

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「生物資源分野」

研究課題名「肥沃度センシング技術と養分欠乏耐性系統の開発を
統合したアフリカ稲作における養分利用効率の飛躍的向上」

採択年度：平成 28 年度/研究期間：5 年/相手国名：マダガスカル

終了報告書

国際共同研究期間*1

平成 29 年 5 月 16 日から令和 4 年 9 月 30 日まで

JST 側研究期間*2

平成 28 年 6 月 1 日から令和 4 年 9 月 30 日まで

(正式契約移行日 平成 29 年 4 月 1 日)

*1 R/D に基づいた協力期間 (JICA ナレッジサイト等参照)

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JST との正式契約に定めた該年度末

研究代表者：辻本 泰弘

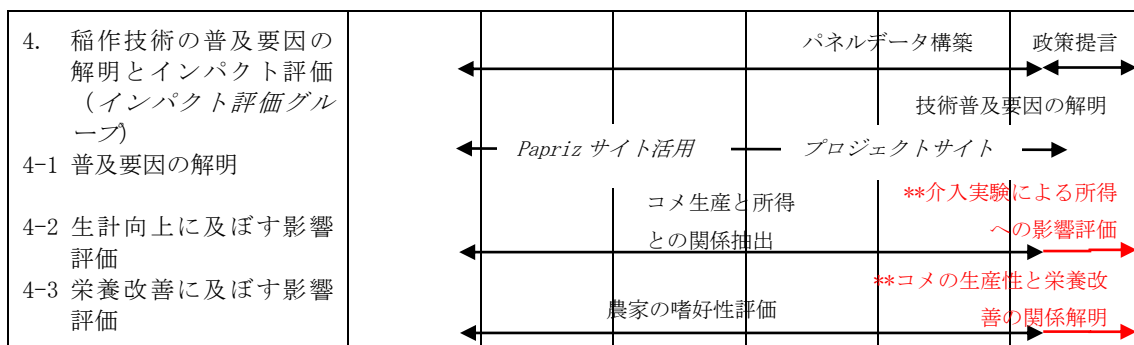
国際農林水産業研究センター生産環境・畜産領域・プロジェクトリーダー

I. 国際共同研究の内容 (公開)

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール(実績)

研究題目・活動	2016年度 (10ヶ月)	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度 (18ヶ月)
1. 圃場養分特性の簡易評価法の開発と分布域の把握 (養分特性評価グループ)						
1-1 土壌炭素量 (SOC) の簡易評価法開発と分布域把握		*SOC 簡易評価法の開発と分布図の作成				
1-2 養分欠乏 (P, S, Si) の評価法開発と分布域把握		土壌評価法と分光反射特性の抽出		*養分欠乏分布情報の作成		
1-3 圃場養分特性の簡易評価技術の開発		養分特性の簡易評価技術の確立				
		技術マニュアル作成とワークショップ開催				
2. 養分の吸収利用に優れた育種素材の開発 (育種素材開発グループ)						
2-1 新規のQTLおよびDNAマーカー作出		新規 QTL、DNA マーカーの作出				
2-2 QTL導入・集積系統の作出、圃場評価、および品種候補の選定		QTL 導入・集積系統の作出				品種登録候補
2-3 養分利用効率に関する候補遺伝子の特定と機能解明		候補遺伝子の特定			機能解明	
3. 施肥と育種素材を統合した養分利用に優れた局所管理技術の開発 (栽培技術開発グループ)						
3-1 肥料資材の施用効果の解明		肥料資材データベース		施肥効果の短中期予測		継続
3-2 養分欠乏に応じた施肥技術の開発		養分欠乏に応じた施肥技術開発				実証試験
3-3 遺伝型と施肥技術の相互作用解明		$G \times E \times M$ の相互作用解析				
					品種を含む局所管理技術の提案	



(2) 中間評価での指摘事項への対応

4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

- マダガスカルの若手研究者の育成は着実に行われている。マダガスカルにおける研究者の雇用が確実になされれば、日本側との長期的共同研究が継続することが大いに期待できる。しかし、現状では、マダガスカル研究機関での研究者の雇用が安定しないことが懸念され、このままでは機関レベルでの人的交流の持続性が危ぶまれる。

【回答】交配、遺伝型調査、圃場選抜、品種登録試験など、イネ育種素材の開発に関わる一連の課題を担ってきた FOFIFA の若手研究者の雇用確保がプロジェクト終了後の大きな懸念事項として残っている。中間評価以降、農業畜産大臣宛の嘆願書提出や JCC 議事録への記載他、12 回にわたる大臣、事務次官への直接交渉など、本雇用問題の解決を模索した。農業畜産省は問題を十分に認識し、雇用が承認された際には最優先で同人員の確保を約束しているものの、雇用の決定権は大統領府にあること、また、新型コロナ対策コストの影響を受けて過去 2 年間にわたり公務員の新規雇用が停止されている状況であることから、現在まで解決に至らなかった。2022 年 5 月の直近の事務次官との交渉においては、農業畜産省から大統領府への公務員雇用の要望を挙げており、2022 年 9 月に予定するプロジェクトの終了式典において進展を報告したいとの回答であった。しかしながら、終了式典時点で雇用問題に関する解決には至らなかった。研究代表の辻本が、農業畜産省事務次官、JICA マダガスカル事務所、および日本大使館に対して、同問題の解決に引き続き協力して欲しい旨、要望した。一方で、本プロジェクトで構築したマダガスカル側との国際共同研究実績を基軸として、国際農研の交付金プロジェクトや派生的な外部資金課題を数多く獲得しており、永続的ではないものの、上記人材の雇用を含めて、共同研究体制を途切れさせない措置を取ることができた。

- 今後の持続性をより強固にするため、JICA の関連プロジェクトをはじめ、世界銀行、フランス国際農業開発研究センター (CIRAD) などマダガスカルの稲作振興に関係する複数のドナーとの連携を強化して、本プロジェクトで開発された技術を協働して現地に普及させることが必要である。

【回答】「III 社会実装」の項目に後述するように、JICA 技術協力プロジェクトや民間肥料会社との連携を通して、本プロジェクトで得られた知見や技術を継続して普及展開する基盤を構築することができた。また、CIRAD とは研究題目 2 の派生課題として実施した亜鉛強化米の系統選抜に関して共同論文を公表した。FAO とも連携を模索している。世界銀行等、より大きなドナーからの支援を受けたスケールアップは今後の課題として残る。

4-5. 今後の課題・今後の研究者に対する要望事項

- P-dipping 法については小規模農家の技術として普及の可能性があるが、根の肥料焼けの問題の解決や、適用できる土壌の種類を明らかにすることが重要であり、幅広い応用を踏まえた検討をお願いする。さらに、適応幅拡大 (イネ機械移植用育苗、野菜苗育苗) のため、育苗時の根圏土壌の形状に注目した研究への展開に期待する。

【回答】P-dipping の施肥効果を確保しながら、かつ肥料焼けを回避するために、①浸漬り

ン濃度は 1.8%~2.6%で浸漬時間は 2 時間以内が望ましいこと (Oo et al., 2020)、②同じ浸漬リン濃度であっても、移植後の気温が高い場合に肥料焼けが生じやすいこと (Oo and Tsujimoto, under review) を明らかにした。土壌特性との相互作用については、通常の施肥法ではリン施肥の効果が得られにくいリン吸着能の高い土壌でも、P-dipping を施すことで高い施肥効果が期待できることを明らかにした (Oo et al., 2021)。また、対象地域に分布する 312 農家圃場でのパイロット実験の結果において、P-dipping の増収効果に影響を与える特定の土壌特性は検出されておらず、リン欠乏でイネ収量が制限される圃場であれば、同技術が幅広い土壌条件に適応可能であることを示した。いずれも、研究題目 3 の達成状況にデータの詳細を記載した。機械移植や野菜栽培への拡大は、今後の課題である。

- 品種登録のための有望系統の圃場評価試験を実施し、プロジェクト終了までに品種登録を確実に実施することをお願いしたい。また、新規育成系統の評価に際しては、主要な改良目標に対応した土壌 N, P, S の供給能の異なる圃場の選択に留意していただきたい。

【回答】中間評価後、農業畜産省種子管理委員会(SOC)の指導による 3 作期 18 地点での生産力試験と 4 集落 412 農家を対象とした食味試験を経て、2021 年 11 月 4 日に、マダガスカルの水稻新品種として 2 品種 (FyVary32 と FyVary85) を正式登録することができた。これら新品種について、N, P, S 欠乏毎の形質評価は未着手であるものの、FyVary85 は、農家圃場での生産力試験の結果から、平均収量の低い無施肥条件、すなわち養分の乏しい環境において、X265 に対する収量の優位性が特に高いことが示されている。一方で、分けつ数を増やす QTL=MP3 はリン欠乏条件で増収効果をもつ可能性があること、新規 QTL の qLFT5 と qLFT11 は、リンないし窒素の欠乏条件で根の伸長を促すこと (Tanaka et al., 2022) など、ポットでの制御実験によって、遺伝育種素材の養分毎の応答についても知見を蓄積することができた。

- 穂数(籾数)を増大させた系統は登熟歩合が低下しやすい遺伝的・生理的な特性を持つことが多い。これまで注目された籾数を増強した系統はトレードオフにより登熟歩合が低下し、籾数増加が収量増加に結び付きにくいことが明らかになっている。籾数増加を収量増加に結びつけるためには、生育後半におけるソース能の改良が重要であり、品種の光合成能、N の供給、登熟期の日射量などを考慮した戦略の検討をお願いしたい。

【回答】マダガスカルの農家圃場で実験を繰り返した結果、多収品種タカナリに MP3 を導入した系統 NIL-MP3 について、12 のうち 3 つの栽培環境で有意な増収効果が得られた。一方で、ご指摘の通り、登熟歩合の低下など収量構成要素間のトレードオフにより、籾数の増加が必ずしも増収に繋がらないことが多かった。その要因として籾数増に対するソース不足以外に、気温や光周性等で、背景としたタカナリが現地環境に適応していない可能性が考えられた。そこで、マダガスカル主力品種 X265 に MP3 を導入した NIL の育成を進めた。X265 は、現地環境への適応性が担保されているとともに、タカナリに比べて茎葉部のバイオマス生産が大きい、すなわち MP3 導入による増加籾を満たす十分なソース能を有することが期待される。この仮説について、X265 背景でゲノム編集技術によって作出した MP3 候補遺伝子のインフレーム突然変異体が、マダガスカルの現地圃場を模したリン欠乏条件でのポット試験において、登熟歩合の低下が小さく、籾数増加が増収につながったという事前検証結果が得られている(研究題目 2 の達成状況に詳細)。X265 を背景とした NIL が完成した後、栽培時期(登熟期の日射量)や施肥条件(例えば穂肥を増やすなど)を変えながら、籾数増加を増収に結び付けられる条件を解明する。

- 土壌の簡易分析手法、特に土壌 N 推定法(オキシドール法の改良)、土壌 C・P 迅速推定法の実用化と技術マニュアルの作成を行い、マダガスカルにおける技術の持続性を担保していただきたい。

【回答】土壌の分光スペクトルを用いた土壌の有機態炭素含量と酸性シュウ酸塩抽出リン含量の迅速推定法や、乾燥した土壌の含水比を用いた土壌リン吸着能の簡易推定法についての技術マニュアルを作成した。また、2022年4月29日にマダガスカルのアンタナナリボ大学放射線研究所（LRI）で、研究題目1で開発した土壌簡易分析法を受益者である農業技術普及員や農業研究機関の技官らに受け渡すことを目的としたワークショップを開催した。さらに、LRIのホームページにもマニュアルを掲載し、誰もが容易にアクセスできるようにした。オキシドール法の改良として、カーボン極を用いた電気伝導度の連続測定による土壌全窒素含量の推定も試みてきたが、予備試験の段階であり、同改良手法の公表は今後の課題として残る。

- また、プロジェクト期間中に土壌Sとケイ酸の簡易分析手法の開発も期待したい。

【回答】中間評価報告書に記載の通り、対象地域に分布する農家圃場での養分欠如試験の結果において、窒素、リン、および硫黄の肥料成分を除いた場合の減収率の平均値±標準偏差が、それぞれ16±15%、17±19%、および1±13%となり、イネ生産における硫黄欠乏の問題は小さいことが分かった。そのため、本プロジェクトにおいては、窒素とリンの欠乏に焦点を当て、当初想定していた硫黄欠乏の簡易評価法については取り組まないこととした。また、マダガスカルの農家圃場で連携して実施した科研費課題において、シリカゲル（ケイ素）と窒素施肥の両方を施用することで、窒素のみの施用に比べて、陸稲で20%、水稲で7%、収量が有意に増加すること、また、これまでケイ素欠乏の指標として利用されてきた稲わらのケイ素濃度は、調整が容易な稲籾のケイ素濃度で代替できる可能性を示した。

- さらに、簡易土壌診断に基づく収量向上技術（有機質肥料施用、品種の選択、P-dippingなど）の総合的な栽培改善マニュアルの作成を期待する。

【回答】有機質肥料資材、P-dipping、簡易土壌診断手法のマニュアルおよび水稲新品種のカタログを作成し、JICA技プロPaprizなどを通じた普及活動での利用を開始した。また、これらのマニュアルは相手国機関のFOFIFAやLRIのWebサイトにも掲載、無償でアクセスできるようにした。

- 本プロジェクトは、プロジェクト目標ならびに上位目標ともに、稲作の生産性向上を目指しており、農家の生計向上には触れていない。また研究題目4の主眼は、学術的な知見にあるように見受けられ、そのこと自体を否定するつもりはなく、むしろ期待するところであるが、さらに研究題目1~3の成果をふまえ、農業セクターにおける実行可能な政策提言にもつながることを期待したい。

【回答】普及の促進要因として、農民トレーナー同士の学び合い、補完的な農家（コミュニティ内のリーダーとコミュニティ外への発信者）への働きかけが重要であることを示した。社会実験調査では、圃場の肥沃度情報に応じた施肥行動の変化が観察され、研究題目1で開発された簡易土壌診断法が施肥技術とイネ収量の改善に貢献する可能性が示唆された。また、稲作の生産性向上と作付多様化が、自家消費と栄養価の高い食品群の購入量の増加を介してカロリーおよび微量栄養素の摂取量改善に貢献することが示唆された。これらの成果を政策提言案にまとめ、2021年のJCCで発表するとともに、3点目の農業生産と栄養との関係に関する知見は、JICA技プロPASANに反映させることができた。

- JICAの関連プロジェクト（PaprizⅢ）との連携など効果的技術普及び推進方法の実証とそれに基づく政策提言を期待したい。

【回答】上述の通り、農家間の技術伝達を効率的に実施するためには、農民トレーナー同士の学び合いと補完的な農家（コミュニティ内リーダーとコミュニティ外への発信者）への技術伝達が重要であることを指摘した。また、農民トレーナーの対象農家の研修に対する動機づけを自律的にするために、現地農業局の接触回数を増やし、技術の理解度を高める必要があることを示した。これらの示唆はPapriz担当者たちとも共有され、今後の活動

に活用していくことが検討された。

- さらに、アフリカの他の地域での適用や、他の有効技術・他の制約条件との関係をも明らかにして、技術の一般化を進めることをお願いしたい。

【回答】分光スペクトルを用いた土壌の迅速評価技術については、マダガスカル中央高地の風化土壌を対象として開発された技術であることに留意し、同様に風化が進み、有機物含量に乏しい貧栄養な土壌が卓越する西・中部・東アフリカ地域において広く適用可能と推察される。一方で、土壌理化学性が大きく異なる砂質土壌や火山性土壌などは対象としていないため、適用可能性については追加の検証が必要である。安価な色彩計による土色測定に関して、手法の精度などについてはどの試料にも適用できるが、色変数と土壌特性値の関係については、試料毎の検証が必要である。リン浸漬処理技術については、ワークショップや2021年4月に発行された「JICA アフリカ稲作技術マニュアル-CARD10年の実践」へ掲載など、その他の地域での利活用を促すための情報発信に努めた。また、水稲新品種について、第3国での試験利用に向けて、AfricaRice等との情報交換を開始した。

(3) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

- COVID-19によるマダガスカル国内の移動制限や日本側研究者の渡航制限の影響から、(1)研究の主なスケジュール(実績)に赤字で示した課題について、活動期間を延長することとした。合わせて、プロジェクト期間を2022年9月30日まで約4か月延長することに双方合意し、2021年10月12日に開催した第5回JCCでR/D変更文書に署名した。
- 予算の都合上、主担当である特別研究員の継続的雇用が難しくなり、研究題目2-1におけるQTL集積システムの作出までは着手しないこととした。
- 研究題目3において、有望な施肥技術としてリン浸漬処理の開発と実証が予定より早く進捗した。そこで、第4回JCCでPDMのプロジェクト目標値を新たに加え(上方修正)、JICAからの追加予算を受けて、プロジェクト期間中に同技術の普及に向けた活動を前倒しで展開した。

2. プロジェクト成果目標の達成状況とインパクト (公開)

(1) プロジェクト全体

・プロジェクト全体のねらい

本研究では、サブサハラ最大のコメ生産国であるマダガスカルを実践例として、熱帯の風化土壌にみられるさまざまな養分欠乏に応じた施肥技術と養分利用に優れたイネの育種素材を組み合わせることで、肥料投入が限られた地域のイネの収量と施肥効率を大幅に改善するための栽培管理技術を開発することを目的とした。上位目標として、相手国代表機関のマダガスカル農業畜産省が、官民の肥料会社および種子セクターと連携して、開発された技術の普及を推進していくことにより、同国の稲作の高収量安定化と農家の所得向上に貢献することを設定した。

本研究は、圃場の養分特性に応じた効率的な施肥技術に加えて、これまでイネの品種開発で見落とされてきた、養分欠乏下で働く在来遺伝資源の実用化への道筋を示す画期的な取り組みである。こうした施肥技術と遺伝資源の活用は、低投入・低肥沃度環境にある作物生産に寄与するのみならず、肥料資源の枯渇や生育不適地への農地拡大など、今後、世界の農業が直面する地球規模課題に対して、ますます重要な役割を果たすと考えられる。本研究の成果が、その基盤的取り組みとして国際的に評価されるとともに、資源多投型農業から資源利用効率に優れた持続的農業へのパラダイムシフトに向けた研究開発の活性化に繋がることをねらった。

さらに、本研究活動を通して、低投入・低肥沃度環境におかれたマダガスカルにマーカ一選抜育種システムや長期連用試験圃場などの現地分析拠点を確立するほか、両国の若手人材の育成と研究ネットワークの強化を促すことで、「食料安全保障」や「持続的農業の推進」

など、国連開発目標（SDGs）にも掲げられた地球規模課題に対する意識と技術を共有し、プロジェクト終了後もこれらの研究分野をリードしていくための質の高い国際共同研究体制を構築することを目指した。

・成果目標の達成状況とインパクト等（地球規模課題解決に資する重要性、科学技術・学術上の獨創性・新規性を含む）

各研究題目の成果達成状況の詳細は後述の通りであるが、全体として特筆すべき成果およびインパクトとして以下の点が挙げられる。

研究題目 1 では、これまでに土壌の炭素、リン、窒素およびその他の特性に関わる迅速評価法の原著論文を 10 報公表した。うち、実用性が高いと考えられた 3 つの評価法について、技術マニュアルを作成して LRI の Web サイトに公開するとともに、農村集落でのデモンストラーションと対象県の県農業普及員や研究機関の技官向けのワークショップを開催するなど、受益者への技術伝達を進めた。特に、携帯型ハイパースペクトルセンサーで得られた分光データから、土壌中のリン供給能に関連する波長を明らかにし、土地利用の異なる土壌でも高い精度でリン供給能を迅速推定できるモデルに発展させた成果は新規性が高く、土壌のリン欠乏程度に応じた土地利用や肥培管理を実践する上で重要な内容である。また、これらの迅速評価技術を活用して、対象地域の水田圃場群にみられる土壌の炭素量・リン含量の空間分布図を作成した。これら一連の成果により、PDM の達成指標とした「Soil and spectral analytical methods that are applicable to the rice fields in the target area are established」、「Inter-field scale maps for the fertilizer application are developed」、「The developed evaluation methods are transferred to at least 20% of extension service in the target regions of Madagascar.」を概ね達成することができた。

研究題目 2 では、「養分欠乏環境でも生産性に優れたイネ系統の育成」に対して、2021 年 11 月 4 日に、マダガスカルの水稲新品種として 2 品種（FyVary32 と FyVary85）の登録に成功した。本成果は、同課題の目標値とした「2 系統以上の品種登録候補の選定」のみならず、PDM の上位目標として掲げた「Developed breeding materials are officially released as varieties in Madagascar」を大幅に前倒して達成するものである。水稲新品種のリリースは国内外のメディアに取り上げられ、2022 年 5 月にマダガスカル大統領にもその成果を紹介する機会を得た。また、同新品種は、リン酸吸収を増大させる Pup1 遺伝子座（染色体領域）や在来のアウスイネ DJ123 を遺伝資源として利用したものであり、プロジェクトのねらいとした「これまでイネの品種開発で見落とされてきた、養分欠乏下で働く在来遺伝資源の実用化への道筋を示す」画期的な成果といえる。Pup1 遺伝子座を用いた世界初の品種であり、材料を提供した国際稲研究所 IRRI から本成果に対する謝意が寄せられた。

研究題目 2 では、マダガスカルや国内の圃場試験・温室実験をもとに、養分欠乏環境でのイネ育種に資する新規の QTL とドナーの検出、および DNA マーカーの開発も進め、PDM のその他の目標値も概ね達成した。一方で、イネの養分利用効率向上に寄与する 2 つ以上の候補遺伝子の機能解明については、硫黄欠乏耐性やリン欠乏耐性に関わるいくつかの候補遺伝子の絞り込み、ならびに、リン欠乏条件での増穂 QTL-MP3 の優位性とその分子制御機構の解明といった新規性の高いデータを獲得したが、現時点で、インパクトのある論文としての公表には至っていない。

研究題目 3 では、少量のリン肥料を混ぜた泥を苗の根に付着させてから移植するリン浸漬処理技術を早期に開発、プレスリリースを行った。さらに、PDM の目標値を追加修正することで、312 点の農家圃場でのパイロット実験を行い農家の栽培管理条件での効果を明らかにするとともに、農業畜産省普及員、JICA 技プロ、民間肥料会社と連携して 3,000 以上の農家への普及を実現した。これは、プロジェクト目標の 4 つ目の指標「Developed fertilizer management practice(s) are tested >500 farmers' fields, and the factors of farmers' adoption and effect under farmers' management practices are identified」だけでなく、上位目標のもう一つの指標「Developed breeding materials and/or fertilizer management practices are used by 500 or more farmers in the target area」に対応する成果といえる。また、同技術が、通常の表層施肥に比べ

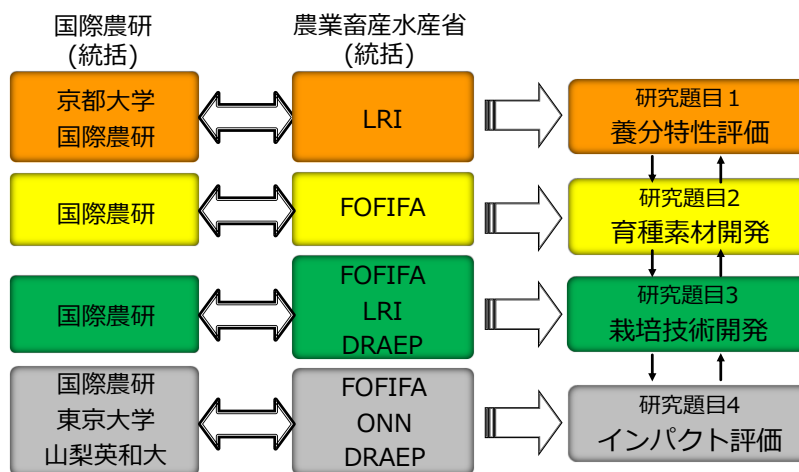
て、約 2 倍の施肥効率を実現するだけでなく、生育期間の短縮と初期生育の改善により生育後半の低温ストレスや生育初期の冠水ストレスなど、様々な環境ストレスにも有効であることを示した。全体のねらいに記載した通り、肥料投入が限られた地域のイネの収量と施肥効率を大幅に改善するのみならず、肥料資源の枯渇や生産環境の不安定化にも対応する実用的成果を挙げることができた。また、サブサハラアフリカの小規模農家に重要な自給的有機物資材 FYM の水田への施用について、リン欠乏圃場での特異的な連用効果とその作用機作の一端を明らかにした研究は、有機物資材の効率的利用を図る上で新規性と実用性を兼ね備えた重要な知見である。品種と施肥技術との相互作用の課題については、新型コロナウイルスの影響を受けたものの、浅根性のイネと組み合わせることでリン浸漬処理の効果が改善することや分げつ数を増やす QTL-MP3 の導入でリン欠乏条件での収量を改善できる可能性があることを示すなど、一定の成果を得た。

研究題目 4 においても、600 家計のパネルデータから得られた農業生産と所得および栄養に関する知見を政策提言案としてとりまとめ、第 5 回 JCC で政府および JICA 技プロ等の関係者に共有した。作付けの多様性、特にマメ科作物栽培が栄養改善に寄与するなど、一部の政策提言案については、JICA 技プロ PASAN「食と栄養改善プロジェクト」の活動に反映させることができた（表 III-1 に詳細）。また、政策提言案は新品種カタログやリン浸漬処理技術および土壌評価技術のマニュアルなどと合わせて、「プロジェクト成果シリーズ」として製本し、農業畜産省や国立栄養局などの政策実施期間を含めた関係機関と共有した。本成果は、プロジェクト目標の 2 つ目の評価指標「User manuals of developed techniques and recommendation for the extension policies are compiled」に対応する内容といえる。一方で、新型コロナウイルスの渡航停止措置の影響を受けて、農家や普及員からの情報収集や心理的欲求程度の調査など、現地での対面調査が不可欠な普及要因の解明については、必ずしも予定通りの成果や進捗が得られなかった。

2022 年 9 月 30 日時点で、マダガスカル側の筆頭著書 13 報を含む 42 報の査読付き原著論文を公表し、プロジェクト目標の 3 つ目の評価指標「Over 25 research articles including 5 top-authored ones by the Malagasy researchers related to the project outputs are published」についても数値を大幅に更新して達成することができた。

以上、個別課題では未達項目が少し残るものの、PDM でプロジェクト目標値としたすべての指標を達成し、さらに、政府機関、JICA 技プロ、民間肥料会社との連携により、リン浸漬処理技術の普及や水稻新品種のリリースなど上位目標に掲げた 2 つの指標に対応し、養分欠乏環境でのイネ生産性向上のインパクトに繋がる活動を展開した。

・研究運営体制



LRI: アンタナナリボ大学放射線研究所、FOFIFA: マダガスカル国立農村開発応用研究センター、DRAEP: 農業畜産水産省県農業局、ONN: 国立栄養局

図 1 プロジェクト実施体制の概要（京都大学は担当者の異動により高知大学に変更）

本プロジェクトは、上図の研究運営体制で実施した。農業政策に責任をもつ農業畜産省を相手国の代表機関としたため、政権交代や人事異動にともない、これまでに、相手国研究代表者である同省農業総局長が3回、JCC議長である同省事務次官が3回、同省大臣が4回交代した。しかし、新規担当者や大臣に対して、日本側の研究代表者および業務調整員が速やかに対応し、また、プロジェクトへの継続的な支援体制が省内でも醸成されたことから、運営体制に大きな混乱が生じることはなかった。研究題目2と3の相手国のグループリーダーが、定年退職により1回ずつ交代したが、それ以外は、両国ともに同じ研究者がグループリーダーを継続して努めた。また、各課題の参画研究者についても、学生や特別研究員の入れ替わりはあるものの、プロジェクト期間を通して、同等の人数・エフォートを確保しながら研究活動を推進することができた。2020年度以降は、農業畜産省県農業局の車両、施設、普及員も追加提供され、リン浸漬処理技術の普及活動のための体制も強化することができた。

・日本人人材の育成(若手、グローバル化対応)等

研究代表者の辻本は、30代前半から本プロジェクトを統括し、異分野の研究者のみならず、行政、普及員・農家などの受益者、開発プロジェクト、肥料会社などの民間企業と連携しながら、国際共同研究を円滑に運営する能力を身につけた。さらに、本プロジェクトでのリン浸漬処理技術の開発や普及に関する成果が高く評価され、第16回若手農林水産研究者表彰、第20回日本農学進歩賞、Falling Walls Award, Life Sciences, Finalists 2021 などを受賞した。また、当該分野で著名な国際誌 Field Crops Research への招待レビュー「Phosphorus management strategies to increase lowland rice yields in sub-Saharan Africa: A review」や、Plant Production Science 誌への招待レビュー「Challenges and opportunities for improving N use efficiency for rice production in sub-Saharan Africa」を公表し、後者のレビュー論文に対して、同雑誌の論文賞が授与された。East Africa Rice Conference 2021 他、国内外の学会、セミナー、ワークショップへも数多く招待されるなど、本プロジェクトを通して、サブサハラアフリカでのイネ生産性向上に関する研究をリードする研究者としての認知度を高めた。

参画する日本側の若手研究者のうち、特別研究員として参画した西垣は、2019年度の国際科学技術財団研究助成に採択された他、つくばサイエンス・アカデミー主催のテクノロジー・ショーケースでのベスト異分野交流賞や所属学会の優秀発表賞を受賞した。さらに、本プロジェクトでの活躍が評価され、2019年10月から国際農研の任期付研究員として採用された。その後も継続して本プロジェクトに参画し、研究題目1で得られた成果の技術マニュアル作成やワークショップ開催を主導するなど、自身の研究課題のみならず、相手国の研究者や受益者を統括した国際共同研究推進の中心的役割を担った。研究題目4に参画する東京大学博士課程の尾崎は、「社会構想をマネジメントするグローバルリーダー養成プログラム」に継続して採択され、本プロジェクトで得た成果を修士論文および学位論文にとりまとめ、2022年3月に博士号を取得した。本学位論文では、水田稲作農家による陸稲採用要因とその効果、水田と陸稲圃場での施肥効果および収益性の違い、および水田における化学肥料の効率利用のための情報提供の有用性を明らかにし、その内容は2本の原著論文と1本の国際学会に公表されている。さらに、尾崎氏は、本プロジェクトで得た農業経済の専門性や途上国の農村地域を対象に研究を推進できる能力が高く評価され、2022年4月に、国際農研の若手育成型任期付研究員として採用された。

若手研究者ではないものの、研究題目3に特別研究員として参画していたアウンゾーウーは、本プロジェクトでの業績が高く評価され、2021年4月に国際農研の主任研究員として採用され、本プロジェクトを含む途上国地域の農学的課題に取り組む研究者として活躍の場を広げた。また、国際農研の制度において、本プロジェクトと連携してマダガスカルに長期派遣された阪田特別派遣研究員は、FOFIFAとの共同研究で得た成果を原著論文に公表し、2019年に高知大学の助教として採用され、その後、国際農研とともに FOFIFA を共同研究機関とした科研費2件に継続して参加している。

・人的交流の構築(留学生、研修等)

本プロジェクト開始以前は、国際農研を含めて日本とマダガスカルとの農業開発分野での国際共同研究はほぼ皆無であった。そこで、日本側研究者の派遣やマダガスカル側研究者の短期招へいなどの人的交流を数多く実施し、研究活動を共同で推進することで短期間に強固な共同研究体制を構築した。新型コロナウイルスによる約 2 年間の渡航停止期間がある中で、計 110 回 2,635 日の日本側研究者の渡航と、計 26 回 1,020 日の相手国研究者の招聘を実現した。加えて、JICA 課題別研修(集団)「アフリカ地域稲作振興のための中核的農学研究者の育成」にも、中断期間を除き、毎年、プロジェクトから推薦し、FOFIFA の若手研究者のべ 10 名を参加させた。

さらに、マダガスカル側の自助的な投入を受けながら、FOFIFA にはマダガスカルで初めての温湯除雄法によるイネの交配施設とマーカー選抜育種を可能にする遺伝解析施設、LRI には、土壌・植物分析のためのリモセン・土壌ラボを構築した。活発な人材交流を活かしながら、導入した機器の利用法に関する技術移転も進め、相手国の研究基盤を早期に強化できた点は、その後のプロジェクト課題の推進、新型コロナへの対応において重要な役割を果たした。

マダガスカル側の若手研究者や大学院生も、各自のテーマをもって研究を実施した。これまでに、アンタナナリボ大学で 7 名の修士号取得者と 3 名の博士号取得者を輩出した。うち、1 名は、2022 年 5 月に IITA (国際熱帯農業研究所) の International Recruited Staff として採用された。その他、研究題目 2、4 に参画する 5 名の研究者が、アンタナナリボ大学での博士号取得に向けた研究を継続している。また、SATREPS 推薦枠の国費留学生制度および JICA 開発大学院連携 Agri-Net プログラムに計 3 名の研究者が採択され、それぞれ東京大学、名古屋大学、東京農工大学での博士号取得に向けた研究に従事している。LRI の Andry Andriamananjara 博士が、本プロジェクトでの共同研究成果をはじめとする研究業績「マダガスカルの農業生態系における有機物動態とその作物生産における有効利用」により、2018 年度(第 12 回)若手外国人農林水産研究者表彰(農林水産省主催)を受賞し、国連大学ウ・タント国際会議場で受賞講演を行ったことは、相手国人材育成の成果事例の一つであり、その他の若手研究者のモチベーション向上につながった。LRI の Tovohery Rakotoson 博士も本プロジェクトで蓄積した業績「Addressing phosphorus deficiency in rice in Sub-Saharan Africa」が評価され、2022 年度の同賞受賞が内定した。

研究成果として、マダガスカル研究者の筆頭著書論文 13 報を含めて、マダガスカル研究者と共同での原著論文を 32 報公表した。その他、マダガスカル研究者筆頭の国際会議発表 8 件、うち 1 件は優秀発表賞を受賞した。

活発な人材交流、相手国の研究基盤の整備と若手人材の育成に加えて、数多くの研究成果を共同で発信できたことは、目標とした質の高い国際共同研究体制の構築を実現できた証左であると考えている。本プロジェクトを通して、優秀な人材育成、機材整備、研究業績などが蓄積されたことから、次の課題として、マダガスカル研究機関主導ないし単独での外部資金課題獲得など、より主体的な研究活動の発展が期待される。

