

地球規模課題対応国際協力プログラム (SATREPS) 研究課題別追跡調査報告書

I. 序文

SATREPS 追跡評価実施要領 (<https://www.jst.go.jp/global/kadai/hyouka/pdf/follow-up-evaluation-procedure.pdf>) に基づき、追跡調査を実施した。具体的には、プロジェクト終了後の研究課題の国際共同研究の成果の発展状況や活用状況を明らかにするために、対象課題に関連した文献およびインターネットによる調査(関連論文、特許、受賞、外部資金等)、対象課題の研究者に対する質問票による基礎データ調査を実施した。さらにそれらの結果を踏まえて研究者インタビュー調査を行い、得られた情報を総合的に整理しまとめた¹。

今般の研究課題別追跡調査においては、以下の方にご協力頂いた。御礼申し上げます。

岡田 謙介 (東京大学 大学院農学生命科学研究科 名誉教授)

II. プロジェクト基本情報

1. 研究課題名

遺伝的改良と先端フィールド管理技術の活用によるラテンアメリカ型省資源稲作の開発と定着

2. 日本側研究代表者名

岡田 謙介 (東京大学 大学院農学生命科学研究科 名誉教授)

3. 相手国 (コロンビア共和国) 側研究代表者名

石谷 学 (国際熱帯農業センター (GIAT) 主任研究員)

4. 国際共同研究期間

2014年5月～2019年5月

5. 研究概要

(1) 目的

近年、コロンビアでは、コメは低所得者層にとって主要な食料源となっている。また、コメの生産と販売の過程で多くの雇用が生じるため、稲作は同国の農村及び地域社会の安定的発展において重要な産業である。コロンビアの稲作は、直播と大型機械を利用した大規模生産体系であるが、灌漑施設が十分に整備されておらず、多くの圃場で等高線に沿って一時的

¹ 2023年11月～2024年3月に各種調査および報告書のとりまとめを実施した。

に低い畝を作り、掛け流しの田越灌漑による水管理（傾斜地等高線畝掛流し灌漑法）を行っている。そのため、水及び肥料の利用効率が低く、同地域のコメ生産量を向上させる上で大きな課題となっている。本プロジェクトでは、水及び肥料の利用効率が高い省資源型稲作体系を構築してコロンビアに定着させることを目標とする。

研究体制としては、日本側から東京大学、農業・食品産業技術総合研究機構、東京農工大学、九州大学が参画し、コロンビア側の国際熱帯農業センター（CIAT）、稲生産者連合会（FEDEARROZ）、ラテンアメリカ水稲基金（FLAR）、バジェ大学、さらには先進農家と連携して研究を推進する。具体的には、下記の研究題目に取り組み、プロジェクトで開発されるイネ新品種、水・施肥管理技術、節水栽培技術等を統合し、農家参加型の技術普及システムで普及することにより、コロンビアにおけるラテンアメリカ型省資源稲作の開発と定着を図る。

(2) 各グループの研究題目と実施体制

研究題目 1. QTL 遺伝子集積による、新世代型高生産・高水・窒素利用効率のイネ有望系統の育成

（研究グループ A 主担当：農研機構・宇賀）

（研究グループ B 主担当：東大・大政）

（研究グループ C 主担当：東大・鴨下）

研究題目 2. ターゲットサイトにおける効率的な作物・施肥管理のための技術開発

（研究グループ D 主担当：東大・岡田）

研究題目 3. 新形質イネを利用した節水栽培技術の確立と流域スケール評価管理

（研究グループ E 主担当：東京農工大・福田）

研究題目 4. 改良した栽培技術の農家レベルでの統合と普及活動

（研究グループ F 主担当：東京農工大・渋澤）

（研究グループ G 主担当：九大・南石）

(3) SATREPS 期間中の各グループの成果

研究題目 1：QTL 遺伝子集積による、新世代型高生産・高水・窒素利用効率のイネ有望系統の育成

本プロジェクトでは、深根性陸稲品種（Kinandang Patong）を根系形態形成に関わる QTL（Quantitative trait locus；量的形質遺伝子座）のドナー品種として利用し、DNA マーカー選抜育種によりコロンビアの奨励品種に DEEPER ROOTING 1（DR01）をはじめとする深根性や根量等に関わる複数の QTL を導入した。

