

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「生物資源の持続可能な生産・利用に資する研究」

研究課題名「肥沃度センシング技術と養分欠乏耐性システムの開発を統合

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

平成 30 年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

平成 29 年 5 月 16 日から令和 4 年 5 月 15 日まで

JST 側研究期間^{*2}

平成 28 年 6 月 1 日から令和 4 年 3 月 31 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・主任研究員

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

研究題目・活動	H28年度 (10ヶ月)	H29年度	H30年度	H31年度	H32年度	H33年度 (12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					
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					
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	QTL 導入系統の圃場評価、農家参加型評価 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					
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					
4. 稲作技術の普及要因の解明とインパクト評価 (インパクト評価グループ)						
4-1 普及要因の解明	パネルデータ構築 技術普及要因の解明					
4-2 生計向上に及ぼす影響評価	paprizII サイト活用 プロジェクトサイト コメ生産と所得 介入実験による所得への影響評価					
4-3 栄養改善に及ぼす影響評価	農家の嗜好性評価 コメの生産性と栄養改善 の関係解明					

【平成 30 年度実施報告書】【190531】

(2)プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

該当なし。

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

(1) プロジェクト全体

・成果目標の達成状況とインパクト等

2018年7月5日に第2回 Technical Coordination Committee (以下、TCC) および第2回 Joint Coordination Committee (以下、JCC) を開催し、PDM および PO に基づいて、プロジェクトが順調に進捗していることをマダガスカル側と日本側の双方で合意した。2018年11月16日の第3回 TCC では、プロジェクト内外の関係者参加のもと16演題の成果報告を含めた Workshop を合わせて開催し、プロジェクト目標の達成に向けて課題間ならびに関係機関との連携を強化した(図1)。また、2018年10月には、マダガスカル農業畜産省の Randriamanana 大臣が JIRCAS を訪問し、開発された技術が同国に普及されることへの期待を寄せられ、その実現のために農業畜産省が協力することを約束された(図2)。加えて、農民集会を2018年5月と11月に2回開催し、行政のみならずプロジェクト活動への農家の理解を促すことで、成果の社会実装に向けた基盤を強化した(図3)。

2019年5月10日には、プロジェクトで整備したマダガスカル初のイネの交配用温室および遺伝解析施設、ならびに、土壌分析・リモセン関連施設が本格的に稼働したことを受けて、これら施設の開所式を実施した。同式典では、農業畜産水産省(2019年1月の新政権発足にともない農業畜産省から改変)の Ranarivelo 大臣が祝辞を述べ、その様子が多数のメディアに取り上げられるなど、プロジェクトの成果が広く発信された(図4)。



図1. 第3回 TCC と合わせて開催した Workshop の様子



図2. Randriamanana 農業畜産大臣にプロジェクトの概要を説明する辻本研究代表



図3. 農民集会におけるプロジェクトの概要と成果紹介(50名以上の農家が参加)



図4. プロジェクトで構築した研究施設の開所式

2018年4月1日～2019年3月31日の期間中に、日本側研究者はのべ34回、737日の渡航を繰り返して現地での研究活動を推進、マダガスカル側研究者は6名、のべ379日の短期招へいで来日するなど、1年目と同規模の活発な人的交流のもとで、本国際共同研究が概ね計画通り進捗した（表1）。各研究題目の進捗状況についての詳細は後述の通りである。また、2年目は原著論文4報、国際学会6報（うち1報が招待講演、3報がマダガスカル側研究者による発表）、国内学会での招待講演1報、商業誌・機関誌への寄稿2報など、多くの研究成果を発信した。1年目と合わせて、原著論文が計6報公表されており、PDM記載の目標値の一つである「プロジェクト期間中に25報の原著論文を公表」に対して、概ね順調な達成状況にあるといえる。

表1. 2018.4-2019.3までの日本側の渡航実績およびマダガスカルからの招へい実績

	日本側の渡航実績		マダガスカルからの招へい実績	
	渡航回数	渡航日数	渡航回数	渡航日数
研究題目1	5	94	1	31
研究題目2	11	275	2	118
研究題目3	10	247	3	230
研究題目4	9	121	0	0
計	35	737	6	379

・プロジェクト全体のねらい（これまでと異なる点について）

全体計画に対して変更点なし。

・地球規模課題解決に資する重要性、科学技術・学術上の独創性・新規性（これまでと異なる点について）

全体計画に対して変更点なし。

・研究運営体制、日本人人材の育成（若手、グローバル化対応）、人的支援の構築（留学生、研修、若手の育成）等

上述の第2回JCCにおいて、2年目の研究実施体制を確認し、マダガスカル側と日本側ともに、全ての研究課題で1年目と同規模の研究者・エフォート数を確保し、研究活動を実施した（表2）。

表2. 両国における各研究題目の主たる参画研究者数、エフォート数、および若手研究者数

	日本		マダガスカル	
	人数（エフォート）	若手研究者数	人数（エフォート）	若手研究者数*
研究題目1	3 (0.6)	1	8 (3.0)	2
研究題目2	7 (2.9)	1	8 (4.1)	5
研究題目3	3 (1.8)	1	12 (6.5)	7
研究題目4	6 (1.5)	1	8 (2.4)	3
計	19 (6.8)	4	36 (16.0)	17

*2018年4月1日時点で35歳以下の参画研究者数（大学院生含む）

マダガスカルの農業畜産水産省およびONNの行政担当者は除いた。

2019年1月のマダガスカル国での政権交代にともない、相手国代表機関である農業畜産省が

【平成30年度実施報告書】【190531】

農業畜産水産省に改変され、相手国研究代表者をはじめ、同省内における全てのプロジェクト担当者が交代する結果となった。新任の担当者には、順次、プロジェクトについて説明を行い、既に理解を得るなど、政権交代にともなう研究運営体制の大きな混乱は生じていない。また、2019年4月より、新たなプロジェクト業務調整員が着任して、業務が引き継がれた。

日本側の35歳以下の若手研究者として、研究代表者、特別研究員1名（研究題目1）、および博士課程学生2名（研究題目2および研究題目4）が、それぞれの担当課題をもって活動を実施し、相手国研究者および現地の農家と調査・実験を実施することで、サブサハラの食糧問題のような生産現場での研究と現地との協力体制構築が不可欠な地球規模課題に取り組む能力をさらに向上させた。

マダガスカル側では、LRIに所属する博士課程学生3名および修士課程3名がそれぞれの研究課題を継続して実施した。うち、修士課程2名は、2018年10月と12月に、研究題目1と研究題目3に関連するテーマでアンタナナリボ大学農学研究科の修士号を取得した。博士課程3名については、各担当課題の進捗状況をモニタリングするための委員会（アンタナナリボ大学が指名する委員長、各学生の主たる指導教官、日本側の研究代表者、外部有識者などが参加）を設置した。2018年11月および2019年3月に同委員会で3名の博士課程学生が発表を行い、各自の進捗と今後の計画を確認するなど、人材育成のためのサポート体制を強化した。また、マダガスカル側の若手研究者を中心に計6名を短期招へいし、それぞれが担当する課題における研究推進と必要な技術移転を図った。短期招へいの内容については、後述の「②研究題目1～3のカウンターパートへの技術移転の状況」参照。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（第12回）若手外国人農林水産研究者表彰を受賞し、国連大学ウ・タント国際会議場で受賞講演を行った（図5）。



図5. 2018年若手外国人農林水産研究者表彰（前列左から3人目がLRIのAndry Andriamananjara博士）

(2) 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）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

1-1. 土壌炭素量の簡易評価法開発と分布域把握

昨年度、携帯型ハイパースペクトルセンサー（FieldSpec, ASD Inc.）で得られた分光データをもとに、マダガスカル中央高地に分布するイネ作付け土壌の全炭素量と全窒素量を既存の手法よりも高い精度で推定する波長選択型モデルを開発した（Kawamura et al. 2017）。同モデルをもとに、波長を

領域ごとに選択することで、無人航空機（UAV）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全炭素推定モデルを開発した（Kawamura et al. 投稿中）。また、プロジェクトサイトにおける土壌炭素量の圃場間変動要因の解明と分布図の作成に向けて、UAV 画像を用いた圃場の地形情報と農家への聞き取りによる栽培管理情報を整理し、圃場毎の土壌採取と分析を進めた（図 6）。

