

地球規模課題対応国際科学技術協力

(環境・エネルギー研究分野「地球規模の環境課題の解決に資する研究」領域)

ナイル流域における食糧・燃料の持続的生産

(エジプト・アラブ共和国)

平成 21 年度実施報告書

代表者：佐藤 政良

筑波大学・大学院生命環境科学研究科・教授

<平成 20 年度採択>

1. プロジェクト全体の実施概要

アスワンハイダム（AHD）の建設によって、年 1 回エジプトの耕地を洗うとともに肥沃な土壌を供給してきた洪水は完全に抑止され、すでに 45 年が経過した。その間、AHD によってできたナセル湖は 1988 年、それまでの数年間連続で洪水流入量が少なかったことから危機的な水不足状態になり、人口増大と新規農地開発による水需要の増大によって、すでにエジプトの水需給が逼迫状態になっていることが露呈した。しかし、人口増大に対応する必要から、さらなる沙漠開発（農地の拡大）が計画されており、そのための水は、ナイルデルタを中心とする既存の灌漑農地から節水によって絞り出さなければならない。本プロジェクトは、そのような水資源状況の下でのエジプトの発展に向けたナイルデルタの効率的かつ持続的な灌漑用水・農地利用の将来像を検討、提言することである。

これまで、計画実施の細部、具体的な実施方法を詰めるべくエジプト側と作業を進めてきたが、CP の人選のほか、RD で決着済みの報酬支給問題等について予期しない多くの時間を割くことになった。しかし、エジプトと日本での 2 回のキックオフミーティングの実施と、2010 年 3 月の 3 日間にわたる CP とのワークショップで研究内容および実施計画のとりまとめが行われ、本格的な活動への体制が整備された。この間、中心となる CP との実質作業は予定通り進め、一部の栽培実験、現地踏査による観測適地の決定などが行われた。

2. 研究グループ別の実施内容

[1] 水・塩収支グループ

①研究のねらい

- (1) 作物の消費水量を、慣行栽培と節水栽培の条件下で正確に測定する。
- (2) 防風林が地域の蒸発散量に与える影響を測定する。
- (3) 流域レベルでの水と塩の動きを解明する。
- (4) メスカの下流部など排水を灌漑水として用いている圃場における塩類集積を評価しその対策を提示する。

②研究実施方法

- (1) 渦相関法に基づく蒸発散量観測システムに必要な 4ha の農地を 3 ヶ所借り上げ、主要作物について i) 灌漑間隔の増加、ii) 藁マルチ、iii) 点滴灌漑の 3 つの土壌面蒸発抑制策の効果を慣行栽培と比較することで検証する。
- (2) 樹液流センサーなどを用いて防風林からの蒸散量を測定するとともに、防風林で囲われている農地とそうでない農地からの蒸発散量を測定する。
- (3) 中央デルタを対象に、排水路流域レベルを構成要素とするデルタの分散型水・塩収支モデルを構築する。そのパラメータ決定のため、主な排水路に水位計、塩分 (EC) 計を設置し、排水量ならびに塩排出量を測定する。
- (4) 排水を灌漑水に用いている圃場への灌水量ならびに EC を測定するとともに、暗渠からの排水量ならびに EC を測定する。

③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

- (1) 8月上旬にデルタ中央部のトウモロコシ畑において予備観測を実施し、渦相関法により蒸発散量を求めた。これを土壌面蒸発と蒸散に分けるための1Dモデルの適用性を検討するためモデルパラメータの感度分析を実施し、分配の試算を実施した（学士卒業論文）。圃場の候補地探しならびに借り上げ交渉は難航したが、農業研究所(ARC)が管理しているKafr El SheikhのSakha試験圃場を借り上げることで合意に達した。また、WMRIも圃場提供を申し出ている。果樹園については、候補地選定の最終段階にある。
- (2) 防風林に関する実験は後年度の予定であるが、それに備え候補地探しを行うとともに、Kanat el 地区のTomita Farmから対象樹種を使用した予備観測として樹液流量測定の下承を得た。
- (3) 中規模排水路レベルの流域水・塩収支観測対象地として、4号排水路を選び、関係行政部局との調整を終えた。現在、CPが、関係対象流域へ流入する用水路のリストアップ、諸元調査を行っている。必要な水位計、塩分計の納入が一部実施された。
- (4) 協力機関である水資源研究センター(NWRC)が予算使用等に関する交渉の決着までは予備調査や研究計画の議論に協力しない姿勢を示したため進展が遅れたが、CPとの共同現地踏査によって、Abshan Canalの上下流部各1メスカを研究対象水路として選び、本研究に良好な条件を備えていることを確認した。また、必要な水位計、塩分計の調達を行った。

