公開資料

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（2016 年）度/研究期間：５年/

相手国名：マダガスカル

# 令和１（２０１９）年度実施報告書

国際共同研究期間[*1]
２０１７年5月１６日から２０２２年5月１５日まで
JST 側研究期間[*2]
２０１６年6月１日から２０２２年3月３１日まで
（正式契約移行日　２０１７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

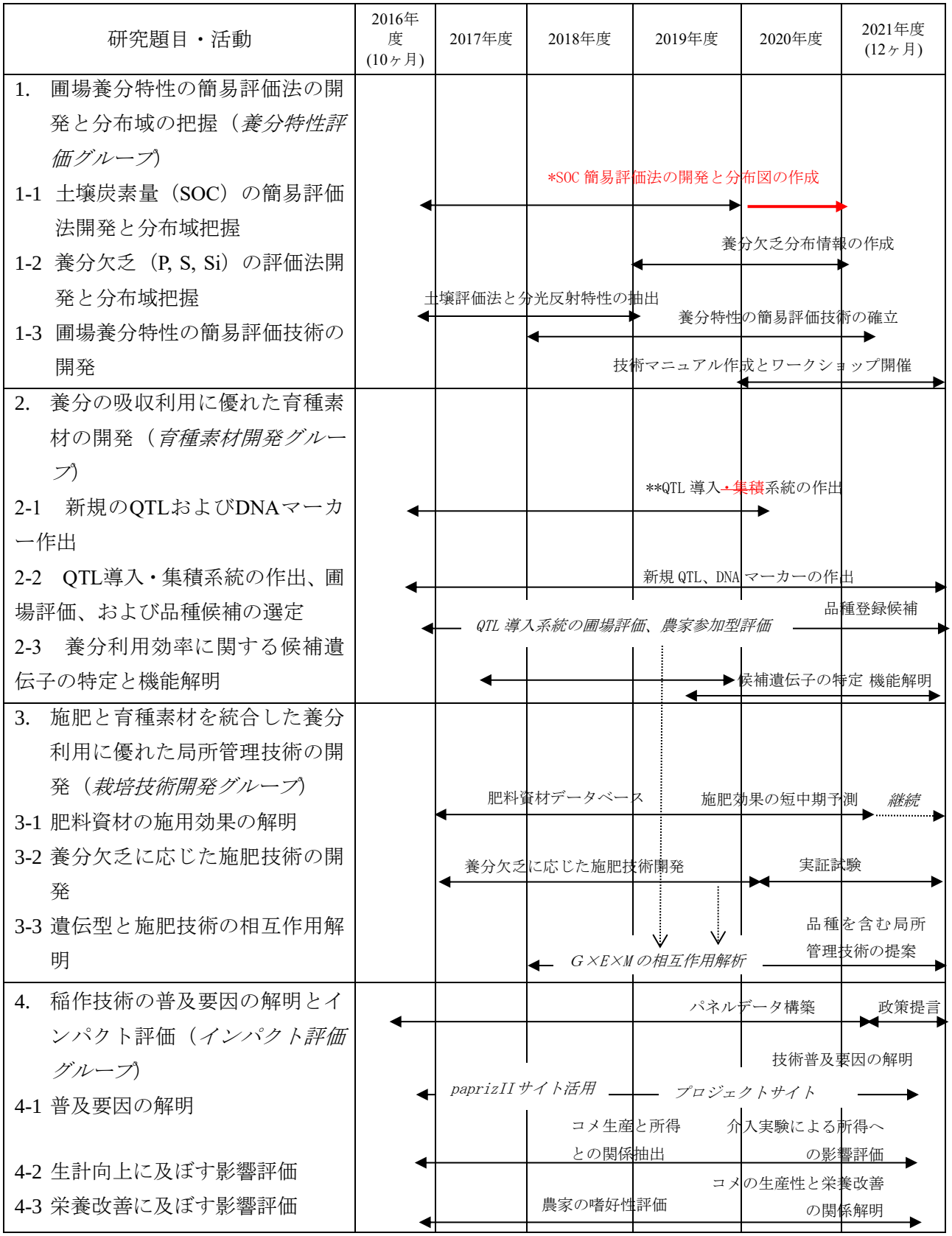
研究代表者：　辻本　泰弘

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



*プロジェクトサイトにおける SOC 分布図作成について、元素分析装置の不具合によりサンプル分析が遅延し、空間変動要因の解析に遅れが生じたため、今年度まで実施期間を延長する。
**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、QTL 集積系統の作出までは着手しないこととする。

(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)

対象国のマダガスカルでは、COVID-19 の影響を受けて、3 月 20 日に国際線全便が停止、3 月 22 日には首都のアンタナナリボが封鎖され、関係する行政・研究機関も閉鎖された。4 月 2 日には、プロジェクト業務調整員が緊急退避措置として帰国した。それにともない、最も重要な収穫時期にあたる 2020 年 3 月～5 月に予定した日本側研究者のマダガスカルへの渡航は全て中止され、マダガスカル側の研究者も国内出張ができない状態が続いている。その間、各サイトに滞在するテクニシャンと参画農家が活動の継続を図っているものの、必要な予算と資材、乾燥器などのサンプル調整に必要な機材もすべて不足し、データ回収は困難な状況にある。国境封鎖と首都封鎖は 2020 年 5 月 31 日時点で継続中である。そのため、選抜した有望系統の種子増殖や育成中の交配集団の世代促進に必要な沿岸地域での乾期作試験開始にも影響が出始めている。本プロジェクトはほぼすべての調査・実験を地方の農家圃場で実施していることから、COVID-19 がプロジェクト進捗に与える影響は現時点では測り切れていない。

## 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**

2019 年 7 月 12 日に第 3 回 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確認した。3 年次（2020 年 5 月 31 日時点）は、10 報の査読付き論文と 2 報の機関誌を公表した。プロジェクト開始後の査読付き論文数は 16 報（うち、4 報がマダガスカル側の筆頭著書）となり、プロジェクト目標値の一つである「5 件のマダガスカル側筆頭著書を含む 25 件の原著論文の公表」に対して、順調な進捗をみせた。

それぞれの研究題目でも、核となる技術開発が進んだ。研究題目 2 では、対象地域の主要多収品種である X265 もしくは親系統である IR64 よりも収量性の優れた 6 つの *Pup1*-NILs（IR64 に *Pup1* 遺伝子座を導入した NIL 系統群）を含む 8 つの有望系統（いずれも F9 世代）が選抜され、品種登録に向けた SOC（農業畜産水産省種子管理委員会）との 1 年目の評価試験を開始した。品種登録の手続きには、同じ評価試験を 2 年間実施する必要があるが、PDM の上位目標（プロジェクト終了後 3 年目）に掲げた選抜系統の品種登録について、今後の展開によっては、前倒しで達成できる可能性が高い。研究題目 3 では、リン肥料と水田土壌を混合した泥（スラリー）に苗の根を浸してから移植する簡易処理（P-dipping）により、リン吸着能の高い土壌でも少ない量の肥料でイネの収量を改善できること、さらに、リン浸漬処理は、表層施肥に比べて生育日数を短縮して生育後半の低温ストレス回避にも効果をもつことを明らかにした（後述の研究題目 3 に詳細）。同成果は、国内外のメディアに取り上げられ、マダガスカルの農家、行政、肥料会社などの関心が高まっている（後述のⅣ．社会実装（研究成果の社会還元）参照）。新たな予算と人員の確保が必要であるが、同じく PDM の上位目標に掲げた「対象地域の 500 以上の農家に開発技術が普及する」に対して、P-dipping を対象に活動を前倒しで展開できる可能性がある。また、

これらの成果は、地球規模課題解決というコンテクストにおいて、養分欠乏下で着実に生育する在来遺伝資源の活用や肥料投入が限られた地域での具体的な生産改善技術に繋がる学術的にもインパクトの高いものといえる。

研究題目 1 では、過年度に公表した分光データを用いた土壌中のリンおよび炭素の評価モデルの汎用性を高める論文、過酸化水素処理後の EC 測定による土壌全窒素含量の簡易推定法と色彩計を用いた土壌評価法に関する論文をそれぞれ公表して、技術マニュアルの作成とワークショップ開催などを通した土壌評価法の利用に向けた基盤を整備した。研究題目 4 では、60 村 596 家計に対する繰り返し調査データが整備され、陸稲栽培や裏作と所得・栄養との関係解明やコメの嗜好性評価などが進んだ。

これらの研究成果に加えて、上述の JCC、中間評価を兼ねたワークショップ、研究設備の受け渡し式、TICAD7 など多くの機会でプロジェクトの活動および成果を発表し、本プロジェクトの国内と現地でのプレゼンスを高めることができた（Ⅳ．社会実装（研究成果の社会還元）参照、Ⅴ．日本のプレゼンスの向上を参照）。また、TICAD 7 では、マダガスカル農業畜産水産大臣との会談において、相手国からの協力体制を強化するとともに、マダガスカル政府が成果の普及推進に向けて主体的な役割を果たすことが約束された。

以上、プロジェクト全体として、「研究成果の発信」、「社会実装に繋がる有望技術の抽出」、「現地でのプレゼンス向上」、および、「相手国政府の支援および主体性の強化」など、研究成果の社会還元に向けた基盤が順調に整備された。

**・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**

政権交代等にともない、特に、農業畜産水産省側のプロジェクト関係者がこれまで複数回交代しているが、日本側の研究代表およびプロジェクト業務調整員が随時説明を行っており、これまで研究運営体制に大きな混乱は生じていない。2019 年 5 月に新たに相手国研究代表に着任した農業畜産水産省の Ramaroson Lantonirina 農業総局長もこの 1 年でプロジェクトへの理解が深まり必要なリーダーシップを発揮している。また、研究題目 2 の相手側リーダーである Alain Ramantsoanirina 博士の退職にともない、FOFIFA 稲作部の Viviane Raharinivo 博士が新たな課題リーダーとして指名された。

第 3 回 JCC で、3 年次の研究実施体制を表 1 の通り確認した。マダガスカル側と日本側ともに、全ての研究課題で過年度と同規模の研究者・エフォート数を確保し、研究活動を実施した。

**表 1 プロジェクト 3 年次の双方の実施体制：参画者数とエフォート数**

| | 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（0.65） | 1 | 7（3.00） | 3 |
| 研究題目2 | 7（2.22） | 0 | 7（4.15） | 5 |
| 研究題目3 | 3（1.85） | 0 | 9（4.60） | 5 |
| 研究題目4 | 7（1.60） | 2 | 13（3.26） | 3 |
| 計 | 20（6.32） | 3 | 36（15.01） | 16 |
| 2019年7月12日の第3回JCCで確認したプロジェクト参画者数（大学院生含む）。 | | | | |
| 農業畜産水産省およびONNの行政担当者は除いた。 | | | | |

参画する日本側の若手研究者 3 名（特別研究員および大学院生）は、現地の研究者や協力農家と調査・実験を行うことで、設備の限られた環境での研究推進力や対話力など、サブサハラの食料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課題に取り組む能力を向上させた。その証左として、西垣特別研究員は、2019 年度の国際科学技術財団研究助成に採択され、2019 年 10 月 1 日から国際農研の任期付研究員として採用された。博士課程の尾崎氏は、本プロジェクトで取り組む研究テーマをもとに、東京大学の「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ている。

マダガスカル側では､LRI に所属する博士課程学生 3 名がそれぞれの研究課題を継続して実施した。2019 年 12 月と 2020 年 2 月には、博士課程学生の課題進捗を審査する 2 回目のモニタリング委員会（大学が指名する委員長、指導教官、日本側の研究代表、外部有識者で構成）を開催し、概ね良好な評価が得られた。うち 1 名は、2019 年 9 月に国際会議での発表を行い、2020 年 5 月に 1 本目の筆頭著書論文を公表した。課題 2 に参画する 2 名の FOFIFA 研究員が新たにアンタナナリボ大学博士課程に登録し、上述のモニタリング委員会にて、博士課程の課題研究についての計画を発表した。また、課題 3 に参画する FOFIFA 研究員 1 名が、2020 年 4 月に 1 本目の筆頭著書論文を公表するとともに、JICA が新たに開始した JICA 開発大学院連携「食料安全保障のための農学ネットワーク（Agri-Net)」プログラムの博士課程候補者として採択された。以上のように、日本側とマダガスカル側の双方で、関連する枠組みを利用しながら、若手人材の育成に努めた。

