

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と利用に資する研究」

研究課題名「ブルキナファソ産リン鉱石を用いた施肥栽培促進モデル構築」

採択年度：平成 28 年（2016 年）度/研究期間：5 年/

相手国名：ブルキナファソ

令和元（2019）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

2017 年 5 月 28 日から 2022 年 5 月 27 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：南雲 不二男

国際農林水産業研究センター・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	28年度 (10ヶ月)	29年度	30年度	令和1年度	2年度	3年度 (12ヶ月)
0. ベースライン調査		←→	→			
1. 在来リン鉱石を利用した地域 適合型複合肥料の開発			▽リン鉱石可溶化法の最適化			
1-1 リン鉱石可溶化	←				▽複合肥料製造方法の提案	
1-2 複合肥料化		←NPK複合肥料試作▽				
1-3 アフリカ在来リン鉱石イン ベントリ			アフリカ在来	←リン鉱石の収集▽	リン鉱石インベントリの構築	▽
2. 主要作物への施肥効果の評価 と施肥技術の改善と普及						
2-1 天水栽培施肥効果		←		複合肥料の施肥効果の実証▽		
2-2 施肥技術改善			←複合肥料を活用した施肥法の確立▽			技術マニュアル▽
2-3 施肥栽培普及評価		ベースラインデータの取得▽				施肥栽培の収益性評価▽
3. リン鉱石の直接利用技術の開 発						
3-1 天水稲作直接施用		←			リン鉱石を最大化する施用法の提案▽	
3-2 リン鉱石利用 QTL		←イネのリン鉱石利用に關与する QTL の解析▽				リン鉱石施用効果を 最大化する品種の提案▽
3-3 リン鉱石富化堆肥			←リン鉱石富化堆肥の作成と施肥効果の検証▽			
3-4 リン鉱石適合作物		←	リン鉱石直接施用に適した作物の選定▽			
3-5 アゾラ利用		←リン鉱石を活用したアゾラ増殖▽		アゾラ由来有機 NP 肥料の施肥効果の実証▽		
3-6 直接利用技術マニュアル				←	直接施用技術マニュアルの策定▽	
4. 持続的作物生産に向けたリン 鉱石の総合的利用法の提案						
4-1 リン利用効率		モデル適用可能性の検証▽				リン利用効率を最大化 する施肥法の提案▽
4-2 フードバリューチェーン			流通の現況把握▽			需要拡大への提言▽
4-3 地域経済インパクト				←	社会経済的影響予測▽	

(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)

変更なし

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

2019年6月11日には担当研究者の全員を招聘してのプロジェクトワークショップ、同月12日には第

3 回 TCC を開催した。これらの会議を通じて、JIRCAS と INERA の各担当者間の意思疎通が活発化しているという共通理解が得られた。さらに交流を活発化するために、参画者全員のメーリングリストを作成した。加えて、情報発信のための Web site を構築し 4 月より公開予定である。

懸案事項であったプロジェクトの政府登録については、2020 年 2 月に正式に登録された。一方、R/D に記載されている合同調整委員会（JCC）をプロジェクトとして開催するかについて 2018 年から懸案事項であったが、JICA 現地事務所は所轄の高等教育・科学研究・技術革新省が主催するプロジェクト評価会議で代替可能という方針を示し、INERA 側も代替可能との認識を示したことから、プロジェクトとしては、JCC を開催しないことになった。

2019 年 9 月には INERA からイネ育種の専門家 1 名を招聘し、イネ育種に関する研究機関を訪問するとともに今年度の研究計画の打ち合わせを実施した。また、各課題に学位課題として、5 大学／機関から計 8 名の学生がプロジェクトに参画し、2 名が卒業論文、1 名が修士論文を著わした。日本人の人材育成については、引き続き特別研究員 2 名が参画し、現地試験を担当し現在論文を執筆中である。また、東京大学学生が INERA カンボワンゼ支所において、INERA とともにとともに実験を行った。また、東京大学圃場においても関連する試験を実施し、卒業論文 2 報、修士論文 3 報を著わした。

当初予定した機材はすべて購入し、ブルキナファソに設置済みである。特に、2 種類の肥料製造装置を INERA カンボワンゼ支所に配置し、硫酸によるリン鉱石可溶化装置は C/P によりすでに新規肥料を製造中である。もう一方のリン鉱石焼成装置については、8 月に設置と試運転を行い、2020 年 1 月にはすでに設置済みのソーラーパワーシステムで駆動することを確認した。

各研究題目の進捗状況については下記に記述しているとおりである。

(2) 研究題目 0：ベースライン調査

JIRCAS 研究グループ（リーダー：小林慎太郎）

ベースライン調査として農家調査を実施し、開発する肥料のユーザーと想定される農家の現状把握を試みた。調査は、カウンターパートの協力が得やすい INERA 支所の周辺で実施することとし、ブルキナファソの標準的な農業環境と考えられる中西部地方にあるサリア支所を選択した。

予備調査から、行政機関にも各農家にも、家族や農業の規模や状態に関する資料は保管されておらず、全ての情報を聞き取りや計測で収集する必要があることが判明した。例えば、世帯人数を確認する場合でも、長男以外の男子も分家せず、結婚後も親と同居するケースが多いことや、一夫多妻の家族形態が農村では一般的であることから、世帯人数の特定には 1 世帯あたり 1～2 時間を要する。農地を調査する場合でも、家屋周辺のみならず比較的広範囲に分布する全ての農地区画の計測には、1 世帯あたり 1～2 日を要する。このように調査に多くの時間を要することから、調査対象の世帯数を増やすため調査の進行を早めれば、収集されるデータの精度が低下することが予想された。そこでサンプルサイズよりも個々のデータの精度を優先し、調査対象農家を 20 世帯とした。傾斜や土壌、水資源という観点から様々なタイプの農地を網羅すると考えられる 10km×20km ほどの小流域を調査対象に選び、そこにある農家 2,300 世帯を衛星画像でリスト化した後、無作為抽出で 20 世帯を抽出した。調査対象となった世帯の訪問には、各村の村落開発委員会（Conseils Villageoises du Développement, CVD）幹部に同行してもらい、調査への

同意を得ることができた。なおサンプルサイズは小さいものの、20 世帯の所得は対数正規分布にしたがっており、中西部について一定の代表性を持つと考えられる。

世帯人数は平均で 28.3 人、うち過半の 15.8 人が出稼ぎのため別居していた。出稼ぎ先はコートジボワールが最も多く、次いでワガドゥグなどの国内都市、そして少数ながらガーナなどもあった。出稼ぎに出ているのは若者が中心で、家に残る農業の担い手は中高年が中心であった。出稼ぎに出た家族は 1～2 年に 1 回の頻度で乾期に帰国する。その際、プランテーションなどでの労働で得たお金を持ち帰り、実家の増築、携帯電話の購入、バイクの購入などを援助する、というケースが多く見られた。

利用する農地区画は多く、世帯あたりの平均で 11.9 であった。それらは家屋の周辺に多いが、離れた場所で土地を借りたり取得する例も見られた。1 区画の面積は平均で 0.35ha であった。20 世帯の調査対象農家のうち 15 世帯では、利用する農地を「家族の畑」と「個人の畑」に分けており、妻や一定年齢以上の子が「個人の畑」を割り当てられていた。「個人の畑」では個人が全てを自分の意志で決めることができ、収穫物も自分のものにできる。ラッカセイやササゲなど、換金性の高い作物が多く栽培されている。一方「家族の畑」については、世帯主やその子が協議の上、作物や栽培カレンダーの決定を行い、収穫物は主に家族の食料としている。そのため作物は穀物が中心で、白ソルガム、ミレット、ササゲ（在来種）の混作や、ササゲ（改良種）の単作が一般的である。これらの収穫物は、家族の食料として保管するが、豊作年には換金する。

肥料の利用に関しては、15 世帯が化学肥料を利用していた。しかしその利用量はわずかであり、施肥された区画は平均 11.9 区画のうち 1～2 区画に止まった。聞き取りの結果、農家は肥料の効果をよく理解し、また実感もしているが、値段が高く、全区画に施肥できる量の購入はできないとのことである。このことより、国内資源を活用した低価格肥料の開発が重要であることが確認された。

今後はこのベースライン調査を補完する形で課題 2-3 で収量調査を実施し、それらのデータを活用し、2-3 や 4-3 で開発肥料の経済効果を推計する。また技術の普及段階では、サンプルとなった農家の協力を仰ぐ予定である。

(3) 研究題目 1：「在来リン鉱石を利用した地域適合型複合肥料の開発」

JIRCAS 研究グループ（リーダー：中村智史）

太平洋セメント研究グループ（リーダー：今井敏夫）

1-1. 在来リン鉱石を活用した可溶性リン酸肥料製造技術の開発（リン鉱石可溶化）

1-1.1. 焼成リン肥の製造法の検討

これまでにリン鉱石の可溶化において、炭酸 K、炭酸 Ca、炭酸 Mg を配合し、1050℃で焼成することが有効であることを示した。また、この結果を受けて外熱式 U ターンキルン（以後、キルン）を製造した。本年度は、当該キルンのブルキナファソへの輸送、設置、動作確認を実施した。海上輸送および陸上輸送が必要だったため、輸送に数か月を要し、さらに現地における電源設備工事の不備により、実稼働は 2020 年 1 月になってしまったが、幸いにも輸送中の破損・故障などは認められず、無負荷試験ならびに実負荷試験により、キルンによる焼成肥料作成が可能になった。

1-1-2. 部分的酸性化リン鉱石 (PAPR)

前年度にブルキナファソ・カンボワンセ支所に設置した無加圧攪拌装置および関連資機材により、ブルキナファソにおける PAPR 製造が可能となった。

1-2. 可溶化リン酸肥料を用いた地域適合型複合肥料の開発（複合肥料化）

1-2-1. NPK 複合肥料の作成にむけたブルキナファソ作物生産環境情報の類型化

ブルキナファソにおける多様な作物生産環境に対応する NPK 複合肥料の作成に向けて、GIS ツールによる解析が可能な土壌情報 (Soil Atlas of Africa (ESDAC)、Africa Soil Profiles Database (ISRIC)、soil phosphorus retention potential (ISRIC))、気象情報 (気温・降水量 (WorldClim)、乾燥度指数・潜在蒸発散量 (CGAIR-CSI))、地形情報などに加え、JIRCAS で実施中の流域管理プロで作成している土地利用図などの地理空間情報の整備を進めた。

また、NPK 複合肥料の混合割合について、INERA 推奨施肥量 (Fish Technic) (地理区間情報はなし) を始め、Fertilizer Use Optimization in Sub-Saharan Africa (OFRA)、Fertilizer Recommendations for major food crops map in West Africa (ISRIC) などの地理空間情報を収集した。

課題 2 からの要望により、2019 年度の圃場試験で使用する NPK 複合肥料の混合割合は、ブルキナファソの推奨施肥として使用されている NPK 比率が 14-23-14 で製造することとした。

1-2-2. NPK 複合肥料の製造

前年度に検証した吸湿性評価をベースとして、焼成リン (CB-K) を利用した NPK 複合肥料および部分的酸性化リン鉱石 (PAPR) を利用した NPK 複合肥料をそれぞれ、単肥を混合した後、造粒したもの（造粒肥料）、およびバルクブレンディング (B. B. 肥料) を作成した。

1-3. アフリカ在来リン鉱石インベントリ

インベントリ構築に向けて、リン鉱石収集を実施し、ブルキナファソ、マリ、ニジェール、セネガル、トーゴ、モザンビーク、タンザニア、ジンバブエ、ザンビアの 9 か国より、現在までに 11 種類のリン鉱石を収集した。

