

## 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

### 研究課題別中間評価報告書

#### 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5月～2023年5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. 相手側研究代表者：Naing Kyi Win (農業畜産灌漑省 農業研究局 (DAR) 所長)

#### 3. 研究概要

ミャンマーでは多様な稲作が営まれているが、なかでも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、ミャンマーの非灌漑稲作地域を対象として、現地におけるイネゲノム育種システムの強化を図り、現地の自然・社会経済環境に適した高性能の非灌漑域適応型イネ品種の開発・普及を目指す。

具体的には、育種システムの強化のため、現地において世代促進や戻し交配、マーカー選抜のための実験環境の整備を行い、並行して品種開発の基盤となる知見ならびに新たな資源開発のための基礎研究の展開およびミャンマー在来遺伝資源の調査・評価を行う。これらの成果に基づいて、ミャンマー在来のイネ品種に早生性、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導入し、ミャンマーの自然環境に適した有望系統を開発する。また、得られた有望系統につき現地適応試験を展開することで、その品種化を目指す。

本プロジェクトで高性能なイネ品種が開発されることで、ミャンマーの稲作農家の生産量と収入の向上に資することが期待される。また、本プロジェクトの研究成果が、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ることで、地球規模の飢餓軽減に貢献すると考えられる。

プロジェクトは以下3つの研究題目で構成されている。

- (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り組みが行われ、大きな成果が期待できる。)

国際共同研究は、当初の計画に沿って順調に進捗しており、DNAマーカー利用によるイネゲノム育種システムの構築や、ミャンマーの自然環境に適した有望系統の開発と評価などにおいて着

実な進展が見られる。2020年3月以降はコロナ禍で日本側研究者が現地へ渡航できない状況に置かれながらも、オンライン会議等を通じた両国間の緊密なやり取りや、実現可能な育種目標の設定、ミャンマー側研究者による貢献等により、現地における活動も滞りなく進められており、この点は高く評価できる。

科学技術の発展性の観点からは、深水イネの節間伸長性の分子メカニズムの解明をはじめ、耐虫性や耐塩性といったイネの環境ストレスに関する研究において、科学的意義の高い研究成果を得ている。また、ミャンマーのイネコアコレクションについて実施しているGWAS (Genome Wide Association Study) 等の解析結果も、今後重要なイネの遺伝資源情報となると考えられる。ミャンマーの稲作農家が抱える現場の問題解決という観点からは、今後の研究活動の方向性についてさらなる検討が必要ではあるものの、プロジェクト後半において新たな研究成果が期待される。

マーカー育種や戻し交配法などの育種技術は、ミャンマー側に着実に移転されている。また、相手国研究機関である農業畜産灌漑省農業研究局 (Department of Agricultural Research、以下「DAR」) において、イネの育種を担当する部署が設けられるなど、持続的な研究活動に向けた進展も見られる。それをより確実なものとするため、プロジェクト後半においては相手国内、および日本国内において人材育成が進められることを期待したい。

#### 4-1. 国際共同研究の進捗状況について

研究題目1では、DARにおいて世代促進と戻し交配、およびマーカー選抜のための環境整備が進められた。具体的には、短日処理用暗室および暗幕被覆室の整備、温湯除雄と真空ポンプ除雄を併用した戻し交配実験の環境整備、供与機材であるDNA解析装置一式の整備などを行った。コロナ禍の影響を受け、2020年3月以降の育種選抜は日本人研究者が遠隔で指導を行い、ミャンマーの研究者独自で実施されているが、このような制約下でも概ね計画通りに進んでいることから、相手国研究者に対するマーカー選抜技術の移転は着実に進められたと評価できる。

また、品種開発のための基礎研究として、日本国内において耐水性や耐虫性に関する研究が進められ、これまでに17報の原著論文が公表された。特に、イネの節間伸長性の分子メカニズムの解明および伸長性の制御に関わる遺伝子 (*ACE1*、*BCE1*) 同定に関する研究成果がNature誌にて発表されたことは、科学的なインパクトの高い成果として評価できる。さらに、ミャンマー遺伝資源の評価と利用においては、ミャンマーのイネ遺伝資源から選定した約500系統のコアコレクションについて出穂期、農業・形態形質、冠水耐性、耐病性の評価を行うとともに、それらが、インディカ、アロマティック、ジャポニカの3集団に分類できることを明らかにした。また、インディカに属する約250系統については出穂期などから、さらに8つの小集団に分類するとともに、全ゲノム配列の解読およびGWAS解析を進め、一定の知見が得られている。

