

地球規模課題対応国際科学技術協力

(環境・エネルギー分野「地球規模の環境問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 25 年度実施報告書

代表者:佐藤 政良

筑波大学 名誉教授

<平成 20 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49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、本プロジェクトの目的は、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)

本プロジェクトは、4グループ体制で進められている。すなわち、水・塩収支(G1)、水管理(G2)、土壌の肥沃性(G3)、そして食料・燃料作物生産(G4)である。研究の中心的な実施場所は、1)デルタ北部のKafir El Sheikh 県 Kafir El Sheikh 市にある国立農業研究センターSakha 圃場および Sharqiyah にある国立水資源研究センター水管理研究所 Zankalon 圃場、2)同県 Biyala 市にある二つの農業用水路(伝統的と近代化された支線用水路)、3)中央デルタ全体(水・塩の動態解析)、4)Ismailia 県内の農家圃場(燃料作物)である。1)では、デルタ土壌において、主要な作物にいくつかの代表的灌漑方法を組み合わせた場合に生じる蒸発散量、土壌水分、塩類集積、そして作物の反応の相互関係を解析する。2)では、実際の農民の水管理行動と水路における水配分を分析する。3)は広域的な水塩収支モデルを開発する。4)では、灌漑用水節水法導入後の作物栽培法と高塩濃度の農業排水を使用した燃料作物生産の可能性を検討する。

これまで、それぞれのグループにおける活動から、本地域の農業にかかわる基本的な事項として、

1)デルタでは、地域的な番水により、圃場では間断的な灌漑が行われていること、水路の上下流で用水配分の不均衡が生じ、農民間の対立が生じ、下流の農民は汚濁した排水を用水として補給していること。

2)間断的な灌漑の下で、夏期であっても作物栽培の初期には、土壌からの蒸発はあまり大きくないこと、また生育後期になると、蒸発散量が安定して多くなること。

3)作物は、長期間断灌漑で土壌水分が低下すると、その生育が阻害されること。

4)防風林は、総合的に、水の消費量を低下させる効果があること。

5)燃料作物のいくつかはデルタ地域での生育に難があること。

などが分かった。

現在、その他の項目を含め、今後の具体的な水、土壌、作物管理の提言に向けた検討の詰めを行っており、今後、各グループの成果の総合化を進める。2014年度は、継続している冬作の管理、測定を継続するとともに、最後の夏作の栽培、観測に万全を期す。

なお、2011年1月25日に始まったエジプト民主革命による混乱があり、一時的に研究活動が休止になったことから、10ヶ月間、研究期間を延長することとなった。しかし、革命後もエジプト社会は不安定な状況がつづいており、2013年は、革命の第2段階として、7月初めにさらなる混乱が生じ、夏期3ヶ月間(7~9月)、業務渡航が禁止されて研究活動が再度停止を余儀なくされた。このような混乱を背景に、治安が悪化し、現地に設置した観測機器の盗難などが相次いで、研究活動への大きな障害になっている。

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(中央デルタ)での水と塩の動きを解明する。
- (4) 水、土壌、作物の相互関係を総合的に整理する。

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 4 ha の農地を 3 ヶ所(Sakha に2面、Zankalon に1面)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、iv) 細溝灌漑の4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、灌漑方法および作物が変化した場合の将来予測を行う。
- (4) Sakha、Zankalon およびカイロ大学農学部圃場における実験結果から、灌漑方法、土壌、塩類集積、作物反応の相互関係を総合的に検討する。