品種開発は順調に進められ、根の伸長や根量の増加による水と化学肥料の利用効率向上を期待できる有望系統（BC3F5 世代）の作出に成功した。これは、複数の根形質 QTL を栽培品種に集積化した世界で初めての事例であり、プロジェクト期間内に圃場における特性評価や収量調査の段階まで到達したことは特筆に値する成果である。

実験圃場における形質評価においては、CIAT でフェノタワーやドローンによるリモートセンシングにより取得されたイネの表現型データを東京大学と共有・解析できるシステムを構築した。

研究題目 2：ターゲットサイトにおける効率的な作物・施肥管理のための技術開発

イネ生育・管理モデルの選定・改良においては、トリマ県を中心とする中央稲作地帯におけるイネ生育モデルや気象データ等を利用し、水・肥料の利用効率を向上させる作物・土壌管理を実現する意思決定支援システムの開発が進められた。

研究題目 3：新形質イネを利用した節水栽培技術の確立と流域スケール評価管理

節水栽培技術の開発においては、水田の水利用状況が全く把握されていない現地の農家圃場において、農家の用水路や水田に適した水収支の簡易計測法を確立し、圃場レベルの水収支の解析と節水栽培技術の確立を進めた。

研究題目 4：改良した栽培技術の農家レベルでの統合と普及活動

精密農業の導入と省資源型稲作技術の水平伝達においては、土壌マッピング技術や収量コンバイン等の日本の先端的な精密農業技術をコロンビア側に導入するとともに、新技術を先進農家から一般農家・新規参入農家に効率よく伝達するためのシステム設計を進めた。

リモートセンシングによるフェノタイピング技術、農家の意思決定支援システムの開発、圃場レベルにおける節水栽培技術、大規模農家から小規模農家への技術の水平伝達においては、今後、栽培現場及び農村社会における実証を積み重ねて各技術を確立した上で、新品種の導入と組み合わせて成果の統合化を図る必要がある。

III. 追跡調査結果まとめ

1. 研究の継続・発展について

(1) 全体的な関連研究の状況

- ー 稲作において淡水および窒素の利用効率向上、地球環境の持続性と稲作振興を両立させるため、日本で見いだされた深根性遺伝子を導入し、水・窒素利用効率が高い品種を作出するとともに、圃場のモニタリング、シミュレーションを組み合わせた管理技術支援システムを開発し、農家主体のコミュニティーベース普及手法を適用・発展させ、それらの技術を普及につなげる取組が進んでいる。
- ー プロジェクト終了後も日本、コロンビア双方において出口を意識した学術的研究が進展。特にカウンターパート側において、以下の研究がさまざまな資金に基づいて継続・発展的に実施されている。

(2) コロンビア側の関連研究状況

- ー 2018年～2021年にかけて、日本の総務省とコロンビア政府による農業IoTに関する共同プロジェクトにおいて、本プロジェクトで開発した農業センサーの実証・評価をコ

ロンビア各地で実施している。

- － 米州開発銀行（The Inter-American Development Bank）グループの研究所である IDB Lab が支援する、コロンビア共和国におけるコメ栽培の生産性・持続可能性向上への取り組み「スマートライスファーミングプロジェクト（Smart Rice-Farming）」が 2019 年～2021 年にかけて実施されている。
- － 本プロジェクト研究題目代表が設立した農匠ナビ株式会社が、JICA 民間支援事業案件調査（中小企業支援型）の「コメの育苗・水管理・気候変動対応生産技術移転と高付加価値バリューチェーン構築にかかる案件化調査」を受託、2020 年から取り組んでいる。

2. 地球規模課題の解決に向けた科学技術の進展への貢献について

- － 国際学会での発表、論文投稿等が活発に行われている。
- － プロジェクトで確立した環境ストレス下でのイネ遺伝資源フェノタイピングの手法、窒素施用効率向上のためのモニタリング・管理手法などが、カウンターパート研究機関において用いられ、新たな研究の展開を見せている。