研究題目 1 : 「養分特性評価グループ(リーダー: 森塚直樹)」

①研究題目 1 の当初の計画(全体計画)に対する成果目標の達成状況とインパクト

1-1. 土壌炭素量(SOC)の簡易評価法開発と分布域把握

国際農研は、マダガスカル中央高地のイネ作付け圃場から採取した土壌の室内分光スペクトル情報から、土壌炭素量(TC)を迅速かつ高精度($R^2 = 0.972$)に推定するモデルを開発した(図 1-1a、Kawamura et al., 2017, Remote Sens)。さらに、遺伝的アルゴリズムを用いて TC 推定に必要な波長領域を選択することで、安価で UAV(ドローン)にも搭載可能なマルチスペクトルカメラへの適用を可能とする汎用性の高い TC 推定モデルに応用した(図 1-1b、Kawamura et al., 2020, Remote Sens)。

LRI は、Behenjy と Antohobe の 2 つのプロジェクトサイトを対象として、ドローンで得た地形情報と農家への聞き取り調査から得た栽培管理情報を線形回帰モデルに当てはめる

ことで、圃場毎の土壤有機炭素 (SOC) の空間分布パターンに影響する要因 (標高、施肥方法、裏作作物) を解明した (Rakotonindrina, 2021, Ph.D. Dissertation)。具体的には、9.0~68.7 g kg⁻¹ の範囲にあるサンプル群に対して、標高が高い圃場、有機物質材を施用している圃場、および裏作畑栽培を行っている圃場で SOC が高いことが分かった。一方で、線形混合モデルと機械学習 (ランダムフォレスト) によって、得られた情報を説明変数としたモデルの改良を行ったが、その推定精度は 32% までしか上がらず、信頼できる分布図の作成に至らなかった。代替的アプローチとして、上述の迅速評価法による推定値を空間統計手法に適応することで、土壤炭素量の空間分布図を作成した (図 1-2)。

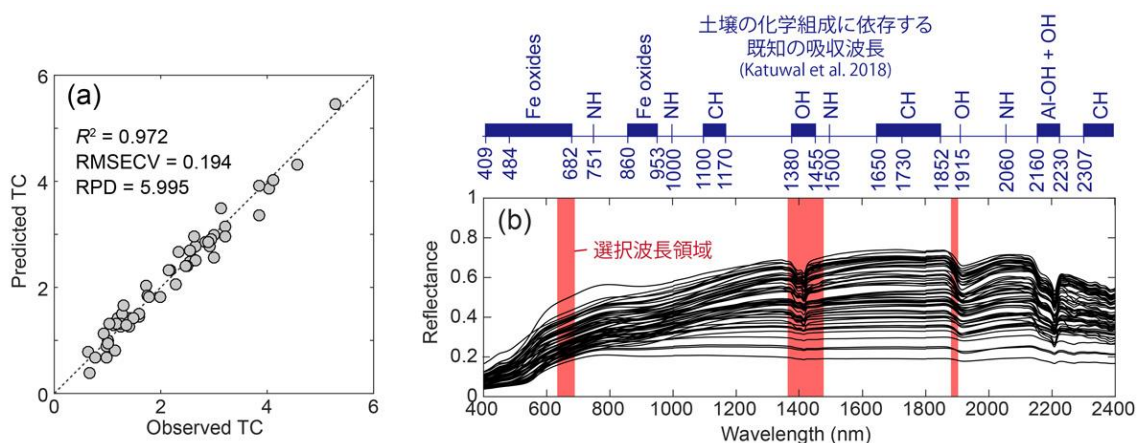


図 1-1 (a) 土壤炭素量の実測値と部分的最小二乗回帰 (PLS) モデルによる推定値の関係、(b) 土壤の分光反射スペクトルと遺伝的アルゴリズムを用いて選択した波長領域

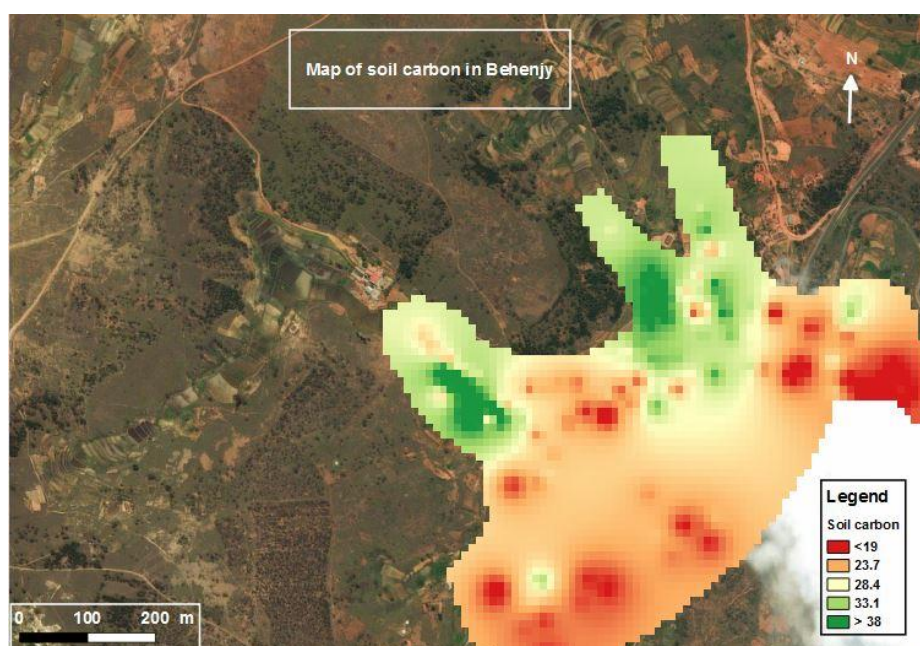


図 1-2 土壤の分光スペクトル情報による推定値を空間統計手法に適応することで作成した土壤炭素量の空間分布図 (Behenjy サイトの例、凡例の単位は g/kg)

1-2. 養分欠乏の評価法開発と分布域把握

本課題では、対象地域での主たるイネの生産制限要因であり、肥料資源の枯渇や環境負荷という観点でも効率的かつ持続的な利用が国際的に求められているリンの土壤評価に焦点を当てて活動を進めた。まず、マダガスカル中央高地に分布するイネ作付圃場では、土壌中のリンの存在量・蓄積形態が土壤型の異なる広域レベルのみならず、同一集落内の近

接する圃場間でも大きく変化しており、圃場毎のリン欠乏評価が重要であることが示された (Nishigaki et al., 2019, Plant Soil)。また、植物が利用し易い画分のリン (図 1-3 の Resin-P と $\text{NaHCO}_3\text{-Pi}$) が平均で全リン含量の 3% と極めて少なく、大部分は土壤中の活性アルミニウム・鉄と結合し植物が利用しにくい画分のリン (図 1-3 の NaOH-Pi) として存在することが分かった。さらに、これらの土壌を用いた養分欠如試験によって、イネのリン吸収には、土壌中に蓄積しているリンの量と形態に規定される土壌のリン供給能と、施肥効率を規定する土壌のリン吸着能 (活性アルミニウム・鉄含量) の双方が重要であることを明らかにした (Nishigaki et al., 2019, Plant Soil)。

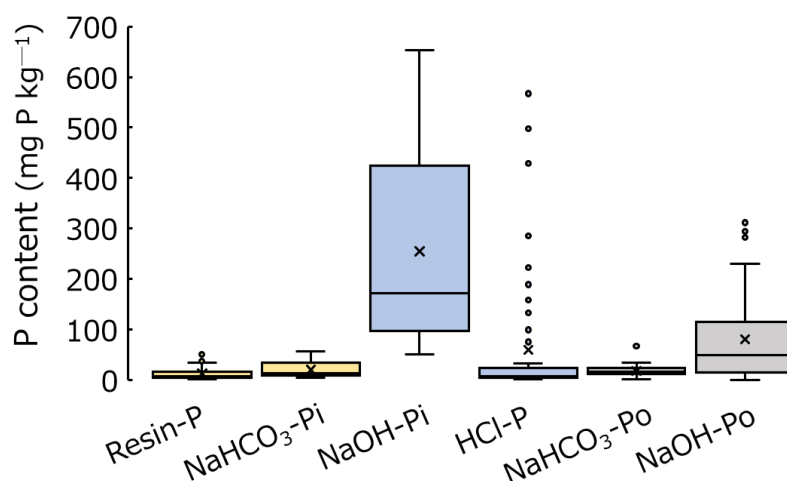


図 1-3 マダガスカル中央高地のイネ作付け圃場の逐次抽出リン含量

次に、課題 1-1 の土壌炭素量と同様のアプローチによって、イネへのリン供給能の指標となる土壌の酸性シュウ酸塩抽出リン (Pox) 含量を分光スペクトルから迅速に診断 ($R^2 = 0.796$) する手法を開発した (Kawamura et al., 2019, Remote Sens; 中間評価報告書に詳細データ)。しかし、PLS (部分的最小二乗) 回帰分析に基づく本手法は、土地利用条件 (水田、畑、森林など) や土壌型が異なる場合には、分光スペクトルの波長特性の違いにより、別々の推定モデルを構築しなければいけないという問題が残された (Rakotonindrina et al., 2020, Agriculture)。そこで、深層学習の一次元畳み込みニューラルネットワーク (1D-CNN) を用いることで、土地利用や土壌型によらない土壌 Pox の包括的な推定モデルを開発した (Kawamura et al., 2021, Remote Sens)。強風化土壌フェラルソル、未熟土壌キャンピソル、鉄集積土壌プリンソルなどが主に分布するマダガスカルの東部沿岸から中央高地 (標高 110–1,667 m) の水田、畑、森林、休閒地、裸地の表層 0–15 cm 深から採取した多量の土壌試料 ($n = 318$) の Pox 含量と分光スペクトルのデータセットを深層学習に当てはめた 1D-CNN モデルは、PLS モデル ($R^2 = 0.792$) よりも高い精度 ($R^2 = 0.878$) を示した (2021 年度年次報告書にデータ詳細)。一連の成果は、土壌中のリン供給能に関連する波長を明らかにし、さらに深層学習モデルに発展することで、土地利用の異なる土壌でも高い精度でリン供給能を推定することを可能にした世界でも初めてのモデルである。このデータセットには、熱帯に広く見られる土壌型や標高条件を網羅していることから、マダガスカル以外の熱帯地域への応用も期待されるが、その適用範囲については検証が必要である。

土壌リン空間分布図の作成においても、上記課題 1-1 と同様に、Behenjy と Antohobe の 2 つのプロジェクトサイトを対象として、同じデータセットに線形混合モデルと機械学習 (ランダムフォレスト) を組み込むことで土壌のシュウ酸塩抽出リン含量の圃場間変動を推定するモデルを開発した。しかし、土壌有機物以上に空間分布を説明する精度 ($R^2 = 0.05$) が低いため、代替的アプローチとして開発した分光スペクトルに基づく迅速評価法を空間統計手法に適用することで、空間分布図を作成した (図 1-4)。シュウ酸塩抽出含量の空間分

布については、施肥履歴や起源となった鉱物（例えば、火山灰土壌の影響を受けた周辺は値が高いというデータが得られている）の影響を強く受けている可能性があり、前者については、農家への聞き取り調査のみでは定量評価が難しいこと、後者については、土壌生成学的な調査が必要と考えられる。

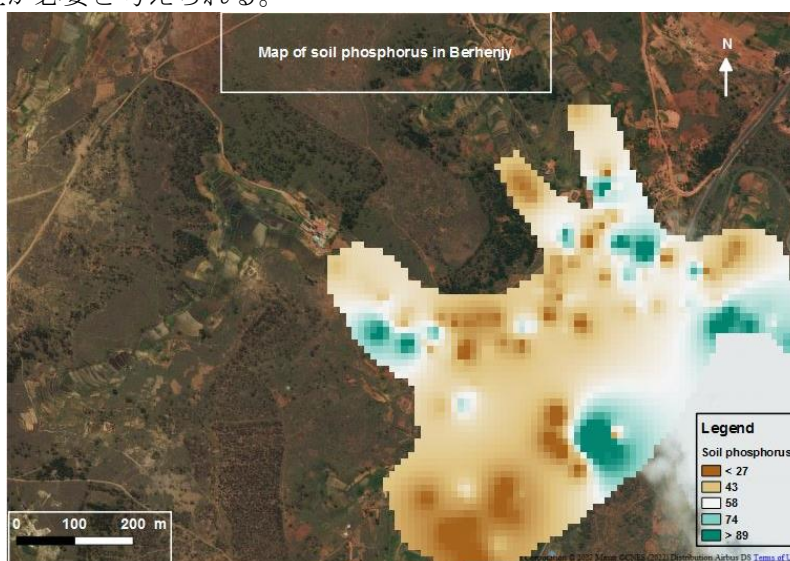


図 1-4 分光スペクトルに基づく迅速評価法を空間統計手法に適用することで作成した土壌のシュウ酸塩抽出リン含量の空間分布図（Behenjy の事例、凡例の単位は m/kg）

1-3. 圃場養分特性の簡易評価技術の開発

高知大学の森塚は、オキシドール処理後の EC 測定による土壌全窒素含量の簡易推定について、圃場群スケールでの適用可能性と市販のオキシドールの利用可能性に関する知見をとりまとめた（中案評価報告書にデータ詳細；Moritsuka et al., 2020, *Agronomy*）。マダガスカル稲作土壌の場合、全窒素含量に対する決定係数は 0.45（lowland 37 点と upland 25 点）や 0.78（lowland 37 点のみ）となり、測定試料数は限られているものの、陸稲を除く稲作土壌に対して幅広く適用可能であることが示された。

次に、生産現場あるいは室内で非破壊的に表層土壌を診断する手法として、色と帯磁率の測定方法を検討した。各種色彩計によるマダガスカル稲作土壌測色値の機種互換性と目視評価との対応関係の評価し、近年発売された比較的安価な色彩計による測色はカラーチャートによる目視評価よりも再現性が高いことを確認した（図 1-5）。さらに、色彩計と目視の測色値の相違は風乾細土試料の測色面の不均質性に伴うサブサンプリングバイアスに由来するという新たな仮説を提唱した（Moritsuka et al., 2019, *Soil Sci. Plan Nutr.*）。一方の帯磁率測定値は、帯磁率計のセンサーと試料との接触程度の影響は受けるが、水分含量の影響をほとんど受けないことを国内の水田土壌の測定を通じて確認した（Moritsuka et al., 2021, *Geoderma*）。また帯磁率測定値を空間依存性に基づいてマッピングするには、現場で外れ値の有無を評価し、再測定することが重要であることも確認した。

対象地域では大きな生産制限要因として認識されていないものの、三大必須元素の一つであるカリウムの簡易土壌評価法についても検討を加えた。多量の非交換態カリウムを抽出できるテトラフェニルホウ酸ナトリウムは、 Na^+ によって交換抽出された交換態および固定態カリウムがテトラフェニルホウ酸カリウムとして沈殿するため、この沈殿量がカリウム抽出量と比例しうると考えた。そこで土壌中の難溶性カリウム含量の簡易評価法として、上記の沈殿反応を利用した目視評価法を考案し、考案した手法が国内の多様な水田土壌に対して適用可能であることを明らかにした（Moritsuka et al., 2022, 22nd World Congress of Soil Science）。常法（Cox et al., 1996）による測定値に対する決定係数は 0.78（ $n = 190$ ）となり、消耗品費用は試料あたり約 300 円と見積もられた。原子吸光光度計のない実験環境での実施が可能であるため、マダガスカルをはじめ低所得国地域での簡易評価法として期待でき

る。手法の改良と適用条件の検討をさらに進める。

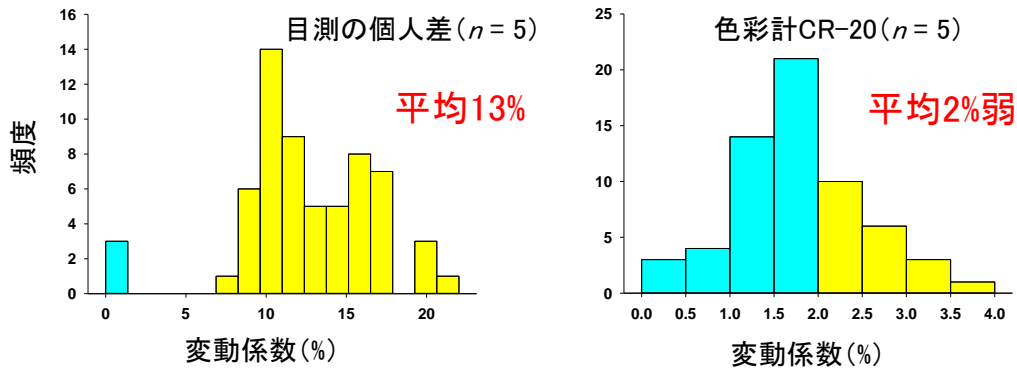


図 1-5 マダガスカル稲作土壌 62 点の明度測定値の再現性（左、カラーチャートによる目視評価、右、色彩計による評価）

LRI は、上述した携帯型の色彩計と帯磁率計を用いた土壌評価手法の知見を応用し、これらの計器での測定値を組み合わせることで、土壌の炭素量、全窒素量、および土性をより高い精度で簡易推定できることを明らかにした (Rakotonindrina et al., under review)。この手法は、安価で汎用性の高い携帯機器を活用しているため、分光スペクトル法より精度は劣るものの、土壌特性の多地点測定を現場で迅速かつ簡便に行える可能性がある。

国際農研は、土壌のリン吸着能が高いほどリン施肥によるイネの増収量が低下すること (図 1-6 左)、土壌のリン吸着能は、風乾した土壌の含水比によって簡易推定 ($R^2=0.41$) できることを明らかにし、当該分野で高い評価をもつ国際誌に成果を公表した (Nishigaki et al., 2021, Geoderma)。さらに、飽和塩溶液を入れた密閉容器内の相対湿度は一定に保たれる性質を利用し、測定時の気温や湿度によらず安定した土壌の乾燥状態が得られるようにリン吸着能の簡易推定法を改良した。対象地域の農家圃場 308 地点から採取した理化学性の変異に富む多様な表層土壌を対象に本改良法 (密閉容器内に飽和塩溶液と土壌を同梱して 1 週間静置) を試行したところ、土壌のリン吸着能を極めて高い精度 ($R^2=0.87$) で推定できることを示した。土壌のリン吸着能とイネのリン施肥応答との関係式と合わせて、化学分析などを経ずにリン欠乏水田におけるリン施肥効果を精度よく簡易に推定できる画期的な手法の開発に成功した (図 1-6 右: 西垣・辻本, 2022、日本土壌肥料学会)。

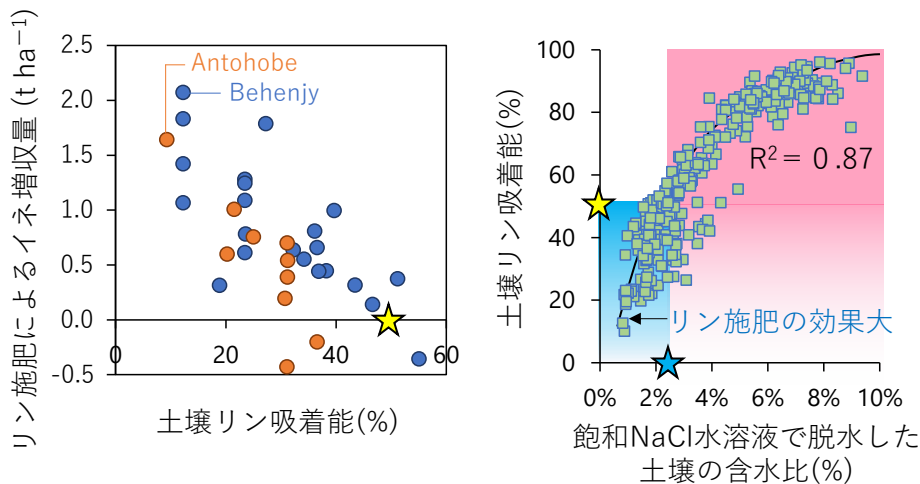


図 1-6 土壌のリン吸着能と水稻のリン施肥応答との関係 (左) ; 飽和塩化ナトリウム水溶液と一緒に密閉静置することで脱水した土壌の含水比と土壌のリン吸着能との関係 (青色で示した領域にある土壌では、リン施肥の高い効果が期待できる)

研究題目 1 で得られた一連の成果について、国際農研、高知大学、LRI で協議を重ね、

データを公表済みかつ実用性が高いと考えられた「土壌の室内分光スペクトルによる土壌特性の迅速推定」、「色彩計を用いた土壌有機物含量の迅速推定」、「乾燥土壌の含水比によるリン施肥に対する作物生育応答の簡易推定」の3つの開発技術を選定し、技術マニュアルを作成、LRIのWebサイトに公開した。

2022年4月29日には、これらの選定技術について実演を含めたワークショップを開催し、対象地域2県の普及員、研究機関の技官、農民代表などの受益者に成果を受け渡した(2021年度年次報告書に詳細)。

また、水田土壌の簡易診断の意義とオキシドール法の考案に至るまでの研究背景についての一般向けの解説記事(森塚、アグリバイオ2018年5月号)や砂含量の簡易測定法であるナイロンメッシュ法に関する専門書(森塚、2017、農文協)やYoutube動画(<https://www.youtube.com/watch?v=wjlvfXn36hY>)への投稿など、国内向けのアウトリーチ活動も実施した。

②研究題目1のカウンターパートへの技術移転の状況

研究題目1に関連して、これまでにLRIの研究者および博士課程学生を5回招へいした。最初に、プロジェクトで土壌採取法を統一するために情報共有を行い、土壌の簡易分析法に関する技術指導を行った。また、土壌のリン逐次抽出や一般理化学分析、ICPや分光光度計、FTIRなどの各種分析機器の使用法についても技術指導を行い、土壌のリン供給能を評価するための分析手法を技術移転した。合わせて、ECメーター、色彩計、標準土色帖、帯磁率計、質量分析計、携帯型蛍光X線分析装置(XRF)、蒸留水製造装置、オートクレーブ、ドラフトチャンバーなどをLRIに導入し、土壌化学分析にかかる現地分析機能を強化した。国際農研では、UAVの飛行技術と空撮画像の解析手法、携帯型分光放射計(FieldSpec, ASD Inc.およびMS720, EKO Instruments Co., Ltd.)を用いた土壌と植物の分光放射データの計測法とMATLABによる数値解析手法を技術移転することにより、広域地形情報の抽出ならびに非破壊での植物体と土壌の生育・養分評価に関する研究能力を向上させた。これらの関連機器、解析ソフト、および解析用高機能計算機などをすべてLRIに導入し、リモートセンシング分野における自立発展的な研究体制を構築した。

また、同研究題目において、LRIの博士課程学生(Ms. Hobimiarantsoa Rakotonindrina)が、学位論文を取りまとめ、2021年7月の公聴会を経て、アンタナナリボ大学から博士号(農学)が授与された(2021年度年次報告書に詳細)。

③研究題目1の当初計画では想定されていなかった新たな展開

対象地域に分布する土壌型を広域に把握し、イネ作付け圃場にみられる土壌養分特性の理解につなげるために、中央高地から東海岸にかけての地質、標高、地形、気候の異なる多地点において土壌断面調査を実施した。結果、既存の土壌図では対象地域のほとんどが強風化土壌フェラルソルによって分類されていたが、急勾配の場所にはカンピソルが優先することや、気温と降水量が低い場所にはリキシソルも分布することを明らかにした。また、肥沃度の高い火山灰性土壌や長年の水稲栽培によって発達した水田特徴を示すヴァーチソルもスポット的に存在することを明らかにした。これらの新たな土壌型の分布情報は、マダガスカルの土壌図の改訂や土壌型に応じた適切な農地管理にも繋がる成果である(Nishigaki et al., 2020, Soil Sci. Plant Nutr.)。また、研究題目1で得られた知見やLRIとの共同研究体制をもとに、京都大学を代表機関として、森林保全が水田の土壌肥沃度およびのイネの生産性に及ぼす影響に関する派生的な助成金および科研費を獲得した。

④研究題目1の研究のねらい(参考)

窒素、リン、硫黄、ケイ素などの養分欠乏を把握するための評価法を選定し、これらの養分欠乏リスクが高い圃場条件および分布域を提示することで、圃場の養分特性に応じた効果的な施肥技術と品種選択のための基盤とする。

⑤研究題目1の研究実施方法(参考)

土壌の外観特性および分光放射計で計測した分光反射特性との関係を解析し、土壌の窒素供給力と密接に関連する土壌炭素量 (SOC) の簡易推定モデルを開発する。同モデルを用いた多点分析データと、農家への聞き取りおよび無人航空機 (UAV) から抽出する圃場の作付体系、施肥履歴、生産性、水分動態、地形条件などの圃場特性との関係を解析することで、SOC の圃場間変動要因を明らかにし、プロジェクトサイトにおける圃場毎の SOC 分布情報を作成する。さらに、リンや硫黄などが欠乏する圃場の土壌評価法やイネ群落の分光反射特性を抽出し、その圃場間変動要因と分布を明らかにする。本課題で得られた評価法と分布域の作成手順についてマニュアルを作成し、JICA 技プロ PaprizII と連携したワークショップを開催するなど、開発技術の伝達と広域適応性の評価を行う。

研究題目 2 : 「育種素材開発グループ (リーダー : マティアス・ビスバ)」

①研究題目 2 の当初の計画 (全体計画) に対する成果目標の達成状況とインパクト

2-1. 新規のQTLおよびDNAマーカー作出

GWAS系統群を用いたQTL解析と育種素材開発

SNP情報が公開されたIRRIジーバンクの約3,000系統 (<http://snp-seek.irri.org>) から、アウスイネやマダガスカル由来を多く含むインディカ型的水稲品種を中心とした約360系統 (以下、GWAS系統群) をマダガスカルに導入し、リン欠乏がみられる現地の農家圃場3地点で2か年にわたり無施肥の湛水条件で栽培試験を実施した (図2-1)。3地点×2か年の平均収量 (各地点×年次における全供試系統の平均値) は1.2~4.0 t/haであった。得られた形質データとIRRIが公開するSNPマーカー情報を用いてGWAS解析を行った結果、低肥沃度環境での収量 (Low Fertility Tolerant=LFT) に関与する新規のQTLを第5染色体 (qLFT5) と第11染色体 (qLFT11) に検出した (中間評価報告書に詳細データ)。

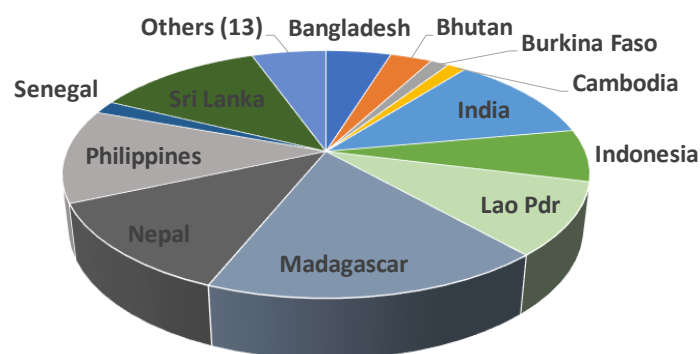


図2-1 IRRI-FOFIFA間のsMTAでマダガスカルに導入した系統群の原産 (採種) 地分布

これらのQTLについて、穂重にポジティブに働く対立遺伝子をもつ系統は、上述の3,000系統のわずか8%であり、多くの品種に対する改良に利用できる可能性があることが示唆された。また、マダガスカルの主要栽培品種X265は、ポジティブに働くこれらの対立遺伝子をもたないことが分かった。次に、qLFT5とqLFT11の対立遺伝子の組合せが異なる品種を選抜し、水耕栽培実験において、窒素欠乏条件、リン欠乏条件、および両方の欠乏条件を設定して比較栽培した。結果、養分が欠乏していない条件では差がみられない一方で、窒素、リンのいずれか、ないし双方が欠乏した条件では、穂重にポジティブに働く対立遺伝子をもつ系統群の乾物生産量、特に地下部乾物重が有意に大きくなることが確認された (図2-2上、Tanaka et al., 2022, PlosOne)。さらに、これら2つのQTLに座し、かつ水耕での養分欠乏条件において、根もしくは葉での遺伝子発現量が有意に変化した30の候補遺伝子を特定、その中で、変化量が特に多かった遺伝子について解析を進めた。qLFT5については、植物の免疫応答に関わるWRKY転写因子や代謝に関わるチロクロムP450、qLFT11については、根で発現量が増加した糖トランスポーター、免疫応答に関わるNB-ARCドメイン、機能不明なDUF3615などを、候補遺伝子として絞り込まれた (図2-2下、Tanaka et al., 2022, PlosOne)。

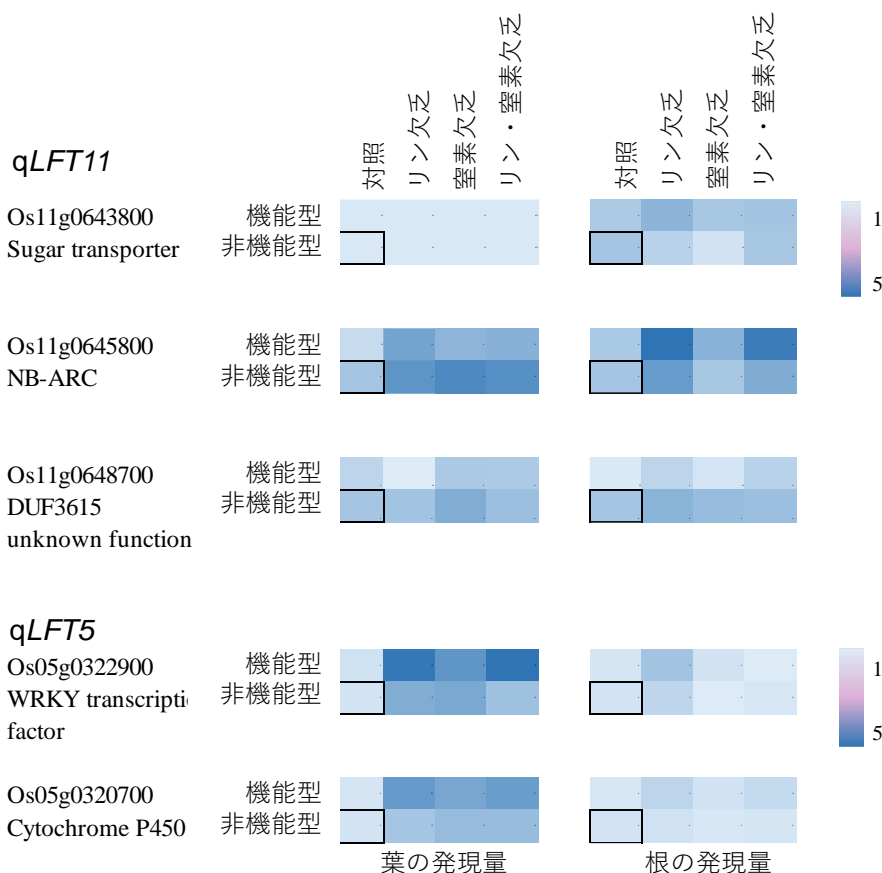
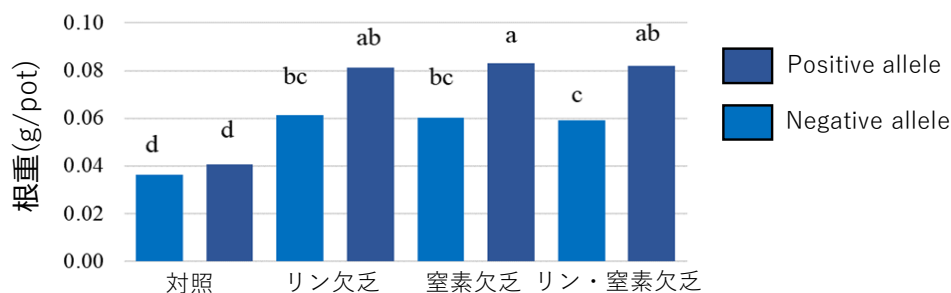


図 2-2 qLFT5 と qLFT11 のポジティブな対立遺伝子の有無が窒素とリンの欠乏条件を組み合わせた水耕栽培における地下部乾物重に及ぼす効果（上図）；同水耕栽培において、養分欠乏の違いで葉と根の発現量が大きく異なりかつこれらの QTL に座する遺伝子（下図）

合わせて、これらのQTLを検出するために、ハイスループットなKASPマーカーと比較的簡単な設備でも実施できるSNPマーカーの2種類のDNAマーカーを設計し、前者については国際農研で、後者については、FOFIFAの遺伝解析ラボでその有効性を確認した。また、解読済みのシーケンス情報をもとに、主たるドナー系統であるDJ123、GP1103、X265を区別できる簡易のInDelマーカーも設計した（詳細は2021年度年次報告書参照）。

次に、qLFT5とqLFT11にポジティブな対立遺伝子をもつGP1103をドナーとして、X265との交雑集団を育成した。新型コロナウイルスの影響を受けて、これらの交雑集団を用いた活動を停止していたが、熱帯島嶼拠点（石垣市）の養分欠乏圃場での代替実験により、2つのQTLの効果を確認（特に、qLFT5の効果が発著であった）することができた。この結果を受けて、上述のDNAマーカーを用いたマーカー選抜を開始した。

また、GWAS集団の圃場試験結果をもとに、GP1103の他、AZ-97や生産性が高くかつPup1遺伝子座を有するGP91など複数の有望ドナー系統を選抜することができた。うち、AZ-97

については、リン欠乏下でも出葉速度、葉幅、分けつ数を維持することで高い乾物生産能をもつという特徴を明らかにした (Tsujiimoto et al., 2021, Plant Prod. Sci.)。AZ-97やGP91についても、X265 (*Pup1* 遺伝子座も有しないことを確認) との交雑集団の育成を進めた。

加えて、上述のGWAS系統群のうちアウスイネに属する98系統について硫黄欠乏条件での水耕栽培とGWAS解析を実施した結果、硫黄欠乏条件での根長と乾物生産に関わる新規のQTLを検出した (2019年度年次報告書にデータ詳細)。QTL遺伝子座内の候補遺伝子には、細胞壁の代謝など硫黄の二次代謝経路に関与する酵素が含まれることが分かった (Tanaka et al., 2019, Frontiers in Plant Science)。

