

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

研究領域「生物資源分野」

研究課題名「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：6年

相手国名：ブルキナファソ

終了報告書

国際共同研究期間^{*1}

2017年5月28日から（延長）2023年4月30日まで

JST側研究期間^{*2}

2016年6月1日から（延長）2023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該年度末

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(実績)

| 研究題目・活動 | 2016年度 (10ヶ月) | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 2020年度 | 2021年度 | 2022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 | | | | | | | |
| 1-1 リン鉱石可溶化 | | | | | | リン鉱石可溶化法の最適化 | → |
| 1-2 複合肥料化 | | | | | | 複合肥料製造方法の提案 | → |
| 1-3 アフリカ在来リン鉱石インベントリ | | NPK 複合肥料試作 | ←————→ | | | リン鉱石インベントリの構築 | → |
| | | | アフリカ在来リン鉱石の収集 | | | | → |
| 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開発 |
| 2-3 施肥栽培普及評価 | | | | | | | 技術マニュアル |
| | | 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 | | | | | | | リン鉱石直接施用の効果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関与する QTL の解析 |
| 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 |
| 3-6 直接利用技術マニュアル | | | | | | | アゾラ由来有機 NP 肥料の施肥効果の実証 |
| | | | | | | | 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 | | | | | | | 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 | | | | | | | モデル適用可能性の検証 |
| 4-3 地域経済インパクト | | | | | | | 流通の現状把握 |
| | | | | | | | 需要拡大への提言 |
| | | | | | | | 社会経済的影響予測 |

(2) 中間評価での指摘事項への対応

中間評価においては多くの助言があり、それらを参考にしつつプロジェクト運営に当たった。主要な項目について、その対応を記す。

・治安悪化、コロナ禍という外部条件の著しい変化を踏まえ、選択と集中を図るべき。

ブルキナファソのスーダンサバンナ帯、ギニアサバンナ帯において試験を実施してきており、今後サヘル帯においても施肥試験を実施したいと考えていたが、治安悪化を考慮しサヘル帯での試験を回避し、既往の文献などを用いてモデルによる施肥効果予測に含めることとした。

・肥料工場で肥料製造機械を稼働させる人材を育成し自立できるようにする必要がある。

2021年6月に破損した焼成装置の修理に現地技術者と INERA 担当者が一丸となって、何度も修理部品の組み立てを行った。この経験は今後の修理と保守に生かせると考えている。

・2020年に離脱した太平洋セメントと引き続き技術支援を受けることができるような協力関係の継続が望まれる。

共同研究機関から離脱した後も太平洋セメントとは良好な関係にあり、様々なアドバイスを受けるとともに、これまでの共同研究の成果の研究論文を共同で執筆中である。

・相手国の治安の問題による厳しい渡航制限とコロナ禍の中で、今後のプロジェクト実施の見通しを考える必要がある。

現地の圃場には行けなくなったが、十分な協議のもと、INERA のイニシアチブにより計画した試験を実施してきた。

・研究交流の実績が少ないことから、プロジェクトとして引き続き努力することが望まれる。

後述するように、INERA のプロジェクト参画者 1 名が 2021 年に JICA 食料安全保障のための農学ネットワーク (Agri-Net) プログラムにより鳥取大学大学院博士課程に入学し、順調に研究を継続中である。

・取りまとめの具体的な枠組み・構成をきちんと設定して、今後の研究を進めること。

技術を相手国側に提示する場合には各種文書に必要な要件や内容を明確にしたうえで説明することとしている。

・施肥栽培促進モデルとリン鉱石の総合利用法は、それぞれ具体的な科学技術として何をコア技術とするかを明確にする必要がある。

リン鉱石 (粉)、焼成リン、部分酸性化リンの有効性は、土壌・気候条件および作物種により異なることが明らかになってきた。それらの有効性の違いを中心に据え、使い分け、共用の技術を明確にしていく。

・次世代シーケンサを用いた堆肥中微生物叢の解析結果から一定の技術を整えるのは困難と思われるので、実施することが適切かどうかを検討していただきたい。

次世代シーケンサを用いた堆肥中微生物叢の解析は、一定の技術を整えることが目的ではなく、リン鉱石の可溶化が進むメカニズムの科学的解明にあり、有益な結果が多く得られてきた。実際の堆肥の製造方法は現地農家が実施可能な方法として提案する計画である。