これまでに入手した 11 種類のリン鉱石について鉱物組成、化学組成、溶出特性に関する各種分析を実施した。図 1-1 に各リン鉱石のリン酸およびカルシウム含量の関係を示す。リン鉱石を構成するリン酸カルシウムの点からは、フッ素アパタイト ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$) およびハイドロキシアパタイト (マタン産およびシンダ産) に大別された。リン酸の品位は、主に石英の含有率に支配され、特にザンビア産およびコジャリ産リン鉱石で石英濃度が高かった。鉱物組成の差は化学組成に反映されており、高 Al_2O_3 濃度は粘土鉱物類およびリン酸アルミニウム鉱物に、高 Fe_2O_3 濃度はゲーサイト ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) に、高 MgO 濃度はドロマイト ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) に、高 K_2O 濃度は正長石 ($\text{K}(\text{Al}, \text{Fe})\text{Si}_2\text{O}_8$) に起因すると考えられた。シンダ産リン鉱石の高 MgO 濃度および高 Fe_2O_3 濃度は、普通輝石 (Augite) に起因すると考えられた。マタン産リン鉱石およびシンダ産リン鉱石はフッ素アパタイトでないため、水溶性リン酸が高いことが期待された。また、各リン鉱石のクエン酸可溶性は、リン鉱石が含有するフッ化アパタイトの結晶化度によって規定されていることが明らかになった。微量成分については、マタン産、ラムラム産およびトーゴ

産リン鉱石で CdO 濃度が高かった。これらのリン鉱石については、焼成によるリン鉱石可溶化の過程で CdO を同時に除去できる可能性が高く、予備試験においては焼成による CdO の除去が確認された。

上述のように、収集したリン鉱石の中から、カドミウムを始めとする重金属含量の高い試料を選択し、焼成法による重金属除去効果を検証する。2020 年度は、対象となるリン鉱石を利用した CBKCa 肥料を作成し、得られた CBKCa 肥料に含まれるカドミウムなどの重金属含量を、原料に含まれる重金属含量と比較し、その低減効果を検証する。

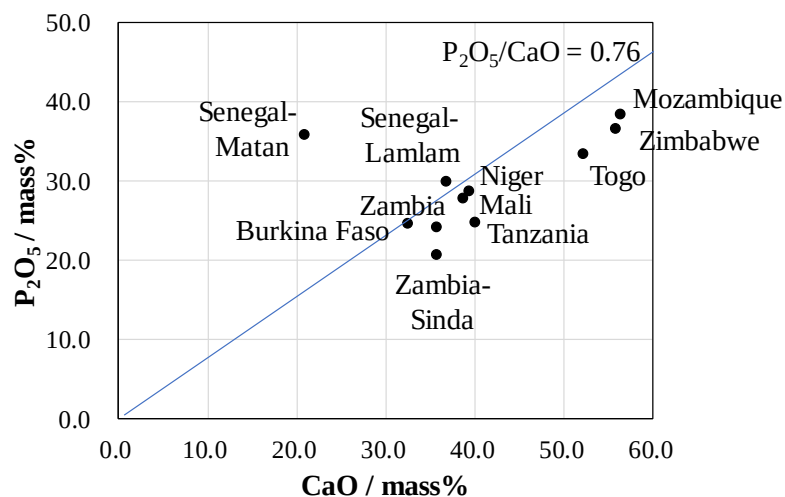


図 1-1 リン鉱石の CaO 濃度と P₂O₅ 濃度との関係

① 研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

INERA カンボワンセ支所内にパイロットプラント設備を設置した。パイロットプラントには外熱式 U ターンキルン、無加圧攪拌装置、パン型造粒機、太陽光発電・蓄電システムがあり、各種肥料製造試験の実施が可能である。また、各種肥料製造法を担当研究者である Dr. Jacques Sawadogo および学生数名に対して指導した。

② 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

日本および現地における新型コロナウイルスの拡大により、当初予定していた肥料製造試験が中断となっている。各種肥料原料の調達が困難になっていること、ならびに現地カウンターパートの出勤制限があったことが要因であり、今後の試験継続に向けた対応を検討中。

アフリカリン鉱石インベントリの対象国としていたザンビアに展開する日系肥料会社から接触があり、ザンビア産リン鉱石の利用についての検討依頼があった。ブルキナファソのパイロットプラントにおいて肥料を試作する可能性について検討している。

③ 研究題目 1 の研究のねらい（参考）

【題目 1-1】

降雨条件が不安定なブルキナファソでは、硫酸根を含む速効性の水溶性肥料は、肥焼けや土壌酸性

化のリスクがあるが、焼成リン肥は、主として緩効性のクエン酸可溶性を主とする生理的アルカリ性肥料であり、それらのリスクを軽減できる可能性がある。そこで、焼成リン肥製造の可能性について、硫酸による可溶化(過リン酸石灰)を比較対照として、クエン酸可溶性及び水溶性リン酸含量、ならびに製造コストを指標とする最適加工条件を導出する。また、同国における重油価格や将来的な環境負荷を鑑み、太陽光発電導入の実現性を検討し、持続的な肥料工場の提案と実証を目指す。経済的持続性は費用便益の試算から検討し、乾燥地帯における太陽光エネルギーの産業利用の一つのモデル事例の可能性を示す。

【題目 1-2】

また、焼成処理に炭酸カリウム添加が有効であることが示されており、カリウム添加の焼成物には肥料の主要三成分のうち、リンとカリが含まれる。焼成リン肥に含まれるリン、カリ、カルシウム、ケイ素等の成分に加えチッ素、硫黄等を添加し、現地土壌条件を考慮した最適な配合比をもつ地域適合型複合肥料（チッ素、リン酸、カリを主成分とする NPK 複合肥料）を提案する。なお、その複合肥料に配合するチッ素肥料は、西アフリカ産の天然ガスを原料として製造されるチッ素肥料等、より安価な肥料原料を検討する。

【題目 1-3】

ブルキナファソ国以外にも、アフリカ各国には多様な低品位リン鉱石が未利用なまま分布している。これらのアフリカ在来リン鉱石の化学組成や可溶性、その他の特性をインベントリ情報として構築し、アフリカ在来低品位リン鉱石の適正な加工方法を提案する。また、低品位リン鉱石の利用にあたっては、カドミウムやヒ素などの重金属含量が高い事例が散見され、こうした重金属除去技術の開発は、耕地土壌におけるカドミウム集積が問題となっている EU 各国を中心に世界的に喫緊の課題となっている。これまでに経済的に実施可能な重金属除去技術は提案されていないが、焼成によるリン鉱石可溶化の過程で重金属類を同時に除去できる可能性が高い。そこで、低品位リン鉱石の利用にあたってカドミウム等の有害重金属について、焼成による除去技術を検討する。

⑤研究題目 1 の研究実施方法（参考）

【題目 1-1】

- a) ブルキナファソから輸入したリン鉱石粉を原料として、アルカリ金属元素の炭酸塩を一定の比率で配合し、800° C～1200 ° C の温度条件で実験的に焼成し、得られた焼成物の pH、全リン酸量、水溶性リン酸量、2%クエン酸可溶性リン酸量を定量する。さらに現地にテストキルンを設置し、現地で焼成物を試製するとともに、得られた分析結果と現地における各種資材購入価格から、最も安価にリン鉱石を溶解出来る焼成条件を検討する（可溶性 100%を目標）。
- b) ブルキナファソ産低品位リン鉱石を原料として、硫酸添加によるリン鉱石可溶化法を検討する。特に酸添加量を最小化する部分的酸性化リン鉱石 (PAPR) の製造法について、酸添加量と可溶性の関係を明らかにし、さらにポット試験などで作物生育におよぼす影響を検討する。得られた分析結果と現地における各種資材購入価格から、最も安価にリン鉱石を溶解出来る処理条件を検討する。
- c) 得られた焼成物の pH や潮解性等の物理的性状の問題点について、最適な調整法を検討する。

- d) 現地において、太陽光発電を利用してテストキルンを稼働させ、その稼働状況をモニタリングするとともに、ブルキナファソの気象条件における現実的な発電可能容量を検討する。また、肥料工場稼働における太陽光発電利用のコスト上ならびに技術的な可能性を検討する。
- e) 需要を保証するためのリン酸肥料工場規模とその建設費、資機材整備費、太陽光発電関連経費を試算し、さらに、それらを反映する肥料生産費および可能販売価格を試算する。

【題目 1-2】

- a) ブルキナファソの作物生産環境について、土壌条件、気象条件、栽培作物を変数として類型化し、当該地域において要求される肥料性質の絞り込みを行う。
- b) 窒素成分含有量やリン鉱石焼成物の水溶性/ク溶性比率、さらに pH や潮解性等の物質的特性など、当該地域で要求される肥料品質を満たす、配合比率やリン鉱石可溶化法などの肥料調製技術を検討する。なお、調査地域における最適肥料品質に調整するため、課題 2-1 と連携して実施する。
- c) 西アフリカで窒素肥料を生産しているプラントに関して情報収集を実施し、西アフリカ産天然ガス由来窒素肥料の利用可能性を検討する。

【題目 1-3】

- a) サブサハラアフリカ (SSA) におけるリン鉱石の分布、賦存量とともに、各地域で産出するリン鉱石の溶解特性、元素組成 (XRF および ICP による分析結果)、鉱物組成 (XRD による分析結果) をデータベースとして構築する
- b) 得られたデータベースを活用し、重金属含量の高い低品位リン鉱石を選定し、選定されたリン鉱石を対象として焼成技術を適用し、焼成による重金属除去効果を検証する。
- c) 上記活動によって得られたデータベースの各国研究者による共有を図るため、Web を利用したプラットフォームを構築する。

(4) 研究題目 2 : 「主要作物への施肥効果の評価と施肥技術の改善と普及」

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

2-1-1 (a) 畑作物における天水栽培施肥効果の評価

ソルガムについて、課題 1 で試作したリン酸単肥の施肥効果を評価するため、気候・土壌の異なる INERA の 3 支所（サリア、コアレ、ファラコバ）において圃場試験を行った。無リン酸区を対照とし、2 種類の焼成リン肥料（CB-k 及び CB-kca）を TSP と、また 3 種類の PAPR（50, 75 及び 100）を SSP と比較した。

サリア及びファラコバではリン酸肥料の施用により収量は有意に増加した。CB-k 及び CB-kca は TSP と、PAPR75 及び PAPR100 は SSP と同等の成績を示し、試作肥料が既存の肥料の代替となることが示された。焼成リン肥料間では CB-k においてより収量が高く、PAPR75 と PAPR100 は同程度の収量であった。製造コストなどを考慮し、CB-k 及び PAPR75 を用いて NPK 複合肥料を作成することを決定した。CB-k と PAPR75 の SSP に対する相対収量は、サリア支所ではそれぞれ $75 \pm 30\%$ 及び $92 \pm 15\%$ 、ファラコバ支

所ではそれぞれ 80 ± 9%及び 78 ± 18%であった。

収量の規定要因を特定するため、各リン酸画分の投入量を説明変数として重回帰分析を行った。その結果、半乾燥地域であるサリア支所では水溶性リン酸画分が、より雨の多い乾燥半湿潤地域であるファラコバ支所では水溶性リン酸画分とク溶性リン酸画分の両者が収量に寄与していることが明らかになった。以上の結果より、半乾燥地域では水溶性リン酸画分を多く含む PAPR75 が特に有効であり、乾燥半湿潤地域では CB-k と PAPR75 がともに有効であることが明らかになった。

2-1-1 (b) 天水稲作における施肥効果の評価

課題 1 で作成した試作リン酸肥料の稲作における施肥効果を評価するため、INERA サリア支所近辺のナソロ、ポア、ラモンゴ集落に位置する 4 ヶ所の農家圃場で栽培試験を実施した。畑作物と同様に無リン酸区を対照に 2 種類の焼成リン肥料 (CB-k 及び CB-kca) を TSP と、2 種類の PAPR (PAPR75 及び PAPR100) を SSP と比較した。試験は 2018 年と 2019 年に行った。

