令和５年度　海外技術協力促進検討事業　アフリカにおける稲作振興支援
調査概要

1.　調査概要

1.1. 背景

サブサハラアフリカにおいて、コメの生産量は消費量より少なく、アジア、北米等からの輸入量が年々拡大している。このため、第4回アフリカ開発会議（TICAD IV）においてJICA等 は、アフリカ稲作振興のための共同体（CARD）を設立し、アフリカにおけるコメ生産を10年間で倍増することを目標として掲げ、これを達成した。しかし依然アフリカではコメの需要が供給を大幅に上回っているため、2030年までにさらなるコメ生産の倍増を目標（米生産目標 5,600万t）としたCARD2を発足させた。

かんがい稲作は天水稲作と比較すると単収が大きく、コメの増産を図るためには、かんがい地区の強化が必要である。しかし、新規の水資源開発によるかんがい面積の拡大は、財政への影響や環境負荷が大きいため、難しい。このため、今後は気候変動対策にも留意しつつ、既設かんがい排水システムの機能維持・強化など、持続可能な開発協力に移行していく必要がある。

1.2. 目的

本事業は、アフリカの既設かんがい排水システムについて、我が国で培われた施設の機能維持・強化や再生可能エネルギーなどの技術を活用した持続可能な開発手法を確立し、水利用の効率化を行うとともにかんがい面積の拡大を図り、アフリカ各国への普及・展開に繋げていくことを目的とする。

1.3. 調査実施方針

1.3.1.　全体計画

本事業の調査対象国は、JICA等による有償資金協力、無償資金協力又は技術協力が実施されており、今後もかんがい稲作に関する協力の可能性があるケニア、タンザニア、エチオピア、ウガンダ、ルワンダ、マダガスカルおよびガーナから選定する。

調査対象地区は、既存かんがい地区などにおいて地形条件や用水配分の不均衡等の理由により適正に用水が配分されていない地区とする。

上記地区において、施設の機能維持強化、再生エネルギーを活用したかんがい技術、節水かんがい、効率的な水管理などの技術により水資源利用効率を向上させ、かんがい面積の拡大や畑作物作付面積増について検討する。

基礎調査として、調査対象国のかんがい地区の課題を整理し、開発ポテンシャルを分析するとともに、実証モデル調査国を2カ国選定する。また実証モデル調査を実施する地区（実証地区）を、1カ国につき1地区選定する。

実証地区において、水資源利用効率的向上対策について実証計画をとりまとめ、一部実施するとともに実施過程を「事業計画検討ガイドライン」および「施設運用マニュアル」にとりまとめる。

1.3.2. 調査全体スケジュール

本調査の全体スケジュールは表1に示すとおりである。

表 1　調査全体スケジュール

項目	R4		R5		R6	
基礎調査						
実証調査						
評価分析						
ガイドライン･マニュアル作成						
事業展開構想						
有識者検討委員会						

2.　調査結果

2.1. 実証調査

2.1.1. 施設機能維持強化

(1)土水路漏水対策

アフリカにおけるかんがい地区の末端水路は土水路であることが多い。土水路の漏水は大きく、漏水を抑制することによりかんがい面積の増加が期待できる。このため、土水路にパイプ（塩ビ管）を埋設し漏水を抑制する工法について検討した。

今年度は、以下の調査を実施した。

- 埋設したパイプの土壌水分変化による挙動（浮上など）を確認するために、アルーシャ州オルジョロにあるATC試験ほ場に仮想水路を設置して、パイプの挙動をモニタリングした。この結果、土被り10cmでもパイプの浮上は確認されなかった。引き続きパイプの挙動はモニタリングしていく。
- ローアモシ地区の土水路（MS7-2）において、土水路漏水量について測定を行った。この結果、1区間（30m）あたり漏水量は84m^3/dであった。これは、日減水深を11.3mmとすると7,445m^2にかんがいが可能な水量に相当する。
- ローアモシ地区の土水路（MS7-2）において、土水路にパイプを設置する試験施工を実施した。パイプの挙動については、今後モニタリングを実施する。
- 試験施工にかかる費用は739USD/30m、対策実施による便益は1,006USDであり、本対策は経済的に実施可能である。

