

# 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)

平成 22 年度実施報告書

代表者: 佐藤 政良

筑波大学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の概要

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することによってエジプト農業の持続性を保障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。そのような水資源環境の下で、本プロジェクトは、エジプトの持続的発展に向けて、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。(2010年9月30日)

2009年度は、RD締結後、初年、計画実施の細部を詰める段階で、費用負担問題等について、エジプト側の十分な理解、共通認識を形成するためある程度の時間を消費したが、エジプトと日本での2回のキックオフミーティングおよびエジプトにおけるCPワークショップの実施を経て、本格的な活動への体制が整備された。また、基本的な作業はCPの理解の下に進められ、一部の栽培実験、現地における観測適地の決定などが行われ、現地調査および実験が開始された。(2010年9月30日)

今年度は、2010年度の夏作(メイズ)と冬作(シュガービート)が3つの借り上げ圃場において実施され、異なる灌漑方法の下で作物、土壌、気象の3分野の連携した観測が実施された。現地観測、調査に関しては、地元農家との十分な連携を確保するため農民説明会を開催し、本プロジェクトに対する理解を深めた。その結果、全体としては賛同が得られ、諸計測器の設置と観測が進んでいる。これらには、機材の供与とそれに対する現地トレーニングが行われ、効果を発揮している。現在は観測、調査を進めている段階であり、今後さらなるデータの取得と解析によって研究成果が出てくるものと考えられる。(2011年3月31日)

なお、2011年1月に始まったエジプト反政府運動と民主革命による混乱で、1月以後の日本人研究者の渡航が禁止になり、エジプトCPの日本でのトレーニングも延期になった。また、3月11日の東日本大震災により筑波大学が被災し、一時的に研究が停止された。エジプトへの渡航禁止は3月はじめに解除になったものの、エジプト社会が未だ十分な安定状態を回復していないことから、教員、院生の渡航に制約が生じており、今後の活動に工夫、配慮が求められる。(2011年3月31日)

## 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研究実施方法

- (1) 気象学的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) 地中海への主な排水路に水位計、塩分(EC) 計を設置することにより、デルタ全体からの排水量ならびに塩の排出量を測定する。また、水路流域レベルでも水位、塩分観測を行い、水管理の改善が水路下流部の用水再利用に及ぼす影響を調べる。また、観測結果に基づきパラメータを設定した数値モデルを用いて将来予測を行う。
- (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) Sakha および Zankalon 圃場で夏期における予定されたメイズトウモロコシ栽培の蒸発散量の観測を行い、現在解析中である。また、同圃場において冬作の甜菜栽培ならびに観測を行っている。
- (2) Kanatel 地区の Tomita Farm において、対象樹種を使用した予備観測として樹液流量測定を実施している。
- (3) 中規模排水路流域レベルの水・塩収支観測対象地として選んだ 4 号排水路流域について、流入用水路の確認と主要な用水路への水位計設置を終え、観測を開始した。
- (4) 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)とともに観測システムの設置を行い、データ回収に関する技術移転を OJT で行っている。

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)特になし。

## [2] 用水管理グループ

### 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) 流量観測を行い、近代的な用水灌漑地区と伝統的な用水灌漑地区での水管理の違いを明らかにする。
- (2) 水路係りの受益農家への聞き取り調査
- (3) ブロックごとの水・塩の配分の数値モデルを作成し、将来の予測を行う。
- (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

- (1) 1) 二つの対象支線用水路 Bahr El Nour 地区ならびに Abshan 地区で、用水取水量と水路内の用水配分状況把握のため水位計を設置するとともに農家の個人ポンプに温度計を設置した。また、可能な箇所については観測を開始した。(2010年9月30日)
- 2) 機器を設置した箇所については観測データを順調に回収している。現在のところ、流量観測が十分に実施できていないことから、水位から流量への変換ができていないが、観測された水位の変化だけからでも、用水配分の上流優位の現状が裏付けられた。また、伝統的な個人ポンプが1日のうちどの時間帯に稼働されているかが分かった。今後水路形態ごとの分析が進められる。また、夜間におけるポンプの停止により、支線水路内の水位が上昇していることが確認され、水配分の水理的機構がほぼ明らかになった(2011年3月31日)
- 3) 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 地区における流量観測を実施した。
- (2)カイロ大学農学部 of Center for Rural Development Research and Studies (CRDRS)の支援を受け、Database Survey を実施するための内容の詰めを行っている。
- (3)、(4)については、来年度以後実施の計画である。

### 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)

最新技術である流量観測装置 ADCP を購入し、その操作方法、通水断面流速の把握の仕方について、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い、良好な結果を得た。(2010年9月30日)