・ブルキナファソの「農家」や「農家経営」の実像をふまえ、実証に裏付けられた技術的提案がなされることを期待したい。

本助言については、もともとの計画に従い、農家圃場を用いた農民参加型実証試験を実施中であり、その後農家が肥料の購買意欲を調査予定である。

・衛星データも活用して国内の主要な作物生産地帯ごとに土壌の肥沃度（特に窒素とリン）を把握・推定し、肥沃度に対応した施肥水準施肥基準の提示を期待したい。

ソルガムおよびササゲ栽培においては、降雨量・降雨分布や土壌中の窒素と有効態リンに応じてリン施肥に対する反応が異なることが明らかになった。また、施肥反応が現れる窒素と有効態リンの閾値がおおよそ推測できた。

・施肥リンの土壌中での動きや作物による吸収と生育の変化および終了への貢献度の解明のための研究など科学的解明を進め論文に結びつくような研究を実施してもらいたい。

天水稲作では生育初期のリン吸収は最終的な収量と強く相関すること、天水畑作（ソルガム・ササゲ）では肥料の成分や土壌肥沃度によって変化するリン利用効率が収量を規定していることが明らかになっている。また、ソルガムの栽培下の土壌では、根圏効果によってリンの可給態化が促進されていること明らかになってきた。また、天水稲作では栽培試験前後の土壌中のリン肥沃度の変化についても検討している。これらの知見は科学論文として公表済み、あるいは公表予定である。

(3) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

2020年の新型コロナウイルス感染拡大の影響を受け、出張できない期間が続き、活動の進捗が遅れたことから、1年間のプロジェクト延長を行った。

2. プロジェクト成果目標の達成状況とインパクト（公開）

(1) プロジェクト全体

本プロジェクトの目標は、PDMに「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、直接施肥法）が構築される」と記載されており、プロジェクト目標はほぼ達成された（達成率：96%）。すなわち、ブルキナファソ産低品位リン鉱石を用いて焼成リン酸肥料製造法を開発し、従来法である「部分酸性化リン鉱石」製造法とともに、その製造装置を現地に設置し、INERA側に技術移転した。試作リン酸肥料を用いて、様々な作物による施肥試験を実施し、その施肥効果が、輸入リン酸肥料と概ね同等であることを明らかにした。一方、施肥効果が劣る場合もあることから、その適用条件を検討した。これらの加工リン酸肥料に関する研究とは別に、リン鉱石を直接利用する場合の事例について検討した。すなわち、天水稲作において、輸入リン酸肥料と施肥効果が同等な施肥技術、従来のリン鉱石富化堆肥製造法を改良し、より施肥効果の高いリン鉱石富化土壌添加堆肥製造法、リン鉱石施肥効果の高いマメ科作物の選定、など有望な利用技術を開発した。最後に、施肥による増収効果と農家の収入向上への影響を県単位でシミュレーションするプログラムを完成し、今後の施肥栽培促進による国全体の経済効果を評価することができるようになった。

また、各種技術書を取りまとめ、3月に開催予定の拡大技術調整会議（TCC）で引き渡し式を行い、説明のためのセミナーをC/P主導で開催予定である。

現在、ブルキナファソ政府は全ての原料を輸入し混合して複合肥料を製造するブレンディングプラントを建設中である。次のステップでは自国で採掘されるリン鉱石を原料とし

てリン酸肥料を製造し、輸入リン酸肥料に置き換えたいと考えている。2020年にブルキナファソ政府が日本政府に提出した政府開発援助による支援要請では、すでにプロジェクト成果を活用して焼成リンを製造するための経費が盛り込まれた。このように、プロジェクトは確実にブルキナファソ国政府の肥料政策にインパクトを与えてきた。

現在、コロナ感染拡大、ウクライナ紛争などの影響により、アフリカでは食糧不足が深刻であるとともに、肥料価格が高騰している。こうした状況のもと、アフリカ内で肥料を生産し、肥料自給率を高めていくことが大きな課題の一つである。こうした視点に立って、アフリカに分布するリン鉱石を活用して肥料化する、というプロジェクト成果は、他国の低品位リン鉱石保有国のモデルになりえる。本プロジェクトでは、輸入リン酸肥料をコントロールとして、リン鉱石直接施用、試作リン酸肥料の施肥効果を検証してきた。その中で、焼成リンの製造法は、これまでの知見をもとに、ブルキナファソ産リン鉱石が有効に焼成されるように改良した方法であり、新規性を有している。