(2)ほ場漏水対策

水資源の効率的利用を行うためには、ほ場の漏水量を減少させる必要がある。本調査では、簡易なほ場漏水対策として、日本の乾田において漏水対策の効果が認められているケンブリッジローラーによる鎮圧を検討する。

今年度は、以下の調査を実施した。

・昨年度試験施工を実施したほ場の減水深のモニタリングを実施した。この結果、5W（代掻き後5週間後に締固めを実施）を除くと、いずれの処理（2W～4W）も施工前より減水深は小さくなっており、締固め効果が確認できる。この効果が時期作でも継続するか、来年度の栽培時期に再度モニタリングを実施する。
・追加試験を実施するほ場の選定を行うために、現況のほ場の減水深調査をRS1-3で実施した。この結果、減水深は45～9.8mm/d（平均22.9mm/d、標準偏差10.5mm）であった。なお、今年度は11月に降雨が多かったため、ローアモシ地区のかんがい計画が見直され、RS1-3では12月から水稲栽培が実施されることとなった。このため、追加試験はMS7-2で実施した。
・追加試験では、試験前後の土壌硬度に有意な差が見られなかった。このことから次年度において、再度追加試験を実施する。

(3)ほ場均平化対策

ほ場の均平度が悪いと、水が均一に行き渡らず、施肥効果に偏りがでるほか、湛水時の水深が異なることから、収量にムラができることが考えられる。このため、ほ場の均平度と収量の関係について明らかにするとともに、均平度を向上させる対策を検討する。

今年度は、以下の調査を実施した。

・ほ場の均平度について測量機器を用いて測定するにあたり、測定密度の確認を行った。5m格子交点での測量（95測点）と10m格子交点での測量（30測点）を比較した。10m格子交点で測量すると、測量箇所が大幅に減るが、標準偏差は大きな差が出ないことから10m格子交点で測量することとした。
・ほ場の均平度について、3ブロック60ほ場で測量を行った。また当該60ほ場において、収量および施肥量について農家から聞き取りを行った。得られたデータについて、収量を目的関数、均平度標準偏差と施肥量を説明関数として重回帰分析を行った。この結果、均平度と収量には明確な関係が見られなかった。
・ほ場の均平度を測定したほ場のうち、20ほ場について、相対高さが低いほうから、3、9、15、21、27番目の地点で坪刈り実施した。20ほ場それぞれについて、坪刈り収量と、相対高さについて相関係数を算出した結果、均平度SDが27mmより大きなほ場において、相対高さと坪刈り収量に負の相関が見られた。このことから、均平度の改善は収量の向上につながると考えられる。
・代掻き方法と均平度の関係について、試験を実施した。代掻きは慣行の方法を含めて6通りの試験を実施した。代掻き実施ほ場の収穫、収穫後の均平度の計測を次年度実施し、代掻き方法の評価を実施する。

(4)ほ場排水対策

水田の排水性が悪化すると、湿田化や土壌の塩類化による収量低下が生じる恐れがある。本調査では、農家が営農活動として取り組める持続的な排水対策を構築するため、日本で開発されたトラクターアタッチメントである「カットドレーンミニ」と「カットブレーカーミニ」による浅

層暗渠の導入を検討する。
今年度は以下の調査を実施した。

・2023年5月31日および11月13日にローアモシかんがい地域アッパーマボギニ（Upper Mabogini）地区MS1-1ブロックの浅層暗渠試験区にて、カットドレーンミニおよびカットブレーカーミニの施工を試みた。しかし、想定以上の排水不良と10月～11月にかけての多雨により、施工不可能であった。
・このため、2023年11月14日に通常の営農活動でトラクターが稼働しているMS2-1ブロックでの施工を試みた。しかし、トラクターは走行できたものの、カットドレーンミニの牽引に必要な地耐力を得ることができずトラクターが走行不能となり、施工不可能であった。
・浅層暗渠試験区付近の排水性を改良するため、NIRC（National irrigation Commission;国家かんがい庁）の協力を得て2024年2月20～25日にかけてMS1-1ブロックの下流に位置する横断排水路の改修工事を実施した。改修工事では、既設の既設排水管（内径60cm、外径80cm）を撤去し、新たに内径90cm、外径120cmの排水管を設置した。また、排水管付近での滞留を防止するため、排水管よりも下流側の排水路を浚渫した。
・本工法は耕盤破砕による土壌構造の改善も期待できることから、ローアモシかんがい地域の下流域に位置し、水資源の不足から米とメイズによる輪作を行っているチェケレニ（Chekereni）地区RS4-2ブロックにおいて、11月15日より施工を開始した。RS4-2ブロックはメイズ作後でほ場が十分に乾燥していたことから、カットドレーンミニおよびカットブレーカーミニをトラクターで牽引することができ、無事に施工を完了することができた。