④カウンターパートへの技術移転の状況（日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む）

渦相関法の原理や測定法に関する資料を紹介するとともに、カウンターパート(Dr. Rushdi)とともに一部観測システムの設置を行い、設置方法を教えた。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況（あれば）

当初、RDの研究計画では、Bahr Terra 幹線用水路流域を対象に水塩収支を検討することを記述していたが、本地域における研究成果をデルタ全体の管理に反映させるため、水塩収支の検討対象を拡大することとした。これに伴い、その担当部局である排水研究所(DRI)の協力を得て、③(2)に示したように、デルタから流出する主要な排水路を対象に水位、電気伝導度計を設置することとした。DRI側は、これまで同様な観測を行ってきたが、連続観測は極めて箇所が限られており、本プロジェクトでの連続観測体制の整備に大きな期待を寄せている。

[2] 用水管理・農民水利組織グループ

①研究のねらい

- (1) 上下流農民および農民グループ間の水配分の実態とそれが農地利用・農法に及ぼす影響を明らかにする。
- (2) 水利施設、組織や農民の行動などの水配分に及ぼす要因を分析する。
- (3) 現在の施設・組織の下で配分水量が減少した場合の水配分と作物選択に及ぼす影響と発生すると予想される諸問題を明らかにする。
- (4) 所在が明らかにされた問題への対処法や灌漑の効率性と持続性を確保するための方策を提示する。

②研究実施方法

- (1) 用水路における水位計の設置と流量観測によって、H-Q カーブを作り、流量の連続記録を得る。それによって水配分の現状を、近代的な用水灌漑地区と伝統的な用水灌漑地区別、幹線から末端までのレベル別に明らかにする。また、グループ3、4とともに、土壌、作物選択の現状を水管理との関係で分析する。
- (2) 受益農家、水利組織への聞き取り、アンケート調査を実施する。
- (3) グループ1で開発された水・塩移動モデルを様々な用水条件の下で動かし、将来の水管理予測を行う。
- (4) デルタの水・塩移動モデルを用いて流域レベルの適切な水配分・反復利用の計画を検討し提示する。

③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

今年度は具体的な観測活動を開始できなかったが、8月下旬に水管理研究所(WMRI)の協力の下、Dr. Meleha とともに Bahr El Nour 地区ならびに Abshan 地区で予備調査を実施し、観測地点候補地を決定した。Dr. Meleha と綿密な議論を行い、共通理解を図ることができた。それに基づき、CP とともに、メスカの内部への踏査を行い、個別ポンプの設置状況など、圃場レベルの詳細調査を行った。

JICA 水管理改善プロジェクト第2フェーズ(WMIP2)と協力、分担して Bahr El Nour 地区における観測・調査活動を行うことで合意を得た。

カイロ大学農学部 of Center for Rural Development Research and Studies (CRDRS) と農業用水管理の社会科学側面に詳しい Dr. Nawar を通じて協力することとし、Dr. Nawar の院生が、本プロジェクトに関連して研究テーマを設定することにした。

④カウンターパートへの技術移転の状況（日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む）

低平地域の特徴である用排水路における水位・流量関係の安定性について情報交換を行い、流量の連続観測の技術的対応について議論を行った。内部の、個別農家ポンプの稼働状況の把握方法として、温度センサーを用いることについて検討を行い、その有効性についておおむね共通認識を得た。流量観測装置 ADCP の操作方法について、トレーニングを行うとともに、エジプト側がこれまで行ってきた方法との比較検証を行うことで合意を得た。

[3] 土壌の肥沃性グループ

①研究のねらい

- (1) デルタの土壌における塩類集積と肥沃度の現状と灌漑方法・灌漑水質・地下水位との関連を明らかにする。
- (2) 暗渠排水の現行の設計指針と管理の問題点を明らかにし、塩類集積を防ぐための地下水位制御のあり方を提示する。
- (3) 土壌中の塩分や汚染物質の挙動を測定・予測し、それらの蓄積を防ぐ方法を示す。
- (4) 水田稲作の除塩効果を明らかにする。
- (5) 排水を再利用した灌漑農地の土壌の質を維持する方法を示す。