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 圃場でこれまでにトウモロコシとテンサイ栽培の蒸発散量の観測を行い、現在解析中である。トウモロコシの生育中盤の地表灌漑における蒸発の寄与率が 6 割程度であること、マルチの効果が見られなかったなどの結果が得られた。小麦およびクローバー甜菜栽培ならびに観測を行った。Sakha および Zankalon 圃場でこれまでにトウモロコシとテンサイ栽培の蒸発散量の観測結果をまとめ、夏作期間、冬作期間、無耕作期間の蒸発散量を明らかにした。これまでに試みた節水灌漑、圃場管理方法の中では、点滴灌漑による蒸発散量の抑制効果が大きいことが分かったが、抑制が大きすぎる場合、作物収量に影響が出ることもわかり、灌漑水量の最適化が重要であることが確かめられた。小麦、イネ、クローバー栽培の蒸発散量の観測、土壌面蒸発の観測については現在解析中である。
- (2) Kanatel 地区の Tomita Farm において、カジュアリーナを使用した樹液流量測定を実施し、その結果をもとに風速の減衰効果の文献値を可能蒸散量推定式に代入して試算したところ、間隙率 10-50%の防風林の場合、(防風林の蒸散量を考慮に入れても)蒸発散量をほぼ半減できる可能性が明らかとなった。Al Krakat 地区の防風林において、防風林の風上、風下方向の風速の分布を観測することで風速の減衰効果を関数化した。その結果をあらためて可能蒸散量推定式に代入して蒸発量抑制の試算を行っているところである。また、Serabium 造林地のユーカリの 2 本ずつに蒸散流センサーを設置し、現在観測中である。
- (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、ならびに、中央デルタ全域の主要用排水路への水位・EC 計の設置を完了し、水収支観測を開始した。また、各観測地点における

ADCP(超音波ドップラー流量計)による集中流量観測が開始し、各地点の水位流量曲線の作成を進めている。しかしながら、各機器設置地点で設置パイプ(金属)の盗難が相次いでおり、短期集中観測の結果をもとに全体を推定する方向で検討している。さらに、モデルの入力データである土地利用分布を衛星リモートセンシング解析により判別している。4号排水路流域ならびにナイルデルタ全域についても土地被覆分布図を作成した。

- (4) 2010年秋に土壌の採取を行い、水分移動特性の測定を行った。今年度はザンカロン土壌の溶質移動特性の測定も行った。また、現在、ソラマメの乾燥ストレス、塩ストレス応答関数の測定実験をカイロ大で行っている。カイロ大学農学部実験圃場における灌漑装置が完成し、小規模多数の実験が可能になり、検討を始めた。また、土壌の収縮特性の測定や、亀裂が土壌面蒸発に及ぼす影響についての簡易現場実験も行った。

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。蒸発と蒸散の分離評価のための同位体分析や土壌水分センサーの校正手法についても本邦トレーニングの際に行った。

平成24年度はDr. Rushdiが他の2名のカウンターパート(Dr. Ahmed Mohammed, Dr. Mahmoud Abdullah)とともにデータ回収を実施する体制が整い、運用が開始された。また、3名のカウンターパートには本邦トレーニングに参加してもらい、2人については渦相関法の原理や測定法の理論、技術の講義・実習を行い、技術移転を進めた。また、他の一人(Eng. Yousef, DRI)には、ADCPによる流量観測ならびにモデルを用いた流出解析の手法について本邦トレーニングを実施した。

平成25年2月6日に、ARCのSWERI(Soil and Water Environment Research Institute)において、Seminarが開かれ、吉田修一郎が”Interactions between desiccation cracks and agricultural practices”と題する講演を行い、CPを含めエジプト側から25名の参加があった。

平成26年2月24日～3月2日には、カウンターパート1名(Dr. Ismail, SWERI 副所長)が日本に滞在し、”Remote Sensing and GIS Unit Activities”と題してSeminarを開催するとともに、日本側からは本プロジェクトで実施している衛星リモートセンシングデータ解析手法についての情報提供を行った。