2.1.2. 再生可能エネルギー

(1)小水力発電を用いたかんがい

既存かんがい地区および隣接地区において、水路から重力でかんがいできないほ場に対して、小水力発電を用いたポンプによるかんがい方法を検討する。
今年度は以下の調査を実施した。

・ガーナ国ポンかんがい地区内幹線水路において、らせん水車を設置するため水車設置フレーム、バッテリーを含む電気系統と制御機器およびポンプを導入した。
・らせん水車による発電試験では、車両用オルタネータを用いてバッテリーへの蓄電を試行したが、水車の出力不足により発電が出来ないことが確認された。このため、より低トルク、低回転数で発電可能とされる風力発電用発電機へ変更することとした。
・バッテリー電源によるポンプの稼働が可能なことを確認した。
・ポンプ揚水に必要な電力の確保を目的に既設堰の嵩上げを実施し、その一部が農民により複数回破壊された。試験実施に関する説明を関係する水利組合役員へ実施してきたものの、当該水利組合における内部対立から組合員へ情報が伝わっていないこと、また過去に当該水利組合がかんがい開発公社に対し不満を持っていたことが背景にある可能性が明らかになった。
・これまでの小水力発電適地調査の結果、5地区に計20カ所の適地があり、その中でBontanga地区が12カ所であった。

(2)**太陽光発電を用いた循環かんがい**

かんがい稲作地域であっても、不均衡な水配分やかんがい施設の老朽化などにより水供給が不十分になっている地域がある。特に、水資源が不足する乾季での作付けが困難になっている。このような地域の農業生産性を安定化し、農家所得の向上を図るには、限られた水資源を有効活用する持続的なかんがい技術を開発する必要がある。本調査では、日本で開発された地下かんがいシステム（OPSIS: Optimum Subsurface Irrigation System）における用水を循環利用する手法を活用した循環かんがいの導入を検討する。

今年度は以下の調査を実施した。

- 雨季トウモロコシ栽培を対象に、2023年3月12日の播種から8月13日の収穫までの期間において、循環かんがいを適用した。
- この時期は雨季であり、①対照区へかんがいする必要がなかったことから、対照区を天水とし、天水区を比較から除外した。なお、この期間235.2mmの降雨があった。
- 給水量は①対照区と比べ②OPSIS区で53%、③簡易OPSIS区で63%多くなった。③簡易OPSIS区は遮水シートが無いために下方浸透があり、給水量が多くなったものと考えられる。
- トウモロコシ収量は、①対照区と比べ②OPSIS区で40%、③簡易OPSIS区で31%高かった。対照区とOPSIS区、対照区と簡易OPSIS区について有意差検定（t検定）を行ったが、どちらとも、有意差は認められなかった（P=0.44、P=0.43）。しかしながら、雨期であっても循環かんがいを活用した補給かんがいにより、トウモロコシの収量向上が期待できものと考えられる。
- トウモロコシ作後の2023年9月8日に米の苗を移植し、循環かんがいによる米栽培を試みたが、本試験の給水システムでは十分な給水が行えず米が生育しなかった。
- このため、栽培作物を米からトウモロコシ（10月播種）に変更し、雨季トウモロコシ作と比較することとしたが、鳥獣害により全滅してしまった。その後、鳥獣防止柵を設置し、再度、乾季トウモロコシ作を対象に試験を実施している。
- 2024年2月29日にソーラーパネル2枚が盗難されたが早急に代替のソーラーパネルを購入し、当日中に復旧作業を完了させた。