年次、圃場、肥料の種類を要因として 3 元配置分散分析を行った結果、圃場により施肥効果は異なるものの、年次による施肥効果の違いは認められなかった。両年で施肥効果が見られた 2 圃場では、CB-k は TSP と、また PAPR75 及び PAPR100 は SSP と同等の成績を示した。畑作物と同様の傾向を示したため、CB-k 及び PAPR75 を用いて NPK 複合肥料を作成することを決定した。現在、2 年間の試験結果をもとに、土地利用履歴や土壌肥沃度に注目し、サイト間の違いを解析した論文を執筆中である。

2-1-2 複合肥料施肥効果

上記圃場試験の結果に基づき CB-k あるいは PAPR75 を用いて試作された NPK 複合肥料の天水畑作及び天水稲作における施肥効果を検証するため、2019 年よりサリア支所内の試験圃場において畑作試験を、またサリア支所近郊のナソロ、ポア及びラモンゴ集落において天水稲作試験を行った。畑作、稲作共に同様の傾向を示し、PAPR75 を用いた複合肥料は CB-k を用いたものに比べて施肥効果が高く、市販の NPK 複合肥料区と同等の収量が得られた。

2-2 (a) 天水畑作における最適施肥管理方法の探索 (施肥技術の改善)

ブルキナファソ中央台地では性質の異なる 3 つの土壌型がモザイク状に分布しており、これまでの研究から、土壌型によりソルガムの生産性および窒素施肥に対する反応性は大きく異なることが明らかになっている。本試験では、3 つの土壌型を有するサリア支所において、ソルガムを対象としてそれぞれの土壌型における最適な施肥法を明らかにすることを目的とした。処理は窒素施肥量 3 水準、リン酸施肥量 3 水準、播種密度 3 水準を組み合わせた 27 処理であり、収量及び収量構成要素にそれぞれの要因が与える影響を評価した。その結果、いずれの土壌型においてもリン酸施肥量の増加に従いソルガムの収量は単調増加すること、最適な栽植密度及び窒素施肥量は土壌型によって異なることが明らかになった。2020 年に試験を継続し、年次反復のデータを取得するとともに、土壌型ごとに最適な施肥管理方法を提案する。

2-2 (b) 天水稲作における最適施肥管理方法の探索 (施肥技術の改善)

土壌水分条件と施肥量が収量に与える影響を明らかにするため、サリア支所近郊のナソロ集落において、季節河川近傍の低湿地から畑地に至る緩傾斜にライントランセクトを設け、4つの圃場を設定した。試験にはCB-k及びPAPR75を用い、それぞれを3水準で施用した。

リン酸施用の効果は圃場によって異なったが、全体としてPAPRにおいてCB-kよりも高い収量が得られた。各リン酸画分の投入量と、土壌環境要因を説明変数とした重回帰分析の結果より、地下水位の低い圃場では水溶性リン画分のみが収量に寄与したのに対して、地下水位の高い圃場では水溶性リン画分と可溶性リン画分が同程度収量に寄与していることが明らかになった。また、施肥効果は地下水位が高いほど、土壌pHが低いほど大きくなることが示された。得られた回帰式および施肥量と収量の関係から、肥料の種類ごとの最適施肥量を明らかにした。本成果を基に現在論文を執筆中である。

2-3 施肥栽培普及評価

試作複合肥料を用いた施肥栽培の普及可能性を評価するため、2019年5月に、サリア近郊における試験参加農家計23戸を対象として、営農記帳の指導やほ場図の作成などを行い、施肥技術の経営的評価に必要なほ場・作物ごとの作業体系、労働配分、投入資材などのデータを収集する体制を整えた。

収集されたデータのうち、まず市販複合肥料の利用状況や肥料価格に応じた農家の購入意思について整理した。現状、市販複合肥料を利用している農家の平均施肥量は1戸当たり約55kg（1袋程度）であるが、どの農家も肥料価格が現在の18,000FCFA程度から15,000FCFAに低下すれば、追加購入を検討すると回答した。また、市販複合肥料を利用していない農家も、肥料価格が15,000FCFAに低下すれば新規購入を検討すると回答した。従って、試作複合肥料の価格も同程度に抑えることが一つの目標となる。しかし、試作複合肥料の導入によって実際に施肥栽培がどの程度拡大でき、また農家所得の向上に結びつくかという点については、今後分析が必要である。

また、肥料流通に関わる制度や規制を把握するため、農業・水利省作物生産総局（DGPV）傘下で農業資材に関する政策を所管する農業資材・機械局（DIMA）から聞き取りを行ったところ、制度上は次のような規制が設けられていることが明らかとなった。

- a) 輸入業は施設等の基準を満たしたうえで、商務省と農業・水利省からの免許（license）が必要。
- b) 卸売業と小売業は施設等の基準を満たしたうえで、農業・水利省の同意書（agreement）が必要。
- c) 輸入業者は輸入時にサンプルを農業・水利省傘下の国立土壌調査所（Bureau National de Sol、BUNASOL）に提出し、品質証明書を取得したうえで、流通開始前に関税の支払いが必要。
- d) 免許や同意書の有無と肥料の品質を確認するため、農業・水利省の査察官が輸入業者、卸売業者、売業者、農家への査察を実施する。

しかし実際は、これらの規制は完全には履行されておらず、品質に問題がある肥料の流通が散見されることも、これまでの民間からの聞き取りで明らかになっていた（概ね履行されている規制は、税関での確認が容易なcのみ）。その中で、農業資材流通業の業界団体の関係者から、2018年から規制が完全に履行され、査察が強化される、という情報を得た。そこでDIMAにおいて、この情報の確認も行った。

その結果、以下のことが判明した。農業・水利省は査察制度の効果を高め、肥料の品質を向上させるため、警察や環境省との連携を通し査察官の権限を強化することを決定した。具体的には、査察官が品質などの違反を発見した場合、罰金を課したり、営業に必要な免許・同意書を取り消すことができることとし、この新しい査察制度を含む包括的で実効性のある流通制度を 2018 年 1 月から開始することとした。この情報が出たことで、2017 年には一部の流通業者から、営業への同意をを求める申請が出された。これは査察が強化されることで、これまでは不問となっていた「免許」や「同意書」が、今後は実際に確認され、問題にされると受け取られたためだろう。しかし実際は、化学分析や査察官増員のための予算が得られず、現在に至るまで査察の強化は実行できていない。今後も査察強化の目途がたたないことから、2017 年に申請があった流通業務への同意書は、未だ発行していない。



図 2-1 農家が購入した肥料と
そこから分離された小石

肥料流通の現場では、品質の悪い肥料の流通が実際に観察される(図 2-1)。流通に関する規制の強化は、肥料の品質向上に効果を発揮すると考えられるが、財源の制約から実現できない現状が明らかとなった。

②研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

プロジェクトの現地での試験を管理している INERA 以外の 3 名の技官を短期出張によりドローン撮影技術を習得してもらう予定であったが、コロナ感染拡大を受けて延期することとした。

③研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開 特になし。

④研究題目 2 の研究のねらい(参考)

ブルキナファソ産リン鉱石を用いた肥料の同国主要作物に対する施肥効果を評価し、さらに施肥技術の改善をした上で、施肥栽培の普及とソルガム需要拡大に向けた方策を提案する。

⑤研究題目 2 の研究実施方法(参考)

研究題目 1 で試作されたリン酸肥料(単肥及び複合肥料)の肥効を、圃場試験により実証、評価する。さらに、ソルガムと水稻を対象に試作されたリン酸複合肥料がより効果を発揮できるような施肥技術の改善を圃場試験により図る。加えて、試作されたリン酸複合肥料の普及可能性について、農家経営面と国・地域レベルでの肥料流通の面から評価して、普及のための方策を模索する。

(5) 研究題目 3 : 「リン鉱石の直接利用技術の開発」

JIRCAS 研究グループ(リーダー: 中村智史)

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

前年度に現地試験計画を C/P と入念に調整したことが奏功し、本年度は各実施課題ともに順調に推

移した。

3-1 水稻作におけるリン鉱石の直接施用効果の解明と施肥技術の改善（水稻直接施用）

これまでにリン鉱石直接施用においては、播種 2 週間前までに施用することで、その施用効果を高めることが可能であることを示してきた。本年度は、2017 年度に実施したリン鉱石の適正施用時期に関する農家圃場試験の再現性評価を行った。本年度の結果では有意差が認められなかったものの、施用初年度の効果としては 2017 年度の試験同様、播種時期の 2 週間前にリン鉱石を施用することで、その施用効果が高まることが示された。残効評価については 2020 年度に実施する必要があるため、暫定的な成果であり、残効を含めた施肥効果を今後も検討する必要がある。

また、リン鉱石と水溶性リン肥料の複合施用効果を検討し、リン鉱石を 2 週間前に施用するとともに、全施肥量の 25%を TSP として施用することで施用効果が TSP と同程度となることが示された。

3-2 リン鉱石施用効果を最大化するイネ QTL の解析（リン鉱石利用 QTL）

これまでに、水稻作におけるブルキナファソ産リン鉱石の直接施用効果に關与する QTL 解析を、IRRI から導入したインド型イネ (*O. sativa* ssp. *indica*, aus) 275 系統を用いたゲノムワイド相関解析 (GWAS) により行なうとともに、リン鉱石直接施用効果の高いイネ育種素材を選抜した。

2019 年度は、過去 2 ヶ年で選抜した 24 系統を用いて、INERA サリア支所付近のリン酸欠乏土壌の天水田農家圃場 (Nandiala 村) において、NK 区、PR 区、TSP 区の異なる施肥条件における栽培試験を実施した。また、ブルキナファソの栽培環境への適応性を調査するため、INERA ディ支所の灌漑圃場において通常施肥条件下での収量調査を行なった。INERA サリア支所では、これまでの結果から選抜された 24 系統の中でも、PR 区で収量が低くなる系統が認められた一方で、PR 区で高い穂重 (PDW) を示す有望系統が明らかになった (図 3-1)。また、選抜された 24 系統は、灌漑条件での通常施肥 (NPK 添加) では、現地の普及品種である FKR19 と比較して、約 1.4~1.5 倍ほど高い収量性を示すことが確認された (図 3-2)。これらのことから、今回選抜された選抜系統は、現地の環境条件 (気温および日照条件) に適応した高い収量ポテンシャル持っていると共に、高いリン鉱石直接施用効果を示す育種素材として活用できる。また、ゲノムワイド相関解析 (GWAS) において、リン鉱石直接施用効果に關連する形質で、登熟期の穂重比率 (PR 区/NK 区) の表現型から 8 番染色体に QTL が検出されていることから、今回選抜された有望系統から、リン鉱石直接施用効果の QTL に関する詳細な遺伝子および表現型の解析に発展することが期待できる。今後は、選抜されたリン鉱石直接施用効果の高い有望系統を用いて、ブルキナファソ普及品種のイネ品種改良や、GWAS で検出された QTL の遺伝子解析を行うことによりリン鉱石直接施用効果に関わるメカニズムの解析を行う。

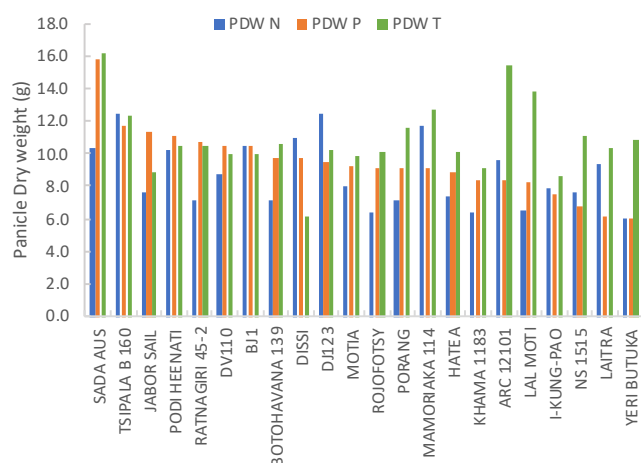


図 3-1 選抜系統を用いた INERA サリア支所付近のリン酸欠乏天水田（Nandiala 村）における異なるリン酸肥料施用がイネ穂重に及ぼす影響（PDW-N：P 無施用区、PDW-P：PR 施用区、PDW-T：TSP 施用区）