3. 地球規模課題の解決、及び社会実装に向けての発展について

- － 効率的な圃場管理のために、圃場モニタリング技術「e-kakashi」を用いた IoT 技術の導入プロジェクトが、コロンビアをはじめ、エクアドル、ブラジルでも実施されているほか、現在、パラグアイでもプロジェクト案件形成準備が行われている。

4. 日本と相手国の人材育成や開発途上国の自立的な研究開発能力の向上について

- － 本 SATREPS 国際共同研究を実施したことにより、日本側、コロンビア側双方において、若手の研究者が研究に参画して、社会実装を意識した研究開発に携わってきている。日本側 15 名、コロンビア側 14 名の研究人材が育成されたとしている。
- － 日本人の博士課程の学生が、主にコロンビアを拠点として本プロジェクトの広い範囲について共同研究に係わり、プロジェクト期間中に博士号を取得。その後 JICA 専門家となって引き続きプロジェクト研究に携わった。プロジェクト終了後は日本の国際農林水産業研究センター（JIRCAS）の博士研究員となり、その後再びコロンビアをベースとして研究とその社会実装に携わっている。
- － SATREPS プロジェクトの人材育成プログラムにより東京大学で博士号を取得したコロンビア人が、SATREPS のカウンターパート機関である国際熱帯農業センター（CIAT）（国際農業研究諮問グループ（CGIAR）の傘下の研究所で、緑の革命を担った国際イネ研究所や国際トウモロコシ・コムギ研究所の姉妹機関）の正式研究員となり、引き続きイネの作物モデル研究を精力的に行っている。
- － 日本人の修士課程の学生が、SATREPS プロジェクト参画後オーストラリアにおいて博

士号を取得し、ポスドク研究員として作物モデルを研究している。また、開発コンサルタントに就職した日本人学生もいる。日本側では、プロジェクトに参加して現地に立脚した研究の重要性を認識し研究能力を向上させ、その後も多くの若手研究者が活躍している。

- ー コロンビア側では、現役の研究者が、国際学会等で英語による学会発表等を行ったり、日本人研究者とともに学術論文を執筆するなど、科学研究成果の発信力を持つようになっている。

5. 日本と開発途上国との国際科学技術協力の強化、科学技術外交への貢献について

- ー 世界の農業研究をリードしている国際農業研究諮問グループ傘下の国際研究所との共同研究は、その発信力ならびにその途上地域の国等の農業研究機関とのネットワークを十分に生かすことができるという強みがあったとしている。特に日本の強みであるイネの研究において南米諸国と国際科学技術協力を行う上でよい端緒となったとしている。

6. 終了時評価における要望事項に対する現状報告（要望事項を下線で表示）

要望事項と現状：

(1)ピラミディングの対象とした7つのQTL（遺伝子）が、有望系統（BC3F5）に集積された組み合わせ及び各QTLの機能とその組み合わせが形質に与える影響に関する研究は、イネ育種研究はもとより科学技術の進歩にとって貴重な知見となるため、研究を継続して解明していただきたい。

- ー 本プロジェクトでコロンビアの品種への組み込みの対象とした7つのQTLとその相互作用についての研究が発展している。
- ー 関係する2つの根長QTL（QR01、QR02）の解析がプロジェクト参画研究者らのグループによりなされ、作物の必要性に応じた根系のデザイン形成手法の開発に貢献した。
- ー DR01については、その相同遺伝子が根の角度を支配して、塩ストレス耐性の強い水田において抵抗性を与えることが同グループによって解明され、PNASに報告されている。

(2)圃場条件下で有望系統（BC3F5）の特性評価を行い、節水及び節肥料の効果を実証するとともに、収量及び食味との関係を解明していただきたい。

- ー 圃場条件下での有望系統の評価については、FEDEARROZによって継続されている。
- ー 有望系統そのものは、南米特有のウイルス病感受性を残していることが分かったため、さらにそのウイルスに耐性を持っている系統との交配が行われ、CIAT内およびコロンビア各地のFEDEARROZの圃場において評価が継続している。
- ー ピラミディングの対象としたいいくつかの遺伝子が深根性や修了に増加に有用であることが示されつつある。