研究題目2では、農業気象条件の異なる3つの地域から受容親となるイネ品種 (Paw Sam Hmwe

(PSH)、Inn Ma Yebaw (IMY)、Mote Soe Ma Ka Kyay (MSMKK) ) を選定し、早生や収量性といった育種目標に基づき、有望系統の開発に向けた交配を進めている。コロナ禍の影響を受けながらも、2020年モンスーン期（6月～11月頃）にはBC2F4まで得られている。なお、プロジェクト開始当初においては、選抜した3品種それぞれについて、少なくとも1系統を品種登録に向けて開発するとしていたが、MSMKKは地域特異性の高い品種であるために改良すべき特性を見出し、均一的な集団を得るのに時間を要すると想定されたため、品種登録へ向けた戻し交雑親からは外す判断を取った。加えて、育種目標に軽重を付け、早生性など重要な特性の改良を急ぐよう育種戦略を立て直した。これらの判断は、コロナ禍における実施体制の縮小等に対応する措置として賢明な判断であったと評価できる。

研究題目3においては、研究題目2で得られた有望系統について、DARの3つの地方農場（ミヤウミヤ、テゴン、アウンバン）において現地適応性試験を実施する予定としている。当初は、2020年度以降の試験開始を予定していたが、コロナ禍の影響を受け、地方農場における有望系統の適応性試験の実現にはいたっていない。プロジェクト後半においては地方農場との連携体制を確保し、現地適応性試験を経て、現地の農業環境に適応する有望品種が得られることが期待される。

#### 4-2. 国際共同研究の実施体制について

日本側では、九州大学と名古屋大学、岡山大学が優れた連携体制の下、それぞれの担当する研究活動を進めている。各研究題目の活動について、自主性を尊重しながら、プロジェクト全体としての統括もとれており、このような実施体制が多数の学術的成果に繋がっていると考えられる。

ミャンマー側では、DAR内にRice Genome Breeding in Myanmar（以下「RGBM」）ユニットが設けられ、総勢23名で本プロジェクトの研究を実施する体制を取っている。研究代表者は2019年12月までJICAの別プロジェクト<sup>1</sup>の専門家としてミャンマーに長期滞在しており、研究代表者自ら相手国側の指導に当たったこと、また、日本で学位を取得した研究者がプロジェクト活動に参画していることが、スムーズなプロジェクト開始とその後の進展につながったと考えられる。プロジェクト開始当初から、両国の研究者による定例的な会議は約60回に及び、これに加えて20回以上の技術的な打合せも行うなど、両国の研究者がよく連携してプロジェクトを推進していると判断できる。

2020年3月以降はコロナ禍の影響を受け、日本側研究者が現地に渡航できず、RGBMにおける実働人数も半数の10名程度となるなど、活動の縮小を余儀なくされた。しかし、そのような状況下においても研究代表者が中心となり、オンライン会議等を通じて相手国との情報共有および指導を行い、ミャンマー側の研究者もそれぞれの活動を進めており、相手国における活動が滞り無く進められている点は高く評価できる。

---

<sup>1</sup> 「イエジン農業 大学能力向上プロジェクト(2015-2020)」

他方、2021年2月に発生した軍事クーデターにより、今後プロジェクトの運営体制や人材育成、試料のやり取りにさらなる影響が生じることが懸念される。今後も渡航制限や研究実施上の制約が継続する最悪の事態を想定し、研究計画や運営体制を精査することを求める。

なお、本プロジェクトで供与予定であった機材については2020年度までに概ね導入が完了し、DARの予算によりコンクリート水田の設置やグリーンハウスの補修等、現地圃場の整備も着実に実施されている。今後、供与された機材等が相手国の研究者によって持続的に活用されることを期待する。

### 4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

前述のとおり、深水耐性のあるイネの節間伸長の制御に関する遺伝子を同定し、節間伸長に関する分子メカニズムを解明したこと、また、その成果が国際的に高名なNature誌で公表されたことは科学的インパクトの大きい成果として評価できる。加えて、本プロジェクトはトビイロウンカなど虫害をはじめ、鳥害、塩害などイネの生物的・非生物的ストレスに対する耐性および抵抗性の研究においても優れた学術的成果を上げており、これらの汎用性のある基盤的な研究成果は、ミャンマーのみならず我が国やアジア諸国の稲作収量の安定化に大きく貢献しうると考えられる。また、ミャンマーのイネコアコレクションについて実施している全ゲノム配列の解読、およびGWASの結果は、今後取りまとめられ、公表されることによって国際的に重要なイネ遺伝資源情報となることが期待される。

