

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)
研究課題別終了時評価報告書

1. 研究課題名

ミャンマーにおけるイネゲノム育種システム強化
(2018年4月～2024年3月)

2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者：吉村 淳（九州大学 大学院農学研究院 特任教授）
2. 2. 相手国研究代表者：Naing Kyi Win（農業畜産灌漑省 農業研究局 所長）

3. 研究概要

ミャンマーでは多様な稲作が営まれており、天水に頼りながら稲作を営む低地や畑地などの非灌漑稲作地域は同国のイネ作付面積の約50%を占める。本プロジェクトでは、イネゲノム育種システムの強化を図り、短期生育性、高収量性、病虫害抵抗性、環境ストレス耐性等の有用遺伝子を地域で幅広く栽培されるイネ品種に導入して、ミャンマーの自然・社会経済環境に適した高性能の非灌漑地域適応型イネ品種を開発し、普及する。また、イネゲノム科学の振興や品種改良を通して、ミャンマー農村部の生計向上を図ることは喫緊の課題である。開発される非灌漑地域適応型の高性能イネ品種が、ミャンマーにとどまらず世界各地に分布する非灌漑地域へ普及すれば、地球規模の飢餓軽減への貢献が期待される。

本プロジェクトは、以下の3つの研究題目によって研究が実施されている。

- (1) DNA マーカー利用によるイネゲノム育種システムの構築
- (2) ミャンマーの自然・社会環境条件に適応した有望系統の開発と評価
- (3) 品種化に向けた有望系統群の現地適応性試験の新展開

4. 評価結果

総合評価：A+

(所期の計画をやや上回る取組みが行われ、大きな成果が得られた)

本プロジェクトで主に対象とする低地や畑地などの非灌漑稲作地域は、ミャンマーをはじめとするASEAN地域ばかりでなく世界各地に広く分布する農業生態系である。これまで、灌漑用水の整備された水田に適するイネ品種の開発は多数実施されてきたが、このような非灌漑地域に適応したイネの開発は、手つかずの状態であった。また、食料のほとんどを稲作に依存するミャンマー地方農村部に暮らす人々の生計向上を図ることは、ミャンマーにとっては喫緊の課題である。本プロジェクトは、ミャンマーにおいてイネの新品種が継続的

に開発・普及され、農村地域の生計向上ならびに持続的農村開発が促進されることを目標とし、ミャンマーにおけるイネゲノム育種システムの構築と現地農業生態系に即したイネの有望系統の開発を行った。

プロジェクト前半は計画通りに研究や人材交流が順調に進められていたものの、コロナ禍による渡航制限および政治的な事由により、プロジェクト後半はミャンマーでの研究活動を大幅に制限せざるを得ない状況となった。そのような状況下でも、最終年度には有望系統が 28 系統作出され、そのうち 3 系統が品種登録プロセスの品種技術委員会 (TSC) に諮られるところまで到達した。これは、当初のプロジェクト目標を大幅に上回る成果である。今後、これらの新系統が相手国に普及されることを期待する。

日本側の研究では、深水イネの節間伸張性の分子メカニズムの解明など特筆すべき成果を上げており、国際的な科学誌へ数多く公表されている。一方、相手国での活動が制限されたことで当初の計画よりも相手国研究者との共著論文数や国際学会での発表件数が少なくなってしまうことは残念である。

日本側の研究代表者の優れたリーダーシップによって、両国のプロジェクトメンバーは良好な信頼関係を築いており、相手国の若手研究者の育成も進められた。しかしながら、政治的事由によって相手国の主要な研究者が離脱したことなどもあり、プロジェクト終了後にミャンマーのイネゲノム育種を継続的に主導する研究者がいらないことは懸念される。

相手国の状況から継続的な発展の見通しは明るいとは言えないものの、プロジェクト終了後も研究連携・支援を続けていただき、本プロジェクトの優れた成果がミャンマーおよび近隣諸国を含めたアジア地域のイネ育種に普及・活用されることを期待したい。

