

スーダン

## 2020年度 外部事後評価報告書

無償資金協力「食料生産基盤整備計画」及び技術協力プロジェクト「リバーナイル州灌漑スキーム管理能力強化プロジェクト」の一体的評価

外部評価者：中央開発株式会社 道順 勲、伊藤 拓也、余川 達郎

### 0. 要旨

本事後評価では、二つの事業（両事業）の事後評価を一体的に行った。一つの事業は無償資金協力「食料生産基盤整備計画」であり、リバーナイル州及びカッサラ州において灌漑施設の更新や機材の導入等を行うことにより、同州における安定した農業用水の供給と施設維持管理の負担軽減を図り、もって同州の農業開発に寄与することを目標に実施された。もう一つの事業は、技術協力プロジェクト「リバーナイル州灌漑スキーム管理能力強化プロジェクト」であり、この事業は上記の無償資金協力事業の成果を踏まえ、灌漑組織運営面の能力強化ならびに、より効率的な水利用計画に沿った営農改善等を通じて、対象灌漑スキームにおいて適切な灌漑農業が営まれることを目標に実施された。これら二つの事業は、灌漑施設整備や水資源管理能力向上、農民の営農技術向上を目指しており、食料安全保障や農業生産性向上、貧困削減といったスーダン国の政策の重点事項や、灌漑施設整備や運営・維持管理能力強化のニーズに合致していた。また、農業開発を重点分野の一つとしていた我が国の対スーダン援助政策とも合致していた。したがって、両事業の妥当性は高い。両事業による灌漑施設整備と運営・維持管理能力強化によって、農業用水供給の安定性が向上し、灌漑地区の主要農作物の生産量・単位収量の増加等の成果が発現しており、プロジェクト目標をほぼ達成している。また、技術協力プロジェクトの上位目標も達成している。したがって、有効性・インパクトは高い。事業費、事業期間ともに両事業を一体的に評価すると計画内に収まっており、効率性は高い。持続性については、事業対象灌漑地区の灌漑運営組織の技術力の向上と技術水準の維持が一定程度みられる。また、水利費徴収率向上による財務状況改善の必要性があり、さらに、一部の用水路の維持管理（主に除草）が不十分な点が見られることから、持続性全般としては、中程度である。

以上より、両事業の評価は非常に高いといえる。

### 1. 事業の概要

無償資金協力「食料生産基盤整備計画」及び技術協力プロジェクト「リバーナイル州灌漑スキーム管理能力強化プロジェクト」の事業概要を以下に記載する。

**A: 無償資金協力「食料生産基盤整備計画」及び B: 技術協力プロジェクト「リバーナイル州灌漑スキーム管理能力強化プロジェクト」**



事業位置図

(注：無償資金協力事業の対象地区は、①アリアブ灌漑地区、②キティアブ灌漑地区、③ニューハルファ K14 地区の計 3 地区。技術協力プロジェクトの対象地区は、①アリアブ灌漑地区、②キティアブ灌漑地区の計 2 地区)

### 1.1 両事業の背景

スーダン国の農業セクターは、GDP の 31%、就業人口の約 80%が従事する重要なセクターであった。しかし、1955 年から 1972 年の第一次内戦及び 1983 年から 2005 年まで続いた第二次内戦による土地の荒廃やインフラの整備不足によって農業は後退し、その後も農地面積は拡大傾向になく農業生産は長期にわたって停滞し食料不足が生じていた。また、頻発する干ばつ、国内避難民の発生、年間 2.24%の人口増加（世界銀行 2008 年）に伴う食糧需要の拡大が進む中、国内の食糧安全保障を確保するためには食糧増産が必要になっていた。

灌漑農業による穀物生産量は、スーダン国の総穀物生産量の約 60%（2007 年 GDP 比）を占めており、スーダン国の農業生産増大に重要な位置を占めている。しかし、灌漑施設が老朽化し、非効率的な稼働状況があり、低い作物生産性と生産コスト高騰が、国内・海外市場におけるスーダン国農産物の低い競争力の原因となっていた。こうした状況において、政府は食料の安全保障確保、農業生産性向上、貧困削減と所得向上を図るべく、「農業再活性化計画」（2008~2011 年）や「国家小麦増産計画」（2009/2010 年~2013/2014 年）を策定し、主要灌漑スキームにおける灌漑施設のリハビリ等を進めてきた。また同国では、近年の降雨量の減少や気温上昇を含む気候変動の影響が深刻化しつつあり、同影響に対するレジリエンス向上、洪水リスク軽減の観点からも灌漑開発の推進による農業用水への安定的なアクセスが求められていた。

こうした状況下、スーダン国政府は我が国に対し第 4 回アフリカ開発会議（TICAD IV）等を通じて、「農業再活性化計画」、「小麦増産計画」の促進のため、灌漑施設の整備や水資源管理、米や小麦の増産等への支援を要請してきた。

これを受けてリバーナイル州のアリアブ地区及びキティアブ地区、カッサラ州のニューハルファ K14 地区を対象とする計画が策定され、2012 年 10 月から 2015 年 11 月にかけて灌漑施設整備に係る無償資金協力事業が実施された。この無償資金協力事業に加え、より効

率的な水利用計画に沿った営農改善や灌漑組織運営のソフト面での能力強化が求められていたことから、灌漑運営組織の管理能力向上を目的として技術協力プロジェクト「リバーナイル州灌漑スキーム管理能力強化プロジェクト」が、2015年11月から2019年11月にかけて実施された。

## 1.2 事業概要

### A: 無償資金協力「食料生産基盤整備計画」

スーダン国リバーナイル州及びカッサラ州において灌漑施設の更新や機材の導入等を行うことにより、同州における安定した農業用水の供給と施設維持管理の負担軽減を図り、もって同州の農業開発に寄与する。

供与限度額/実績額	3,045 百万円/2,829 百万円	
交換公文締結/贈与契約締結	2012 年 10 月 7 日/2012 年 10 月 7 日	
実施機関	連邦農業灌漑省国際協力投資局（現：連邦農業自然資源省国際協力局）等	
事業完成	2015 年 11 月	
事業対象地域	リバーナイル州アリアブ地区およびキティアブ地区、カッサラ州ニューハルファ K14 地区	
案件従事者	本体	株式会社 鴻池組
	コンサルタント	株式会社 三祐コンサルタンツ
協力準備調査	2011 年 3 月～2012 年 4 月	
関連事業	リバーナイル州灌漑スキーム管理能力強化プロジェクト	



無償資金協力事業で整備されたポンプ場内部（アリアブ地区ポンプ場）



技術協力で支援したキティアブ地区の柑橘類の苗木生産農家グループの農地

## B: 技術協力プロジェクト「リバーナイル州灌漑スキーム管理能力強化プロジェクト」

上位目標	対象灌漑スキームにおける農業生産が増加する。	
プロジェクト目標	対象灌漑スキームにおいて適切な灌漑農業が営まれる。	
成果	成果 1	灌漑管理組織の組織運営基盤が強化される。
	成果 2	対象灌漑スキームにおける灌漑管理組織の施設維持管理能力が向上する。
	成果 3	水配分改善のための効果的な方策が開発される。
	成果 4	営農技術指導方法のモデルが開発される。
日本側の事業費	423 百万円	
事業期間	2015 年 11 月～2019 年 11 月	
事業対象地域	リバーナイル州のアリアブ灌漑スキーム (2,205ha) 及び キティアブ灌漑スキーム (2,394ha)	
実施機関	連邦農業灌漑省 (現: 連邦農業自然資源省) 国際協力投資局等、 リバーナイル州農業畜産灌漑省灌漑局 (現: リバーナイル州生産 経済資源省)、ダーマル郡庁、対象灌漑スキーム運営組織 (アリア ブ及びキティアブ)	
その他相手国 協力機関など	(特になし)	
わが国協力機関	NTC インターナショナル株式会社	
関連事業	無償資金協力「食料生産基盤整備計画」(2012 年 10 月)	

### 1.3 終了時評価の概要

事業完了報告書の記載に沿って、プロジェクト終了時の評価概要を記載する。

約 4 年間のプロジェクト期間を通して、主たる C/P 機関であるリバーナイル州生産省 (現在はリバーナイル州生産経済資源省) の関連部局ならびに対象スキームの灌漑運営組織の担当職員と協働して諸活動に取り組んだ結果、上記 4 つの成果とプロジェクト目標を達成することができた。

農家の柑橘類栽培意欲が高く、作付面積も増加傾向にあるので、今後も「適切な灌漑農業が営まれる」ことによって、上位目標である「対象灌漑スキームにおける農業生産が増加する」の達成は実現性がかなり高いと予測された。そのためには、モデル技術<sup>1</sup>普及にかかるアクションプランの確実な実行が本プロジェクト終了後の持続性確保において極めて重要であり、対象灌漑スキームの主体的実施に加え、州政府が必要な支援・フォローを継続することが必要である。

<sup>1</sup> 灌漑に係る維持管理技術及び営農改善技術。

### 1.3.1 プロジェクト終了時のプロジェクト目標達成状況

以下の3つの指標につき、目標値がほぼ達成されたことからプロジェクト目標はほぼ達成されたとプロジェクト終了時に評価された。

①灌漑施設維持管理の年間計画の実施率、②灌漑スキーム組織による灌漑配水施設での定量的な配水管理実施、③営農改善技術を導入し、それを農家グループが実践する。

### 1.3.2 プロジェクト終了時の上位目標達成見込み（他のインパクト含む）

プロジェクト開始当初と比較して、柑橘類栽培面積がアリアブ地区で86%増加した(23%増加の目標値を達成)。キティアブ地区でも、農家の柑橘類栽培意欲が高く、新規作付け面積が増加していた。ただし、植え付け5年以内のまだ実を付けない果樹が多く、その場合、栽培面積に加えないという規定があるため、栽培面積については変化がなかった。なお、今後、幼樹が成長するにつれて、栽培面積が順調に増加する見込みはあった。すなわち、上位目標達成の可能性が示唆されていた。

### 1.3.3 プロジェクト終了時の提言内容

#### (1) 柑橘類栽培について

対象地域の代表作物は換金性の高い柑橘類であり、農家の作付け意欲が最も高かった。当時はその後、柑橘類作付けが増加することが予想された。スーダン側で取組んでいるモデル技術普及にかかるアクションプランの確実な実行が本プロジェクト終了後の持続性において極めて重要であり、そのためには、対象灌漑スキームにおける主体的取り組みに加え、州政府側が必要な支援・フォローを継続するよう提言していた。

#### (2) モデル技術普及の課題

本プロジェクトのモデル技術の普及に向けての主な課題は次のとおりであった。

1) 州内でモデル技術を広く普及・展開を図っていくためには、それぞれの灌漑スキームの条件に応じたアレンジが必要、2) リバーナイル州内には、ポンプ設備の維持管理や灌漑用水供給に問題が生じているスキームが多々存在するので、州政府及び灌漑運営組織の能力強化と灌漑施設整備に対する連邦農業自然資源省の支援が必要、3) 油糧作物（ゴマ・ラッカセイ）の導入については、小規模加工施設の展開による付加価値の向上及び販路の確保が必要、4) 農家自身による小規模加工施設、バリューチェーン構築等の活動の活性化のためには、個々の農家による活動ではなく、農家グループ形成を通じた活動普及・推進が求められていた。