さらに、上記の研究成果に基づき同定された有用遺伝子を導入し、開発される育種系統は、ミャンマー国内外における今後のイネ育種において有用な育種材料になると期待される。一方で、現在設定されている育種目標は日本側の知見および既知の材料を優先して設定されているようにも見うけられ、今後は相手国の環境条件等も精査した上で個々の育種目標について検討いただきたい。また、ミャンマー国外における開発系統の適応性およびそのインパクトに関しては、研究題目3においてベトナムの先行SATREPSプロジェクト<sup>2</sup>で開発された有望系統がミャンマーでは有望性を示さなかったという結果が示されたことから、より慎重な判断が求められる。

相手国研究機関であるDARIにおいて先行して実施されたJICAプロジェクト<sup>3</sup>の終了時評価では、保存遺伝資源の活用が課題として挙げられていた。本プロジェクトは育種システムの強化に焦点を置いたものであり、本プロジェクトによって相手国に技術移転がなされ、ミャンマーの遺伝資源に関する新たな知見が得られることなどを通じて、ミャンマー国内の遺伝資源の利用が活発化されることが期待される。

一方で、日本人人材の育成に関しては、助教レベルの研究者が主要な活動を担当し、国際共同研究の経験を積んでいる反面、博士課程の研究者の参画が少なく、日本人若手研究者の育成においては特筆すべき成果は見られなかった。今後はより多くの若手研究者を取り込み、その育成に

<sup>2</sup> 平成22年採択「ベトナム北部中山間地域に適応した作物品種開発（2010-2015）」

<sup>3</sup> 「ミャンマーシードバンク計画（1997-2002）」

取り組むことが求められる。

#### 4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込み

コロナ禍で受け入れ時期に若干の遅れは生じたものの、これまでにミャンマー側から計4名の留学生を九州大学および協力機関である佐賀大学に受け入れ、2021年4月から名古屋大学にて1名の受け入れを予定している。また、短期研修生としてもこれまでに6名が日本で技術研修を受けており、相手国若手研究者の人材育成や人的交流の構築は着実に進められている。また、ミャンマー側においては、2021年1月にはDARにおいてRice Research Centerが正式な部署となり、プロジェクトに参画する若手の研究者も当該センター専任の研究者として位置付けられた。

ミャンマーの在来品種に関して、本課題を通じて得られた知見は、今後の育種において重要な基礎情報となり得るものである。しかし、現時点ではミャンマー側との共著論文やミャンマー側からの学会発表の成果が少なく、加えてプロジェクト終了後も新しい育種システムを利用したイネ育種が安定して持続的に実施されるかについても懸念が残る。今後の品種育種研究の持続性の観点からは、相手国若手研究者の人材育成如何にかかっていると思われ、本プロジェクトの活動を通じて、ミャンマー側において有能な育種研究者が育成され、彼らによって自律的な研究が続けられることを期待したい。

加えて、開発した品種や有望系統を現行品種に替わるものとして普及するには、実際に現地の栽培環境へ導入する筋道をより具体的に検討・整備することが求められる。今後は育種研究者に限らず、栽培や市場分析の専門家も交えた上で、育種の成果が農村に定着するまでの道筋が描かれることを期待したい。

#### 4-5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

1. 浮きイネの節間伸長性に関する遺伝的機構の解明など、プロジェクト前半に上げられた研究成果の科学的なインパクトとレベルの高さは認められる。しかしながら、プロジェクトで実施している一部の研究と、ミャンマーの稲作現場が有する問題との間には乖離が感じられ、例えば、稲作農家の収入向上には、食味など、消費者の受容性の検討および改善も重要になると思われる。プロジェクト後半においては、ミャンマーの稲作現場が抱えている問題を把握し、それに基づいた育種研究の展開が望まれる。
2. コロナ禍に加え、今後は2021年2月の軍事クーデターがプロジェクトの運営に影響を及ぼしてくると予想される。今後も渡航制限が長期間に渡って継続することを想定し、研究計画や運営体制を再度精査していただきたい。また、ミャンマーやASEAN諸国のイネゲノム育種ネットワークの形成に向けたゲノム情報やマーカー情報及びそれらの研究手法の移築に向けた活動についても、オンライン会議等を活用し、許容される条件の中で取り組んでいただ