4-1. 地球規模課題解決への貢献

【課題の重要性とプロジェクトの成果が課題解決に与える科学的・技術的インパクト】

米を主食とするミャンマーにおいて、天水低地適応の主要な栽培品種 PSH (Paw San Hmwe) と IMY (Inma Ye Baw) に早生性、高収量性と短稈性または病害虫抵抗性や冠水耐性を示す遺伝子を導入し、また陸稲 MSMKK (Mote Soe Ma Kway Kyay) には高収性や病虫害抵抗性を導入して、有望系統素材 (全 28 系統) を育成し、PSH 背景から 2 つの有望系統、IMY 背景から 1 つの有望系統、合計 3 系統を TSC にプロジェクト期間内に付すところまで到達予定である。

また、深水耐性イネの節間伸長制御に関する遺伝子の同定による節間伸長性の分子メカニズムの解明、耐虫性や耐塩性などのイネの環境ストレスに関する新知見など、国際的に注目される高いレベルの研究成果は地域環境に適合したイネ生産に関する課題の解決に大きなインパクトを与えた。ミャンマー在来イネ品種のコアコレクションの詳細な解析、浮稲性の分子生物学的な解明、ミャンマー在来イネにゲノム育種法を用いた早生化・多収化系統の開発などで、イネの遺伝育種学的な進歩に大きく貢献したと言える。

【国際社会における認知、活用の見通し及び他国、他地域への波及】

有用遺伝子のピラミディングとマーカー選抜を組み合わせたイネの育種手法は、遺伝子集積した中間母本の育成と遺伝子解析のための大容量ジェノタイピングのための次世代シーケンサー等の高額な分析機器ならびにその解析に習熟した人材を必要とするが、今後国際的にも活用されていく技術であろう。その他、深水イネの節間伸張性の分子メカニズムやミャンマーの在来イネ品種の遺伝的特性や耐塩性に加えて、ツマグロヨコバイとトビイロウンカに対する虫害抵抗性の分子基盤が解明され、今後、遺伝資源としての活用が期待される。一方で、ミャンマーが置かれている政治的状況から、本プロジェクトで育成された有望系統や育種手法の他国や他地域への波及はすぐには望めないことは非常に残念である。

【国内外の類似研究と比較したレベル】

本プロジェクトで品種化を見込んでいる有望系統は最新のイネゲノム育種技術を用いて育成された新系統であり、日本などで行われているゲノム育種で育成した品種と遜色はない。また、ミャンマー在来イネ品種の遺伝解析による特性解明や耐塩性と耐虫性の遺伝基盤の解明は、国内外でもほかでは得られない科学的情報であり、今後のイネ育種研究に対する重要度も高いと思われる。

4-2. 相手国ニーズの充足

【課題の重要性とプロジェクトの成果が相手国ニーズの充足に与えるインパクト】

イネの育種体制が未確立であった相手国において、戻し交雑法およびゲノム育種法を取り入れた育種法を導入し、育種体制の基盤構築を実現したことは相手国ニーズに大きく寄与したものと高く評価できる。加えて、ミャンマー在来イネの良食味性を失わずに、早生多収の新系統を育成できたことはミャンマーの消費者の要望に合致し、現地農家の経営にとっても有効であろう。

【課題解決、社会実装の見通し】

TSCに諮る3有望系統のほかにも、PSH背景で6系統、IMY背景で6系統、陸稲MSMKKの背景で13系統、合計25系統の有望系統が作出されているが、遺伝子の固定度など改善の余地が見られるものがあり、品種登録に至るまでにはまだ研究の継続が必要である。また、深水イネ節間伸長メカニズムの知見は高く評価されるが、それが具体的に品種改良や栽培管理にどのように実装されるかの道筋は明確ではない。