2-2. QTL 導入・集積系統の作出、圃場評価、および品種候補の選定

Pup1 遺伝子座および DJ123 を利用した新品種開発

熱帯の主要な多収インディカ品種である IR64 に *Pup1* 遺伝子座 (根系発達を促すことで P 欠乏条件での P 吸収を増加させるリン欠乏耐性遺伝子 *PSTOL1* を含む QTL) を導入した NIL 系統群 (以下、*Pup1*-NILs) の世代促進を進めたのち、国際農研と FOFIFA の MTA により *Pup1*-NILs をマダガスカルに導入し、現地の生産圃場で年 2 回の個体選抜、世代促進、群落レベルでの系統選抜を繰り返した。同様に、リン欠乏を含む養分欠乏条件で優れた生育を示すアウスイネの DJ123 と IR64 との交雑集団についても現地での選抜を進め、2019-2020 年の作期までに、親系統の IR64 やマダガスカルの主要品種である X265 より優れた収量性をもつ 8 系統 (*Pup1*-NILs から 6 系統、DJ123 と IR64 の交雑集団から 2 系統でいづれも F₉ 世代) を品種登録候補として選抜した (中間評価報告書に詳細)。

2019-2020 年と 2020-2021 年の作期に、品種登録候補とした 8 系統について、作期毎に系統数を絞り込みながら、品種登録を担う農業畜産省種子管理委員会 (SOC) の指導のもとで、対象地域の農家圃場計 18 地点での生産力試験を実施した。新型コロナウイルスによる行動制限で検査官の実地評価が一部不足したため、2021 年乾季に北西部温暖地域で追加調査を実施し、生産力試験を完了した。18 地点での比較品種 X265 の収量は 1.9~5.6 t/ha の範囲にあり、対象地域にみられる水稻の収量レベルを網羅した。2020-2021 年には、SOC の基準に沿って、4 集落 412 農家を対象とした食味試験を完了した (図 2-3)。これらの結果に基づき、国際農研の知財審査委員会の承認を得たうえで、2021 年 11 月 4 日に、*Pup1*-NILs 系統群から 1 系統 = FyVary32、DJ123 と IR64 の交雑集団から 1 系統 = FyVary85 の計 2 系統をマダガスカル的水稻新品種として正式に登録した。

18 地点の生産力試験の平均値として、同国の主力品種である X265 に比べて、FyVary85 は 17% 高い収量性と 5 日長い到穂日数、FyVary32 は 10% 高い収量性と 4 日短い到穂日数をもつことが示された (表 2-1)。また、X265 の収量が 3 t/ha 以下の極低収量地点では、FyVary85 の X265 に対する収量優位性が 22% と大きくなり、到穂日数の違いが小さくなる特徴がみられた。食味について、外観品質、食感、香り等のいずれの項目においても X265 と同等の評価が得られた。また、F₉ 世代以降、均一性の高い個体から採種した F₁₂ 世代で十分に固定が進んでいることから、形質の安定性と均一性についても十分という判断であった。その他、品種カタログには、耐倒伏性や脱粒性に優れるという特性も記載された。

表 2-1 生産力試験 (n=18) における新品種の収量と到穂日数および食味試験結果 (n=418)

品種名	収量 (t/ha)	X265 (IR64) に対する増収率%	X265 に対する到穂日数の差	全体	見た目	触感	香り
FyVary85	4.0	17 (20)	+5	3.8	3.8	3.7	3.7
FyVary32	3.7	10 (12)	-4	3.7	3.8	3.8	3.8
X265	3.4	-	-	3.7	3.9	3.9	3.9
IR64	3.3	-	-	-	-	-	-

*食味試験は各項目について 1~5 のスコアが付けてもらいその平均値を示した。

新品種にかかる権利や取扱いについて、FyVary85 は国際農研と FOFIFA の 2 者で、FyVary32 については IIRI を含めた 3 者で、CRA の内容に準じた合意文書を交わした。水稻新品種リリースは国内外のメディアに取り上げられ、ビスバ課題リーダーが、マダガスカル農業畜産大臣に報告、2022 年 5 月には、同国大統領にも新品種の説明を行う機会を得るなど、大きな関心が寄せられた (図 2-4)。2022 年 2 月には、全国 23 県の SOC 種子検査官を招いたワークショップを Papriz が開催し、新品種を周知、各地での認証種子生産の協力を要請した。また、2021 年 12 月からの作期において、JICA 技プロ Papriz の中嶋泰則種子専門家の協力を得て、4 か所のサイトで原種生産が実施された。JICA 事務所および Papriz との協議により、プロジェクト終了後の 2022-2023 年の作期においても、種子生産農家での展示圃場の設置など、新品種の普及に向けた活動が同技プロに継承されることとなった。また、新品種のカatalog は、農業畜産省および FOFIFA の Web サイトにも公開された。



図 2-3 新品種登録のための生産力試験および食味試験の様子



図 2-4 品種登録のための最終評価試験について試験サイトを訪問した農業畜産大臣、内務大臣、県知事に説明する FOFIFA 研究員 (左) とマダガスカル大統領に水稻新品種の説明を行う様子 (右)。いずれも農業畜産省公式 Facebook より転載。

多穂 QTL-MP3 を活用した育種材開発

リン欠乏環境ではイネの分げつ発生が著しく抑制される。そこで、多収品種タカナリとタカナリに穂数を増加させる QTL-MP3 を導入した準同質遺伝子系統 NIL-MP3 を供試し、計 12 の栽培環境において、QTL-MP3 の分げつ数、穂数、および収量への効果を検証した。12 の栽培環境の収量水準 (タカナリと NIL-MP3 を平均値) は 1.3~4.1 t/ha の範囲にあり、対象地域の水田にみられる一般的な生産性を網羅した。結果、NIL-MP3 の穂数は平均してタカナリより 19% 増加し、それに伴い籾数は平均して 12% 多くなった。ただし、1 株当たり穂数が約 4 本で平均収量が 1.3 t/ha とする極低収量環境では、MP3 の穂数増加効果は観察されなかった (中間評価報告書にデータ詳細)。以上より、極低収量環境を除けば、MP3 は分げつ発生の促進に伴う穂数増加効果を有していることが示された (Takai et al., 2021, Crop Science)。さらに、一部のサイトでは NIL-MP3 の収量がタカナリに対して有意に増加した (図 2-5)。QTL を基に遺伝的にイネの分げつ発生を改変することで、リン欠乏圃場でのイネの生産性を改善できる可能性を現地圃場で示す実用的かつ新規性の高い成果が得られた。

しかし、多くの地点では、MP3による籾数の増加が必ずしも増収につながらず、その要因として、タカナリ背景では登熟歩合が63~73%と低く籾数増に対するソース能が不足していることや、気温や光周性等で現地環境に適応していないことが考えられた。続いて実施したMP3をIR64に導入した準同質遺伝子系統(IR64-MP3)の現地栽培試験においても、1年目は6環境全ての栽培地点でIR64に比べて穂数が増加し、平均して21%の有意な増穂効果および9%の有意な籾数増加を観察したもののMP3による明瞭な増収効果は観察されなかった。そこで、MP3による増収効果をより確実に実証するため、現地環境に適応したマダガスカル的主力品種であるX265にMP3を導入した系統の育成に着手し、これまでに複数回の戻し交配によりMP3領域がヘテロ型で遺伝背景がほぼX265ホモ型となったBC₄F₁種子を獲得した。さらに、2022年に、BC₄F₂集団を用いた国際農研での栽培試験において、分げつ増加効果を確認した。2022-2023年の作期に、国際農研の交付金課題において、これらの集団をFOFIFAに導入して、マダガスカルでの栽培評価試験を開始する。

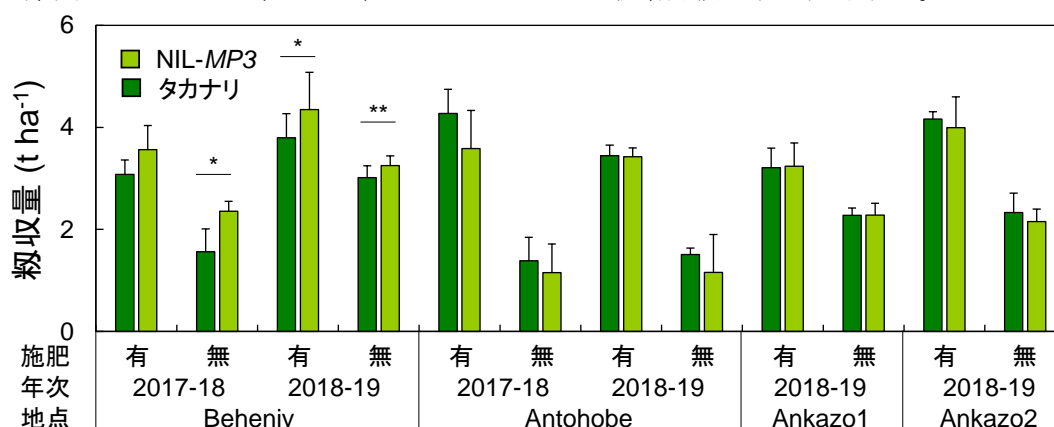


図 2-5. 地点、年次、施肥条件の異なるマダガスカルの 12 の栽培環境におけるタカナリと NIL-MP3 の籾収量の比較。施肥量は N-P-K 換算で各々 60、17.5、24.1 kg ha⁻¹。**, * は 1%、5% 水準で有意。誤差バーは反復 (n=4) 間の標準誤差。

2-3. 養分利用効率に関する候補遺伝子の特定と機能解明

マダガスカル品種の形質転換系確立と多穂 QTL 原因候補遺伝子の機能解明

有用候補遺伝子の機能を明らかにするための基盤として、マダガスカル的主要水稻品種 X265 と F160、主要陸稲品種 Chomorong Dan を対象に形質転換系の確立を試みた。イネの形質転換は一般的に用いられる技術であるが、その効率には大きな品種間差異があることが知られ、マダガスカルのイネ品種における形質転換系に関する報告はない。X265 は IR64 用の形質転換系 (Ishizaki 2016) で形質転換可能であり、形質転換体の選抜に用いるハイグロマイシン濃度を 10 mg/L に改変することで効率が向上した。形質転換効率 (得られた形質転換体の数/アグロバクテリウムを接種した未熟胚の数) は 13.3% で目標値とした 10% を上回り、分子育種的手法による X265 の遺伝子改変が可能になった。なお、Chomorong Dan は NERICA 用のプロトコールで形質転換可能であることが分かった。一方で、F160 は形質転換可能な条件を見出すことができなかった (中間評価報告書にデータ詳細)。

確立した形質転換系を用いて、X265 を遺伝的背景とした多穂 QTL (MP3) 候補遺伝子の突然変異体を作成した。フレームシフト変異体 (1~2 塩基欠失・挿入などにより MP3 候補遺伝子の機能を喪失) の最高分げつ数は原品種の約 3.5 倍となり (図 2-7 上)、成熟期における穂数および籾数も顕著に増加した。しかし、収量構成要素のトレードオフにより稔性および千粒重が低下し、籾収量の増加は認められなかった。一方、インフレーム変異体 (塩基が 3 の倍数で欠失・挿入することで MP3 原因候補遺伝子の機能が弱化) の分げつ数は原品種と比較してマイルドな増加を示した (図 2-7 上)。インフレーム変異体においても収量構成要素間のトレードオフがみられたが、分げつが制限されるリン欠乏条件においては、穂数および稔実籾数の増加が千粒重の低下に対して相殺以上の効果を持ち、原品種に比べ

て収量が 38%有意に増加した (図 2-7 下)。

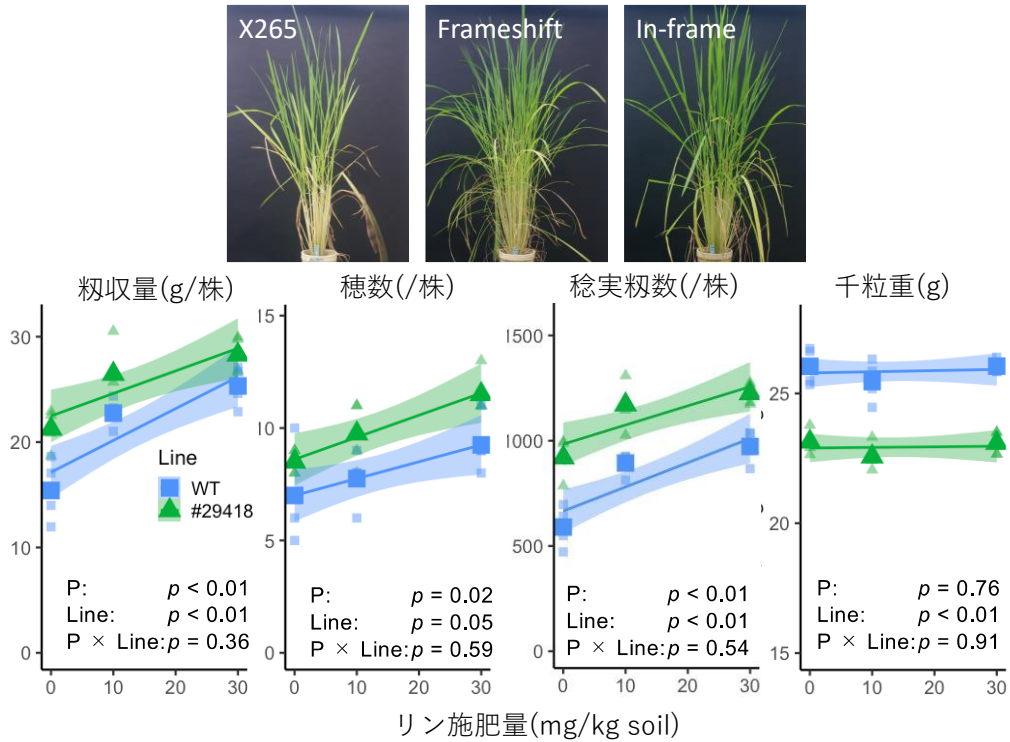


図 2-7 MP3 変異体の草型比較 (上図)、および異なるリン施肥条件における MP3 候補遺伝子インフレーム変異体 (#29418) と原品種 X265 (WT) の特性評価 (下図)

次に、インフレーム変異による分けつ制御の分子機構の解明に取り組んだ。トランスクリプトーム解析およびシス因子解析により、MP3 候補遺伝子が発現量に影響を与える遺伝子のプロモーター領域にはホメオボックス転写因子の結合配列が高頻度に含まれること (図 2-8)、MP3 候補遺伝子による発現制御が報告されているホメオボックス遺伝子 *OsGT1/OsHox12* の発現量は、原品種 > インフレーム変異体 > フレームシフト変異体の順に高いことが分かった (図 2-9)。これらの結果から、インタクトおよびインフレーム変異の MP3 候補遺伝子産物の機能の差は、部分的には *OsGT1/OsHox12* を介して表出し、分けつ数の差異に至るものと考えられた。一連の研究により、MP3 候補遺伝子のインフレーム変異が分けつ数を軽微に増加させることでリン欠乏条件での増収効果をもつことと、その分けつ抑制機能の弱化メカニズムを解明することができた (Ishizaki et al., *under review*)。

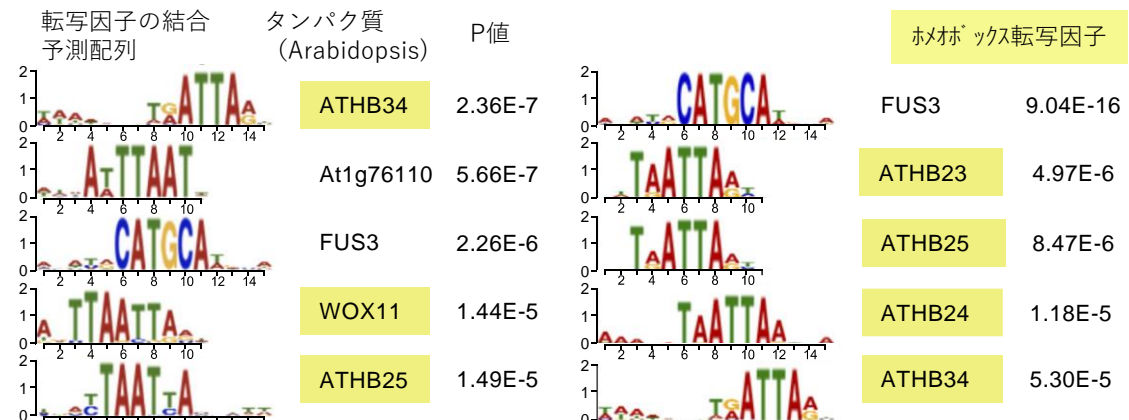


図 2-8 MP3 候補遺伝子変異により発現量が増減した遺伝子の発現制御領域において高頻度に出現する転写調節因子の結合配列、同配列への結合が予測されるタンパク質、および、同配列が偶然同程度で出現する確率 p 値

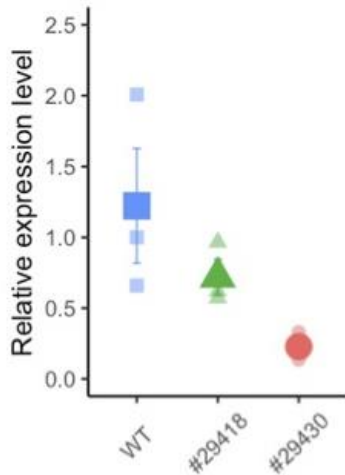


図 2-9 MP3 候補遺伝子変異体における *OsGT1/OsHox12* 遺伝子の発現量の比較。WT=原品種 (X265)、#29418=インフレーム変異体、#29430=フレームシフト変異体。

加えて、頂端および腋芽分裂組織での網羅的遺伝子発現解析を得意とする横浜市立大学の辻寛之准教授の協力を得て、タカナリと NIL-*MP3* の頂端分裂組織および腋芽分裂組織を用いた RNA-seq 解析を進めた。結果、タカナリと NIL-*MP3* の間には *MP3* 自体の発現に差異はないものの、*MP3* が腋芽分裂組織において発生的に時間を進めることで腋芽の伸長速度を促進させるという分子メカニズムの一端を初めて明らかにすることができた (Takai et al., under review)。

DJ123 の全ゲノム配列解読および硫黄欠乏下で機能する遺伝子の網羅的解析

硫黄欠乏やリン欠乏などの養分欠乏環境で優れた生育を示す DJ123 のゲノム構造を明らかにした (図 2-10、中間評価報告書に詳細)。さらに、DJ123 に様々な環境ストレス処理を行い、葉、茎、根、穂から RNA を調製して、イルミナ社の HiSeqX で HiSeq Pair-end 解析して、DJ123 のゲノムにマッピングすることで 40,831 個の発現遺伝子を同定した。公開されている日本晴の遺伝子数は 35,688 個であるため、DJ123 の遺伝子数は日本晴より多いことが示唆された。また、同定した DJ123 の遺伝子を用いて相同性解析を行った結果、新規の遺伝子が多数含まれていることが示唆された。本解析により、近年、不良環境下での有用な遺伝資源が同定されているアウスイネに分類される DJ123 の全ゲノムが高品質に解読できた。

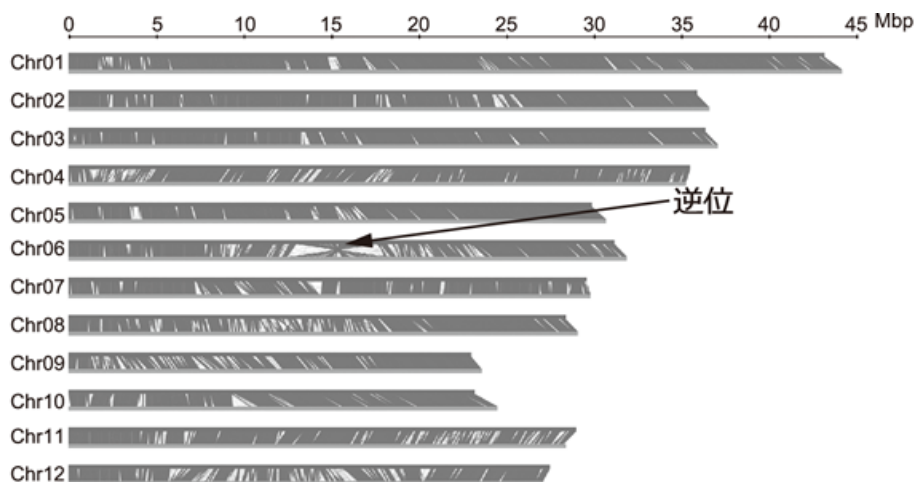


図 2-10 DJ123 と日本晴の比較ゲノム解析 Pacific Biosciences 社の Sequel II 等で、DJ123 を de novo 解析した結果、12 本の染色体は 89 のコンティグで構築できた。DJ123 と日本晴の染色体構造を比較した結果、8 番、9 番、12 番染色体には多くの挿入や欠失があり、6 番染色体の中央部には大きな逆位があることがわかった。

次に、DJ123 及び日本晴を硫黄 (S) 欠乏土壌で栽培し、解読した DJ123 のシーケンスデータを用いて CAGE 解析を行うことで、DJ123 は日本晴よりも多い S 欠誘導性遺伝子をもつことがわかった。その中で、S トランスポーター遺伝子とイソフラボノイドリダクターゼ様遺伝子の 2 つの遺伝子について、DJ123 の発現量が日本晴に対して顕著に大きかった。これら 2 つの遺伝子のプロモーター領域に着目し、その塩基配列を比較した結果、S トランスポーター遺伝子およびイソフラボノイドリダクターゼ様遺伝子のプロモーター領域内にある RY-repeats (CATGCATGC) および AuxRE1 (TGTCTC) と GCN4 モチーフ (TGTAAGT) がそれぞれ日本晴で欠損していることがわかった。RY-repeats は ABA、発芽、鉄毒等の応答に関与する B3 タイプの転写因子が結合するシス因子として報告されている。AuxRE1 はイネでは根の伸長、シロイヌナズナでは S 欠応答に関与する AUXIN RESPONSE FACTOR が結合するシス因子である。S 欠乏に応答して DJ123 と日本晴の根は伸長するので、S 欠乏下の根の伸長にはオーキシシンシグナル伝達経路が関与することが示唆された。これまで、硫黄欠乏応答の分子レベルの研究は、主にシロイヌナズナで培地を用いて行われてきた。本研究では、DJ123 のゲノム構造を解読し、一連の比較解析を行うことで、硫黄欠乏耐性の 2 つの候補遺伝子を特定することができた。

X265 についても全ゲノムシーケンスを解析し、育種改良の基盤を整備した。X265 のゲノムシーケンスを日本晴と比較した結果、合計 974,135 個の多型が見つかり、そのうち 95.1% (925,930 個) は一塩基多型 (SNPs)、残りの 4.9% (48,205 個) は挿入・欠失多型 (InDels) であった。今回得られた X265 のゲノムワイドな多型情報は Rice SNP-seed database (<https://snp-seek.irri.org/>) にアップロードし、誰もが閲覧、使用できるようにした。

②研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

FOFIFA の予算投入と本プロジェクトでの機材導入により、交配用温室とハイスループット分子育種を可能にする遺伝解析ラボを整備した (中間評価報告書に詳細)。合わせて、研究題目 2 において、FOFIFA 研究員を 7 回招聘し (2022 年 7 月～8 月の予定を含む)、イネの量的形質の遺伝解析および分子育種に必要な一連の遺伝子型調査法、温湯除雄による交配、圃場での表現型調査など、分子育種に必要な一連の技術を習得させた。現地での集中講義、OJT、オンライン会議等を通して、これらの技能、および統計解析手法や論文執筆の能力を強化した。課題 2-1 で開発した DNA マーカーについては FOFIFA の遺伝解析ラボに導入し、その有効性を確認した。本プロジェクトで技能を習得した FOFIFA 研究員がアンタナナリボ大学の学生に分子育種の講義や構築したラボでの実地研修を定期的に提供しており、技術が根付き施設が活用されていることを示す派生的な成果が得られている。

また、2022 年 5 月に研究題目 2 の関係者間で協議し、課題 2-1、2-2 でこれまでに選抜、育成された育種素材については、国際農研と FOFIFA の双方で保管し、本プロジェクト終了後も、マダガスカルにおけるイネ育種事業の基盤的材料として、FOFIFA 単独、ないし国際農研の交付金プロジェクトやその他の外部資金課題における FOFIFA と国際農研との共同研究の枠組みにおいて、継続利用していくことを確認した。

③研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

東京大学の岩田洋佳准教授らの協力により、GWAS 系統群の圃場試験データと IRRI が公開している SNP 情報を用いて、圃場での形質評価を経ずに、低肥沃度環境での収量性を予測するゲノミックプレディクションモデルを開発した (Tanaka et al., 2021, Theor. App. Genetics)。同様のアプローチにより、イネ種子の亜鉛含量を推定するゲノミックプレディクションモデルを構築した (Rakotondramanana et al., 2022, Theor. App. Genetics)。また、同試験の実測値の比較から、X265 を含むマダガスカルの栽培品種の亜鉛含量が供試した品種の中で極めて低く改良の余地があること、一方でアウスに属する品種群は概ねその値が高く、亜鉛強化育種のドナーとして有望であることを明らかにした (図 2-11)。研究題目 4 で構築したパネルデータを用いて感度分析を行った結果、マダガスカルの栽培品種の種子亜鉛含

量を 40%改良することで、対象地域にみられる亜鉛不足人口を半分以下にできる可能性が示唆された。

在来品種の Tsipala は晩生で生育後半の低温ストレスリスクを有するが、温暖な地域では、X265 に比べて高い収量性をもつことが分かった。そこで、Tsipala の高い収量性を維持し、かつ、早生化することを目的に、放射線育種を新たな課題に設定した。Tsipala にガンマ線を照射させた後、2000 個体の M₁ 世代から 91 個体の早生個体を選抜、M₂ 世代でこれらを系統栽培し、早生が分離する 2 系統から 5 個体を選抜した。これら 5 個体を M₃ 世代において再度系統栽培し、早生の固定を確認し、早生系統とした。選抜した 5 系統は石垣の 2 月～7 月の栽培環境 (M₂ 世代) で Tsipala よりも 26～51 日、7 月～11 月の栽培環境 (M₃ 世代) で 4～23 日早生となり、当初の目的である Tsipala の早生化は達成できたといえる。今後、FOFIFA との共同研究の中で、マダガスカルでの生産力試験を予定する。

また、科研費を獲得し、課題 2-1 で選抜された AZ-97 のリン欠乏土壌での旺盛な生育に起因する要因を植物・土壌・微生物の分野横断的なアプローチによって解明する活動を派生的に展開することができた。その中で、AZ-97 と X265 を両親とする F₂ 集団を育成し、AZ-97 の旺盛な分げつ発生に関して、半矮性遺伝子 *SD1* 近傍に QTL を検出した。このことは、AZ-97 は草丈を低くして分げつを多く発生させる特徴を有しており、その効果がリン欠乏土壌環境でも発揮されることで生育が旺盛になっている可能性が示唆された。

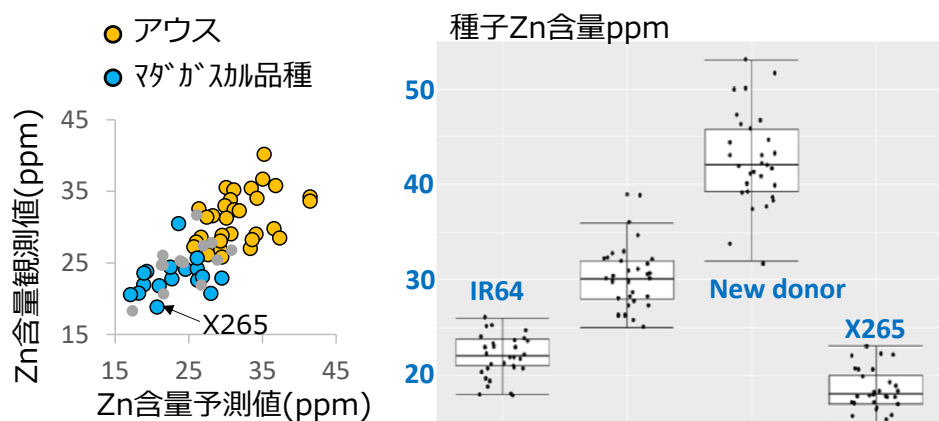


図 2-11. イネ種子の亜鉛含量を予測するゲノミックプレディクションモデルの検証 (左) と X265 を含む主な品種の亜鉛含量の比較 (右)

④研究題目 2 の研究のねらい (参考)

低リン条件で根の伸長を促しリン吸収に寄与する *PSTOL1* 遺伝子など、研究を進めてきた材料および有望な在来系統を用いながら現地での形質評価と選抜を繰り返し、低投入低肥沃度環境に適応した普及に資する育種素材を開発する。また、養分欠乏への適応に寄与する遺伝子とその機能を明らかにする。

⑤研究題目 2 の研究実施方法 (参考)

育成が先行する *Pup1* 遺伝子座を導入した準同質遺伝子系統群 (*Pup1*-NIL) と多穂系統 (穂数の増加に寄与する QTL を多収品種のタカナリに導入した NIL)、および、P の吸収利用効率に寄与する QTL をもつ育成中の交配集団について、順次、現地の栽培環境で形質評価と選抜を繰り返す。その中で特に優れた系統について、既存の栽培品種と比較しながら農家参加型評価を実施し、低投入低肥沃度環境に適応した普及に資する育種素材の開発につなげる。また、国際稲研究所 (IRRI) から導入したゲノムワイド相関解析 (GWAS) のための系統群や上述の交雑集団の一部について、現地での形質評価をもとに、肥料投入に乏しく、P 欠乏、S 欠乏、もしくはこれらの複合的な養分欠乏環境に資する新規の QTL と有望系統を同定する。さらに、これらの活用する育種素材について、マイクロアレイ法やゲノム編集などの遺伝子解析技術を用いながら、関連する遺伝子の絞り込みとその機能解明を行う。

研究題目 3 : 「栽培技術開発グループ (リーダー : 辻本泰弘)」

①研究題目 3 の当初の計画 (全体計画) に対する成果目標の達成状況とインパクト

3-1. 肥料資材の施用効果の解明

対象地域における多点の農家調査から、イネ生産に主に利用されている肥料資材は、植物残渣、家畜糞、土壌を混合した未熟堆肥 (以下、FYM=Farm Yard Manure) であり、化学肥料を施用する農家圃場割合は 5%以下に限られていることが分かった (図 3-1: Tsujimoto et al., 2019, Plant Prod. Sci.)。うち、12 点の農家圃場から FYM の試料を採取し、肥料成分を定量評価したところ、FYM に含まれる平均の窒素含量は 0.284%、リン含量は 0.049% であり、含有量から判断した場合、FYM はリンの供給源としては極めて貧弱であると考えられた。

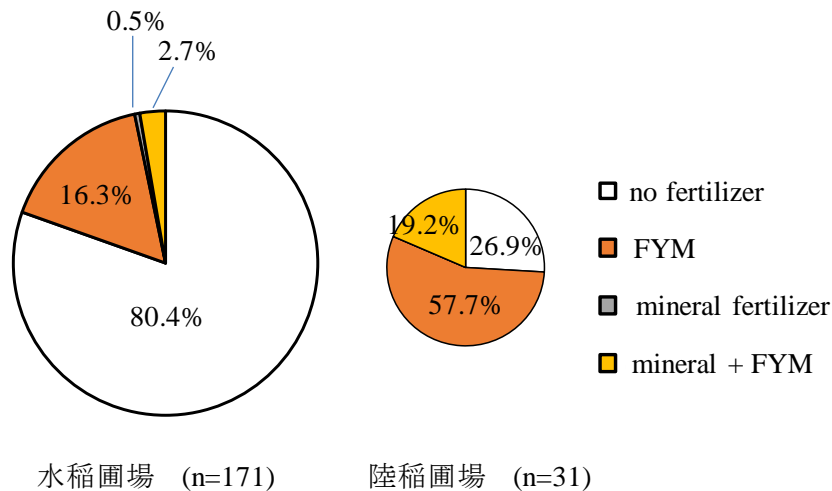


図 3-1 対象地域にみられるイネ生産への施肥資材とその施用率

600 帯帯 2, 263 圃場を対象とした拡大調査でも同じ傾向を確認 (Ozaki & Sakurai, 2021)

一方で、LRI は放射性同位体リン (^{32}P) を用いたポット実験において、湛水条件でのイネへの FYM の施用は、土壌由来のリンの吸収を増加させることを明らかにした (Rakotoson et al., 2020, Plant Prod. Sci. ; 中間評価報告書にデータ詳細)。さらに、リン含量の異なる複数の FYM を対象地域の水田土壌に混合して湛水培養したところ、セルロースを添加した場合でも、土壌溶液中のリン含量や遊離鉄含量が増加することが示された (Rinasoa et al., 2022, J. Plant Nutr. Soil Sci)。これらの観測結果から、FYM のリン含量は極めて限定的であるものの、その施用は熱帯地域の風化土壌に多く含まれる鉄態難溶性リンの可溶化など、何らかの土壌化学性の変化を引き起こすことで、イネのリン吸収に寄与する可能性が示唆された。

これらの結果を踏まえて、国際農研と LRI は、FYM を有効活用するための肥培管理技術の開発に取り組んだ。まず、2017-2018 年の昨期に、標高および土壌特性が異なる 8 地点の農家圃場を対象に、FYM (乾燥重 4.0t/ha) の施用効果を検証した。結果、FYM による増収効果は土壌のリン欠乏程度により異なり、土壌のシュウ酸塩抽出リン含量 (以下、Pox) が 100 mg/kg 以下のリン欠乏圃場において、FYM 施用による大きな増収効果および稲体のリン吸収量の増加がみられた (Asai et al. 2021, Plant Prod. Sci.、中間評価報告書にデータ詳細)。

うち、リン欠乏圃場 2 地点と非リン欠乏圃場 2 地点の計 4 圃場では、FYM、窒素肥料 (尿素)、およびリン肥料 (重過リン酸石灰) を組み合わせた連用試験を継続し、同肥料資材の中期的な効果を検証した。結果、FYM を連用した場合 (化学肥料なしの条件)、4 年間で得られた増収量の合計は、非リン欠乏圃場で 1.7 t/ha、リン欠乏圃場で 5.1 t/ha となり、リン欠乏圃場に選択的に連用することで FYM の施用効果が高まること、化学肥料と組み合わせる場合は、FYM と尿素の混合施用が最も効果的であることが分かった (図 3-2)。