## 2. 調査の概要

### 2.1 外部評価者

道順 勲、伊藤 拓也<sup>2</sup>、余川 達郎（中央開発株式会社）

### 2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2020年11月～2022年3月

現地調査：2021年5月～9月（現地調査補助員による現地調査）

### 2.3 評価の制約

両事業のスーダン国政府レベルの実施機関は、連邦農業自然資源省国際協力局であるが、この組織からの情報提供は、政策関連情報が中心であり、無償資金協力事業及び技術協力プロジェクトに関する個別的な情報は得られなかった。その点は、評価5項目に係る判断を行うにあたり若干の制約となった。このほか、スーダン国の政治情勢の不安定化、ラマダン期間、コロナ禍などの影響があり、事業対象地区への視察や関係者へのインタビュー・情報収集における効率性が低下した。

なお、技術協力プロジェクトの終了時期は2019年11月であり、事後評価実施の中心時期は、2021年である。通常、技術協力プロジェクトの事後評価は、事業完了3年後の状況の評価するが、終了後3年を経過していない時点での評価となったことに留意する必要がある。

## 3. 評価結果（レーティング：A<sup>3</sup>）

### 3.1 妥当性（レーティング：③<sup>4</sup>）

#### 3.1.1 開発政策との整合性

1) 農業再活性化計画（2008年）の主目的は、食糧安全保障、農業生産性の向上、農畜産物の輸出振興、貧困削減と所得の向上、自然資源の再生と保全であり、そのために必要な農業関連インフラ整備（灌漑、物流システム）や水資源管理能力向上、農民の営農技術向上及び普及体制の強化、研究機能の強化、畜産・養殖の促進等を重点課題として掲げていた。両事業は、灌漑施設・機材の更新、安定した農業用水の供給、施設維持管理能力向上、適切な灌漑農業実践等を目的に実施されたことから、灌漑インフラ整備、水資源管理能力向上、農民の営農技術向上を重点課題とする上記計画との整合性が高い。

2) 2009年に農業森林省（当時）は、灌漑施設の改修等を行い、食料安全保障確保に向けた小麦増産と小麦自給達成を目指す「小麦増産計画」を作成・開始した。両事業は、灌漑施

<sup>2</sup> 補強：一般財団法人リモート・センシング技術センター

<sup>3</sup> A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

<sup>4</sup> ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

設・機材の更新、適切な灌漑農業実践、農業生産の増加等を目的に実施されたことから、灌漑施設整備、適切な灌漑農業実現、農業生産増加を掲げる上記政策との整合性がある。

3) 国家開発戦略計画<sup>5</sup>（2017～2020年）の生産・生産性分野に関する戦略目標には、農業復興の達成、食料安全保障の確保、ナイル川・紅海・地下水の最適利用が含まれており、農業生産増加や食料安全保障の確保が引き続き重要視されている。両事業は、灌漑施設・機材の更新を通じた食料生産増加、ナイル川を水源とする適切な灌漑農業実践等を目的に実施されたことから、食料安全保障の確保、ナイル川・紅海・地下水の最適利用を掲げる上記政策との整合性がある。

### 3.1.2 開発ニーズとの整合性

計画時には、事業対象地区の年間降雨量が少なく、安定した農業生産には灌漑が欠かせないものの、過去に整備された灌漑施設（ポンプ施設等）の老朽化や用水路の維持管理不足等の課題を抱えていた。さらに、灌漑施設の維持管理担当組織の能力強化や農家レベルの営農改善も必要とされていた。

事後評価時には、スーダン国政府は、国家開発戦略計画（2017～2020年）において、農業復興、食料安全保障の確保、ナイル川・紅海・地下水の最適利用などの農業生産や食料安全保障確保を引き続き重要視している。また、リバーナイル州政府は、人口増加への対応、貧困削減及び生活水準向上に向けて、灌漑施設の維持管理、具体的には、ポンプ場の維持管理、幹線水路及び二次水路の除草及び堆積物排除、水制御装置の維持管理を重視しているとのことである。なお、スーダン国には灌漑施設が老朽化した灌漑地区が数多くあり、また、灌漑施設の維持管理予算及び管理能力を有するスタッフが十分に確保できている状況ではないため、これらの点の開発ニーズがある。

以上の点をまとめると、両事業は、事前評価時ならびに事後評価時における灌漑施設整備および灌漑施設の運営・維持管理能力強化に関するニーズとの整合性が高いといえる。

### 3.1.3 日本の援助政策との整合性

無償資金協力事業の計画時の外務省の国別データブック（2012年版）では、対スーダン ODA 重点分野の一つを、「農業開発」とし、「農業開発に関する高い潜在性を有している。一方、貧困層の多くが農業に従事していることに鑑み、同国の貧困削減および食料安全保障に寄与することが見込まれる農業分野の開発を支援する」という方針を有していた。技術協力プロジェクトの計画時の2014年版の国別データブックでも、「農業開発」を重点分野の一つとし、同じ方針を継続している。両事業とも農業開発に係る支援であり、また、食料安全保障に寄与することが期待される支援であることから、計画時の我が国の援助政策との整合性が高いといえる。

---

<sup>5</sup> National Strategic Development Plan (2017-2020) (National Council for Strategic Planning が作成)。この政策に関する資料が入手できたので、その政策の内容を踏まえて記載した。

以上より、両事業の実施は、スーダン国の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、妥当性は高い。

### 3.2 効率性（レーティング：③）

#### 3.2.1 アウトプット

##### (1) 無償資金協力事業

下表のとおり、無償資金協力事業では、3 灌漑地区（リバーナイル州のアリアブ地区及びキティアブ地区、さらにカッサラ州のニューハルファ K14 地区）のポンプ機器更新やポンプ場建設等に係る灌漑施設整備及び灌漑組織運営能力強化が実施された。また、事業実施にあたり、詳細設計、施工監理及び調達管理、技術指導を提供するコンサルティング・サービスも供与された。加えて、スーダン側によって、既存の灌漑水路の掘削・補修が実施された。

表 1 無償資金協力事業の事業スコープ（計画と実績）

	計画	実績
機材	電力ポンプ設備更新 ・アリアブ： 1.0m <sup>3</sup> /s×12.0m×4 台 ・キティアブ：1.0m <sup>3</sup> /s×11.4m×4 台 ・ニューハルファ K14：3.5m <sup>3</sup> /s×9.6m×3 台	電力ポンプ設備更新 ・アリアブ： 1.0m <sup>3</sup> /s×12.0m×4 台 ・キティアブ：1.0m <sup>3</sup> /s×11.4m×4 台 ・ニューハルファ K14：3.5m <sup>3</sup> /s×9.6m×3 台
土木工事	【日本側負担工事】 ポンプ場建物（更新）（アリアブ及びキティアブの 2 地区） 【スーダン国負担工事】 ・アリアブ、キティアブ：水路の掘削・補修、変圧器設置、ゲートの補修、その他 ・ニューハルファ K14： ポンプ設備の通関、内陸輸送、据付等	【日本側負担工事】 ポンプ場建物（更新）（アリアブ及びキティアブの 2 地区） 【スーダン国負担工事】 ・アリアブ、キティアブ：ポンプ場建設用地の確保・建設用仮設用地の確保、変圧器（1,500kVA）設置、予備品の倉庫建設（以上の工事は完了済み：瑕疵検査時）、灌漑水路の掘削・補修（実施中（瑕疵検査時））、ゲート・横断橋の補修（キティアブで実施中、アリアブでは未開始（瑕疵検査時））。 ・ニューハルファ K14：灌漑水路の掘削・補修は実施済み、ポンプ設備の通関、内陸輸送、据付等実施済み。
ソフトコンポーネント	・灌漑組織運営能力強化 ・灌漑施設維持管理能力強化	・灌漑組織運営能力強化 ・灌漑施設維持管理能力強化

出所：JICA 提供資料、協力準備調査報告書

##### (2) 技術協力プロジェクト

技術協力プロジェクトの期間・協力金額、日本側及びスーダン側の投入は下表のとおりである。



表 2 技術協力事業の事業スコープ（計画と実績）

	計画	実績
協力金額及び期間	①協力金額：420 百万円（詳細計画策定調査の経費を含まず） ②協力期間：2015 年 10 月～2019 年 10 月を予定（48 ヶ月）	①協力金額：423 百万円（詳細計画策定調査の経費を含まず） ②協力期間：2015 年 11 月～2019 年 11 月（48 ヶ月）
日本側投入	1. 専門家派遣： 長期専門家及び短期専門家 （分野は、総括/灌漑管理、灌漑施設維持管理、水管理、営農、農民組織、業務調整/研修、その他） 2. 研修員受入：（灌漑管理組織等研修員受け入れ（本邦/第三国）） 3. 第 3 国研修： 4. 機材供与：（車両、事務機器） 5. 在外事業強化費：	1. 専門家派遣：6 人（5 分野 6 人） 長期専門家 0 人、短期専門家 6 人（シャトル型）（分野は、総括/灌漑管理、副総括/灌漑管理/灌漑施設維持管理/水管理、営農/農民組織、栽培/研修管理 1、業務調整/栽培管理 2） 2. 研修員受入：0 人 3. 第 3 国研修：13 人（エジプト） 4. 機材供与：7.8 百万円（コンピュータ、UPS、オートバイ、節水灌漑用機材、ハンドトラクター、搾油器、落花生皮むき器、冷蔵貯蔵施設など） 5. 在外事業強化費：
スーダン 国側投入	・カウンターパート及びその経費。 ・プロジェクト事務所スペース及び事務所用機材、及びその維持費。 ・カウンターパート旅費・交通費、及び機材運搬費等を含む予算。	・カウンターパート及びその経費（実績値不明）。 ・プロジェクト事務所スペース及び事務所用機材、及びその維持費。（実績値不明） ・カウンターパート旅費・交通費、及び機材運搬費等を含む予算（実績値不明）。

出所：事前評価表、事業完了報告書、JICA 提供資料

### 3.2.2 インプット

#### 3.2.2.1 事業費

##### (1) 無償資金協力事業の事業費

日本側事業費は計画では 30.45 億円であったが、実績では 28.29 億円と計画内に収まった（2.16 億円減少の減少。計画比で 92.9%）。日本側事業費の減額の主な要因は、予備的経費約 3 億円のうち、実際に使用した金額が約 0.2 億円（設計変更に関する経費）であったことである。なお、スーダン側負担事業費（実績）に関する情報は得られなかった。

##### (2) 技術協力プロジェクトの事業費

計画時の日本側協力金額は 420 百万円であったが、実績では 423 百万円とわずかに計画を上回った（100.7%）。

#### 3.2.2.2 事業期間

##### (1) 無償資金協力事業の事業期間

計画では 41 ヶ月（2012 年 10 月～2016 年 2 月）であったが、実績では 38 ヶ月（2012 年 10 月～2015 年 11 月）で計画内に収まった（計画比 92.7%）。事業期間短縮の主な要因は、コンクリート打設作業の効率化である（具体的には、事業サイトの日中の気温が 40℃を超えることから、猛暑下での作業を避けるため、夜間に作業を行うこと

で、作業効率を向上させた)。

## (2) 技術協力プロジェクトの事業期間

計画では48ヵ月(2015年10月～2019年10月)であった。実績でも計画時と同じ48ヵ月(2015年11月～2019年11月)で当初計画どおりであった(100.0%)。

### 3.2.2.3 両事業の一体的評価

無償資金協力事業の事業期間は、計画比で92.7%であり、技術協力プロジェクトの事業期間は、計画比で100%である。両事業の事業期間の計画比を平均すると96.4%となる。また、無償資金協力事業の事業費は、計画比93.0%であり、技術協力プロジェクトの事業費は計画比100.7%である。両事業の事業費の計画比を平均すると96.9%である。