【継続的発展（人材育成、組織等）及び成果を基とした研究・利用活動が持続的に発展していく見込み（政策等への反映、成果物の利用など）】

日本の大学にてミャンマー側若手研究者の修士学位取得者が2名、2024年3月の博士学位取得予定者が3名育成されつつあることは特筆すべきである。しかし、コロナ禍等に起因してプロジェクトにおける人材育成が滞ったことは否めない。また、政治的状況により主要なプロジェクトメンバーの離脱もあり、プロジェクト終了後、ミャンマーにてイネゲノム育種を主導する研究者が相手国側研究機関に見当たらないことは懸念される。今後もミャンマー研究者によるイネゲノム育種の研究開発が継続して行われることを期待するが、日本側から何らかの継続的な技術支援は必要だと思われる。

4-3. 付随的成果

【日本政府、社会、産業への貢献】

日本大使館の関係者より、吉村特任教授へ本プロジェクトの実施と研究者の方々の不断の努力に対しての感謝、また、プロジェクトで開発した系統の品種登録と市場への普及に対する期待が述べられた。

イネの深水耐性の分子生物学的基盤の解明、ミャンマーの在来イネ品種の耐塩性、耐虫性等に係る有用遺伝子の同定とゲノム情報の取得は主に日本で実施した研究の成果であるため、今後のイネ育種研究に対する貢献は極めて高いと評価できる。実際に、佐賀県の日本型水稻品種で高温登熟耐性を有する高品質米「さがびより」にトビイロウンカ抵抗性遺伝子を導入した有望系統がDNAマーカー選抜育種によって本プロジェクト期間内に育成された。

【科学技術の発展】

ゲノム育種法を用いた最新の育種でミャンマーの在来品種をもとに早生化や多収化が図れることを明確に示し、科学技術の発展に大きく貢献した。有用遺伝子ピラミディングとマーカー選抜による有望系統の作出に係る科学技術の発展の可能性は高く、今後、様々な環境ストレス耐性等の遺伝子が特定され、地球温暖化に伴って拡大すると予想されている世界の環境不良地域や低湿地等への稲作の拡大に期待したい。さらに、世界に先駆けた深水イネの分子機構の解明は、特に優れた研究成果である。

【世界で活躍できる日本人人材の育成（若手、グローバル化対応）】

2020年以降のコロナ禍と2021年2月の相手国における政変以降いまだ渡航が制限されており、若手日本人研究者がプロジェクトの後半現地に渡航できず、現地の稲作の現状を学べなかったのは残念であった。

【その他の具体的成果物（提言書、論文、プログラム、試作品、マニュアル、データなど）】

国際誌での論文31報を公開したことは優れた成果である。論文以外の成果物として、2つの実験マニュアル（DNA抽出プロトコール、炊飯米の官能検査マニュアル）も作成した。

一方で、コロナ禍や政治的状況により国際共同研究が大幅に制限を受けた影響と思われるが、相手国研究者との共著論文は評価時点において3報と少ない。プロジェクト終了までの期間にミャンマーでの研究成果が論文としてより多く公表されることを期待したい。

【技術及び人的ネットワークの構築（相手国含む）】

ゲノム育種のプラットフォーム（戻し交配法と世代促進法、DNA マーカー選抜等）を建設し、ミャンマーにおける今後の作物育種の基盤を整えた。また、ミャンマーの研究者が戻し交雑や世代促進法を習得して、迅速なイネ育種法をミャンマーで確立できたことは、すばらしい技術移転である。相手国の農業畜産灌漑省農業研究局（DAR）の組織再編によって、イネ研究センター（Rice Research Center）が正式な部局になり、本プロジェクトの若手チームメンバーが専任研究員と位置づけられたことから、構築された技術および人的ネットワークは継続の可能性が高くなったと言える。

4-4. プロジェクトの運営

【プロジェクト推進体制の構築、プロジェクト管理及び状況変化への対処（研究チームの体制・遂行状況や研究代表者のリーダーシップ）】

プロジェクトの前半は計画に従って順調に進んでいたが、後半はコロナ禍に加えて相手国の政変という二重の障壁の中で運営を強いられることとなり、当初の研究計画は変更を余儀なくされた。日本人関係者の引き上げと研究者の渡航ができない状況が続いたが、プロジェクトの合同会議やテクニカルミーティングを継続して運営し、両国研究者間の連携と円滑な情報共有に努めた。