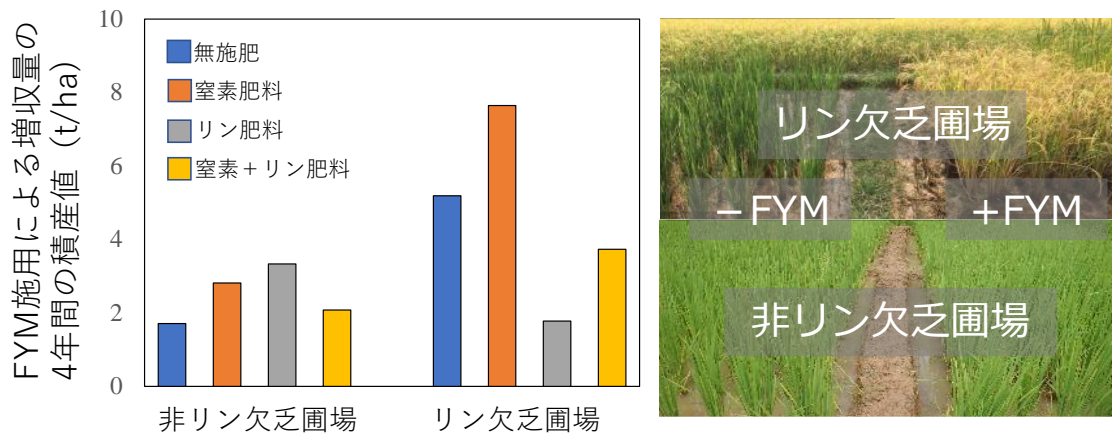


図 3-2 異なる化学肥料との組み合わせ（無施肥、窒素のみ、リンのみ、窒素+リン）における FYM の増収効果（FYM 非施用区との差分の 4 年間の積算値）の比較（左図）；リン欠乏程度により、水稻への FYM の施用効果が大きく異なる様子（右写真）

リン欠乏圃場での FYM 施用による増収量は年々増加し、1 年目 0.3 t/ha、4 年目 1.8 t/ha で連用効果が極めて大きいことが分かった（図 3-3）。いずれの年次においてもリン欠乏圃場に FYM を施用することで、到穂日数（移植から出穂までにかかる日数）の短縮と登熟歩合の改善がみられ、FYM の施用が養分供給のみならず、生育期間の短縮による低温ストレス回避等、登熟改善効果をもつ可能性が示唆された（表 3-1）。

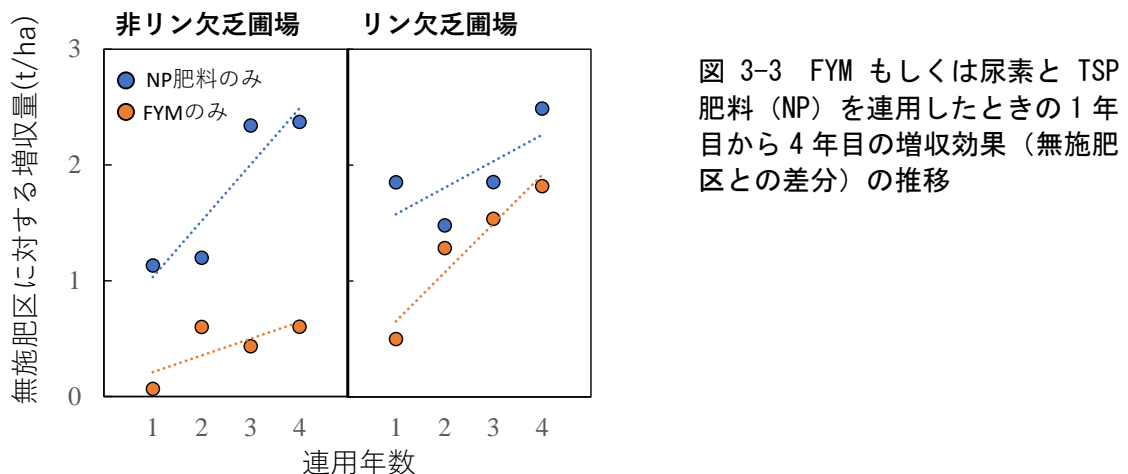


図 3-3 FYM もしくは尿素と TSP 肥料（NP）を連用したときの 1 年目から 4 年目の増収効果（無施肥区との差分）の推移

表 3-1 リン欠乏圃場において、FYM の施用が到穂日数および登熟歩合に及ぼす効果

FYM 施用による到穂日数の短縮日数 (FYM 非施用区との差分)			FYM 施用による登熟歩合%の増加 (FYM 非施用区との差分)		
2 年目	3 年目	4 年目	2 年目	3 年目	4 年目
29	23	24	15.9	22.9	21.7

*リン（TSP）非施用区の平均値。

さらに LRI は、FYM の材料（組成）による効果の違いをポット実験、培養実験、圃場実験で繰り返し検証し、農家が利用するいずれの FYM でもリン欠乏圃場で高い効果をもつものの、リン/炭素含有比が高い豚糞や鶏糞を多く含むと、特に高い効果が発揮されるという成果をとりまとめた（Rinasoa et al., 2022, J. Plant Nutr. Soil Sci.; Rinasoa et al., under review）。

一連の研究は、対象地域をはじめ、サブサハラアフリカの小規模農家に重要な肥料資材である FYM の水田への施用に関して、リン欠乏圃場での特異的な連用効果とその作用機

の一旦を示した初めての実証事例である。

得られた結果をもとに、研究者・普及員向けのテクニカルノート（英語、仏語）および農家向けの技術マニュアル（マダガスカル語）を作成し、LRI のウェブサイトに掲載した（2021 年度報告書図 3-1 参照）。同資料には、① FYM の施用がリン欠乏土壌（土壌の Pox として 100 mg/kg 以下）で有効である、② FYM に豚糞や鶏糞を加えることで増収効果が向上する、③ FYM と窒素肥料との混合施用、もしくは FYM の連用により増収効果が改善する、の 3 点を記載した。

2021-2022 年の作期には、作成した技術マニュアルの有効性を検証するため、無作為に選定した農家圃場 40 地点を対象に参加型評価試験を実施した。収量データは取りまとめ中であるが、収穫直前の達観調査から、各圃場のリン欠乏程度（強欠乏：Pox が 50 mg/kg 以下、中欠乏：Pox が 50~100 mg/kg、弱欠乏：Pox が 100 mg/kg 以上）と FYM の効果の間に密接な関係が確認された（図 3-4）。

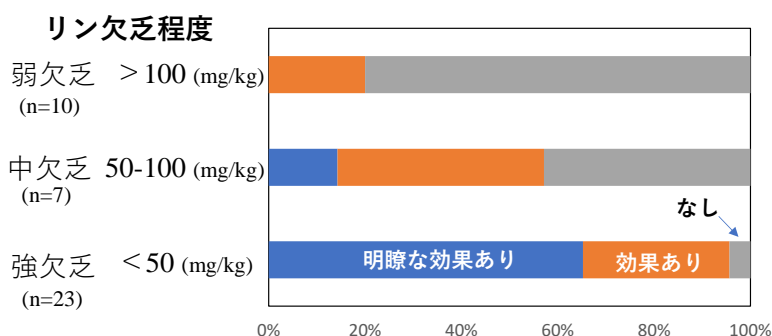


図 3-4 農家圃場 40 地点のリン欠乏程度と達観調査による FYM 施用効果の関係
達観調査では、FYM 施用効果を 3 段階、①明瞭な効果あり（＝圃場から離れた場所でも明瞭に FYM の効果が判別できる）、②効果あり（＝圃場の近くで、明瞭に FYM の効果が判別できる）、③効果なし（＝圃場の近くでも、FYM の効果が明瞭に判別できない）、に分類した。

続いて、技術マニュアルを用いて、参加農家 36 名と全圃場を巡回し、局所管理の重要性を説明した（図 3-5）。結果、全農家が圃場のリン欠乏程度と FYM の効果が密接に関連することを認識し、次作期以降の FYM の利用について、「圃場に応じて施用量を調節したい」と回答した農家が 96% を占めた。具体的には、リン強欠乏圃場の所有者の多くが「投入量を増やしたい」と回答する一方で、弱欠乏圃場の所有者は、「FYM の量に限りがあるので、施用量を減らして、別の水田圃場や畑に施用したい」という回答が得られた。以上から、本研究で得られた知見が、各農家の現状に応じて実践的に活用される可能性が高いことが示された。また、研究題目 4 の 600 家計を対象とした調査によれば、52-54% の農家が FYM を自家生産しており、生産農家の平均生産量は年間約 1.6t（乾物重）あること、本連用試験での FYM の投入量（4t/ha）とで農家の平均水田保有面積（約 0.3ha）から、ここで得られた知見は、対象地域の水稻生産に量的にも意義のある成果と考えられる。



図 3-5. 試験圃場での FYM 技術マニュアルの説明（左）とフィールドツアーの様子（右）

これらの調査結果とマニュアルについて、JICA 技プロ Papriz に共有した。Papriz は、稲作技術普及活動の中で、FYM の利用法に対する農家の高い関心があることを認識しており、Papriz および農業畜産省の普及マニュアル改訂版に本課題で作成した農家向けマニュアルを採用することで合意した。

3-2. 養分欠乏に応じた施肥技術の開発

農家圃場での養分欠如試験の結果と研究題目 1 の土壌調査から、対象地域では、土壌の養分欠乏のうち、リン欠乏が最も重要な生産制限要因であること、さらに、非晶質の鉄やアルミニウムを含むリンを吸着しやすい土壌が多く、リンの施肥効率も低い傾向にあることが分かった。一方で、硫黄の施用効果は限定的であることが確認された（中間評価報告書に詳細）。そこで、本課題では、リン欠乏に対する施肥技術の開発を重点化した。

FOFIFA と国際農研は、明治期に国内で実践されていた苗の根に骨粉を揉み付ける稲作手法に発想を得て、苗の根にリン肥料を混ぜた泥（スラリー）を付着させてからイネを移植するリン浸漬処理技術（P-dipping）を考案した（図 3-6 左）。同技術を実現する上で、まず、肥料焼けによる生育阻害が生じず、苗の根に付着しやすいリン肥料と泥の混合率および浸漬時間を最適化した（Oo *et al.*, 2020, *Agronomy*）。さらに、土壌のリン吸着能を変化させてその効果を検証したところ、同技術が株下の可溶性リン濃度を局所的に高め、従来の施肥法では肥料の効果が得られないリン吸着能の高い土壌でも、イネのリン吸収を大幅に改善できることを明らかにした（図 3-6 右: Oo *et al.*, 2020, *Sci. Rep.*）。

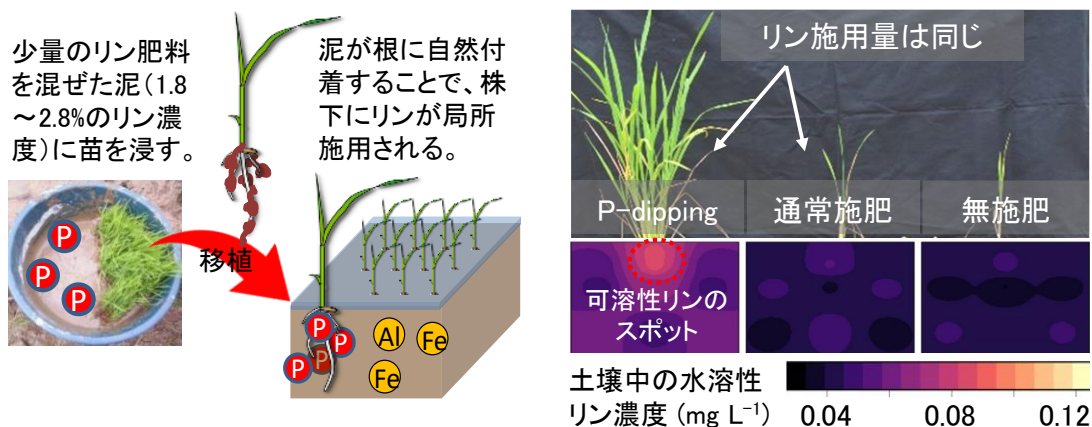


図 3-6 リン浸漬処理技術の手法（左）とリン吸着能の高い土壌でリン浸漬処理が株元の水溶性リン濃度とイネ生育に及ぼす効果の様子（右）

次に、マダガスカルの農家圃場で 3 か年の効果検証試験を行った。結果、同技術が、イネのリン吸収を促すのみならず、従来の施肥法に比べて生育期間を 1 週間以上短縮してイネの低温不稔や水不足のリスクを軽減すること（Rakotoarisoa *et al.*, 2020, *Field Crops Res.*; 2020 年 4 月プレスリリース）、初期生育の改善で冠水によるイネの枯死率を大幅に減少させることを明らかにした。この結果として、従来の施肥法に比べ、同量ないし半分の施肥量でイネの収量を 2 割程度増加できることを実証した。

一連の成果にもとづいて、2020 年 9 月の第 4 回 JCC で協議を行い、プロジェクト目標の指標を追加修正し、JICA から追加予算を受けて、リン浸漬処理の普及に向けた活動を開始することに合意した。その上で、2020-2021 年の作期に、対象地域にみられる栽培環境を網羅する 312 点の農家圃場を対象に、同技術の効果を検証するパイロット実験を実施した。結果、同技術の効果は、冷涼（高標高）で収量性の低い圃場環境で特に高く、農家の任意の品種・栽培管理条件においても、リン浸漬処理を施すことで、無施肥に対して 0.8t/ha、表層施肥に対して 0.4t/ha、収量が有意に増加することが実証された。施肥効率に換算するとリン浸漬処理によるリン 1kg 当りの平均増収量は 79kg と極めて高く、通常の表層施肥に

比べて約2倍の値となった。

2021-2022年の作期には、県農業局および民間肥料会社 Agrivet とリン浸漬処理技術のマニュアルおよび3kgのTSP(重過リン酸石灰)を梱包した同技術用の少量肥料パッケージ(約5アール相当分)を作成し、JICA 技プロ Papriz の協力を受けて、本研究の対象地域を含む5県約3,500戸の農家に同技術の研修と肥料配布を実施した(2021年度年次報告書に詳細)。収穫期の達観調査において、研修を受けた多くの農家がリン浸漬処理を実践し、顕著な生育差を観察した。一部の農家圃場では坪刈りによる収量比較を行い、リン浸漬処理を施した区画ないし圃場は、非処理区画・圃場に比べて平均で 1.1 ± 0.7 t/ha(平均±標準偏差、5県から360農家のデータを収集)の安定的かつ大きな増収効果が得られていることが分かった。つまり、肥料資材と技術研修を提供しているものの、研究者が介在しなくても、農家が自ら実践して十分な増収が得られる有望技術であることが確認された。実践農家への聞き取りにおいても、90%以上の農家がリン浸漬処理を継続ないし拡大して実施したいとの意見が得られた。これらの農家の意見を受けて、Agrivetは、次作期が始まる10月末までに追加の重過リン酸石灰を輸入し、リン浸漬処理用の少量肥料袋を作成、試験販売することが約束された。加えて、PaprizのPDMにリン浸漬処理の普及活動を追記し追加予算を受けることが内諾され、プロジェクト終了後も本成果の実装活動を担保することができた。

平行して、LRIと国際農研は、リン浸漬処理技術の効果を高めるための追加実験を行った。1つ目に、リン欠乏程度が著しい圃場においては、苗代への少量施肥法(Rakotoson et al., 2020, Plant Prod. Sci.)とリン浸漬処理を組み合わせることで、初期生育と到穂日数の短縮に対して相加的な効果が得られ、収量にも正の効果をもつことを明らかにした(Tsujimoto et al., 2021, Eur. J. Agron.)。2つ目に、リン浸漬処理で用いるTSPと土壌を混ぜて作成するスラリーについて、土壌以外の材料の利用を検討した。結果、土壌のみをTSPと混合する従来法に比べて、土壌の一部(重量ベースで25%)をもみ殻燻炭に置き換えてスラリーを作成することで、イネの初期生育に対するリン浸漬処理の効果を改善できることを示した(図3-7)。3つ目に、同じ浸漬リン濃度であっても、移植後の気温が高い場合に肥料焼けが生じやすく、気温の低い栽培環境でリン浸漬処理の初期生育への効果が大きいことを明らかにした(図3-8; Oo and Tsujimoto, accepted)。一方で、DAP(リン安)の施用量によらず、TSPを用いた方がイネの生育は優れ、リン浸漬処理にはTSPが最適な肥料資材であることを確認した。DAPのように窒素成分を含む場合、窒素の過剰吸収による生育阻害が問題になると考えられた。同技術を中長期的に連用した場合に生じる影響については、今後の研究課題である。

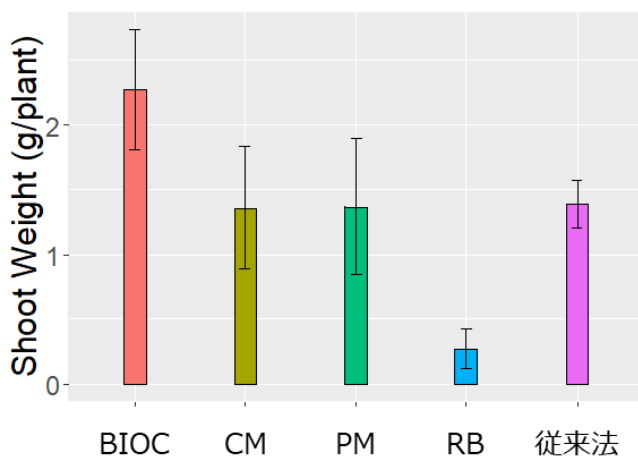


図3-7 異なる資材を混合したスラリーへの浸漬処理が移植後46日目の地上部乾物重に及ぼす効果

BIOC: TSP 1g+土壌30g+もみ殻燻炭10g、CM: TSP 1g+土壌30g+牛糞堆肥10g、PM: TSP 1g+土壌30g+豚糞堆肥10g、RB: TSP 1g+土壌30g+米ぬか10g、従来法: TSP 1g+土壌40g。エラーバーは反復間の標準誤差を表す(n=4)。

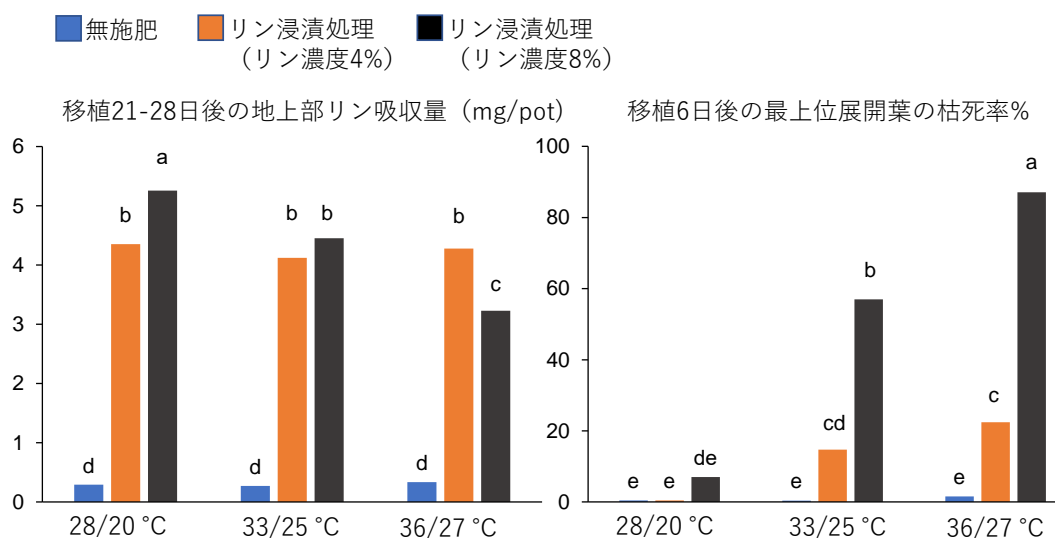


図 3-8 温度条件（昼温/夜温）とリン浸漬処理の相互作用がイネのリン吸収量（左図）と移植直後の最上位展開葉の枯死率（右図）に及ぼす効果

低温（28/20°C）条件では、移植後の植え痛み（葉の枯死）はみられず、リン浸漬処理による初期生育への効果は浸漬量が多いほど大きくなる。一方で、生育気温が高くなると、リン浸漬による移植後の葉の枯死率が増加し、リン吸収への効果が頭打ち、ないし低下する。

さらに、LRI は、リン欠乏がイネの発育（出穂）を遅延させる点に着目し、生育後半の気温低下が問題となる圃場に選択的にリンを施用することで、リン欠乏と低温不稔の双方の改善につながり、リン施肥の効果を高められることを明らかにした (Andrianary et al., 2021, *Field Crops Res.*)。リン欠乏による発育遅延が、生育期間中の気象条件の変化を介して、作物の生産性に及ぼす影響を初めて示した貴重な知見である（2021 年度年次報告書に詳細）。

また、本研究題目で得られたリン浸漬処理、苗代少量施肥、リン欠乏と低温ストレスとの相互作用、有機物資材活用法、リン欠乏土壌評価技術などの成果をまとめ、当該分野で評価の高い国際誌 *Field Crops Res.* に総説「Phosphorus management strategies to increase lowland rice yields in sub-Saharan Africa: A review」(Rakotoson et al., 2022) を公表した。

3-3. 遺伝型と施肥技術の相互作用解明

本課題は、研究題目 2 と 3 で得られた成果を統合して、プロジェクト中盤以降に展開する予定であったが、新型コロナウイルスの影響を受けて、現地の活動を縮小せざるを得ず、国内で代替的な活動を中心に行った。その中で、JST-CREST「ROOTomics を利用した環境レジリエント作物の創出」と連携し、熱帯の多収品種 IR64 を背景に根の角度を変化させた準同質遺伝子系統群 (Root-NILs) を用いた根箱実験を国際農研の温室で実施して、浅根性のイネを組み合わせることで、リン浸漬処理の効果がより高まることを明らかにした (Oo et al. 2021, *Sci. Rep.*)。表層に多くの根を発達させる地表根遺伝子 (*qSOR1* 遺伝子) の機能が、浸漬処理で株元に形成された可溶性リン濃度の高いスポットからのリン吸収に寄与した可能性が示唆された (2020 年度年次報告書に詳細)。リン欠乏環境における水稻の根系形質と局所施肥技術との相互作用を示した新規性の高い知見であり、本成果は、2021 年 5 月に開催された国際会議 11th Symposium of the International Society of Root Research での宇賀上席研究員による Plenary Speech の中でも紹介された。

本結果をもとに、現地渡航が再開された 2021-2022 年の作期に、現地圃場での検証を開始した (2021 年度年次報告書詳細)。根箱試験での結果と同様に、リン浸漬処理を施すことで、出穂期前までイネ株元の水溶性リン濃度が高まっていることが圃場でも確認された。また、新型コロナウイルス前の予備調査において、これまでに報告されている根系分布の特徴、すなわち *DROI-NIL* は深根の割合が最も多く、*qsor1-NIL* は地表面の根の割合が最も

多いことをマダガスカルの低肥沃度土壌でも確認した（図 3-9）。新型コロナウイルスの影響により生産圃場での検証に遅れが生じたものの、2022 年 4 月に材料をもつ農研機構と新たな共同研究契約を取り交わし、国際農研の交付金プロ等で継続して取り組むことで、根箱実験の成果と合わせて、根系形質とリン浸漬処理技術との相互作用に関して一定の知見をまとめる。

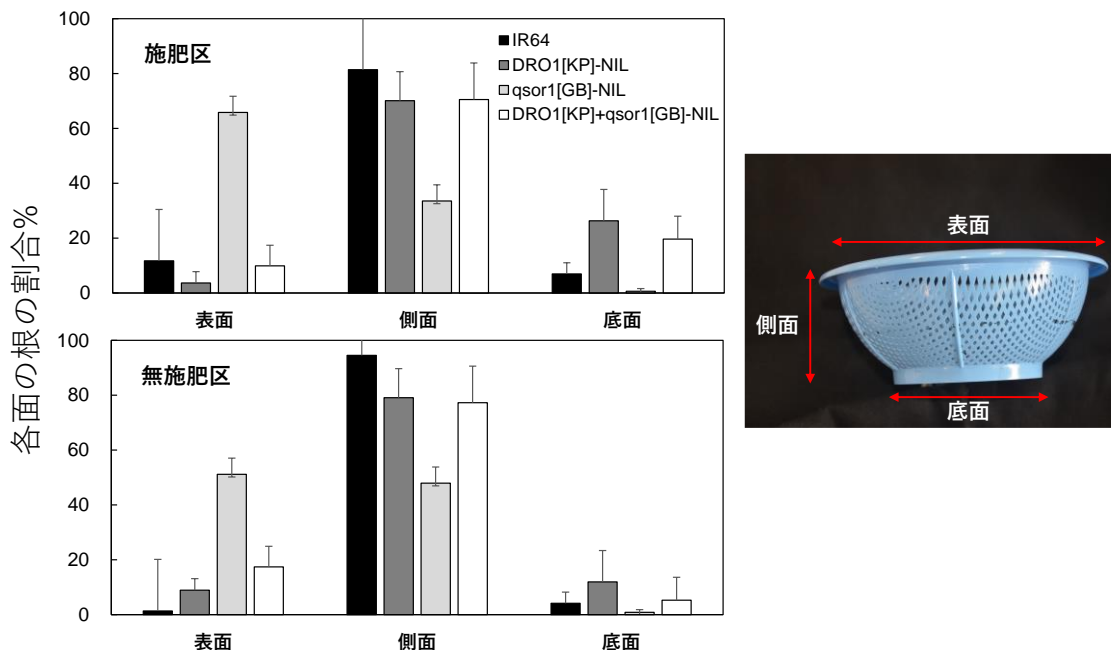


図 3-9 IR64 背景で根の角度が改良された準同質遺伝子系統 DRO1-NIL、qsor1-NIL、DRO1+qsor1-NIL のバスケット法による根角度の比較。マダガスカルの農家圃場に設置したバスケット内でイネを栽培し、出穂期にバスケットの各面から伸長した根の割合を調査した。

また、3-1 に記載した連用試験の結果、FYM、N、および P の組み合わせにより、それぞれの圃場内および 4 地点（気象条件の異なる 2 集落も 2 地点ずつ）の圃場間で収量および土壌養分条件に大きな変異をもつプロット（各プロットサイズは 3.5 m×3.5 m）を構築した（図 3-10）。新型コロナウイルスによる影響を受けて品種（遺伝子）と圃場養分環境との相互作用に関する試験は縮小せざるを得なかったが、収量性および土壌の窒素、リン、有機物量などが異なる条件での品種・遺伝子の効果等を検証する上で今後も活用できる試験圃場環境を獲得した。2021 年に LRI および FOFIFA と新たに Workplan（～2026 年度まで）を締結し、国際農研交付金プロジェクトの枠組み等で、同連用試験圃場を継続利用する。

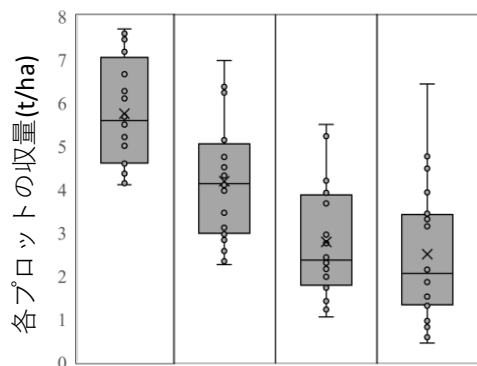


図 3-10 FYM と化学肥料を組み合わせた連用試験 4 圃場における収量変異。各圃場で連用 4 年目にみられた 24 プロット（FYM の有無×化学肥料（無施肥、N のみ、P のみ、NP）×3 反復）の収量を箱ひげ図で示した。

②研究題目3のカウンターパートへの技術移転の状況

研究題目3に関連して、2017年に、JICA 課題別研修「アフリカ地域稲作振興のための中核的農学研究者の育成」プログラムに FOFIFA の若手研究員3名を推薦し、国際農研および国内の大学での個別研修の機会をもうけた。同研修には、2020年、2021年、2022年にも FOFIFA の若手研究者5名を推薦し、稲作研究について包括的に学ぶ機会を提供した。本プロジェクトの枠組みでは、2018年と2019年に、FOFIFA および LRI の研究員と博士課程学生を5回招へいした。これらの招へいによって研究題目3の研究推進に役立つ作物生育評価技術を習得させるとともに、作物生理生態学的測定機器や気象観測装置などの環境測定機器を導入し、ソフト・ハード両面での研究基盤を強化した（中間評価報告書詳細）。その後、新型コロナウイルスの影響を受けて、招へいが中断したものの、オンラインでの指導を継続し、研究題目3に参画する LRI の博士課程学生2名が、2021年にアンタナナリボ大学より博士号を授与された（2021年度年次報告書に詳細）。いずれの博士論文もマダガスカルの稲作および農村地域の発展に直接寄与する極めて優れた内容であると高い評価が得られ、アンタナナリボ大学の審査委員長から人材育成と実用的な研究推進に対するプロジェクトへの謝意が寄せられた。また、県農業局の普及員が、リン浸漬処理の技術採用に関するインタビュー調査を実施するにあたり、開発経済学を専門とする筑波大学の中野准教授および東北大学のマケジ助教の協力を得て、調査ソフトを用いたタブレットでの調査法に関する技術を移転した。2022年7～8月に LRI から1名を招へいし、FYM の連用が土壌特性に及ぼす影響を解明するための分析を共同で実施する。

③研究題目3の当初計画では想定されていなかった新たな展開

リン欠乏土壌における FYM の施用効果メカニズムの一端を明らかにするために、名古屋大学の近藤た彦教授の協力を受けて、FYM 連用後の根圏土壌における土壌微生物のメタゲノム解析を実施した。暫定的な結果として、FYM 施用区では鉄還元窒素固定菌の相対量が増加しており、土壌微生物相の変化を通して、イネの植物体の窒素吸収にも寄与している可能性が示唆された。

本研究題目で得られた成果をもとに、出穂遺伝子とリン欠乏との相互作用の解明やリン浸漬処理を効率的に普及させるための介入方法の検証など、辻本が代表、分担を務める4つの科研費を新たに獲得し、マダガスカルでの継続的な国際共同研究を担保することができた（2021年年度年次報告書に詳細）。また、鹿児島大学でもリン浸漬処理と水ストレスの相互作用に関する課題を実施し、第131回日本熱帯農業学会での研究担当者の発表が優秀発表賞を受賞した。

④研究題目3の研究のねらい（参考）

流通する化学肥料に加えて、グアノ（鳥糞肥料）、同国のニッケル鉱山から副産される硫酸、および稲作農家の自給的な有機物資材などの地域資源を活用し、これらの施肥資材と課題2で開発される養分利用に優れた系統を組み合わせることで、圃場の養分特性に応じた、イネの収量および施肥効率を大幅に改善できる栽培技術を開発する。

⑤研究題目3の研究実施方法（参考）

本課題の基盤情報として、まず、地域のイネ生産に利用可能もしくは利用されている肥料資材の養分特性、賦存量および経済性、ならびに農家の現行の利用法に関するデータベースを作成する。次に、養分欠如試験をプロジェクトサイトに展開することで、施肥成分によりイネの生育応答が異なる代表的な圃場を選定し、上述の施肥資材との組み合わせにより、圃場の養分特性に応じた収益性の高い施肥技術を提示、農家参加型評価によりその導入効果を明らかにする。さらに、国内外の主要品種および課題2で選抜される有望系統を順次導入し、遺伝型と圃場環境および施肥技術との相互作用がイネの施肥効率と収量に及ぼす影響を明らかにする。

研究題目 4 : 「インパクト評価グループ (リーダー : 横山繁樹)」

①研究題目 4 の当初の計画 (全体計画) に対する成果目標の達成状況とインパクト

4-1. 普及要因の解明

農家間の自発的な情報伝達の促進・制約要因を解明するために、Paprizが養成した地域の農民トレーナーが普及を担うカスケードモデルの実態を調査した。調査対象村の一例として、2011年にPaprizの研修を受けて農民トレーナーに認定された農家 (図4-1の青丸) を拠点とした情報ネットワークを追跡した。農民トレーナーは、認定後の2年間 (2012年、2013年) は、Paprizから必要な肥料と種子を提供され、近隣農家の要望に応じて研修を行う努力義務をもった。追跡調査の結果、2012-17年の6年間に76名に技術情報が伝播され、うち、33名は、農民トレーナーから情報提供を受けた第1次情報伝達によるもの、残り43名は農民トレーナーから研修を受けた農家による自発的な情報伝達 (第2次以降) によるものであることが分かった。すなわち、半数以上が、プロジェクトからの便宜供与を受けない自発的な情報伝達であり、カスケードモデルがある程度有効に働いていることが示唆された。また、2次的な情報伝達のハブとなる農家の特徴として、小規模な隣人グループ内で影響力をもつ農家 (近隣親族型、図4-1のF2) と村落外にも発信力をもつ農家 (広域他人型、図4-1のF1) の2つの補完的なタイプが検出され、こうした特性をもつ農家をトレーナーに加える、もしくは、第1次情報伝達の対象者とするのが重要であると指摘した (横山、2020、開発学研究)。一方で、多くの農家は2次以降の情報伝達を担っていないことも分かった。その要因として、新技術採用にともなうリスクや効果の不確実性、もしくは間違った情報を与えてクレームを受けることへの懸念などが挙げられた。このことから、新技術のリスク情報 (例えば、P-dippingにみられる肥料焼け) や効果の確度を高める課題1の簡易土壌診断法などを普及活動に取り入れることで、農家自身が圃場特性に合わせた技術の選択採用が促され、情報伝達が円滑化する可能性が考えられた。