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。

[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) 揚水ポンプのエネルギー問題および効率の検討を行う。
- (4) 現在の施設・組織の下で配分水量が減少した場合の水分配と作物選択に及ぼす影響と諸問題を明らかにする。
- (5) 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) 支線用水路レベルの流量観測を行い、水田用水地区について近代的地区と伝統的灌漑地区での水管理の違いおよびそれが水配分へ及ぼす影響を明らかにする。また、非水田地域についても同様の検討を行う。
- (2) 水路受益農家への聞き取り調査を行い、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) ブロックごとの水・塩の配分の数値モデルを利用し、現在の施設・組織の下で配分水量が減少した場合の水分配と作物選択に及ぼす影響と諸問題を予測する。
- (4) 揚水ポンプのための動力のエネルギー源とその使用効率を明らかにする。また、太陽光など、他のエネルギー源の利用可能性について総合的に評価する。
- (5) デルタの水・塩移動モデルを利用しながら、流域レベルの適切な水配分・反復利用の計画と末端水管理組織および水管理システムを提示する。デルタでの水使用量削減のための戦略的な手法を提示し、その実現可能性を評価する。

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が把握された。
 - 2) 現在のところ、低平地の特徴で、水位流量の1対1関係が成立せず、水位から連続流量への変換ができないが、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明らかになり、夜間に、揚水ポンプの停止によって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) 伝統的個別ポンプによる灌漑が行われている Abshan 支線用水路および灌漑改善プロジェクト実施地区で共同ポンプ方式の灌漑が行われている Bahr El Nour 支線用水路において、水位計と温度センサーを用いた計測と農民インタビューを行い、水田灌漑地区における水管理状況をほぼ解明できた。ただし、超音波流量計などの機材投入の遅れから、流量による解析ができていない。しかし、個別、共同のポンプ、水田と畑地によって農民の取水行動、取水量が異なる事が把握できた。また水田灌漑目的であっても、間断配

水地区では平均取水量が 10mm/d 程度と極めて小さい一方、常時取水可能な伝統地区では 30mm/d 近くに達した。

4)非水田地域における灌漑と用水配分状況のデータ収集が進んでおり、極めて厳しい上下流の関係がさらに強調される傾向を確認した。

- (2) 水配分に関わる要素として一般的な上下流関係以外に、マルワの通水能力と受益面積の相対的關係があることが抽出された。これによって、通水期間中に昼間だけ灌漑する農家と昼夜灌漑せざるを得ない農家が生じている。しかし、一部の農家グループは共同でマルワの改良に着手し、作業が進行中でおり、2 台のポンプを同時に稼働できるようにしていることを明らかにした。また、Abshan 地区と Bahr El Nour 地区の各200人の農家を対象にしたアンケート調査を実施し、回収が済んだ。現在解析中である。
- (3) 節水の実施方法として考えられる2つのシナリオ(配水流量の減少と止水日数の増加)について、(1)(2)の条件によって農家への影響の出方が異なる事が分かった。
- (4) ポンプ灌漑における燃料効率の状況を、G2 の対象地区のなかで農家からの聞き取りと、揚水流量の観測によって、共同ポンプの効率が個別ポンプの効率を上回ること、また大型サキヤの効率が高いことを把握した。大型サキヤは、通常、大農場あるいは少数の地主が持つ土地に限って使用されていることから、水配分、経費配分との関わりを持っている事が推定された。今後具体的な燃料消費量の精密測定の内容の詰めを行う(2013年3月)。
- (5) 用水反復利用(排水再利用)強化の前提となる排水路の水質を、塩分濃度と他の水質項目を分けてみると、現在、幹線排水路の塩分濃度は元の用水の濃度の3倍 1.2 dS/m 程度であり、基準値である 3.0 dS/m を大きく下回る現状にある。また、将来、デルタへの供給水量の20%程度の削減を実施した場合に 3.0 dS/m 程度になるので、それを基準にすれば、20%の節水までは可能である。しかし、他の水質項目は排水再利用にとってネックになる。都市排水、農村排水の処理推進を前提に、20%程度まで、将来の排水再利用を実施することができる。
- (6) 農民が夜間にも取水しなくてはならないことの解消を水管理改善の目標とすると、日中だけの取水による幹支線用水路における大きな流量変動への対処が課題になる。しかし、それは現在採用しているポンプ能力の削減という技術政策と矛盾、対立することが分かった。戦略的な用水使用の手法として、デルタへの用水配分減少による悪影響の上下流の負担均等化の原則と、その実現のための反復利用強化手法の提言を行い、関係部局との議論、調整に入っている。また、砂漠地開発による利益とデルタにおける不利益の不均衡をどのように調整すべきかも検討対象としている。