**(2) 研究題目 1 ：養分特性評価グループ（リーダー：森塚直樹）**

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（SOC）の簡易評価法開発と分布域把握**

過年度に開発した携帯型分光放射計による土壌炭素量（TC）推定モデル（Kawamura et al. 2017, Remote Sens 9, 1081）を応用し、遺伝的アルゴリズムを用いた波長選択によって、TC 推定に重要な波長を明らかにした上で、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 TC 推定モデルに改良した（図 1、Kawamura et al., Plant Prod. Sci., in press)。

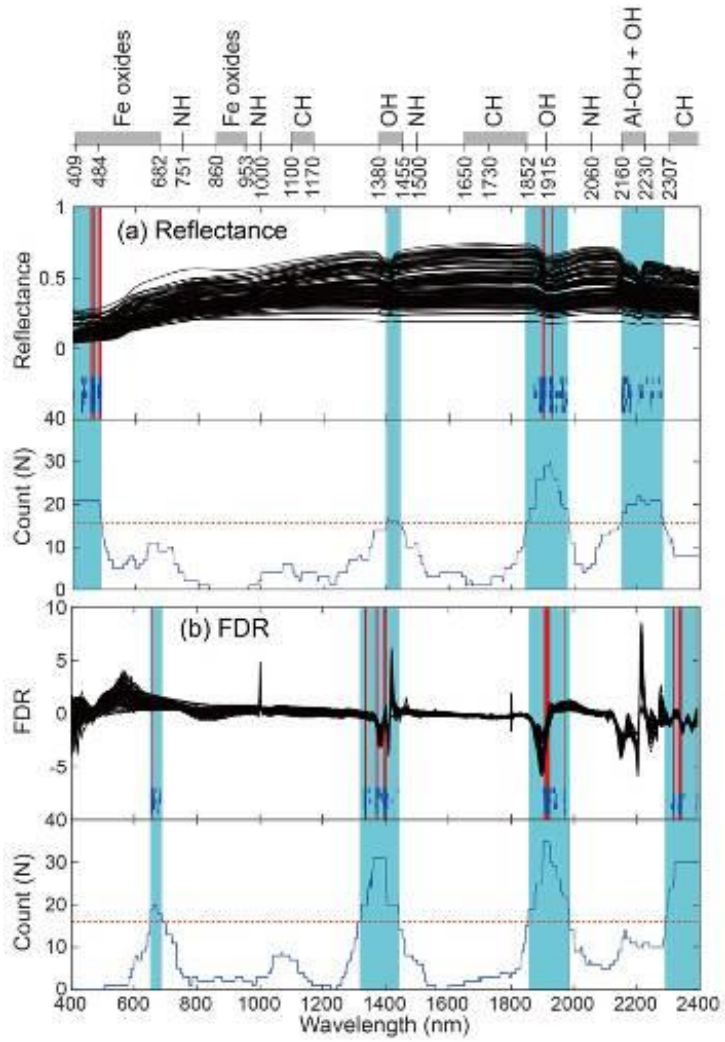



**図 1　TC の推定に重要な波長と既知の関連成分（(a) 反射スペクトルと (b) 一次微分スペクトル）**
**（水色縦線は、マルチスペクトルカメラに適応できる領域ごとに選択された波長領域、赤色の縦線は、選択波長領域の中で遺伝的アルゴリズムを用いて選択された TC 推定に重要な波長）**

LRI は、Behenjy（336 圃場）と Antohobe（363 圃場）の 2 つのプロジェクトサイトを対象事例として、UAV による空撮画像と画像解析ソフト（Pix4D）および衛星画像データを用いて、全圃場の地形情報（標高、傾斜、方位、集水域）をデータベース化した。さらに、一部の圃場について、聞き取り調査、土壌採取分析および収量調査を行い、栽培管理情報、土壌の物理化学特性、および収量のデータを整理した。元素分析装置の不具合と LRI が位置する地区の数か月にわたる断水で土壌分析が中断したため、これらデータセットを用いた TC の圃場間変動に関与する説明変数の抽出と TC 分布図の作成に遅れが生じ、活動期間を延長することとした。

### 1-2. 養分欠乏の評価法開発と分布域把握

LRI は、過年度に開発した携帯型分光放射計による土壌中のシュウ酸塩抽出リン含量（以下、Oxalate-P）推定モデル（Kawamura et al. 2019, Remote Sens 11, 506）をもとに、マダガスカル広域および異なる土地利用への応用を試みた。LRI が過去に蓄積した多様な土壌サンプル 216 点について分光計測と化学分

析を実施した結果、土性、土壌中の有機物含量、鉄含量が大きく異なるため、自然植生（森林、休閑地、耕作放棄地）と耕作地（陸稲を含む畑圃場、水田）を分けてモデルを構築すれば、精度よく Oxalate-P 含量を推定できることを明らかにした（図 2、Rakotonindrina et al., 2020, Agriculture 10, 177）。

また、LRI は 1－1 で記載した 2 つのプロジェクトサイトにおいて、Oxalate-P 含量の空間変動とその要因を解析するためのデータセットを構築した。一方で、イネ群落のリン含量（リン欠乏程度）を簡易評価するための手法開発については、圃場毎に異なる土壌色や水条件など背景の影響を強く受けることから、多点圃場に対する汎用性の高い推定モデルの開発には至らなかった。その対応策として、分光データのスペクトルの形状の違いを学習させた深層学習による群落リン含量推定モデルの開発に取り組むこととした。

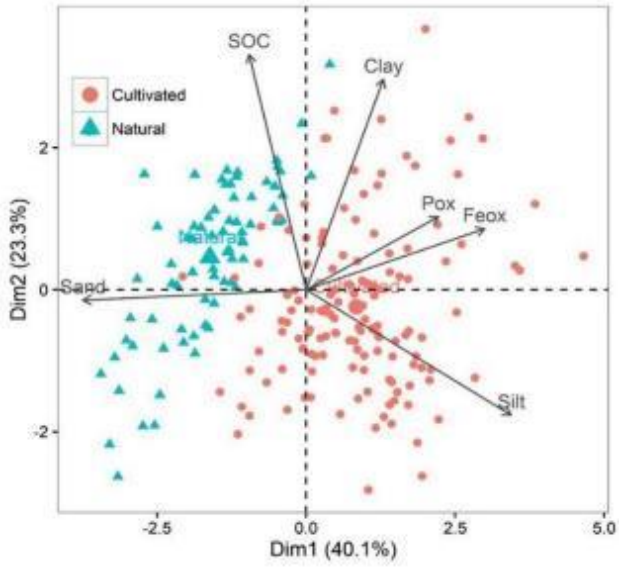



**図 2　自然植生と耕作地から採取した土壌の物理化学特性に関する主成分分析の結果**
**（Rakotonindrina et al, 2020 より抜粋）**

過年度の結果から、土壌中のカリウム欠乏についても検討しておく必要があることが示唆されている。そこで、京都大学では、土壌の難溶性カリウム含量の簡易評価法の考案を目的として、国内の農耕地土壌 4 点を用いて、テトラフェニルホウ酸ナトリウム法による土壌抽出を実施した。反応にともなう沈殿生成量が土壌によって大きく異なることから、同手法により土壌中の難溶性カリウム含量の推定が可能と考えられた。

### 1-3. 圃場養分特性の簡易評価技術の開発

過酸化水素処理後の EC 測定による土壌全窒素含量の推定法について、同手法が圃場間にみられる土壌全窒素含量の簡易推定に有効であることと、市販の過酸化水素を用いる場合には多量の安定化剤を含まない製品を用いる必要があることを明らかにした（表 2、Moritsuka et al., 2020, Agronomy, 10, 40）。

表 2　国内外の過酸化水素水を用いたオキシドール法の原法（Showa）に対する互換性の検証（Moritsuka et al., 2020 より抜粋）

| Type of $H_2O_2$ | Average EC ($H_2O_2$) (mS $cm^{-1}$) | *R* with Showa | Comparability with Showa |
|---|---|---|---|
| Showa（原法） | 0.53 | – | – |
| Kenei | 0.50* | 0.99 | high |
| Kozakai | 0.55 | 0.92 | very high |
| Swan | 0.53 | 0.95 | very high |
| Essential Oxygen | 1.20** | −0.73 | low |
| AGA | 0.98** | 0.95 | medium |
| Wako (3%) | 0.49* | 0.94 | high |
| Wako (6%) | 0.51 | 0.90 | very high |

* and ** indicate significant differences from the EC ($H_2O_2$) obtained with Showa at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively (*t*-test).

さらに、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、土壌色の測定方法を検討し、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が有意に高く、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（表 3、Moritsuka et al., 2019, Soil Sci. Plant Nutr., 65, 605-615）。また、土壌による養分保持や施肥応答に関連する土壌のリン吸着能および陽イオン交換容量が土壌を風乾させた際の水分含量（風乾土水分含量）と極めて高い相関をもつことが分かった（西垣ら、2019、土肥学会静岡大会）。これにより、特別な分析機器なしに、圃場の養分特性を生産現場で簡便に多点評価できる可能性が示唆された。

表 3　目視と色彩計 CR20 による明度（values）および彩度（Chrome）の平均値と再現性（変動係数）の比較（2-mm sieved：風乾細土試料、Hand-ground：微粉砕試料）（Moritsuka et al., 2019 より抜粋）

| Color parameter | | 2-mm sieved | | Hand-ground |
|---|---|---|---|---|
| | | Color chart | CR-20 | CR-20 |
| Value | Average | 4.96 | 4.31** | 4.94 |
| | Repeatability | 12.53 | 1.77** | 0.32** |
| Chroma | Average | 4.12 | 3.90 | 3.89 |
| | Repeatability | 19.93 | 1.59** | 0.56** |

Repeatability refers to the average CV (%) of repeated analysis of each sample.
** indicates significant difference at $p < 0.01$ from the corresponding value obtained using a color chart.

②研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

2019 年 7 月に LRI のラボ主任 1 名と博士課程学生 1 名を招へいした。京都大学では、土壌試料の粒径組成分析法の指導を行い、ナイロンメッシュ法で評価された砂含量の個人差を評価した。国際農研では、新規購入した携帯型 X 線蛍光分析装置（Vanta M, Olympus 社）を用いて、土壌および植物体のリ

ン含量の推定精度を検討した。マダガスカル出張時には、LRI の研究者および博士課程学生に対して、土壌リンの逐次抽出法、リン吸着能の分析法、土壌の風乾土水分含量を用いたリン吸着能の簡易推定法を指導することで、土壌のリン肥沃度を評価するための分析能力を強化した。また、土壌と植物の分光放射データの分析に深層学習の手法を活用するため、LRI に導入した解析用高機能計算機に関連するソフトウェアと環境設定を完了し、カウンターパートに深層学習の手法を指導することで、分光放射データの解析能力を強化した。同技術は、マダガスカル研究者が筆頭著者となった論文の公表につながった。合わせて、UAV の自動飛行機能を指導し、分布把握に向けた広域観測データの観測技術を向上させた。

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の広域調査により、強風化土壌 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、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を明らかにした（Nishigaki et al., Soil Sci. Plant Nutr. in press）。

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。

**(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**

GWAS系統群を用いたQTL解析

過年度までに、IRRI（国際稲研究所）が公開するSNP情報が整備された約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の水稲品種を中心とした359系統（以下、GWAS系統群）を選抜し、IRRIとFOFIFA間のsMTAを通して、マダガスカルに導入した（図3）。