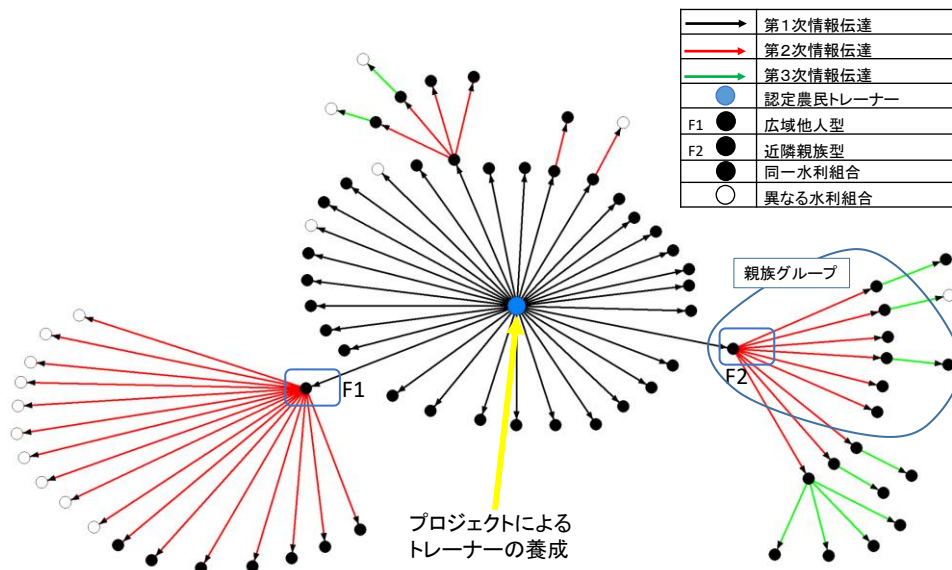


図4-1 農民トレーナーを起点とする普及のカスケードモデル：カスケードモデルの第1段階は、地方農業局が農民トレーナー候補を選抜し指導法を教授し認定証を与える。第2段階は、努力義務として農民トレーナーが希望者を募り研修を実施する (第1次情報伝達)。第3段階は完全に自発的な普及活動 (高次の情報伝達)。

次に、Papriz の技術研修に参加する農家の質的および量的な動機付けの測定を試みた。心理学研究では、低所得国の農家を対象とした量的な測定法が確立されていなかった。本課題では、計 238 名の農家を対象に 5 度の調査を繰り返し実施することで、①心理学研究で広く使われているリッカート法を用いた方法は有効ではないこと、②「回答を一人称から二人称にする」、「回答を同意する程度から考える頻度にする」などの工夫を加えれば有

効な代替法になることを明らかにした (Sayanagi et al., 2021, Japanese J. Personality)。開発援助の文脈で低所得国の農村地域を対象とした心理学研究の重要性が増しており、同論文は、リッカート法の有効性について再検討が認識されるなど、心理学研究分野で反響が得られている (平石、2021、心理学ワールド 96 号)。一方で、農家の研修に対する動機づけの定量的な測定方法の確立に時間を要したことと、新型コロナウイルスによる渡航制限の影響を受けて、開発した尺度を用いた普及要因の実証的な検討には至らなかった。

続いて、ケニアの SHEP (市場志向型農業振興) 研修プロジェクトとの比較において、マダガスカルの対象農家をもつ質的な動機づけを評価した。表 4-1 は、各研修に参加する動機を分類したもので、右側に行くほど他律的である。結果、ケニアの SHEP 研修農家に比べて、マダガスカルの Papriz 研修農家は、心理的動機付けがやや他律的 (other oriented identified が有意に低く、external が有意に高い) であることが分かった。さらに、動機づけの先行要因である基本的心理欲求 (自律性欲求、コンピテンス欲求、関係性欲求) の充足度を比較したところ、農家のコンピテンス欲求が不充足である場合に研修参加の質的動機づけが他律的であり、普及効率が低下することが示唆された (Sayanagi, 2019、国際開発学会)。たとえば、Papriz では農民トレーナーが技術の内容を十分に理解していない場合 (コンピテンス欲求の充足度が低い)、研修に来る農家数が減少する傾向がみられた。また、農民トレーナーが県農業局の担当者との関係に不満を持っていて接触頻度が低い、すなわち、関係性欲求が不充足の場合にも、研修人数が少ないことが分かった。このことから、研修教材の充実化による技術理解度を促進させたり、県農業局の担当者との接触頻度を高めることで、農民トレーナーの心理欲求が充足し、結果として、普及効率を改善できる可能性が考えられた。

表 4-1 ケニアの SHEP 研修農家とマダガスカルの Papriz 研修農家との質的動機づけの比較

	Internal	Other-oriented identified	Self-oriented identified	Introjected	External
Kenya (n=59)	0%	39%*	52%	5%	4%
Madagascar (n=85)	1%	13%	73%	0%	13%*

*は、両サンプル間で有意に差があることを示す。

4-2. 生計向上に及ぼす影響評価

対象地域における稲作を含む農業生産の現状を把握し、農業生産が農家の所得や栄養に及ぼす影響を評価するための家計調査を実施した。ヴァキナカラチャ県に位置する 3 つの郡を踏査し、農業・生態系の異なる 14 のコミューンを選択した。さらに、社会経済条件 (舗装された幹線道路や市場までの距離) の多様性を考慮して、14 のコミューンから 60 か村を抽出し、5,253 家計のセンサス (全世帯を対象とした悉皆調査) をもとに、60 か村の各村から 10 世帯、合計 600 世帯の水稲農家を調査対象とした。多少の入れ替えがあるものの、ほぼ同一の農家を対象に、2018 年度から 2021 年度にわたり通算 10 回の調査を行い、パネルデータを構築した。調査内容は、家族構成の他、圃場の位置・面積・作付体系・収量、農薬・肥料・労働の投入、研修受講の有無、家畜・資産の保有、農業外の収入、組織・団体への加入、食料消費量と購入価格、食事内容、嗜好性、健康状態、身長・体重などを網羅した。なお、これらの調査は、政府の倫理審査委員会および地方行政局の許可を受けて実施した。調査対象農家に対しては、調査の内容や目的、回答は強制ではないことなどを説明し、インフォームドコンセントを得た。個人情報が出しなないように、取得データは暗号化されたサーバーに管理した。

まず、イネの生産性向上に不可欠な技術要素である化学肥料の利用が、対象地域で進まない要因を探った。結果、①農家は水稲よりも陸稲に化学肥料を投入する傾向が強いこと (表 4-2)、②窒素肥料による増収効果は陸稲でのみ有意になること (表 4-3)、③化学肥

料の利用が利潤をあげるのは尿素を陸稲に投入した場合に限られること、の3点が明らかとなった (Ozaki and Sakurai, 2021, Japanese J. Agric. Econom.). サブサハラアフリカの稲作研究において、農家が期待される利潤に従って化学肥料の投入先 (この場合、水稲ではなく陸稲) を合理的に決定していることを実証した希少な研究成果が得られた。

表 4-2 調査対象農家の水稲と陸稲に関する記述統計

	水稲圃場		陸稲圃場		全体 NA
	化学肥料あり	化学肥料なし	化学肥料あり	化学肥料なし	
コメ生産性 (kg/ha)	5,163 (3,005)	3,870 (2,703)	2,761 (2,815)	1,876 (1,968)	3,495 (2,730)
窒素投入量 (kg/ha)	36.7 (45.5)	0	12.6 (26.95)	0	23.5 (38.2)
堆肥投入量 (t/ha)	10.3 (13.8)	1.6 (5.1)	8.0 (9.7)	3.9 (8.8)	7.9 (10.1)
圃场面積 (a)	10.7 (9.1)	18.0 (17.4)	22.1 (20.4)	22.5 (19.0)	18.8 (17.8)
サンプル数	74	1,624	96	409	2,203

注：数値は平均値、括弧内は標準偏差。水稲圃場、陸稲圃場それぞれについて、化学肥料の有無で各変数の平均値を比較すると、陸稲圃場の面積を除いてすべて1%有意水準で平均値が異なる。

表 4-3 窒素肥料がコメ単収に及ぼす効果

説明変数	被説明変数		
	コメ単収 (kg/ha)		
	係数	標準誤差	
窒素肥料の使用ダミー (使用=1、不使用=0)	-266	222	
堆肥の使用ダミー (使用=1、不使用=0)	80.4	150	
陸稲圃場ダミー (陸稲圃場=1、水稲圃場=0)		NA	
窒素肥料の使用ダミー×陸稲圃場ダミー	600	308	*
堆肥の使用ダミー×陸稲圃場ダミー	-79.9	207	
作期ダミー (2018/19年作期=1、2017/18年作期=0)	-200	455	
圃場レベルの観察可能な変数 (制御変数)		有り	
世帯レベルの観察可能な変数 (制御変数)		有り	
圃場レベルの固定効果		有り	
定数項	4672	1772	***
観察数		2203	
	構築したモデル式の決定係数 R ²	0.12	

注：圃場レベルの固定効果を含む回帰分析の結果である。圃場レベルの固定効果は、観察できないものを含めて年により変動しない圃場の特性をすべて制御している。陸稲圃場か水稲圃場か (陸稲圃場ダミー) はこの固定効果に含まれるため単独では係数を推計できない。その他の制御変数は、圃場レベルで生産にかかわるもの (種子投入量、購入した種子かどうか、雇用労働力を使ったどうか、蓄耕を行ったかどうか、作付け面積、天候に起因する生産ショックの有無、天候によらない生産ショックの有無)、世帯レベルで農家の意思決定にかかわるもの (家長の性別、年齢、教育年数、世帯構成員数、そのうち大人の数、資産保有) である。制御変数は、推計が有意にならなくてもすべてモデル式に加えた。推計には、2017/18年作期と2018/19年作期の2年分のデータを用いた。標準誤差は村レベルでクラスター化した。***、*はそれぞれ有意水準1%、10%。

次に、対象地域で拡大する陸稲栽培 (センサスの結果、65%の農家が陸稲栽培を実施していることが分かった) が農家の所得向上に及ぼす効果を解析した。標準的なプロペンシティブ・スコア・マッチング (Propensity Score Matching) の手法により分析した結果、陸稲栽培は世帯の一人当たりのコメ生産量、一人当たりの食料消費額、一人当たりの総消費額≒所得をいずれも有意に増やすことがわかった (詳細は中間評価報告書の表11参照; Ozaki and Sakurai, 2020, Japanese J. Agric. Econom.). 水稲農家にとって、陸稲栽培は新たな技術の採用と位置付けることができるが、新技術のインパクトを当該作物の生産性や当該作物のもたらす所得に限定せずに、農家家計全体への影響として評価した意義は大きい。

続いて、隣接圃場間でもリン欠乏程度に大きな変異がある (Nishigaki et al., 2019, Plant

Soil)、リン欠乏圃場ではリンが主要な制限要因となるために窒素施肥の効果が小さい (Asai et al., 2021, Plant Prod. Sci.) という研究題目 1 と 3 から得られた知見をもとに、土壤情報の提供が農家の化学肥料利用に及ぼす影響をランダム化比較試験により検証した。

2019-2020 年の作期に、パネルデータの対象とは別に 10 個の集落を選定、無作為に介入集落と非介入集落に分けた。介入集落に住む 35 世帯の農家には、土壤シユウ酸塩抽出リン含量の分析値をもとに、土壤を分析した水田において、「窒素肥料=尿素の効果が期待できる」、もしくは「尿素の効果が期待できない」のいずれかの情報を提供した。他方、非介入集落に住む 35 世帯の対照農家には情報を提供しなかった。全農家に尿素 5kg を無償で配布した。結果、「尿素の効果が期待できる」という情報を受け取った農家は、情報に反応して当該圃場に窒素肥料をより多く施用しただけではなく、他の所有水田に比べて当該圃場の単収を約 950kg/ha 有意に増加させたことが分かった (表 4-4)。一方で、「尿素の効果が期待できない」という情報を受け取った農家や情報を受けなかった農家は、所有水田間で窒素投入量や生産性に有意な差がみられなかった。この結果から、本プロジェクトで得られた知見に基づく土壤情報を提供することで、農家の施肥行動の変化や施肥効率および水稲収量の改善に繋がることが実証された (Ozaki et al., 投稿中)。土壤情報の提供が農家の技術採用や生産性に及ぼす影響に関する社会経済実験はいくつかみられるものの、土壤のリン欠乏程度に基づく尿素施肥という極めて単純化した指標の効果を提示した点で、実用的価値の高い成果といえる。

表 4-4 土壤の「尿素の期待効果」に関する情報提供の圃場レベルの効果

被説明変数	尿素投入量 (kg/ha)	窒素投入量 (kg/ha)	単収 (kg/ha)
圃場の条件ダミー (該当=1、非該当=0)			
介入農家の圃場：効果ありの情報あり	43.8 (19.1)**	53.4 (29.7)*	948 (474)**
介入農家の圃場：効果なしの情報あり	15.3 (12.3)	7.2 (5.7)	115 (375)
対照農家の圃場：効果あるが情報なし	0.1 (24.2)	1.3 (10.9)	-539 (780)
対照農家の圃場：効果ないが情報なし	38.9 (35.2)	16.1 (16.5)	766 (508)
圃場レベルの観察可能な変数 (制御変数)	有り	有り	有り
世帯レベルの固定効果	有り	有り	有り
観察数	207	207	207

注：世帯レベルの固定効果を含む回帰分析の結果である。括弧内は世帯レベルでクラスター化した標準誤差。**、*はそれぞれ有意水準 5%、10% を意味する。窒素投入量は、使用した化学肥料の成分に基づき計算した値である。成分として、尿素は(N46-P0-K0)、複合肥料は(N11-P22-K16)を用いた。

新型コロナウイルスの影響を受けて中断していたものの、2021-2022 年の作期には、上述の知見を実用的な成果に繋げるために、研究題目 1 で開発した土壤のリン欠乏程度評価技術 (Kawamura et al., 2019; 2021) を採用し、パネルデータ対象の 600 世帯を対象に大規模なランダム化比較試験を実施した。実験は、60 か村を無作為に 4 群にわけ、各群に属する農家 (約 150 世帯) に表 4-5 の処理を実施した。尿素肥料の提供に加えて、現金給付を採用した理由は、過年度に実施した小規模実験の結果が尿素肥料の実物を受け取ったためか、施肥購入も促すものなのかを検証するためである。実験の結果はプロジェクト延長期間中に実施する家計調査で明らかにする。

表 4-5 600 世帯を対象とした土壤のリン欠乏情報を用いた介入実験の処理

	処理群 1	処理群 2	処理群 3	処理群 4
圃場のリン欠乏程度情報の提供	○	○		
尿素肥料 5kg の提供	○		○	
尿素肥料 5kg と等価の現金 10,000Ar を給付		○		○

4-3. 栄養改善に及ぼす影響評価

研究題目 4-3 では、構築したパネルデータを用いて、農業生産が人々の食事や栄養に及ぼす影響を解析した。まず、消費者として重視するコメの属性をクラスター分析にかけることで、世帯により「質と栄養」「調理方法の簡便さ」「食感や品種」「食味」を重視するグループに分類されることが分かった（詳細は中間評価報告書の図 38 参照）。

次に、食事調査から栄養素の供給を定量評価するために独自の栄養素換算表を作成した。西アフリカや米国、日本の食品成分表を参照しながら、家計調査での回答や追加調査をもとに、にんじん 1 束という回答が何 g に相当するか等の「重量換算」、ヴァリアミナナという地元の料理名にどのような食材がどの程度含まれているのかなどの「食材換算」、また、料理法に応じた「栄養素供給量換算」など、一つずつ計算式を作った。この栄養素換算表は、JICA 技プロ PASAN での活用に代表されるように、マダガスカルの栄養研究の基盤になることが期待できる。

この換算表を用いて農家の栄養素摂取量の現状を評価したところ、対象地域ではカルシウムやビタミン A の摂取量が極めて少なく、中間値では、エネルギーや亜鉛、チアミン、葉酸などの微量栄養素も基準となる必要量を満たしていないことが確認された（図 4-2）。

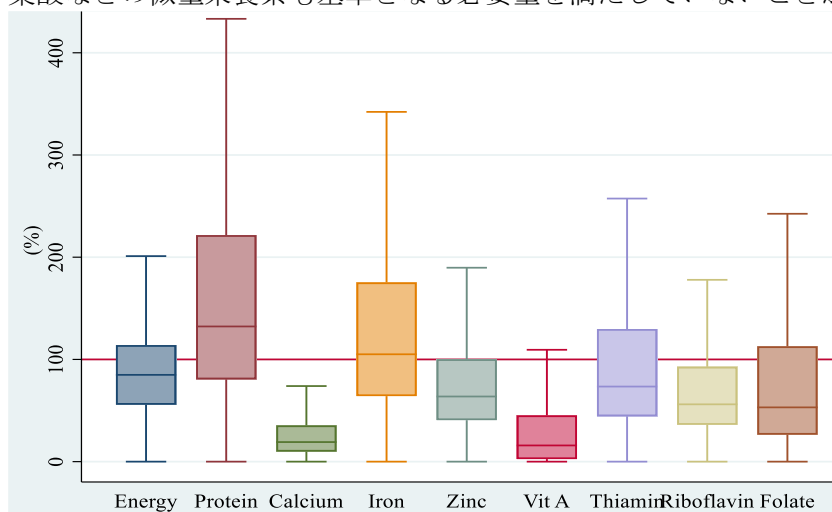


図 4-2 対象地域における必要栄養素量（全米医学アカデミーの基準をもとに算出）に対する栄養摂取量の割合の箱ひげ図。

次に、水稲収量の増加が、人々の栄養素摂取量に及ぼす影響を解析した。結果、水稲収量が増加することにより、コメの販売量と野菜、果物、肉・魚の購入量が増加し、エネルギー、亜鉛、鉄分、ビタミン A など、対象地域で不足する栄養素の摂取量が有意に改善されることが分かった（表 4-6；Nikiema et al. working paper として公表済、国際誌投稿中）。具体例を示すと、水稲収量が 1t/ha（約 30%）増加した場合に、月単位のコメの販売量が大人 1 人当たり 65,000 アリアリ（1 アリアリ≒0.032 円、143%）、野菜の購入額が 300 アリアリ（14%）、ビタミン A 摂取量が 12.5mcg（6%）増加した。本解析により、プロジェクトで目指す水稲の生産性改善が人々の栄養改善に量（カロリー供給）・質（栄養バランス）の両面において貢献できるという知見を得ることができた。

表 4-6. 水稲収量の増加が現金収入、食材購入、栄養素摂取量に与える弾力性（%変化）

コメ販売による現金収入	野菜購入量	果物購入量	肉・魚購入量	エネルギー摂取量	亜鉛摂取量	鉄分摂取量	ビタミン A 摂取量
4.75***	0.46***	0.58**	0.66***	0.18***	0.12***	0.75***	0.19***

有意水準：*** 1%、**5%

さらに、パネルデータの解析により、イネを含む農業生産の多様性が人々の栄養改善に及ぼす影響や栄養状態の季節変動についても重要な知見を得ることができた。まず、農家が生産する食品群数と消費する食の多様性 (HDDS) に有意な正の相関があること、食の多様性が子どもの短期的な栄養状態の指標となる「身長に対する体重」スコアの向上につながる事が分かった(表 4-7; Ramahaimandimby et al. 2022, Japanese J. Agric. Econom.)。また、マメ類を生産することで、エネルギーや微量栄養素 (鉄と亜鉛) の摂取が有意に増加、すなわちマメ類を自家生産している農家は非生産農家に比べて、1 日当たりの摂取量として、エネルギーで 616.3kcal (31%)、鉄分で 8.03mg (36%)、亜鉛で 2.15mg (22%)、有意に増加することが示された (Ramahaimandimby et al. 2022, Japanese J. Agric. Econom.)。

表 4-7. 農業生産の多様性が食の多様性に、食の多様性が子どもの栄養指標に及ぼす弾力性

	食の多様性 (HDDS)		子どもの身長に対する体重
農業生産の多様性	0.17***	食の多様性 (HDDS)	0.40*

*、***はそれぞれ 10%、1%水準で有意。身長に対する体重は急性的な栄養不良を示唆する。スコアが低いと消耗と呼ばれる状態。

栄養状態の季節変動については、水稻の収穫前 (2 月) のエネルギー摂取量が収穫後 (6 月) に比べて有意に低い他、収穫前にはカロリー摂取量に占めるコメの割合 (68%→59%) や自家生産物の割合 (69%→44%) が減少し、代わりにイモ類の割合 (8%→16%) や購入食品の割合 (17%→46%) が有意に増加するなど、栄養状態や食事内容が季節により有意に変化していることが分かった (Shiratori et al., under review)。

水稻収量、作付けの多様性、マメ科生産、季節変動など、対象地域にみられる農業生産と栄養改善に関して本課題で得られた知見について、施策や活動に反映してもらえよう、第 5 回 JCC やオンライン会議を通して ONN および JICA 技プロ PASAN に提示した。PASAN では本研究で得られた示唆の活用方法を検討し、現在実施している研修内容にマメの重要性や作物多様性の維持、栄養摂取の留意事項等を組み込むこととなり、本成果の社会実装への道筋を具体化することができた (PASAN による具体的な成果活用例は表 III-1 に詳細)。

以上のように、パネルデータの解析を中心に水稻生産性向上の効果を含めて、農業生産と栄養改善との関係性のある程度評価することができた。今後の課題としては、農業生産をより効果的に栄養改善に結びつけるうえで、市場の役割を含めた食品選択の理由や栄養改善対策に対する消費者受容性などを明らかにする必要がある。プロジェクト終了後の連携を見据えて、2022 年 6-7 月に実施する出張において、ONN と共同で、食品選択の理由等についての質的調査を実施した。

②研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

2019 年度に、FOFIFA の Razafimbelonaina 氏と ONN の Rafalimanantsoa 氏を招へいし、櫻井と横山が講義を担当する東京大学と ICU での研究室セミナーを利用して、各自が担当する課題を報告し、研究立案に繋げた。同招へいでの研究立案をもとに、ONN の Rafalimanantsoa 氏が食料消費に及ぼす要因について、たとえば女性が栄養に関する知識を持ちそれを実行に移すかどうか食料安全保障に有意に影響を及ぼしているなどと分析し、白鳥はその博士論文執筆を指導した。SATREPS 枠の国費留学生 (Ramahaimandimby Sandratra Zoniaina) を家計調査の管理者として参加させ、タブレットを利用した家計調査の手法を習得させた。また、FOFIFA と ONN のそれぞれに、PC、周辺機器、および統計ソフトを供与し、オンラインでの情報共有や自前でのデータ解析ができる環境を整備した。

③研究題目 4 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

ONN 局長からの公式依頼文書（2020 年 9 月 25 日付）を受けた派生的な課題として、新型コロナウイルス発生前後 3 回の家計調査のデータからパンデミックの影響を分析した。パンデミック前後で各栄養素摂取量および食料消費額について有意な差は見られなかったが、食料消費額のうち自家生産によるものと購入によるものに分けて解析したところ、購入の割合が有意に低下していることが示された。マーケットが機能しなかった、または所得減によるマーケットへのアクセス減が示唆され、自家生産の割合が高い世帯は新型コロナウイルスによる影響が小さかった可能性が示唆された。

課題 4-3 の派生的内容として、ONN および英国レディング大学と連携して、マダガスカルをベースとした食生活指針構築を行うための科研費を新たに獲得した（科研費国際共同研究強化（A）白鳥）。

④研究題目 4 の研究のねらい（参考）

稲作技術の普及に関わる社会ネットワークと自律的動機付けの役割を明らかにし、効率的な普及に必要な政策課題を取りまとめる。施肥法や品種などの稲作技術の選択を決定する要因を解明し、技術選択の違いが農家の経済厚生に及ぼす影響を明らかにする。食事パターンや栄養状態の要因を分析し、イネの生産性向上や所得向上などが栄養改善に及ぼす影響を分析する。

⑤研究題目 4 の研究実施方法（参考）

ランダムに選択された約 600 世帯で家計調査を繰り返し行い、稲作技術、生産性、所得、および栄養状態に関する 600 世帯×4 年間のパネルデータを構築し、既存の稲作技術、生産性、所得、および栄養状態との関係を解析するとともに、食事に対する嗜好性の嗜好表明法調査、ならびに開発技術を用いた介入試験により、その技術効果を明らかにする。技術普及要因の解析については、JICA 技プロ（PAPRIZ II）と協力し、近隣に位置する同技プロの対象村（約 10 村）で、技術の情報伝達フローなど技術普及に関する社会ネットワーク調査と農家が技術を採択・継続するための心理特性と動機付けの調査を行う。

II. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

(1) プロジェクト全体

- ・プロジェクト全体の現状と課題、相手国側研究機関の状況と問題点、プロジェクト関連分野の現状と課題。
- ・各種課題を踏まえ、研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・インパクト・持続性を高めるために実際に行った工夫。

本プロジェクトでは、JICA マダガスカル事務所の事前アドバイスを受けて、提案当初から農業畜産省を相手国代表機関とした。行政機関であるため、「研究運営体制」に記載した通り、政権交代、閣僚再編、人事異動等によって、相手国研究代表者を含め、頻りに担当者が交代した。また、研究の進め方や課題内容に対する理解を得ることが当初困難であった。しかし、研究代表者や業務調整員が頻りに情報共有を行い、研究の意義を説明することで、少しずつ、同省の協力体制や主体性を醸成することができた。活動後半には、研究の成果が見えるようになり、大臣以下、担当者が交代しても同省の重要な事業として継承され、同省の年次報告書や CARD 会合等において、同省自らがプロジェクト成果を積極的に発信するようになった。大臣、事務次官による面談やイベントへの出席は 20 回を数えた。

結果として、大臣を含めて農業政策を担う行政機関を代表者に据えて密に連携したことが相手国の研究者、農家、普及員、肥料会社の主体性を高めることに繋がり、メディア露出も増えて、プロジェクトのインパクトおよび持続性を担保するうえで功を奏したと考えている。マダガスカルでは、農業畜産省に JICA の政策アドバイザーや JICA 技プロ Papriz が設置され、長年にわたる JICA の農業開発支援事業への理解が得られていた点、また、これらの JICA 専門家と緊密に連携できた点は、本プロジェクトの外部要因としての大きな強みであった。

また、本プロジェクトでは、得られた成果の妥当性と有効性を高めるために、実装先である農村集落での調査と実験を中心に据えた。そのため、農家を尊重し、地域コミュニティとの良好な関係を継続することを重視した。この点について、現地で活動する雇用スタッフを含めてプロジェクト内で認識を共有し、慎重な姿勢で活動を進めた。具体的には、農民集会、メディア発信、マニュアル作成を通じた地域農家の理解促進、ドローン飛行のための地方行政、航空局および軍部からの許可発行と保険加入（本プロジェクトがマダガスカルで最初のドローン保険の適用事例となった）、土壌調査や家計調査の際の農業畜産水産省および地方行政局からの協力要請レターの発行、家計調査および身体測定のための倫理審査委員会での審査などの対策を実施した。また、コロナ感染拡大による渡航停止期間を除いて、数多くの日本側研究者が農村地域を訪問して、共同で調査・実験を実施し、受益者である農家及び地域コミュニティとの対話に努めた。プロジェクト期間を通して農村集落との大きな争いはみられなかった。また、農村集落での調査、農家圃場での実験を中心にしながらも、数多くの原著論文を公表したことは、本国際共同研究の優れた特徴と考えている。

プロジェクト期間中の持続的な共同研究を実現するために、各プロジェクトサイトおよびラボでの技術スタッフの増員と日本側研究者の余裕をもった渡航活動計画を実施し、相手国研究者に対して、移動を含めて土日祝日の作業を避けること、収穫サンプルの処理などの単純労働を可能な限り軽減することに努めた。結果として、日本側とマダガスカル側ともにほぼ同じメンバーで課題を推進することができ、多くの成果に繋がった。さらに、各研究題目で得られた共同研究体制および成果を基盤として、JICA 技プロ活動に反映させたり、国際農研の交付金や新規外部資金を獲得したりするなど、プロジェクト終了後の持続性に繋がる多くの予算や実施体制を確保することができた。

本国際共同研究実施上の全体課題として、**RD** に記載された相手国による導入機材の関税支払いと相手国カウンターパート研究者の事業活動にかかる日当宿泊費支払いは、スタート時から調整が難航した。前者については、当初不透明であった手続きを整理し、①JCCで機材リストおよび概算金額に合意する、②農業畜産省がリストをもとに相当する関税額を予算計上する、③機材発送前に農業畜産省による関税支払い物品であることを税関に事前通達する、といった手順により、農業畜産省による資器材の関税支払いが滞りなく行われるようになった。一方で、整理された手順に則っても処理手続きを終えて機材が所定の場所に到着するまでに数か月の時間を要し、その間の保管料が別途かかるという問題は残っている。そのため、タイムリーに必要な消耗品等は、出張者の手荷物として運ぶ、もしくは、新型コロナウイルスの影響で出張が停止され、業務調整員も緊急退避となった期間においては、事業費の中で税金を支払い、即座に必要な場所に届けるという措置もとった。

後者の日当宿泊費については、特に、農業畜産省傘下ではない **ONN** と **LRI** の職員への支払いについて調整が難航した。その点は解決したものの、煩雑な執行手続き自体は、マダガスカル政府全体の規則であり変更させることは難しかった。そのため、①予算は確保されているが支払いまでに数か月かかりその間はカウンターパートの自己負担になる、②予算成立までの期間（1～3月など）は執行できない、③出張前後の申請・報告手続きなど農業畜産省を頻繁に訪問する必要があるなど、農村地域での活動を中心とする本プロジェクトの推進に支障が出る状態が続いた。特に、③は多くの時間が取られるため、大学で授業を受け持つような多忙な研究者は自己負担で出張に出るという事案がみられた。③については、出張申請・報告をメールベースで承認されるように農業畜産省および財務省と合意したものの、①、②の課題は残った。そこで、**JICA** 事務所および農業畜産省と協議し、大学院生、ポスドク研究員、参画研究機関による期限付きの直接雇用職員などについては、相手国政府が負担すべき日当宿泊費の対象ではないと分類し、事業予算から彼らの日当宿泊費を支払えるように整理することで、農村地域での円滑な調査実験活動を担保した。ただし、マダガスカル側の参画研究機関にとっては、共同で競争的資金を獲得しながら、マダガスカル側のみ事業活動のための日当宿泊費が計上できないという点は、**SATREPS** の特殊事情と理解されているものの、一般的な研究予算としては理解が難しく、根本的な解決

には至っていないという印象である。

プロジェクト後半に大きな影響を受けた新型コロナウイルスへの対応については、2020年度、2021年度、および2022年度の年次報告書に詳しく記載した。主な対策として、①移動制限に備えて、実験調査を行っている農村集落に人員や必要資機材を追加配置した、②各研究題目で最も重要な最小限の活動に絞りこんだ、③国内のリン欠乏圃場・土壌を活用した代替実験を実施した、④オンライン会議、オンラインストレージ、Slackなどのコミュニケーションツールを多用した、などが挙げられた。結果、リン浸漬処理技術の普及や新品種登録など、既に成果が実装に移りつつあった活動、および、FYMの連用試験や家計調査など実施方法が既に確立されていた活動については、マダガスカル側の主体性が醸成されていたこともあり、それほど大きな問題にはならなかった。リン浸漬処理の普及については、渡航制限中にPDMを上方修正し、JICAからの追加予算を受けて、むしろ活動規模を拡大した。一方で、プロジェクト後半に想定していた品種と施肥技術の相互作用や開発技術の介入実験など、新たな調査項目や現地の状況に合わせた柔軟な工夫が必要となる活動については、遠隔での作業は難しく、遅延せざるを得なかった。また、専門的知見を有する研究者が農家・普及員の認識や心理的欲求を読み取りながら進める必要のある「4.1普及要因の解明」についても、遠隔での課題進捗が困難であった。

・プロジェクトの自立発展性向上のために、今後相手国（研究機関・研究者）が取り組む必要のある事項。

本プロジェクトを通して、相手国研究機関は主著・共著の多くの論文や技術マニュアルを蓄積し、研究施設も充実した。プロジェクトで得られた成果、技術、研究設備、連携体制を活用し、相手国研究機関・研究者が主体となった研究立案、予算獲得、研究活動を進めていくことが望まれる。そのために、新たに博士号を取得した研究者を含めて、若手研究者の安定的な雇用確保が不可欠である。これまでに取った主な対策は、「中間評価での指摘事項への対応」に記載した通りであり、多くの課題は残るものの、一部のポスドク研究員については、IITAやAfrica Rice Centerなどのポストを得ることができ、また、上述の通り各研究題目で新規予算を確保することで、暫定的には雇用を確保することができた。

日本側の研究者のみならず、都市部にいるマダガスカルの研究者も自国の農村地域の実態を知る機会があまり多くないこともある。一方で、現場に即した活動を重視するあまり、そこで得たデータを学術的知見に昇華できない活動も多い。本プロジェクトでは、マダガスカルの農村地域での調査実験を中心に据えながら、フィールドで粘り強く観測することで得られたデータを国際誌に取りまとめ、実用性の高い学術的知見を創出する体制を強化した。相手国（研究機関・研究者）による今後の取り組みにおいても、生産現場の課題解決と学術的創造性の双方を意識した活動を継続してもらいたい。

・諸手続の遅延や実施に関する交渉の難航など、進捗の遅れた事例があれば、その内容、解決プロセス、結果。

本項目における具体的な事例は、年次報告書や中間評価報告書に記載した通りであるが、主な内容について、以下、列記する。

- マダガスカルにおける代理店の不足から、いくつかの機材調達および関連活動に遅れが生じた。適宜、国際農研での国内調達に切り替えることで対応した。
- FOFIFAに整備した遺伝解析ラボ、交配温室、乾燥器の設置にともない、同施設の電気容量が不足した。これら設備の電気容量を50Aまで引き上げ、電気回線を修繕することで、迅速に対応した。また、必要な電気料金についても、農業畜産省のカウンターパート予算に追加計上された。
- COVID-19による移動制限やLRIが位置する地区の長期的断水、元素分析測定装置の不具合の影響を受けて、土壌炭素・リン分布図の作成に遅れがみられたが、プロジェクト延長期間を通して対応した。
- FOFIFAの遺伝解析ラボにおけるDNA抽出がうまく行かず、遠隔で原因究明を図った

が解決には至らなかった。現地渡航が再開した際に FOFIFA 研究者と DNA 抽出実験を行い、一連のプロセスを確認した。結果として、冷凍庫に保管していた葉身サンプルが度々起こる停電のために凍結と溶解を繰り返し劣化が進み、DNA の分解が進んでいたことが判明した。今後は葉身サンプルの冷凍庫での長期保存は避け、サンプリング後速やかに DNA 抽出を行うことを基本とした。

- 交配温室が高温になりやすく交配の確度が低い問題があった。排気ファン、空調設備、寒冷紗の設置により改善され、渡航再開後に交配が問題なくできたことを確認した。

各研究題目における「相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用」および「類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等。」は以下の通りである。いずれの研究題目においても、本プロジェクトで構築した共同研究体制を軸として、類似分野の研究機関を取り込んだ新たな研究予算を獲得している。