以上より、両事業を一体的に評価すると、事業費、事業期間ともに計画内に収まっており、効率性は高いといえる。

## 3.3 有効性・インパクト<sup>6</sup> (レーティング: ③)

### 3.3.1 有効性

#### 3.3.1.1 定量的効果

##### (1) 無償資金協力事業の定量的効果について

想定した事業効果は、安定した農業用水の供給と施設維持管理の負担軽減を図り、もってカッサラ州及びリバーナイル州の農業開発に寄与することである。本事業の有効性を示す定量的指標の達成状況は下表のとおりである。本事業の目標は「同州における安定した農業用水の供給と施設維持管理の負担軽減を図り、もって同州の農業開発に寄与する」ことであり、定性指標では「域内で生産される食料の増加によって、リバーナイル州及びカッサラ州の食料価格が低下する」が掲げられている。また、スーダン国政府は「農業再活性化計画」や「小麦増産計画」が促進されることを期待して、我が国に要請してきた事業であることから、指標3)小麦の単位収量kg/フェダンを事後評価時に追加指標として設定している。有効性の定量的効果の判断においては、3つの指標を総合的に鑑みて判断している。

表3 有効性に関する定量的指標の達成状況

	基準値	目標値	実績値		
	2011年	2018年 事業完成 3年後	2018年 事業完成 3年後	2019年 事業完成 4年後	2020年 事業完成 5年後
1) 最需要期に水不足が発生しない灌漑農地面積(ha) (注7)	0	9,471ha (注1)	12,325 (130.1%)	12,390 (130.8%)	13,150 (138.8%)

<sup>6</sup> 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

2) 灌漑施設の維持管理に必要な経費(千 SDG)	11,004	10,569	①n.a. ②3,382 ③3,220	①n.a. ②3,558 ③4,920	①n.a. ②7,718 ③10,730
3) 小麦の単位収量 kg/フェダン (3 灌漑スキームの平均値) (2011 年の数値は 867kg/フェダン)	---	---	n.a. (1,000kg/フェダン) (注 6)	n.a. (1,200 kg/フェダン) (注 6)	1,080 kg/フェダン (3 地区の平均値)

注 1: 準備調査報告書記載の灌漑計画関連データに基づき算出した面積。事前評価表に記載されている目標値とは異なる。事前評価表の目標値は、3 灌漑スキームの灌漑面積の合計値であるが、作物栽培時期が異なっていたり、休耕地があったりするので、同時期にスキーム内の全農地を灌漑することはない。準備調査報告書には、どの時期に最も灌漑用水を必要とするのか、また、その時期の計画灌漑面積が記載されているので、その数値から「最需要期に水不足が発生しない灌漑農地面積」を算出した。

注 2: 括弧内の数値は、目標値との比較

注 3: SDG は、スーダン国通貨スーダンポンドの略称。

注 4: ①はアリアブ地区、②はキティアブ地区、③は、ニューハルファ K14 地区、n.a.は「データ入手できず」を意味する。

注 5: 1 フェダンは、0.42ha。

注 6: アリアブ地区及びキティアブ地区の平均値。

出所: JICA 提供資料、実施機関提供情報等

注 7: 人工衛星画像を分析して算出した面積。

最需要期に水不足が発生しない灌漑農地面積(ha)については、準備調査報告書に記載されている灌漑計画の最も灌漑用水の需要が多い時期について、その時期の計画灌漑面積と人工衛星画像分析<sup>7</sup>から水不足が生じていないと判断される面積（作物の色が良好な農地の面積）とを比較した。その結果、計画灌漑面積を上回る農地に水が供給できているとの分析結果になった。この分析結果からは、灌漑施設整備による安定した水供給効果があったといえる。

水不足が生じていない灌漑農地面積について人工衛星画像を用いて推定した方法の概要を以下に記載する。

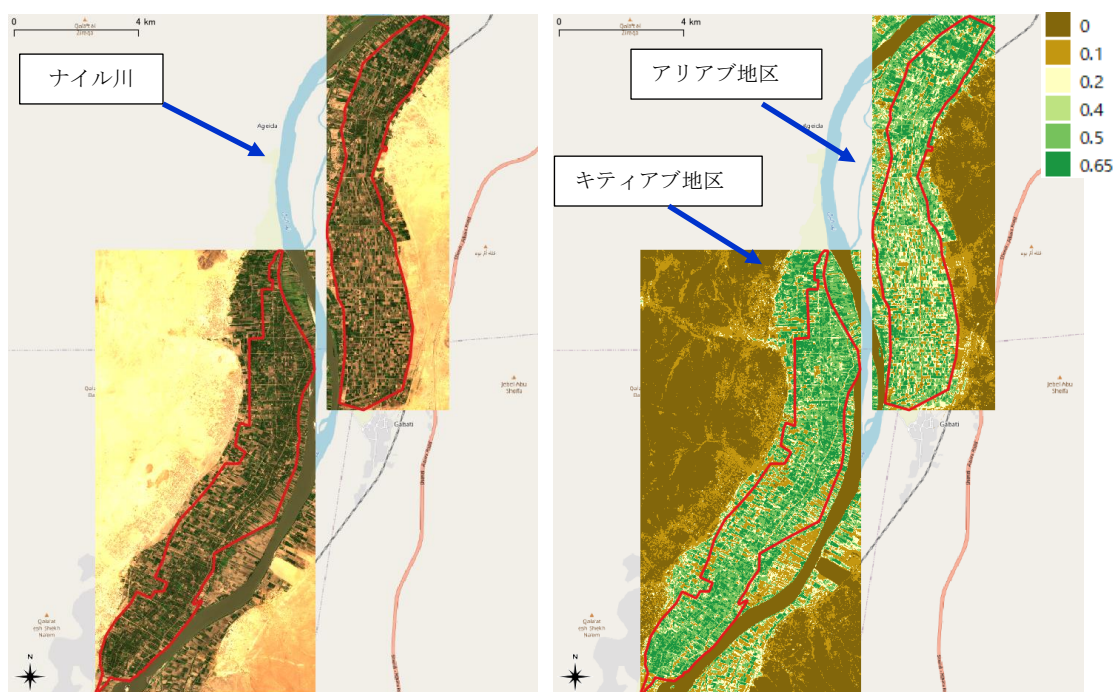
分析対象とする灌漑地区であるアリアブ地区、キティアブ地区、ニューハルファ K14 地区の 3 地区とも乾燥地帯に属し、年間降雨量が約 50mm～250mm と少なく、灌漑が行われない場合、作物は良好に生育ができない。そのため、灌漑地区内で、衛星画像分析を通じて植生が確認できる箇所では、適切に灌漑がなされており、水不足が発生していない農地である、と仮定できる。そこで、人工衛星画像（Sentinel-2 という衛星による光学画像）を用いて、年間のうち、灌漑用水を最も必要とする月の中から雲がかかっていない日<sup>8</sup>を選んで（アリアブ地区及びキティアブ地区は 1 月、ニューハルファ K14 地区は 9 月）、対象とする灌漑地区における「植生」を検出し、その面積

<sup>7</sup> 月間の灌漑要水量が最も多い月で雲の無い日の人工衛星画像（Sentinel-2）を用いて、水不足が発生していないと解析される灌漑農地面積を算出した（植生指数と境界条件を設定して計算（緑が濃い部分の面積を算出））。

<sup>8</sup> 利用した人工衛星画像の観測日は、アリアブ地区及びキティアブ地区の両地区とも、2018 年 1 月 23 日、2019 年 1 月 23 日、2020 年 1 月 28 日。ニューハルファ K14 地区の場合、2018 年 9 月 27 日、2019 年 9 月 12 日、2020 年 10 月 11 日（9 月に雲のない日がなかったため 10 月になった）である。

を分析した。人工衛星画像を用いて植生を検出する方法として、「正規化植生指数 (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI)」を利用した。この NDVI が一定値以上の場合、具体的には NDVI の閾値が 0.35 以上の場合、良好な「植生」がある（水不足が生じていない）と設定し、画像を目視判読し、灌漑がおこなわれていると思われる領域の面積を推定した。3 地区、それぞれについて、水不足が生じていない面積を推定し、その合計値を表 3 の「①最需要期に水不足が発生しない灌漑農地面積(ha)」の欄に記載した。

参考として下図に、アリアブ地区及びキティアブ地区の人工衛星画像（左側）と NDVI 画像（右側）を示す（赤線で囲んだ部分が、対象地区）。



注：図右上の数値は、NDVI の閾値。

灌漑施設の維持管理に必要な経費（千 SDG）については、3 地区のうち、1 地区の維持管理経費データが入手できなかった。そのため、目標値との比較が困難で、達成度を評価できなかった。なお、データが入手できていたとしても、近年のスーダンのインフレ率上昇の影響が大きく、正確に比較することは困難であったと考えられる。

小麦の単位収量 kg/フェダン（3 灌漑スキームの平均値）については、目標年や目標値は設定されていないものの、両事業実施前の 2011 年の 867kg/フェダンという収量水準と比較して、2020 年に 1,080 kg/フェダンへと約 25%増加しており、事業実施の効果があったといえる。

### 3.3.1.2 定性的効果（その他の効果）

#### (1)無償資金協力事業の定性的効果について

本事業の有効性を示す定性的効果の指標には、「域内で生産される食料の増加によって、リバーナイル州及びカッサラ州の食料価格が低下する」が設定されていた。小麦はスーダン国の主食であり、食料価格を代表する食品といえる。ただし、国内消費の約 50%<sup>9</sup>の小麦を輸入に依存していること（2019/2020 栽培年）、小麦価格は為替レートに大きく影響すること、事業地区での小麦生産量が小麦価格に影響を与える可能性が小さいことから、この指標の達成度については評価不能であった。

その他の代替の定性的効果として、①灌漑用水供給についての農家の満足度、②灌漑用水が届くタイミングについての農家の満足度を把握するため、農家インタビュー<sup>10</sup>を実施した。その評価結果を以下（表 4 及び表 5）に示す。

表 4 ①灌漑用水供給についての農家の満足度（単位：％）

灌漑地区	大いに満足	満足	あまり満足していない	まったく満足していない
アリアブ	73.3	23.3	3.3	0.0
キティアブ	67.7	6.5	25.8	0.0
ニューハルファ K14	20.0	23.3	20.0	36.7
平均	53.7	17.7	16.4	12.2

表 4 に見られるように、アリアブ地区では灌漑用水供給量に対する満足度が非常に高い（大いに満足と満足を合わせて、96.7%）。キティアブ地区の場合、大いに満足と満足を合わせて 74.2%で、比較的高い満足度がある一方、あまり満足していないという割合が 25.8% に増える。ニューハルファ K14 地区の場合、大いに満足と満足を合わせて 43.3%に低下し、全く満足していない割合が 36.7%と増加する。アリアブ地区及びキティアブ地区では、技術協力プロジェクトを通じて灌漑施設の維持管理能力の向上に取り組んだ相乗効果の結果として、灌漑用水の供給範囲の拡大や用水供給のタイミングの最適化に繋がり、ニューハルファ K14 地区と比較し満足度が高くなったものといえる。なお、3 地区の平均では、大いに満足と満足を合わせて 71.4%であり、一定の水準を確保しているといえる。

灌漑用水路の維持管理（除草や水路内土砂の排出）不足があると、その影響は特に、用水路の末端部分の水量不足につながる。現地調査員による農家聞き取り調査では、特に、キティアブ地区とニューハルファ地区の用水路の維持管理不足が観察された。特に、用水路の下流部の農家の満足度が低くなっており、このことから用水路の維持管理不足が、満足度を下げていることにつながっていることが確認できた。なお、

<sup>9</sup> Bumper Harvests and Record Wheat Production Propelling Sudan Towards Wheat Self-sufficiency, WORKING PAPER 2020/001, ICARDA