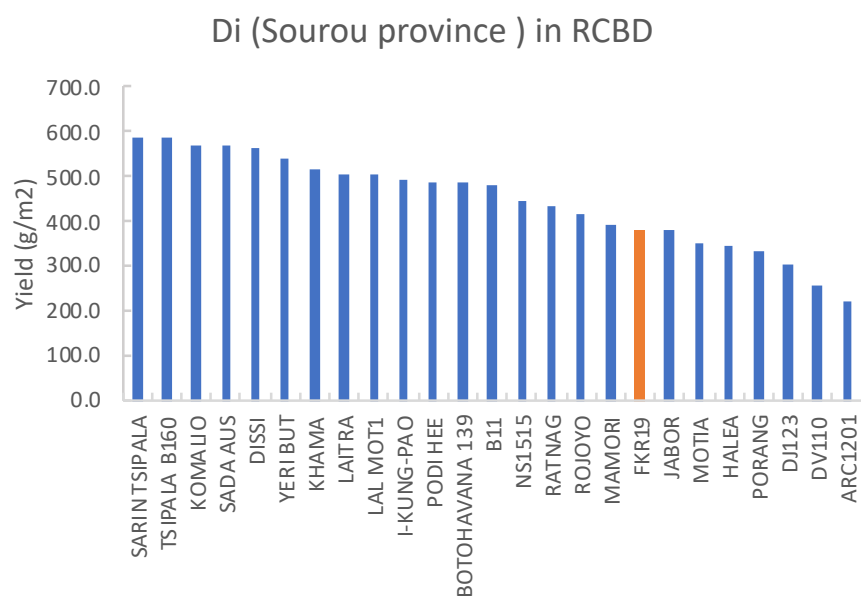


図 3-2 INERA ディ支所における灌漑水田の通常施肥条件(NPK 添加)のイネ収量

3-3 リン鉱石富化堆肥におけるリン鉱石の可溶化メカニズムの解明と施肥効果の評価（リン鉱石富化堆肥）

ブルキナファソリン鉱石富化堆肥を製造するための最適条件、および、リン鉱石富化堆肥製造過程におけるリン可溶化のメカニズムを明らかにするために、ソルガムわら (Comp)、ソルガムわら+ BPR (P-Comp)、およびソルガムわら+ BPR に加えてリン溶解菌のソースとしての根圏土壌を添加した堆肥 (P-Comp-Soil) の3種類の堆肥を作成した。全ての堆肥のC/N比は25となるように尿素添加で調整し、水分は堆肥化過程を通じて65%となるように調整した。各処理の堆肥試料は堆肥化試験開始後、1.5、2、6ヶ月に採取し、分析に供した。

堆肥化開始後6ヶ月の試料において、分析した形態別リンにおける全ての画分において、BPR富化堆肥で増加傾向を示し、根圏土壌を追加すると、+11.67%の増加を示した。P-Comp-Soilでは有効態P量 ($H_2O_P_i_P_o + NaHCO_3_P_i_P_o$) は、土壌なしのP-Compよりも12.9%高かった(図3-3)。

また、形態別リン量変化のメカニズムを理解するために、qPCRにより、総微生物、P可溶化微生物、およびP可溶化酵素の放出に關与する遺伝子を定量した。その結果、堆肥中の菌類の多くを細菌類が占める一方、土壌添加処理区においては6ヶ月の堆肥化により全菌量が著しく増加した。また、リン可溶化微生物のほぼ全てをリン溶解菌 (PSF) が占めており、これも土壌添加処理により増加した(図3-4)。堆肥化過程において放出されるリン酸分解酵素は主にアルカリフォスファターゼであり、土壌の添加により、堆肥成熟時にアルカリホスファターゼ (PhoD) が大幅に増加した。一方、フィターゼ、シデロフォア、酸性ホスファターゼについては、堆肥化過程において増加は認められなかった。

また、上記3処理のソルガム堆肥を、INERAカンボワンセ支所ならびにサリア支所のソルガム栽培圃場において実際に施用し、施肥効果を検証した。その結果、カンボワンセ支所では処理区間に有意差は認められなかったものの、Comp施用区およびP-Comp-Soil施用区における地上部バイオマス量はわずかに高い値を示した。サリア支所の試験では、処理区画間のばらつきが大きく、処理間に有意差は認められなかった。ただし、P-Comp-Soil施用区の地上部バイオマス量はわずかに高かった。本課題では、堆肥中の可溶性Pレベルを上げると、ソルガムの収量が向上することが示唆された。ソルガム圃場で採取した土壌の化学的および分子生物学的分析は現在実施中である。

3-4 リン鉱石の直接施用が有効な作物の探索(リン鉱石適合作物)

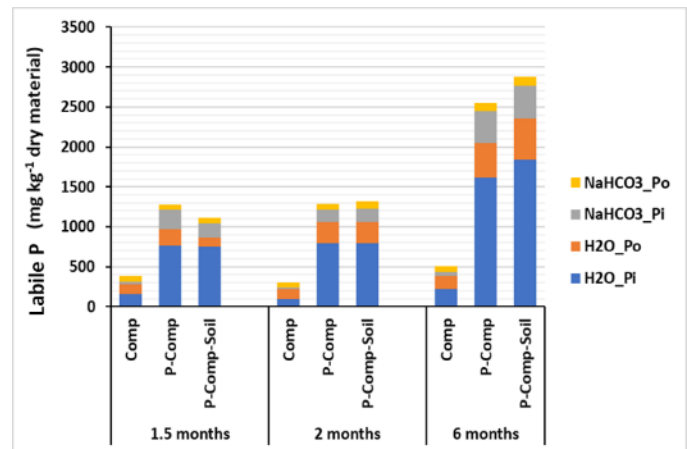


図 3-3 リン鉱石富化堆肥の可給態リン量の変化

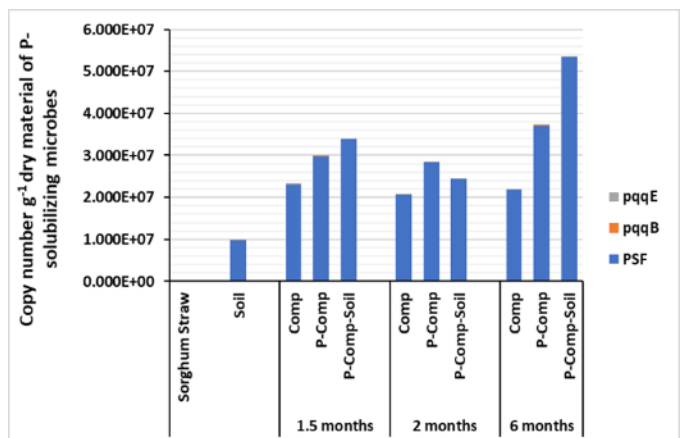


図 3-4 堆肥中のリン溶解微生物相の変化

3-4-1 リン鉱石直接施用に適したマメ科作物

昨年までの試験において10種/品種のマメ科作物からリン鉱石直接施用効果が期待できる5種を選定した。本年度はこの5種を対象に、群落栽培による施用効果の確認を行うとともに、スーダン・サバンナで代表的な2つの土壌タイプ（Lixisols および Plinthosols）が施用効果に及ぼす影響を明らかにするための栽培試験を行った。得られた子実収量に対してリン鉱石施用効果と土壌効果の分散分析を行った結果、ダイズとササゲにおいてリン鉱石施用の有意な効果を検出した。これら2種ではリン鉱石施用によってTSP施用と同等の効果が得られ、無施用区と比較して1.3-2.0倍の増収となった（図3-5）。落花生ではPlinthosolsのみで多重比較による有意差が検出された。また、リン鉱石施用効果と土壌効果の子実収量に対する相互作用は検出されず、リン鉱石施用による増収効果はLixisolsよりもPlinthosolsで30%程度大きい傾向がみられた。この収量増加はリン鉱石施用による地上部生育量の増加に起因すると考えられ、リン鉱石施用によって生育中期～最大繁茂期における地上部バイオマス（被覆率）の増加がみられた（図3-6）。一方、昨年度の試験でリン鉱石施用により増収したリョクトウでは施用効果が見られなかったこと、逆にササゲやダイズでは昨年度よりも顕著な効果がみられたことなど、気象条件の違いに起因すると考えられる施用効果の年次間差が存在することから、今後、年次反復試験による効果の確認が必要である。地上部茎葉サンプルを用いたリン利用効率の評価については現在解析中である。

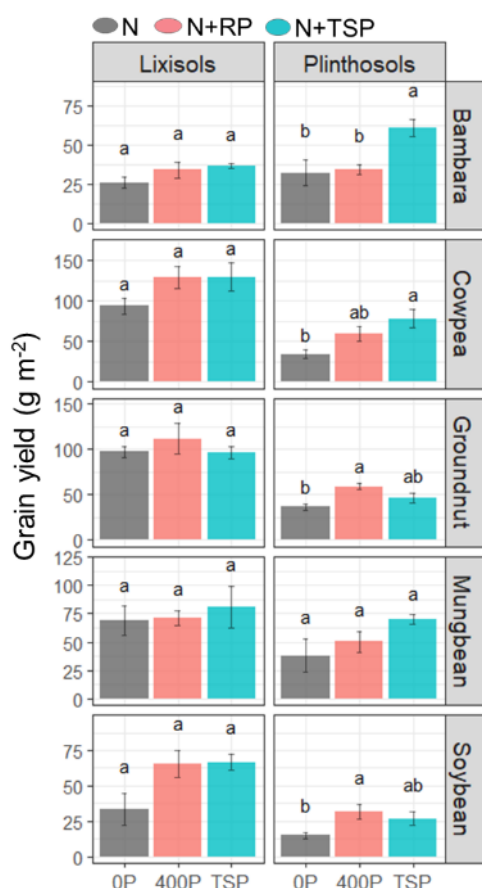


図 3-5. 異なる土壌タイプにおける子実収量に対するリン鉱石施用効果の比較。異なるアルファベットは5%水準で有意差が存在することを示す。N:窒素、RP:リン鉱石、TSP:重過リン酸石灰。

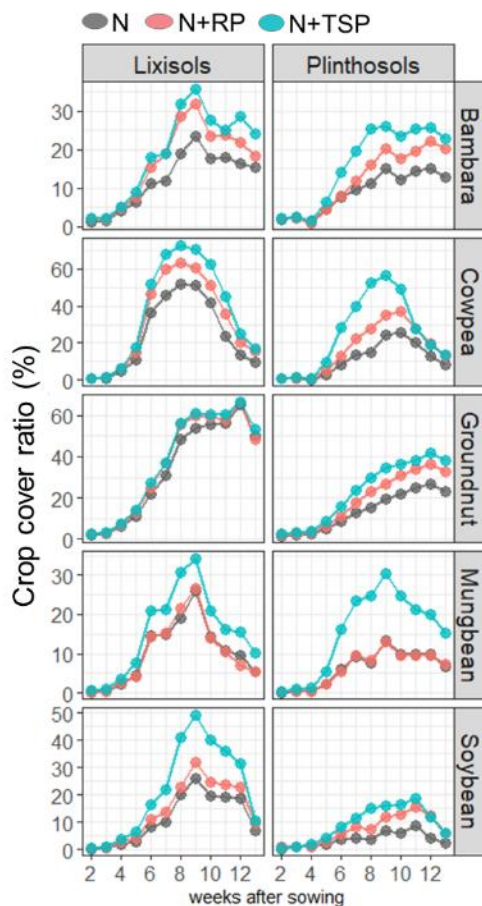


図 3-6. 異なる土壌タイプにおける地上部バイオマス（被覆率）に対するリン鉱石施用効果の比較。N:窒素、RP:リン鉱石、TSP:重過リン酸石灰。

3-4-2 樹木作物に対するリン鉱石直接施用効果

INERA サリア支所において、シアーバターノキ (*Vitellaria paradoxa*)、ヒロハフサマメノキ (*Parkia biglobosa*)、ワサビノキ (*Moringa oleifera*)、および柑橘 (*Citrus* spp.) を栽植する際にリン鉱石を添加し、その成長速度に及ぼす影響をモニタリング中である。1-2 年目は差が認められなかったが、3 年目に入り生育差が現れてきたとの連絡があった。現在 INERA 担当研究員が解析中である。