(2) 研究題目 1 : 「養分特性評価グループ (リーダー : 森塚直樹)」

カウンターパート研究者主体での技術開発に力を入れ、マダガスカル研究者の主著・共著論文、国際会議での公表を数多く達成した。また、プロジェクト前半に主たる分析機器や解析処理技術などの技術移転を完了させたため、日本側研究者が渡航できない間も、研究を継続的に進捗させることができた。一方で、成果の社会還元に向けた技術マニュアルの作成やワークショップの開催については、研究者にとっては慣れない作業であり、双方の意思を確認しながら遠隔で進める必要があったために時間を要した。2021 年度の後半以降、日本からマダガスカルへの渡航が再開したことで、オンラインで遅滞していた協議を速やかに進展させ、技術マニュアルの完成とワークショップ開催を実現した。今後、開発した評価技術を継続利用していくためには、分析機器を有する LRI による主体的な宣伝活動、分かりやすい分析受託の設計、SNS を介したワークショップ参加者による口コミなどにより、類似プロジェクト、分野等の関心を高める必要がある。

(3) 研究題目 2 : 「育種素材開発グループ (リーダー : マティアス・ビスバ)」

上述した DNA 抽出や交配方法で生じた問題の他、欠株や生育のばらつきが多い場合の生育収量調査など、実験プロトコルから外れた場合に経験値の高い研究者が現地の状況をつぶさに観察しながら解決策を模索するというプロセスが必要であり、その点で、渡航制限の影響は大きかった。現地圃場においても通信状況が向上していることから、VR やテレビ会議等を活用し、実際の作業をできる限りリアルタイムで観察することは同様の状況が生じた際の今後の対策案の一つとして考えられる。

類似分野で活動する CIRAD (フランス農業開発研究国際協力センター) および Africa Rice Center ともプロジェクト期間を通して情報共有を進めた。CIRAD とは、亜鉛強化系統の評価について共同論文を発表した。AfricaRice とは、登録した水稻新品種のマダガスカル以外のアフリカ諸国での評価について協議を開始した。

(4) 研究題目 3 : 「栽培技術開発グループ (リーダー : 辻本泰弘)」

研究題目 1 と同様に、カウンターパート研究者主体での技術開発に力を入れ、マダガスカル研究者の主著論文 6 報、学位論文 2 報を達成した。途中、2 名の FOFIFA 研究員を国内の大学に留学させたため、課題推進の人員が一時的に不足したが、学位取得後、継続して FOFIFA の研究発展に貢献することを期待する。

本課題で開発したリン浸漬処理技術や FYM の効率的利用法を普及させる上で、担当研究者による継続的なモニタリングと JICA 技プロ、民間、開発経済学分野との連携を強化する必要がある。一例として、筑波大学の開発経済学の専門家を代表として、リン浸漬処理を効率的に普及させるための介入方法を検証することを目的とした新たな科研費「肥料の小分け販売が少量施肥技術の採用と稲作生産性に与える影響：マダガスカル」の事例

（2021.10-2025）を獲得した。また、今般の肥料価格の高騰を受けて、開発した施肥技術が農家に使われにくくなる、ないしマダガスカル国内で肥料が入手しにくくなるという懸念があるため、今後の動向について注視する必要がある。FYM の効率的利用法に関する成果については、化学肥料の高騰がポジティブに働くかもしれない。合わせて、マダガスカル以外のアフリカ稲作地域へのインパクト拡大のための措置も模索する。

(5) 研究題目 4 : 「インパクト評価グループ（リーダー：横山繁樹）」

課題 4-2、4-3 のパネルデータはタブレットによる遠隔での調査体制を早期に整備したことから、マダガスカル国内で首都封鎖が生じた時期を除き、渡航制限中も予定通りの調査を実施することができた。農業生産と栄養との関係課題については、英国レディング大学を含めて ONN を共同研究者とした派生的な科研費課題 2 件を継続して実施しており、プロジェクト終了後の課題発展も期待できる。JICA 技プロ Papriz および PASAN との協力体制も密に構築した。一方、相手国研究機関の専門性向上という観点では、FOFIFA と ONN のカウンターパートを日本に招聘して研修したりしたものの、その後の渡航制限の影響もあり、課題の残る形となった。

中間評価時点では、世銀の PARN プロジェクトが設置した栄養サイトで毎月身体測定されている子どものデータを入手することで、本プロジェクトで収集したデータの代表性や妥当性を検証したいと考えていたが、データの秘匿性等の課題があり、実現しなかった。

Ⅲ. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

- 研究題目 1 で開発した土壌特性評価法のうち、原著論文として成果を公表済みで比較的使用しやすいと考えられた 3 点の成果について、普及員や技官向けのワークショップを開催し、英語と仏語の技術マニュアルを LRI の Web サイトに公開した。
- 研究題目 2 において、養分欠乏環境でも優れた生産性をもつ水稻新品種 2 点 (FyVary32、FyVary85) を公式にリリースし、JICA 技プロ Papriz の協力で、同品種の種子増殖を開始した (図 III-1)。水稻新品種のカatalog (マダガスカル語) は、FOFIFA および農業畜産省の Web サイトに公開した。
- マダガスカル初の温湯除雄法によるイネの交配施設とマーカー選抜育種のための遺伝解析施設、ならびに、養分分析のためのリモセン・土壌植物分析設備を構築し、相手国研究者に必要な技術移転を行うことで、自立発展的な研究開発を可能にする現地分析拠点が稼働した。2019 年 5 月 10 日に、農業畜産水産大臣出席のもとで、これら研究施設の開所式が行われ、プロジェクトの成果として、現地メディアを通して広く発信された。その後、同施設では、FOFIFA の研究者が定期的にアンタナナリボ大学農学部 of 学生向けに実習を行うなど、派生的な活用がみられた (図 III-2)。
- 研究題目 3 において、県農業局普及員および民間肥料会社 Agrivet と共同して、水稻苗へのリン浸漬処理技術のマニュアルと同技術用の少量肥料袋 (3kg の重過リン酸石灰を梱包) を作成した。さらに、JICA 技プロ Papriz および農業畜産省と連携して、同技術を中央高地 5 県の普及員に指導、普及員を通して、約 3,500 戸の農家に普及させた (図 III-3)。また、Papriz の PDM に記載することで、リン浸漬処理の普及活動がプロジェクト終了後も継続して実施されることとなった。同技術のマニュアル (マダガスカル語) や実施法は、FOFIFA の Web サイトや 2021 年 4 月に発行された「JICA アフリカ稲作技術マニュアル—CARD10 年の実践—」に公開された。



図 III-3. JICA 技プロ Papriz による水稲リン浸漬処理技術の普及活動の様子

- 研究題目 4 で得られた農業生産と栄養との関係に対する知見について、JICA 技プロ PASAN（2019 年～2023 年度）の研修活動に利用されることとなった（表 III-1）。

表 III-1. FyVary の成果への PASAN 活動における活用方法案（2022 年 4 月 30 日暫定版）

FyVary の成果	PASAN における活用案
<p>マメ類の生産、消費によって、不足しがちな鉄分や亜鉛を補給することが可能になる。</p> <p>マメ類、野菜、肉類、魚類が食事の質の向上に特に重要である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 現在の栽培カレンダーの中で、マメ類の収穫ができない 7、8、11、12 月に収穫が可能なマメ類を探し、研修に導入するとともにマメ類を日常の食事に取り入れていくことを推奨する（農業及び栄養コンポーネント）。 • マメ類の長期保存のための適切な乾燥の仕方を研修で扱う（農業及び栄養コンポーネント）。 • 世帯食のレシピでマメ類のレシピの数を、可能な限り増やす。代替可能なマメ類があれば、レシピの中で示す（栄養及び MCH コンポーネント）。
<p>コメに加え、コメ以外の多様な作物を栽培することで食の多様性が確保され、食の多様性が確保されることで HAZ の数値が改善する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 栽培管理技術を指導する作物の多様性を維持（農業コンポーネント）。 • 現在の指導対象作物の成分表を研修ガイドラインに追加（栄養コンポーネント）。
<p>季節ごとに栄養の課題が変化する。コメ収穫直前のエネルギー摂取量は低い。また、コメ収穫後、時間が経つにつれて、摂取する食事の内容も変化する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 季節ごとの栄養摂取にかかる留意事項を明確に伝える（栄養コンポーネント）。
<p>イネの生産性向上が栄養価の高い食品群の購入増加を介して、微量栄養素摂取量の増加に繋がる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • FyVary で開発したイネ増収技術であるリン浸漬処理を農業コンポーネントの研修に加える。

(2) 社会実装に向けた取り組み

本プロジェクトを通して、成果を社会実装に繋げるために、様々な広報活動、アウトリーチ活動、政策決定者や受益者を含めた相手国の主体性の醸成に努めた。詳細の活動は、各年度の年次報告書に記載されているが、その概要は以下に要約される。

Fertility sensing and Variety Amelioration for Rice Yields の略として、「FY VARY」をマダガスカルでの通称名とした。「FY VARY」はマダガスカル語で「Good Rice」を意味し、プロジェクトの活動内容を表現しつつ、現地の人々に馴染みやすい略称とロゴを考案した。また、プロジェクトのパンフレット（仏語）を作成・配布した。2021 年にはプロジェクトの主たる成果を紹介したプロモーションビデオ（マダガスカル語、英語、仏語、日本語）を作成し、Youtube で公開した。<https://www.youtube.com/channel/UC7XWJIDVAWm63A-m8kgJeMw>

同プロモーションビデオには農業畜産大臣も出演してプロジェクトの成果を発信、全国 TV でも放映するなど、マダガスカルでのプロジェクトの認知度向上に努めた。

また、プロジェクト開始以後、プレスリリース 2 件他、プロジェクトの成果、活動に関わる国内外の新聞、テレビ等のメディア報道は計 92 回を数えた。その他、農業畜産省、JICA、および JST の SNS・ホームページ・機関誌等に 20 回以上取り上げられることで、国内外でのプロジェクトの認知度を高めた。

プロジェクトで公表した原著論文、技術マニュアル、新品種カタログ、政策提言を取りまとめ、農業畜産省事務次官の緒言と合わせて製本、関係機関に配布することで、成果を参照、利用しやすい形にした。

プロジェクトの Web サイト (<https://www.jircas.go.jp/ja/satreps>) および国際農研の Web サイト、機関誌、一般公開を通じた広報活動も積極的に実施した。プロジェクト Web サイトへの掲載記事は、159 件に上る。顕著な成果については、国際農研の研究成果情報として採用され、以下の通り、一般向けに情報を公開した。

1. リン欠乏水田でのリン施肥による水稻増収量は土壌リン吸着能から推定できる
https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2021_b09
2. 深層学習で熱帯の多様な生態系における土壌のリン供給能を推定するモデル
https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2021_b10
3. イネのリン欠乏と低温不稔が問題となる栽培環境での効率的なリン施肥法
https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2021_b11
4. 量的遺伝子座 MP3 の導入は養分欠乏によるイネの穂数不足を緩和する
https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2020_b01
5. 移植苗のリン浸漬処理はイネの施肥効率を改善し低温ストレスを回避する
https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2020_b02
6. イネ生育に対する土壌のリン供給能は室内分光スペクトルから迅速に推定できる
https://www.jircas.go.jp/ja/publication/research_results/2019_b01

TICAD7、TICAD8、東京栄養サミット、SAT テクノロジー・ショーケースなど、国内外のイベントおよびワークショップでの発信・講演は、24 回を数えた。2021 年 3 月には、第 129 回熱帯農業学会の会期中に国際農研が研究代表を務める 3 つの SATREPS 課題（マダガスカル、ブルキナ、ボリビア）合同での公開シンポジウムを実施し、研究代表の辻本と、研究題目 4 の白鳥がこれまでの活動と成果を発信した。また、2021 年 1 月に LRI が創立 55 周年記念の国際会議を主催し、本プロジェクトから 4 件の成果を発表した。

プロジェクト開始以後、大臣や事務次官による面談およびイベントへの出席は 20 回を数え、普及政策を主管する同省の主体性を高めた。加えて、農家、普及員、種子検査員向けの集会、ワークショップなども 10 回以上実施し、マダガスカル語ないしフランス語での技術マニュアルや品種カタログを作成するなど、受益者向けの成果発信に努めた。作成したマニュアル、品種カタログは、相手国機関の農業畜産省、LRI、FOFIFA の Web サイトでも公開した。

IV. 日本のプレゼンスの向上（公開）

本プロジェクト期間中での、日本のプレゼンス向上に寄与する主たる事例は以下の通りである（詳細は各年次報告書を参照）。

上述の通り、これまで国内外のメディアに 72 回取り上げられ、本プロジェクトの活動、成果について高い期待が寄せられた。特に、研究題目 3 のリン浸漬処理技術の開発、研究題目 2 の水稻新品種登録の成果はプレスリリースを出して、大きな反響が得られた。

また、以下に列記するように相手国等の要人とも多くの交流を果たし、本プロジェクトの活動、成果に対する期待や謝意が数多く寄せられた。

- 2016 年 8 月 27 日に第 6 回アフリカ開発会議（ケニア・ナイロビ）での日本とマダガスカルとの両首脳会談に国際農研の岩永理事長が陪席：本プロジェクトを中心とした同国

での国際共同研究について、両首脳から、科学技術の交流を通じた二国間の関係強化を期待する発言が出された。

- 2017年12月5日のマダガスカル国大統領来日時の日本・マダガスカル両首脳の共同声明：本プロジェクト活動への歓迎の意が示された。
<http://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000313747.pdf>
- 2018年10月4日にマダガスカル国農業畜産大臣が国際農研を訪問し、本プロジェクトで開発された技術が同国のコメ生産と農家の所得向上に貢献することへの期待が寄せられた。
- 2018年11月6日の若手外国人農林水産研究者表彰授賞式に駐日マダガスカル大使館の Mireille Rakotomalala 大使が出席し、共同研究者である LRI の Andry Andriamananjara 博士の受賞に祝辞を寄せられ、授賞式の様子が同大使館の Web サイトに掲載された。
- 2019年5月10日の研究施設の開所式において、農業畜産水産大臣がスピーチを行い、本プロジェクト活動への謝意と研究成果がマダガスカル稲作に貢献することへの期待に言及された。
- 上記の開所式に在マダガスカルインド大使館の Abhay Kumar 大使も出席し、日印連携によるマダガスカル農業への貢献に対する期待に言及された。
- 2019年8月30日の TICAD7 会期中に、辻本研究代表がマダガスカル農業畜産水産大臣と会談し、本プロジェクトがコメ増産への貢献のみならず、農業研究基盤の整備や研究者の育成など多岐にわたる分野に影響を及ぼしていることへの謝意と農業畜産水産省による一層の支援を約束された。
- 2019年8月30日の TICAD7 (横浜) 公式サイドイベント「アフリカ稲作振興のための共同体 (CARD) フェーズ2 ローチング (JICA 主催)」において、マダガスカル農業畜産水産大臣が基調講演を行い、マダガスカル国のコメ増産への取り組みとして、本プロジェクトが紹介された。
- 2020年1月に、国際連合食糧農業機関(FAO)のグスタフソン副事務局長が国際農研を訪問し、辻本研究代表が本プロジェクトの内容と成果を紹介した。
- 2021年3月1日にマダガスカル国の農業畜産水産大臣、同内務大臣、同高等教育科学技術省事務次官 (大臣代理)、ヴァキナカラチャ県知事らが研究サイトを訪問し、開発したイネのリン浸漬処理技術や有望系統などの成果を発信し、同大臣と県知事からプロジェクトへの謝辞とマダガスカル国のイネ生産に貢献することへの期待が寄せられた。
- 2021年10月11日に、辻本研究代表がマダガスカル農業畜産大臣を訪問した。同大臣は、マダガスカル農業の最重要課題であるイネの安定生産に繋がる成果として、プロジェクトの活動、人材育成への取り組みを高く評価、農業畜産省が得られた成果の普及に努めることを約束した。
- 2021年11月1日に、ビスバ課題2リーダーがマダガスカル農業畜産大臣を訪問し、水稻新品種のリリースを報告、同成果に対する謝意が述べられた。
- 2022年5月10日に実施された国際協力機構 JICA の無償資金協力「アロチャ湖南西地域灌漑整備事業」の完成式典において、本プロジェクトで開発した水稻新品種 (FyVary32、FyVary85) について、マダガスカル国大統領に説明する機会を得た。大統領は、その収量性の高さやマダガスカル国の栽培環境への適性に期待を寄せられた。また、同式典のスピーチにおいて、マダガスカル農業畜産大臣が、大統領、駐マダガスカル日本大使ら要人列席のもとで、FyVary プロジェクトの成果にも言及し、日本の協力に対する謝意が述べられた。
- 2022年9月8日に終了式典を開催し、プロジェクトの成果がメディアを通して広く発信されるとともに、マダガスカル農業畜産大臣から乏しい養分環境でも優れた生産性をもつ新品種の開発、少ない肥料で効率的に稲収量を改善するリン浸漬処理の開発、数多の研究論文の創出、研究施設整備や若手人材育成など、マダガスカル国の発展に最も重要なコメの安定生産に資する多くの成果が挙げられたこと、これら成果が既に数千の農家に使われつつあることについて、関わった多くの研究者、JICA、JST および国

際農研に対する謝意が述べられた。

- 上記の終了式典において、マダガスカル農業畜産大臣から、「マダガスカルの持続的なイネ生産の向上、その技術開発と人材開発への貢献に対して」辻本研究代表に感謝状が授与された。

また、辻本研究代表を中心に、TICAD7 および TICAD8 の公式サイドイベントでの講演、国際会議での招待講演、内閣府国立研究開発法人イノベーション戦略会議、農林水産省国立研究開発法人審議会、東京栄養サミット公式サイドイベントなど、数多くの公的会合において、本プロジェクトの成果を発信した。合わせて、TICAD7（横浜）公式サイドイベントの農林水産省展示ブースや「STI for SDGs についての日本アフリカ大臣対話（文部科学省主催）」、2019年4月25・26日第8回G20 首席農業研究者会議（東京）および同年5月11・12日のG20 農業大臣会合（新潟）、2021年10月7日に開催されたCARD（アフリカ稲作振興のための共同体）総会などのハイレベル会合において、本プロジェクトの取り組みが紹介された。その他、2019年、2020年のマダガスカル農業畜産省の年次報告書、2021年9月2日に外務省科学技術外交推進会が外務省副大臣に提出されたSTIショーケース、FAO-ITUによる報告書「サブサハラアフリカのデジタル農業の現状」などにも本プロジェクトの成果が優良事例として紹介された。

V. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

別紙参照。

VI. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

別紙参照。

VII. その他（非公開）

該当なし。

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌 への掲載など、特筆すべき論文の場合、 ここに明記ください。)
2017	Kawamura, K., Tsujimoto, Y., Rabenarivo, M., Asai, H., Andriamananjara, A. and Rakotoson, T, "Vis-NIR spectroscopy and PLS regression with waveband selection for estimating the total C and N of paddy soils in Madagascar", Remote Sensing, 2017, vol. 9, No. 10, 1081.	10.3390/rs9101081	国際誌	発表済	IF = 3.244 (2016)
2018	Tomohiro Nishigaki, Yasuhiro Tsujimoto, Sehen Rinasoa, Tovohery Rakotoson, Andry Andriamananjara, Tantely Razafimbelo, "Phosphorus uptake of rice plants is affected by phosphorus forms and physicochemical properties of tropical weathered soils", Plant and Soil, February 2019, Volume 435, Issue 1-2, pp 27-38	10.1007/s11104-018-3869-1	国際誌	発表済	IF = 3.306 (2018)
2018	Kensuke Kawamura, Yasuhiro Tsujimoto, Tomohiro Nishigaki, Andry Andriamananjara, Michel Rabenarivo, Hidetoshi Asai, Tovohery Rakotoson and Tantely Razafimbelo, "Laboratory Visible and Near-Infrared Spectroscopy with Genetic Algorithm-Based Partial Least Squares Regression for Assessing the Soil Phosphorus Content of Upland and Lowland Rice Fields in Madagascar", Remote Sensing, 2019, 11(5), 506	10.3390/rs11050506	国際誌	発表済	IF = 3.406 (2018)
2019	Yasuhiro Tsujimoto, Tovohery Rakotoson, Atsuko Tanaka, and Kazuki Saito, "Challenges and opportunities for improving N use efficiency for rice production in sub-Saharan Africa", Plant Production Science, 22(4), 413-427. 2019.	10.1080/1343943X.2019.1617638	国際誌	発表済	IF = 1.230 (2018)
2019	Moritsuka, N., Kawamura, K., Tsujimoto, Y., Rabenarivo, M., Andriamananjara, A., Rakotoson, T., Razafimbelo, T. Comparison of visual and instrumental measurements of soil color with different low-cost colorimeters. Soil Science and Plant Nutrition 65(6), 605-615. 2019.	10.1080/00380768.2019.1676624	国際誌	発表済	IF = 1.415 (2018)
2019	Aung Zaw Oo, Yasuhiro TSUJIMOTO, Njato Mickaël RAKOTOARISOA. Optimizing the Phosphorus Concentration and Duration of Seedling Dipping in Soil Slurry for Accelerating the Initial Growth of Transplanted Rice. Agronomy 10 (2): 240	10.3390/agronomy10020240	国際誌	発表済	IF = 2.259 (2019)

2019	Rakotoson, T., Tsujimoto, Y. Pronounced effect of farmyard manure application on P availability to rice for paddy soils with low total C and low pH in the central highlands of Madagascar. <i>Plant Production Science</i>	10.1080/1343943X.2020.1740601	国際誌	発表済	IF = 1.230 (2018)
2019	Rakotoson, T., Holz, M., Wissuwa, M. P deficiency tolerance in <i>Oryza sativa</i> : root and rhizosphere traits. <i>Rizosphere</i> 14, 2020.	10.1016/j.rhisph.2020.100198	国際誌	発表済	IF = 1.8 (2018)
2020	Rakotoarisoa, N.M., Tsujimoto, Y., Oo, A.Z., 2020. Dipping rice seedlings in P-enriched slurry increases grain yield and shortens days to heading on P-deficient lowlands in the central highlands of Madagascar. <i>Field Crop. Res.</i>	10.1016/j.fcr.2020.107806	国際誌	発表済	IF = 3.868 (2018)
2020	Rakotonindrina, H., Kawamura, K., Tsujimoto, Y., Nishigaki, T., Razakamanarivo, H., Andrianary, B. H., Andriamananjara, A. 2020. Prediction of Soil Oxalate Phosphorus using Visible and Near-Infrared Spectroscopy in Natural and Cultivated System Soils of Madagascar. <i>Agriculture</i> 10(5), 177	10.3390/agriculture10050177	国際誌	発表済	IF = 1.415 (2018)
2020	Nishigaki, T., Ikazaki, K., Tsujimoto, Y., Andriamananjara, A., Rakotoson, T., Razafimbelo, T. 2020. Soil survey of the east coast and the central highlands indicates need to update Madagascar soil map. <i>Soil Science and Plant Nutrition</i> 66(3), 469-480	10.1080/00380768.2020.1769452	国際誌	発表済	IF = 1.432 (2019)
2020	Kawamura, K., Nishigaki, T., Tsujimoto, Y., Andriamananjara, A., Rabenarivo, M., Asai, H., Rakotoson, T., Razafimbelo, T. 2020. Exploring Relevant Wavelength Regions for Estimating Soil Total Carbon Contents of Rice Fields in Madagascar from Vis-NIR Spectra with Sequential Application of Backward Interval PLS. <i>Plant Production Science</i>	10.1080/1343943X.2020.1785898	国際誌	発表済	IF=1.696(2019)
2020	Oo, A. Z., Tsujimoto, Y., Rakotoarisoa, N. M., Kawamura, K., Nishigaki, T. 2020. P-dipping of rice seedlings increases applied P use efficiency in high P-fixing soils. <i>Scientific Reports</i> 10, 11919	10.1038/s41598-020-68977-1	国際誌	発表済	IF=3.998(2019)

2020	Tsujimoto, Y., Sakata, M., Raharinivo, V., Tanaka, J. P., Takai, T. 2020. AZ-97 (<i>Oryza sativa</i> ssp. <i>Indica</i>) exhibits superior biomass production by maintaining the tiller numbers, leaf width, and leaf elongation rate under phosphorus deficiency. <i>Plant Production Science</i>	10.1080/1343943X.2020.1808026	国際誌	発表済	IF=1.696(2019)
2020	Rakotoson, T., Rinasoa, S., Andriantsiorimanana, A., Razafimanantsoa, M., Razafimbelo, T., Rabeharisoa, L., Tsujimoto, Y., Wissuwa, M., 2020. Effects of fertilizer micro-dosing in nursery on rice productivity in Madagascar. <i>Plant Production Science</i>	10.1080/1343943X.2020.1828947	国際誌	発表済	IF=1.696(2019)
2020	Takai, T., Sakata, M., Rakotoarisoa, N. M., Razafinarivo, N. T., Nishigaki, T., Asai, H., Ishizaki, T., Tsujimoto, Y. 2020. Effects of quantitative trait locus MP3 on the number of panicles and rice productivity in nutrient-poor soils of Madagascar. <i>Crop Science</i>	10.1002/csc2.20344	国際誌	発表済	IF=1.878(2019)
2020	Ramahaimandimby, Z., Sakurai, T. Vegetable production and its impact on smallholder farmers' livelihoods: The case of the central highlands of Madagascar. <i>Japanese Journal of Agricultural Economics</i> 23, 125-130	10.18480/jjae.23.0_125	国内誌	発表済	
2021	Asai H., Rabenaribo M., Andriamananjara A., Tsujimoto Y., Nishigaki T., Takai T., Rakotoson T., Rakotoarisoa N., Razafimbelo T., "Farmyard manure application increases spikelet fertility and grain yield of lowland rice on phosphorus-deficient and cool-climate conditions in Madagascar highlands", <i>Plant Production Science</i> , vol.24No.4, pp.481-489	10.1080/1343943X.2021.1908150	国際誌	発表済	IF=1.696(2019)
2021	Kensuke Kawamura, Tomohiro Nishigaki, Andry Andriamananjara, Hobimiarantsoa Rakotonindrina, Yasuhiro Tsujimoto, Naoki Moritsuka, Michel Rabenarivo, Tantely Razafimbelo, "Using a one-dimensional convolutional neural network on visible and near-infrared spectroscopy to improve soil phosphorus prediction in Madagascar.", <i>Remote Sensing</i> , 2021.04, vol.13No.8, pp.-	10.3390/rs13081519	国際誌	発表済	IF=4.509(2019)
2021	Ramahaimandimby, Z., Shiratori, S., Sakurai, T., "Comparison of Two Pathways Linking Agriculture to Child Health: Dietary Diversity and Micronutrient Intake in the Malagasy Highlands", <i>Japanese Journal of Agricultural Economics</i> , 2022.03, vol.24-, pp.46-51	10.18480/jjae.24.0_46	国内誌	発表済	

2021	Nishigaki, T., Tsujimoto, Y., Rakotoson, T., Rabenarivo, M., Andriamananjara, A., Asai, H., B. H., Andrianary, Rakotonindrina, H., Razafimbelo, T., " Soil phosphorus retention can predict responses of phosphorus uptake and yield of rice plants to P fertilizer application in flooded weathered soils in the central highlands of Madagascar", <i>Geoderma</i> , 2021.11, vol.402–pp.–	10.1016/j.geoderma.2021.11.5326	国際誌	発表済	IF=6.114(2021)
2021	B. H., Andriamananjara, Tsujimoto, Y., Rakotonindrina, H., Oo, A. Z., Rabenarivo, M., Ramifehiarivo, N., Razakamanarivo, H., " Phosphorus application affects lowland rice yields by changing phenological development and cold stress degrees in the central highlands of Madagascar", <i>Field Crops Research</i> , 2021.09, vol.271–, pp.–	10.1016/j.fcr.2021.108256	国際誌	発表済	IF=5.224(2021)
2021	Tsujimoto, Y., Tanaka, A., Rakotoson, T., " Sequential micro–dose fertilization strategies for rice production: Improved fertilizer use efficiencies and yields on P–deficient lowlands in the tropical highlands", <i>European Journal of Agronomy</i> , 2021.11, vol.131–, pp.–	10.1016/j.eja.2021.126381	国際誌	発表済	IF=5.124(2021)
2021	Rakotoson, T., Tsujimoto, Y., Nishigaki, T., " Phosphorus management strategies to increase lowland rice yields in sub–Saharan Africa: A review", <i>Field Crops Research</i> , 2022.01, vol.275–, pp.–	doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108370	国際誌	発表済	IF=5.224(2021)
2021	Tanaka, R., Mandaharisoa, S. T., Rakotondramanana, M., Ranaivo, H. N., Pariasca–Tanaka, J., Kajiya–Kanegae, H. Iwata, H., Wissuwa, M., "From gene banks to farmer 's fields: Using genomic selection to identify donors for a breeding program in rice to close the yield gap on smallholder farms", <i>Theoretical and Applied Genetics</i> , 2021.07, vol.134–, pp.3397–3410	10.1007/s00122–021–03909–9	国際誌	発表済	IF=5.699(2021)
2021	Tanaka, J.P., Rakotondramanana, M., Mangaharisoa, S.T., Ranaivo, H.N., Tanaka, R., Wissuwa, M., "Phenotyping of a rice (<i>Oryza sativa</i> L.) association panel identifies loci associated with tolerance to low soil fertility on smallholder farm conditions in Madagascar", <i>PlosOne</i> , 2022.05, vol.17No.5, pp.–	10.1371/journal.pone.0262707	国際誌	発表済	IF=3.240(2021)
2021	Takai, T., Lumanglas, P., Fujita, D., Sasaki, K., Rakotoarisoa, N. M., Tsujimoto, Y., Kobayashi, N., Simon, E. V., " Development and evaluation of pyramiding lines carrying early or late heading QTLs in the indica rice cultivar 'IR64' ", <i>Breeding Science</i> , 2021.11, vol.71No.5, pp.615–621	10.1270/jsbbs.21045	国際誌	発表済	IF=2.086(2021)

2021	Nobuo R. Sayanagi, Tsinjo Randriamanana, Harisoa S. A. Razafimbelonaina, Nirina Rabemanantsoa, Henri L. Abel-Ratovo, Shigeki Yokoyama, "Development of a Motivation Scale in Rural Madagascar: The Challenges of Psychometrics in Impoverished Populations of Developing Countries", The Japanese Journal of Personality, 2021.09, vol.30No.2, pp.56-69	10.2132/personality.30.2.3	国内誌	発表済	
2021	Seheno Rinasoa, Tomohiro Nishigaki, Lilia Rabeharisoa, Yasuhiro Tsujimoto, Tovohery Rakotoson, "Organic materials with high P and low C:P ratio improve P availability for lowland rice in highly weathered soils: Pot and incubation experiments", Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2022.03, -, pp.-	10.1002/jpln.202100266	国際誌	発表済	IF=2.426(2021)
2022	Mbolatantely Rakotondramanana, Ryokei Tanaka, Juan Pariasca-Tanaka, James Stangoulis, Cécile Grenier, Matthias Wissuwa, "Genomic prediction of zinc-biofortification potential in rice gene bank accessions", Theoretical and Applied Genetics, 2022.05, -, pp.-	10.1007/s00122-022-04110-2	国際誌	発表済	IF=5.699(2021)
2022	Rakotonindrina, Hobimiarantsoa; Andriamananjara, Andry; Kawamura, Kensuke; Moritsuka, Naoki; Tsujimoto, Yasuhiro; Nishigaki, Tomohiro; Andrianary, Haja Bruce; Razafimbelo, Tantely; Razakamanarivo, Herintsitohaina, Prediction of the soil properties of Malagasy rice soils based on the soil color and magnetic susceptibility. Soil Science and Plant Nutrition			accepted	IF=1.921(2021)
2022	Ranaivo, N. et al. QTL mapping for early root and shoot vigor of upland rice (Oryza sativa L.) under P deficient field conditions in Japan and Madagascar. Frontiers in Plant Science.			accepted	IF=6.627(2021)

論文数 32 件
うち国内誌 3 件
うち国際誌 27 件
公開すべきでない論文 0 件

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2017	Toshiyuki Takai, Hiroshi Nakano, Satoshi Yoshinaga, Motohiko Kondo. Identification of a novel QTL for the number of spikelets per panicle using a cross between indica- and japonica-type high-yielding rice cultivars in Japan. Plant Breeding. 2018. 137.	10.1111/pbr.12575	国際誌	発表済	IF = 1.251 (2018)

2018	白鳥佐紀子、西出朱美、土居邦弘「栄養バランスからみたマダガスカル国の農業農村開発戦略」、/ 水土の知、86(10)、881-884		国内誌	発表済	
2019	Moritsuka, N., Satio, H., Tajima, R., Takahashi, Y., Hirai, H. Farm-Scale Estimation of Total Nitrogen Content in Surface Paddy Soils by Extraction with Commercially Available Hydrogen Peroxide. Agronomy 2020, 10, 40. doi:10.3390/agronomy10010040	doi:10.3390/agronomy10010040	国際誌	発表済	IF = 2.259 (2019)
2019	Pariasca-Tanaka, J., Baertschi, C., Wissuwa, M. Identification of loci through genome-wide association studies to improve tolerance to sulfur deficiency in rice. Frontiers in Plant Science. 2020	10.3389/fpls.2019.01668	国際誌	発表済	IF = 4.103 (2018)
2019	Ozaki, R. Sakurai, T. The Adoption of Upland rice by lowland rice farmers and its impacts on their food security and welfare in Madagascar. Japanese Journal of Agricultural Economics. Vol. 22,106-111. 2020.	10.18480/jjae.22.0_106	国内誌	発表済	
2020	Moritsuka, N., Matsuoka, K., Katsura, K., Sano, S., Yanai, J. Laboratory and field measurement of magnetic susceptibility of Japanese agricultural soils for rapid soil assessment. Geoderma	doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115013	国際誌	発表済	IF=4.848(2019)
2020	Ozaki, R., Sakurai, T. 2021. Profitability of chemical fertilizer application: comparison of lowland and upland rice cultivation in Madagascar. Japanese Journal of Agricultural Economics 23, 119-124.	10.18480/jjae.23.0_119	国内誌	発表済	
2021	Oo, A. Z., Tsujimoto, Y., Mukai, M., Nishigaki, T., Takai, T., Uga, Y. 2021. Synergy between a shallow root system with a DRO1 homologue and localized P application improved P uptake of lowland rice. Scientific Reports 11, 9484	10.1038/s41598-021-89129-z	国際誌	発表済	IF=3.998(2021)
2022	Mana Mukai, Kei Hiruma, Tomohiro Nishigaki, Yuniar Devi Utami, Junnosuke Otaka, Tadashi Yoshihashi, Papa Saliou Sarr, Aung Zaw Oo, Toshiyuki Takai, Yasuhiro Tujimoto, Dysbiosis of the rhizosphere microbiome caused by γ -irradiation alters the composition of root exudates and reduces phosphorus uptake by rice in flooded soils. Plant and Soil.	doi.org/10.1007/s11104-022-05726-5	国際誌	発表済	IF=4.993(2021)