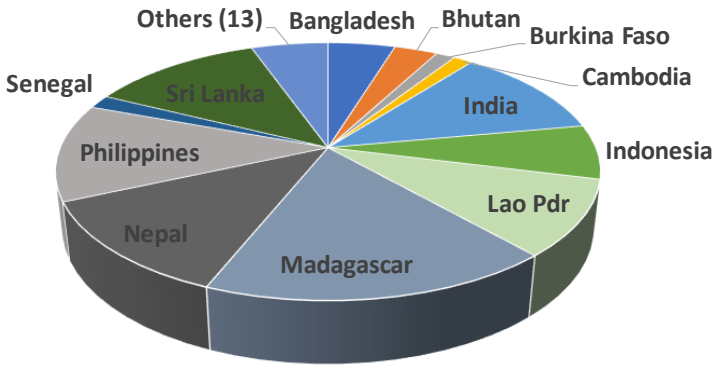



**図3　IRRI-FOFIFA間のsMTAでマダガスカルに導入した系統群の原産（採種）地分布**

同 GWAS 系統群について、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（3 地点×2 年次の平均収量は 1.2～4.0 t $ha^{-1}$）を実施し、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、低肥沃度環境における個体あたりの穂重（Low Fertility Tolerant＝LFT）に関与する新規の QTL を第 5 染色体（q*LFT5*）と第 11 染色体（q*LFT11*）に検出した。さらに、RAP-DP (https://rapdb.dna.affrc.go.jp/)のデータベースと RiceXPro 遺伝子発現データベース（http://ricexpro.dna.affrc.go.jp/）を用いて、検出された QTL 領域とリンケージブロックの解析から候補遺伝子を絞り込んだ。q*LFT5* の候補遺伝子として、エチレンの合成やシグナル伝達に関わる転写因子および合成酵素が示唆された。q*LFT11* の領域には、NBS-ARC(-LRR)ドメイン、E3 ユビキチンリガーゼ、酸化還元酵素に関わる遺伝子が含まれることが分かった。また、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、GWAS 系統群のわずか 8%であり、マダガスカルの主要栽培品種である X265 は、ポジティブに働くこれらの対立遺伝子はもたないことが分かった。

また、同 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 が検出された（図 4）。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）。

**硫黄欠乏条件（Low S）と硫黄十分条件（High S）での根長（cm）の品種間比較**

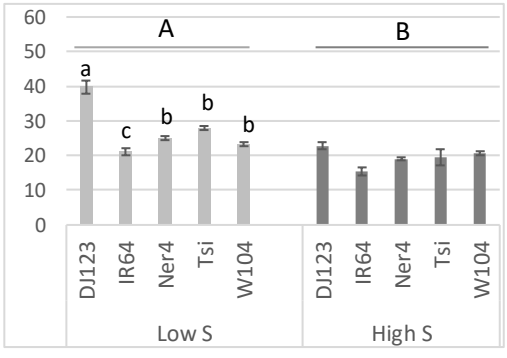



**図 4　硫黄欠乏条件の違いによる根の伸長の品種間比較。DJ123 は IR64 に比較して、硫黄欠乏条件でも根の伸長を促し、硫黄吸収と乾物生産の維持能力が高い。**

DJ123とIR64の交雑集団を用いたQTL解析

リン欠乏を含む養分条件で優れた生育を示すアウスイネのDJ123と熱帯の標準的な改良品種であるIR64を交配したQTL解析集団の世代促進を進めながら、国際農研の八幡台圃場とリン欠乏がみられる現地の低肥沃度圃場での栽培試験と遺伝子型解析を繰り返した（表4）。結果、出穂日、穂数、および穂長に関わるQTLを検出した。第7染色体に検出されたDJ123の対立遺伝子で出穂が早まる2つのQTL（*qHd7.1*, *qHd7.2*）について、同領域内に出穂関連遺伝子（*Ghd7*と*OsPRR37*）が既に同定されているが、うち、*qHd7.1*は現地の低肥沃度環境における収量への影響が小さいことが分かった（Kondo et al., Breeding Science, under review）。通常、出穂が早まるほど生育期間が短く収量に負の相関をもつことから、DJ123がもつ対立遺伝子は対象地域の栽培環境において、収量を維持しながら、かつ、生育日数を短くするために有用な材料になる可能性が示唆された。また、DJ123×IR64の交配集団の遺伝解析結果を課題2-3で解読したDJ123の全ゲノム配列にあてはめることで、日本晴のゲノム配列では得られなかった370個のSNPマーカーをもつより高密度の連鎖地図を作製することができた。

**表4　DJ123×IR64のQTL解析集団の試験年、試験地、集団（形質評価と遺伝子型）の世代**

| 実施期間 | 試験地 | 形質評価に使用したQTL解析集団の世代 | QTL解析集団に用いた遺伝子型の世代 |
|---|---|---|---|
| 2017年5月～10月 | 国際農研八幡台<br>(通常施肥) | F4 世代<br>(288系統) | F4 世代<br>(168 SNPマーカー) |
| 2017年11月～2018年5月 | マダガスカル<br>(無施肥) | F5 世代<br>(288系統) | F4 世代<br>(168 SNPマーカー) |
| 2018年5月～10月 | 国際農研八幡台<br>(通常施肥) | F6 世代　(200系統) | F6 世代<br>(371 SNPマーカー) |
| 2018年11月～2019年5月 | マダガスカル<br>(無施肥) | F7 世代（200系統） | F6 世代<br>(371 SNPマーカー) |

**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**

過年度までに、IR64に*Pup1*遺伝子座（根系発達を促すことでリン欠乏条件でのリン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）の現地での選抜試験と世代促進を繰り返し、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ち、かつ、生育日数が同等ないし短い品種候補となり得る6系統を選抜した。また、暫定的な情報収集ではあるが、農家は早生系統と穂の大きな系統を高く評価することが分かった。

これら6つの*Pup1*-NILs系統と上述の交雑集団（DJ123×IR64）から選抜した2系統を合わせた8系統について、沿岸部に位置するFOFIFA-Marovoay圃場で乾期の種子増殖を行い、2019-2020年の作期に、品種登録に向けたSOC（農業畜産水産相種子管理委員会）との評価試験を実施した（いずれもF9世代）。評価試験は気象環境の異なる4集落（Behenjy、Antohobe、Anjiro、Ankajo）に1～2圃場を選定して実施し、各圃場に無施肥区と施肥区を設けた。また、農家の栽培条件下での特性評価と収穫期の農家評価を実施するために、SOCとの評価試験とは別に、各集落1～2圃場を選定して、農家参加型試験を実施した。農家の栽培法は、SOCの指定栽培法に比べて、1株当たりの植え付け本数と栽植密度が大きく、かつ育苗日数が長いことが顕著な違いである。

SOCによる評価は、出穂前と出穂期に実施され、各集落の試験圃場で、主に、生育・発育の均一性、生育の良しあし、病害虫の有無についてスコア付けされた（図5）。暫定的な結果としては、概ね良好な

評価が得られた。しかし、COVID-19の影響により、最も重要な収穫期の現地調査が実現できなかった。品種登録手続きには、あらゆる形質情報の提出に加えて、SOCによる栽培期間中3回の現地評価を2作期にわたり実施する必要がある。うち、収穫期の評価が未実施のため、今作期の評価がカウントされるのか否かについて、SOCと協議する必要がある。カウントされない場合には、1年間の活動の遅れに繋がる。また、収穫期に周辺農家を集めて、参加型評価を実施する予定であったが、同じくCOVID-19の影響により実施できなかった。

**図5 SOCによるBehenjyにおける出穂期の評価試験実施の様子（周辺農家も興味をもって観察している様子が分かる）**

先行する育成集団を用いた品種登録に向けた試験に加えて、*Pup1*、*MP3* など既知の QTL の導入と GWAS 解析集団から選抜した有望系統（GP1103、AZ-97、DJ123）との新たな交雑集団の作成を目的として、X265 とそれぞれのドナー系統との交配、世代促進、および戻し交雑を進めた。DJ123 については、対象地域における主要陸稲品種である Nerica4 との交配も進めた。*MP3* については、ドナー系統であるコシヒカリとの戻し交雑を行い、$BC_1F_1$ の種子を得た。課題 2-1 で検出した q*LFT5* と q*LFT11* のポジティブな対立遺伝子をもつ GP1103 については、F4 集団まで世代促進を進めて、2019-2020 年の作期にマダガスカルの農家圃場において無施肥条件での評価試験を開始した。しかし、COVID-19 の影響により、品種登録試験の調査を優先するため、同集団の収穫期調査は断念した。同じく GWAS 解析集団からリン欠乏圃場で優れた生産性を示した AZ-97 については、本プロジェクトで得られた成果をもとに、AZ-97 のリン欠乏耐性メカニズムの解明を目的とした新たな外部資金（科研費・国際共同研究加速基金、研究代表：高井俊之、2019 年 10 月～2023 年 3 月）を獲得し、$F_2$ 集団を用いた評価試験を開始した。

### 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

多穂 QTL（研究題目 3-3 を参照）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ために、同 QTL の NIL（NIL-*MP3*）を育成済みのタカナリ、および、マダガスカルの主要品種である X265 と NERICA4 の 3 品種を背景に候補遺伝子の突然変異固定系統 T2 を CRISPR/Cas9 で育成した。いずれの品種においても、突然変異体の穂数は原品種に比べて、通常の培養土で 3 倍程度多くなることを

確認した（図 6）。うち、X265 背景の突然変異体については、リン施肥量を変えた条件下で栽培試験を実施した。結果、リン施肥量にかかわらず突然変異体の分げつ数は原品種に比べて多くなること、リン施肥量が多くなるほど分げつ数の差は大きくなることが分かった。しかし、分げつ数の遺伝的変化が収量に及ぼす効果については、一連の実験からは明瞭な傾向がみられなかったため、施肥量、土壌条件、栽培時期などの条件を調整しながら繰り返し実験を行うこととした。また、同候補遺伝子の発現解析を目的に、タカナリと NIL-*MP3* の播種後 2 週目の幼苗から茎頂分裂組織および腋芽分裂組織をサンプリングし、RNA を抽出した。

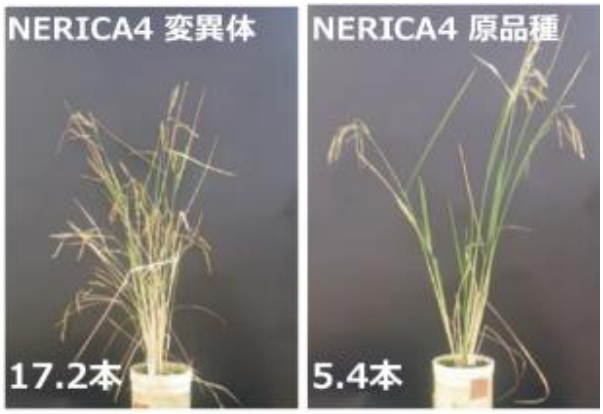



**図 6 CRISPR/Cas9 により作出した多穂 QTL 原因候補遺伝子の突然変異体．左，NERICA4 背景の突然変異体；右，NERICA4.**

過年度までに全ゲノム配列を解読した DJ123 を硫黄欠乏や乾燥などのストレス環境下で栽培し、トランスクリプトーム解析を行うことで、DJ123 の発現遺伝子の概要を把握した。具体的には、DJ123 の根、茎、葉、穂から RNA を調製した後で、次世代シークエンサーによる RNAseq 解析を行い、転写単位をゲノムにマッピングすることで発現遺伝子を同定した。本解析によって、DJ123 の発現遺伝子を 40,831 個同定し、うち、10,000 個が日本晴には無い遺伝子であることが相同性解析から示唆された。さらに、アメリカ国立生物工学情報センター（NCBI）などの公共データベースを用いて相同性解析した結果、DJ123 がもつ遺伝子の 1,500 個以上がイネでは報告がない遺伝子であることがわかった。

②研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

2019 年 8 月 6 日～9 月 14 日に FOFIFA の研究員 1 名を招へいし、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（DNA 抽出、PCR、電気泳動）、温湯除雄による交配法、圃場での表現型調査（出穂調査、稈長・穂長計測）を技術移転した（図 7）。9 月 2 日～6 日には、熱帯島嶼研究拠点（石垣）にて、アグロバクテリウムの形質転換、イネの形質転換、イネの無菌播種などイネの形質転換を実施する上で必要な実験手法に関する研修を実施した。