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(エジプトへのはじめての導入)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)。2011年10月には WMRI から2人の研究者 Dr. Waleed と Dr. Meleha を研修員として引き受け、流量観測手法の移転、日本の行政システムにおける流量記録の取り扱い、日本の農業用水管理システム、水不足地帯における水管理手法の理解などを移転した。(2012年1月)

2013年8月には WMRI から Dr. Abdrabo を研修員として受け入れ、エネルギー研究に関する日本の状況を

伝え、現地視察等を行った。(2014 年 3 月)

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)

1) 当初 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、破壊活動により、実施が困難になった。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り、夜間に水位計パイプが損傷を受けた(2011 年 3 月 31 日)。結局、十分に下流部の特徴を持つ地区を対象とすることができなかった。しかし、代わりに採用した Hassan Selman メスカは少し上流ではあるが、良い対象地区であった。

2) 圃場における取水量の測定から、各農家の取水量に大きなばらつきがあることが分かり、共通の蒸発散量以外の水の行方が、反復利用の強化策と結びつくことになる。そこで、反復利用手法としてエジプト側から提案されている基本的アイデア(農地排水を排水路への合流前に集めて用水路へ戻すこと)の合理性を検証することとし、末端圃場地区における水、塩収支観測を実施することにした。

3) 新展開として、水資源研究所からは、将来の節水環境の下で、連続一斉通水が望ましいか、番水が望ましいかという現在の水政策上の重要な行政課題に直接的な解答を提出することが要請された。本プロジェクトの研究成果が直接的に政策に反映される機会になる。このため、非水田地帯における複数の水環境の下における農民水管理行動の把握も行う必要が出て来た。そこで、新しく Monofiya 地区を対象地として採用し 2012 年度から新たな観測を開始することとした。[2012 年 1 月]

4) 将来のポンプ運転のエネルギー源として、太陽エネルギーの検討をしようという提案がエジプト側(WMRI)からあり、その具体的な実施可能性について検討を行う必要が出て来た。当初、G2-4 としてはバイオエネルギーだけを考えていたが、エネルギーという観点で太陽光の利用は検討に値すると思われる。

[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) 作付体系、灌漑水・排水利用の現状などを考慮して、土壌断面調査とともに層位別の土壌試料について理化学的な性質について分析を行い、土壌分類、土壌塩類化の現状とそれに影響する作付体系や灌漑水の水質・最終灌漑日からの経過日数、暗渠の有無、および土壌の透水性に関与する土壌要因について明らかにする。
- (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)。また、透水性に及ぼす土壌粒子表面の吸着イオン組成、特にNaおよびCaイオンの量とその相対比(Na/Ca比)の重要性について明らかにした。
2) ロゼッタ川とダミエッタ川の両河川に挟まれたデルタ中央デルタにおいて、南部、中央部、北部から、それぞれ3つのブランチ水路9つを選定した。そして、各ブランチ水路の上流部、中流部、下流部の3地点に、排水路からの距離を勘案して、土壌採取圃場を選定した。これらの全27か所の圃場の作土(0-20cm)を採取し(2012年7月)、土壌の塩類集積の状況を調べた(2012年度学氏卒業論文)。その結果、北側の圃場においてのみ、上流部から下流部にかけて、灌漑水のECの上昇とともに土壌のECが上昇し、Na/Ca比が高くなった。このことは、土壌の塩類濃度が、デルタの南側から北側にかけて次第に上昇するとして既存の研究結果(El-Gunidy, 1989)とは異なっていた。さらに、これまでに分析された全48点の土壌試料(2010年3月・12月、2012年1月および2012年7月採取)について、土壌塩類濃度とその他の土壌諸性質との相関分析を行ったところ、土壌のNa/Ca比の増加とともに土壌のECが増加すること、砂含量の増加とともに土壌のECが低下する傾向をしめすことが明らかとなった。
- (2) 2010年10月に調査地の選定作業を行った。Sakha圃場を調査地の一つとして決定し、暗渠の位置、集水