日本側の研究運営体制は、全体として良好であった。2020年3月をもって、太平洋セメント（株）が共同研究機関から抜けたものの現在も協力関係にあり、これまでの共同研究成果に関する論文化を進めた。また、引き続き様々なアドバイスを受けてきた。もう一つの共同研究機関である東京大学大学院農学生命科学研究科担当教授が2021年度で退官したものの、引き続き共同研究を続けることができた。C/P 機関であるブルキナファソ、環境農業研究所（INERA）は、国立科学技術センター（CNRST）に属し、農業と環境分野に特化した研究機関である。その重要なミッションとして、農業研究を実施しその成果を普及させることが挙げられる。国内に6カ所に支所を有し、その地域の農業に関する研究を実施している。国際農研は2011年度より INERA と土壌保全や流域管理に関する国際共同研究を実施してきており、その長い共同研究で醸成された信頼関係に基づき、共同で SATREPS プロジェクトを実施した。その基本的な活動形態は、プロジェクトの活動計画に従い、共同で試験計画を作成し、日本側研究者が短期出張により、C/P 研究者とともに試験を設定し、C/P 研究者が実際の試験管理を行い、共同で結果を解析した。これまで二度プロジェクトマネージャーが交代したが、良好な意思疎通を行ってきた。また、前プロジェクトマネージャーも引き続き現マネージャーをサポートしてきた。もう一つの C/P 機関であるリン酸利用公社（SEPB）はリン鉱石を採掘・販売している機関であり、プロジェクト成果を渡す相手としてこれまで4回の国産肥料工場検討委員会を開催し、日本への ODA 申請、現在建築中の肥料工場建設状況など、様々な意見交換を行った。

日本人若手人材の育成でも多くの成果が得られた。特別研究員としてプロジェクトに4名の若手研究者が参画し、内1名が2019年に農研機構、2名が2021年に国際農研に採用された。また、東京大学では、計8名がプロジェクトに参画し、2名が学士、6名が修士を取得した。一方、ブルキナファソでも多くの大学生が国際農研および INERA 研究員の指導の下、4名が学士、3名が修士を取得した。また、11名が日本で短期研修（ただし3名は出張扱い）を行い、各種技術を学ぶとともに共同研究内容について試験結果の取りまとめを行った。加えて、INERA のプロジェクト参画者1名が2021年に JICA 食料安全保障のための農学ネットワーク（Agri-Net）プログラムにより鳥取大学大学院博士課程に入学し、順調に研究を継続中である。

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」

研究グループ JIRCAS（リーダー：中村智史）

①研究題目1の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

研究題目1の成果目標は、「ブルキナファソ産リン鉱石を利用した地域適合型複合肥料製造法が開発される」である。当該低品位リン鉱石の焼成法および部分酸性化法による可溶化法の開発と、バルクブレンドによる配合比率の変更による地域ごとに適した複合肥料製造法が明らかになったことから、本目標を達成したものと考えられる。本成果について

は既に現地の C/P 研究者に技術移転がなされており、ブルキナファソにおける低品位リン鉱石を活用した肥料製造が技術的に可能になったことを示すだけでなく、低品位リン鉱石を有するアフリカ各国において、同様の肥料製造ならびに施肥栽培の展開に寄与するものであり、肥料価格が高騰する現状において大きなインパクトを有するものと言える。

1-1 低品位リン鉱石の可溶化技術の開発（リン鉱石可溶化）

2017 年のプロジェクト開始より、日本国内において低品位リン鉱石を対象とした肥料製造法の検討を行ない、焼成法では、最大でク溶性 100%、水溶性 38%のリン酸肥料製造に成功した。部分的酸性化法では、最大でク溶性 80%、水溶性 50%に達し、ブルキナファソ産低品位リン鉱石の可溶化はこれらの方法で達成できることを示した。これらの結果は学術誌にて公表した。当該成果をもとにしたテクニカルペーパーを 2023 年 3 月までに提出する予定としている。

なお、焼成法については、現在、一価アルカリ塩に加えて、二価アルカリ塩を添加焼成する CBKCa については、ク溶性 100%を達成しており、ク溶性肥料としての肥効は十分であると考えられるものの、作物生育初期に必要な水溶性リン酸画分の低さが、特に土壤水分量が十分でない地域における当該肥料の肥効優位性の低さにつながっている。そこで、炭酸カリウムと炭酸ナトリウムを混合焼成する方法を検討している。現時点で、当該混合焼成法により、水溶性リン酸が 5~6%を得るまでに至っているが、目標とする 25%には至っておらず、更なる検証を要する。