2.1.3. 節水かんがい

本課題で検討する「水田に供給されるかんがい用水の節約」については、AWD（Alternate Wetting and Drying：間断かんがい）を検討してきた。これまでの調査では、AWDの実施時に問題となる可能性がある現象、1）給水と給水の間に土壌が乾燥して生じるヒビによって漏水が激しくなる、2）給水と給水の間に外気温が低下した場合、イネの植物体が冷気に晒されて生育遅延や収量の低下が起こる、3）畦畔からのかんがい水の滲出、畦畔崩壊による漏水やかんがい水路からの用水浸出、が見られた。これらがイネの栽培に及ぼす影響を明らかにするとともに、解決策を検討する必要がある。今年度はKATCのほ場を供試して、①低温期におけるイネのAWD栽培試験、②ボトムプラウによる耕起とケンブリッジローラーによる締め固めを行った農家ほ場におけるイネのAWD栽培試験、さらには、③コンバインおよび手刈りによる収穫区を設けたひこばえ栽培を実施した。試験の結果については現在も取りまとめ中のものがあるが、以下を得ている。

・①では、移植時期をずらした3処理区のうち、移植時期が最も遅かった区では他の区と比較して栄養成長期に草丈が短く推移したが、最大分げつ期には他の区とほぼ同じレベルとなった。分げつ数については生育期間中に全ての区で同様な推移を示し、低温による影響が見られなかった。収量については、開花、登熟期の低温および栽培期間中に発生した病害の影響により、通常の約半分（約3.5t/ha）となった。
・②および③では現在も得られたサンプルの調査を進めている。③におけるコンバイン区の概算収量は3t/ha強となった。ほ場オーナーの満足度については、今後聞き取りを行う予定である。

2.1.4. 水管理

ローアモシ地区においては、ローアモシ水利組合（Lower Moshi Irrigators Association（LOMIA）：ロミア）が存在し、活動を行っているが、受益地の上流・下流間で適切な水配分が行われていないことが明らかになっている。本課題では、同地区の水利組合の活動を中心に、効率的、効果的な水管理の実現のための課題とその解決策を検討する。

今年度は、ロミアの下部組織であるセントラルロミア間の合意形成を中心に、農家の合意形成と水管理について、関連行政組織であるKADP（Kilimanjaro Agricultural Development Program,キリマンジャロ農業開発計画（県の組織））、NIRC (National irrigation Commission;農業省国家かんがい庁)および各サブロミアのリーダーから聞取り調査を行うとともに、課題への検討を行った。

結果として、

・水配分にかかる意見集約、合意形成については、セントラルロミアで月１回、サブロミアで年４回の会議が開かれており、かなりの頻度で会議を行っており、各サブロミアは、KADPからの作付計画に従っての作付けを行っている。
・サブロミア間の水配分については、どのような指示が出ているのかが不明である。
・一方、現実として、例年、上流には水があり、下流には配水されていない状況である。
・これらのことから、当該地区の水配分に係る合意形成については、実態を踏まえた水配分計画が農家に示されていないままでの合意形成、あるいは実態を踏まえた計画通りの水配分が実施されていないことが想像される。
・従って、水配分計画が実態を踏まえているのか確認する必要があるとともに、水配分計画を農家あるいはゲートキーパー、ウォーターマンに理解させ、実施させる指導が必要と考えられる。この責務は、計画策定については、NIRC、KADP、実施については、KADPが負うものと考えられる。
・また、先行調査においては、各河川におけるサブブロックへの取水地点の水量について調査し、その下流の水田での必要水量と比較し、水田のかんがい水量を上回っていることが示されている。
・従って、水管理あるいは水利組織の対応として、上流域（ラウ地区を含む）の取水を適切な量とするよう、関係行政機関、農家が理解し、水配分計画を策定し、適正に実施することが必用である。
・現状の水配分についての考え方、計画そのものについては、KADP、NIRCに問い合わせてい

