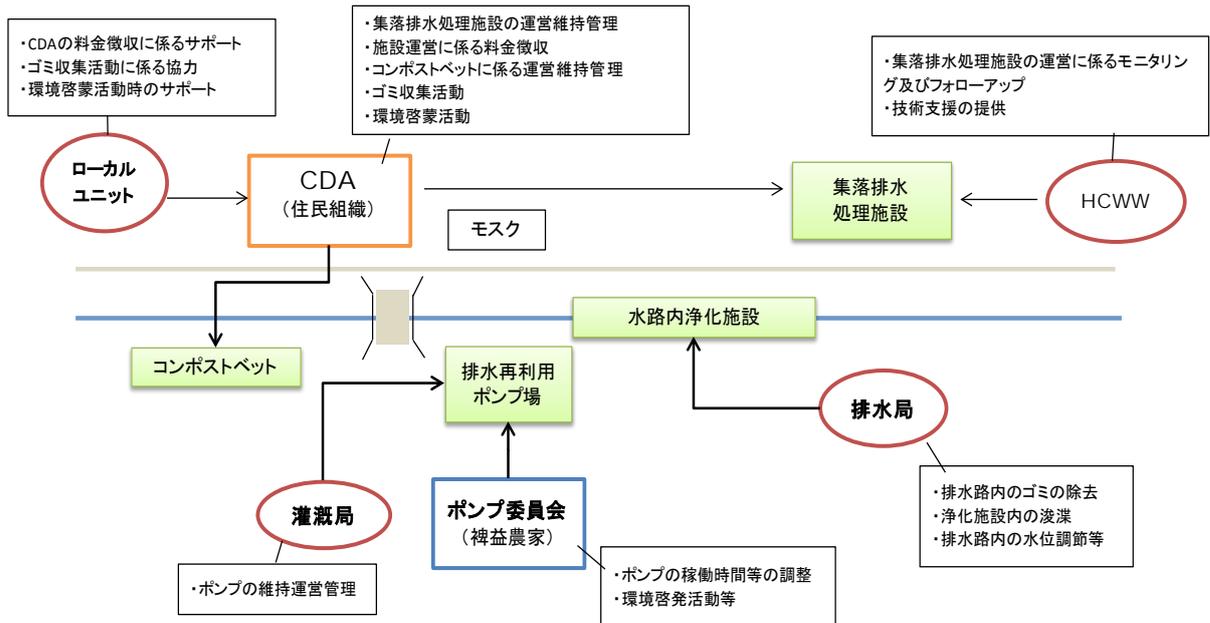


図 4.8.1 灌漑コンプレックス施設運用概要図

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）を組み合わせる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 か所当たり 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・ヤズイド用水路の交差点(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

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1m³/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

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水路全体での単純平均を想定し、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。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。これを基礎に、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。

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 4.10.1 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。

(2) ガルビア幹線排水路の水質改善

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。

(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

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 フェダンで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。

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。

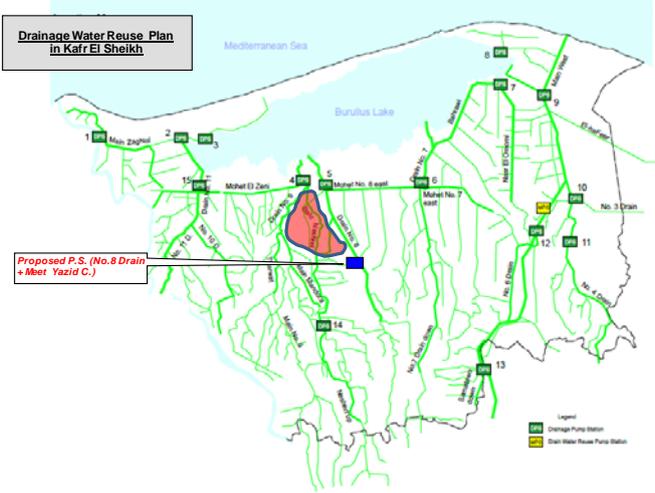
(1) プロジェクト概要表：灌漑コンプレックス設立プロジェクト

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）：集落排水処理施設設置、ハモウルポンプ場改修、Al Niil 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： 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。				対象地域： 中小都市を通過する開渠排水路区間							
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。										

(6) 排水の作物生産への効果的活用促進プロジェクト

プロジェクト名		排水の作物生産への効果的活用促進プロジェクト									
プロジェクト目標 ：土壌および水質条件を明確化し、排水再利用下における栽培技術を開発し、農家が適切な投入による営農を行えるようになる。											
プロジェクト概要 ： 化学肥料等の農業資材の過剰投入が水質汚染の一つの要因にもなっていると言われている。一方の観点では、排水には作物の生育に必要な栄養素も含まれているとも言える。この栄養素を作物栽培に活用できれば、排水の再利用は化学肥料の節約にもつながりうる。 排水再利用の実践が進むことが見込まれる中、排水の水質を液肥としての効用を活用し得るよう保全し、排水再利用による灌漑とその下での適切な化学肥料の投入量を推奨するガイドラインを作成することは有益である。排水再利用下での栽培技術の確立とガイドラインを、排水再利用を行っている農家に普及させていく。						対象地域 ：県全域(灌漑コンプレックスの実施地区)					
受益者	灌漑コンプレックスを設置した地区の農家										
成果	短期：1) 対象地区の土壌分布図を作成し、作物別の栽培適地を確定、2) 排水水質の検査、および3) 圃場の土壌条件の確定。 中期：4) 排水再利用の作物への影響（効果）の確認、および5) 排水再利用による灌漑管理と栽培技術の開発 長期：6) 開発された水管理方法および栽培技術の普及										
実施機関	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、										
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	土壌類型図の作成										
S-2	水質調査										
S-3	土壌調査										
S-4	農家社会経済調査										
S-5	試験圃場の設置										
M-1	展示圃場の設置										
M-2	収量調査										
M-3	ガイドライン/マニュアルの作成										
L-1	排水再利用に応じた栽培技術の普及										
投入	研究者派遣、試験圃場設置、展示圃場設置、土壌および水質調査用の試験機材を含む実験機材										
事業費	USD2,000,000										
事業効果	化学肥料等の節減による農業生産費の軽減により、農業収益が向上する。窒素換算肥料軽減量 (1.62kg/フェダン~4.76kg/フェダン)。肥料費節減額 10LE/フェダン~28LE/フェダン。全受益面積 190,000 フェダンに対し、年間肥料節減額 LE1.9million~LE5.3million										

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、下水処理施設の使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实施

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 回現地を訪れ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、同教材を提供して欲しい、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、女性がモスクに行き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。