焼成法ならびに部分酸性化法によるブルキナファソ産低品位リン鉱石を用いた肥料製造技術はマニュアルを策定し、2023 年 3 月に開催する拡大技術調整会議の際に紹介する予定である。

表 1 試製した各種リン酸肥料の特性

| | | BurkinaPR | PAPR100 | PAPR75 | PAPR50 | CBNa | CBK | CBKCa |
|--------|------------------------------------|-----------|---------|--------|--------|------|------|--------|
| 全リン酸 | gP ₂ O ₅ /kg | 297 | 180 | 211 | 214 | 187 | 155 | 185 |
| ク溶性 | % | 31 | 69 | 67 | 62 | 97 | 99 | 96 |
| 水溶性 | % | 0 | 45 | 29 | 11 | 8 | 38 | 1 |
| 可溶性 | % | | 83 | 57 | 42 | 41 | 37 | 45 |
| 不溶性 | % | 69 | 31 | 33 | 38 | 3 | 1 | 4 |
| pH | | 7 | 2.7 | 2.8 | 3.4 | 11 | 12.3 | 12.3 |
| EC | mS/m | 0.1 | 6.7 | 6 | 4.4 | 25 | 33.7 | 7.7 |
| 保証可能成分 | | P | PS | PS | PS | P | PKCa | PKCaMg |

ク溶性・水溶性・可溶性・不溶性はそれぞれ全リン酸量に対する各画分の割合 (%) で示す。なお、各画分は重複する画分があるため(ク溶性は水溶性および可溶性を含む)、割合の総和は 100%にならない。

*Burkina PR: ブルキナファソ産リン鉱石粉末、PAPR100、75、50 : ブルキナファソ産リン鉱石に SSP 製造に必要な硫酸添加量の 100%、75%、50%を添加して製造した部分酸性化リン鉱石、CB Na、K、Ca : ブルキナファソ産リン鉱石に炭酸 Na、炭酸 K、炭酸 K と炭酸 Ca を副資材として添加した焼成リン肥料

1-2 ブルキナファソ産リン鉱石を原料とする地域適合型 NPK 複合肥料の作成（複合肥料化）

課題 1-1 で製造されたリン酸肥料を用いて NPK 複合肥料の製造法を検討した。NPK 複合肥料の製造は大きく、NPK を一粒に含む造粒法と、N、P、K をそれぞれ含む単肥を単

純混合するバルクブレンディング(BB)法を検討した。造粒法は、保管・流通時の粒度の際などによる NPK 元素の偏りが生じにくく、より均一な施肥効果が期待できるものの、造粒処理中に生じる化学反応による N 揮散や溶出率低下の懸念がある。本試験では N 肥料として尿素、カリ肥料として塩化カリウムを用いた。二つの方法で NPK 複合肥料を試製したところ、造粒法では BB 法に比べて、焼成リン原料の場合 N 揮散が認められ、部分酸性化リン鉱石 (PAPR) ではリン酸可溶性の低下が認められた。BB 法で製造した NPK 肥料は、常温常湿環境においては、いずれも 1 年間の保管で吸湿性に大きな問題は無く、通常保管に耐えうると考えられた。また、BB 法では、土壌および作物に応じて種々の配合が適用可能であることから、NPK 複合肥料の製造には BB 方が適していると判断された。なお、BB 法による配合比率は、NPK 複合肥料の P₂O₅ 含量をおおむね 12% を上限として自由に調整が可能である。

表 2 試製した各種リン酸肥料を活用した NPK 複合肥料の三要素組成とリン酸溶解度

| % | PAPR-Base | | CBK-Base | |
|-------------------------------|-----------|----------|----------|----------|
| | BB | Compound | BB | Compound |
| N | 9.9 | 9.5 | 7.4 | 2.4 |
| P ₂ O ₅ | 15.2 | 12.9 | 12.3 | 13.7 |
| CP | 11.3 | 9.3 | 9.6 | 10.5 |
| SP | 8.4 | 5.6 | 4.6 | 4.7 |
| WP | 4.7 | 0.38 | 0.51 | <0.1 |
| K ₂ O | 7.1 | 7.2 | 21.2 | 25.0 |