活動が制限される中、最優先の育種対象を絞り込み、在来品種の良食味形質を損なわずに早生多収系統を作出するという育種目標を立てて品種登録に向けた活動を行ったことで、有望系統28系統の育成とその中の3系統を品種登録プロセスに乗せるという優れた成果につながった。厳しい状況下でも、外部条件の変化に合わせて柔軟にプロジェクト活動や運営体制を見直し、確実な成果を得ることができたように思う。プロジェクトを最終段階まで展開できたのは、研究代表者のリーダーシップとプロジェクト参画研究者の連携、そして関係者の不断の努力の賜物である。

【成果の活用に向けた活動及び情報発信】

ミャンマーの天水低地における代表的な現行栽培品種2品種に高収性と早生性を導入した3つの有望系統について品種登録に必要な特性評価や食味試験などを行い、消費者の受容性に合うような特性を備えた系統を選抜したことは成果の活用に向けた活動として優れていると言える。また、日本側の論文が、国際的に高く評価されるジャーナルに発表されたことは高く評価される。

他方、当初はミャンマーを地域のイネ育種研究の拠点とすべく、近隣諸国の研究者を招聘してイネ育種の新しい手法等に係るセミナーやワークショップを開催することを計画していたが、これらの活動ができなかったことは残念である。

【人材、機材、予算の活用（効率、効果）】

本プロジェクトでは、1990年にJICAの無償資金協力によって建設・整備されたシードバンクを活用しており、現在も当時とほとんど変わらない様子で大切に保守管理されていた。

暗室利用及び暗幕被覆による短日処理によって戻し交雑を進める態勢を整え、交配作業や圃場での特性評価がより効果的にできるようにコンクリート床を張り、コンクリート枠圃場を整備した。過去に実施されたODAの施設を活用しつつ、新たな機材供与や設備の整備を行い、育種研究基盤を構築したことは評価される。

5. 今後の研究に向けての要改善点及び要望事項

(1) 育成した有望系統28系統を確実に保管し、さらなる評価を行い品種登録まで進めて欲しい。さらに、ミャンマー国内で有用遺伝子ピラミディングとマーカー選抜による育種研究が進捗し、これまで作られてきた有望系統の交配と評価（ゲノム育種）を促進して当初より目標としてきた多様な特性・特質を兼ね備えた品種が育成されることを期待したい。日本でも、ミャンマーの在来イネ遺伝資源が有する有用遺伝子を利用したイネ育種研究を継続してもらいたい。

(2) ベトナムで育成された有望系統がミャンマーではミャンマー在来の栽培品種に比べて優位性を示さなかったことから、イネの品種育成は地域環境への適応性を十分考慮して進めることが重要だと思われる。本プロジェクトで実証した育種手法の近隣諸国およびアフリカ等の他地域への拡大を図るよう努めてもらいたい。

(3) ミャンマー側の育種研究体制の構築が、いまだ不十分であることは否めない。本プロジェクトにより育成された有望系統を維持・利用していくためには、それらの研究成果を担う部門の構築が重要であると考えられる。これからミャンマーに帰国する留学生が本プロジェクトの事業を引き継げるように現地の体制を整え、研究交流を続けることが肝要である。また、可能であれば、JICAの技術協力などを実施して普及の手助けをしていただきたい。

(4) 環境耐性（冠水耐性、耐塩性など）に関する基礎的な研究成果が多数論文化されているが、これらの成果は本プロジェクトにおいて有望系統の選抜では活用されなかったと見受けられる。せっかくの基盤研究成果であるので、現地での今後の活用を期待する。

(5) 実際の育種では遺伝子型を改良した系統の特性評価が重要であり、プロジェクト後においても相手国側研究体制への具体的なサポートを期待したい。深水イネの深水適応プロセスを遺伝生理学的に解明した研究成果は特筆すべき科学的知見ではあるが、本プロジェクトで目指した成果の社会実装面で、どのような意義があるかについての展望が欲しい。