<sup>10</sup> 各地区 30 農家を対象とするインタビューを実施。灌漑地区を、ポンプ場からの距離面から、灌漑用水路の上流部、中流部、下流部に 3 区分し、各区分において 10 農家をインタビューした。

ニューハルファ K14 地区の場合、用水路の上流部の農家でも満足できていない割合が比較的高い（他の地区に比較して）。用水路の維持管理に加えて、頻繁な停電のため（ポンプ場の運転停止に伴い）、必要とされる灌漑用水を供給できない場合があることや灌漑用水を多く利用している種子生産会社の圃場があることも影響しているといえる。

表 5： ②灌漑用水が届くタイミングについての農家の満足度（単位：％）

地区	大いに満足	満足	あまり満足していない	まったく満足していない
アリアブ	70.0	26.7	3.3	0.0
キティアブ	64.5	9.7	25.8	0.0
ニューハルファ K14	23.3	13.3	30.0	33.3
平均	52.6	16.6	19.7	11.1

表 5 に見られるように、灌漑用水が届くタイミングについての満足度は、灌漑用水量への満足度と同様の傾向を示す。アリアブ地区では満足度が非常に高い（大いに満足と満足を合わせて、96.7%）。キティアブ地区の場合は、大いに満足と満足を合わせて 74.2%で、比較的高い満足度がある一方、あまり満足しないという割合が 25.8%に増えている。ニューハルファ K14 地区の場合は、大いに満足と満足を合わせて 36.6%に低下し、全く満足していない割合が 33.3%と増加する。3 地区の平均では、大いに満足と満足を合わせて 69.2%であり、一定の水準を確保していると考えられる。なお、ニューハルファ K14 の場合は、上述のとおり、頻繁に発生する停電が大きな問題の一つであり、さらに、用水路の維持管理が不十分（用水路沿いの除草や用水路内の土砂排除など）であることも適時に適量の灌漑用水を供給するうえでの課題となっていると思われる。

定量的効果のうち、最需要期に水不足が発生しない灌漑農地面積については、目標以上の達成状況である。小麦の単位収量が増加し、事業効果が見られた。灌漑施設の維持管理経費の節減効果が実現できたかどうかについてはデータ不足のため評価できなかった。定性的効果としては、灌漑用水供給の量的ならびに水が届くタイミングに対する農家の満足度は、3 地区平均でみると概ね一定の満足度を確保しており、効果があったといえる。なお、地区によっては、満足度が低い場合がある。用水路の除草・排砂の不足が適時に適量の灌漑用水を供給するうえでの課題である。

### 3.3.1.3 技術協力プロジェクトの目標達成度

技術協力プロジェクトで設定した成果は、①灌漑管理組織の組織運営基盤が強化される、②対象灌漑スキームにおける灌漑管理組織の施設維持管理能力が向上する、③水配分改善のための効果的な方策が開発される、④営農技術指導方法のモデルが開発さ

れる、の4項目であった。事業完了報告書（2019年11月）では、①が達成された、②③④がほぼ達成されたと判断している。プロジェクト目標である「対象灌漑スキームにおいて適切な灌漑農業が営まれる」については、概ね達成されたと判断している。下表に、プロジェクト目標の指標毎の実績・達成度（プロジェクト完了時）を記載する。

表6 プロジェクト目標の達成度

目標	指標	実績
プロジェクト目標： 対象灌漑スキームにおいて適切な灌漑農業が営まれる。	①灌漑施設維持管理に関する年間計画の少なくとも80%の活動が実行される。	対象2灌漑スキーム組織によって維持管理に関する年間計画が作成され、計画活動項目がほぼ全て実行されるようになった。
	②灌漑スキーム組織管理の下、主要な灌漑配水施設で定量的な配水管理が行われるようになる。	対象2灌漑スキーム組織下で、スキーム担当者（ゲートキーパー、インスペクター）によって主要分水施設において定量的な分水操作・管理を行うことができるようになった。
	③プロジェクトにより導入された営農にかかる改善技術を少なくとも5の訓練された農家グループが実践する。	生産者組合の優良候補として農家・女性グループが育成され、8つのグループによってプロジェクト導入による営農関連の改善技術（モデル技術）が実践された。

### 3.3.2 インパクト

#### 3.3.2.1 インパクトの発現状況

##### (1)無償資金協力事業について

無償資金協力事業のインパクト「同州の農業開発に寄与する」の指標として、灌漑用水供給が安定することで、対象灌漑地区で栽培されているタマネギと豆類（ソラマメ）の栽培面積が増加するのではないかと想定し、これら作物栽培面積が増加しているかどうかを評価した。

##### ①タマネギの栽培面積について

タマネギの栽培面積データは、アリアブ地区では、灌漑運営組織から入手できた。2009/2010年の栽培面積100フェダン（42ha）から、2018年～2020年の平均値では712フェダン（299ha）へと大幅に増加した。アリアブ地区では、両事業による灌漑施設整備による灌漑用水供給の安定化や灌漑管理技術向上にともなうインパクトがあったと判断する。

##### ②豆類（ソラマメ）の栽培面積について

豆類の栽培面積データについても、アリアブ地区では灌漑運営組織から入手できた。アリアブ地区におけるソラマメ栽培面積は、2009/2010年の620フェダン（260ha）から、2018年～2020年の平均値で487フェダン（205ha）へと減少している。後述するように、アリアブ地区での柑橘類栽培が、2015年の1,077フェダン（452ha）から202年には2,200フェダン（924ha）へと倍増したことが影響したと推測される。したがっ

て、豆類栽培へのインパクトはなかったと判断する。一方、両事業の実施は、灌漑用水の安定的供給につながり、そのことがより換金性の高い作物である柑橘類の栽培面積増加の点で効果があったと判断する。

## (2)技術協力プロジェクトについて

上位目標達成状況とその他のインパクトを検証した。

### ①上位目標達成度

上位目標は「対象灌漑スキームにおける農業生産が増加する」であり、その指標は、「プロジェクト開始当初と比較して、柑橘類の生産量が 2022 年までにアリアブ地区およびキティアブ地区でそれぞれ 23%、26%、増加する」であった。事後評価時点における実績を下表に示す。なお、本プロジェクトは、2015 年 11 月に開始されたので、2015 年の数値が基準となる。

表 7 上位目標の達成度

地区	項目	2015 年	2019 年	2020 年
アリアブ地区	栽培面積 (フェダン)	1,077	2,006 (86%増)	2,200 (104%増)
	生産量 (トン)	n.a.	10,770	20,000
キティアブ地区	栽培面積 (フェダン)	2,060	2,060 (0%増)	3,000 (46%増)
	生産量 (トン)	n.a.	20,600	25,000

注：括弧内の数値は、2015 年比。

出所：アンケート調査結果、インタビュー調査結果、そして、リバーナイル州生産経済資源省

アリアブ地区の場合、柑橘類栽培面積は、2015 年の 1,077 フェダン (452ha) が、2020 年に 2,200 フェダン (924ha) へと 104%増加 (約 2 倍) した。2015 年の生産量データが得られなかったものの、2019 年の生産量 10,770 トンが、2020 年には 20,000 トンと約 2 倍に増加した。よって 2022 年までに生産量が 23%増加するという目標は、2020 年時点ですでに達成しているものと判断する。

キティアブ地区の場合、栽培面積では、2015 年の 2,060 フェダン (865ha) が、2020 年に 3,000 フェダン (1,260ha) へと 46%増加した。2019 年の生産量 20,600 トンが 2020 年には 25,000 トンと約 21%増加した。2015 年の生産量データが入手できていないものの、栽培面積で 2015 年から 2020 年までに 46%増加している。したがって、キティアブ地区においても、生産量が 26%増加するという目標をすでに達成しているものと推測される。

これらのデータからみて、本技術協力プロジェクトによる適切な灌漑農業の推進の効果として、両地区の代表的農産物の一つである柑橘類の生産量増加に大きなインパ



クトを与えたといえる。

## ②技術協力プロジェクトの成果の維持・発展状況について

技術協力プロジェクトの目標達成度の項で記載したように、4項目の成果が設定され、プロジェクト終了時には、4つの項目のうち、1つは達成し、その他の3つは、ほぼ達成された。事後評価時においても協力の成果が維持・発展している項目を設定された成果毎に記載する（一部、活用されていない項目も含む）。

### 1) 成果1の「灌漑管理組織の組織運営基盤が強化される」について

アリアブ灌漑運営組織及びキティアブ灌漑運営組織の両方が、現在も会計帳簿類を適切に記録・管理している。また、両灌漑運営組織ともに、リバーナイル州政府などの関係機関との連絡・調整体制を維持している。

### 2) 成果2の「対象灌漑スキームにおける灌漑管理組織の施設維持管理能力が向上する」について

アリアブ灌漑運営組織では、施設維持管理計画を毎年作成し、実施率が90%～95%と高い。他方、キティアブ灌漑運営組織でも計画を毎年作成しているが、実施率は80%～85%と若干下がる。

### 3) 成果3の「水配分改善のための効果的な方策が開発される」について

配水管理計画については、両灌漑組織で毎年作成されている。プロジェクト期間中に作成されたテキスト・マニュアルは多数あるが、両灌漑運営組織で活用されているもののあれば、利用されていないものもある。リバーナイル州生産経済資源省でもある程度マニュアル類を利用しており、例えば、州内の2つの灌漑スキーム（Fadlab 地区と Muslamab 地区）の地図作成にマニュアルが用いられた。州内の他灌漑地区での技術活用については、州生産経済資源省が次の技術を活用した。①用水分配技術を3灌漑スキーム（Zeidab、Fadlab、Medeni）で活用。②用水路からの水漏れを防ぐ技術を2灌漑スキーム（Zeidab 及び Medeni）で活用。③用水路の成形技術（用水路の形状を整える）を2灌漑スキーム（Zeidab 及び Fadlab）で活用。④用水路の除草方法として除草剤を用いる方法を2灌漑スキーム（Zeidab 及び Fadlab）で活用。

### 4) 成果4の「営農技術指導方法のモデルが開発される」について

節水灌漑手法の農家への導入拡大はあまり進んでいない。また、両灌漑スキームとも、果樹・野菜の収穫後処理や油脂作物加工に関する実証活動の新規展開は行われていない。営農改善に関するテキスト・マニュアルは、プロジェクト期間中に対象となった一部農家で活用されている。営農改善（農産物加工関連）にかかる活動のうち、油脂作物栽培の導入が他の灌漑地区で進められた（Matama、Damer、Zeidab、Hasa）。アリアブ地区では、プロジェクト支援で設置された乾燥機を用いるため、他の灌漑スキーム（Zeidab 及び Soula）の農家がタマネギ等を持ち込んで活用してい

る。

以上のように、プロジェクト目標である「灌漑スキームにおいて適切な灌漑農業が営まれる」という事業成果を維持するうえで重要な、灌漑運営組織と州政府等と連絡・調整体制の維持や会計事務作業、灌漑施設の維持管理計画の作成・実施、灌漑用水の配水計画の各年度での作成、リバーナイル州内の他の灌漑地区への配水管理技術や用水路維持管理技術の普及が継続実施されていることから、成果の継続性が一定程度あるといえる。

次に、事後評価時においても協力の成果（プロジェクト目標）が維持・発展している項目を指標別に記載する（一部、活用されていない点も含む）。

- 灌漑施設維持管理計画は毎年作成され、計画に沿って実施されている。2019年と2020年の場合、実施率は80%以上（灌漑運営組織から聞き取りしたデータ）であり、良好な実施状況といえる。