図 3-7 栽植試験の様子

3-5 アズラを活用した有機質 NP 肥料の製造法の開発と施肥効果の評価(アズラ利用)

a) アズラ培養液中リン濃度の効果について、水溶性リン肥料 (TSP) およびブルキナファソ産リン鉱石 (BPR) の組み合わせの効果を明らかにするため、小規模な室内培養試験を実施した。培養に使用した容器は 200mL 容ビーカーであり、培養液量は 200mL とした。培養液中リン濃度は 0, 5, 10ppm の三水準とし、それぞれに BPR を 0, 10, 20, 30 g 添加した。各処理を 3 反復で 4 週間培養した。なお、試験中は室温、水温、相対湿度、光量、pH, EC, ORP, 硝酸イオン濃度を測定した。その結果、培養液中リン濃度が高まるにつれ、アズラの増殖量が増加し、さらに BPR 添加も同一のリン濃度液中で比較すると、BPR 添加と培養後 28 日目のアズラ新鮮重量には相関関係が認められた。

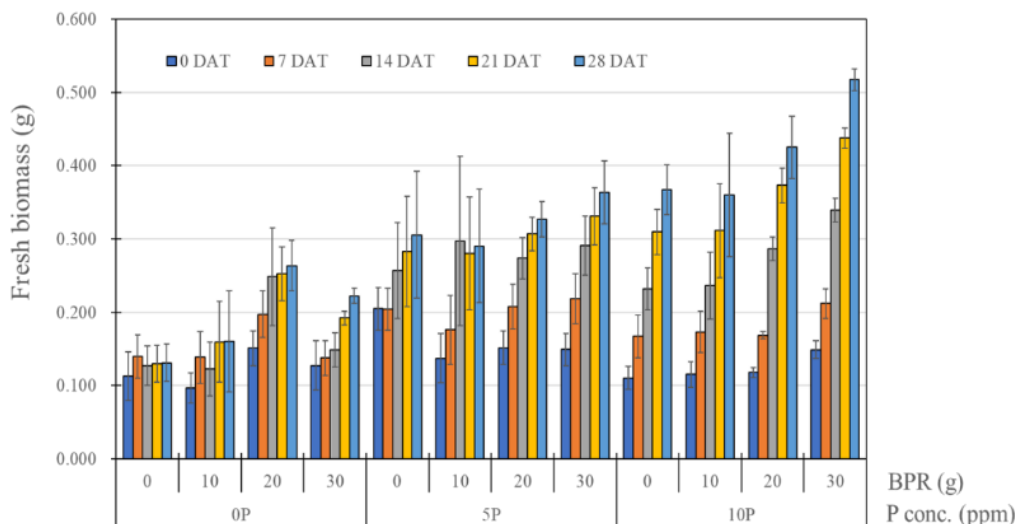


図 3-8 培養液中の P 濃度とリン鉱石施用量がアズラの生長量に及ぼす効果

b) アズラ由来有機 N 肥料の施用効果について、トマトを対象にポット試験で検証した。生育期間中、草高および着果数を計測し、収穫時に地上部バイオマスの新鮮重ならびに乾物重、果実数および果実重を測定した。現在、収量の結果を解析中である。また、再現性評価のための試験を開始した。

② 研究題目3のカウンターパートへの技術移転の状況

課題3-2では、現地C/Pを日本に短期招聘し、施肥技術、遺伝子評価による優良品種の選抜方法などを研修した。また、当該研修結果を受けて現地における優良品種の選抜に必要な資機材を購入し、C/Pによる選抜・育種が可能な体制を構築した。一方、課題3-1の課題担当者を短期招聘予定であったが、新型コロナウイルスの拡大を受けて中止した。

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

本年度、INERA initiative と称して INERA 独自の発想による本事業への研究提案を募集したところ、課題3においても多数の提案があった。現在、各提案内容を検討し、新規課題としての実施可能性を検討中である。

④ 研究題目3の研究のねらい（参考）

【題目3-1】

リン鉱石粉は、工業的に加工したリン肥料に比べてはるかに安価であり、直接施用が効果的な場合には積極的な利用を検討すべきである。これまでに、水田におけるリン鉱石粉の施肥が、一定程度有効であることをガーナ、ブルキナファソにおける圃場試験で明らかにされてきた。それらの成果をもとに、水田においてより高い効果が得られる施肥時期、施肥量などの施肥方法を開発する。

【題目3-2】

一方、リン鉱石直接施用におけるイネのリン鉱石可溶化・吸収メカニズムは明らかになっていない。そこで、イネのリン鉱石直接施用効果を明らかにするために、様々なイネ系統を用いたゲノムワイド相関解析(GWAS)や量的形質遺伝子座位(QTL)の解析によりリン鉱石の溶解・吸収に関与する遺伝子座の同定を行う。得られた結果を活用し、直接施用法とリン鉱石直接施用に適したイネ品種の組み合わせにより、リン鉱石施用効果の最大化を図る。

【題目3-3】

直接施用に不適とされる低品位リン鉱石の利用方法として、リン鉱石を堆肥化過程に付加し、リン鉱石の溶解を促すことでその施肥効果を高める手法は広く研究されている。ブルキナファソにおいても、堆肥を製造する際にリン鉱石を添加することを奨励しているが、堆肥化過程におけるリン可溶化のメカニズムとその施肥効果については十分解明されていない。このリン鉱石溶解メカニズムの解明は、効率的で施肥効果の高いリン鉱石富化堆肥の作成法の開発に寄与できると考えられる。そこで、リン鉱石富化堆肥における効率的な堆肥化法を提案するとともに、リン鉱石の可溶化メカニズムを検討し、さらに得られたリン鉱石富化堆肥の当該地域における主要作物に対する施肥効果を評価する。

【題目3-4】

マメ科作物は難溶性リンを溶解・吸収するとされ、リン鉱石直接施用が有効である可能性が示されている。また、マメ科作物のチッ素固定能による土壤肥沃度向上も同時に期待でき、マメ科作物の間作や輪作、あるいはカバークロップ導入などによる作付け体系の改善を通じ、輸入するチッ素施肥量を節減できる可能性が高い。そこで、同国で栽培される多様なマメ科作物の中から、リン鉱

石直接施用効果の高い作物を選定する。

【題目 3-5】

アゾラ（オオアカウキクサ）は、ランソウとの共生による空中窒素固定が生じることが知られており、緑肥として利用される。リン鉱石を含むリン酸資源の施用によりその増殖は促進されることが示されている。このことから、リン鉱石を利用したアゾラ増殖によって、アゾラ由来の安価な有機質 NP 肥料としての利用が可能であると考えられる。ブルキナファソにおいても、水稻作におけるアゾラ (*Azolla pinnata*) の利用可能性が検討されている。そこで、リン鉱石を活用して小規模農家でも実施可能なアゾラの増殖法を開発し、有機質 NP 肥料としての肥効を評価する。

【題目 3-6】

上述の研究項目【3-1】～【3-5】に加え、植林や農業場面で様々な利用法を探索し、FAO や IFDC 等のリン鉱石直接利用に関する文献との整合性を検討しつつ、リン鉱石の直接利用技術のマニュアルを作成する。

⑤ 研究題目 3 の研究実施方法（参考）

【題目 3-1】

- a) 環境条件の異なる 6～10 地点の農家圃場を選定し、水稻作におけるリン鉱石直接施用効果を重過リン酸石灰 (TSP) などの水溶性リン酸肥料との比較により検証する。特に、施肥量や施肥時期、施肥深度などの施肥方法の影響を検討する。
- b) リン鉱石直接施用効果の残効発現程度など効果の経年変化について、農家圃場においてリン鉱石施用試験を実施し検討する。

【題目 3-2】

- a) 様々なイネ系統を用いて、リン鉱石直接施用効果の表現型調査を行う。GWAS および QTL 解析により、リン鉱石直接施用効果に関与する QTL を同定し、その QTL を持ったイネ準同質遺伝子系統 (NIL) を作成し、リン鉱石直接施用効果を確認する。
- b) リン鉱石施用効果の高いイネ品種と最適施肥法を組み合わせ、リン鉱石直接施用効果が最大化する栽培法を確立する。

【題目 3-3】

- a) ブルキナファソ産リン鉱石富化堆肥製造における最適条件を検討する。堆肥製造に際してリン鉱石配合割合の水準を設定し、堆肥原料および堆肥化期間中の有効有機酸 (HPLC)、ホスファターゼ、ホスホナターゼ、フィターゼ、シデロフォアの量（培養法）を比較することにより、効率的なリン酸塩富化堆肥製造方法を提案する。
- b) リン鉱石富化堆肥の製造過程における生物資材添加の有効性を検証する。リン鉱石の可溶化に有効な生物学的材料としてソルガム茎葉および根圏土壌を添加して堆肥化を実施する。処理は、堆肥のみ（リン鉱石添加なし）、リン鉱石富化堆肥、および微生物源としてソルガム畑から採取された根圏土壌を加えたリン鉱石富化堆肥とし、堆肥の温度と酸素レベルは定期的に記録される。また 2 週間ごとに、サブサンプルを収集して、pH および堆肥の重量の変化を測定する。堆肥サンプルは、物理化学的、酵素学的および分子分析のために 2 カ月および 4 カ月後に採取する。

堆肥中の微生物の存在量および組成は、qPCR 次世代シーケンサーによって決定する。

- c) ブルキナファソにおけるリン鉱石富化堆肥の施肥効果を検証する。対象作物はソルガム、ササゲ、およびイネとし、堆肥化を経ないリン鉱石や TSP 等との比較から、その施用効果を検討する。また堆肥化にかかる各種コストを算出し、農家経営におけるリン鉱石富化堆肥製造の影響について検討する。

【題目 3-4】

- a) INERA サリア支所において、各種マメ科作物（ササゲ、ラッカセイ、バンバラビーン、キマメなど）へのリン鉱石直接施用がその収量に及ぼす効果を評価する。
- b) INERA サリア支所において、各種樹木の育苗時、栽植時におけるリン鉱石施用効果を評価する。

【題目 3-5】

- a) ブルキナファソにおけるアゾラ在来種の分布域を把握し、有用アゾラ在来種の増殖条件を水温、水深、pH やリン酸量を変数として検証する。また、リン鉱石施用条件下におけるアゾラ増殖効果を明らかにし、ブルキナファソにおけるアゾラ利用可能性を調査する。
- b) アゾラを活用した有機質 NP 肥料の施肥効果を検討する。得られたアゾラ由来有機質 NP 肥料を施用して作物栽培を実施し、当該肥料の施用効果を検討する。対象作物はアゾラ増殖のための溜池付近で行われる野菜作を想定。

【題目 3-6】

- a) 本プロジェクト内で提案された各種技術オプションについて、普及員を対象とした技術マニュアルとして取りまとめる。作成したマニュアルに基づくリン鉱石直接利用法を現地普及員と共有し、当該地域における利用可能性を評価する。

(6) 研究題目 4：「持続的作物生産に向けたリン鉱石の総合的利用法の提案」

JIRCAS 研究グループ（リーダー：小林慎太郎）

東京大学研究グループ（リーダー：岡田謙介）

4-1. リン利用効率を最大化するためのリン酸肥料利用法の検討

昨年度に引き続き西東京市にある東京大学附属農場、および、INERA カンボワンセ支所の圃場において、施肥効果の予測に使う作物モデル APSIM のキャリブレーションのための施用試験を実施した。ソルガム、トウモロコシ、ササゲに対して、新規焼成リン肥と重過リン酸石灰を 5 段階で施用したが、ソルガムに対する試験結果を図 4-1 に示す。得られたパラメータ値を用いてソルガムとササゲを対象に行ったシミュレーションでは、開花期と生理的成熟期が圃場での観察に一致した。また、リン推奨施用量 (10 kg P/ha) の範囲内では生育量の予測も比較的精度が高く (図 4-2 にソルガムの例)、今後のシナリオ分析に利用可能であることが示された。