2022	Oo and Tsujimoto, Localized phosphorus application via P-dipping is more effective for improving initial rice growth in lower temperature conditions. Plant Prod. Sci.		国際誌	accepted	IF=2.471(2021)
------	--	--	-----	----------	----------------

論文数 10 件
うち国内誌 3 件
うち国際誌 7 件
公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2018	マダガスカル農業畜産省年次報告書(2018 Rapport d'Activite Annuel Ministere de l'Agriculture et de l'elevage)		相手国政府 機関報告書	発表済	http://www.maep.gov.mg/wp-content/uploads/pdf/Rapport%20d'activit%C3%A9s%20Annuel%202018%20MINAE_Final.pdf p45にSATREPSの活動、p71に大臣のJIRCAS訪問について掲載
2019	Fertility Sensing and Variety Amelioration for rice yield (Madagascar). In: Africa-Japan Collaborative Projects on STI for SDGs. MEXT, Aug2019		TICAD7に 関連した MEXTの出 出版物	発表済	p3に本プロジェクトの研究紹介
2021	Nikiema,R.A., Shiratori, S., Rafalimanantsoa, J., Ozaki, K.R, Sakurai, T, "How enhancing rice yield, the most important staple food,improves farmers' food security and nutrition in Madagascar? ",Working Paper, Department of Agricultural and Resource Economics, The University of Tokyo,2021.10,No.21-F-01,pp.-		東京大学 Workiing paper	発表済	
2022	Ozaki, R., Tsujimoto, Y., Andriamananjara, A., Rakotonindrina, H., Sakurai, T. Optimization of Farmers' Fertilizer Use by the Provision of Soil Quality Information: Experimental Evidence from Madagascar		東京大学 Workiing paper	発表済	

著作物数 4 件
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2018	森塚直樹、稲作農家のための簡易土壌診断法の開発に向けて、アグリバイオ, 2018, vol.2(5), pp.43-47		国内誌	発表済	
2018	辻本泰弘、研究機関紹介「アンタナナリボ放射線研究所」、JIRCASニュース、2018、85巻、pp.11		国内誌	発表済	
2019	辻本泰弘、アフリカの養分欠乏環境でイネの生産性を効率的に改善するための技術開発、熱帯農業研究12(1),pp.41-42., 2019		国内誌	発表済	

2019	白鳥佐紀子、開発途上国における農業と栄養、開発学研究30(2)、pp.20-26, 2019.		国内誌	発表済	
2019	横山繁樹、技術支援における「半当事者」の役割、開発学研究、30(3), 2020.		国内誌	発表済	
2021	辻本泰弘、「アフリカの養分欠乏環境における効率的なイネ生産技術の開発」、JATAFF journal : 農林水産技術 9(4), 17-22, 2021-04		国内誌	発表済	
2021	白鳥佐紀子 2021.6. マダガスカル農村部での家計調査と栄養改善への示唆. 熱帯農業研究14(1), 31-32.		国内誌	発表済	
2021	辻本泰弘 2021.6. 養分利用に優れた稲作技術開発でマダガスカルの食料安全保障に貢献. 熱帯農業研究14(1), 31-32.		国内誌	発表済	
2021	白鳥佐紀子「地域の実情を踏まえ食の変革を」 2021.7.28 日本経済新聞26面 私見卓見		新聞記事	発表済	
2022	辻本泰弘, マダガスカルでの稲作研究と実践, JATAFFジャーナル, vol.10(6), p.54 2022.6		国内誌	発表済	
2022	FyVaryプロジェクト成果シリーズ		書籍	発表済	内部資料として、プロジェクトで得た原著論文、品種カタログ、技術マニュアル、政策提言などを取りまとめ、出版物とし

著作物数 11 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項
2020	P-dipping技術の普及員、農家等へのマニュアル配布とデモンストレーション実施	P-dipping技術マニュアル	
2021	P-dipping技術の普及員、農家等へのマニュアル配布とデモンストレーション実施	P-dipping技術マニュアル、P-dipping用肥料	
2021	ICA アフリカ稲作技術マニュアル(2021年4月発行)にP-dippingが掲載	https://openicareport.ica.go.jp/841/841/841_400_12357828.html	
2022	農家、普及員、研究所技術員への土壌評価技術のWorkshop開催	土壌養分評価技術マニュアル	
2022	LRIのWebサイトに土壌養分評価技術マニュアルを公開	土壌養分評価技術マニュアル	
2022	LRIのWebサイトに有機物資材利用法のマニュアルを公開	有機物資材の効率的利用法マニュアル	
2022	水稻新品種のカatalogをFOFIFAおよび農業畜産省のWebサイトに公開	水稻新品種のカatalog	

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2016	国内学会	辻本泰弘(JIRCAS)・Tovohery Rakotoson (LRI)、マダガスカル中央高地においてケイ素施用がイネの窒素利用効率と収量に及ぼす影響、2016年度土壌肥料学会、佐賀大学、2016年9月5-7日	口頭発表
2017	国内学会	辻本泰弘(JIRCAS)・Tovohery Rakotoson (LRI)、熱帯のイネ作付圃場におけるケイ素施用の効果と圃場間差異の解析、2017年度土壌肥料学会、東北大学、2017年9月5-7日	口頭発表
2017	国内学会	川村健介、辻本泰弘、浅井英利(JIRCAS)、Michel Rabenarivo, Andry Andriamananjara, Tovohery Rakotoson (LRI)、“室内分光計測に基づくマダガスカル土壤中の全窒素・全炭素の推定”、システム農学会、新潟大学、2017年6月27-28日	口頭発表
2018	国際学会	Andriamananjara, A., Kawamura, K., Rabenarivo, M., Asai, H., Rakotoson, T., Tsujimoto, Y. Estimating oxalate P of paddy soils in Madagascar using Vis-NIR reflectance spectroscopy, 6th symposium on Phosphorus in Soils and Plants (PSP6)、ベルギー、ルーベン、2018年9月10-13日	ポスター発表
2018	国際学会	Rakotoson, T., Tsujimoto, Y., Effects of farmyard manure and soil characteristics on soil-plant P dynamics in submerged rice, 6th symposium on Phosphorus in Soils and Plants(PSP6)、ベルギー、ルーベン、2018年9月10-13日	口頭発表
2018	国際学会	Seheno Rinasoa, Tovohery Rakotoson, Yasuhiro Tsujimoto, Lilia Rabeharisoa, Matthias Wissuwa Potential of nursery phosphorus micro-dosing in lowland rice production in Madagascar, 6th symposium on Phosphorus in Soils and Plants (PSP6)、ベルギー、ルーベン、2018年9月10-13日	ポスター発表
2018	国際学会	Tomohiro Nishigaki, Yasuhiro Tsujimoto, Seheno Rinasoa, Tovohery Rakotoson, Andry Andriamananjara, Tantely Razafimbelo, P uptake of rice plants are highly related to the soil P forms and oxalate-extractable Al and Fe in the typical P-deficient soils of Madagascar, 6th symposium on Phosphorus in Soils and Plants (PSP6)、ベルギー、ルーベン、2018年9月10-13日	ポスター発表
2018	国内学会	SAYANAGI, N. R, RANDRIAMANANA, T, RAZAFIMBELONAINA, H. S. A, RABEMANANTSOA, N, ABEL-RATOVO, H. L, YOKOYAMA, S., Psychological Measurement of Motivation in Development Aid Projects: Findings and Challenges from a Farmer Training Program in Madagascar、日本心理学会第82回大会、仙台、2018年9月	口頭発表
2018	国内学会	西垣智弘(JIRCAS)、Seheno Rinasoa, Tovohery Rakotoson, Andry Andriamananjara, Tantely Razafimbelo(LRI)、辻本泰弘(JIRCAS)、マダガスカル中央高地の農耕地において作物種と土壌理化学性が根圏土壤中のリンの存在形態と作物リン吸収に与える影響、日本土壌肥料学会2018年度神奈川大会、2018年8月	口頭発表
2018	国内学会	Naoki Moritsuka, Kensuke Kawamura, Yasuhiro Tsujimoto, Michel Rabenarivo, Andry Andriamananjara, Tovohery Rakotoson, Tantely Razafimbelo, Reproducibility and compatibility of visual and instrumental measurement of soil color、第124回熱帯農業学会、京都、2018年9月	口頭発表
2018	国内学会	川村健介、辻本泰弘、浅井英利、Rabenarivo, M., Andriamananjara, A., Rakotoson, T.「ドローンを用いたマダガスカル中央高地の多様な養分条件下にある水稲圃場の施肥効果の評価」システム農学会2018年度春季大会、鳥取大学、2018年5月26-27日	口頭発表
2018	国内学会	川村健介、辻本泰弘、浅井英利、Michel Rabenarivo、Andry Andriamananjara、Tovohery Rakotoson、マダガスカル稲作土壌の全炭素含量の推定に有効な分光スペクトル波長領域のBackward interval PLS モデルによる選択、システム農学会2018年度秋季大会、広島、2018年11月	口頭発表
2019	国内学会	西垣智弘・川村健介・浅井英利・Tovohery Rakotoson・Andry Andriamananjara・Tantely Razafimbelo・辻本泰弘、風乾土水分含量を用いた土壌リン吸着能とリン施肥に対するイネのリン吸収応答の推定、日本土壌肥料学会、静岡、2019年9月	ポスター発表
2019	国際学会	RAKOTONINDRINA H., KAWAMURA, K., TSUJIMOTO, Y., RAZAKAMANARIVO H., RAMIFEHIARIVO N., ANDRIANARY, H.B., RABENARIVO M., ANDRIAMANANJARA A. Prediction of soil oxalate phosphorus content using Visible and Near Infrared Spectroscopy. Application to Malagasy agro-ecosystem and paddy soils. 2019 Conference “Geosciences : Resources, Risks and Technologies”, Antananarivo Madagascar, Sep2019.	口頭発表
2019	国際学会	Sayanagi, N. R.; Randriamanana, T., Razafimbelonaina, H. S. A., Rabemanantsoa, N., Abel-Ratovo, H. L., and Yokoyama, S., Motivation and Psychological Need Satisfaction in an Aid Project in Madagascar: The Challenges of Developing Psychometric Scales in Developing Countries, 7th International Self-Determination Theory Conference, アムステルダム、オランダ、2019年5月21日	口頭発表
2019	国際学会	M Wissuwa, J Pariasca-Tanaka, R Tanaka, S. Mandaharisoa, M Rakotondramanana, N. Ranaivo, K Kondo, H Iwata, Developing nutrient efficient rice adapted to low-fertility soils in Africa. International Symposium on Rice Functional Genomics (ISRFG2019). 台北、台湾、2019年11月	招待講演

2019	国内学会	浅井英利, Njato M. Rakotoarisoa, Ny Toky Razafinarivo, 西垣智弘, 高井俊之, 辻本泰弘. マダガスカル中央高地の低リン水田土壌におけるリン肥料および有機資材の有効性, 日本作物学会第249回講演会, つくば, 2020年3月	口頭発表
2019	国内学会	高井俊之, 阪田光和, Njato M. Rakotoarisoa, Ny Toky Razafinarivo, 西垣智弘, 浅井英利, 石崎琢磨, 辻本泰弘, マダガスカルの低肥沃度土壌におけるイネの穂数増加QTL-MP3の評価. 日本作物学会第249回講演会, つくば, 2020年3月	口頭発表
2020	国内学会	川村健介, 西垣智弘, 辻本泰弘, 浅井英利, 森塚直樹, Ratokonindrina, H., Andriamananjara, A., Rabenarivo, M., Rakotoson, T., Razafimbelo, T. 室内分光スペクトルの深層学習によるマダガスカル土壌中リン含量の推定システム農学会2020年度大会. 2020.10	口頭発表
2020	国際学会	Bruce Haja Andrianary, Yasuhiro Tsujimoto, Hobimiarantsoa Rakotonindrina, Aung Zaw Oo, Michel Rabenarivo, Herintsitohaina RazakamanarivoEffet de l'interaction entre l'application de phosphore et d'azote et de la date de repiquage sur le rendement rizicoleVers une connexion entre la recherche (innovante), la société et les enjeux du développement durable2021.1	口頭発表
2020	国際学会	Hobimiarantsoa Rakotonindrina, Naoki Moritsuka, Kensuke Kawamura, Yasuhiro Tsujimoto, Tomohiro Nishigaki, Herintsitohaina Razakamanarivo, Andry AndriamananjaraPrédiction des propriétés du sol à l'aide des paramètres de couleur et de la susceptibilité magnétique du sol, dans les bas-fonds et les hautes terres de la région de VakinakaratraVers une connexion entre la recherche (innovante), la société et les enjeux du développement durable2021.1	口頭発表
2020	国際学会	Tomohiro Nishigaki, Kensuke Kawamura, Naoki Moritsuka, Andry Andriamananjara, Michel Rabenarivo, Tovohery Rakotoson, Tantely Razafimbelo, Yasuhiro TsujimotoRapid soil assessment techniques for sustainable agricultural intensification in tropical agroecosystemsVers une connexion entre la recherche (innovante), la société et les enjeux du développement durable2021.1	口頭発表
2020	国際学会	Seheno Rinasoa; Tomohiro Nishigaki; Yasuhiro Tsujimoto; Lilia Rabeharisoa; Tovohery RakotosonEffets de la variation des caractéristiques des sols et des matières organiques sur la disponibilité du P pour le riz irriguéVers une connexion entre la recherche (innovante), la société et les enjeux du développement durable2021.1	口頭発表
2020	国内学会	Aung Zaw Oo, Yasuhiro Tsujimoto, Njato Mickaël Rakotoarisoa, Kensuke Kawamura, Tomohiro Nishigaki P-dipping of rice seedlings increases applied P use efficiency in high P-fixing soils, 2020年度土壌肥料学会(2020年9月オンライン開催)	口頭発表
2021	国内学会	Oo, A. Z., Tsujimoto, Y., Rakotoarisoa, N. M., Andrianary, B. H. 2021.9. P-dipping as a simultaneous solution to the excess use of phosphorus and sustainable rice production under climate-induced stresses. 日本土壌肥料学会2021年度北海道大会.	口頭発表
2021	国際学会	Andrianary, B.H., Tsujimoto, Y., Rakotonindrina, H., Rabenarivo, M., Razakamanarivo, H. 2021.9. The effect of N and P applications on rice yield can be changed by farmers' management practices—transplanting dates and densities—. 10th Asian Crop Science Association Conference.	口頭発表
2021	国内学会	Tsujimoto Yasuhiro., Aung Zaw Oo, Njato Mickael Rakotoarisoa, 肥料低減と環境ストレス回避に同時に有効な水稲施肥技術P-dippingの開発と普及、SATテクノロジー・ショーケース2021(2022年2月1日)	ポスター発表
2021	国内学会	RAMAHAIMANDIMBY Zoniaina, SHIRATORI Sakiko, RAFALIMANANTSOA Jules, and SAKURAI Takeshi. Livestock-Derived Foods: Are They Still Important for Food Security and Child Nutrition in Sub-Saharan Africa? Panel Data Evidence From Madagascar. 日本農業経済学会2022年3月大会	口頭発表
2021	国際学会	Ozaki, R., Tsujimoto, Y., Andriamananjara, A., Rakotonindrina, H., Sakurai, T., Impact of Information of Expected Effectiveness Based on Soil Quality on Farmers' decision of Fertilizer Use: Evidence from Madagascar. 31st International Conference of Agricultural Economics. 2021.8	口頭発表
2022	国際学会	Aung Zaw Oo, Yasuhiro Tsujimoto, Njato Mickael Rakotoarisoa, Razafintsalama Harimenja, Advances in the development of localized P-dipping technique as a simultaneous solution to phosphorus overuse and sustainable lowland rice production in sub-Saharan Africa (SSA). Tropenntag, Czech University of Life Sciences 2022.9	口頭発表
2022	国内学会	Vololonirina Raharimanana, Tomoaki Yamaguchi, Yasuhiro Tsujimoto, Keisuke Katsura, An application of machine learning to assess the variability and the determinants of lowland rice yields under phosphorus deficiency in Madagascar, 日本作物学会第254回講演会, 福島市, 2022.9	口頭発表

招待講演 1 件
口頭発表 25 件
ポスター発表 5 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2016	国内学会	辻本泰弘(JIRCAS)、アフリカで農業と格闘する～生産現場での取り組み、第2回農学大手の会研究集会、滋賀県雄琴市、2016年11月10-11日	口頭発表
2016	国内学会	近藤勝彦(JIRCAS)、リン酸欠乏耐性イネ育種への試み(ラボからフィールドまで)、第2回植物の栄養研究会、名古屋市、2016年9月2-3日	口頭発表

2017	国内学会	横山繁樹(JIRCAS)、佐柳信男(山梨英和大学)、稲作技術普及における農家間情報伝達と自立的動機づけに関する予備的考察、日本農業普及学会、東京都港区、2018年3月2日	口頭発表
2017	国内学会	辻本泰弘(JIRCAS)、フィールド研究のわくわく~アフリカの作物生産改善を目指して~、第132回日本育種学会シンポジウム、岩手大学、2017年10月7日	招待講演
2017	国際学会	Wissuwa, M.(JIRCAS)、Unlocking genetic variation stored in gene banks for the benefit of resource-poor farmers、TROPENTAG2017、Bonn, Germany、2017年9月20-22日	招待講演
2017	国内学会	Tanaka, R., J. King, (東京大学), M. Wissuwa (JIRCAS), H. Kajiya-Kanegae, H. Iwata(東京大学)、Genomic prediction of field performance of rice gene bank accessions based on phenotype data from IRRI and Madagascar、日本育種学会第133回講演会、九州大学、2018年3月25-26日	口頭発表
2017	国内学会	圓山恭之進、辻本泰弘、近藤勝彦(JIRCAS)、櫻井哲也(高知大)、硫黄欠乏土壌条件下におけるイネ遺伝資源を用いた比較トランスクリプトーム解析、第59回日本植物生理学会、札幌市、2018年3月28-30日	口頭発表
2018	国内学会	辻本泰弘、圓山恭之進、近藤勝彦(JIRCAS)、在来アウス品種のDJ123が硫黄欠乏下で根系の発達を促進する、日本作物学会第246回講演会、札幌市、2018年9月5-7日	口頭発表
2018	国内学会	辻本泰弘(JIRCAS)、アフリカの養分欠乏環境でイネの生産性を効率的に改善するための技術開発、日本熱帯農業学会第124回講演会シンポジウム、京都、2018年9月29-30日	招待講演
2018	国内学会	横山繁樹(JIRCAS)、農家間の技術情報伝達に関する予備的考察—マダガスカルにおける稲作普及プロジェクトを素材に—、日本農業普及学会、東京都港区、2019年3月7-8日	口頭発表
2018	国際学会	Kondo Katsuhiko, Matsuda Taro, Ohwaki Shizuka, Pariasca-Tanaka Juan, Wissuwa Matthias (JIRCAS)、Rice improvement for tolerance to phosphorous deficiency using a QTL analysis and chromosomal segment substitution lines derived from a cross between IR64 and DJ123、6th symposium on Phosphorus in Soils and Plants(PSP6)、ベルギー、ルーベン、2018年9月10-13日	ポスター発表
2018	国際学会	Wissuwa, M.(JIRCAS)、Breeding phosphorus efficient rice: from classical breeding to genomic prediction、6th symposium on Phosphorus in Soils and Plants(PSP6)、ベルギー、ルーベン、2018年9月10-13日	招待講演
2018	国内学会	Ozaki, R., T. Sakurai(東京大学)Impact of Upland Rice Cultivation on Farmers' Welfare in Madagascar、日本農業経済学会、東京大学、2019年3月31日	口頭発表
2018	国際学会	Sakiko Shiratori (JIRCAS) and Akemi Nishide, Micronutrient supply based on the Food Balance Sheet and the prevalence of inadequate intakes in Madagascar, The Nutrition Society Irish Section Conference 2018、コールレーン、英国、2018年6月20日	ポスター発表
2018	国内学会	白鳥佐紀子(JIRCAS) 開発途上国における農業と栄養、日本国際地域開発学会2018年度秋季大会シンポジウム『途上国の食料安全保障をめぐる最新動向』、日本大学、2018年12月15日	招待講演
2019	国内学会	横山繁樹(JIRCAS)、技術支援における「半当事者」の役割: SATREPSマダガスカルプロジェクトの事例から、日本国際地域開発学会2019年度春季大会シンポジウム、『世界における農業普及の潮流と課題』、東京農業大学、2019年6月8日	招待講演
2019	国内学会	横山繁樹(JIRCAS)、「半当事者」としての農民トレーナーへの期待、日本農業経営学会、東北大学、2019年9月8日	口頭発表
2019	国内学会	Sayanagi, N. R. (山梨英和大学)、A Comparison of Farmers' Motivation towards Training Programs in Kenya and Madagascar: Differences Explained by Psychological Need Support、国際開発学会、東京大学、2019年11月16日	口頭発表
2020	国内学会	辻本泰弘、アフリカの養分欠乏環境でイネの生産性を効率的に改善するための技術開発、日本熱帯農業学会公開シンポジウム(2021年3月)	招待講演
2020	国内学会	白鳥佐紀子、マダガスカル農村部での家計調査と栄養改善への示唆、日本熱帯農業学会公開シンポジウム(2021年3月)	招待講演
2020	国際学会	Sakiko Shiratori, "On-Farm Agricultural Production Diversity", Micronutrient Forum 5th Global Conference 2020: CONNECTED, Nov 2020(オンライン開催)	招待講演
2020	国際学会	Yasuhiro Tsujimoto, "A challenge for improving fertilizer management to simultaneously cope with nutrient deficiency and climate-induced stresses for lowland rice production in Madagascar", East Africa Rice Conference 2021(オンライン開催)、2021年5月18-20日	招待講演
2021	国内学会	Emmanuel ODAMA, Yasuhiro TSUJIMOTO, Shin YABUTA, Jun-Ichi SAKAGAMI, Effect of P-dipping priming on rice resilience to water and nutrient stress under rainfed lowland. 日本熱帯農業学会第131回講演会. 2022.3	口頭発表

2021	国際学会	Tsujimoto, Y. 2021.5. A challenge for improving fertilizer management to simultaneously cope with nutrient deficiency and climate-induced stresses for lowland rice production in Madagascar. East Africa Rice Conference 2021.	招待講演
2021	国内学会	SHIRATORI Sakiko and NARMANDAKH Davaatseren , Seasonal energy intakes of rural rice farmers in Madagascar. 日本農業経済学会2022年3月大会	口頭発表
2022	国内学会	西垣智弘, 辻本泰弘, 飽和塩溶液を用いて乾燥させた土壌の含水比によるリン吸着能の推定, 日本土壌肥料学会2022年度東京大会, 2022.9	口頭発表
2022	国際学会	Naoki Moritsuka, Kosuke Baba, Hiroomi Horiuchi, Hiroki Saito, Ryosuke Tajima, Yukitsugu Takahashi, Hideaki Hirai, Kaori Matsuoka, Daisei Ueno, Simple method for estimating the content of nonexchangeable potassium in paddy soil using extraction with sodium tetraphenylborate, 22nd World Congress of Soil Science, Glasgow, GB, 2022.8	口頭発表
2022	国内学会	Aung Zaw Oo, Hidetoshi Asai, Kensuke Kawamura, Junichiro Marui, Kazuhiko Nakahara, Low phosphorus fertilizer requirement of black rice to achieve high yield and grain functionality while reducing grain phytic acid accumulation compared to brown rice, 日本土壌肥料学会2022年度東京大会, 2022.9	口頭発表

招待講演	11	件
口頭発表	15	件
ポスター発表	2	件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件
 公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願※
No.1			水稻新品種 FyVary32		水稻新品種	有	N044/21/MINAE/SG/DGA/SO C	2021/11/4	登録済み			JIRCAS, FOFIFA	なし
No.2			水稻新品種 FyVary85		水稻新品種	有	N044/21/MINAE/SG/DGA/SO C	2021/11/4	登録済み			JIRCAS, FOFIFA	なし

外国特許出願数 2 件
 公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2018	2018/11/6	若手農林水産研究者表彰	マダガスカルの農業生態系における有機物動態とその作物生産における有効利用	Andry ANDRIAMANANJARA	農林水産省	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2019	2019/4/9	国際科学技術財団研究助成	サブサハラアフリカでの食糧問題の解決に資する簡易水田土壌肥沃度評価法の開発	西垣智弘	公益財団法人国際科学技術財団	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2020	2020/11/12	農林水産技術会議会長賞	アフリカの養分欠乏環境における効率的なイネ生産技術の開発	辻本泰弘	農林水産省	2.主要部分が当課題研究の成果である	
2020	2021/2/19	ベスト異分野交流賞	マダガスカルのイネ生産性改善に向けた土壌肥沃度迅速評価法の開発	西垣智弘	つくばサイエンス・アカデミー	1.当課題研究の成果である	
2020	2021/3/29	第18回日本作物学会論文賞	Challenges and opportunities for improving N use efficiency for rice production in sub-Saharan Africa	Yasuhiro Tsujimoto Tovohery Rakotoson Atsuko Tanaka Kazuki Saito	日本作物学会	2.主要部分が当課題研究の成果である	
2021	2021/11/26	第20回日本農学進歩賞	アフリカの栽培環境に適した効果的なイネ施肥技術の開発と普及	辻本泰弘	公益財団法人農学会	1.当課題研究の成果である	
2021	2021/7/31	Falling Walls Award, Life Sciences, Finalists 2021	Development of efficient fertilizer management technique in Madagascar	辻本泰弘	The Falling Walls Foundation	1.当課題研究の成果である	
2021	2021/9/10	Best presentation award (Oral)	The effect of N and P applications on rice yield can be changed by farmers' management practices—transplanting dates and densities—	Andrianary, B.H. , Tsujimoto, Y. , Rakotonindrina, H, Rabenarivo, M., Razakamanarivo, H.	10th Asican Crop Science Association Conference	1.当課題研究の成果である	
2021	2022/3/15	優秀発表賞	Effect of P-dipping priming on rice resilience to water and nutrient stress under rainfed lowland	Emmanuel ODAMA, Yasuhiro TSUJIMOTO, Shin YABUTA, Jun-Ichi SAKAGAMI	日本熱帯農業学会第131回講演会	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2022	2022/11/24	若手外国人農林水産研究者表彰(内定)	Addressing phosphorus deficiency in rice in Sub-Saharan Africa	Tovohery Rakotoson	農林水産省	1.当課題研究の成果である	

2022	2023/3/29	第20回日本作物学会論文賞(内定)	AZ-97 (<i>Oryza sativa</i> ssp. Indica) exhibits superior biomass production by maintaining the tiller numbers, leaf width, and leaf elongation rate under phosphorus deficiency	Tsujimoto, Y., Sakata, M., Raharinivo, V., Tanaka, J. P., Takai, T	日本作物学会	1.当課題研究の成果である	
------	-----------	-------------------	---	--	--------	---------------	--

2022	2022/9/8	農業畜産大臣感謝状	「マダガスカルの持続的なイネ生産の向上、その技術開発と人材開発への貢献」	Yasuhiro Tsujimoto	マダガスカル農業畜産省	1.当課題研究の成果である	
------	----------	-----------	--------------------------------------	--------------------	-------------	---------------	--

12件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係(選択)	特記事項
2017	2017/10/6	Delire Madagascar	オンラインジャーナル	http://www.deliremadagascar.com/fy-vary-hampivoatra-ny-teknika-fambolem-bary-eto-madagasikara/	1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2017/10/6	Inona ny vaovao	新聞		? 1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2017/10/5	Aceem Radio	ラジオ		18:30 1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2017/10/5	Free FM	ラジオ		13:00 1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2017/10/6	Le Citoyen Tanjombato	新聞		ページ2 1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2017/10/5	On Air Radio	ラジオ		13:00 1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2017/10/5	Viva Radio	ラジオ		18:15 1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2017/10/5	TNTV	TV		20:30 1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2017/10/5	RDB	ラジオ		19:30 1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2017/10/6	Kolo TV/Kolo Radio	TV		19:30/20:00 1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2017/10/5	RNM	ラジオ		16:00/19:00 1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2017/10/5	AZ Radio	ラジオ		18:00 1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2017/10/6	RADIO Fanambarana	ラジオ		13:00 1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2017/10/6	Olivasoa Radio 91.0 FM	ラジオ		13:00 1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2017/10/6	La gazette de la grande île	新聞		ページ6 1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2017/10/5	Malaza	新聞		20:00 1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2017/10/5	Lu TV	TV		17:30 1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2017/10/5	TVM	TV		19:30 1.当課題研究の成果である	キックオフ会議に関する現地メディア報道
2017	2018/3/1	RNM	ラジオ		12:30 1.当課題研究の成果である	JIRCAS理事長と農業畜産省事務次官との共同記者会見に関する現地メディア報道
2017	2018/3/1	MATV	TV		20:00 1.当課題研究の成果である	JIRCAS理事長と農業畜産省事務次官との共同記者会見に関する現地メディア報道
2017	2018/3/1	TVM	TV		19:30 1.当課題研究の成果である	JIRCAS理事長と農業畜産省事務次官との共同記者会見に関する現地メディア報道

2017	2017/12/5	外務省HP	日・マダガスカル首脳会談共同声明	http://www.mofa.go.jp/files/000313747.pdf	1.当課題研究の成果である	マダガスカル大統領訪日時の両国共同首脳声明の「文化、学術、人的交流」の中で、本プロジェクト活動の歓迎の意が言及された。
2019	2019/5/10	TVM	TV	https://www.youtube.com/watch?v=h5gdcmcH6iQ&feature=youtu.be	1.当課題研究の成果である	プロジェクトで構築した遺伝解析ラボ・交配施設およびリモセン・土壌分析ラボのお披露目式に農業畜産水産大臣が出席し、その様子が現地メディアに報道された。
2019	2019/5/11	Talatra	新聞		1.当課題研究の成果である	プロジェクトで構築した遺伝解析ラボ・交配施設およびリモセン・土壌分析ラボのお披露目式に農業畜産水産大臣が出席し、その様子が現地メディアに報道された。
2019	2019/7/4	Le Soleil	新聞	http://lesoleil.sn/japon-tsukuba-terre-dinnovations-agricoles/	2.主要部分が当課題研究の成果である	本プロジェクトを含む辻本研究代表の研究活動について、セネガルのメディアに紹介された。
2019	2019/7/5	Egypt today	新聞	https://www.egypttoday.com/Article/3/72471/Could-developing-agriculture-in-Egypt-s-Delta-be-part-of	2.主要部分が当課題研究の成果である	本プロジェクトを含む辻本研究代表の研究活動について、エジプトのメディアに紹介された。
2019	2019/7/12	Midi Madagascar	新聞	http://www.midi-madagasikara.mg/societe/2019/07/15/projet-fy-vary-les-changements-climatiques-pris-en-compte/	1.当課題研究の成果である	第3回JCCにおいて相手国研究代表と辻本研究代表が取材を受け、プロジェクトの概要、進捗について現地メディアに報道された。
2019	2019/7/12	Les Nouvelles	新聞	https://www.newsmada.com/2019/07/12/madagascar-japon-le-developpement-rizicole-au-coeur-de-la-cooperation/	1.当課題研究の成果である	第3回JCCにおいて相手国研究代表と辻本研究代表が取材を受け、プロジェクトの概要、進捗について現地メディアに報道された。
2019	2019/7/12	TVM	TV	https://www.youtube.com/watch?v=krfXUKtEUpY	1.当課題研究の成果である	第3回JCCにおいて相手国研究代表と辻本研究代表が取材を受け、プロジェクトの概要、進捗について現地メディアに報道された。
2019	2019/7/12	TVM	TV	https://www.youtube.com/watch?v=krfXUKtEUpY	1.当課題研究の成果である	第3回JCCにおいて相手国研究代表と辻本研究代表が取材を受け、プロジェクトの概要、進捗について現地メディアに報道された。
2019	2019/7/12	TVM	TV	https://www.youtube.com/watch?v=krfXUKtEUpY	1.当課題研究の成果である	第3回JCCにおいて相手国研究代表と辻本研究代表が取材を受け、プロジェクトの概要、進捗について現地メディアに報道された。
2019	2019/7/12	TVM	TV	https://www.youtube.com/watch?v=krfXUKtEUpY	1.当課題研究の成果である	第3回JCCにおいて相手国研究代表と辻本研究代表が取材を受け、プロジェクトの概要、進捗について現地メディアに報道された。
2019	2019/12/13	TVM	TV(2019年12月13日19時ニュース)	https://www.youtube.com/watch?v=qDS1gTRzqz0	1.当課題研究の成果である	中間評価をかねたワークショップの様子、プロジェクトの概要とこれまでの成果について現地メディアに報道