表 8 灌漑施設維持管理計画の実施率

灌漑地区	2019年実施率	2020年実施率
アリアブ	90%	95%
キティアブ	80%	85%

出所：アリアブおよびキティアブの灌漑管理組織の情報

- 両灌漑スキームで毎年の水配分計画が作成・実施されている。アリアブ地区では、継続的かつ適切に用水路・制御施設の維持管理や用水路の除草・排砂が実施されている。キティアブ地区でも適切な水配分が実施されている。ただし、時々発生する停電（ポンプが停止し、用水供給が止まる）、ナイル川の水位低下（ポンプによる揚水が困難になる）、用水路の雑草の繁茂が水配分計画の実施に負の影響を与えていた。
- 育成された8つの営農活動関連の農家・女性グループのうち、現在も活動的なグループは、野菜乾燥に関する活動を行っている1つグループのみである。他のグループには、一部、個人的に活動を継続している農家が存在する。質の良い種子の入手が困難、野菜苗の販売市場確保が困難、洪水の影響、営農資金の不足、州政府の支援不足などが、継続性が低い要因である。なお、技術協力プロジェクト終了以降に新規に形成された営農活動グループはない。

以上のように、事業の成果の維持に重要な点である、灌漑施設維持管理計画が毎年作成・実施され、また、水配分計画が毎年作成・実施されているので、成果（プロジェクト目標）の継続性が一定程度あるといえる。

### 3.3.2.2 その他、正負のインパクト

両事業のその他のインパクトとして、以下の点が認められた。

#### (1) 環境社会配慮について

無償資金協力事業は、事前評価時の環境社会配慮カテゴリについては、影響を及ぼしやすいセクター・特性及び影響を受けやすい地域に該当せず、環境への望ましくない影響は重大でないと判断されるため、カテゴリ B に分類されていた。事前評価表において、本事業では用地取得及び非自発的住民移転を伴わないとされており、また、実際に非自発的住民移転、用地取得は生じていない。河川護岸の土壌の浸食防止のため、土砂による盛土広報から、より浸食防止に効果があるシートパイルと一体となった護岸の法面保護工を採用することで、土壌浸食や早い流速への対処が実施された。工事期間中も、騒音振動、廃棄物、交通安全などの環境社会面での問題は生じていないことを実施機関に確認した。なお、技術協力プロジェクトはカテゴリ C に分類されていた。

#### (2) 女性グループ・農家へのインパクトについて

- タマネギの加工・乾燥グループは技術協力プロジェクト終了後も活動を継続しており、メンバーだけでなく、周辺の村の女性が、大量のタマネギをカット・乾燥（太陽光）させ、袋詰めしたものを州内の町で売っている。活動に参加・継続している一部の女性にとってはインパクトがあったといえる。
- 主食となる食料が年間を通じて十分に確保されているかどうか農家にインタビューした結果、概ね十分な食料を確保しているとの回答であった（一部農家は、柑橘類のみ生産している場合もあるが）。また、農業生産および農業収入についての満足度は、「非常に満足する」あるいは「満足する」が大半を占める（アリアブ地区で 90%、キティアブ地区で 87%）。両事業が実施された 2 灌漑地区の農家では、概ね食料が確保されている状況である。

#### (3) JICA の民間連携事業（普及・実証事業）との連携

リバーナイル州ではタマネギ生産が盛んで、スーダン国で生産量第 1 位の州である。日本の民間企業は、この州で技術協力プロジェクトが実施されているので、民間連携事業との連携を検討し<sup>11</sup>、日本の民間企業の電気乾燥機をタマネギ乾燥に用いる実証事業がリバーナイル州で実施されている。州政府が建設した冷蔵貯蔵施設（州都のダーマル市内）に電気乾燥機を設置し、地元の生産者組合と協力しつつタマネギ乾燥事業を実施している。この普及・実証事業では、技術協力プロジェクトで作成された研修材料で、具体的には、「帳簿研修」の内容をそのまま活用して、農家の人材育成を行

<sup>11</sup> 技術協力プロジェクトの事業内容に農産加工に関する活動が含まれていたため、連携を模索しようと考えた。

っている。この点は、無償資金協力事業及び技術協力プロジェクトの波及効果・連携効果といえる。

無償資金協力事業の定量的効果及び定性的効果については、灌漑用水の最需要期には、計画灌漑面積以上に用水を供給できており、小麦の単位収量が増加し、農家は、農地に届いた用水量と用水が届くタイミングについて一定程度の満足度を示した。また、インパクトとしては、タマネギ栽培面積の大幅な増大が確認できた。技術協力プロジェクトの上位目標である柑橘類の生産面積増加が目標以上の面積になり、能力強化が図られた灌漑施設の運営・維持管理技術等の成果の一部が継続的に活用されており、また、農家の農業生産及び農業収入についての満足度が比較的高く、概ね十分な食料が確保されているというインパクトも見られる。

以上より、本事業の実施によりおおむね計画どおりの効果の発現がみられ、有効性・インパクトは高い。

### 3.4 持続性（レーティング：②）

#### 3.4.1 運営・維持管理の制度・体制

リバーナイル州に位置するアリアブ灌漑地区とキティアブ灌漑地区は、リバーナイル州農業スキーム法に基づき、独立採算制を基本として、各地区の灌漑運営組織が運営・維持管理を担当している。運営・維持管理に要する予算が十分でない場合、リバーナイル州政府の支援やスーダン国政府の支援が提供される。一方、ニューハルファ K14 地区は、国営事業地区であるニューハルファ灌漑事業地区の一部であり、国の機関であるニューハルファ農業公社が運営・維持管理を担当している。そのため、持続性については、アリアブ灌漑運営組織、キティアブ灌漑運営組織、リバーナイル州生産経済資源省、ニューハルファ灌漑公社、それぞれについて評価した。

#### (1) アリアブ灌漑運営組織

無償資金協力事業実施前と事後評価時の人員体制を下表に示す。（注：括弧内の数値は、メンバー数）

表 10 無償資金協力事業実施前と事後評価時の人員体制

項目	実施前	事後評価時
役員会（メンバー数）	11	22
スキーム職員数（人）	37	35
灌漑・農業委員会（人）	4	5
財務委員会（人）	4	5
ポンプオペレーター数（人）	13	2
Canal & Farm Guards（人）	7	9
農業普及員数（人）	2	2

会計担当 (人)	2	4
----------	---	---

出所：準備調査報告書およびアリアブ灌漑運営組織

アリアブ灌漑運営組織の体制は、事業実施前に作成された準備調査報告書では、「全体的に比較的首尾よく運営されている」と記載されている。事後評価時には、役員会メンバーが大幅に増加する一方、ポンプオペレーターの数がかかり減少した点を除いて、大幅な人員変化はない。ポンプオペレーターの数が増加しているものの、ポンプの運転・維持管理は良好に行われている。またアリアブ灌漑運営組織での聞き取りでは、組織体制、所掌、会計システムならびにスタッフ数の点では適切な体制があるものの、約半数のスタッフの能力は低く、能力強化が必要であるとのことであった。よって、アリアブ灌漑運営組織の運営・維持管理体制では、スタッフのさらなる能力強化の必要があるものの、運営・維持管理の組織・人員体制としては、おおむね良好な状況にあると判断する。

## (2) キティアブ灌漑運営組織

無償資金協力事業実施前と事後評価時の人員体制を下表に示す。（注：括弧内の数値は、メンバー数）

表 11 無償資金協力事業実施前と事後評価時の人員体制

項目	実施前	事後評価時
役員会（メンバー人数）	11	解散状況(解散前は 18)
スキーム職員数（人）	48	9
灌漑・農業委員会（人）	なし	解散状況（解散前は 5）
財務委員会（人）	なし	（解散）
ポンプオペレーター数（人）	21	6
Canal & Farm Guards（人）	2	12
農業普及員数（人）	1	0
会計担当（人）	2	3

出所：準備調査報告書およびキティアブ灌漑運営組織

役員会のメンバー数が増加し、水路担当者数も顕著に増加している。一方、職員数が劇的に削減され、ポンプオペレーター数も減少している。聞き取り調査では特にポンプ場担当の電気技術者が不足し、ポンプ故障時の対応に課題があるとのことであった。なお、準備調査報告書では、「効率的な灌漑を実現するために Canal & Farm Guards の増員が必要と思われる」と記載しているが、その点では、2人から12人へと増員しているので、用水路の維持管理面では、実施体制が強化されている。ただし、一時的に組織体制の変更を行っている模様で、事後評価時点の運営・維持管理の組織・人員体制を評価することは困難である。なお、職員の能力強化や灌漑地区内の作物の栽培面積、生産量、生産性を調査する調査員の配置を必要としている。

以上から、用水路の維持管理面では、担当スタッフが増員され実施体制が強化されているものの、それ以外のスタッフも含めてさらなる能力強化の必要がある。事後評価時は一時的に組織体制改変を行っている模様であり、事後評価時点の運営・維持管理の組織・人員体制が適切であるかどうか評価することは困難であった。

### (3) ニューハルファ灌漑公社

ニューハルファ K14 地区を含むニューハルファ灌漑地区全体の運営・維持管理を担当するのは、連邦農業自然資源省傘下のニューハルファ灌漑公社である。

事後評価時のニューハルファ K14 地区を担当する職員数データは入手できなかったため、適切な運営・維持管理に係る組織・人員体制があるかどうかを評価できないが、聞き取り調査結果からは、以下の点についての職員の能力強化の必要性があるようである。

- ▶ 組織・人員体制面では、ポンプ施設の運転・維持管理や用水路管理を担当するスタッフや財務を管理するスタッフがあり、灌漑施設の運営・維持管理と事務作業が概ね効率的に実施されている（現地調査員による聞き取り調査結果）。
- ▶ 用水路の排砂計画や除草作業計画が灌漑管理担当者によって作成されている。

以上のように得られた情報は限定的ではあるが、同地区では運営・維持管理に係る一定の組織・人員体制があると判断する。

### (4) リバーナイル州生産経済資源省

事後評価時の職員数に関するデータは入手できていないが、同省は、技術協力プロジェクト実施時に「JICA 事業フォローアップ・ユニット」を設置し、アリアブおよびキティアブ灌漑地区に対し、以下の支援を実施していた。

- ▶ 灌漑施設（ポンプ、水量制御機）のリハビリおよび定期点検や水路クリーニング。
- ▶ 農業普及サービスの提供。
- ▶ 両灌漑運営組織に対するフォローアップ。

実際、州政府は、灌漑施設の維持管理、機器調達、灌漑施設のリハビリ・新設工事に資金を出している。これらから見て、灌漑地区に関する運営・維持管理支援面では、リバーナイル州政府におおむね良好な組織・人員体制があると判断する。

### (5) 運営・維持管理の制度・体制のまとめ

3 灌漑地区を担当する灌漑運営組織の職員のさらなる能力強化の必要があるものの、上述した点を総合的に勘案すると、3つの灌漑運営組織には、ある程度良好な運営・維持管理の制度・体制がある。また、リバーナイル州生産経済資源省には、州内の灌漑地区に関する運営・維持管理を支援するおおむね良好な組織・人員体制がある。

### 3.4.2 運営・維持管理の技術

#### (1) 無償資金協力事業で学んだ技術事項の実践状況

無償資金協力プロジェクトでは、3 地区の灌漑運営組織のスタッフを対象に「灌漑に関する技術事項」についての能力強化が図られた（ソフトコンポーネントを通じて）。能力強化が図られた灌漑関連技術を継続活用しているかどうか、下表に示す（数値は、3 地区のうち、実践している地区数）。