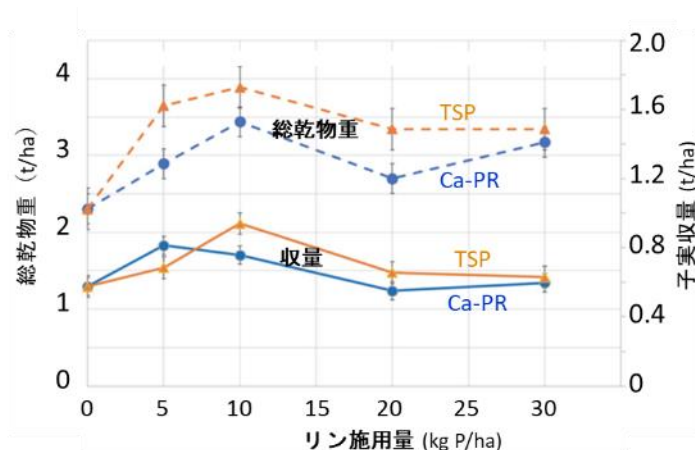


図 4-1 ソルガムの生育と子実重収量の新規焼成リン肥と重過リン酸石灰に対する施用反応（カンボアンセ、ブルキナファソ）

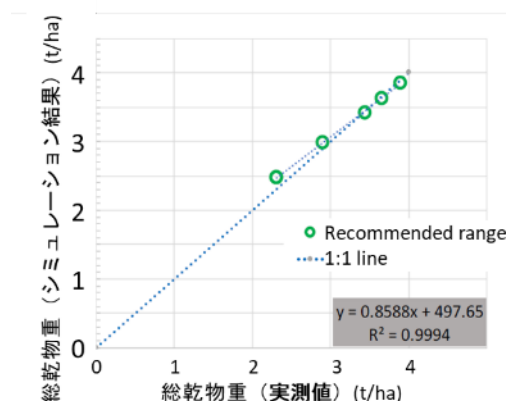


図 4-2 キャリブレーション後のモデル
推定生育量と実生育量の比較

4-2. 流通と需要拡大に向けたバリューチェーンの解明

肥料の利用拡大を通じた農業生産性の向上、農家所得の向上を予測するためのベース情報を得るため、農業統計を利用して、農業の地域特性の分析を行った。県別に農産物の多様性指標（Shannon-Wiener Index, SWI）と作物別特化度（Location Quotient, LQ）を算出し、それらの関係を調べた。SWI は、多くの作物に平等に土地が割り振られるほど高くなるが、北部で低く、南部西部で高くなる傾向が示された（図 4-3）。LQ は、対象とする作物に多くの土地が割り振られるほど高く、ミレット等の穀物では SWI 値が低い地域で高く、商品作物では逆に SWI 値が高い地域で高くなる傾向が示された（図 4-4）。また、穀物の LQ は、一人当たりの穀物生産量と逆相関となる傾向があり、農業環境が厳しい北部では、生活のための穀物生産が中心となる一方で、環境に恵まれ生産性の高い南部西部では、穀物に加えて商品作物の栽培が可能となることが示された。

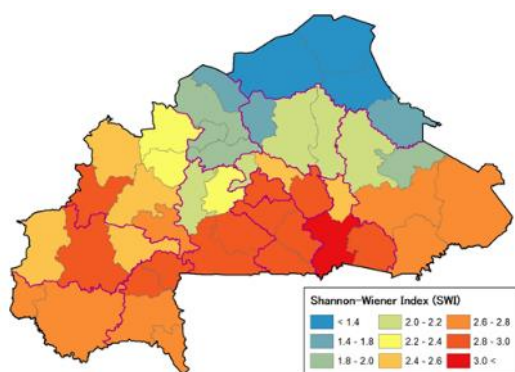


図 4-3 県別多様性指標（SWI）分布

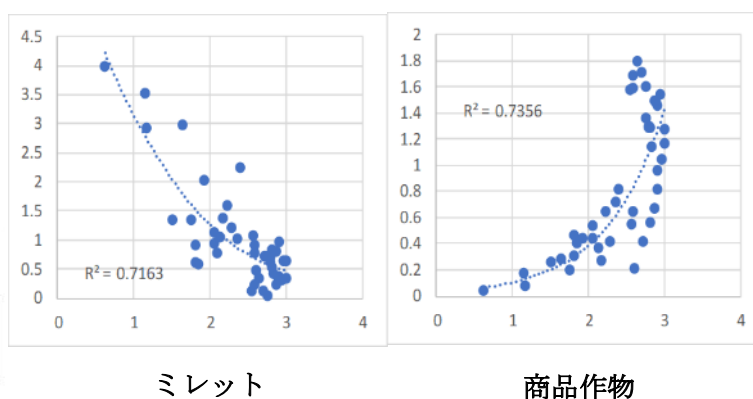


図 4-4 多様性指標（SWI：横軸）と作物別特化度（LQ：縦軸）との関係

4-3. 国産肥料の利用が地域経済に及ぼす評価

肥料利用効果を全国レベルで評価するための基礎情報である耕作域の分布を把握するため、多時期の衛星データを用いた土地利用図を作成し、精度検証を行った。本プロジェクトで新たに開発した手法(LS)と既存の2種類の土地利用情報(NB: 地理局作成、CL: USGS 作成)との間で耕作域抽出精度を州単位で比較すると、全ての州において向上が示され(図4-5)、分類精度指標の1つである Kappa 係数は、十分な精度であることの見込みである0.6を上回る0.659であった。また、気象、地形、土壌に関する要素を地理情報化し、農業統計による収量との間で重回帰分析を行い、全国レベルでの収量レベル分布図を作成したところ、詳細な地域変動特性を含めて妥当なものとなった(図4-6に白ソルガムの例を示す)。

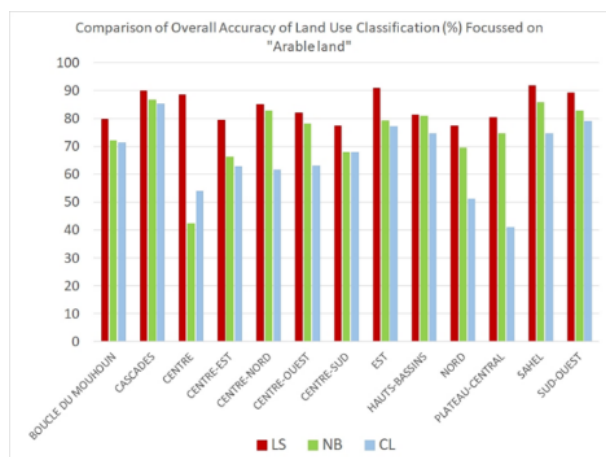


図 4-5 開発手法と既存手法間による州単位で見えた耕作域抽出精度の比較

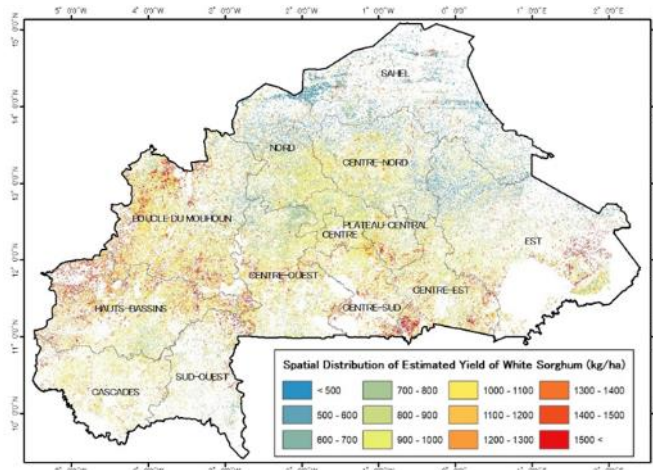


図 4-6 立地環境要素から推定した作物収量分布(白ソルガムの例)

① 研究題目4のカウンターパートへの技術移転の状況

カンボワンセ支所における圃場試験に関して、カウンターパートである Dr. SERME との議論を通して計画設計を行った。また、大学院学生が参加して圃場試験の実施手法を取得した。農業統計等のデータ収集及び分析に関して、Dr. BARRY との間で意見交換を行い、データ内容と処理に関する理解を深化させた。さらに、Dr. KONE に対して、ブルキナファソに適合した衛星情報による土地利用解析手法を提示するとともに、大学院生による実習の支援を行った。

② 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

治安等の観点から、ブルキナファソにおける圃場試験をカンボワンセ支所に限定することとなったが、他地域についての既存のデータを活用して検証することとした。また、経済・流通を厳密に分析するには現存の統計データは不十分なものであったが、他の情報から想定される条件下のシナリオを設定して効果を予測する取り組みを行うこととした。

③ 研究題目4の研究のねらい(参考)

国内産リン鉱石を用いた肥料を着実に普及させるためには、農家あるいは地域経済にとってどのよう

な効果があるかを判りやすく説明する必要がある。そのためには、現状の正確な認識と影響を実感できる情報の提供が鍵となるため、本研究題目では、そうした仕組みを支援する研究開発を狙いとしている。

④ 研究題目 4 の研究実施方法（参考）

農家、流通業者等から直接的に情報収集を行い経済分析するとともに、そのノウハウをカウンターパートへ技術移転する。作物生育モデル、地理情報解析に関しては、現地で得られる情報の質と量を考慮し、手法の最適化を行う。

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）

上記に記述したようにすべての研究題目で活動を開始し、研究成果が着実に上がって来ている。また、研究題目 1 においては、二種類の肥料製造装置が完成し、部分酸性化リン鉱石製造装置については、ブルキナファソに送付し、現地での製造試験を INERA とともにに行った。焼成装置については、現在輸送準備を進めており、7 月末には現地へ到着し負荷試験にも成功した。また、その駆動力となるソーラーパワーシステムが完成した。研究題目 2 については、昨年度に引き続き、試作したリン酸肥料の施肥効果を検証するとともに、有望な試作リン酸肥料を原料とする複合肥料を製造し施肥効果を検証している。また、施肥技術の改善のための試験を開始した。研究題目 3、4 については、各試験を継続中である。その一方で、JICA による安全対策強化方針に伴い、原則地方渡航が 2019 年 6 月より制限されている。加えて、コロナ感染拡大への対応として、2020 年の雨期における試験の実施可能性が不明である。INERA は事業の実施可能であるとしているが、新規肥料が製造されていない事、研究者がブルキナファソにしばらく出張できないことが見込まれること、そのため、管理費等の支払いが送れる見込みであることなど本年度の成果達成は一部にとどまるものと考えられる。そのため、JICA にプロジェクトの全体期間を 1 年間延長できないか、検討をしてもらっている。

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 3 月人事異動が行われ、新マネージャーが配置された。現マネージャーはメールによる意見交換、会議の準備、プロジェクトコーディネーターとの連携など、すべてにおいて素早く対応し、スムーズな連携が可能となっており、活動がより活性化することが期待される。

これまで、プロジェクト参画者全員が集い、研究成果を議論する場がなかったことから、2019 年 6 月にワークショップを開催し、研究成果を発表しあい、研究成果の共有を図った。

2018 年度末時点において、プロジェクトの政府登録ができていなかったが、2020 年 2 月に正式に承認された。一方で、2019 年 7 月 INERA より C/P ファンドが承認され、すでに上部機関である高等教育省に送金された。コロナ感染防止のため、次年度には、しばらくの間研究者が出張できず、試験に必要な予算を準備できない状況が見込まれるが、C/P ファンドを用いて、当座に必要な物品購入や労賃などを出してもらうことになった。