るものの、明確な回答が得られなかったが、2023年度末の現地でのテクニカルコミッティーにおいては、水配分については、関係機関、関係者において、当方が参加し、話し合いの場を持つ旨を確認したため、具体的な対応については、来年度の対応となった

2.2. 評価分析

かんがい水路のパイプライン化と再生電力（ソーラー、小水力発電）に対する農家需要を明らかにするため、聞き取り調査を実施した。調査対象のローアモシかんがい組合は、全体を統括するロミア、中間組織のサブロミア、末端組織のブロックの3段階で構成される。水路の維持管理に関しては基本的に、幹線がロミア、2次水路がサブロミア、3次水路はブロックが責任を持つ。組合員農家は、幹線と2次水路に関しては水利費を通じた経費負担のみ行っている。3次水路は、以前は共同で清掃作業を行っていたが、不参加者が増えてきたので水利費に経費を計上して、ブロックが雇用労働で対応するようになってきている。

土水路である3次水路のパイプライン化は、清掃費削減、事故の軽減が期待されるが、生活用水のくみ上げ場所や農作業時の洗い場確保が必要である。かんがい水が慢性的に不足している下流地域では、ディーゼルポンプによる井戸かんがい（トウモロコシ、野菜、田植え後水稲の補給かんがい）が行われている。常設のソーラーパネルで稲作水路に水を補給する例もあり、ディーゼルをソーラーに置き換えることは検討に値する。一方、農村としては例外的に家庭の電化率は高く（90%）、家庭用小型ソーラーパネルの普及も進んでおり、集落から距離のあるほ場や水路で発電された再生電力（ソーラーや水力）の家庭需要はほとんど見込めない。

2.3. テクニカルコミッティー

2.3.1. タンザニア

関係機関から総勢43名が参集し、現地及びオンラインのハイブリッド方式で実施された。TCは午前中に、水資源利用効率化対策の実証ほ場の現地調査を行ったのち、会議を開催した。会議ではカウンターパートや国際農研から今年度の調査結果について説明を行い、意見交換を行った。来年度はマニュアルのセミナーを開催することを通知した。

2.3.2. ガーナ

関係機関から総勢27名が参集し、現地及びオンラインのハイブリッド方式で実施された。午前に現地調査を実施したのち、今年度の調査結果及び次年度調査方針について議論を行った。

2.4. 国内検討委員会

本調査を効率的、効果的に実施するため、有識者による国内検討委員会を設置（委員は表2のとおり）し、委員から意見を聴取している。今年度は、実証調査計画について意見を聴取するために令和6年1月に委員会を開催した。

表2　国内検討委員

分野	氏名	所属
水管理	石井　敦	筑波大学生命環境系　教授
かんがい	清水　克之	鳥取大学農学部　教授
栽培	鳥山　和伸	山形大学農学部　客員教授
水資源	堀野　治彦	大阪公立大学大学院農学研究科緑地環境科学専攻　教授

調査状況

土水路漏水対策（漏水量測定状況）	**土水路漏水対策（パイプ敷設状況）**
ほ場漏水対策（減水深測定）	**ほ場漏水対策土壌硬度測定方法説明状況**
ケンブリッジローラーによる締固め	ほ場均平化対策（ドローンの離陸状況）

調査状況

ほ場均平化対策（ディスクハロー）

ほ場均平化対策（ドライブハロー）

カットドレーンミニ施工状況

カットブレーカーミニ施工状況

循環かんがい

循環かんがい

調査状況

節水栽培 **(KATCほ場における試験の様子)**	**節水栽培** **（コンバイン収穫後のひこばえ栽培）**
小水力（水利組合連合会月例会議）	**小水力（バッテリー電源ポンプ稼働試験）**
小水力（テクニカルコミッティー現地調査）	**小水力（制御盤等保管施設）**

調査状況

水管理（ラウ地区水路の溢水状況）	水管理（チェケレニ地区の水路の状況）
評価 (タンザニア：水田での牛の放牧)	評価 (タンザニア：酪農家へ稲わらの売却)
テクニカルコミッティーの様子 （ガーナ）	テクニカルコミッティーの様子 （タンザニア）