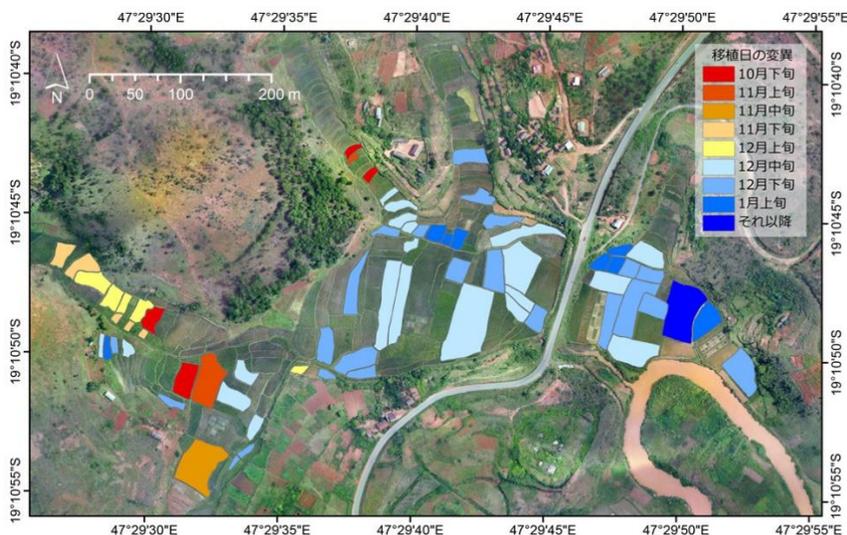


図 6. プロジェクトサイトにみられる圃場間の移植日の変異

1-2. 養分欠乏の評価法開発と分布域把握

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・形態が近接する圃場間でも大きく変化すること、植物が利用しやすい易溶性リン（図 7 の Resin-P と $\text{NaHCO}_3\text{-Pi}$ の画分）が平均で全リン含量の 3%と極めて少なく、大部分は土壌中の活性アルミニウム・鉄と結合した難溶性リンとして存在することを明らかにした（図 7）。また、これらの土壌群を用いたポットでの養分欠如試験によって、イネのリン吸収には、土壌のリン供給能（易溶性リン含量）とリン吸着能（活性アルミニウム・鉄含量）の双方が強く関わることを明らかにした（Nishigaki et al. 2019）。

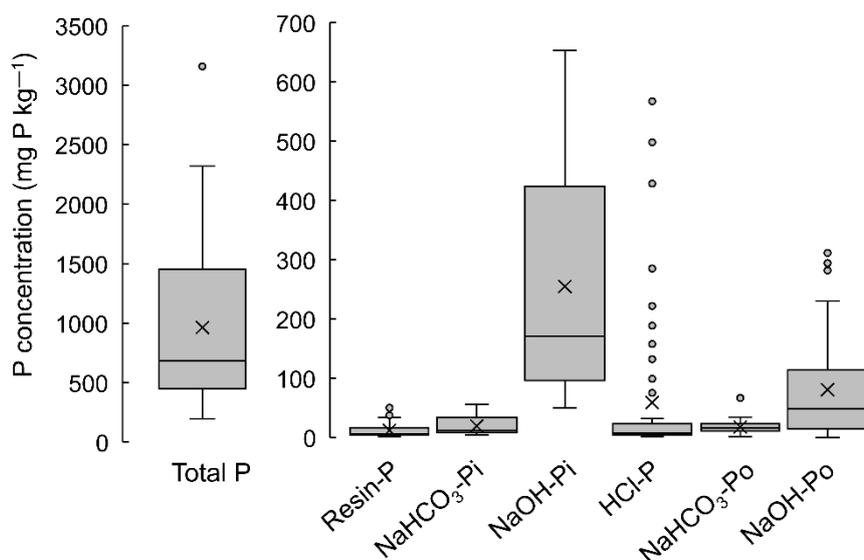


図 7. マダガスカル中央高地にみられるイネ作付土壌（ $n=51$ ）の全リン含量（左）とヘドレー逐次抽出による各画分のリン含量（右）の変異を示す箱ひげ図

携帯型ハイパースペクトルセンサー（FieldSpec, ASD Inc.）で得られた分光データを用いて、対象地域におけるイネのリン吸収応答と密接な関係を示す土壤中シュウ酸塩抽出リン量を推定（ $R^2 = 0.796$, 図 8c）するモデルを開発し、同推定に関連性の高い波長域を同定するとともに、PLS 回帰での波長選択に遺伝的アルゴリズムを組み込むことで、その推定精度を改善できることを明らかにした（Kawamura et al. 2019）。同様のアプローチで、LRI がこれまでに蓄積した森林や休閒地の土壌を含めて土壌の分光放射特性とシュウ酸塩抽出リン量との関係を解析したところ、土地利用に応じて最適な推定モデルが異なる可能性が示唆された。

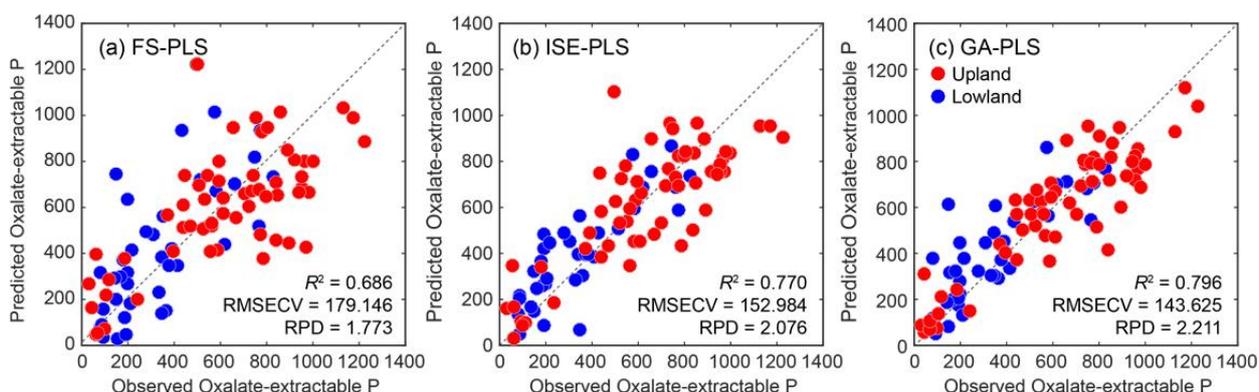


図 8. 分光データを用いたシュウ酸塩抽出リンの推定結果の精度判定（x 軸：実測値, y 軸：予測値）
（左から順に、「全波長を使用した一般的な PLS 回帰」、「逐次波長選択法による PLS 回帰」、「遺伝的アルゴリズムを組み込んだ波長選択法による PLS 回帰」）

また、研究題目 3 で多点の農家圃場に設計した施肥条件の異なる処理区 360 点を対象に、携帯型ハイパースペクトルセンサー（MS720, 英弘精機）を用いたイネ生育盛期の分光放射計測ならびにそこでの植物サンプリングを実施することで、1 年目と合わせて、イネ群落地上部の乾物生産量、窒素保有量、リン保有量を簡易推定するためのモデル開発に向けたデータベースを蓄積した。

1-3. 圃場養分特性の簡易評価技術の開発

生産現場での土壌簡易評価技術の開発に向けて、これまでに、EC（電気伝導度）メーター、色彩計、および帯磁率計を LRI に導入した。3%過酸化水素溶液を用いた土壌有機物分解後の EC 測定による土壌の全窒素・全炭素含量簡易推定法（オキシドール法）について、さらに検討を加えた。結果、従来の白金黒メッキ極板を備えた EC 電極ではなくカーボン極を備えた EC 電極を使用することで推定精度を高められること、測定計器のインターバル計測機能を利用することで土壌窒素無機化パターンを任意の時間間隔で自動計測できることを示した。

種々の色彩計による土壌測色値の機種互換性と目視評価との対応関係を評価した結果、近年発売された比較的安価な色彩計の測色値はカラーチャートによる目視評価よりも再現性に優れ、かつ、より高額な従来の色彩計と高い互換性をもつことを明らかにした（Moritsuka et al. 投稿中）。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確認し、土壌水分量が大きく変化する生産現場での測定に適している可能性が示唆された。

また、対象地域のイネ作付け圃場において、土壌のリン吸着能を規定する活性アルミニウム・鉄含量と風乾土水分含量に高い相関関係が存在することを明らかにした ($r = 0.90$, $n = 86$)。このことから、風乾土水分含量という比較的計測が容易な土壌測定値を用いて、そのリン吸着能を推定できる可能性が示唆された。