(2) 研究題目 1 : 「在来リン鉱石を利用した地域適合型複合肥料の開発」

JIRCAS 研究グループ (リーダー: 中村智史)

太平洋セメント研究グループ (リーダー: 今井敏夫)

リン酸肥料を製造するための 2 種類の装置が完成した。部分酸性化リン鉱石の製造のための攪拌装置をブルキナファソへ送り、C/P 研究者とともに試験運転を行うことができた。一方、焼成リン製造装置 (キルン) については、輸送準備が遅れたが、2019 年 7 月にワガドウグの INERA カンボワンゼ支所に到着した。本年 1 月には、負荷試験を実施し、敷設した太陽光発電により稼働を確認した。

(3) 研究題目 2 : 「主要作物への施肥効果の評価と施肥技術の改善と普及」

JIRCAS 研究グループ C (リーダー: 南雲不二男)

INERA ファダングルマ支所においては、研究題目 2-1 (a) として、「畑作物における天水栽培施肥効果の評価」を 2018 年度より開始し、今年度も継続した。しかしながら、治安の悪化により、日本人研究者の移動が制限されており、カウンターパートと緊密な連絡を取りながら研究を継続している。特に、気象観測と土壌水分モニタリングについては、設置作業などを説明し、C/P に実施してもらった。また、ファダングルマ支所では、研究を執行する研究助手などの人材が少ないことから、研究助手配置の要請があった。そこで今年度には、海外請負業務契約によりプロジェクト対応の助手を配置した。

(4) 研究題目 3 : 「リン鉱石の直接利用技術の開発」

JIRCAS 研究グループ (リーダー: 中村智史)

イネ栽培試験をサリア支所近郊の農家圃場で実施しているが、研究題目 2 の試験も始まり、試験数が増えてきている。今年度にはさらに試験数が増えることから、その調整が必要となっている。

(4) 研究題目 4 : 「持続的作物生産に向けたリン鉱石の総合的利用法の提案」

JIRCAS 研究グループ (リーダー: 内田諭)

東京大学研究グループ (リーダー: 岡田謙介)

プロジェクトの開始時においては、相手側グループリーダーとの間での連絡や情報共有に時間がかかるといった面があったが、その後、直接面会して雑談を含めた意見交換を行ううちに、レスポンスも早くなり、コミュニケーションが円滑に行えるようになった。このことにより、出張が困難となる状況下であっても、ブルキナファソ側研究者と連携して必要とするデータ収集等が実施できる見通しである。

IV. 社会実装 (研究成果の社会還元) (公開)

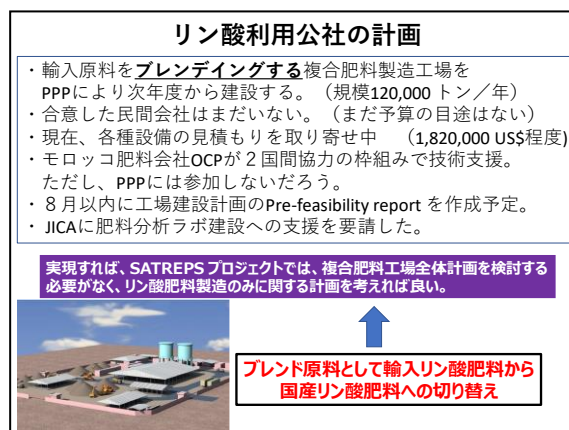
(1) 成果展開事例

活動の 2 年度であるため、研究成果の社会還元はない。

(2) 社会実装に向けた取り組み

プロジェクトの研究成果を社会実装につなげるために、当国で肥料工場建設のステークホルダーであるリン酸利用公社と国産肥料工場建設計画検討委員会を年2回開催することをこれまで合意しており、その第1回委員会を6月に開催した。そこでは、1) 研究成果を基にした技術情報の共有、2) 工場建設のためのロードマップの作成、3) リン酸利用公社の強化すべき分野の特定、4) 本委員会の公的位置づけ、を JIRCAS 側より提案した。3) リン酸利用公社の強化すべき分野の特定、については、公社側より従来希望が述べられていた肥料分析ラボへの支援について JICA に要請がなされた。また、4) 本委員会の公的位置づけについては、引き続き話し合っていくこととした。その後、第2回委員会を本年10月に開催し、リン酸利用公社による工場建設計画を確認した。

現在、リン酸利用公社は、工場の敷地をすでに確保済みであり、2019年8月には工場建設のためのプレ・フィージビリティスタディを実施した。構想では、すべて輸入原料を用いてのブレンドイング工場を建設したいとしており、その計画の中で、リン酸肥料のみを国産化する事は比較的容易であると考えられる。このリン酸利用公社の活動に対して技術的観点から積極的に協力することとしている。



リン酸利用公社の工場建設計画の概要

V. 日本のプレゼンスの向上 (公開)

3) プロジェクトワークショップの開催

プロジェクト参画者および関係機関代表を広く招聘し、プロジェクト成果検討のためのWSを開催した。参加者は総勢43名で、日本側からは、17名(JIRCAS:9名、東京大学:2名、日本大使館:1名、JICA:5名)、ブルキナファソ側からは INERA 研究員を中心に関係機関を合わせて26名が参画した。本WSについてメディア2社からの取材があり、新聞に掲載された。



紹介記事 (抜粋、Info Sciences)



挨拶する INERA 所長

【令和元年度実施報告書】【200529】

4) TICAD サイドイベント「国際農業研究セミナー～アフリカを動かす農業の力」での JIRCAS 理事長プレゼン（2019 年 8 月 26 日予定）

TICAD 7 のサイドイベントとして、農水省は様々な国際機関の長を招聘し標記セミナーを開催した。そのセミナーで、理事長が JIRCAS の活動を発表した。その中で本プロジェクトの紹介をした。これにより広く国内外で本プロジェクトの認知度が高まることが期待される。

Burkina Faso-

- Problems** – Continuing low agricultural productivity caused mainly by less use of fertilizer due to **expensive imported fertilizers**.
- Partners** – Institute of Environment and Agricultural Research, BF
- Activities** – Develop **cheaper & effective nationally-made fertilizer** utilizing **indigenous Burkina Phosphate rock (PR)**.
- Expected Outcomes** – Realize sustainable & intensive agriculture through **national fertilizer dissemination to farmers (Burkina Model)**.






配布されたスライド

5) TICAD7 の公式サイドイベント 文科省による「STI for SDGs についての日本アフリカ大臣対話」のための冊子作成（8 月 28 日開催）

本会合では、STI for SDGs にかかる日アフリカの共同研究事例を紹介する冊子（英語）が配付され、本プロジェクトにおいてもプロジェクト紹介した。本冊子は、対話会合に出席する各国大臣が自国へ持ち帰り、自国での社会実装の参考として活用される。

Be free from imported fertilizers through national fertilizer production using indigenous phosphate rock

Keywords

Phosphate rock calcination, Partially acidulated PR

Partner Country/Countries

Burkina Faso

Background information / Issue to be solved

Agricultural productivity in Africa is low due to low soil fertility, especially phosphorus, while imported fertilizers are very expensive compared to other parts of the world. In Burkina Faso, there is 100,000,000 ton of **phosphate rock (PR)** **underutilized** due to its low quality. Effective utilization of this **PR** resources must contribute to increasing agricultural productivity in Burkina Faso.

Form of social implementation / Future perspective

The project will propose a new effective and less expensive fertilizer domestically produced. The proposal is expected to be adopted by a fertilizer plant **being planned in Burkina Faso**. Through dissemination of national fertilizer to farmers, agricultural productivity must increase, contributing to food security.

Outline of the project

The project conducts research activities with National Institute of Environment and Agricultural Research (INERA), Burkina Faso. By calcination or partial acidulation, soluble and less expensive phosphorus fertilizer utilizing Burkina PR is proposed. Effects of newly developed fertilizer are tested at different agro-ecological zones **in Burkina Faso**. Fertilization techniques are improved at the same time. After validation, dissemination possibility of new fertilizers by farmers is evaluated with participatory approach. In addition to them, effective direct utilization techniques of raw PR are also investigated. Above all, comprehensive PR utilization strategy is proposed. This development strategy, "Burkina model", is shared with other African countries for future expansion.

Contact information

Japan
 Japan Nagano
 Affiliation: Japan International
 Research Center for
 Agricultural Sciences
 Email: global@jircas.go.jp
 URL: https://www.jircas.go.jp/global/english/index.html

Contact
 Japan Science and Technology Agency (JST)
 Department of International Affairs
 SATREPS Group
 Email: global@jst.go.jp
 URL: https://www.jst.go.jp/global/english/index.html

SATREPS





6) 肥料製造装置授与式（2019 年 10 月 25 日開催）

2 種類の肥料製造装置がワガドゥグに到着したことを受け、本年 10 月 25 日に関係機関へ広く呼びかけ、肥料製造装置授与式を開催した。この際にはテレビ局、プレスで紹介された。これにより、プロジェクトのプレゼンス、ひいては日本のプレゼンスが一層高まることが期待される。



式典で挨拶する日本大使館・山本書記官



肥料製造実証プラントの説明を行う中村研究員

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

【令和元年度実施報告書】【200529】

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。)
H30	Satoshi Nakamura, Takashi Kanda, Toshio Imai, Jacques Sawadogo, Fujio Nagumo, Solubility and application effects of African low-grade phosphate rock calcinated with potassium carbonate, Soil Science and Plant Nutrition, 2019		国際誌	発表済	
H31	Satoshi Nakamura, Simporé Saidou, Albert Barro, Dambinga Jonas, Monrawee Fukuda, Fujio Nagumo, Kodjari Phosphate rock for rain-fed lowland rice production in the Sudan Savanna, Burkina Faso, Tropical Agriculture and Development		国際誌	accepted	

論文数 2 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 2 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。)
H28	中村智史・今井敏夫・鳥山和伸・飛田 哲・松永亮一・福田モナラウィー・南雲不二男. ブルキナファソ産低品位リン鉱石焼成物の施用がトウモロコシおよび水稻の生育におよぼす影響. 日本土壤肥料学雑誌. 2016. 87(5) 338-347.		国内誌	発表済	
H28	Satoshi Nakamura . Monrawee Fukuda . Roland N. Issaka Israel K. Dzomeku . Moro M. Buri . Vincent K. Avornyo . Eric O. Adjei . Joseph A. Awuni . Satoshi Tobita, Residual effects of direct application of Burkina Faso phosphate rock on rice cultivation in Ghana, Nutrient Cycling in Agroecosystems, 106, 47-59	10.1007/s10705-016-9788-8	国際誌	発表済	
H29	中村智史 アフリカ産低品位リン鉱石の活用 -アフリカ肥料革命の実現に向けて-, 熱帯農業研究 2017 10(1) 27-29.	10.11248/nettai.10.27	国内誌	発表済	

論文数 3 件
うち国内誌 2 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
H31	Armand I. Batiénon, Effet du phosphate calciné sur le developpment et la production de sorgho (Sorghum bicolor (L. Moench)) de variéte Kapelga au Burkina Faso		修士論文	発表済	

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
H31	Jaya Nepal Elucidation of optimum use of calcined phosphate rock fertilizer for sorghum using crop growth model under semi-arid environments in Burkina Faso, Thesis for Master of Science, 2019, University of Tokyo		修士論文	発表済	