渠の位置と標高の測量をおこなった。2011年6月に追加の水分計の埋設、水分プロファイルプローブのアクセスチューブの設置、地下水位観測井の設置を行い、観測を開始した。また、同年12月に暗渠流量およびECの観測を開始した(2012年1月)。

- (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た。
- (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。
3) Sakha 圃場の周辺 5km 以内の圃場 15 か所について、地表から 20cm 深さまでの表土を採取して、稲作の履歴による除塩効果を検討した結果、必ずしも水田として利用された圃場で塩類濃度が低い傾向には無い結果を得た。また、これら 15 地点の圃場における聞き取り調査から、最終灌漑日からの経過日数あるいは下層土における暗渠の有無などの要因も土壌塩類化に対して必ずしも明らかな影響を及ぼしていないことも同時に示唆された。この研究については、Soil & Tillage Research に、2012年1月時点では投稿審査中であったが、最終的に J. Sustainable agriculture (Web Journal)誌に掲載された(2013年1月)。
4) Sakha 圃場における夏作(水田およびメイズ)の前後における土壌のサンプルを採取し、塩分濃度の解析中である。(2012年5月および10月)塩分濃度を分析したところ、水田稲作は主に表層において塩類集積を軽減する効果が認められた。また、Sakha 圃場において異なる灌漑間隔、つまり異なる灌水量下の水田稲栽培における土壌中塩分濃度を解析したところ、灌漑間隔を延長することにより除塩効果も低くなることが明らかになった(2014年3月)。
5) 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。

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)

本邦トレーニングにおいて、Dr. Said と Dr. Howaida に対して ICP-Mass を用いた化学成分分析、とくに重金属の分析講習を行った。また、Dr. Said, Dr. Howaida, Dr. Rushdi に対して水分センサーの校正手法と根長密度の画像解析手法の講習を行った(2012年1月)。

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・燃料生産グループ

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。
- (5) 農業排水を利用した燃料作物の栽培法を開発する。

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。Abshan (伝統的灌漑システム) と Bahr Al Noor (近代的灌漑システム) の 2 地域において、それぞれ 200 戸の農家の聞き取り調査を行う。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) 燃料作物の栽培実験を行い、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。これに基づき、農家からの聞き取り調査(ベースラインサーベイ:各地域 200 戸×2 地域)を実施し、農家行動に関するデータを収集した(2013 年 3 月)。
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引き続き収集した(2013 年 3 月)。
- (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(2011 年 3 月)。引き続き点滴灌漑と植え付け溝のみ灌漑する細溝灌漑によってトウモロコシを栽培し、生育、光合成・蒸散速度および収量を比較した(2012 年 1 月)。現地圃場で、溝の形状と播種位置を改善した細溝灌漑、および、長期間断灌漑により、トウモロコシの生育および収量を調べた。また、灌漑間隔を変えてトウモロコシを栽培し、生育、光合成・蒸散速度、収量を比較した(2013 年 3 月)。前年まで装置の故障や播種の遅れなどにより十分な評価ができなかった点滴灌漑と改良細溝灌漑を用いてトウモロコシを栽培し、生育および収量を表面灌漑と比較することができた(2014 年 3 月)。また、トウモロコシの播種様式と灌漑間隔を変えて生育、収量を比較し、改良細溝灌漑は節水と生育・収量の維持向上の可能性が示された(2014 年 3 月)。
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(2011 年 1 月)。
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(2011 年 3 月)。テンサイの生育および収量に及ぼす灌漑法とマルチ処理の影響を比較した(2012 年 1 月)。