② 研究実施方法

- (1) デルタ内で諸条件から分類した区分によって 10 地点程度の農地において塩類や肥料分、有機物の断面分布分析を行う。最終年度にも同様の調査を行い、塩類集積状況、肥沃度の変化を評価する。
- (2) 暗渠からの距離に応じたインタークレートの測定を行い、適用効率を高める灌漑方法の効果を検証する。
- (3) 排水を再利用して灌漑された土壌において塩類や汚染物質の断面分布分析を行うとともに、水分塩分センサーを設置して自動観測を行う。土壌の水分溶質移動特性を測定した上、数値解析を行う。
- (4) 3 年間、徐々に耐塩性作物に切り替える畑作を行い、その間は除塩のための大量の灌水（リーチング）を控え、4 年目に水田作付けを行って、前後の塩分量を比較する。

③ 当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

- (1) 3 月に用水水質の異なる農地で採土を行い、分析の結果、用水中の塩濃度と土壌塩分量に高い相関性があることを明らかにした（学士卒業論文）。
- (2) 来年度以降実施する予定である。
- (3) 来年度以降実施する予定である。
- (4) 11 月にデルタ北部 Kafr El-Sheikh の農業研究センター（ARC）試験圃場において採土を行い、現在分析中である。これは水田の除塩効果を検証する際の初期条件となる。
- (5) 11 月にデルタ東縁部の点滴灌漑農地において、表面剥離法による除塩効果を測定した（学士卒業論文）。

④ カウンターパートへの技術移転の状況（日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む） Dr. Naeem に対し、土壌断面調査の手法を現場において伝授した。

[4] 食料生産グループ

① 研究のねらい

- (1) 現在の作付体系を調査し、将来の水資源の制約に対応した作付体系を提案する。
- (2) 現在の灌水量を定量的に調査し、節水灌漑手法を検証する。
- (3) 遺伝子組み換え作物を含む作物の栽培試験を行い、適切な作目を提案する。
- (4) 家畜利用の現状を明らかにし、効率的な飼料生産ならびに飼養システムを設計する。

② 研究実施方法

- (1) 灌漑条件の異なる数地域を選び、農家からの聞き取りにより経営規模、作物の種類と作付面積、家畜の種類と頭数など基本的な情報を調べる。これらの情報をもとに作物選択の要因分析を行う。
- (2) 現地試験における作物の収量と水利用効率に及ぼす節水灌漑の効果を評価する。
- (3) 塩類化した農地において栽培試験を行い、各作物の生産量および品質を比較検討する。
- (4) カウンターパートと協議のうえ実施する。

③ 当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

- (1) 1) FAO 統計資料によりエジプトの主要作物の作付面積の現状を調べた。
2) エジプト側 PI の Dr. Sayed Ahmed からエジプトの作物栽培に関する資料を入手し分析した。

- 3) ナイルデルタにおける夏作物の作付状況を観察調査した。
- 4) リモートセンシングによる主要作物の作付調査の可能性を検討した。
- (2) 1) イネの水利用効率（乾物重／蒸散量）に及ぼす節水灌漑の効果を調べた（学士卒業論文）。
- 2) イネの水利用効率の品種間差異と炭素同位体分別比（ $\delta^{13}C$ ）との関係を調べ、 $\delta^{13}C$ による水利用効率の評価法の可能性を検討した。
- 3) 分光放射計によるバイオマスの非破壊測定の可能性を検討した。
- (3) エジプト側 PI と研究打ち合わせを行い、カイロ大学内でジャトロファとヒマのポット栽培実験を行った。
- (4) 来年度以降実施の予定である。

④カウンターパートへの技術移転の状況（日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む）
特に該当なし

【5】バイオエネルギーグループ

①研究のねらい

- (1) 現在の役畜用飼料生産とポンプ用燃料および電力の消費を把握する。
- (2) 農業排水を利用した燃料作物の栽培法を開発する。
- (3) 繁殖と役畜利用状況を調査し、役畜エネルギー効率を総合的に評価する。
- (4) 代替（バイオ）エネルギーの利用状況と賦存量を評価する。