*BB:バルクブレンディング NPK 肥料、Compound:NPK 複合造粒肥料、CP、SP、WP:複合肥料が含むク溶性、可溶性、水溶性リンの割合 (%)

1-3 アフリカ在来リン鉱石インベントリの構築 (アフリカ在来リン鉱石インベントリ)

本課題ではアフリカ各国に分布する多様な低品位リン鉱石について、試料を収集し、その鉱物的特性や化学組成、ならびに可溶性等の情報をとりまとめ、その利用方法を提案することを目的としていた。新型コロナウイルス感染症拡大による各国協力機関の活動制限や輸送制限により、想定した試料数を満たすことが出来なかったものの、現時点で 9 개국 11 種類のリン鉱石試料が収集され、その諸性質をとりまとめた。内 9 개국 10 種類のリン鉱石に関するリン含量、溶出特性ならびに有害成分量を表 3 に示す。

得られた種々のリン鉱石の特性を解析し、その可溶性評価基準となるクエン酸可溶性が、リン鉱石が含有するフッ化アパタイトの結晶化度 (X 線回折による半値幅) に規定されていることが明らかとなった。

また、化学組成の分析結果から、各国リン鉱石が含む有害重金属量が明らかになったため、これをもとに Cd 含量の高いリン鉱石を選択し、焼成法による Cd 除去効果を検証した。Cd 含量の高い二か国の試料を用いた試験の結果、焼成法により Cd を除去できる可能性が示唆された。

収集した各国リン鉱石のデータから、各国リン鉱石の性質を、焼成法などの加工もしくは直接施用への適正としてとりまとめることができる。当該結果についてはとりまとめ、年度内に論文投稿を目指している。焼成によるリン鉱石中の Cd 除去技術については、ア

リカ産低品位リン鉱石に対して普遍的に適用できるかの検証が実施出来ていないため、追加試験を実施してから、論文公表を検討する。

表3 収集した各国リン鉱石の可溶性ならびに重金属含量

| 産国 | 鉱床名 | T-P ₂ O ₅ | W-P ₂ O ₅ | C-P ₂ O ₅ | S-P ₂ O ₅ | C/T-P | As | Cd | Hg | Ni | Cr | Pb |
|--------------|----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------|----|------|------|----|-----|-----|
| | | % | | | | | | | | | | |
| Tanzania | Minjingu | 25.2 | <0.01 | 17.6 | 0.32 | 69.8 | 9 | <0.5 | <0.1 | <5 | 11 | 1 |
| Senegal | Matam | 38.9 | 24.1 | 27.7 | 31.1 | 71.2 | 2 | 110 | <0.1 | 33 | 130 | 3 |
| Senegal | LamLam | 27.9 | <0.01 | 10.2 | 0.62 | 36.6 | 4 | 37 | <0.1 | 67 | 350 | <.1 |
| Mali | Tilemsi | 26.2 | <0.01 | 13.8 | 0.52 | 52.7 | 8 | 0.9 | <0.1 | 15 | 9 | 6 |
| Burkina Faso | Kodjari | 25.1 | 0.02 | 9.1 | 0.87 | 36.3 | 7 | <0.5 | <0.1 | <5 | 13 | 2 |
| Niger | Tahoua | 26.6 | 0.02 | 9.2 | 0.41 | 34.6 | 9 | 0.6 | <0.1 | 5 | 6 | 2 |
| Togo | Hahotoe | 35.4 | 0.02 | 10.6 | 0.39 | 29.9 | 12 | 22 | <0.1 | 10 | 53 | 3 |
| Zambia | Sinda | 17.2 | <0.01 | 6.3 | 0.09 | 36.6 | 16 | <0.5 | <0.1 | <5 | 7 | 3 |
| Mozambique | Evete | 40.6 | 0.02 | 6.8 | 0.30 | 16.7 | 25 | <0.5 | <0.1 | <5 | <5 | 4 |
| Zimbabwe | Dorowa | 38.4 | <0.01 | 4.9 | 0.04 | 12.8 | 2 | <0.5 | <0.1 | <5 | <5 | 2 |

T-, W-, C-, S-P₂O₅(%)はそれぞれ原料リン鉱石が含有する全リン酸、水溶性リン酸、クエン酸可溶性リン酸、可溶性リン酸の100分率を示し、C/T-Pは全リン酸あたりのクエン酸可溶性リン酸割合を示す。