2011/2012 年の試験では養分不足と病害により十分な検証ができなかった。そこで、テンサイを点滴灌漑と表面灌漑を用いて栽培し、生育および収量を比較している(2014 年 3 月)。

- 4) 現地圃場で表面灌漑、長期間断灌漑によりコムギの栽培実験を実施している。(2012 年 1 月)。2011/12 年の試験では表面灌漑と長期間断灌漑との間に生育および収量の差がほとんど認められなかった。このため、灌漑間隔を延長した長期間断灌漑によりコムギの栽培試験を実施している。また、灌漑間隔を変えて生育、光合成・蒸散速度、収量を比較検討している(2013 年 3 月)。トウモロコシで節水と収量維持効果が認められた細溝灌漑のコムギへの適用性を検討している(2014 年 3 月)。
- 5) 現地圃場でエジプシヤンクローバー(ベルシーム)の表面灌漑の栽培実験を実施している(2012 年 1 月)。エジプシヤンクローバーの長期間断灌漑の栽培試験を実施し、2011/2012 年の表面灌漑と生育および収量を比較する(2014 年 3 月)。
- 6) 現地圃場において慣行灌漑でイネを栽培し、生育および収量を調べた(2013 年 3 月)。灌漑間隔を変えてイネを栽培し、生育、収量および水利用効率を比較したところ、灌漑間隔を7日に延長すると収量はやや低下するが、灌漑水量を大幅に節減でき、水利用効率を大きく向上できることが分かった(2014 年 3 月)。
- 7) 現地圃場でソラマメの表面灌漑の栽培実験を実施している。また、灌漑間隔を変えて生育、光合成・蒸散速度、収量を比較検討している(2013 年 3 月)。トウモロコシで節水と収量維持効果が認められた細溝灌漑のソラマメへの適用性を検討している(2014 年 3 月)。

- (3) 1) コムギ品種の種子発芽時の耐塩性比較、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
- 2) 高 EC 水田における耐塩性イネの収量、光合成能力を比較した(2013 年 3 月)。
- (4) 1) 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)。トウモロコシ収穫物の飼料価の栽培地域による差異を解析するため、生育温度と土壌水分を変えたモデル実験を実施した(2012 年 1 月)。
- 2) 現地圃場でトウモロコシとササゲあるいはダイズを組み合わせた間作の栽培試験を行い、生育および収量、収穫物の飼料価の分析を実施した。また、コムギとエジプシヤンクローバーを組み合わせた間作の栽培試験を行い、刈り取り時期を変えて収穫物の飼料価の分析を行うとともに、家畜に給与して飼料摂取や家畜の発育の評価を行っている(2013 年 3 月)。
- (5) 1) ヒマワリの水分及び塩分ストレス応答特性を測定するためのポット実験を行った。(2013 年 3 月)
農業排水を用いた点滴栽培における灌漑水量あたりの収量はナタネ、ヒマ、ヒマワリ、ジャトロファの順であった。しかし、ナタネでも油の生産量は灌水量 1L あたり 0.13g であり、目標はまだ達成できていない(2013 年 3 月)。平成 25 年度は試験区ごとの灌水量により大きな差を与えて生育調査、収量調査を継続した。データは解析中である(2014 年 3 月)。
- 2) 実際の蒸散量は地下水を吸い上げていて灌水量をかなり上回っている可能性があるため、ジャトロファとヒマの 3 本ずつ蒸散流センサーを設置し、観測を行っている(2013 年 3 月)。うち、ヒマの 2 本が虫害で枯れたため、別の株に挿し替え、継続している(2014 年 3 月)。
- 3) 北側の領域における地下水の吸水の度合いを調べるため、灌漑をゼロにした株をジャトロファとヒマ5株