表 12 技術事項の継続活用状況

技術項目	実践地区数
①灌漑施設インベントリー表の作成・管理方法	3
②ポンプ運転記録の策定方法	3
③初期指導で学んだポンプの維持管理方法	2
④灌漑関連法規の理解	3
⑤広域的水管理関わる知識	2
⑥パソコン利用による用水量計算技術	0
⑦公平な水配分に関わる知識	3
⑧適切なゲート操作技術	2
⑨年間維持管理活動計画の理解	3
⑩モニタリングおよびフィードバックに関わる知識	2

出所：3 地区の灌漑運営組織での聞き取り

①②④⑦⑨の技術項目は、全 3 地区で実践されている。③⑤⑧⑩の技術項目は、2 地区で実践されている。⑥パソコン利用による用水量計算を実践している地区は 0 であった。パソコン利用による用水量計算を除けば、概ね学んだ技術を継続活用している。ただし、本当に効果的に活用できているかどうかまで確認できていないが、灌漑運営組織のスタッフからの聞き取り結果からみて、パソコンを利用した用水量計算など、学んだ知識を適切に活用・実践するため、スタッフのさらなる能力強化の必要性があると判断する。

次に灌漑運営組織が運営関連技術を継続活用しているかどうか、下表に示す（数値は、3 地区のうち、実践している地区数）。

表 13 技術事項の継続活用状況

技術項目	実践地区数
①受益農家に関わる基本的情報の整理・管理方法	3
②受益農家のニーズ把握方法	2
③水利費徴収・管理システムの運用	3
④年間活動計画の策定	3
⑤総会・臨時集会などの開催及び議事録策定	3
⑥台帳、伝票、領収書の保管、記録	3
⑦毎月の会計報告の作成	2.5
⑧農作物及び肥料などの価格相場記録策定・管理	1
⑨灌漑組織運営に関わる能力強化マニュアル	1

出所：3 地区の灌漑運営組織での聞き取り

項目の⑧⑨を除いて、実践状況は良好であり、灌漑運営組織の運営能力の持続性が概ね確保されていると判断する。

#### (2) 技術協力プロジェクトで学んだ技術事項の実践状況

- 灌漑施設維持管理に関するモデル技術普及にかかるアクションプランについては、リバーナイル州生産経済資源省が各灌漑運営組織のアクションプラン作成を支援し、アリアブ地区ではアクションプランを作成・実施している。また、キティアブ地区でも年間活動計画を作成している。
- 油糧作物導入については、他の農家への普及や新規の農家グループ形成が実施されていない。そして、アリアブ地区では油糧作物の栽培が減少している。キティアブ地区では、品質不良のゴマ種子が出回ったことで、栽培面積が減少した。営農改善に係るモデル技術の一つであるゴマ栽培導入と搾油活動の実践は限定的である。
- 灌漑水路維持管理作業については、灌漑運営組織が継続的に実施しているものの、特に二次水路の除草が十分でない状況が見られる。キティアブ地区では、幹線水路でも除草不足の状況にある。

#### (3) リバーナイル州生産経済資源省の技術的支援

アリアブ地区およびキティアブ地区の灌漑運営組織に対して以下の技術的支援を実施している。

- ・ポンプ場の機器に問題が生じた際に、電気技師や機械技師を派遣している。
- ・灌漑施設の維持管理とは異なるが、農業技術普及（農民学校タイプの研修実施）、種子配布（油脂作物、野菜、コメ）、播種機提供などで支援している。
- ・用水路の除草・クリーニングや水量制御機器のリハビリなどで一定の支援を行っているほか、ポンプ場の状況確認のために州政府職員による訪問が実施されている。

#### (4) 運営・維持管理の技術面のまとめ

灌漑運営組織スタッフに指導した技術項目のうち、パソコン利用による用水量計算技術が活用されていない、灌漑組織運営に関する能力強化マニュアル等の一部マニュアルの活用度が低いという課題が一部見られ、スタッフのさらなる能力強化の必要性があるものの、一定の技術力を持ち、灌漑施設の維持管理を行っている。また、リバーナイル州生産経済資源省は、アリアブ地区およびキティアブ地区の両灌漑運営組織に対して灌漑技術関連の支援を行っている。これらを総合的に勘案すると、3つの灌漑運営組織には、ある程度良好な運営・維持管理の技術が身につけていると判断する。



### 3.4.3 運営・維持管理の財務

#### (1) アリアブ灌漑運営組織

アリアブ灌漑運営組織の維持管理関連予算額を下表に示した。スーダンの通貨 SDG では、2018 年、2019 年、2020 年と維持管理関連予算が増加している（2020 年に顕著に増加、ただし、近年インフレ率が高まっている）。一方、ドル換算値では、2018 年の灌漑施設維持管理予算に比較すると、2019 年と 2020 年の予算額は減少している。灌漑運営組織には、水利費徴収による収入があり、州政府からの資金的支援がある一方で、一部の用水路の除草が不足している状況が確認されているので、予算が十分にあるとはいえない。ただし、ポンプ場の運転・維持管理と一定程度の用水路の維持管理が実施されているので、課題を抱えているものの、ある程度、財務面での持続性が確保されている状況と判断される。

表 14 アリアブ灌漑運営組織の維持管理関連予算額

項目	2018 年	2019 年	2020 年
維持管理関連予算全体 (SDG)	4,748,723	5,953,190	9,270,015
ドル換算値	263,818	132,293	168,546
水利費徴収率	69%	80%	79%

出所：ドル換算値以外は、アリアブ灌漑運営組織からの聞き取り結果。

#### (2) キティアブ灌漑運営組織

キティアブ灌漑運営組織の維持管理関連予算額を下表に示した。アリアブ地区と同様に、スーダンの通貨 SDG では、2018 年、2019 年、2020 年と維持管理関連予算が増加している（ただし、近年インフレ率が高まっている）。一方、ドル換算値では、2018 年の灌漑施設維持管理予算に比較すると、2019 年と 2020 年の予算額は減少している。灌漑運営組織には、水利費徴収による収入があり、州政府からの資金的支援がある一方で、キティアブ地区の灌漑用水路（幹線水路及び二次水路）のアリアブ地区に比較してより多くの除草不足が見られる、ならびに、アリアブ地区に比較して水利費徴収率が低い状況にあるので、維持管理予算としては、必ずしも十分ではない可能性がある。アリアブ地区に比較して、水利費徴収率が低いので、徴収率を向上させることで、財務を改善する必要がある。

表 15 キティアブ灌漑運営組織の維持管理関連予算額

項目	2018 年	2019 年	2020 年
維持管理関連予算全体 (SDG)	1,939,340	3,562,545	4,872,736
ドル換算値	102,071	79,168	88,595
水利費徴収率	60%	54%	54%

出所：ドル換算値以外は、キティアブ灌漑運営組織からの聞き取り結果。

#### (3) ニューハルファ灌漑公社

ニューハルファ K14 地区の 2020 年の維持管理予算(SDG)が、2018 年および 2019 年に

比較して大幅に増えている（ただし、近年インフレ率が高まっている）。主要な灌漑施設（ポンプ場及び用水路に設置された水量制御施設）の運営・維持管理状況がおおむね良好であり（現地調査員による施設の直接観察と公社職員からのヒアリング結果）、水利費徴収率も高いので、維持管理予算が一定程度確保されているものと思われるが、二次用水路の排砂・除草が十分でないとの情報があるので、この点に関する予算は不足していると思われる。

表 16 ニューハルファ K14 地区の灌漑関連の維持管理予算額

項目	2018 年	2019 年	2020 年
維持管理関連予算全体(SDG)	2,220,000	4,920,000	10,730,500
ドル換算値	123,333	109,333	195,100
水利費徴収率	n.a.	91%	94%

出所：ドル換算値以外は、ニューハルファ灌漑公社からの聞き取り結果。

#### (4) リバーナイル州生産経済資源省

リバーナイル州政府が、州内の灌漑スキームの維持管理向けに用意した予算データを下表に示した。金額的に十分であるかどうか判断できないが、日本円換算で 2018 年に約 1 億円、2020 年に 3 億円近くになっている。近年インフレ率が高まっているので、予算が実質的に伸びているかどうか不明であり、州政府が灌漑施設の運営・維持管理に十分な予算を支出できているかについても判断が困難である。ただし、アリアブ地区およびキティアブ地区への支援額が全体額に占める割合は、比較的大きいので<sup>12</sup>、両灌漑地区の維持管理予算が一定程度確保できているという点は、灌漑施設の維持管理の財務面でプラス要因である。

表 17 リバーナイル州生産経済資源省の灌漑スキーム支援額

項目	2018 年	2019 年	2020 年
州内のすべての灌漑スキームの維持管理経費支援額(SDG)	16,243,868 (4,243,000)	87,252,000 (12,894,005)	143,041,956 (10,869,000)
ドル換算値 (換算レート)	902,437 18.0	1,938,933 45.0	2,600,763 55.0

注：括弧内の数値は、アリアブ地区およびキティアブ地区への支援額の合計。

注：ドル換算は、各年の 7 月上旬の数値を利用

(<https://www.xe.com/currencycharts/?from=USD&to=SDG&view=5Y>)

#### (5) 運営・維持管理の財務のまとめ

灌漑スキームの運営・維持管理予算については、アリアブ地区およびキティアブ地区の場合、水利費徴収による収入があり、また、リバーナイル州政府が一部支援している。一部の用水路の除草が十分でないという状況が見られ、水利費徴収率を上げる余地があるものの、一定の財務的持続性が確保されていると思われる。ニューハルファ K14 地区

<sup>12</sup> 2018 年の場合、アリアブ地区が 17.0%、キティアブ地区が 9.2%（計 26.2%）、2019 年にはそれぞれ 7.5%と 7.3%（計 14.8%）、2020 年にはそれぞれ 5.0%と 2.6%（計 7.6%）。

の場合、連邦農業自然資源省傘下のニューハルファ灌漑公社が管轄し、予算を付けている。国営灌漑事業地区の一つとして重要な灌漑地区であり、ある程度の維持管理予算が継続的に配分されることが期待される。

以上までの点を総合的に勘案して、3 スキームには、ある程度良好な運営・維持管理の財務があると判断する。なお、アリアブ地区およびキティアブ地区では、水利費徴収率向上を通じて、財務状況を改善する余地がある。

#### 3.4.4 運営・維持管理の状況

##### (1) アリアブ地区の運営・維持管理の状況

- 灌漑施設維持管理計画は毎年作成され、計画に沿って実施されている。計画実施率が高い（2019年に90%、2020年に95%）（灌漑運営組織提供データ）。
- 水配分計画が毎年作成され、実施されている。
- 運営・維持管理の制度・体制の項で説明したように、能力強化が実施された技術事項の実践状況が良好である。
- 無償資金協力で建設・整備されたポンプ場内のポンプ機器及び操作盤は良好に稼働し、清潔に保たれている。
- 幹線水路は除草されクリーンで、水路の形状修復後の状態を保っている。また、二次用水路もクリーンである（雑草などが少なく、形状が適切である）。さらに、用水路のゲート施設も良好な状態にある。

以上を総合的に勘案すると、アリアブ地区の運営・維持管理の状況はかなり良好な状況といえる。

##### (2) キティアブ地区の運営・維持管理の状況

- 灌漑施設維持管理計画は毎年作成され、計画に沿って実施されている。計画実施率は概ね良好である（2019年に80%、2020年に85%）（灌漑運営組織提供データ）。
- 水配分計画が毎年作成され、実施されている。
- 運営・維持管理の制度・体制の項で説明したように、能力強化が実施された技術事項の実践状況がおおむね良好である。
- ポンプおよびポンプ場内は、概ね良好に稼働しているが、アリアブ地区のポンプ場ほどには清潔ではない。なお、ポンプ1台が故障中であり、制御盤が電気的問題から故障したが、スーダン国内でのスペアパーツ調達が困難な状況にある。
- 幹線水路に雑草が繁茂し、よい状態ではない。二次水路も幹線水路と同様の状況にある。なお、用水路のゲート施設は、稼働状態にある。