マダガスカルでは、遺伝解析をハイスループット化するために、x384 サーマルサイクラーおよび x384 用泳動装置を FOFIFA に新たに導入した。これにより、数百単位で遺伝子型調査を一度にできるようになり、$F_2$ 集団や組換え自殖系統群(RILs)を用いた遺伝解析を効率良く進めることが可能となった。また、FOFIFA の主たるカウンターパート研究員に対して、これまでに得られたデータを用いて、GWAS 解析およびゲノミックプレディクションを含むデータ解析手法を指導した。

**図 7 交配法と形質調査の技術移転の様子**

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（n=359）の圃場試験データと IRRI が公開している約 3,000 系統の SNP 情報を用いることで、現地試験に供試しなかった残りの系統の到穂日数、籾収量、および、地上部乾物重を推定するゲノミックプレディクションモデルを開発した。

現地の生産環境で比較的高い収量性を示す在来品種 Tsipala を早生化するために、昨年度、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下、農研機構）の放射線育種場で作出した $M_1$ 種子について、熱帯島嶼拠点（石垣市）で栽培し、早生個体の選抜に供試するための $M_2$ 種子を獲得した。

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**

過年度に得られた農家調査の結果から、稲作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、化学肥料の施用は限られていることが分かった（Tsujimoto *et al.*, 2019）。対象地域にみられる FYM の特性は農家により異なるものの平均の窒素含量は 0.284%、リン含量は 0.049%であった。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。一方で、LRI は放射性同位体リン（$^{32}$P）を用いたポット実験を実施して、湛水条件でのイネへの FYM の施用は、土壌中の難溶性リンを可溶化して土壌由来のリンの吸収を増加させる可能性があること、FYM の施用効果は土壌炭素量および pH が低い土壌ほど大きくなることを明らかにした（Rakotoson & Tsujimoto, Plant Prod. Sci. in press). さらに、リン含量の異なる複数の有機物資材を対象地域の水田土壌に混合して湛水培養したところ、リンを含まないセルロース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、その施用は対象地域の風化土壌に多く含まれる難溶性リン（Nishigaki et al., 2018）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（例えば、有機物（C）による土壌還元の促進にともなう鉄態リンの遊離化など）。そこで、LRI は、ポット試験および培養実験で観察された現象を圃場レベルで検証するために、農家から採取した C と P の含有率が異なる 3 種類の FYM と重過リン酸石灰（以下、TSP）を用いた 4 処理×3 圃場の栽培試験を 2 か年にわたり繰り返した（図 8）。FYM の施用は、Oxalate-P 含量の少ないリン欠乏圃場で特に増収効果が大きいことが示されており、処理による水田土壌中の酸化還元電位の変化、土壌溶液中リン濃度、イネのリン吸収と収量に及ぼす影響を解析することで、FYM の施用がイネのリン吸収と収量に及ぼす効果と作用に関する知見を取りまとめる。

**図 8　FYM の成分の違いが土壌の P 溶出とイネのリン吸収および収量に及ぼす効果に関する圃場試験と土壌溶液採取器で土壌中のリン分析を進めている様子**

さらに、国際農研と LRI は、FYM、N 肥料（窒素）、および P 肥料（TSP）の組み合わせによる連用試験を 3 作（2017–2018、2018–2019、2019–2020）にわたり 4 地点の農家圃場で実施した。これまでに得られた 2 作分のデータをまとめると、FYM の施用効果について以下の点が明らかになった。

**年次効果**：化学肥料による増収効果は 1 作目と 2 作目でほぼ変化がない。しかし、FYM は 1 作目に比べて、2 作目でより顕著な増収効果をもつ。

**化学肥料との相互作用**：N 肥料と組み合わせることで、FYM 施用による増収効果が大きくなる。

**圃場環境との相互作用**：土壌中の Oxalate-P 含量の低いリン欠乏圃場（図 9）、および、標高が高く冷涼な圃場において、FYM の施用効果が大きい。

FYM は対象地域の水稲栽培において最も重要な肥料資材であるが、栽培環境との相互作用に関する定量的データがほとんどなかった。得られた成果は、農家が FYM を効果的に施用するための重要な知見として期待できる。稲作技術普及を進める JICA 技術協力プロジェクト PAPRIZ2 と FYM に関して得られた新しい知見の活用について検討を開始した。

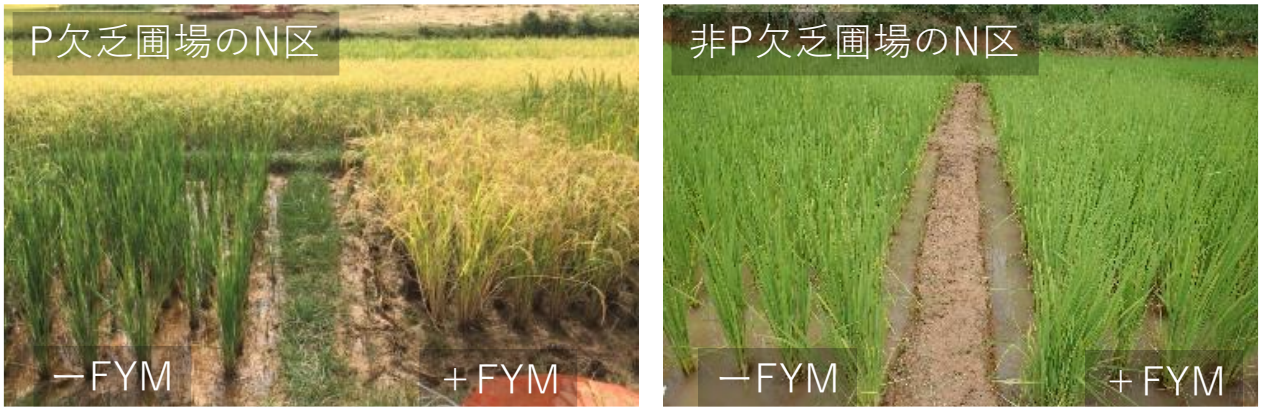



**図 9 圃場のリン欠乏程度（土壌中の Oxalate-P 含量）の違いが FYM の施用効果に及ぼす影響**

苗代への少量施肥においては、窒素とリンの双方の成分が重要であり、NPK 化成肥料が窒素とリンの単肥やコウモリ糞肥料、米糠、および Vermicompost などの地域資材に比べて、イネ収量への効果と経済的効果の双方で優れていることが分かった（Rakotoson et al., Plant Prod. Scie., under review）。

### 3-2. 養分欠乏に応じた施肥技術の開発

過年度までに、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。FOFIFA は、こうした土壌環境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（P-dipping）の効果を検証した（図 10）。2 か年の栽培試験の結果、P-dipping の効果は圃場により大きく異なるものの、無施肥に比べて 59~171%、表層施肥に比べて、同量もしくは半分の施肥量で、収量が 9~35%も増加することが示された（Rakotoarisoa et al., Field Crops Res. in press）。また、圃場にかかわらず、P-dipping は表層施肥に対してさらに出穂日を早める効果があることが分かった（表 5）。その結果、P-dipping は、生育後半の低温ストレス回避につながり、登熟不良（精籾重量と登熟歩合の積で評価）を改善することで、標高が高く冷涼な地点で増収効果がより顕著であった。リン欠乏がイネの発育を遅延させることはよく知られるが、本研究は、リンの施肥法の違いにより顕著に生育日数が変化すること、さらに、それにともなって環境ストレスが回避できることを生産現場で初めて実証した重要な成果といえる。

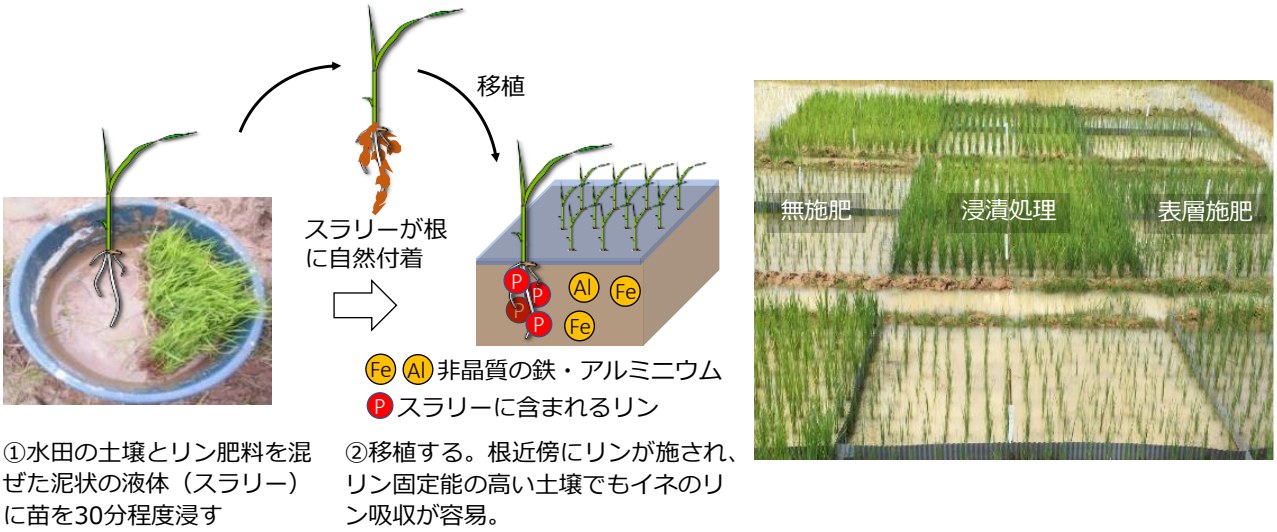



図 10　P-dipping（浸漬処理）の実施手順（左）と圃場での効果の様子（右）

表 5 P-dipping が収量および到穂日数に及ぼす効果

| | 収量 (t ha$^{-1}$) | | | 到穂日数（日） | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2017-2018 | 2018-2019 | | 2018-2019 | |
| | Site1 | Site1 | Site2 | Site1 | Site2 |
| 対照区 | 0.65$^{c}$ | 2.02$^{c}$ | 1.97$^{b}$ | 112$^{a}$ | 92$^{a}$ |
| 30kg $P_2O_5$（表層施肥） | - | 3.41$^{b}$ | 2.88$^{a}$ | 107$^{ab}$ | 85$^{ab}$ |
| 60kg $P_2O_5$（表層施肥） | 1.51$^{b}$ | 3.64$^{b}$ | 2.86$^{a}$ | 104$^{b}$ | 87$^{b}$ |
| 30kg $P_2O_5$（P-dipping） | 1.76$^{a}$ | 4.61$^{a}$ | 3.13$^{a}$ | 98$^{c}$ | 78$^{c}$ |

異なるアルファベットが付された数値はTukey-HSDの5%水準で有意差あり

また、リン浸漬処理がイネの初期生育に及ぼす効果について、異なる浸漬時間（0.5h、2h、4h、8h）とスラリーの浸漬リン濃度（$P_2O_5$ として 4.3%、5.0%、6.0%、7.5%）で比較したところ、高濃度（7.5%）の長時間処理（>4h）では、活着の遅延が生じて、技術効果が軽減されるものの、それ以外の組み合わせであれば、いずれも同等の効果をもつことが分かった（Oo et al., 2020, Agronomy 10(2), 240）。農家が技術を実践するうえでは、細やかな浸漬時間や浸漬リン濃度の調整は困難であることが予想されるため、これらの技術要素について、比較的幅のある条件で効果が示されたことは、P-dipping の実用性を高める有益な知見である。

このように、P-dipping は、リン欠乏圃場が広く分布し、かつ肥料投入が限られた地域においてリンの効果的な局所施肥技術となることが分かってきた。P-dipping による増収効果の圃場間差異の要因として、上述した気象条件との相互作用が挙げられるが、その効果をさらに高める上で、土壌特性との関係を明らかにする必要がある。そこで、「P-dipping はリン吸着能の高い土壌ほど効果が大きい」、すなわち、リンを分散して施用する表層施肥や全層施肥では土壌への吸着率が高くなりイネが吸収できるリン量が制限されるという仮説を立て、リン施用法の違いが土壌溶液中のリンの拡散およびイネのリン吸収と生育に及ぼす効果に関する根箱試験を実施した。結果、P-dipping では、土壌のリン吸着能に関わらず、