著作物数 1 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/ 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
H28	国際学会	Nakamura, S. (JIRCAS), Simpure, S.・Barro, A.・Dambinga, J.(INERA), Fukuda, M.・Nagumo, F. (JIRCAS). Effect of local phosphate rock direct application on rain-fed lowland rice cultivation in Burkina Faso. 7th International Conference of African Soil Science Society. Ouagadougou. June	ポスター発表
H30	国際学会	Satoshi Nakamura (JIRCAS), Kanda T.(JIRCAS), Imai T.(Taiheiyo Cement),Jacques S.(INERA), Nagumo F(JIRCAS), Solubility improvement of African local phosphate rock through calcination with potassium carbonate, 6th Symposium on Phosphorus in Soils and Plants, Ruben, Belgium, September 2018	ポスター発表
H30	国際学会	Monrawee Fukuda (JIRCAS), S. Nakamura (JIRCAS), T. Kanda (JIRCAS), D. M. Soma (INERA), F. Nagumo (JIRCAS).Development and validation of phosphorus fertilizers made from low-grade Burkina Faso phosphate rock for lowland rice in the Sudan Savanna, Burkina Faso. The 9th International Phosphorus Workshop, ETH Zurich, Zurich, Switzerland, 8-12 July 2019.	ポスター発表
H31	国内学会	Jaya Nepal (Utoko), Idriss Serme (INERA), Armand Issouf Batiénon (IPD/AOS), Kensuke Okada (Utoko). Effect of calcined phosphate rock compared to TSP on biomass and yield of rainfed sorghum (Sorghum bicolor var. Kapelga) in the semi-arid condition at Kamboinse, Burkina Faso. 日本作物学会、つくば、3/28-29, 2019	口頭発表
H31	国際学会	Jacque Sawadogo (INERA), Satoshi Nakamura (JIRCAS), Takashi Kanda (NARO), Toshio Imai(Taiheiyo Cement), Traore Mamadou (INERA), Fujio Nagumo (JIRCAS). Technology applicability of calcination and partially acidulation for utilization of low-grade phosphate rocks in Burkina Faso. Phosphate 2020, Paris, France, 8-11 March 2020	口頭発表
H31	国内学会	Dohan Mariam Soma(INERA), Satoshi Nakamura(JIRCAS),Direct application of phosphate rock to increase lowland rice production in Burkina Faso: achievements and perspectives. 日本熱帯農業学会、府中、日本 3/17-18, 2020	口頭発表

招待講演 0 件
口頭発表 3 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
H28	国内学会	中村智史(JIRCAS)、今井敏夫(太平洋セメント)、福田モンラウイー・鳥山和伸・南雲不二男(JIRCAS)、ブルキナファソ産リン鉱石の焼成による可溶性向上と施肥反応第二報 カリウム塩配合条件による焼成の検討.日本土壌肥料学会. 佐賀大学. 9月	口頭発表
H28	国内学会	中村智史 (JIRCAS) アフリカ産低品位リン鉱石の活用 -アフリカ肥料革命の実現に向けて- (招待講演) . 日本熱帯農業学会. 鹿児島大学. 10月	招待講演
H30	国内学会	内田諭(JIRCAS) , 開発途上地域を対象とするシステム農学研究ツールとしての衛星情報の活用, システム農学会2018年度春季大会, 鳥取、2018年5月	招待講演
H30	国内学会	南雲不二男(以下全てJIRCAS)、小林慎太郎、中村智史、神田隆志、近藤勝彦、福田モンラウイー、岩崎真也、ブルキナファソ産リン鉱石を用いた施肥栽培促進モデル構築、日本砂丘学会第64回全国大会シンポジウム「SATREPSによる乾燥地農業の課題解決への取り組み」、つくば 2018年8月	招待講演
H30	国内学会	神田隆志 (JIRCAS)・中村智史(JIRCAS)・今井敏夫(太平洋セメント)・南雲不二男 (JIRCAS)、ブルキナファソ産低品位リン鉱石を用いた部分的酸性化リン鉱石の製造とその施肥効果、日本土壌肥料学会 2018年度神奈川大会、藤沢	口頭発表

招待講演 3 件
口頭発表 2 件
ポスター発表 0 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
公開すべきでない特許出願数

件
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
公開すべきでない特許出願数

件
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
2019	2020.3.4	感謝状	SATREPSを含む長年の共同研究への貢献	南雲不二男	ブルキナファソ国立科学技術研究センター	3.一部当課題研究の成果が含まれる	C/Pである環境農業研究所(INERA)の上部機関

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年度	2017.6.13	<u>シドワヤ紙 (新聞)</u>	土壌肥沃度の改善:リン鉱石活用--注目される新しい方法	環境と開発欄	その他	キックオフミーティングの取材
2018年度	2019.2.13	<u>RTB (国営テレビ)</u>	在ブルキナファソ日本国大使館による保健, 農業, 衛生などの分野のプロジェクトサイトを訪れる開発協力プレスツアー	20時のニュース	3.一部当課題研究の成果が含まれる	大使館主催プレスツアー
2018年度	2019.2.18	<u>シドワヤ紙 (新聞)</u>	ブルキナファソ国民のための日本の開発協力	16ページ目	3.一部当課題研究の成果が含まれる	大使館主催プレスツアー
2018年度	2019.2.18	<u>ブルキナ24 (オンライン)</u>	ブルキナファソ西部における日本の影響力。土のう工法による道の修復及びゴマと肥料の開発		3.一部当課題研究の成果が含まれる	大使館主催プレスツアー
2019年度	2019.6.13	<u>インフォ・サイエンス</u>	JICA/SATREPS プロジェクト:ブルキナの農業生産性を改善するためのリン鉱石	ACTU-SCIENCE 欄	1.当課題研究の成果である	WSの取材記事
2019年度	2019.6.13	<u>シドワヤ紙 (新聞)</u>	農業生産性の向上:リン酸肥料を活用する栽培促進	環境と開発欄	1.当課題研究の成果である	WSの取材記事
2019年度	2019.10.28	<u>シドワヤ紙 (新聞)</u>	リン酸肥料生産:日本が加工設備を供与	環境と開発欄	1.当課題研究の成果である	肥料製造装置引き渡し式記事

7 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 (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
2017年度	2017.6.12	Kick-off meeting for “Project on Establishment of fertilizing crop cultivation promotion model using Burkina Faso phosphate rocks”	INERA (ブルキナファソ)	28名	公開	プロジェクト関係者を広く参集するとともに、肥料の流通・利用に関連する団体、肥料会社、IFDC-ブルキナ代表、農業省代表も参加。事業が開始されることを広報した。
2017年度	2018.2.9	Project management meeting for “Project on Establishment of fertilizing crop cultivation promotion model using Burkina Faso phosphate rocks”	INERA (ブルキナファソ)	10名	非公開	SATREPSブルキナファソにおける運営体制強化を目的として、プロジェクト運営会議を開催した。
2018年度	2018.5.29	1st Technical Coordinating Committee for “Project on Establishment of fertilizing crop cultivation promotion model using Burkina Faso phosphate rocks”	INERA (ブルキナファソ)	20名	非公開	昨年度の活動報告、今年度の活動計画、その他の懸案事項について話し合うことを目的として第1回技術調整会議を開催した。
2018年度	2018.11.2	2nd Technical Coordinating Committee for “Project on Establishment of fertilizing crop cultivation promotion model using Burkina Faso phosphate rocks”	INERA (ブルキナファソ)	21名	非公開	今年度の活動内容を総括し、懸案事項について話し合い、合意を得ることを目的として、第2回技術調整会議を開催した
2018年度	2019.2.8	Application of Remote Sensing (RS) and Geographical Information System (GIS) Technologies to Manage Agricultural Resources	INERA (ブルキナファソ)	12人	非公開	INERA (CP機関) 研究者に対し、資源管理のためリモートセンシング/地理情報解析技術が有用に機能することを紹介した。
2018年度	2019.2.19	Introduction of Remote Sensing (RS) and Geographical Information System (GIS) Technologies to Manage Agricultural Resources	INERA (ブルキナファソ)	60人	非公開	ワガドゥグ大学IGEDD (環境及び持続的開発工学研究所) において、大学院生及び関係教員を対象に、リモートセンシング/地理情報解析技術の農業分野への応用について解説した。
2019年度	2019.6.11	TECHNICAL WORKSHOP FOR “Project on establishment of the model for fertilizing cultivation promotion using Burkina Faso phosphate rocks”	ワガドウグ Hotel SOPATEL-Silmande (ブルキナファソ)	48人	非公開	研究担当者、試験を実施中の各支所所長、関係機関を広く招聘し、これまでの研究成果を検討するとともに、成果を共有した。
2019年度	2019.6.12	3rd Technical Coordinating Committee for “Project on Establishment of fertilizing crop cultivation promotion model using Burkina Faso phosphate rocks”	INERA (ブルキナファソ)	22人	非公開	課題責任者、試験を実施中の各支所所長、および関係機関代表を招き第3回技術調整会議を実施し、本年度の活動計画に合意した。
2019年度	2019.6.12	“1st National Fertilizer Plant Planning Committee” related to “Project on establishment of the model for fertilizing cultivation promotion using Burkina Faso phosphate rocks”	INERA (ブルキナファソ)	18人	非公開	課題責任者および関係機関代表を招き第1回国産肥料工場建設計画検討委員会を開始し、今後の国産肥料工場建設に至るロードマップを作成していくことを合意した。
2019年度	2019.10.23	“2nd National Fertilizer Plant Planning Committee” related to “Project on establishment of the model for fertilizing cultivation promotion using Burkina Faso phosphate rocks”	INERA (ブルキナファソ)	17人	非公開	課題責任者および関係機関代表を招き第2回国産肥料工場建設計画検討委員会を開催し、リン酸利用公社の肥料工場計画に関する情報を共有した。JST中間評価調査団の3名が参加した。
2019年度	2019.10.24	肥料製造実証プラントの引き渡し式を開催	INERA (ブルキナファソ)	100名	公開	高等教育・科学研究・技術革新省大臣、農業・水利省大臣(代理)、他、関係者の前でINERAに設置された肥料製造装置の引き渡しを行った。JST中間評価調査団の3名が参加した。
2019年度	2019.10.25	4th Technical Coordinating Committee for “Project on Establishment of fertilizing crop cultivation promotion model using Burkina Faso phosphate rocks”	INERA (ブルキナファソ)	43名	非公開	研究担当者、試験を実施中の各支所所長、関係機関を広く招聘し、これまでの研究成果を検討するとともに、成果を共有した。JST中間評価調査団の3名が参加した。

12 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
				JICA現地事務所の方針に基づき、JCCを開催しないことになった。

0 件

JST成果目標シート

研究課題名	ブルキナファソ産リン鉱石を用いた施肥栽培促進モデルの構築
研究代表者名 (所属機関)	南雲 不二男 (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	H28採択(平成29年4月1日～令和4年3月31日)
相手国名／主要相手国研究機関	ブルキナファソ／環境農業研究所

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	・日本企業による成果の事業化 ・国際的な肥料安全保障への寄与
科学技術の発展	・低品位リン鉱石を原料とするリン肥料製造法の確立 ・イネによるリン鉱石溶解・吸収に関わるQTLの解明 ・作物成長モデルの適用による天水畑作栽培のシミュレーション
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	・ブルキナファソ産リン鉱石の最適加工法 ・アフリカ在来リン鉱石インベントリ ・リン鉱石の溶解・吸収を最大化するイネ系統
世界で活躍できる日本人人材の育成	・土壌肥料・熱帯作物分野における国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成
技術及び人的ネットワークの構築	・日本肥料メーカーと現地肥料工場の連携 ・共同研究の長期的継続
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	・経済的でクリーンな国産リン肥料工場の提案 ・施肥栽培技術マニュアル ・リン鉱石の直接利用技術マニュアル ・需要拡大のためのソルガムの食品加工原料としての活用法の提案 ・リン鉱石の総合的利用方法の提案 ・査読付き論文(15件以上)

上位目標

国産リン肥料が国内で製造され、安価に農家に提供されることにより農業生産性が向上し、安定的食料自給に寄与する。

提案内容に基づく援助・投資スキームへの働きかけ

プロジェクト目標

農業・水整備省及び関連機関との協議のもと、ブルキナファソ産リン鉱石を活用した実現可能性の高い施肥栽培促進モデル(肥料製造法、施肥法、直接施用法)が構築される。