②研究題目1のカウンターパートへの技術移転の状況

現地を導入した肥料製造機器はトラブルがあったものの復旧を確認した。復旧に至る過程を現地カウンターパートと共同で実施したため、結果として、機材の保守運営に関するノウハウを現地カウンターパートが熟知した。肥料製造法については既に現地で製造していることから、技術移転は完了したと考えている。一方、肥料品質についての分析は、現地研究者を日本に招聘し研修を実施したものの、以後の分析を現地分析機材の不足により、主に日本国内の担当としていたため、今後の品質保証にむけた分析技術の更なる習得が必要と考えられる。

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

低品位リン鉱石の利用について、東南アジアでN肥料製造を検討している民間企業から打診があり、主に港湾からのアクセスが困難な地域における地産地消の肥料製造という観点から親和性が高いとのコメントがあり、今後の連携を検討している。現在、当該民間企業がブルキナファソ産低品位リン鉱石の利用に向けて、SEPBと意見交換を実施している。また、国際農研で実施中の交付金プロジェクト課題で、新規リン肥料の施用効果を検証中である。加えて、現在検討中の外部資金課題においても、リン酸施用量の削減ならびに土壌酸性緩和を目指して、緩効性リン酸肥料としての焼成リンの施用効果について複数国を対象に検証する予定である。

④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】

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、現地土壤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のまま分布している。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℃～1200℃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。

(2) 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」

研究グループ JIRCAS (リーダー: 南雲不二男)

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

研究題目 2 の成果目標は、「農家が採用可能な新規 NPK 複合肥料の利用法が確立される」である。下記に記述したように、ブルキナファソリン鉱石を用いて試作したリン酸肥料を含むバルクブレンド肥料の各種作物栽培への施肥効果を明らかにした。これらの成果をもとに、施肥法に関する研究成果をリサーチハイライトとしてまとめ、目標はおおむね達成された。

2-1 天水栽培における施肥効果の評価

ソルガム、ササゲ、イネはブルキナファソにおいて広域で栽培されており、自給および換金の両面で重要である。課題 1 で作成した焼成リン肥料 (CPR) および部分酸性化リン肥料 (PAPR) の施肥効果の検証を目的に、2018 年から 2020 年にかけて圃場試験を実施した。本課題では、CPR および PAPR に含まれるリン画分の溶解性の違いに着目し、作物種および土壌理化学性や水分条件などの環境要因との相互作用とともに解析を行った。過リン酸石灰 (SSP) や、重過リン酸石灰 (TSP) は主に水溶性リン画分 (WP) を主体とするのに対し、部分酸性化リン肥料は主に WP とクエン酸アンモニウム溶解性リン画分 (SP) によって構成され、CPR は SP およびクエン酸溶解性リン画分 (CP) を多く含む (図 1)。

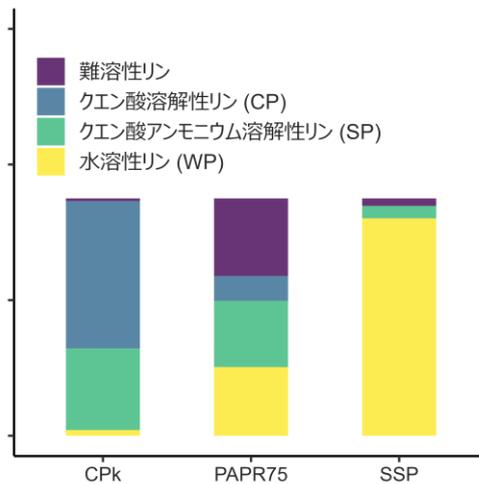


図1 試験に用いた肥料のリン画分の構成
 焼成リンと部分酸性化リンに関しては代表的なものを示す。CPk：焼成リン肥料；PAPR75：部分酸性化リン肥料；SSP：過リン酸石灰

ソルガムとササゲの栽培試験は、スーダンサバンナ（降水量 600—900 mmの半乾燥地）に属する INERA コアレ支所およびサリア支所、ギニアサバンナ（降水量 900—1200 mmの乾燥半湿潤地）に属する INERA ファラコバ支所の 3ヶ所で行った。試験前の土壌理化学性を分析するとともに栽培試験を実施し、収量および収量構成要素の測定を行った。

スーダンサバンナのサリア支所では、CPR の SSP に対する相対収量は 70%程度に留まったが、PAPR は 92%を示した。一方でギニアサバンナのファラコバ支所では、CPR と PAPR の両者が SSP に対して約 80%の相対収量を示した。