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および研究題目3に参画するLRIの研究員1名と博士課程学生1名を招へいし(2018年6月5日～9月2日)、土壌のリン逐次抽出や一般理化学性分析、ICPや分光光度計などの各種分析機器の使用法に関する技術指導を行うことで、土壌のリン特性を評価するための研究能力が向上した(図9)。京都大学では、目視による土色測定に関する技術指導に加えて、招へい者2名によるオープンセミナーの開催と京都大学土壌学研究室、同大学付属農場、および滋賀県立大学などの訪問を通して、プロジェクト外の研究者との人的交流を図った。また、リモセン分野を担当するLRIの研究員1名を昨年度に続いて招へいし、携帯型ハイパースペクトルセンサー(MS720, 英弘精機)を用いた植物群落の分光放射計測、数値解析ソフト Matlab による分光データの解析手法、ドローン空撮画像の解析手法など、研究題目1に必要な技術指導を繰り返すことで、これら技術の定着を促した。

上述した技術をマダガスカルで実践するために、オートクレーブ、ドラフトチャンバー、蒸留水製造装置、遠心分離機、携帯型ハイパースペクトルセンサー(MS720, 英弘精機)、など必要な機材を追加導入した。これらの機材は、1年目に導入済みの土壌分析・リモセン機器と合わせて、5月10日の開所式で関係者に広く周知した。



図9. 短期招へいでの研究題目1関連の技術移転の様子(左から順に、招へい者による京都大学でのオープンセミナー開催、土壌中のリン逐次抽出、携帯型ハイパースペクトルセンサーによる群落測定)

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より広域に把握し、イネ作付け圃場にみられる土壌養分特性の理解に繋げるために、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。その結果、強風化貧栄養土壌 Ferralsols しか分布していないと考えられてきた既往の知見に対して、同地域で比較的塩基飽和度の高い Lixisols や、肥沃度の高い火山灰性土壌 Andosols、長年の水田利用によって発達した Anthrosols なども点在することが明らかになり、これら土壌型の分類が圃場毎の効率的な施肥技術の開発に有効な基礎知見となることが示唆された(図10)。

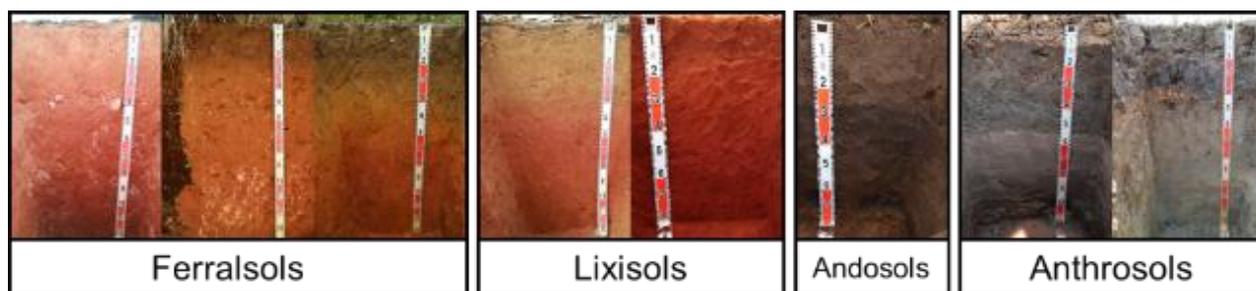


図 10. マダガスカル中央高地から東海岸に分布する土壌型とその断面図

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 PAPRIZ II 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。

(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)

①研究題目 2 の当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果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

国際稲研究所 (IRRI) からマダガスカルに導入した359系統 (以下、GWAS系統群) のうち、1年目の現地試験をもとに、収量性もしくは早生の特性で選抜した有望ドナー20系統について、その再現性を評価するために、リン欠乏がみられる現地の農家圃場3地点で各系統2m²群落レベルでの栽培試験を実施した。暫定的な結果であるが、早生の特性については確認されたものの、収量性についての再現性は必ずしも明瞭ではなかった。

また、同GWAS系統群を用いた2年目の現地栽培試験を行い、1年目の形質評価と合わせてGWAS解析を実施したところ、個体あたりの穂重に関与する新規のQTLを第5染色体と第11染色体に検出した (図11)。さらに、SNPマーカー情報をもとに、検出された穂重に関わるQTLの領域を絞り込んだ。

同GWAS系統群のうちアウスに属する98系統について水耕栽培と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が検出された。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., 投稿中)。

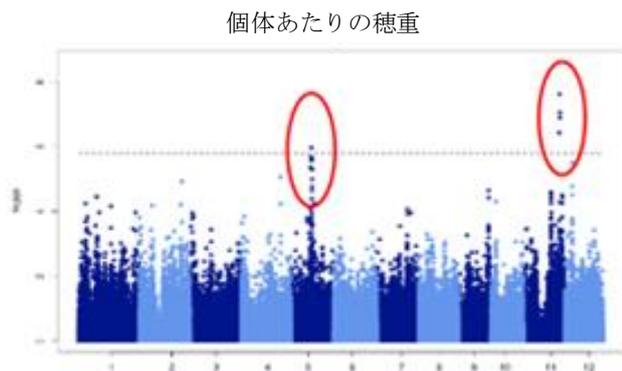


図 11. GWAS 解析による個体あたりの穂重に関わる QTL の検出

リンの吸収利用効率が高いDJ123と熱帯の標準水稻品種であるIR64との交雑集団をJIRCAS（つくば市）の通常施肥圃場（F₄）とリン欠乏がみられるマダガスカル農家圃場（F₅）で栽培し、その形質評価をもとにQTL解析を行った。その結果、主要な収量構成要素である穂数に関わるQTLが、両圃場条件で共通して、第1染色体と第4染色体の同じ遺伝子座に検出された。続いて、同QTL集団の世代促進を進め、検出されたQTLの効果を検証するため、遺伝子型解析（F₆）を実施するとともに、2018-2019年の作期において、リン欠乏がみられるマダガスカル農家圃場（F₇）2地点での栽培実験と収量調査を完了した（2019年5月時点）。

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

マダガスカルに導入した72系統の*Pup1*-NILs（IR64に*Pup1*遺伝子座を導入したNIL系統群）の現地評価試験を継続し、親系統のIR64やマダガスカル主要品種であるX265に比べて有意に収量が高く、生育日数も同等ないし短くなる20系統を選抜した。選抜された20系統の収量はX265に比べて17～47%高かった。2018-2019年の作期には、これら20系統を各系統2m²の群落かつ3地点の現地試験圃場に供試し、さらに、一部の系統については、農家参加型の評価を実施した。収量および生育期間の結果に農家の評価を加味して、品種候補となり得る7系統を選抜し、温暖地域に位置するFOFIFA-Marovoay圃場での種子増殖を開始した（2019年5月播種）。農家は早生系統と穂の大きな系統を高く評価した。

また、JIRCASのリン欠乏圃場と通常施肥圃場（つくば市）の2つの養分条件下で栽培したDJ123とIR64の交雑集団（F₄）の中から収量の高かった50系統を選抜した。これら50系統のF₅種子をJIRCAS-FOFIFA間のMTAでマダガスカルに導入し、2018-2019の作期にリン欠乏がみられる現地の農家圃場で評価した。その中で特に高い生産性がみとめられた6系統19個体を選抜し、上述の*Pup1*-NILsと合わせてFOFIFA-Marovoay圃場での種子増殖を開始した。選抜した19個体は親品種であるIR64に比べて50～130%収量が高かった（図12）。X265はIR64よりやや高い収量であった。

Pup1、*PUE11*、*MP3*など既知のQTLおよびGWAS解析で得られた新規QTLを導入するため、X265とそれぞれのドナー系統（*Pup1*-NIL、DJ123、コシヒカリ、GP1103、GP1013）との交配を行い、F₁種子を得た。その一部について、F₂の栽培を開始した。また、X265は*Pup1*遺伝子座をもたないことを確認した。

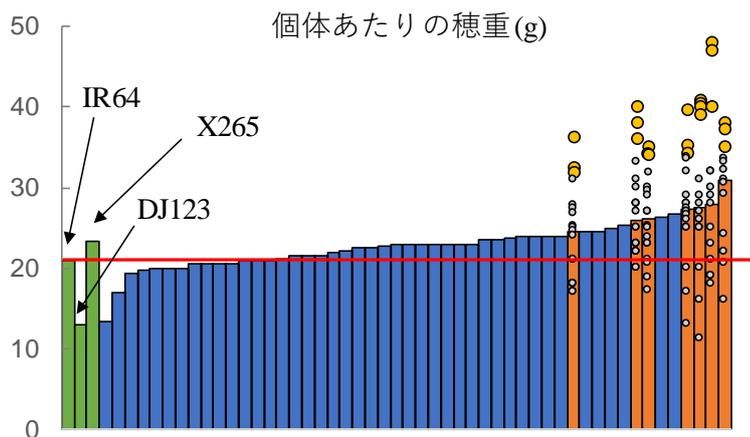


図12. 現地試験圃場でのIR64×DJ123の交雑集団 (F5) 50系統とIR64、DJ123、およびX265の穂重の変異各系統20個体の中央値を棒グラフで表示。中央値が高く、かつ、20個体の中に穂重の大きい個体が複数含まれる6系統 (橙色の棒グラフ) から計19個体 (図中の●) を選抜した。