(3) 開発した生育モデルによって最適灌漑法による水利用効率の向上や収量増加が推測されたとしているが、最適灌漑法の具合的な技術内容と技術適用のために必要となるコスト・労力等も考慮した上で、最適灌漑法の効果を圃場試験によって実証していただきたい。

- ー 本研究によって、作物モデルによる最適灌漑法の解明によって、灌漑頻度や一回の灌漑水量、また灌漑再開の目安となる土壌の乾燥度合いなどが明らかになった。
- ー 圃場条件や気象条件が異なる場合にそれに応じてこれらの最適条件を求められることが本アプローチの有意性である。
- ー これらのアプローチが、コロンビア中部稲作地帯だけでなく他の地域においても、FEDEARROZ 等による「Proyect Verde」(緑のプロジェクト) という気候変動対応の作物モデルの研究プロジェクトによって評価されることが計画されている。

(4) 他国・他地域への普及の促進のためにも、様々な環境条件下で意思決定支援システムの現地実証を積み重ね、より確度の高い信頼できるシステムの確立を目指して改良を進めていただきたい。

- ー 現在、コロンビアの他の稲作地域においても評価が進められる予定である。

(5) 本プロジェクトで作成した技術マニュアルは AMTEC2.0 に取り込まれて普及されることとなるが、今後、AMTEC2.0 及び農家における利用状況を把握するとともに、効果的な利用となるよう、日本側研究者には継続的に支援していただきたい。

- ー AMTEC2.0 を進めている FEDEARROZ は民間組織であり、研究のみならず普及や農業資材販売もおこなっており、メール等ではなかなか意志疎通を密にとっていくことは困難である。
- ー 今般は、プロジェクト期間中に現地試験およびプロジェクトコーディネートに多大な貢献をした若手日本人研究者が別プロジェクトの用件で現地に滞在し、研究の対象となったコロンビア中部稲作地帯にも滞在し、FEDEARROZ の研究普及センターを訪問してカウンターパートと直接面会をしたことにより、AMTEC2.0 の現在の進展状況等が明らかになった。
- ー 今後も同研究者がコロンビアに滞在する際に同様のことを依頼し、継続して情報収集に努めて行きたい。

7. プロジェクトの上位目標を踏まえた現状報告 (上位目標を下線で表示)

上位目標として次の4点を設定している

(1) 節水・節肥料型新品種の周辺諸国への普及

(2) Web ベースでの生産者意思決定支援システムの普及

(3) 国内での米の増産 (約9万トン) と自給の達成、国際競争力強化

(4) ラテンアメリカ型節水省資源稲作として新技術の国際的な認知と波及

- － (1)節水・節肥料型新品種の周辺諸国への普及については、プロジェクト後半から、対象遺伝子を含む系統が、育種素材として、ラテンアメリカ水稻基金（FLAR）のイネ育種素材交流プログラムに組み込まれてきた。FLARは、中南米諸国によって設立された国際機関であり、年に数度の情報交換のためのシンポジウムや圃場評価会において、実際に遺伝資源が譲渡・受領され、各国の育種プログラムの中で評価が行われている。本プロジェクトの育種素材が各国で育成される品種にどのように貢献していくかを明かにすることは今後の課題である。
- － (2)Web ベースの生産者意思決定支援システムについては、プロジェクト終了時に、開発されたものを FEDEARROZ に提供しているが、その直接の運用は未だであり、FEDEARROZ による妥当性の評価に時間がかかっている。
- － (3)コロンビア国内での米の増産は着実に進みつつあり、2018年から2021年の間に39万トンの増産があり、自給率もほぼ100%を達成した。しかしながら近年は国内競争が激化し、プロジェクトの主な対象としてきて比較的収量が高いコロンビア中部に比べ、その他の地域において技術導入が進展しつつあり、コロンビアの稲作研究・開発・普及が新たな局面に移行しつつある。
- － (4)ラテンアメリカ型節水省資源稲作の新技术の国際的な認知と波及については、このようなコロンビアの稲作に関する局面の変化の中でなかなか進まないところもあるが、FLAR（ラテンアメリカ水稻基金）等を通して、今後もプロジェクトの成果が波及していくことが推測される。

以上