② 研究実施方法

- (1) 文献・統計資料調査ならびに農家への聞き取り調査を行う。
- (2) 栽培実験を行い、収量や品質を評価するとともにそれらを持続的に高める方法を検討する。
- (3) LCA による伝統的役畜システムとバイオ燃料・内燃機関システムのエネルギー効率の比較検討を行う。
- (4) 文献・統計資料調査ならびに農家への聞き取り調査を行う。

③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

- (1) 来年度以降実施の予定である。
- (2) カイロ大農学部圃場において Jatropha のポット栽培実験を行った（修士論文）。
- (3) 来年度以降実施の予定である。
- (4) 来年度以降実施の予定である。

④カウンターパートへの技術移転の状況（日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む）
特に該当なし

3. 成果発表等

(1) 原著論文：国際 2件

Abou El-Hassan W.H., Mostafa, M.M., Fujimaki, H. and Inoue, M.: Irrigation improvement assessment from the water quality and human health perspective in the Nile delta. Journal of Food, Agriculture & Environment, 7: 815-822, 2009

Fujimaki, H. and Kikuchi, N.: Drought and Salinity Tolerances of Young Jatropha. International Agrophysics, in press

(2) 特許出願：0件

4. プロジェクト実施体制

(1) 「水・塩収支」グループ

① 研究グループリーダー：藤巻晴行（筑波大学・准教授）

② 研究項目

- ・ 作物の消費水量を、慣行栽培と節水栽培の条件下で正確に測定する。
- ・ 防風林が地域の蒸発散量に与える影響を測定する。
- ・ 流域レベルでの水と塩の動きを解明する。
- ・ メスカの下流部など排水を灌漑水に用いている圃場における塩類集積を評価しその対策を提示する。

(2) 「用水管理・農民水利組織」グループ

① 研究グループリーダー：佐藤 政良（筑波大学・教授）

② 研究項目

- ・ 上下流農民および農民水利組織間の水配分の実態とそれが農地利用と農法に及ぼす影響を明らかにする。
- ・ 水利施設、組織や農民の行動などの水配分に及ぼす要因を分析する。
- ・ 現在の組織と施設の下で流域への水の配分が減少した場合の水配分と作物選択に及ぼす影響と諸問題を明らかにする。
- ・ 特定された諸問題への対処法や灌漑の効率性と持続性を確保するための方策を提示する。

(3) 「土壌の肥沃性」グループ

① 研究グループリーダー：東 照雄（筑波大学・教授）

② 研究項目

- ・ デルタの土壌における現在の塩類集積、肥沃度の状況を、灌漑水質や地下水位との関連を含め明らかにする。
- ・ 暗渠排水の現行の設計指針と管理の問題点を明らかにし、塩類集積対策を防ぐための地下水位制御のあり方を提示する。

- ・ 土壌中の塩分や汚染物質の挙動を測定・予測し、それらの蓄積を防ぐ方法を示す。
- ・ 水田の除塩効果を明らかにする。
- ・ 排水を再利用して栽培された実験圃場において土壌の質を維持する方法を示す。

(4) 「食料生産」グループ

① 研究グループリーダー：丸山 幸夫（筑波大学・教授）

② 研究項目

- ・ 現在の作付け体系を調査し、今後予測される水資源の制約に適した作付け体系を提案する。
- ・ 現在の灌漑水量を定量的に調査し、節水灌漑の効果を評価する。
- ・ 遺作物の栽培試験（遺伝子組み換え作物を含む）を行い、耐乾性、耐塩性を考慮した適切な作物選択を提案する。
- ・ 家畜利用の現状を明かにし、効率的な飼料生産ならびに飼養システムを設計する。

(5) 「バイオエネルギー」グループ

① 研究グループリーダー：瀧川 具弘（筑波大学・教授）

② 研究項目

- ・ 現在の役畜用飼料生産とポンプ用燃料および電力の消費を把握する。
- ・ 農業排水を利用した燃料作物の栽培法を開発する。
- ・ 繁殖と役畜利用状況を調査し、役畜エネルギー効率を総合的に評価する。
- ・ 代替（バイオ）エネルギーの利用状況と賦存量を評価する。

以上