根近傍の土壌溶液中リン濃度がスポット的に増加して、イネのリン吸収および生育が増大した。一方で、リンを全層施肥した場合には、土壌のリン吸着能が高いと土壌溶液中のリン濃度とイネのリン吸収量のいずれに対しても効果がない（リンが吸着されてイネが吸収できない）ことが分かった（Oo et al., Scientific Reports, under review）。すなわち、上述の仮設の通り、P-dipping と全層施肥の生育差は、リン吸着能が高い土壌条件ほど大きくなった（図 11）。

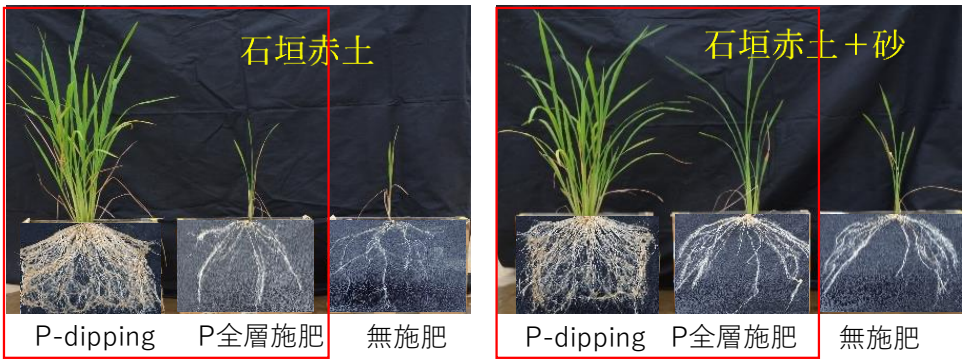



**図 11 土壌の P 吸着能と P 施用法の違いがイネの地上部・地下部生育に及ぼす効果**
***P 吸着能が低い環境では、P-dipping と P 全層施肥の生育差が小さい（赤枠）。砂を混ぜることで、土壌のリン吸着能を下げると、リン施肥法による生育差が小さくなる。**

2019－2020 年の作期には、得られた知見を圃場レベルで検証するために、標高の異なる 2 地点で、移植日（11 月下旬、12 月中旬、1 月上旬）およびリン吸着能（3.9～39.9%）の異なる圃場 20 点を選定し、P-dipping の効果に関する多点試験を実施した。その中で、P-dipping は初期生育を促すため、移植後の深水が生じやすい圃場で効果がより大きいという、圃場環境との新たな相互作用に関する示唆が得られている（図 12）。昨年、東アフリカで発生した大雨は、マダガスカルを含めた広い範囲で稲作に甚大な被害を及ぼしたが、同技術の導入は、こうした環境ストレスに対しても効果をもつことが期待できる興味深い観測事例といえる。

**図 12 P-dipping の初期生育改善による冠水ストレス回避効果**

LRI は、移植日および栽植密度と施肥（N と P）の相互作用を明らかにするための栽培試験を 2 か年にわたり実施した。農家圃場では、同一村落内でも移植日や栽植密度が大きく異なるためである。1 作目の試験結果から、同一圃場内でも移植日によって N と P の施用効果が異なることが分かった。すなわち、早植区では、生育日数が長い N 区の収量は NP 区と同等であったのに対して、遅植区では、リン欠乏による発育の遅れが生育後半の低温環境を引き起こし、N 区と NP 区に大きな収量差がみられた。結果、N の施用効果は早植区で高く、P の施用効果は（N 区と NP 区の収量差）は遅植区でより顕著とな

ることが分かった。また、収量レベルが低い場合（無施肥区など）には、栽植密度が大きいほうが有意に増収することが分かった。次作期に検証実験を繰り返す必要があるものの、圃場環境に応じたPとNの施用を考える上で土壌の養分環境のみならず、農家の栽培法との相互作用を考慮する必要があることを示す貴重な知見といえる。

### 3-3. 遺伝型と施肥技術の相互作用解明

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地点の圃場間で収量に大きな変異をもつ栽培環境を構築した。そこで、課題2で選抜された*Pup1*系統（MTM32とMTM45）、親系統のIR64、およびX265の4系統を供試し、多様な圃場養分（収量）環境における選抜系統の生産性評価を開始した（図13）。

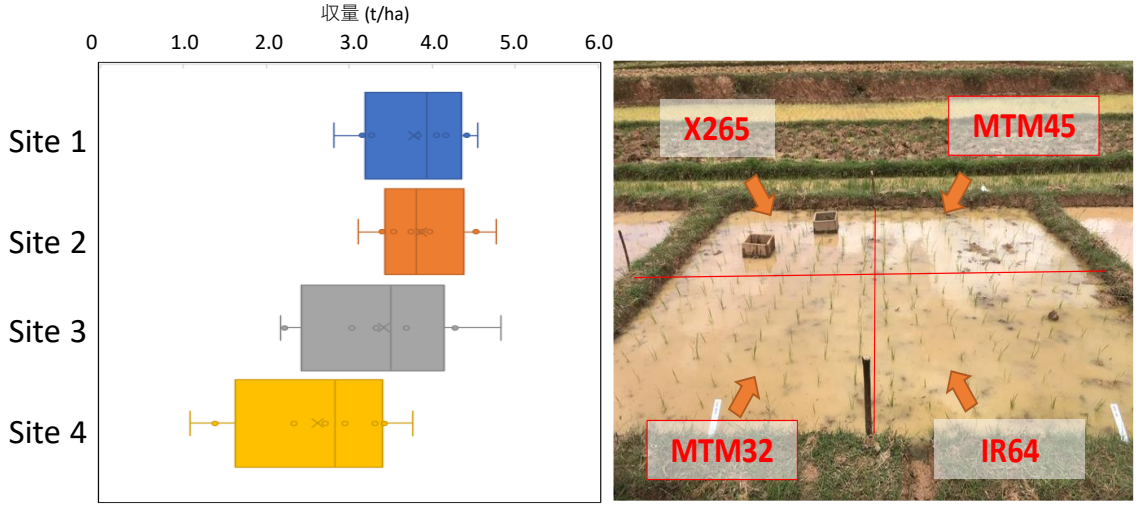



**図13 農家圃場4地点にみられた2年目の圃場内収量変異。各理区の4 反復の平均値を箱ひげ図に示した。図右は、2019-2020年の作期の養分環境×選抜有望系統の評価試験の様子。**

過年度の栽培試験と合わせて、1.3～4.1 t $ha^{-1}$の多様な収量環境を網羅するのべ12点のプロットにおいて、穂数を増加させる既知の遺伝子座QTL-*MP3*の効果を検証したところ、タカナリを遺伝的背景にもつNIL-*MP3*の増穂効果は圃場環境により異なることが明らかになった（Takai et al., under review）。すなわち、圃場の平均収量が2 t $ha^{-1}$を超える環境においては、NIL-*MP3*の単位面積当たりの穂数および籾数はタカナリより顕著に多くなった。一方で、圃場の平均収量が1.3 t $ha^{-1}$と極めて低い環境では、NIL-*MP3*の平米あたりの穂数は110～112本とタカナリと同程度に制限され、*MP3*による増穂効果はみられなかった。精籾収量については、BehenjyでNIL-*MP3*がタカナリに比べてやや高い傾向を示すものの、全地点を含めると、NIL-*MP3*とタカナリに有意な収量差はみられなかった。そこで、新たに育成した熱帯地域の標準多収品種の一つであるIR64に同QTLを導入したNIL（以下、IR64-*MP3*）を追加して、遺伝的背景が異なる場合の同QTLの効果の検証を開始した。遺伝的背景に関わらず、IR64-*MP3*はIR64に比べて分げつが多く推移することが観察されている。また、一穂籾数を増加させる既知の遺伝子座QTL-*SPIKE*をIR64背景に導入した*Spike*-NILを4地点×2つの施肥条件で栽培したところ、いずれの収量レベルにおいても、*SPIKE*の籾数および収量への効果は確認されず、本プロジェクトが対象とする環境において、*SPIKE*は有効な遺伝資源ではないと考えられた。

②研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

FOFIFA の研究員 1 名と LRI の博士課程学生 1 名を招へい（2019 年 8 月 7 日～9 月 13 日）した。国際農研では、これまでに得たデータをもとに、統計解析を含むデータ解析や論文の書き方を指導し、リン浸漬処理技術の効果に関する論文を投稿した（公表済み）。また、無償ソフトの ImageJ（NIH, USA）と AquaCrop（FAO）の植被率モデルを用いて、週毎に撮影した群落画像から生育期間中の植被率の時系列変化、積算受光日射量、日射変換効率の推定法を指導し、研究題目 3 の研究推進に役立つ作物生育評価技術を移転した。加えて、京都大学作物学研究室での研修を依頼し、田中佑助教の指導のもとで、群落画像と深層学習を組み合わせたバイオマスの簡易推定法の技術を習得した(図 14)。

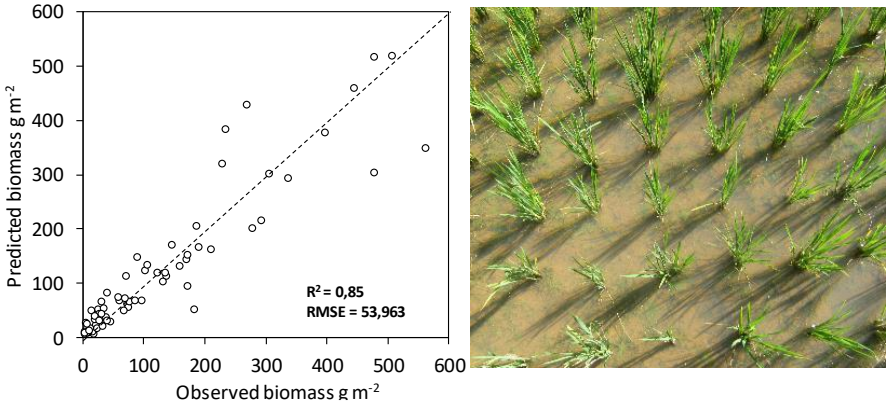



**図 14　群落画像と無償の深層学習ソフト NNC（Sony）を用いたマダガスカル試験圃場におけるバイオマス（n=68）の予測精度（左）と学習用写真（右）の一例。群落可視画像だけで、比較的高い精度でバイオマスが推定できる。**

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

2019 年 8 月に農研機構と新たな共同研究契約を締結し、農研機構・次世代作物開発研究センターの宇賀優作上席研究員らが開発した根系形態の異なる準同質遺伝子系統群（以下、Root-NILs）とリン欠乏環境との相互作用を検証するための予備試験を開始した（図 15）。暫定的な根系調査の結果から、深根性を促す QTL-*Dro1* と浅根性を促す QTL-*qsor1* を導入した Root-NIL は、いずれもこれまでに報告されている根系分布の特徴を示し、マダガスカルの農家圃場でもこれらの QTL の効果が有効であることが確認された。

**図 15 マダガスカル農家圃場における Root-NILs の根角度の調査の様子（2020 年 2 月下旬に実施）**

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：**開発技術の普及要因の解明とインパクト評価（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**

稲作技術の普及を進める JICA 技術協力プロジェクト（以下、PAPRIZ2）では技術普及の自立発展性を確保するために、参加農家の中から、技術普及の起点となる農家（以下、農民トレーナー）を選定、育成している。農民トレーナーは、近隣農家の要望に応じて研修を行う努力義務をもつが、農民トレーナーから研修を受けた一般農家から先の 2 次的情報伝達には、プロジェクトからの便宜供与はなく、より自発的な行動と捉えられる。そのため、この 2 次的ないし、より高次の情報伝達の特徴を理解することが効果的な技術普及のカギになると考えた。そこで、PAPRIZ2 で研修を受けた農民トレーナーA を事例に、そこを起点とした技術情報伝達に関する聞き取り調査を実施した。