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

有用候補遺伝子の機能を明らかにする基盤として、マダガスカル主要品種の形質転換効率 (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) を X265 で 13.8%、Chomorong Dan で 61.1%まで引き上げ、目標値の 10%を上回る形質転換系の開発に成功した。一方で、F160 および Tsipala については形質転換体を得ることができなかった。

また、多穂 QTL (*MP3*) の原因候補遺伝子の機能とリン欠乏環境との相互作用を解明することを目的として、同 QTL の NIL を育成済みのタカナリとマダガスカルの主要品種である X265 および NERICA4 の 3 品種を用いて、同原因候補遺伝子の突然変異体を CRISPR/Cas9 により作出した。市販の培養土を用いた通常の養分条件下で栽培した結果、いずれの遺伝的背景においても、突然変異体 (T1 ホモ) が多分げつの傾向を示すことを確認した (図 13)。種々のリン欠乏条件で多分げつ突然変異体の効果を検証するため、JIRCAS 熱帯島嶼拠点に分布するリン欠乏土壌と T2 種子を採取した。



図 13. CRISPR/Cas9 による多穂 QTL (*MP3*) の原因候補遺伝子への変異導入による分げつ数の増加 (品種 X265、3 月 5 日撮影)

DJ123 の昨年度のシーケンス解析結果（HiSeq Pair-end 解析、HiSeq Mate Pair 解析、PacBio Sequel 解析）を用いて配列アセンブルを行った。385Mbp サイズの 82 本のコンティグのうち 377Mbp をアンカーし、シーケンスした配列を 12 本のスキャフォールド（染色体）にまとめることができた。これにより、DJ123 の全ゲノム配列の全体像が明らかになったと考えられた。これまで 2005 年に解読された日本晴のゲノムが種々の解析に用いられてきたが、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意義は大きい。

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 から 2 名の研究員を招へいし(2018 年 8 月 5 日～10 月 2 日)、DNA 抽出、PCR、電気泳動などマーカー選抜を実施する上で必要な分析手法と温湯除雄によるイネの交配法について技術移転した（図 14）。また、これらの遺伝解析と交配に必要な資機材を FOFIFA に追加導入した。2019 年 3 月の交配用温室の完成により、その研究基盤が整備され、運用を開始することができた。2019 年 5 月には、FOFIFA 研究員が中心となり、これら研究施設の完成をマダガスカル国内に広く発信した（図 15）。



図 14. JIRCAS（左の 1 枚）および FOFIFA の新規ラボ（右 2 枚）での交配、遺伝解析の様子



図 15. 開所式で新規ラボ・交配施設の説明をする FOFIFA 研究員と完成した交配用温室

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

研究題目 3-3 に後述するように、穂数を増加させる QTL-MP3 は、平均穂数が 100 本 m^2 以下の極度のリン欠乏環境では、その効果が発揮されないことが示唆された。そこで、こうした極度のリン欠乏環境において、一穂粒数を増加させる既知の遺伝子座 QTL-SPIKE の有効性を検証するために、2018-2019 年の作期に、QTL-SPIKE を IR64 背景に導入した Spike-NIL を新たに加えて、種々のリン欠乏環境

での現地栽培試験を開始した。また、在来品種 *Tsipala* は極晩生で生育後半の低温ストレスリスクを有するが、*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。今年度は、農研機構の放射線育種場で *Tsipala* にガンマ線を照射させた M_1 種子を獲得し、JIRCAS 熱帯島嶼拠点（石垣市）で M_1 集団の栽培と早生個体の選抜を開始した。

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）

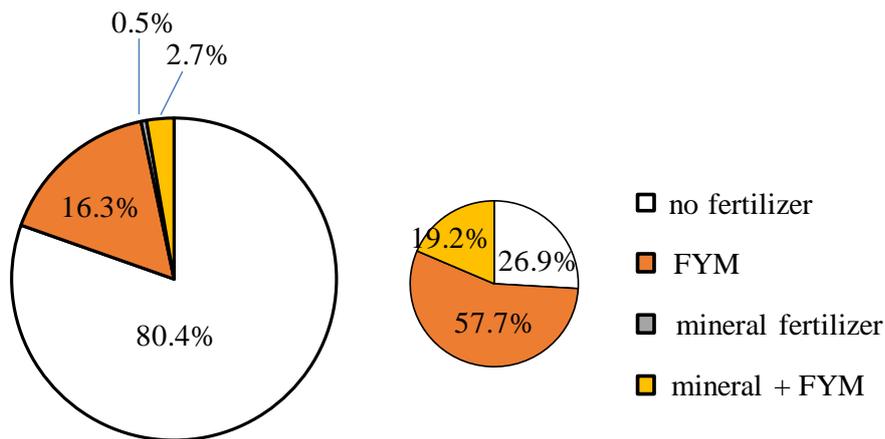
育成が先行する *Pup1* 遺伝子座を導入した準同質遺伝子系統群 (*Pup1*-NIL) と多穂系統（穂数の増加に寄与する QTL を多収品種のタカナリに導入した NIL）、および、P の吸収利用効率に寄与する QTL をもつ育成中の交配集団について、順次、現地の栽培環境で形質評価と選抜を繰り返す。その中で特に優れた系統について、既存の栽培品種と比較しながら農家参加型評価を実施し、低投入低肥沃度環境に適応した普及に資する育種素材の開発につなげる。また、国際稲研究所（IRRI）から導入したゲノムワイド相関解析（GWAS）のための系統群や上述の交雑集団の一部について、現地での形質評価をもとに、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。

(4) 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）に対する当該年度の成果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

対象地域のイネ生産（水稲圃場 171 点、陸稲圃場 31 点）で観測された施肥資材とその施用率を取りまとめた（図 16、Tsujiimoto et al., 2019）。対象地域のイネ生産に最も施用される未熟堆肥（以下、FYM=Farm Yard Manure）は、その低いリン含有率にも関わらず、後述の通り、土壌中のシュウ酸塩抽出リン量が低いリン欠乏圃場、もしくは、相対的にリン欠乏が制限要因となる N 施用区においてその効果がより顕著になることが確認された。



水稲圃場 (n=171) 陸稲圃場 (n=31)

図 16. 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 (Tsujimoto et al., 2019 から抜粋)

放射性同位体リン (^{32}P) を用いたポット実験により、湛水条件でのイネへの FYM の施用は、FYM 由来ではなく、土壌由来のリンの吸収を増加させることが分かった (Rakotoson et al., 投稿中)。また、対象地域の水田土壌にリン含量の異なる複数の有機物資材を添加して湛水培養したところ、セルロース (リン含量 0) を添加した場合でも、土壌溶液中のリン含量が有意に増加することが示された。これらのことから、FYM のリン含量は極めて限定的であるものの、その施用は対象地域の土壌に多く含まれる難溶性リン (図 7) 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ことが示唆された。また、上述のポット実験と湛水培養実験ともに、FYM の施用効果には土壌間で大きな変異があることが観測されており、その要因を解明することで、効率的な FYM の利用に繋がると考えられた。

窒素およびリンの供給力が異なる 8 地点の農家圃場 (図 17) において、FYM、窒素肥料、リン肥料を組み合わせた施肥試験の結果、以下の点が明らかになった (Asai et al., 投稿中)。

- 土壌中のシュウ酸塩抽出リン含量が低い圃場ほどリン施肥による増収効果が大きく、特に標高が高く、気温の低い試験地でリン施肥の効果が顕著である。その場合、リン施肥による増収効果は主に登熟歩合の向上に起因する。
- FYMの施肥効果は、リンの施肥効果に類似している。すなわち、土壌中のシュウ酸塩抽出リン含量が低い圃場ほどFYMの施用効果が高い傾向にある。