以上を総合的に勘案すると、ポンプ場、幹線水路、二次水路の維持管理面に一部課題があり、運営・維持管理の状況に一部問題がある。

### (3) ニューハルファ K14 地区の運営・維持管理の状況

- 維持管理年間計画は文書化されている。ただし実施率に関するデータは入手できなかった。
- 水配分計画実践に関し、公平な水配分ができているかどうかについての記録が作成されている（ただし、水配分計画の実際の実施状況については不明）。
- 運営・維持管理の制度・体制の項で説明したように、両事業を通じて能力強化が実施された技術事項の実践状況はおおむね良好である。
- ポンプおよびポンプ場は、非常に効率的に運転されている。
- 幹線水路については、除草や排砂がされ、よく管理されている。ただし、二次用水路の排砂や除草については、一部不十分な点がある。用水路のゲート施設は、良好な状態で定期的点検が実施されている。主要灌漑施設の維持管理は、二次用水路を除き、おおむね適切に実施されている。

以上を総合的に勘案すると、ニューハルファ K14 地区の運営・維持管理の状況については、二次水路の維持管理に一部問題を抱えているが、全体的には、良好な状況にあるといえる。

### (4) 運営・維持管理の状況のまとめ

3 灌漑スキームの運営・維持管理の状況を総合的に勘案すると、一部問題があるものの、一定程度良好な状況にあるといえる。

### (5) 両事業実施の持続性確保の面での相乗効果と外部要因

無償資金協力事業では、主として施設整備が主体であり、その整備された施設の運営・維持管理能力を強化するためのソフトコンポーネントが実施された場合、それは、初期段階に限定した技術支援として実施されるものであるため（本事業の場合は、地区によって1ヶ月程度から3ヶ月程度）、能力強化の成果が定着するというレベルまで到達するには、技術支援を受けた側が、学んだ技術を継続的に運営・維持管理活動に活用することが求められる。両事業の場合、無償資金協力事業実施後に、ソフトコンポーネントによる技術指導を踏まえて、技術協力プロジェクトによる能力強化を数年間実施することで、能力強化の水準が高まり、定着性・持続性も向上する結果につながったと判断される（無償資金協力事業と技術協力プロジェクトの相乗効果の一つ）。なお、一部の用水路の維持管理（除草）が十分でないという点があるが、用水路の維持管理予算確保自体は、両事業の実施によって大きく改善させることができる性質の課題ではなく、政府機関からの資金的支援や水利費徴収率向上に負うところが多く、長期的に取り組むべき事項と考える。

以上から、両事業の運営・維持管理は、制度・体制、技術、財務、状況ともに一部問題

があり、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

## 4. 結論及び提言・教訓

### 4.1 結論

本事後評価では、二つの事業（両事業）の事後評価を一体的に行った。一つの事業は無償資金協力「食料生産基盤整備計画」であり、リバーナイル州及びカッサラ州において灌漑施設の更新や機材の導入等を行うことにより、同州における安定した農業用水の供給と施設維持管理の負担軽減を図り、もって同州の農業開発に寄与することを目標に実施された。もう一つの事業は、技術協力プロジェクト「リバーナイル州灌漑スキーム管理能力強化プロジェクト」であり、この事業は上記の無償資金協力事業の成果を踏まえ、灌漑組織運営面の能力強化ならびに、より効率的な水利用計画に沿った営農改善等を通じて、対象灌漑スキームにおいて適切な灌漑農業が営まれることを目標に実施された。これら二つの事業は、灌漑施設整備や水資源管理能力向上、農民の営農技術向上を目指しており、食料安全保障や農業生産性向上、貧困削減といったスーダン国の政策の重点事項や、灌漑施設整備や運営・維持管理能力強化のニーズに合致していた。また、農業開発を重点分野の一つとしていた我が国の対スーダン援助政策とも合致していた。したがって、両事業の妥当性は高い。両事業による灌漑施設整備と運営・維持管理能力強化によって、農業用水供給の安定性が向上し、灌漑地区の主要農作物の生産量・単位収量の増加等の成果が発現しており、プロジェクト目標をほぼ達成している。また、技術協力プロジェクトの上位目標も達成している。したがって、有効性・インパクトは高い。事業費、事業期間ともに両事業を一体的に評価すると計画内に収まっており、効率性は高い。持続性については、事業対象灌漑地区の灌漑運営組織の技術力の向上と技術水準の維持が一定程度みられる。また、水利費徴収率向上による財務状況改善の余地があり、さらに、一部の用水路の維持管理（主に除草）が不十分な点が見られることから、持続性全般としては、中程度である。

以上より、両事業の評価は非常に高いといえる。

### 4.2 提言

#### 4.2.1 実施機関のうちアリアブ灌漑運営組織およびキティアブ灌漑運営組織への提言

##### (1) 水利費徴収率の向上について

アリアブ地区、キティアブ地区、ニューハルファ K14 地区の 2020 年の水利費徴収率は、それぞれ、79%、54%、94%である。キティアブ地区の水利費徴収率 54%はかなり低い。キティアブ地区の灌漑運営組織の財務面を改善し、灌漑施設の適切な運営・維持管理（用水路の除草を含む）を行うためにも、この徴収率を高める対策を取る必要がある。また、アリアブ地区の徴収率は 79%であるが、さらに徴収率を高めるための対策を取り、財務面を改善し、灌漑用水を用水路下流部の農地まで、必要とされる水量を必要とされる時期に適切に届けることができるように用水路の除草を含む適切な運営維持管理を行う必要がある。

## (2) 灌漑用水路の適切な維持管理の実施と必要な予算の確保について

対象の灌漑地区によって状況は異なるが、特に、キティアブ地区及びニューハルファ K14 地区では、二次水路の除草・排砂などが適切にできていない部分が見られる。これは、用水路の維持管理向け予算が十分でないことが主たる要因と考えられる。用水路の除草などの維持管理が不十分な場合、灌漑用水が地区の末端までスムーズに届かない状況が生じ、農家にとっては、灌漑用水不足、そして、作物の生育悪化が生じかねない。二次水路の除草・排砂に必要な予算を確保するための対策を取る必要がある。

### 4.2.2 JICA への提言

本事後評価の結果として、一部の農家グループの活動の継続性に課題が見られた。今後、JICA 協力事業に類似の活動を含める場合には、農家グループの生産活動が継続されていない要因の再確認とその他の要因の有無と活動の継続性向上に向けた改善策を検討する必要がある。事業終了後、政府機関による営農普及活動があまり届かなくなったという状況が見られることから、農家グループの活動の継続・定着を支援する一つの方法としては、スーダンの現地情勢改善後の青年海外協力隊員の活用等、も考えられる。

## 4.3 教訓

### 無償資金協力事業と技術協力プロジェクトとの連携による相乗効果に関して

無償資金協力では、施設整備に加えて、事業によっては、整備した施設の運営・維持管理能力を強化するため指導が実施される。一般的に技術指導期間が短期であり、能力強化の成果を定着させることは容易ではない。本件の場合、無償資金協力事業の実施後に、技術協力プロジェクトによる能力強化が実施されたことで能力強化の水準が高まり、定着性も向上する結果につながったと判断される。また、両事業の成果として、灌漑用水をおおむね安定供給できる状況になったことで、小麦の単位収量の増加、また、換金作物である柑橘類の栽培面積の大幅な増加につながった。さらに、両事業の成果の発現においては、リバーナイル州政府による資金的支援、技術的支援が重要な役割を果たした。このほか、無償資金協力が完了した直後に、技術協力プロジェクトが開始されており、時間的すきまのない支援が実施されており、両事業の連携のタイミングも相乗効果を高めた要因と判断される。したがって、無償資金協力事業と技術協力プロジェクトの連携は、相乗効果をもたらすことができるといえる。

### 事業成果の州政府による活用・普及に関して

リバーナイル州の 2 灌漑地区で実施された両事業では、リバーナイル州生産経済資源省が、カウンターパート機関の一つであった。州政府は技術協力プロジェクト終了後、州内の複数の灌漑スキームに対して灌漑施設維持管理技術を普及しており、成果の活用が図られている。

る点が波及効果としてみられた。一方、技術協力プロジェクトで支援した営農改善活動（農民グループ）については、プロジェクト期間中は州政府による支援があったものの、プロジェクト終了後には支援等が行われておらず、育成された農民グループの一部の活動が活発でない状況があり、新規の農民グループの形成・育成も見られないという状況があった。それは州政府の成果普及体制における各種課題（普及予算不足、移動手段不足、普及員の能力不足など）が影響しているものと推測されるため、政府機関の農業普及・営農改善に関する課題を少しでも改善するような協力を事業計画の中にも含めることを十分に検討する必要がある。

#### 評価指標設定について

無償資金協力事業の定性的効果に係る指標として「域内で生産される食料の増加によって、リバーナイル州及びカッサラ州の食料価格が低下する」が設定されていた。スーダン国の主食の一つは小麦であり、無償資金協力事業の対象灌漑3地区で小麦が栽培されている。ただし、スーダン国の2019年の小麦の自給率は約50%で、約50%は輸入等に依存している。また、輸入小麦価格は、ドル交換レートやインフレ率の影響を大きく受ける。さらに、無償資金協力対象3地区での小麦の生産量は、スーダン国内の小麦総生産量の一部であり、小麦価格を左右するような量ではない。食料価格の指標として小麦価格を想定した場合、無償資金協力事業対象地区での小麦が増産となっても、小麦価格に影響を与えることはほとんどない。また、小麦については、政府買い取り価格があり、さらに、農家が資材等購入するうえでの補助制度があるため、需要供給による価格変動メカニズムが機能しにくい。このようなことから、小麦価格は指標として適切ではなかったといえる。代替りの指標(案)としては、農業生産増加によって農家レベルで十分な食料が確保できているかどうかを設定することが考えられる。

以上

# 光学衛星画像を用いた水不足が生じていない灌漑農地面積推定方法

## 1. 概要

本資料は、スーダン国の3ヶ所の灌漑地区における灌漑用水の最需要期に、水不足が発生しない灌漑農地面積 (ha) を、2016年から2020年の5年分について人工衛星画像にて面積推定を行った、具体的な方法について解説するものである。

## 2. 対象地と灌漑面積推定方法

対象とする灌漑地区は、図1に示すスーダン国内の、Aliab、Kitiab、New Halfa K14の3ヶ所である。



図1 対象としたスーダン国の灌漑地区3ヶ所の位置

Aliab と Kitiaab はナイル川を挟んだ対岸に位置する。

対象とする灌漑地区の気候はいずれも年間降水量が数十 mm 程度の非常に乾燥した地域である。そのため、人工的な灌漑がなされない限り基本的には植物は良好には生育できない。そのため、対象となる灌漑地区内にて、衛星画像によって植生が確認できる箇所は灌漑がなされており、水不足が発生していない農地である、と仮定できると考えられる。

以上のことから、衛星画像を用いて、対象とする灌漑地区における「植生」を検出し灌漑農地面積を推定することとした。衛星画像より植生を検出する方法として「正規化植生指数 (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI)」を利用する方法がある。これは、光学衛星画像が観測する、可視赤バンド (Red) および近赤外バンド (Near infrared: NIR) から以下の式にて求めることができる。