施用されたリンのうち作物に吸収されたリンの量の割合（リン利用率）はソルガムとササゲの収量と強く相関し（図 2）、3 支所ともに低いリン肥沃度によって収量が強く制限されていることが示された。

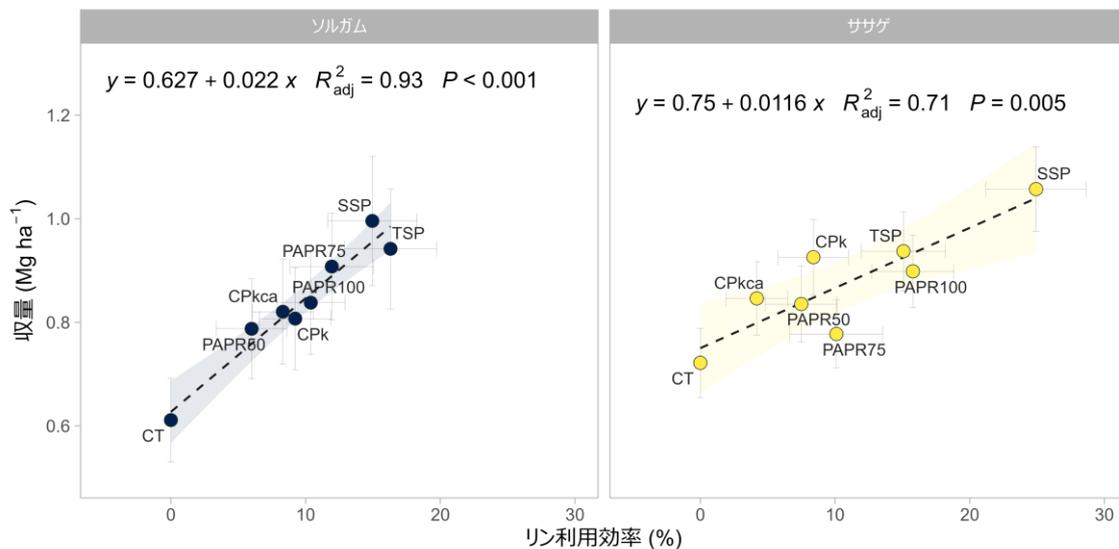


図2 リン利用率とソルガムとササゲの穀実収量の関係
 図では3支所の平均値±標準誤差を示す。CT：対照区；CPk・CPkca：2種類の焼成リン肥料；PAPR50・75・100：酸性化度合の異なる部分酸性化リン肥料。

3支所での PUE の制限要因を解析するために、肥料中のリン画分、土壌の理化学性を

説明変数として、ステップワイズ法を用いて重回帰分析を行った（表 4）。その結果、ソルガムでは WP と SP の両者が PUE に有意に寄与するのに対して、ササゲでは主に WP が収量に寄与していた。以上の結果より、ソルガムに対しては CPR と PAPR の両者が有効であり、ササゲに対しては水溶性リン画分に富む酸性化度合の高い PAPR（PAPR100 など）が特に有効であることが明らかになった。土壌理化学性では、土壌の総窒素量がソルガムとササゲの両者で有意に選択された。土壌の総窒素量は、有機物量、陽イオン交換容量、交換性要因などの土壌の基礎的な養分と正の相関を持つことが本試験においても確認できたことから、総窒素量が高く、リン以外の成分での収量制限がない場合によりリン利用効率が高くなることが示された。一方、ササゲでは土壌中の有効態リン含量（表中では Bray1-P）が高い場合にはリン利用効率が低下していた。この結果からササゲは土壌中のリンを可溶化でき、一定以上の有効態リンがある場合にはリン施肥は不要となると考えられる。サリア支所での結果は Iwasaki et al., 2022 で公表、コアレ支所の結果は Somda et al., (査読中)として公表予定、3 支所をまとめた内容は現在とりまとめを行っており、近日中に投稿予定である。

表 4 ソルガム、ササゲのリン利用効率の制限要因の解析

| 作物種 | | 重回帰式 | p-value | R ² _{adj} |
|------|------|---|---------|-------------------------------|
| ソルガム | PUE | $0.71WP^{**} + 0.55SP^{**} + 0.30TN^{*} - 9.2^{*}$ | < 0.001 | 0.73 |
| ササゲ | (%)= | $0.71WP^{**} + 0.21SP + 0.30TN^{*} - 0.41Bray1-P^{**} - 0.29$ | < 0.001 | 0.66 |