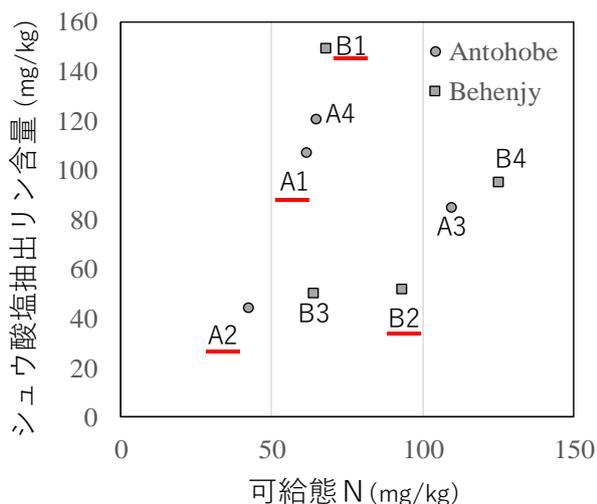


図 17. FYM と化学肥料の組み合わせ試験を実施した 8 圃場の土壌中シュウ酸塩抽出リン含量と可給態窒素量の分布図（可給態窒素量は、30℃4 週間湛水培養後の土壌中アンモニア態 N 溶出量）



図 18. リン欠乏圃場における窒素施肥条件での FYM 施用効果の比較

上記試験のうち4圃場（図17の赤下線で示したA1、A2、B1、B2）で、2018-2019年の作期に同じ施肥試験を繰り返した。1年目と比較して2年目のFYM施用による増収効果は、シュウ酸塩抽出リン量が比較的高い圃場（A1）では圃場平均で6%から13%、シュウ酸塩抽出リン含量低いリン欠乏圃場（A2）では圃場平均で9%から25%に変化した。いずれも2年目により顕著な増収効果を示しており、FYMの連用による蓄積効果が示唆された。特にリン欠乏圃場（A2）の2年目において、窒素のみの施用はほとんど増収効果（9%）を示さなかったのに対して、FYMと窒素施用を組み合わせることで、無施肥区に比べて40%の増収がみられ、FYM施用がリン欠乏圃場における施肥窒素の利用効率を改善することが示された（図18）。

3-2. 養分欠乏に応じた施肥技術の開発

のべ 102 圃場の表層土壌を用いたポットでの養分欠如試験において、窒素、リン、および硫黄の肥料成分を除いた場合の減収率（移植後 40–50 日の地上部乾物生産量の差で計算）の平均値±標準偏差（n=102）は、それぞれ $34 \pm 21\%$ 、 $70 \pm 24\%$ 、および $8 \pm 23\%$ で、リン欠如による減収が最も顕著であった。うち、45 圃場（硫黄欠如試験は 32 圃場のみ）で同一の養分欠如試験を圃場レベルで実施したところ、それぞれの減収率（収量）は、窒素が $15 \pm 15\%$ 、リンが $13 \pm 16\%$ 、硫黄が $1 \pm 13\%$ であった。これらの結果から、対象地域において、圃場間で大きな差はあるものの、硫黄の施用効果は限定的であること、リンの施用はポット試験では極めて顕著な効果がみられるものの圃場での収量への効果は小さくなることが分かった。また、圃場への窒素およびリンの施用効果は土壌の全窒素量およびシュウ酸塩抽出リン量と関係することが示唆された。

対象地域に広く分布するリン欠乏圃場へのリンの施用効果は、イネの発育速度にも大きく影響を与え、圃場間でその程度は異なるものの、リン施肥区は無施肥区に比べて、 5.6 ± 5.0 日（平均値±標準偏差、n=43）、最大23日も出穂が早くなる観測結果が得られた（図19左）。リン欠如区における発育の遅れは、生育日数が長くなる正の側面と、成熟が遅れることで冷害のリスクが高まる負の側面の双方があ

ると考えられた。実際に、冷害リスクが低い地点や移植時期が早い場合には、リン施肥による増収効果は比較的小さく、生育途中での差が成熟期には見られなくなる場合も多く、一方で、移植・成熟が遅れると、リン施肥の効果がより顕著となる傾向がみとめられた（図19右）。

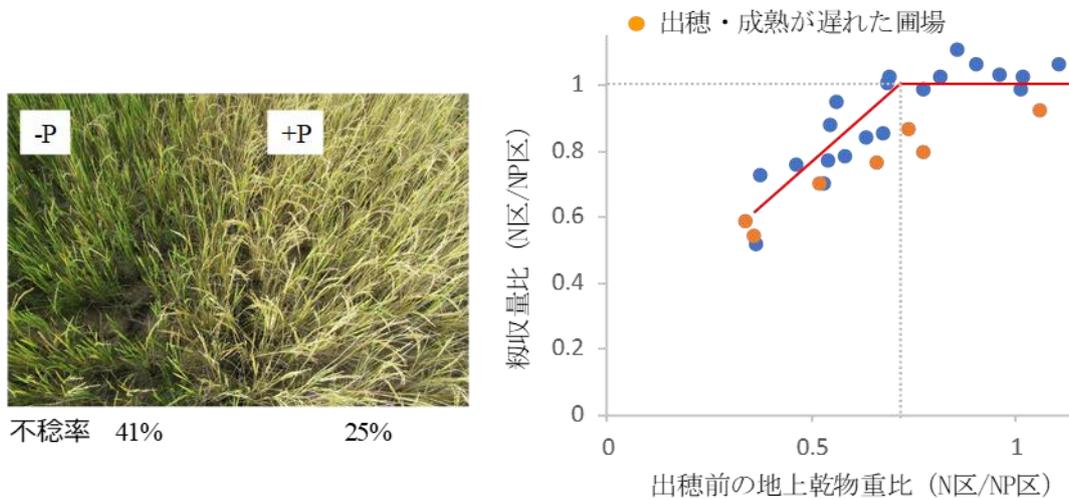


図19. リン施肥がイネの発育速度、生育途中の乾物生産、収量、および不稔率に及ぼす影響

リン欠乏圃場での効率的な施肥技術として、移植時に苗をリンの濃縮液に浸すリン浸漬処理および苗代への少量施肥の効果を確認した（図 20）。リン浸漬処理の効果は圃場により異なるものの同等量のリンを表層施肥した場合に比べて最大 33–39%有意に増収することが分かった。

苗代少量施肥についても圃場間でその効果に差はあるが、これまでに 6 地点の圃場で実験を繰り返し、いずれの圃場でも少量の施肥量で有意な苗質の改善がみられること、その効果を増収に繋げるには本田施肥との組み合わせが重要であることが示唆された。すなわち、本田施肥がない場合には、苗代少量施肥による苗質改善の効果が生育途中に消失し、必ずしも増収に繋がらないという結果が得られた。

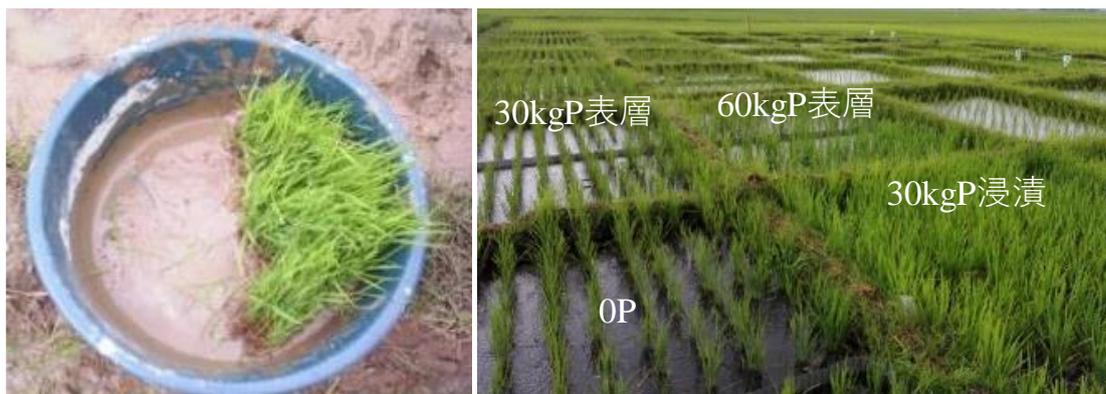


図 20. 移植時のリン浸漬処理の様子（左）とその効果（右）

3-3. 遺伝型と施肥技術の相互作用解明

3-2 に記載した農家圃場 4 地点 (A1、A2、B1、B2) の様々な施肥条件において、在来品種 Tsipala の収量が改良品種 X265 に比べて平均 10%高く、両品種の収量差は低収量条件よりも高収量条件において顕著となることが示された。一方で、Tsipara は X265 よりも約 3~4 週間ほど出穂日が遅く、気温が低