2019	2019/12/12	Viva Radio	ラジオ(2019年12月12日12時 ニュース)	https://www.youtube.com/watch?v=qDS1gTRzqz0	1.当課題研究の成果である	同上
2019	2019/12/13	VIVA TV	TV(2019年12月13日19時 ニュース)		1.当課題研究の成果である	同上
2019	2019/12/12	Kolo TV	TV(2019年12月12日20時 ニュース)	https://www.youtube.com/watch?v=fepDPgfLohQ	1.当課題研究の成果である	同上
2019	2019/12/13	Midi Madagascar	新聞	http://www.midi-madagasikara.mg/economie/2019/12/13/p-rojet-fy-vary-une-amelioration-varietale-pour-augmenter-la-productivite/	1.当課題研究の成果である	同上
2019	2019/12/13	L'Express de Madagascar	新聞	https://lexpress.mg/13/12/2019/filiere-rizicole-introduction-de-variete-de-riz-pour-les-sols-fertiles/	1.当課題研究の成果である	同上
2019	2019/12/13	RNM	ラジオ(2019年12月12日12時 30分ニュース)		1.当課題研究の成果である	同上
2019	2020/1/27	Midi Madagascar	新聞(p7)	http://www.midi-madagasikara.mg/societe/2020/01/27/madagascar-japon-un-bond-pour-la-filiere-riz-dici-a-deux-ans/	1.当課題研究の成果である	現地メディアが、プロジェクトの試験圃場を訪問して、リン浸漬処理(P-dipping)技術などを同国のイネ生産改善の有望技術として取り上げた。
2019	2020/1/27	Les Nouvelles	新聞(p11)	https://www.newsmada.com/2020/01/22/projet-fy-vary-phase-de-test-pour-la-technique-p-dipping/?fbclid=IwAR2j_Q_2fe5BxuMaGCS8Yuu3ekYefEJim8em2ven9wB8TKKg9zoS9Xycw4A	1.当課題研究の成果である	同上
2019	2020/1/27	Express	新聞		1.当課題研究の成果である	同上
2019	2020/2/22	TVM	TV放送(21時~)		1.当課題研究の成果である	カウンターパートや協力農家へのインタビューを交えながら、P-dippingや有望系統などプロジェクトの開発技術が紹介された。
2020	2020/5/15	科学新聞	移植苗のリン浸漬処理でイネ 増収と冷害回避実現	p.4	1.当課題研究の成果である	
2020	2020/6/1	JSTnews(2020年6月号)	少ない肥料で米の収量を増 やす新技術 マダガスカルの食糧問題や 貧困の改善を目指す	p.7	1.当課題研究の成果である	
2020	2021/1/27	Les Nouvelles (新聞)	新種米の開発:Fy Varyの成 果	https://www.newsmada.com/2021/01/27/nouvelles-varietes-du-riz-fy-vary-est-un-succes/	1.当課題研究の成果である	プロジェクトの活動(若手育成)に関するメディア報道

2020	2021/1/27	Les Nouvelles (新聞)	「今日の一枚」学生たちに機材の使い方を説明する研究者たち	P. 8	1.当課題研究の成果である	
2020	2021/1/27	Midi Madagascar (新聞)	「あちこちで撮影された写真」FOFIFAの研究者が最新の機材でデモンストレーションを行った	P.24	1.当課題研究の成果である	
2020	2021/2/2	農業畜産水産省のFacebook		https://web.facebook.com/watch/?v=455935952246809	1.当課題研究の成果である	
2020	2021/2/26	JICAマダガスカル事務所のFacebook	高収量で丈夫な品種とより少ない施肥の技術:FyVaryの成果	https://bit.ly/3bLHBC1	1.当課題研究の成果である	
2020	2021/2/26	TVM (テレビ 公共)	夜の7時のニュース 稲作:Behenjyで行われているP-dippingの試験:少ない肥料で多くの収量、洪水や悪天候に高価	https://bit.ly/2OeK2Vo	1.当課題研究の成果である	
2020	2021/2/26	VIVA (テレビ 民放)	夜の7時半のニュース (内容は同上)	https://bit.ly/3e0SlyX	1.当課題研究の成果である	
2020	2021/2/26	RNM (ラジオ)	夜の7時のニュース (内容は同上)		1.当課題研究の成果である	
2020	2021/2/27	内務省のFacebook		https://bit.ly/3uBamKl	1.当課題研究の成果である	
2020	2021/2/27	L' Express de Madagascar (新聞)	P.7	https://bit.ly/3r3YxtL	1.当課題研究の成果である	
2020	2021/2/27	Midi Madagasikara (新聞)	P.6	https://bit.ly/2ZYiKWf	1.当課題研究の成果である	
2020	2021/2/27	Les Nouvelles (新聞)	P4	https://bit.ly/3bVZ1Ma	1.当課題研究の成果である	
2020	2021/2/27	RDB (ラジオ)			1.当課題研究の成果である	
2020	2021/3/1	RDB (ラジオ)	FOFIFA所長へのインタビュー		1.当課題研究の成果である	
2020	2021/3/1	農業畜産水産省のFacebook		Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche - Publications Facebook	1.当課題研究の成果である	
2021	2021/12/17	化学工業日報	低養分で育つ水稻新品種:国際農研など開発 マダガスカルで普及	4面	1.当課題研究の成果である	水稻新品種のリリースについて
2021	2021/12/5	日本農業新聞	熱帯地域で新品種開発・JIRCAS・米新品種開発		1.当課題研究の成果である	同上
2021	2021/10/13	Les Nouvelles (新聞)	Succes de l technique 'P-dipping'	8面	1.当課題研究の成果である	第5回JCCの開催および得られた研究成果について
2021	2021/10/13	L' Express de Madagascar (新聞)	Les Projet Fyvary fait ses preuves	6面	1.当課題研究の成果である	同上

2021	2021/10/13	JICAマダガスカル事務所のFacebook		https://web.facebook.com/jicamadagascar/posts/4449176051838136	1.当課題研究の成果である	同上
2021	2021/10/13	Lakroan' i Madagasikara online(オンライン記事)	Projet Fy Vary Réduire la pauvreté et mettre fin à la famine dans les zones rurales		1.当課題研究の成果である	同上
2021	2021/10/12	Kolo TV(テレビ放送)	20時～	https://www.youtube.com/watch?v=Si4Fpc5bzPk	1.当課題研究の成果である	同上
2021	2021/10/12	I-BC(テレビ放送)	20時～	https://youtu.be/WnchcA07K0	1.当課題研究の成果である	同上
2021	2021/10/12	TVM(テレビ放送)	19時～		1.当課題研究の成果である	同上
2021	2021/10/12	TNTV(テレビ放送)	19時15分～	https://www.youtube.com/watch?v=Iw8nZi5ADDw	1.当課題研究の成果である	同上
2021	2021/10/12	Amitite TV(テレビ放送)		https://youtu.be/K2-gd7XpkIY	1.当課題研究の成果である	同上
2021	2021/10/12	ACEEM Radio	12時～		1.当課題研究の成果である	同上
2021	2021/11/28	TVM(テレビ放送)	18時45分～		1.当課題研究の成果である	プロジェクトFyVaryのPV放映
2021	2021/11/5	JICAマダガスカル事務所のFacebook		https://web.facebook.com/jicamadagascar/posts/4522150757873998	1.当課題研究の成果である	水稲新品種のリリースについて
2021	2021/11/5	L'express de Madagascar(新聞)	Filiere riz - De Nouvelles varietes de riz decouvertes	https://lexpress.mg/05/11/2021/filiere-riz-de-nouvelles-varietes-de-riz-decouvertes/	1.当課題研究の成果である	同上
2021	2021/11/5	News Mada(新聞)	Projet Fy Vary: homologation de deux nouvelles varietes de riz	https://newsmada.com/2021/11/05/projet-fy-vary-homologation-de-deux-nouvelles-varietes-de-riz/	1.当課題研究の成果である	同上
2021	2021/11/4	Orange actu(新聞)	FyVary32 et FyVary85, deux nouvelles varietes de riz pour ameliorer la productivite rizicole	https://actu.orange.mg/fy-vary-32-et-fy-vary-85-deux-nouvelles-varietes-de-riz-pour-ameliorer-la-productivite-rizicole/	1.当課題研究の成果である	同上
2021	2021/11/5	Midi Madagsacar(新聞)	Les nouvelles varietes de riz developpees par le projet Fy Vary	20面	1.当課題研究の成果である	同上
2021	2021/11/4	Le JITE(テレビ放送)		https://www.youtube.com/watch?v=hwn49aaNJ-Y	1.当課題研究の成果である	同上
2021	2021/11/4	農業畜産水産省のFacebook	KARAZAM-BARY VAOVAO: FYVARY 32 ET FYVARY 85	https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=5092812180747637&id=369994809696088	1.当課題研究の成果である	水稲新品種のリリースについて
2021	2021/11/30	農業畜産水産省のFacebook		https://www.facebook.com/maep.Madagascar/videos/299848148640941/	1.当課題研究の成果である	プロジェクトFyVaryのPV (>1000回再生、481件シェア)
2021	2022/1/15	YouTube		https://www.youtube.com/channel/UC7XWJIDVAWm63A-m8kgJeMw	1.当課題研究の成果である	プロジェクトFyVaryのPV
2022	2022/5/10	マダガスカル大統領公式FACEBOOK他			1.当課題研究の成果である	水稲新品種をマダガスカル大統領に紹介した

2022	2022/4/19	2022年4月:「アフリカのコメ増産に貢献 オンラインで研究成果発信ー国際農研」、Jacom		https://www.iacom.or.jp/nousei/news/2022/04/220419-58353.php	1.当課題研究の成果である	一般公開での研究成果紹介が取り上げられた
2022	2022/3/7	Status of digital agriculture in 47 sub-Saharan African countries、FAO Rome		https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb7943en/	3.一部当課題研究の成果が含まれる	FAOの報告書の中で、本プロジェクトがマダガスカルでの優良事例として取り上げられた。
2022	2022/9/8	TVM 19:00 news		https://bit.ly/3RTfgEx	1.当課題研究の成果である	プロジェクト終了式典が開催されたことと、新品種やリン浸漬処理など得られた成果について取り上げられた。
2022	2022/9/8	TVN(テレビ放送) 19:00~		https://bit.ly/3RTfgEx	1.当課題研究の成果である	同上
2022	2022/9/8	Dépêche TARATRA(オンラインニュース)	Promotion rizicole malagasy : homologation des semences Fyvary 32 et Fyvary 85	https://bit.ly/3xdQ64e	1.当課題研究の成果である	同上
2022	2022/9/8	Dépêche TARATRA(Facebook post)		https://bit.ly/3Qu2X9r	1.当課題研究の成果である	同上
2022	2022/9/8	RDB(ラジオ) 夜		https://bit.ly/3cZGfbD	1.当課題研究の成果である	同上
2022	2022/9/9	VIVA(テレビ放送) 19:30~		https://bit.ly/3DozWJ4	1.当課題研究の成果である	同上
2022	2022/9/8	KOLO(テレビ放送) 21:06~	Masomboly : mitohy ny fikarohana ahafahana mampihena ny zezika ampiasaina	https://bit.ly/3eDrKKQ	1.当課題研究の成果である	同上
2022	2022/9/9	FREE NEWS(新聞)	TETIKASA FY VARY	https://we.tl/t-igPtr1i33u	1.当課題研究の成果である	同上
2022	2022/9/8	AMITIE(テレビ放送) 夜		https://bit.ly/3xaif0i	1.当課題研究の成果である	同上
2022	2022/9/8	FREQUENCE PLUS(テレビ放送) 19:00~		https://bit.ly/3Qy1rmz	1.当課題研究の成果である	同上
2022			https://bit.ly/3Bxro1m	1.当課題研究の成果である	同上	
2022	2022/9/8	RADIO ANTTSIVA(ラジオ) 12:45~		https://bit.ly/3AZStbS	1.当課題研究の成果である	同上
2022	2022/9/8	IBC(テレビ放送) 19:45~		https://bit.ly/3eH9YVW	1.当課題研究の成果である	同上
2022	2022/9/9	LES NOUVELLES(新聞)		https://we.tl/t-RWVzBIUIIU	1.当課題研究の成果である	同上
2022	2022/9/10	MIDI MADAGASIKARA(新聞、オンラインニュース)	Projet « Fy Vary » : Lancement de deux	https://bit.ly/3RzWh17	1.当課題研究の成果である	同上
2022	2022/9/8	ORANGE Actus(オンラインニュース)	Clôture du projet "Fy Vary"	https://bit.ly/3QC4UQW	1.当課題研究の成果である	同上
2022	2022/9/8	MINAE(オンラインニュース) 15:13~	Naharesy Lahatra Ny	https://bit.ly/3qsgS5a	1.当課題研究の成果である	同上
2022	2022/9/9	MINAE(Facebook video) 16:22~	TETIKASA FY VARY: AZO	https://bit.ly/3xhE4qB	1.当課題研究の成果である	同上
2022	2022/9/8	MINAE(Facebook post) 15:13~	NAHARESY LAHATRA NY	https://bit.ly/3DgBXXL	1.当課題研究の成果である	同上

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2016	2016/6/29	第1回SATREPS勉強会	つくば(日本)	22	非公開	プロジェクト関係者に対して、活動計画と想定する主な成果について発表し、意見交換を行った。
2016	11月24-26日	dP SPAD (Research and Training Platform in Partnership for the Production Systems and Sustainability in the central highland of Madagascar) 2016 Scientific Committee	アンチラベ(マダガスカル)	50	非公開	CIRADが主催するマダガスカルの農業研究プラットフォームにおいて、SATREPSの活動計画を紹介し、研究活動の連携について意見交換を行った。
2017	2017/6/12	年次計画検討会	つくば(日本)	18	非公開	プロジェクト関係者と、1年目の活動計画および想定する主な成果に関する会議を行った。
2017	2017/10/4	合同技術委員会(TCC)	アンタナナリボ(マダガスカル)	15	非公開	POをもとにプロジェクト1年目の進捗と計画を課題毎に確認した。
2017	2017/10/5	キックオフ会議	アンタナナリボ(マダガスカル)	104	公開	プロジェクトの立ち上げをマダガスカル国内に広く発信した。
2017	2017/11/2	JIRCAS国際シンポジウム	東京(日本)	185(1)	公開	JIRCASの栄養改善取り組みの一例として紹介。
2017	2018/1/30	JIRCAS特別セミナー「SATREPSマダガスカルの概要と共同研究機関の紹介」	つくば(日本)	25(2)	非公開	主要共同研究機関であるLRIのTantely Razafimbelo所長とFOFIFAのRaymond Rabeson稲作研究部長を招いて、プロジェクト概要および両機関に関するセミナーをJIRCASで開催した。
2017	3月3-4日	遺伝育種学集中講義	アンタナナリボ(マダガスカル)	31	非公開	課題2リーダーのビスバ主研がアンタナナリボ大学で、カウンターパートの若手研究者や大学院生を対象に、育種学に関する集中講義を実施して、同分野における相手国の能力向上に貢献した。
2017	2017/10/5	マダガスカル農業畜産省 Randrianaritiana Pierrot Serge事務次官との面会	アンタナナリボ(マダガスカル)	-	非公開	農業畜産省が主体となり、成果の活用(PDMの上位目標)を推進することが言及された。

2017	2017/10/5	マダガスカル高等教育・科学技術省 Ralijaona Christian Guy事務次官との 面会	アンタナナリボ (マダガスカル)	-	非公開	プロジェクトが創出する稲作技術開発と活動を通じたマダガスカル・日本間の研究パートナーシップの強化への期待が言及された。
2017	2018/3/1	マダガスカル農業畜産省Rakotobe Tovondriaka事務次官との面会	アンタナナリボ (マダガスカル)	-	非公開	同国のイネ生産改善には、土壌養分や肥料の効率的利用を促進する技術開発やマダガスカルの栽培環境に適応した品種開発が必要であり、両国の研究者がこれらの課題に共に取り組むことを歓迎された。
2018	2019/6/5	年次計画検討会	つくば(日本)	20	非公開	プロジェクト関係者と、進捗と計画に関する会議を行った。
2018	2018/7/5	合同技術委員会(TCC)	アンタナナリボ (マダガスカル)	20	非公開	POをもとにプロジェクト1年目の進捗と計画を課題毎に確認した。
2018	2018/7/31	相手国研究員によるセミナー開催	京都大学	15	非公開	招へい研究員2名が訪問先の京都大学でこれまで得られた成果に関するセミナーを開催。
2018	2019/9/26	セミナー開催「Optimal soil and crop management for sorghum cultivation on three dominant soils of the Sudan Savanna」他	アンタナナリボ (マダガスカル)	25	非公開	SATREPSブルキナファソとの連携の一環として、同プロに参画するJIRCAS伊ヶ崎研究員をマダガスカルに招き、課題1,3で得られた成果の紹介と合わせてセミナーを開催。
2018	2018/10/4	マダガスカル農業畜産大臣のJIRCAS 訪問	つくば(日本)	15	非公開	マダガスカル農業畜産大臣にプロジェクト紹介を行い、継続的なプロジェクト活動への支援と、開発された技術の普及に向けて農業畜産省が先導的役割を果たすことを約束。
2018	2018/11/16	合同技術委員会(TCC)およびワーク ショップ	アンタナナリボ (マダガスカル)	45	非公開	進捗に関して16名の課題担当者がプレゼン発表を行い、今後の計画および連携について議論を交わした。
2018	2019/12/13	上記会議を含めたプロジェクト紹介「科 学の力で効率的なコメの増産を目指 す:FY VARY(いいお米)プロジェクト」	JICAウェブサイ ト	adagascar/office/informati	公開	上記のTCC会議を含めたJICAウェブサイト上でのプロジェクト紹介
2019	2019/5/10	プロジェクトラボのお披露目におけるマ ダガスカル農業畜産水産大臣のス ピーチ	アンタナナリボ (マダガスカル)	50	公開	プロジェクトで構築した研究ラボのお披露目式において、農業畜産水産大臣がスピーチを行った。
2019	2019/7/3	アフリカ10か国の記者取材	つくば(日本)	20	非公開	JICA広報室のプロジェクトの一環として、アフリカ10か国の記者を受け入れ、本プロジェクトの活動を紹介した。

2019	2019/7/5	年次計画検討会	つくば(日本)	22	非公開	プロジェクト関係者と、進捗と計画に関する会議を行った。
2019	2019/8/28	TICAD7の公式サイドイベント「アフリカを動かすカーン食・農業の未来にむけてー」での講演(辻本)	横浜(日本)	100	公開	TICAD7の公式サイドイベント(農林水産省主催)において、本プロジェクトの概要と進捗についてプレゼンを行った。
2019	2019/8/28	TICAD7の公式サイドイベント「アフリカを動かすカーン食・農業の未来にむけてー」での講演(白鳥)	横浜(日本)	100	公開	TICAD7の公式サイドイベント(農林水産省主催)において、白鳥研究員が本プロジェクト課題4の内容と進捗についてプレゼンを行った。
2019	2019/8/30	マダガスカル農業畜産水産大臣との面談	横浜(日本)	6	非公開	TICAD7に来日した大臣と会談を行い、プロジェクト成果への期待と社会実装に向けた更なる協力が約束された。
		FY VARYプロジェクトWebサイト	プロジェクトWebサイト	https://www.jircas.go.jp/ja/satreps	公開	プロジェクトWebサイトでの継続的な活動紹介(これまでに93件の記事を掲載)
2019	2020/12/12	プロジェクト中間評価ワークショップ	アンタナナリボ(マダガスカル)	75	非公開	中間評価をかねた現地ワークショップを開催。現地メディアでも取り上げられ、これまでの成果を広く発信した。
2019	2020/1/23	国際連合食糧農業機関(FAO)のグスタフソン副事務局長のJIRCAS訪問	つくば(日本)	12	非公開	国際連合食糧農業機関(FAO)のグスタフソン副事務局長一行の訪問に際して、辻本研究代表がSATREPSの取組みと成果を紹介し、マダガスカルでのFAOとの連携を協議した。
2019	2020/2/21	在マダガスカル日本大使へのプロジェクト概要説明	アンタナナリボ(マダガスカル)	5	非公開	2020年1月に着任したマダガスカル日本大使館の樋口大使を表敬し、辻本研究代表がプロジェクトの概要とこれまでの成果について説明した。
2020	2020/6/26	農林水産省国立研究開発法人審議会にプロジェクトの成果・活動に関するプレゼン	オンライン	不明	非公開	農林水産省国立研究開発法人審議会にプロジェクトの成果・活動に関するプレゼンを実施した。
2020	2020/7/7	中間評価面接	オンライン	-	非公開	プロジェクトの中間評価
2020	2020/8/7	年次計画検討会	つくば(日本)	25	非公開	プロジェクト関係者と、進捗と計画に関する会議を行った。JICAおよびJSTからも参加。

2020	2021/1/7	マダガスカル農業畜産水産大臣との面談	アンタナナリボ (マダガスカル)	1	非公開	日本人長期専門家の再赴任の表敬時に、プロジェクトの進捗状況をプレゼンし、P-dippingの圃場視察を提案した。
2020	2021/1/21	マダガスカル農業畜産水産次官との面談	アンタナナリボ (マダガスカル)	1	非公開	3名のFOFIFA研究者の正規雇用と2021年の予算確保の依頼を行った。
2020	2021/2/3	内閣府国立研究開発法人イノベーション戦略会議への研究動画紹介	Webサイト	http://www.cao.go.jp/lib/006/5kokken/5kokken_13.html	公開	内閣府国立研究開発法人イノベーション戦略会議のWebサイトに、SATREPSプロジェクトの成果や活動を紹介する動画が掲載された。
2020	2021/2/4	FAOマダガスカル代表とのオンライン会議	オンライン	5	非公開	2020年9月にマダガスカルに着任したFAOのポリコチャールズ代表とWeb会議を行い、プロジェクトの活動、成果を紹介するとともに、FAOとの連携について意見を交わした。
2020	2021/2/19	SATテクノロジー・ショーケース2021	つくば(日本)	100	公開	マダガスカルのイネ生産性改善に向けた土壌肥沃度迅速評価法の開発
2020	2021/2/24	在マダガスカル日本大使へのプロジェクト概要説明	オンライン	-	非公開	2/26に予定されているサイト視察に向け、プロジェクトの概要説明を目的に、内閣府の国立研究開発法人イノベーション戦略会議のWebサイトを事前に視聴してもらった
2020	2021/2/26	P-dippingおよび品種登録候補の研究 成果紹介のためのサイト視察(農業畜 産水産大臣、内務大臣、高等教育科 学技術省事務次官、ヴァキナカラチャ 県知事、在マダガスカル日本大使他	ベヘンジ(マダガ スカル)	70	非公開	マダガスカルの農業畜産水産大臣らが研究サイトを訪問し、開発したイネのリン浸漬処理技術や有望系統などの成果を発信した。同大臣、県知事、大使がこれら成果がマダガスカルのイネ生産に貢献することへの期待と支援の約束が述べられた。
2020	2021/3/17	公開シンポジウムの開催	オンライン	100	公開	第129回熱帯農業学会の会期中にJIRCASが研究代表期間を務める3つのSATREPS課題(マダガスカル、ブルキナ、ポリビア)の合同での公開シンポジウムを実施した。
2021	2021/7/9	研究計画検討会	JIRCAS(日本) およびオンライ ン	27	非公開	プロジェクト年次計画に関する国内の参画者間での意見交換。プロジェクト延長に関する合意。JSTおよびJICAも参加。
2021	2021/10/11	マダガスカル農業畜産大臣との会談	マダガスカル	-	非公開	Harifidy Ramiloson農業畜産大臣と会談。農業大臣は、マダガスカルにとって最重要課題であるイネの安定生産に繋がる成果として、プロジェクトの活動、人材育成への取り組みを高く評価、農業畜産省が得られた成果の社会実装＝普及に努めることを約束。

2021	2021/10/14	在マダガスカル全権大使との会談	マダガスカル	-	非公開	在マダガスカル樋口全権大使と面会。2021年3月のプロジェクトサイト訪問への謝意と、研究の進捗についての報告。P-dippingの普及について、連携する農業資材会社Agrivetの会長にも話を通しておくなどのサポートに言及。日本の協力であることを積極的にアピールするよう提案を受けた。
2021	2021/10/14	FAOマダガスカル・コモロ・モーリシャス・セーシェル代表と会談	マダガスカル	-	非公開	FAOマダガスカル・コモロ・モーリシャス・セーシェル代表のMbuli Charles Boliko博士を訪問。FAOでは、南々協力の一例として、中国からの支援において、ハイブリッドライスの普及に努めていることを紹介され、我々が取り組むイネの品種開発、優良種子生産、普及といった点での協力を検討。
2021	2021/10/12	第5回合同調整会議(JCC)開催	マダガスカルおよびオンライン	33	非公開	プロジェクトの進捗と、参画研究者リスト・エフォート、供与機材、カウンターパート予算、招聘研究の内容を含めた最終年の計画を確認。供与機材およびプロジェクト延長文書の署名式。本会議と得られた研究成果について、現地メディアを通してマダガスカル国内に広く発信した。
2021	2021/11/1	マダガスカル農業畜産大臣との会談	マダガスカル	-	非公開	品種登録の成果を説明し、同成果について、謝意が述べられた。
2021	2021/11/3	Global Conference on Green Development of Seed Industries, FAO	オンライン	不明	公開	FAO主催の会議で、本プロジェクトで得られたマダガスカルでの新品種開発の成果を紹介
2021	2022/1/24	SATテクノロジーショーケース2022	つくば(日本)	100	公開	「肥料低減と環境ストレス回避に同時に有効な水稻施肥技術P-dippingの開発と普及」の発表
2021	2021/10/7	CARD会議	オンライン	不明	非公開	CARD会合で、相手国研究代表(農業総局長)が本プロジェクトの成果を紹介
2021	2021/11/4	新品種の公表イベント	マダガスカル	30名	非公開	普及員、JICA技プロ、行政(高等教育科学技術省事務次官他)、農家を招待して新品種のお披露目会を実施
2021	2021/10/6	P-dipping技術の普及員研修	マダガスカル	30名	非公開	JICAの技術協力プロPaprizがP-dipping技術の効果と手法に関する農業普及員対象のOJTを実施
2021	2021/5/27	36th resilience seminar, Kyoto University	オンライン	30名	公開	世界の栄養問題に関する講義の中でマダガスカルの例を紹介

2021	2021/10/5	みずほ証券インサイト&カタリスト(IC)勉強会	オンライン	80名	非公開	グローバルフードシステムに関する講義の中でマダガスカルの場合を紹介
2021	2021/11/26	熊谷高校サイエンスツアー	つくば(日本)	20名	非公開	グローバルフードシステムに関する講義の中でマダガスカルの場合を紹介
2021	2021/12/6	東京栄養サミット公式サイドイベント「Fruits and Vegetables – Research and Action Opportunities for Human and Planetary Health」	オンライン	500名	公開	マダガスカル食事調査から得られた示唆について発信
2021	2021/12/21	P-dipping技術の普及員研修	マダガスカル	20名	非公開	P-dipping技術の効果と手法に関する農業普及員対象のOJTを実施
2021	2021/12/1	圃場のリン施肥効果を推定するための土壌簡易評価法に関する講習	マダガスカル	20名		圃場のリン施肥効果を推定する土壌簡易評価法について、対象地域の農家に講習を実施した。測定の手軽さについて理解は得られた一方で、測定結果の解釈の仕方、結果に基づいて推奨される対策などをわかりやすく提示する必要がある等、課題が抽出された。
2021	2022/2/17	新品種の説明会	マダガスカル	40名	非公開	JICA技プロが主催するセミナーで、マダガスカル全国の種子検査官に対して、新品種を説明
2021	2021/9/2	外務省科学技術外交推進会議STIショーケースでのプロジェクト活動紹介	https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/100229856.pdf	-	公開	松本外務大臣科学技術顧問から鷲尾外務副大臣に提出された外務省科学技術外交推進会議STIショーケースでプロジェクトの成果が紹介された。
2021	2022/3/7	マダガスカル農業畜産省事務次官との面談	マダガスカル	-	非公開	JICA事務所の要請により、プロジェクトの懸案事項であるFOFIFA研究者の雇用問題に関して事務次官と面談。事務次官から、プロジェクト終了までに具体的な解決が公表できるよう既に農業畜産省側で対策が取られていることが説明された。
2022	2022/5/17	マダガスカル農業畜産省事務次官との面談	マダガスカル	-	非公開	プロジェクトの終了に向けた調整、懸案事項であるFOFIFA研究者の雇用問題に関して事務次官と面談。事務次官からは次期SATREPSへの応募要請があった。
2022	2022/3/18	辻本泰弘、フィールド研究を通してアフリカの食糧問題に貢献する、日本熱帯農業学会・JISNAS・名古屋大学農学国際教育研究センター 合同セミナー、2022.3.	オンライン	100名	公開	プロジェクトの終了に向けた調整、懸案事項であるFOFIFA研究者の雇用問題に関して事務次官と面談。事務次官からは次期SATREPSへの応募要請があった。

2022	2022/4/24	JIRCAS一般公開ライブ配信「変わりゆくアフリカ ～研究者が現地で見ただアフリカの農業・食料～」	オンライン	350回視聴	公開	JIRCAS一般公開のライブ配信で、辻本研究代表がマダガスカルでコメ増産に挑戦で、本プロジェクトの活動、成果を紹介。
2022	2022/4/18～	JIRCAS一般公開ミニ講演「『アフリカの厳しい環境でのコメ増産に挑戦』」	オンライン	250回視聴	非公開	JIRCAS一般公開の動画配信で、辻本研究代表が本プロジェクトの活動、成果を紹介。
2022	2022/5/31	JICA課題別研修「稲作技術向上」	つくば(日本)	10名	非公開	左記のアジアアフリカ各国の稲作研究者・普及員を対象とした研修で、辻本研究代表が本プロジェクトで開発した施肥技術P-dippingを紹介した。
2022	2022/8/30	TICAD8公式サイドイベント「アフリカ農学と土壌肥沃度・貧栄養土壌管理の課題」	オンライン	200名	公開	国際農研が主催(JICA、JST後援)するTICAD8のサイドイベントで、研究代表の辻本が本プロジェクトの成果を発信。
2022	2022/8/25	TICAD8公式サイドイベント「日本・アフリカサイエンスイノベーションウィーク 持続可能な開発のための日-アフリカ間におけるSTI研究協力 -イコールパートナーシップとインクルーシブコラボレーション- DAY2」	オンライン	不明	公開	JSTとJICAが主催したTICAD8のサイドイベントで、相手国機関FOFIFA所長が本プロジェクトの成果および研究協力について発表した。
2022	2022/9/8	プロジェクト終了式典	アンタナナリボ(マダガスカル)およびオンライン	80名	非公開	プロジェクト終了式典を開催。得られた成果を広く発信するとともに、マダガスカル農業畜産大臣および同省事務次官から謝意が述べられた。
2022	2022/9/8	プロジェクト最終ワークショップ	アンタナナリボ(マダガスカル)およびオンライン	50名	非公開	プロジェクトの最終ワークショップを開催。参画した若手研究者を中心に成果を発表、活発な議論が行われた。
2022	2022/9/29	CARD 18th steering comitte meeting	現地(タンザニア)およびオンライン	25名	非公開	CARD運営会議にて、国際農研の関連成果として、辻本研究代表が本プロジェクトのリン浸漬処理技術、水稻新品種、イネ収量が栄養改善に及ぼす影響、に関する成果を紹介した。

64 件

②合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2017	2017/10/5	PDM、PO、研究実施体制等の承認	26	PDMの数値目標を具体化した。プロジェクトの略称=Fy Varyとロゴが確定。新規の参画機関として山梨英和大学が、新規の対象地域としてアロチャマングル県が追加承認された。
2018	2019/7/5	研究実施体制等の承認、進捗・問題点・改善策の確認	20	プロジェクト1年目の進捗と、参画研究者リスト・エフォート、供与機材、招聘研究の内容を含めた2年目の計画を確認した。カウンターパート予算や参画研究者の業務量などプロジェクトを円滑に進める上での問題点と改善点を相互に承認した。
2019	2019/7/12	PDM、PO、研究実施体制等の承認	26	プロジェクトのこれまでの進捗と、参画研究者リスト・エフォート、供与機材、カウンターパート予算、招聘研究の内容を含めた3年目の計画を確認した。さらに、TICAD7や12月に予定するJST中間評価およびWorkshopなどの機会を通して、農業畜産水産省が主導して本プロジェクトの推進に努めること、技術移転や品種登録等の成果の普及に向けて技術普及を推進するPaprizII(JICA技プロ)や農業畜産水産省の地方局との連携をより強化していくことを確認した。本会議について、現地メディアを通してマダガスカル国内に広く発信した。
2020	2020/9/17	PDM、PO、研究実施体制、成果等の承認	37	プロジェクトのこれまでの進捗と、参画研究者リスト・エフォート、供与機材、カウンターパート予算、招聘研究の内容を含めた4年目の計画を確認した。JST長峰研究代表から中間評価の結果が説明された。P-dippingの普及に向けた追加予算と、PDM目標値の上位修正が承認された。
2021	2021/10/12	PDM、PO、研究実施体制、成果等の承認、機材供与とプロジェクト期間延長の署名	33	プロジェクトの進捗と、参画研究者リスト・エフォート、供与機材、カウンターパート予算、招聘研究の内容を含めた最終年の計画を確認。供与機材およびプロジェクト延長文書の署名式。本会議と得られた研究成果について、現地メディアを通してマダガスカル国内に広く発信した。

5 件

成果目標シート

研究課題名	肥沃度センシング技術と養分欠乏耐性系統の開発を統合したアフリカ稲作における養分利用効率の飛躍的向上
研究代表者名 (所属機関)	辻本 泰弘 (国立研究開発法人 国際農林水産業研究センター)
研究期間	(平成28年6月1日～令和4年9月30日)
相手国名／主要相手国研究機関	マダガスカル共和国／農業畜産省、国立農村開発応用研究センター、アンタナナリボ大学放射線研究所、国立栄養局

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 国連の新たな開発目標(2016-2030)および日本政府が対アフリカ農業支援の核とするコメ生産倍増計画(CARD/TICAD)に対する貢献 鉱山開発の副産物として産出される肥料資源の地域農業への還元
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> 低肥沃度環境および肥料資源枯渇に対応した養分利用効率に優れた育種素材と作物生産技術の開発
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> 養分の吸収利用に寄与するイネの遺伝資源に関する知財獲得とマダガスカルでの有望系統の作出 マダガスカル在来イネ系統の特性評価と遺伝情報の入手
世界で活躍できる日本人人材の育成	国際共同研究の推進、国際会議・査読付き論文での成果公表を通じた国際的認知度の高い若手研究者の育成
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> 国際共同研究体制の構築 開発技術の広域展開に向けた国内外機関、メディア、種子・肥料セクターとの連携強化
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"> マダガスカル中央高地における土壤炭素量と養分欠乏の評価法マニュアルを作成、公開 養分吸収利用に寄与するイネのQTLを検出、DNAマーカー、遺伝子、およびこれらの素材を導入した有望系統を作出し、水稻新品種2点を公式リリース イネの生産効率を改善するための技術マニュアルと普及のための政策提言を作成 査読付き論文(25件以上)=38件

上位目標(5年後)

開発技術が対象地域の稲作農家に普及して、イネの生産性が改善される

開発技術がマダガスカルの普及活動に活用される=達成

プロジェクト目標

低投入・低肥沃度環境に適応した養分利用効率の高い稲作技術を開発し、技術普及のための基盤を整備する=達成