結果、2012 年～2017 年に農民トレーナーA から技術情報が伝達された累積農家は 76、うち、2 次以上の自発的な情報伝達は 43 と、全体の 57%を占めた。一方で、農民トレーナーから直接情報伝達を受けた 33 農家のうち、複数の農家に自発的に情報を伝達した（2 次情報伝達のクラスターとなった）農家はわずか 3 件であり、これら農家の特性を捉えて、2 次情報伝達クラスターの数を増やすことがより効果的な技術普及に重要であることが分かった（図 16、横山、2020「開発学研究」30(3)）。情報の指数関数的拡大には、より高次の伝達クラスターの発生も重要と考えられるが、そのような事例はほぼ確認できない、もしくは追跡が困難であった。また、プロジェクトの介入終了後も農民トレーナーによる研修が自発的に継続している他の事例では、研修参加農家の自己負担による必要資材の調達やトレーナーへの報酬支払などが有効であることが示唆された。

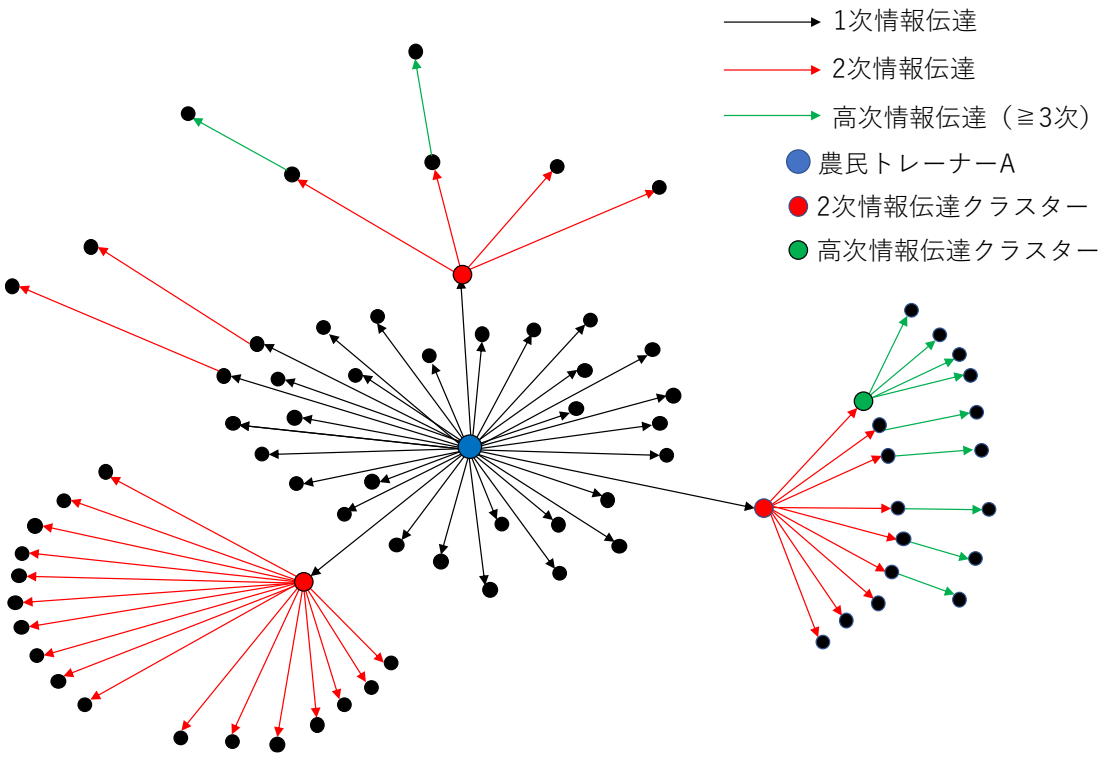



**図 16 農民トレーナ A を拠点とした稲作技術情報伝達図**

過年度の研究において、農民トレーナーに対する動機づけ調査法について改良することができた。その上で、PAPRIZ 2 の中でも普及人数が少なく必ずしも順調でないサイトを中心に農民トレーナーに対する動機づけ調査を実施した。普及が順調でない原因は、2 つの理由に類型化できた。すなわち、農民トレーナーが、①技術を十分に理解していない場合と、②自らに求められている役割を十分に理解していない場合である。これらに共通する背景として、農民トレーナーに対する地方農業局の担当者からの研修や継続的なサポートが不十分であることが挙げられた。技術採用に自律的動機づけをもつためには、技術を正しく理解すること、技術を教える者との間の信頼関係を築くことが重要との仮説を裏付ける結果であり、農民トレーナーへの研修においてこれらの点を改良することで、上述した 2 次情報伝達クラスターの発生数も増加するものと考えられた。

### 4-2. 生計向上に及ぼす影響評価

プロジェクト対象地域に暮らす 600 世帯の水稲作農家に対して定期的に実施している家計調査のデータベースを用いて、陸稲作および野菜作の採用が家計に及ぼす影響を明らかにした。陸稲栽培の採用は、水稲作農家世帯の一人当たりの年間のコメ生産量を平均 76kg、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、それぞれ有意に増加させていることが分かった（表 6、Ozaki and Sakurai, Japanese Journal of Agricultural Economics 2020）。野菜栽培は、農作物の販売による現金収入を有意に増やすものの、一人当たりの総消費額や食料消費額には影響がなかった。しかし、食多様性（Household Dietary Diversity Score, Micronutrient-sensitive Household Dietary Diversity Score, Food Consumption Score などで計測）は、野菜作により有意に増加することが示され、栄養改善に効果があると考えられた（Ramahaimandimby and Sakurai、未発表）。

表 6　陸稲栽培の採用が世帯のコメ生産、消費額（収入）、および食料消費額に及ぼすインパクト評価
(Ozaki and Sakurai, 2020 より抜粋)

| インパクト評価項目 | 単位 | インパクト[1] | |
|---|---|---|---|
| *食料安全保障* | | | |
| 世帯構成員一人当たりのコメ生産量 | Kg | 75.75 | * |
| 過去 7 日間の世帯構成員一人当たりのコメ消費量 | Kg | 0.00 | |
| 1 月のコメ購入量（世帯構成員一人当たり） | Kg | 1.30 | |
| 2 月のコメ購入量（世帯構成員一人当たり） | Kg | -0.15 | |
| 3 月のコメ購入量（世帯構成員一人当たり） | Kg | -0.56 | |
| 1 月から 3 月のコメ購入量の合計世（帯構成員一人当たり） | Kg | 0.59 | |
| *世帯厚生* | | | |
| 過去 1 か月の世帯構成員一人当たりの食料消費額 | 1000 MDA[2] | 5.08 | ** |
| 過去 1 か月の世帯構成員一人当たりの非食料消費額 | 1000 MDA[2] | 2.86 | |
| 過去 1 か月の世帯構成員一人当たり総消費額 | 1000 MDA[2] | 7.95 | ** |
| サンプル数 | | 566 | |

註：1) *、**はそれぞれ平均値が有意水準 10%、5%で異なることを意味する。
2) MDA はマダガスカルの通貨のアリアリの略である。

土壌養分情報の提供が農家の施肥行動やイネの生産性に及ぼす影響を明らかにするための予備実験を開始した。上述の 600 世帯とは別に 70 世帯の水稲稲作農家を選定、全世帯に 5kg の尿素を無償で配布、無作為に選んだ半数の 35 世帯に本人および周辺農家の水田の土壌中シュウ酸塩抽出含量値とその値を基準とした尿素の使用法（ある値以下の場合はリンが制限要因となるため、尿素、すなわち窒素の効果は期待できないといった内容、Asai et al., under review）に関する情報を提供した。暫定的な解析からは、こうした情報提供は尿素の使用方法に有意な影響は与えないことが示唆された。

### 4-3. 栄養改善に及ぼす影響評価

聞き取り調査で得られた現地の情報を食品の重量（にんじん 1 束という回答が何 g に相当するか等）や栄養素（コメ 100g から何 kcal、タンパク質何 g が供給できるか等）に変換するための換算表を整理し、各調査回における食品の消費量や過去 24 時間の食事内容を定量的に把握することができるようになった。結果、所得の高い世帯はエネルギー摂取量が高く、動物性食品からのエネルギー摂取率が高い傾向にあること、イネ収穫後の時期（5 月～6 月）に食の多様性（世帯食多様性スコア）が高まり、収穫前（2 月～3 月）に食の多様性が低下することが示された。

前年度から取り組んでいるコメ嗜好のクラスター分析を進め、コメを購入する割合の高い世帯は調理の簡便性を重視する傾向にあるなどの特徴を見出しつつある。また、消費者行動の面から栄養改善に資する行動変容への道筋を明らかにするために、栄養の知識や主観的な健康状態を知るための質問を考案し、ONN が提案した食品選択の際の心理的背景に関する質問と合わせて、2020 年 2 月～3 月期の調査を実施した。

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 6 月に、FOFIFA および ONN のカウンターパートを 1 名ずつ招へいした。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、その後の意見交換で得られた情報を参考に具体的な研究構想を立案した。また、先進稲作農場の経営管理、有機野菜農家の販売戦略、地方自治体の保健栄養教育などについて知見を深めた。さらに、家計調査で使っている Survey Solutions（世界銀行が提供するコンピューターを用いた質問調査ソフト）の仕組みや統計ソフト STATA の用い方、リサーチクエスチョンの考え方や知りたい情報を分析可能な形で質問票に落とし込むための質問票デザイン作成など研究に必要な技術移転を行った。マダガスカルでの普及方法や動機づけ調査では、本研修や現地での共同研究を通して、定性的データを収集するためのインタビューやコミュニケーションの取り方を独自で工夫するなどの主体性がみられるようになってきた。

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・期間のいずれも過年度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進捗している。COVID-19 の影響により今後の進め方に大きな変更を求められる可能性が残るものの、現在まで、研究題目毎およびプロジェクト全体の成果達成に対して大きな修正点はない。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、後述の通り、農業畜産水産省の主体性が醸成されており、同省の年次報告書や事業計画に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、2020 年 3 月に JICA と農業畜産水産省の間で、PAPRIZ2 の後継案件 PAPRIZ3 の R/D が締結された点は、成果の社会実装を実現するうえで好適な外部要因である。同案件では、優良種子・肥料・農業機械の確保や流通体制の強化がターゲットに含まれ、本プロジェクトで開発された技術・品種の活用も想定されている。

個別課題においても目標とする土壌の養分評価技術、施肥技術、および有望系統が開発され、その根拠となる原著論文の公表が大きく進んだ。2020 年 5 月 31 日時点で、16 件の原著論文（うち 4 件がマダガスカル側の筆頭著書）を公表し、8 件（うち 1 件がマダガスカル側の筆頭著書）が査読中であることから、プロジェクト目標値の一つである「5 件のマダガスカル側筆頭著書を含む 25 件の原著論文の公表」は 2020 年度中に達成できる可能性が高い。

具体的な開発技術として、研究題目 3 の P-dipping が挙げられる。同技術は、少ないリン肥料で効率的に収量を改善でき、PDM の目標値である「従来の技術に対して 20%以上の施肥効率の改善」に資するものである。P-dipping は生育初期の冠水や、生育後半の低温、もしくは水不足などの環境ストレスに対しても効果をもつことが示されており、不安定化する栽培環境にレジリエントなイネ生産技術としてもアピールできる。同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）を解明しながら、農家の実験参加や意見交換を行う農民集会の開催を通して、同技術の受容性に関する基礎情報を収集する。また、新たな予算獲得を模索して、同技術の広域普及を早期に展開するために、民間の肥料会社 Agrivet、JICA 技術協力プロジェクト PAPRIZ、農業畜産水産省地方局とより強固に連携して、予算や人員に応じて、数百点規模の実証試験、受容性評価、農家向けマニュアル配布、肥料パッケージプロトタイプ作成、などを進めたいと考えている。

研究題目 2 では、現地農家圃場で優れた形質（収量性と生育日数）を示す、*Pup1*-NIL 系統群を含む 8 系統が絞り込まれ、品種登録に向けた SOC との多点評価試験を開始することができた。これら選抜系統について、品種登録に向けた評価試験を継続するとともに、次作期以降は、COVID-19 の影響で実施できなかった農家の受容性評価を進める。また、研究題目 3 と連携して様々な養分（収量）環境における選抜系統の優位性を検証する。品種登録の手続きについては、農業畜産水産省と FOFIFA が主体的な役割を果たすことを第 3 回 JCC で合意している。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、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を目指す。