【平成 30 年度実施報告書】【190531】

下し始める生育後半での冷害のリスクが懸念されることから、各圃場の収量性や気象条件に応じて、適切な品種を導入することが望ましいと考えられた。

リン欠乏がみられる現地農家圃場 2 地点で施肥区と無施肥区を設けて、多収品種タカナリ、タカナリ背景で穂数が増加する準同質遺伝子系統 NIL-MP3、現地主要品種 X265 の生育収量を比較した。NIL-MP3 は、3 品種の平均穂数が 100 本 m^{-2} 以下となる極度リン P 欠乏環境ではその効果は明瞭ではなく、穂数が 180 本 m^{-2} 以上となる弱いリン欠乏環境でタカナリに対して優位な穂数 (15~28%) および粒数 (3~24%) の増加が確認された。2018-2019 年の作期には、計 5 圃場に試験を拡大し、リン欠乏環境における NIL-MP3 の増穂効果について同様の傾向がみられている。

②研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

FOFIFA の研究員 1 名を短期招へい (2018 年 7 月 22 日~9 月 9 日) し、JIRCAS で統計解析および試験計画法、エタノール選での不稔率評価を含むイネ収量構成要素の計測法、質量分析計による窒素 (^{15}N) 分析法に関する研修を行った。加えて、京都大学作物学研究室での研修を依頼し、作物の光合成や気孔コンダクタンスの測定技術、キャノピーアナライザーによる LAI 測定、デジタルカメラ画像と深層学習を組み合わせた乾物生産量の推定法を習得した。以上、担当課題のデータ解析と次作期の研究計画を進めるとともに、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した (図 21)。

これら移転された技術の一部をマダガスカルでも実践するために、キャノピーアナライザー (Li-Cor 社)、粒数カウンター、穀粒水分計、携帯型などの機材を追加導入した。



図 21. 短期招へいでの課題 3 関連の研究技術移転の様子 (左: 光合成測定装置を用いたダイズ個葉光合成測定、右: 質量分析計によるイネの窒素 (^{15}N) 分析)

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

3-2 に記載した通り、ポット実験や出穂ごろまでの乾物生産に対するリンの施用効果が十分に大きい場合でも、収穫期には乾物生産量および収量に差が出ないことがあることが観測された。この結果は、生育途中の乾物生産量の比較では、リン施肥の効果が過大評価されてしまったため、土壌の養分欠乏状態を正確に判別できない、もしくは効果的な施肥管理に繋がらないことを示唆する。そこで 2018~2019 年の作期から、新たに農家圃場 2 地点で窒素とリンの施用を組み合わせた処理区を設定し、頻繁な抜き取り調査をもとに窒素およびリンの施用が乾物生産量に及ぼす影響を時系列で詳細に調査することで、リン施肥が過大に評価されてしまう要因の同定に関する課題を追加した。

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安、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じ導入し、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。

(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）

①研究題目 4 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

4-1. 普及要因の解明

稲作技術普及を促進する JICA 技術協力プロジェクト PAPRIZ II の参加農家と同参加農家から間接的に技術を学んだ非参加農家を対象に、技術情報伝達（2 つの時期にのべ 53 人を調査）と動機づけ（2 つの時期にのべ 133 人を調査）に関する聞き取り調査を実施した。

技術情報伝達については、技術を学んだ時期と内容、および学んだ技術を誰に伝えたかを調査した。昨年度の調査で、PAPRIZ II プロジェクトが参加農家の中から選定し、技術普及のために育成した農家（以下、農民トレーナー）は、同プロジェクトの技術マニュアルを用いて、友人か他人かを問わず幅広く技術を伝えていることが確認された。そこで、農民トレーナーから技術を伝達された農家が、次に、どのような関係性をもつ農家に情報を伝えるのかを検証した。彼らの技術伝達にはプロジェクトからの便宜供与はなく、自発的な活動と考えられた。結果、彼らの情報伝達パターンには、村内の親族を中心とする「近隣親族型」と居住地から離れた他人を対象とする「遠隔他人型」の 2 つがあることが分かった。前者は、情報を効率的に広域に拡散する効果は小さいが、受信者からのフィードバックがあれば、正確な情報伝達、技術改良のアイデアの創発などが期待できる。後者は、短期広域的情報拡散が期待できるが、一方通行のコミュニケーションは誤解を生みやすいことが推察された（横山ら、2019 年 3 月、農業普及学会発表）。

動機づけ調査は、①農家の PAPRIZ II への参加動機づけの質的調査、②同量的調査法の開発、③動機づけに影響する基本的欲求の充足度の量的調査法の開発、④参加動機づけに影響すると思われるその他の要因に関する探索的調査の 4 つの項目を対象とした。①の農家の参加動機づけの特徴として「外的調整」（プロジェクトに参加することにより種子の配給などの直接的な報酬を得ようとする動機づけ）と「自己志向的同一視的調整」（報酬以外も含め自己にとってのメリットを追求する動機づけ）のやや他律的な動機づけが優勢であり、「他者志向的同一視的調整」（他者のメリットを追求する動機づけ）、

すなわち自律的な動機づけが弱いことが明らかになった (Sayanagi et al., 2018 年 9 月、日本心理学会発表)。④では、種子や肥料の購入習慣がないこと、個別技術のねらい (必要性や効果) が十分に伝わっていないこと、プロジェクトに参加する報酬だと誤解させる種子や農具の供与方法などが、自律的動機づけの弱さと関連していると推察された。②と③の心理学分野における新たな調査法の開発については、質問項目に同意する程度を 4 段階で回答する方法は農家に理解困難であることが確認されるなど、実用化に向けたいくつかの改善点が見いだされた。

4-2. 生計向上に及ぼす影響評価、4-3. 栄養改善に及ぼす影響評価

Vakinankaratra 県の 3 郡に分布する計 60 村 5,253 家計のセンサスサーベイ (全戸調査) をもとに、水稻作をしている世帯を各村で 10 世帯ずつ無作為に選択し、60 村×10 世帯の合計 600 世帯を対象に 2 つの異なる時期 (2018 年 7-9 月、2019 年 1-3 月) における家計調査を実施することで、ベースラインデータを構築した。家計調査項目は、聞き取りによる、「世帯属性」、「農業生産」、「家計の所得」、「消費」、「資産」、「食事パターン」、「嗜好」、家計の構成員個人々人を対象とした身体計測による、「身長」、「体重」、「上腕周囲長」、GPS 計測による、「住居と水田の位置」、「水田面積」を網羅した (図 22)。

4-2 では調査対象農家の技術選択の一つとして「陸稲栽培」を取り上げ、その技術選択を決定する要因をまず明らかにし、その技術選択が対象農家のコメ生産、世帯所得、および食料消費に及ぼす影響について分析した。データに欠損のない 596 家計のうち、2017~2018 年の作期に陸稲を栽培した農家は 368 家計 (約 62%) であり、センサスサーベイの結果 (非稲作農家も含む全 5,253 世帯の 65% が陸稲を栽培) とほぼ一致することが確認された。



図 22. 課題 4 における農家家計調査および身体計測調査実施の様子。

まず、陸稲栽培を促す要因として、「家長がフランス語の読み書きができること」、「過去 10 年間に天候以外の要因 (灌漑水の不足、病害虫など) により水稻生産に被害を受けた経験をもつこと」、「世帯資産が乏しいこと」、「住居が舗装された国道から遠いこと」などが明らかとなった。

次に、陸稲栽培が、世帯のコメ生産 (指標: 世帯一人当たりの年間コメ生産量 (kg))、世帯所得 (指標: 世帯一人当たりの月間総 (食料+非食料) 消費額 (アリアリ))、および、世帯の食料安全保

障（指標：世帯一人当たりの月間食料消費額（アリアリ））に及ぼす影響を評価した。ここでの消費額は購入額だけではなく自家消費を金額に換算した評価額を含む総額を算出した。これらの指標について、陸稲栽培農家と陸稲非栽培農家を単純に比較すると表 3 のようになり、陸稲栽培農家がこれらの 3 つの指標についていずれも高い平均値をもつことが分かった。その違いが陸稲栽培にどの程度起因するかを明らかにするために、陸稲栽培に影響を与える様々な家計特性が類似した陸稲栽培農家と陸稲非栽培農家を組み合わせて比較分析したところ、陸稲栽培は世帯の一人当たりの年間のコメ生産量を平均 75kg、一人当たりの月間の総消費額を平均 7,950 アリアリ、一人当たりの月間の食料消費額を平均 5,080 アリアリ、有意に増加させていることが分かった（Ozaki and Sakurai, 2019 年 3 月、日本農業経済学会発表）。