きたい。

3. ミャンマー側がプロジェクト終了後に持続的に研究を進めることができるような体制の整備を推進していただきたい。機材整備や分析技術の移転と日常的な分析の継続には研究者の人材育成に加え、分析技術者に対する技術習得や機器のメンテナンス技術の移転も重要である。
4. 品種登録への道筋の具体化には、DAR だけでなく、農業畜産灌漑省およびその関係局（イェジン農業大学、農業計画局等）や種苗会社、JICA 農業関連プロジェクト等との密接な協力が重要であり、プロジェクト後半ではこれらの関係機関と十分に連携を図り、プロジェクトで開発する系統の品種化を実現していただきたい。
5. ミャンマーや、成果の普及が期待される ASEAN の他地域の自然環境や栽培環境に関する情報とその評価は十分でなく、それらを十分行ってからイネの育種と系統開発は進められることが求められる。また、近年、ミャンマー政府の関心は中国の影響を受けてハイブリット米に傾いており、その影響も含め、現地の情勢を考慮した検討をお願いしたい。

以上

## 成果目標シート

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～2023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"> <li>■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</li> <li>■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</li> </ul>
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"> <li>■科学論文の作成</li> <li>■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</li> </ul>

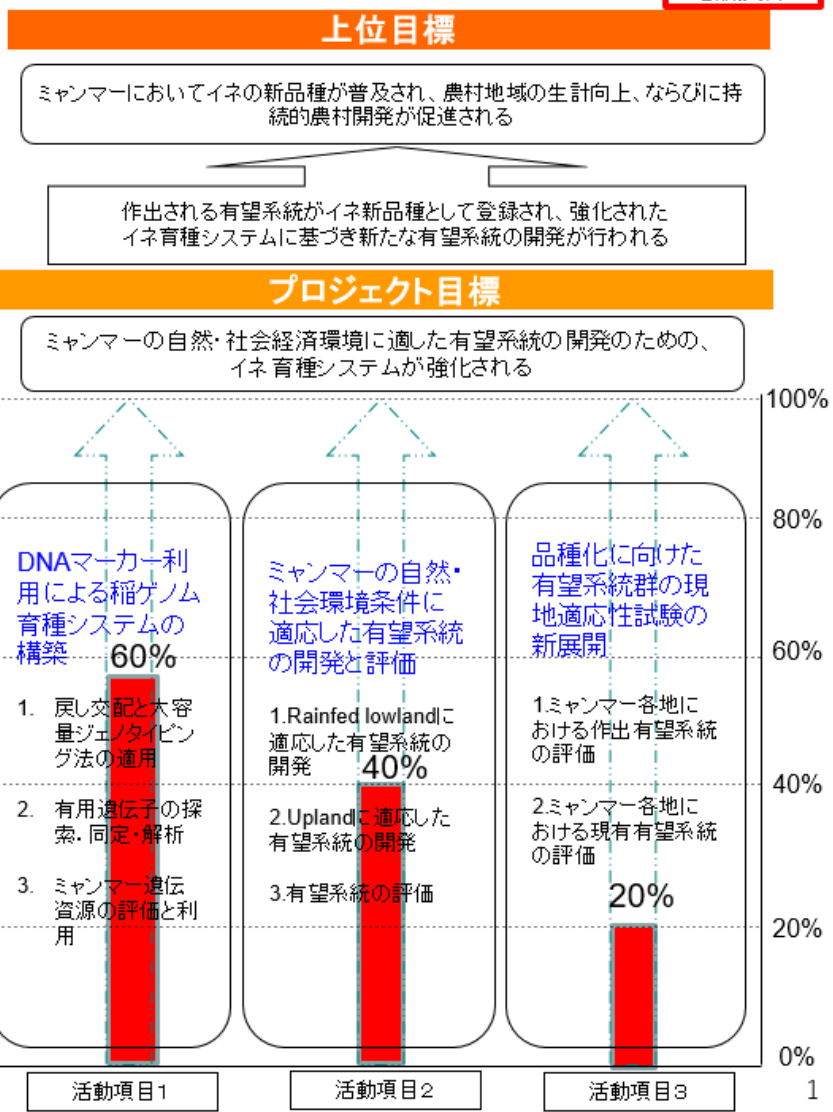


図1 成果目標シートと達成状況(2021年2月時点)