サーモメーターによる温度記録から、灌漑ポンプの運転時間を把握する技法を移転した。(2011年3月31日)

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)

Abshan 支線水路の最下流部 Ashleya 地区で予定していた流量観測は、現地農民の強い反対により、実施が困難になった。そのため、そこでの農民の説得に当たるとともに、その他の地区の可能性を探っている。

政府の灌漑政策に疑念を持つ一部現地農民の強い反対があった(夜間に水位計パイプが損傷を受けた)地区の上流側の地区に観測地区を移すこととし、そこでは協力が得られることになった。

また、現地は地中海に近く、冬期が雨期になるため、道路の舗装が進んでいない現地では、自動車が入り込むことができないのでアンケート調査の実施が困難であることから、カイロ大学が作業を中断した(2011年3月31日)。

### [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テ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) 1) 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があることを明らかにした(2010 年度学士卒業論文)。  
2) デルタ北部において現地調査を行い、調査地の選定をした(2010 年 7 月)。流域別の土壌の採取を行った(2010 年 12 月)。
- (2) 調査地の選定をし、暗渠の位置、集水渠の位置と標高の測量をおこなった。
- (3) 排水灌漑を行っている燃料作物圃場において、土壌水分塩分センサーを埋設し、観測を開始した。また、土壌を採取して、土壌水分溶質移動特性を測定している。
- (4) 1)デルタ北部 Kafr El-Sheikh の ARC 試験圃場およびその周辺において採土を行い(2010 年 5 月・10 月)、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。  
2) 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(2010 年度学士卒業論文)。  
3) 燃料作物圃場において、排水を用いた灌漑をする前の土壌の採取を行った(2010 年 10 月)。

#### 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)

特になし。

#### [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) 作物品種・系統の耐塩性評価を行い、農地の塩分濃度に適した作目を提案する。
- (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) 土壌の塩分濃度を変えて栽培試験を行い、各作物の生産量および品質を比較検討する。
- (4) 作物および作物残渣を含む未利用資源の飼料価を調査する。

(5)

##### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

- (1) 1) 農家からの聞き取り調査の項目について検討し、調査用紙を作成した。  
2) カイロ大学および水管理研究所が所有する資料から農業生産や農家経営に関する情報を収集した。
- (2) 1) 現地圃場で点滴灌漑および表面灌漑にマルチ処理を行ってトウモロコシを栽培し、生育および収量を慣行栽培の表面灌漑と比較した。  
2) 現地圃場でトウモロコシ品種と窒素施肥量を変えて点滴灌漑で栽培し、慣行栽培の表面灌漑と比較した。  
3) 現地圃場で表面灌漑、点滴灌漑およびマルチ処理によるテンサイの栽培実験を実施している。
- (3) コムギ品種の耐塩性比較、ならびに、栽培管理による耐塩性の向上に関する試験を実施している。
- (4) 表面灌漑および点滴灌漑で栽培したトウモロコシ収穫物の飼料価の分析を実施している(2010年3月)。表面灌漑および点滴灌漑で栽培したトウモロコシ収穫物の飼料価の分析を実施した(2011年3月)。
- (5) ナイルデルタにおける作物栽培と研究・技術協力について情報交換するため、講師を招いたセミナーを日本で実施した。(2011年3月)

##### 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)

- 1) エジプト側と節水灌漑に適した品種特性や栽培条件が検討された。
- 2) エジプト側に新たな飼料分析法が説明された。

##### 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)特になし。

[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ならびに燃料・電力の消費状況を把握する。
- (2) 農業排水を利用した燃料作物の栽培法を開発する。
- (3) ナイルデルタ内のエネルギー源をエネルギー利用の効率を総合的に評価する。
- (4) バイオ燃料を含む代替エネルギーの利用の現状と将来の可能性を評価する。

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) Ismailia 圃場において、Jatropha の栽培を開始し、ヒマ、ヒマワリの栽培実験を行った。
- (3) 来年度以降実施の予定である。
- (4) バイオ燃料に関する先端情報の交換のため、講師を招いたセミナーを日本で実施した。

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)

特に該当なし

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)

特になし。

### 3. 成果発表等

#### (1) 原著論文発表

- ① 本年度発表総数(国内 0 件、国際 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 0 件、海外 2件)
- ③ 論文詳細情報
  - (1) 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
  - (2) Fujimaki, H. and Kikuchi, N.: Drought and Salinity Tolerances of Young Jatropha, International Agrophysics, 24: 121-1

#### (2) 特許出願

- ① 本年度特許出願内訳(国内 1 件、海外 0 件、特許出願した発明数 1 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 1 件、海外 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

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。

(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