表 3. 陸稲栽培農家と陸稲非栽培農家の世帯一人当たりの年間コメ生産量、世帯一人当たりの月間総消費額、および、世帯一人当たりの月間食料消費の比較

	世帯一人当たりの年間コメ生産量 (kg)	世帯一人当たりの月間総消費額 (千アリアリ)	世帯一人当たりの月間食料消費額 (千アリアリ)
陸稲栽培あり (n=368)	294 (358)	68.7 (44.2)	52.9 (32.1)
陸稲栽培なし (n=198)	209 (266)	62.8 (37.6)	50.4 (28.9)

*カッコ内の数値は標準偏差を示す。

*アリアリは現地通貨で、1,000 アリアリは約 0.273 ドル（2019 年 5 月 27 日調べ時点）。

*データ欠損のない 596 農家のうち、畑地をもたない 30 農家を除いた 566 世帯を対象に比較。

4-3 では、得られたベースラインデータを用いて、食事パターン、栄養状態、嗜好などの変数についてそれぞれ横断分析を行った。その結果、対象地域の食事パターンとして、毎日 3 食食べる世帯が 97%、食事制限をしている人は 1%、学校給食が提供されている学童は 1%以下、マーケットの日は通常と違う食事をする世帯が 74%となることが分かり、食事内容から栄養供給を推定するための基礎情報が得られた。栄養状態に関しては、5 歳未満の約半数(48%)が年齢に対して身長が低い発育阻害の状態にあり、慢性的な栄養不足が示唆された。嗜好については、食事としてコメの嗜好が高いが価格や入手可能性に関してはキャッサバに劣ると感じていること、消費するコメを選ぶ際には外国産や香りのある品種に比べて地元で馴染みのある品種を好む傾向にあることが分かった。また、コメの嗜好について、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けられる傾向がみられた。

②研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

センサスを実施するにあたりカウンターパートである FOFIFA と ONN の担当者にタブレット端末の使い方およびタブレット端末を使った調査の実施管理手法（調査員がタブレット端末に入力したデータを、オフィスの PC でチェックして不備を指摘する方法）を技術移転した。また、それらのデータ整理や分析に使う PC、調査票レポート作成等に使う複合プリンター、定量分析用の解析ソフトウェア（STATA）を導入し、家計調査の実施および分析体制を強化した。

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特になし。

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選好表明法調査、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. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

マダガスカル側と日本側の双方の参画者・エフォート数、日本側の現地での活動回数・期間、マダガスカル側の日本への招へい回数・期間のいずれも 1 年目と同等の規模を確保し、PDM および PO に基づいた研究計画が予定通りに進捗した。現在まで、研究題目ごとおよびプロジェクト全体の成果達成に向けて大きな修正点は生じていない。上位目標である「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」については、普及政策を主管する農業畜産水産省の Randriamanana 大臣の JIRCAS 訪問、ならびに、研究設備開所式での Ranarivelo 大臣の祝辞の際に、それぞれ、プロジェクトで開発された技術の普及について農業畜産水産省が主体的に推進していくことが約束され、同省の年次報告書にも同国のコメ増産に資する重要案件として本プロジェクトが位置付けられた意義は大きい。

また、必要な資機材の導入とマダガスカル側研究者への技術移転を完了し、イネ育種のための交配温室・遺伝解析ラボおよびリモセン・土壌分析設備の運用を既に開始できたことは、持続的な農業研究開発のためのマダガスカルー日本の国際共同研究体制の強化という目標に対する大きな成果といえる。

個別課題においても目標とする技術・系統の開発が進み、その根拠となる原著論文も一部公表済みである。3 年次には少なくとも 8 報の原著論文を追加し、その科学的根拠を裏付けるとともに、いくつかの技術・系統については、11 月の作期から多点農家圃場での栽培試験を実施し、その効果および圃場環境との相互作用の解明を進める。

具体的な技術としては、研究題目 3 の移植時リン浸漬処理と苗代少量施肥が挙げられる。3 年次は、これら技術と圃場環境との相互作用（どのような圃場条件でこれらの技術効果が高いか）の解明に重点をおくが、農家が実験圃場を観察する Field Day や意見交換を行う農民集会を引き続き開催して、これら技術の受容性に関する基礎情報を収集する。

研究題目 2 では、固定化が進んでいる *Pup1* 遺伝子座をもつ *Pup1*-NIL 系統群の中から、現地農

家圃場で優れた形質（収量性と生育日数）を示す7系統が既に絞り込まれており、多点圃場試験を実施するための種子増殖を開始した。DJ123 と IR64 との交雑集団（F6 の種子を増殖中）の中からも、まだ分離がみられるものの有望系統の選抜が進んだ。また、多穂 QTL（MP3）の原因候補遺伝子をターゲットとした多分げつの突然変異体の作出に成功しており、3 年次には、種々のリン欠乏環境での形質評価と遺伝解析を実施することで、その機能とリン欠乏環境との相互作用の解明に繋がる実験データの蓄積が期待できる。

研究題目 4 では、これら開発技術のインパクト評価を行う上で重要な 600 家計のベースラインデータを既に整備し、そのデータセットを用いて、陸稲栽培の採用と所得（消費量）との関係を例に、技術選択が所得に及ぼす影響を把握できた意義は大きい。3 年次には圃場の養分特性情報に基づく施肥技術の効果を測るランダム化比較試験の予備実験を開始し、最適な介入方法や評価法を確定することで、4 年次以降の本試験につなげる。圃場の養分特性評価には、課題 1 で開発した携帯型ハイパースペクトルセンサーを用いた土壌の全炭素・全窒素量およびシュウ酸塩抽出リンの推定法が活用できる。

今後、技術を広範に展開してインパクトを指向する上で、上述した農業畜産水産省の主体的な協力に加えて、技術情報伝達のコアとなる農家の選定、技術普及を实践する NGO や PAPRIZ II など公的な技術協力プロジェクトとの連携、肥料や種子を扱う企業・市場等との関係構築が必要となる。3 年次には、こうした技術の受け渡し先に関する情報収集も進めたい。

Ⅲ. 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

2019 年 1 月の新政権発足にともない、相手国研究代表者をはじめ、農業畜産水産省内のプロジェクト担当者が全て交代した。プロジェクトについての説明を行うとともに、2019 年 5 月 10 日に開催した研究設備開所式への参加などを通して、新任の担当者の理解と協力が既に進められている。しかし、同政権交代にともない、2018 年 7 月から相手国負担に移行したマダガスカル側研究者の日当宿泊費について、一部、未払いの状況が続いている。2019 年のカウンターパート予算について、農業畜産水産省は、2018 年と同程度の予算を計上しており、その予算が確定次第、上述した日当宿泊費の払い戻しを行うとしているが、新政権や財務省の意向により不透明な状況にある。カウンターパート研究者への日当宿泊費の未払いはプロジェクト活動に大きな障壁なるため、引き続き予算確保について、調整を続ける必要がある。

FOFIFA に整備したイネ育種のための交配温室、遺伝解析ラボと同ラボ内の空調設備、および、多量のサンプルを乾燥させるための乾燥器 2 台の新たな設置にともない、同施設の電気容量が不足する見込みである。電気容量の契約変更およびそれにとまなう予算確保について、FOFIFA と交渉を開始した。

本プロジェクトは、生産現場での調査と実験を中心とするため、持続的な活動の実施と成果の蓄積には、地域のコミュニティや行政との良好な関係を継続することが不可欠である。日本側とマダガスカル側の双方の参画研究者と引き続きその認識を共有するよう努めている。具体的には、後述に挙げたように Field Day などで農家への理解を高め、土壌調査や家計調査の際には、農業畜産水産省からの協力依頼文書を発行してもらうなど、慎重な姿勢で活動を進めている。

研究題目 4 で実施する家計調査はアクセスの悪い集落を多く含むため、天候により調査の遅れ

が生じる事例がみられたことから、調査時期の調整や延長など臨機応変に対応できるように、調査実施者との密な連絡の確保と追加的な支払いを考慮した予算計画に努めることとした。

各研究題目の中で、「相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点」および「連携を進めている、もしくは検討中の類似プロジェクト、類似分野」について以下に列記した。