以上

成果目標シート

公開資料

研究課題名	ミャンマーにおけるイネゲノム育種システム強化
研究代表者名 (所属機関)	吉村 淳(九州大学)
研究期間	2017年採択(2017年6月1日~2024年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	農業畜産灌漑省農業研究局
関連するSDGs	目標2、13、15

成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> ■ゲノム情報を駆使し、農業資材低投入型イネ新品種への取り組みを示すことで、ミャンマー等、ASEAN諸国における日本のプレゼンス強化 ■アジアを中心とした他地域へのイネ新品種および育種技術の普及
科学技術の発展	本課題で進めるマーカー選抜育種はこれまで日本ならびに世界で度々提案されてきた育種技術であるが、国内において実際に品種育成に利用された例は少ない。本課題では、マーカー選抜育種が実施されて実際に品種が開発され、育種を推進するスタンダードな技術としてマーカー選抜育種をより発展させる。また、さらなる選抜技術の改良のよって、汎用性の高い育種技術を生み出すことにつながり、広く世界に認められものと期待される。
知財の獲得、国際標準化の推進、遺伝資源へのアクセス等	本課題で開発する有望系統群は、ミャンマー側と共有する予定である。これらは、ミャンマーばかりでなく、広くASEAN諸国やアフリカにおいても利用可能で、我が国が保有するイネのバイオリソースとして誇りうるものとなり得る。
世界で活躍できる日本人人材の育成	国際プロジェクトを実体験することで、日本人学生の英語力強化や国際性の醸成を図る。具体的には、大学院生・若手専門家の派遣を行う。
技術及び人的ネットワークの構築	両国の関係者の協働を通して、人的ネットワークがさらに強化される。一例として、構築されるネットワークを基盤に、他のグローバル化推進の科学技術施策に容易に応じることが可能となる。
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> ■科学論文の作成 ■ミャンマー農民向けガイドライン(栽培指針および各種マニュアル)の作成

上位目標

ミャンマーにおいてイネの新品種が普及され、農村地域の生計向上、ならびに持続的農村開発が促進される

作出される有望系統がイネ新品種として登録され、強化されたイネ育種システムに基づき新たな有望系統の開発が行われる

プロジェクト目標

ミャンマーの自然・社会経済環境に適した有望系統の開発のための、イネ育種システムが強化される

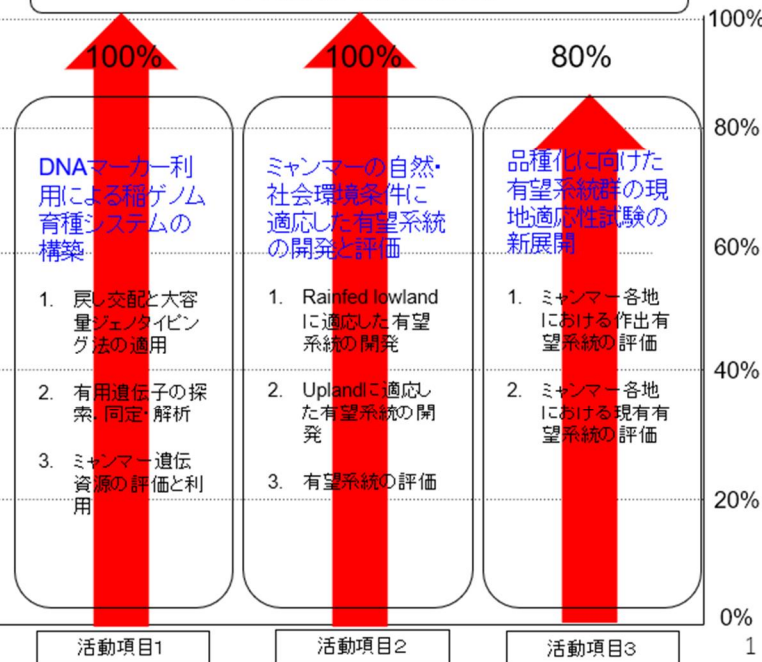


図1 成果目標シートと達成状況 (2023年1月時点)