研究題目 4 では、596 家計のベースラインデータが整備され、陸稲や裏作の導入などの技術選択と所得および栄養との関係解析が進められた。今後、圃場の養分特性情報に基づく施肥技術など、開発された技術の効果を測るランダム化比較試験を進める。また、4 年次は、情報伝達ネットワークや普及員の心理欲求などの調査で得られたデータを早期に論文として取りまとめ、農業畜産水産省の普及政策にどのように反映するかについて、具体的な検討を開始する。研究題目 1 では、既に多くの土壌養分評価法が論文として公表されており、4 年次以降、これらの技術について、マニュアル作成、オンラインツールを用いた発信、ワークショップ開催などを進める。

## 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 5 月の研究施設受け渡し式、7 月の JCC、8 月の TICAD7、12 月の中間評価ワークショップ、2020 年 1 月の P-dipping に関するメディア報道などを通して、農業畜産水産省としての協力体制および主体性が醸成されてきており、プロジェクト成果への期待が高まっている。今後、自立発展的な展開を実現するためには、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、相手国の行政・

研究機関が主体となった課題立案、予算獲得、研究・普及活動を促す必要がある。その一例として、FOFIFAはプロジェクトで整備した遺伝解析ラボ・交配温室に対応した電気容量の引き上げと回線工事を実施し、農業畜産水産省のカウンターパート予算として、必要な電気料金が追加計上された。

一方で、日当宿泊費や供与機材の関税支払いを賄うカウンターパート予算については、政府および財務省を含む課題であるため、農業畜産水産省が必要なプロジェクト予算を毎年計上しているものの、その執行手続きについては極めて煩雑で効率化されているとは言い難い。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となることから、引き続き予算確保と執行手続きの透明化・迅速化に努める必要がある。また、各課題に雇用が不安定な研究員が参画しているため、雇用の確保について、所属機関や各省庁に継続的に働きかけている。本プロジェクトは、農村集落での調査と実験を中心とするため、持続的な活動には、地域コミュニティとの良好な関係を継続することが不可欠である。その点について、プロジェクト内で認識を共有して慎重な姿勢で活動を進めている。COVID-19 の影響を受けて、課題 2 の系統選抜や課題 3 の施肥技術開発で予定していた地域農民との対話を通した系統技術評価が実施できなかったことは残念である。

(2) 研究題目１：**養分特性評価グループ（リーダー：森塚直樹）**

現在まで、共同研究実施上の大きな問題点はない。相手国機関の研究実施能力も着実に向上しており、LRI が立案した研究課題の 1 つが原著論文として公表されたことは大きな成果である。懸念事項として、LRI が位置する地区全体で数か月にわたり断水が続き、土壌・植物の化学分析に遅れが生じた。同様の事態を避けるために、研究所内で水を循環できるシステムの導入を検討している（COVID-19 の影響で計画は中断）。昨年度の報告書に記載した日印連携については、プロジェクト参加者の限られたエフォートの中での付随活動ということもあり、必ずしも具体的な進展はみられなかった。

(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機関の研究経験が不足していたものの、3 年にわたる現地での共同活動と招へい研究を通してその能力が向上し、主体的な活動がみられている。2019 年 12 月に開催した中間評価ワークショップでも各自の研究成果を発表して、高い評価を受けた。同じ地域でイネ育種に関わる活動を進める 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 と継続して情報を共有している。また、英国クランフィールド大学、LRI、および Africa Rice Center と共同で、対象地域に局所的に観察される鉄過剰害の系統間差異に関する実験を進め、その中で、X265 は比較的高い鉄過剰害耐性をもつことが示唆された。こうした共同研究を並行させることで、必要な知見を効率的に集積している。同様に、FOFIFA および LRI に国内の新たな共同研究者を加えて、2019 年度の科研費国際共同研究強化 B（高井研究代表）に採択された。ここでは、GWAS 系統群の中から見出されたリン欠乏環境で優れた生育を示す系統 AZ-97 のリン欠乏耐性に関わるメカニズムを地上部の形態、土壌の難溶性リンの利用、根圏土壌中の微生物叢の変化などの観点から明らかにしていく。このように、本 SATREPS プロジェクトを基盤として、派生的な研究が展開できている。

(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い。FOFIFA および LRI の研究者が筆頭著者である

原著論文が計 3 報公表されるなど、相手国側の主体的成果が蓄積されていることは特筆すべき点である。P-dipping の研究開発を主導した FOFIFA 研究員が JICA 開発大学院連携「食料安全保障のための農学ネットワーク（Agri-Net）」プログラムに内定してプロジェクトから一時離れる可能性がある。そのため、P-dipping に関わる継続的な研究活動に取り組む新たな研究員の配置について、FOFIFA の所長、研究部長、稲作部長に要望中である。また、国際農研の辻本が参画し、LRI と FOFIFA を共同研究機関とした 2020 年度科研費が新たに 2 件採択され、本プロジェクトを基盤とした派生的な研究も展開できている。カウンターパート研究者が招へい期間中に取り組んだ「深層学習に基づくイネバイオマスの汎用的推定モデル構築とその応用（研究代表：京都大学田中佑）」と陸稲の効率的な施肥技術開発を目指す「イネのストレス耐性は水と養分の局所コントルールで向上するか（研究代表：高知大学宮崎彰）」である

（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）**

研究題目 2 と同様に、当該分野における相手国研究員の研究経験が乏しく、FOFIFA および ONN が主体性をもつ課題設定が遅れていた。課題設定に活用できる家計調査の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と主体的な研究立案を進めた。ONN が独自に設定した質問票なども定期的家計調査に組み込むなど具体的な進捗がみられたが、継続的な介入が必要である。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）を検討したが、COVID-19 の影響を受けて、実施の可否は不透明な状況である。

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。PASAN とはプロジェクト代表者および課題担当者間で継続的に情報共有しており、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っている。。また、栄養改善に関して、対象地域の人々の嗜好性や消費パターンの行動変容の解明に焦点をあてて、2019 年度の科研費若手研究（白鳥研究代表）に採択されるなど、本プロジェクトからの派生的研究も展開できている。

## Ⅳ．社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

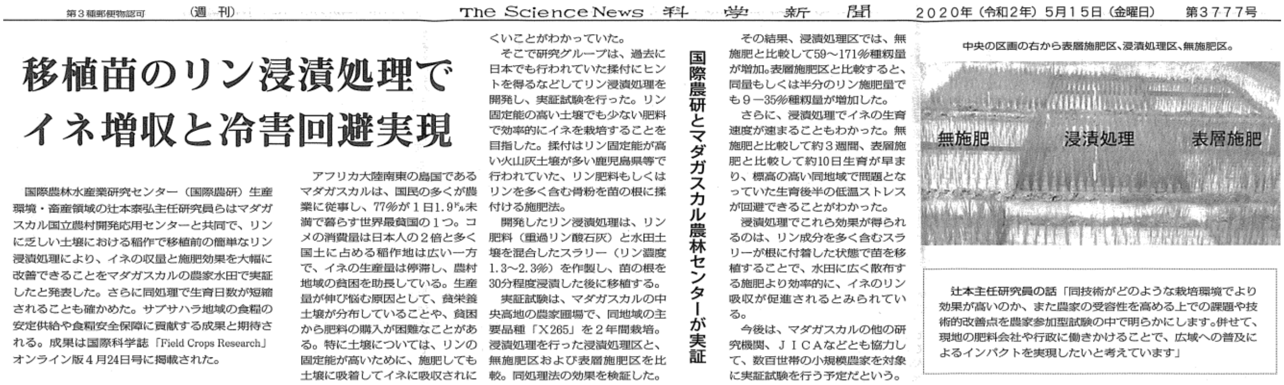
- マダガスカル初の温湯除雄法によるイネの交配施設とマーカー選抜育種のための遺伝解析施設、ならびに、養分分析のためのリモセン・土壌植物分析設備を構築し、相手国研究者に必要な技術移転を行うことで、自立発展的な研究開発を可能にする現地分析拠点が稼働した。2019 年 5 月 10 日に、農業畜産水産大臣出席のもとで、これら研究施設の開所式が行われ、プロジェクトの成果として、現地メディアを通して広く発信された。

(2) 社会実装に向けた取り組み

- P-dipping の増収効果に関する研究成果を国内外のメディアを通して広く発信し、行政、農家などから高い関心が得られた（図 17）。
- P-dipping の実用化と普及に向けて、マダガスカル国内の民間肥料会社 Agrivet との意見交換を開始した。同活動を具体化するために、2020 年度 JST 持続可能開発目標達成事業に応募したが不採択で

あったため、引き続き予算の獲得に努める。

- 選抜した有望系統の品種登録に向けた SOC との 1 年目の評価試験を実施した。
- 2020 年 3 月に JICA と農業畜産水産省の間で、PAPRIZ2 の後継案件である PAPRIZ3 の R/D が締結された。成果の普及を実現する基盤として、現行の PAPRIZ2 および PAPRIZ3 との連携を強化する。「マダガスカル国稲作生産・流通にかかる情報収集・確認調査」最終報告書（JICA 2020 年 4 月）の中でも、本プロジェクトで取り組むリン浸漬処理技術、土壌養分に応じた施肥技術、低リン耐性品種の導入、有機物資材の効果的な活用などが、PAPRIZ3 における具体的な協力案として提言された。
- 農業畜産水産大臣による研究施設開所式への出席、TICAD7 での同大臣との会談、JST、中間評価ワークショップなどの機会を通して、マダガスカルにおける本プロジェクトの認知、および普及政策を主管する同省の主体性を高めた。
- プロジェクトの研究活動や成果を Web サイト（https://www.jircas.go.jp/ja/satreps）で一般に公開。2019 年度は、45 件の記事を掲載した。また、プロジェクト冊子を作成し、配布した（図 18）。
- 上記の Web サイトに加えて、農業畜産水産省、JICA、および JST の SNS・ホームページ・機関誌等に活動と成果を複数回取り上げられることで、国内外におけるプロジェクトの認知度を高めた。



第３種郵便物認可　（週刊）　The Science News　科学新聞　2020年（令和2年）5月15日（金曜日）　第3777号

**移植苗のリン浸漬処理でイネ増収と冷害回避実現**

**国際農研とマダガスカル農林センターが実証**

国際農林水産業研究センター（国際農研）生産環境・畜産領域の辻本泰弘主任研究員らはマダガスカル国立農村開発応用センターと共同で、リンに乏しい土壌における稲作で移植前の簡単なリン浸漬処理により、イネの収量と施肥効果を大幅に改善できることをマダガスカルの農家水田で実証したと発表した。さらに同処理で生育日数が短縮されることも確かめた。サブサハラ地域の食糧の安定供給や食糧安全保障に貢献する成果と期待される。成果は国際科学誌「Field Crops Research」オンライン版４月24日号に掲載された。

アフリカ大陸南東の島国であるマダガスカルは、国民の多くが農業に従事し、77%が１日1.9ドル未満で暮らす世界最貧国の１つ。コメの消費量は日本人の２倍と多く国土に占める稲作地は広い一方で、イネの生産量は停滞し、農村地域の貧困を助長している。生産量が伸び悩む原因として、貧栄養土壌が分布していることや、貧困から肥料の購入が困難なことがある。特に土壌については、リンの固定能が高いために、施肥しても土壌に吸着してイネに吸収されにくいことがわかっていた。

そこで研究グループは、過去に日本でも行われていた揉付にヒントを得るなどしてリン浸漬処理を開発し、実証試験を行った。リン固定能の高い土壌でも少ない肥料で効率的にイネを栽培することを目指した。揉付はリン固定能が高い火山灰土壌が多い鹿児島県等で行われていた、リン肥料もしくはリンを多く含む骨粉を苗の根に揉付ける施肥法。

開発したリン浸漬処理は、リン肥料（重過リン酸石灰）と水田土壌を混合したスラリー（リン濃度1.3〜2.3%）を作製し、苗の根を30分程度浸漬した後に移植する。

実証試験は、マダガスカルの中央高地の農家圃場で、同地域の主要品種「X265」を２年間栽培。浸漬処理を行った浸漬処理区と、無施肥区および表層施肥区を比較。同処理法の効果を検証した。