(2) 研究題目 1：養分特性評価グループ（リーダー：森塚直樹）

現在まで、共同研究実施上の大きな問題点はない。インド政府の支援により、マダガスカル農業畜産水産省の CGARD（農村開発地理情報応用センター）に、衛星画像をもとにマダガスカルの広域土地利用図を作成するための解析設備とインド人技術者の派遣が行われている。CGARD は、作成中の土地利用図のヴァリデーション（ground truth）に本プロジェクトが有する無人航空機（UAV）の技術を期待している。同土地利用図は、本プロジェクト対象地域における正確な稲作面積の把握と技術普及による将来のインパクト評価に活用できる可能性があることから、情報共有と LRI 研究者による CGARD 技術者への UAV の指導を開始した。2019 年 5 月 10 日の開所式には、CGARD 所長および在マダガスカルインド大使館の Abhay Kumar 大使が出席し、日印連携によるマダガスカル農業への貢献が期待された。

(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）

当該分野におけるカウンターパートの研究経験がやや不足していたものの、これまでの共同研究、講義、および、招へいを通してその能力を向上させ、主体的な活動がみられている。本プロジェクトと同じ対象地域において、CIRAD（フランス農業開発研究国際協力センター）は FOFIFA と共同で、いもち病耐性などをターゲットに陸稲品種の開発を先行している。また、Africa Rice Center は、いもち病耐性および低温耐性をターゲットとした水稻品種の開発を進めている。今後、彼らが有する農家参加型選抜試験（PVS）の手法を学ぶ、もしくは、MTA 等の問題は残るが各プロジェクトで選抜されている系統を相互の試験圃場に供試することで、多点評価の効率性を高める連携を検討している。

(4) 研究題目 3：栽培技術開発グループ（リーダー：辻本泰弘）

現在まで、共同研究実施上の大きな問題点はなく、カウンターパート研究者が主体的に実施した試験の成果が蓄積されてきている。3 年次には、カウンターパート研究者が筆頭著者となる複数の原著論文公表が期待される。肥料の利用を促進する上で、肥料会社との連携に加えて、有機物資材（FYM）については、2018 年 11 月 16 日に開催した Workshop において、CIRAD の研究者から CIRAD と FIFAMANOR（マダガスカル畜産農業研究センター）が実施する畜産分野のプロジェクトとの連携が提案された。また、Africa Rice Center は CFAMA（マダガスカル農業機械化訓練センター）と共同で陸稲の施肥効率を高める手動の播種同時施肥器の開発と普及を推進している。2019 年 2 月に JIRCAS、CIRAD、Africa Rice Center、および IRRI の研究者が介した 4 日間の合同 Workshop をマダガスカル国アンチラベで開催し、相互のプロジェクトサイト訪問や研究発表により、情報共有を促進し、今後の具体的な連携課題を整理した。

(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）

FOFIFA および ONN が主体性をもつ課題設定が遅れている。課題設定に活用できるベースラインデータが整備されたことから、2019年6月にカウンターパート研究者2名を招へいして情報共有を進め、カウンターパート機関による主体的な研究活動を促進する。技術採用のための動機づけ調査においては、これまでの調査で推定された促進要因や抑制要因を考慮した PAPRIZ II とのアクションリサーチ（促進要因を介入した際に普及状況が改善するかを検証）を検討している。また、マダガスカルは IFNA（食と栄養のアフリカ・イニシアチブ）の重点国であり、世界銀行の PARN（2018～）や JICA 技術協力プロジェクトの PASAN（2019～）など栄養改善に関わるプロジェクトが開始された。特に、PASAN とはプロジェクト代表者および課題担当者間で密に情報交換を進めており、双方のプロジェクトで家計調査の実施体制、内容、地域を調整して効率化を図るなどの具体策を検討している。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

現時点での該当事例はない。

(2) 社会実装に向けた取り組み

- 2018年5月と11月に研究成果の受益者となり得る近隣の農家および農業畜産省地方局に所属する普及員を招いた農民集会を設けて、プロジェクト活動の概要と成果進捗について説明した。11月には50名以上の農家が参加し、多くの農家が自身の圃場での実験や土壌調査を希望するなど、活発な意見交換がなされた。
- 2018年11月16日に、プロジェクト内外の関係者参加のもと16演題の成果報告を含めた Workshop を開催し、これまでの進捗を共有した。
- 農業畜産（水産）大臣による JIRCAS 訪問や研究施設の開所式において、マダガスカルにおける本プロジェクトの認知度、および普及政策を主管する農業畜産水産省の主体性を高めた。
- プロジェクトの Web サイトで、2018年4月～2019年3月にかけて35回の投稿を行い、プロジェクトの活動の様子や研究成果を広く発信した。また、同プロジェクト Web サイトの英語版を整備した <https://www.jircas.go.jp/ja/satreps/topics>。
- 上記の Web サイト、国際農研（JIRCAS）の Web サイトおよび広報誌に加えて、JST 発刊の「SDGs の達成に向けた産学官 NGO 等の取組事例～科学技術・ビジネス・社会イノベーションによる共通価値の創造」や「JST ニュース 83 号さきがける科学人」、JICA の Web サイト (<https://www.jica.go.jp/madagascar/office/information/event/20181213.html>) 等に取り上げられることで、日本国内におけるプロジェクトの認知度を高めた。
- 今年度公表した4報の論文のうち、3報はオープンアクセスとし、プロジェクト成果の利用性を高めた。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

- 2018年10月2日に東京で開催された「アフリカの稲作振興のための共同体（CARD）」会合において、マダガスカルにおける本プロジェクトの取り組みが紹介された。
- 2018年10月4日にマダガスカルの Randriamanana 農業畜産大臣が JIRCAS を訪問し、開発された技術が同国に普及されることへの期待が寄せられた。
- 本プロジェクトは 2020 年までにコメの自給達成を目指すマダガスカルの国家戦略に貢献する重要案件として位置づけられ、その活動の様子や上記の農業畜産大臣の JIRCAS 訪問がマダガスカル農業畜産省 2018 年次報告書に掲載された。
- 2018年11月6日に開催された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述べるとともに、授賞式の様子が同大使館の Web サイトに掲載された。
- 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 2019年5月11・12日 G20 農業大臣会合（新潟）において、JIRCAS による SDGs への貢献として、マダガスカルにおける本プロジェクトの取り組みが紹介された。
- 2019年5月10日にプロジェクトが整備した交配温室・遺伝解析ラボおよびリモセン・土壌分析施設の開所式の様子が、マダガスカル国営放送（MTV）、新聞、および、農業畜産水産省の FB 等に取り上げられ、マダガスカル国内に広く発信された。
- 上記の開所式で、マダガスカル農業畜産水産省の Ranarivelo 大臣が祝辞を述べ、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が寄せられた。
- 上記の開所式に、在マダガスカルインド大使が出席し、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が寄せられた。

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VIII. その他（非公開）

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/rs 9101081	国際誌	発表済	IF = 3.244 (2016)
2018	Tomohiro Nishigaki, Yasuhiro Tsujimoto, Sehen Rinasoa, Tovoher 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/s1 1104-018- 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, Tovoher 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/rs 11050506	国際誌	発表済	IF = 3.406 (2018)

論文数 3 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 3 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/pb r.12575	国際誌	発表済	

論文数 1 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 1 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 にSATREPSの活動、p71に大臣のJIRCAS訪問について掲載

著作物数 1 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	

著作物数 2 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

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

・プロジェクトの成果について、研究開始からこれまでに行われた学会発表を、時系列に並べてください。

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壌中の全窒素・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壌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

招待講演 0 件
口頭発表 9 件
ポスター発表 3 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回農学手会の会研究集会、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律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回日本植物整理学会、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

招待講演	4 件
口頭発表	7 件
ポスター発表	1 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													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 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	若手外国人農林水産 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 ANDRIA MANANJ ARA	農林水産省	3.一部当課題研究の成果 が含まれる	

1 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	Olivaso 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。

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	6月29日	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	6月12日	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	10月4日	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	10月5日	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	11月2日	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	1月30日	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	10月5日	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	10月5日	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	3月1日	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	6月5日	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	7月5日	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	7月31日	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	9月26日	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	10月4日	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	11月16日	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	12月13日	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	https://www.jircas.go.jp/office/information/madagascar/office/information/	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
2018	通年	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/office/information/madagascar/office/information/	公開	プロジェクトWebサイトでの継続的な活動紹介(2018年度は36件のトピックス紹介)

19 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	10月5日	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	7月5日	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。

2 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3月31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	・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分布図、および評価法マニュアル ・養分吸収利用に寄与するイネのQTL、DNAマーカー、遺伝子、およびこれらの素材を導入した育成系統 ・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 ・査読付き論文(25件以上)

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。

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。