ずつ設け、成長を調べた。無灌漑でも多くが枯死せず、ある程度の成長がみられたため、地下水をある程度吸い上げていることが確認された(2014年3月)。

(6) 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。
- 3) エジプト側の作物栽培と家畜飼養を専門とする研究者 Dr. Alaa を日本に招き、プロジェクトの担当研究課題に関連した研究手法の研修を行った(2012年1月)。
- 4) 本邦講習において、Dr. Safaa に対し、バイオ燃料の生化学分析、バイオ燃料利用ならびに根長密度の画像解析手法について技術移転を行った(2012年1月)。
- 5) エジプト側の作物栽培を専門とする研究者 Dr. Yosri, Dr. Sherif を日本に招き、プロジェクトの担当研究課題に関連した作物の光合成測定、生化学分析などの研究手法の研修を行った(2013年3月)。
- 6) Dr. Safaa に対し、蒸散流センサーおよび土壌水分センサーからのデータ回収方法を現場にて教えた(2013年3月)。
- 7) Dr. Korany, Dr. Saad および Dr. Aboshady を日本の研修に参加してもらい、日本の栽培技術体系についての技術移転を行った(2014年3月)

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)

- 1) 現地試験でトウモロコシの収穫物データの欠落により、トウモロコシの節水灌漑試験を継続して実施した。その際、マルチ処理による蒸発抑制効果が想定より小さかったため、マルチ処理に代えてエジプト側研究者が開発した細溝灌漑を加えた。また、冬作に予定していたテンサイは生育期間が長く、次の夏作に予定しているワタの作付けが困難なことが判明したため、エジプシャンクローバーを作付けることにした(2012年1月)。
- 2) Ismailia では点滴灌漑で栽培を実施しているが、現地圃場における地下水位が予想より高く、消費水量の制御および蒸散量の推定が困難であることが分かった。そこで、2011年6月に暗渠排水を敷設したものの、依然高地下水位が高いため、蒸散量を実測するため、8月にジャトロファ、12月にヒマに蒸散流センサーを設置し、現在観測中である。
- 3) ザンカロンの WMRI 圃場に隣接する農家圃場の借地契約の延長交渉が長引き、夏作に予定していたワタの適期播種が困難となった。このため、2012年夏作は播種時期が遅いトウモロコシの長期間断灌漑を実施した。また、サッハ試験圃場はトウモロコシの点滴灌漑を予定していたが、点滴施設の設置が播種時期に間に合わず、2011年にザンカロン試験圃場で実施した細溝灌漑を一部改良した方法に変えて試験を行った(2013年3月)。

3. プロジェクト成果の達成状況

(1) 原著論文発表

- ① 本年度発表総数(国内 1 件、国際 1 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 1 件、海外 5 件)
- ③ 論文詳細情報

Suzuki, M., A. Mohamed, K. Abdel-Gawad, S. Safina, M.A. El-Fadel, A. Hussien, O. Enishi, S. Maruyama, A. Tajima, Ishikawa, N.: The Effects of Water-saving Irrigation on Nutritive Value of Maize (*Zea mays* L.) in Nile Delta, Egypt. *Journal of Arid Land Studies*. 22(4): 481-485, 2013

志水勝好・森田あす美・Sayed Ahmed SAFINA (2013) 硬実種子の前処理, 温度がタイ産ナンヨウアブラギリ (*Jatropha curcas* L.) 種子発芽に及ぼす影響と種子形態の特徴. 熱帯農業研究 6 : 75-80.

(2) 特許の出願

- ① 本年度特許出願内訳(国内 0 件、海外 0 件、特許出願した発明数 0 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 研究者グループリーダー名: 藤巻 晴行 (鳥取大学・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。
- ・水、土、作物の相互関係を総合的に解明する。

(2) 「用水管理・農民水利組織」グループ

① 研究者グループリーダー名: 佐藤 政良 (筑波大学・名誉教授)

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。
- ・揚水機にかかるエネルギーとエネルギー効率の評価を行う。
- ・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 研究者グループリーダー名: 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・燃料作物生産」グループ

①研究者グループリーダー名：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、今後に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。
- ・作物の発芽試験、栽培試験を行い、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。
- ・農業排水を利用した燃料作物の栽培法を開発する。

以上