$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

上記式で求められる NDVI は、-1 から 1 の間の値をとり、値が大きくなるほど植生が茂る（濃くなる）。ここで、可視赤バンドおよび近赤外バンドを用いて計算される NDVI は、植生が有する波長帯ごとで異なる反射率の特性が関係している。図 2 に、土地被覆ごとの波長帯と反射率の関係を図示した様子を示す。図 2 を見てわかるとおり、土地被覆によって反射率の特性（反射特性）が大きく異なることがわかる。特に植生においては、可視赤では反射率が低く、対して近赤外では反射率が非常に高くなるという特徴をもっている。この可視赤および近赤外の差分について正規化し指標としたものが NDVI であり、植生の有無を判定する指標として有効である。

本件では、この NDVI が一定値以上の場合を「植生」と判定し、灌漑面積を推定することとした。

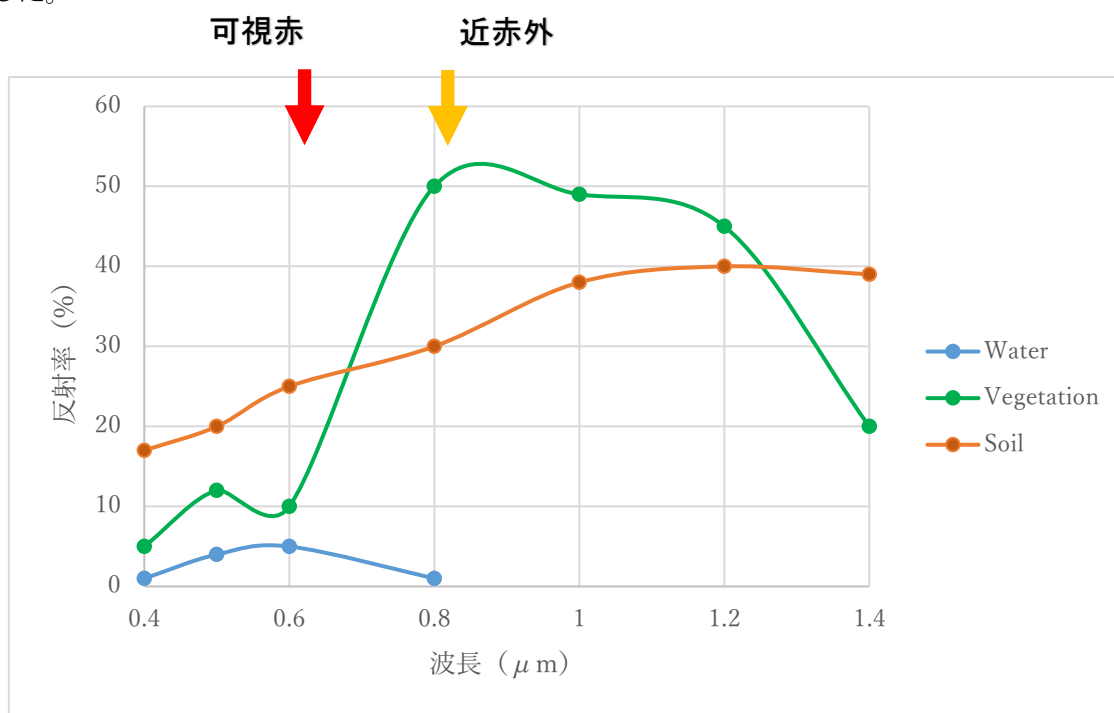


図 2 土地被覆ごと反射特性の模式図

Water: 水、Vegetation: 植生、Soil: 土壌

NDVI を算出するために必要な衛星データとして、本件では Sentinel-2 という衛星による光学画像を用いることとした。Sentinel-2 は欧州連合 (EU) とヨーロッパ宇宙機関 (ESA) による地球観測衛星で、NDVI 計算に必要な可視赤および近赤外のバンドを有する。地上分解能は 10m、観測頻度は 5 日に 1 回程度となっている。光学画像は雲があると地上を観測できないことが問題であるが、5 日に 1 回程度の頻度であれば利用可能なデータを取得する可能性が高い。また、地上分解能が 10m であるため、本件対象とする広域な農地の灌漑面

積推定が可能であると考えられる。また、データは無償で利用可能で、入手が容易であることもあり、本件にて使用することとした。

### 3. 灌漑農地面積推定結果

図3に灌漑農地面積推定に用いた Sentinel-2 の衛星画像および NDVI の画像例を示す。また、表1に灌漑農地面積推定結果を示す。

表1 農地灌漑面積推定結果

灌漑地区名	調査対象 圃場面積[ha] 上：計画面積 下：GIS上計算面積	Sentinel-2 (NDVI) による灌漑面積計測結果					衛星データ計測対象月 (揚水量最大計画月)
		上：灌漑面積計測結果[ha]					
		下：使用した衛星画像観測日					
		2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	
Aliab	2,205	<b>1441.6</b>	<b>1421.08</b>	<b>1467.58</b>	<b>1593.8</b>	<b>1460.14</b>	1月
	2,227	2016/1/24	2017/1/28	2018/1/23	2019/1/23	2020/1/28	
Kitiab	2,394	<b>1848.18</b>	<b>1810.53</b>	<b>1844.64</b>	<b>1940.02</b>	<b>1860.83</b>	1月
	2,418	2016/1/24	2017/1/28	2018/1/23	2019/1/23	202/1/28	
New Halfa K14	13,020	<b>10752.7</b>	<b>6545.22</b>	<b>9011.68</b>	<b>8856.21</b>	<b>9829.14</b>	9月
	15,357	2016/9/27	2017/9/27	2018/9/27	2019/9/12	2020/10/11	

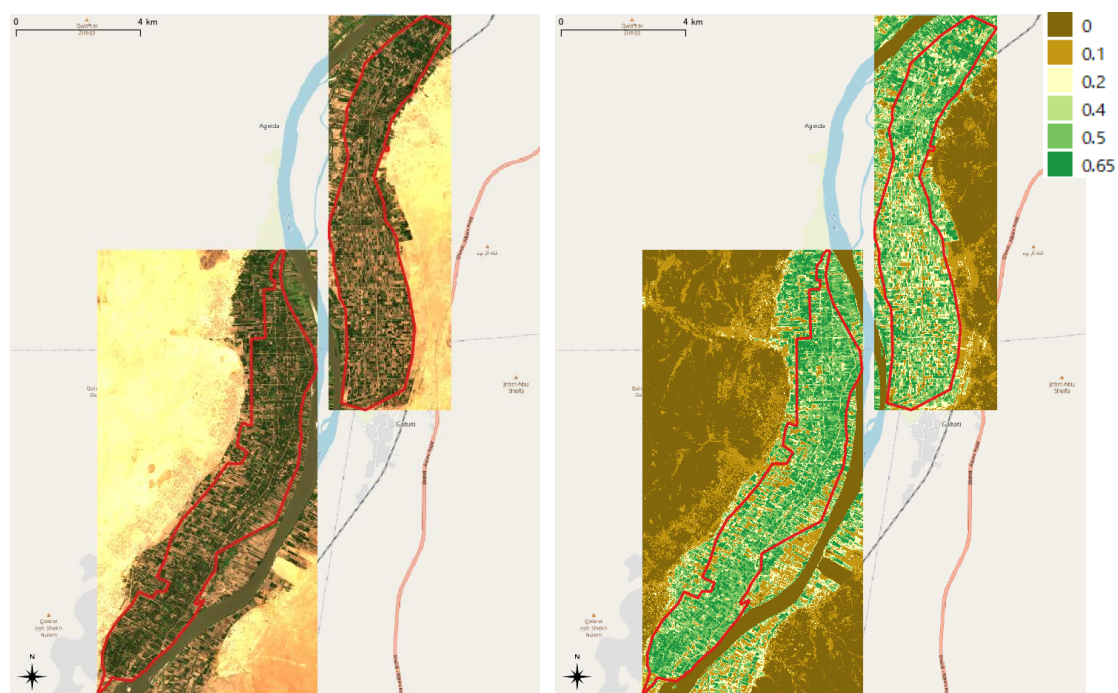


図3-1 Aliab（川の東側）と Kitiaab（川の西側）の Sentinel-2 画像（左）および NDVI 画像（右）：2020年

赤線は対象地である灌漑地区。

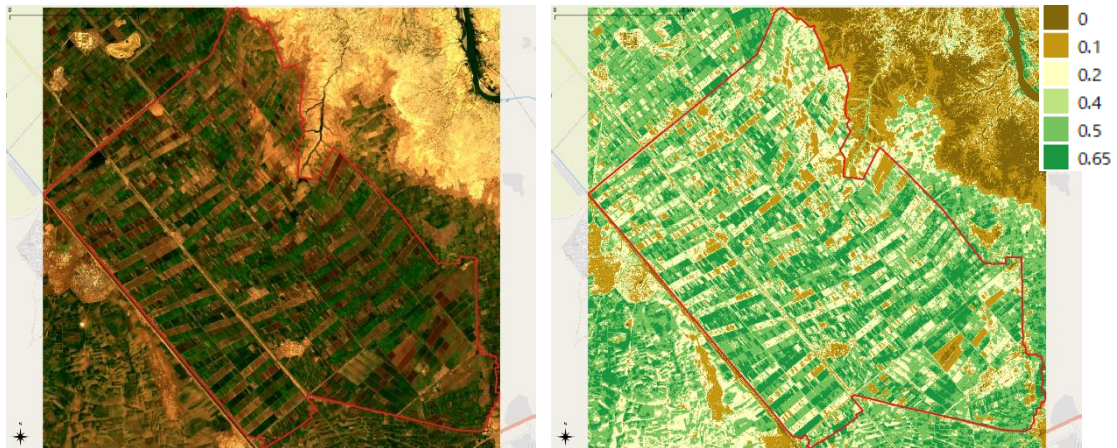


図 3-2 New Halfa K14 の Sentinel-2 画像（左）および NDVI 画像（右）：2020 年

赤線は対象地である灌漑地区。

今回、灌漑農地面積推定に使用した Sentinel-2 は、灌漑地区ごと計測対象月において雲の無い最も月末に近い画像を選択した。ただし New Halfa K14 の 2020 年については 9 月に雲の無い画像がなかったため、10 月の雲の無い 9 月に最も近い画像を選択した。選択した画像の観測日については、表 1 に合わせて掲載した。ここで、計測対象月とは、灌漑地区ごとの揚水量最大計画月である。

灌漑農地面積は、NDVI に閾値を設定し、この閾値以上となる領域を植生が認められる灌漑された領域として推定した。NDVI の閾値は、0.35 以上として設定した。この値は、画像を目視判読し、灌漑がおこなわれていると思われる領域を含むようになるよう決定した。ただし、Aliab と Kitiab の 2016 年の画像については、閾値を 0.28 とした。これは、他の画像が大気補正済みの画像であるのに対し、対象地域の 2016 年の画像は大気補正無しで条件が異なるためである（2016 年のみ大気補正済データが利用できなかった）。

#### 4. おわりに

スーダン国における水不足が生じていない灌漑農地面積を、人工衛星画像にて推定した。本件の対象地は乾燥地であり、灌漑されない土地では植物が生育しにくいことから、植生を灌漑面積として容易に推定することができた。解析に用いた Sentinel-2 については、地上分解能 10m のデータを 5 日ごと無償で利用可能となっており、利用が容易である。NDVI を用いた推定方法は手法として一般的かつ処理が簡単であるため、Sentinel-2 の画像と合わせることで、特に広域の農地解析については非常に有用性が高いと考えられる。NDVI に設定した閾値について、今回は画像の目視判読のみにて決定したが、現地調査による灌漑箇所の情報を用いることが可能となればより確実に値を設定し、精度の高い推定が可能であると考えられる。