その結果、浸漬処理区では、無施肥と比較して59〜171%種籾量が増加。表層施肥区と比較すると、同量もしくは半分のリン施肥量でも９－35%種籾量が増加した。

さらに、浸漬処理でイネの生育速度が速まることもわかった。無施肥と比較して約３週間、表層施肥と比較して約10日生育が早まり、標高の高い同地域で問題となっていた生育後半の低温ストレスが回避できることがわかった。

浸漬処理でこれら効果が得られるのは、リン成分を多く含むスラリーが根に付着した状態で苗を移植することで、水田に広く散布する施肥より効率的に、イネのリン吸収が促進されるとみられている。

今後は、マダガスカルの他の研究機関、ＪＩＣＡなどとも協力して、数百世帯の小規模農家を対象に実証試験を行う予定だという。

中央の区画の右から表層施肥区、浸漬処理区、無施肥区。

無施肥　浸漬処理　表層施肥

辻本主任研究員の話「同技術がどのような栽培環境でより効果が高いのか、また農家の受容性を高める上での課題や技術的改善点を農家参加型試験の中で明らかにします。併せて、現地の肥料会社や行政に働きかけることで、広域への普及によるインパクトを実現したいと考えています」

図 17　リン浸漬処理（P-dipping）の成果に関する国内の新聞記事（2020 年 5 月 15 日科学新聞）

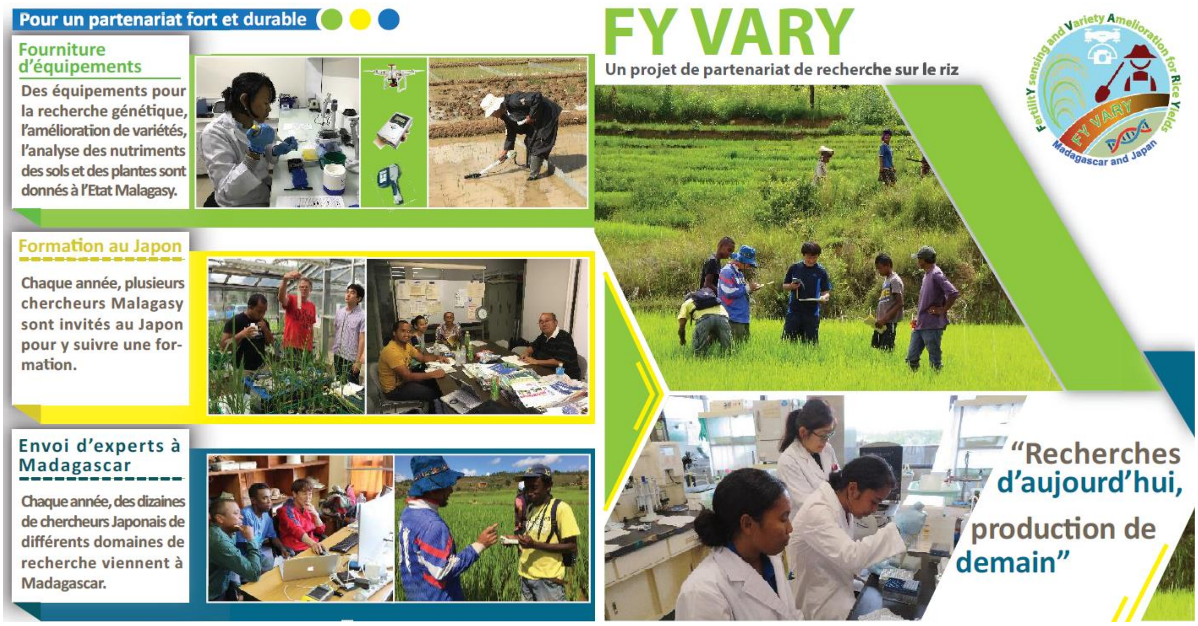



図 18 プロジェクト紹介冊子の抜粋（マダガスカルの政府機関、国際機関、ドナーなどを対象に作成）

## Ⅴ．日本のプレゼンスの向上（公開）

- 2019 年 7 月 3 日のアフリカ 10 か国記者による国際農研訪問と辻本研究代表による研究紹介：本プロジェクトの活動がセネガルとエジプトのメディアで紹介。
- 2019 年 7 月 12 日の第 3 回 JCC：テレビと新聞の 3 件の現地メディアに、有望系統の選抜や効率的な施肥技術などプロジェクトの暫定的成果について紹介。
- 2019 年 8 月 28－30 日の TICAD7（横浜）公式サイドイベント「日本・アフリカビジネス EXPO（JETRP 主催）」：農林水産省展示ブースにおいて本プロジェクトの取り組みが紹介。
- 2019 年 8 月 28 日の TICAD7（横浜）公式サイドイベント「アフリカを動かす力―食・農業の未来に向けて（農林水産省主催）」：辻本研究代表と白鳥研究員が本プロジェクトの取り組みを紹介。この講演がきっかけで、微量栄養素に関する国際学会（2020 年 3 月実施予定が新型コロナウイルスの影響で延期）の依頼公演（課題 4 白鳥）へとつながった。
- 2019 年 8 月 28 日に横浜で開催された TICAD7 の公式サイドイベント「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）」：本プロジェクトの取り組みが配布資料で紹介。
- 2019 年 8 月 30 日のマダガスカル国 Ranarivelo 農業畜産水産大臣との会談（横浜）：本国際共同研究はマダガスカルが目指す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。
- 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）」：マダガスカル国 Ranarivelo 農業畜産水産大臣の基調講演において、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。
- 2019 年 12 月 12 日の中間評価ワークショップ：これまでの研究成果と取り組みについて、マダガスカル国内のテレビ、新聞、ラジオ計 7 件で報道。
- 国際連合食糧農業機関(FAO)のグスタフソン副事務局長への研究紹介：FAO 副事務局長の国際農研訪問に際して、辻本研究代表が本プロジェクトの内容と成果を紹介。
- 2020 年 1 月 27 日と 2 月 22 日に P-dipping をはじめとするプロジェクトの成果および活動についてマダガスカル国内の TV1 件、新聞 3 件で報道。

## Ⅵ．成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

別紙参照。

## Ⅶ．投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

別紙参照。

## 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/rs9101081 | 国際誌 | 発表済 | IF = 3.244 (2016) |
| 2018 | Tomohiro Nishigaki, Yasuhiro Tsujimoto, Seheno 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. Plant Production Science | 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 Oryza sativa: root and rhizosphere traits. Rizosphere | | 国際誌 | accepted | IF = 1.8 (2018) |

論文数 8 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 8 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, 2020. | | 国内誌 | accepted | |

論文数 5 件
うち国内誌 2 件
うち国際誌 3 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 Raport 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 | 発表済 | p3に本プロジェクトの研究紹介 |

著作物数 2 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 | in press | |

著作物数 5 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）

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/<br>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<br>/口頭発表<br>/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 |
| 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, 髙井俊之, 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 | 髙井俊之, 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 |

| | |
|---|---|
| 招待講演 | 1 件 |
| 口頭発表 | 13 件 |
| ポスター発表 | 4 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回農学中手の会研究集会、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<br>―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 |

| | |
|---|---|
| 招待講演 | 6 件 |
| 口頭発表 | 10 件 |
| ポスター発表 | 2 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 | 受賞者 | 主催団体 | プロジェクトとの関係 | 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 | 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 | |

2 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- | 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=h5gdcmcH6jQ&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/Coul | 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 |
| 2019 | 2019/7/12 | Midi Madagascar | 新聞 | http://www.midi-madagasikara.mg/societe/2019/07/15/projet-fy- | 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- | 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/projet-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_Q2fe5BxuMaGCS8Yuu3ekYefEJim8em2ven9wB8TKKg9zoS9Xycw4A | 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。 |

42 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

（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<br>（開催国） | 参加人数<br>（相手国からの招聘者数） | 公開/<br>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したマダガスカル・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 | 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 | 5月10日 | 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 | 7月3日 | 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 | 7月5日 | 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 | 8月28日 | TICAD7の公式サイドイベント「アフリカを動かす力―食・農業の未来にむけて―」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 | 8月28日 | TICAD7の公式サイドイベント「アフリカを動かす力―食・農業の未来にむけて―」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 | 8月30日 | 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 | 12月12日 | 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 | 1月23日 | 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 | 2月21日 | 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月に着任した在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。 |

27 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。 |
| 2019 | 7月12日 | 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。 |

3 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<br>（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 |

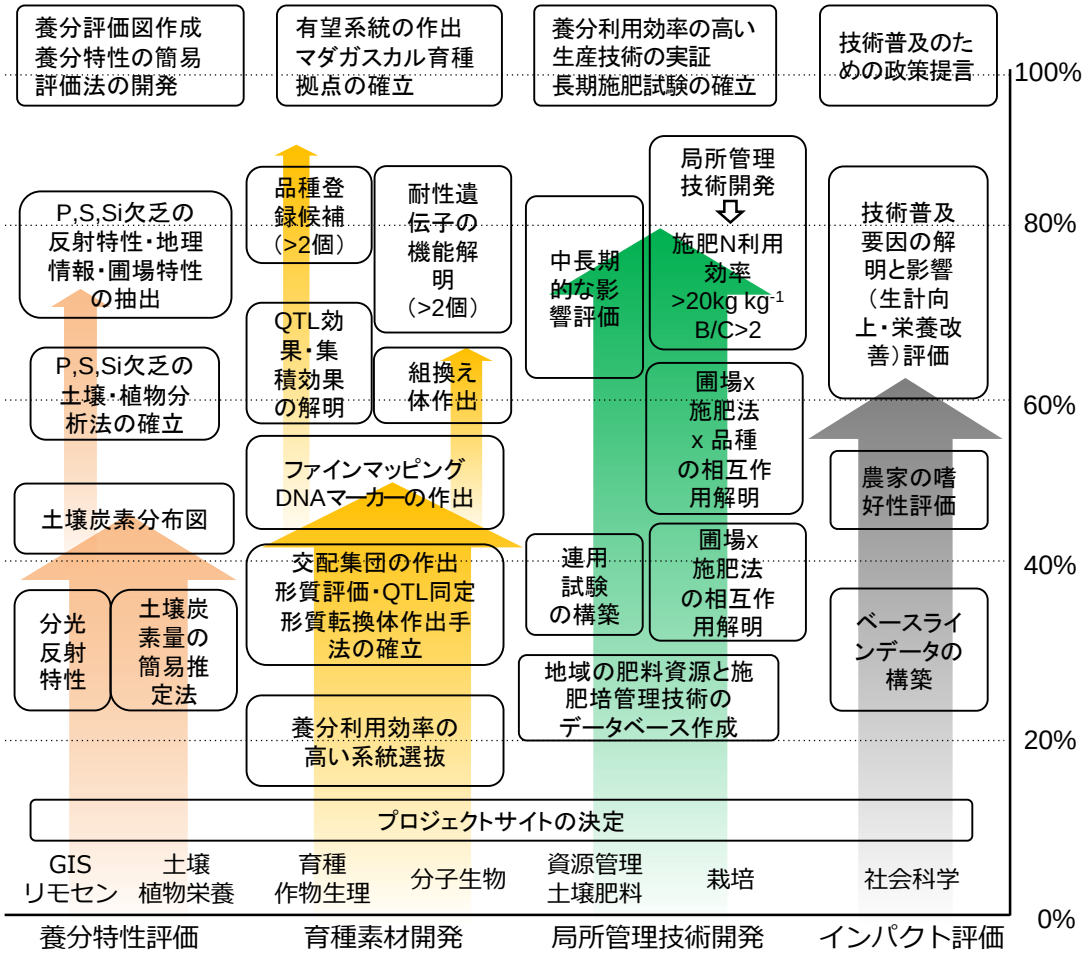
## 付随的成果

| | |
|---|---|
| 日本政府、社会、産業への貢献 | ・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<br>・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 | ・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<br>・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し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 | ・国際共同研究体制の構築<br>・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） | ・マダガスカル中央高地における土壌炭素量と養分欠乏分布図、および評価法マニュアル<br>・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品種登録に向けた8系統を選抜<br>・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<br>・査読付き論文（25件以上）＝16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。

## 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。