WP：水溶性リン画分；SP：クエン酸アンモニウム溶解性リン画分；TN：土壌の総窒素量；
**：p < 0.01；*：p < 0.05

天水条件でのイネ栽培においても同様に 2018 年から 2019 年にかけて INERA サリア支所近郊の 4 軒の農家圃場において栽培試験を実施した。4 圃場のうち、2 圃場では、水分条件や土壌の基礎肥沃度が高く、リンによる収量の制限は見られなかったものの、2 圃場では、リン施肥によって有意に収量が増加した。比較的乾燥している圃場では PAPR は SSP と同等の増収効果を示したが、CPR はその限りではなかった。一方、比較的湿潤な圃場では、CPR と PAPR とともに SSP と同等の増収効果を示した。以上のことより、天水条件のイネ栽培では、土壌の水分条件が施肥効果を規定していると仮定し、課題 2-2 において検証した。

また、圃場によって傾向は異なるものの、リン肥料中の WP と SP の和の投入量によって、播種 4 週間後の植物体リン濃度が規定され、それが最終的なイネの収量に強く相関することが明らかになった（図 3）。以上の成果は課題 1 にフィードバックを行い、肥料製造法の改良に用いた。また、Fukuda et al., 2021 として公表している。

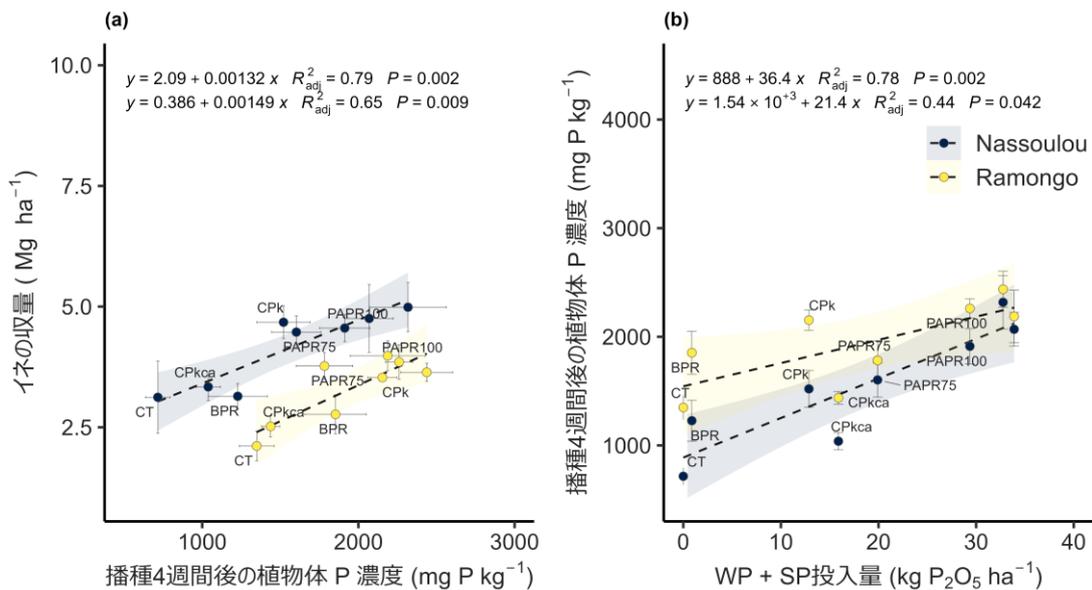


図3 農家圃場試験におけるイネ収量の規定要因

CT：対照区；BPR：リン鉱；CPk・CPkca：2種類の焼成リン肥料；PAPER75・100：酸性化度合の異なる部分酸性化リン肥料；WP：水溶性リン画分；SP:クエン酸アンモニウム溶解性リン画分。

2-2 天水栽培における最適施肥管理の探索（施肥技術の改善）

天水条件でのソルガムおよびイネの栽培を対象として、最適施肥管理の探索を目的に2019年から2020年にかけて圃場試験を実施した。

サリア支所を含むブルキナファソ中央高地では、有効土層厚の異なる3つの土壤型が斜面上の位置に応じて分布している。これまでの研究では、土壤型によって作物の生産性が異なること、窒素施肥に対する反応性が異なることが分かっているが、播種密度やリン施肥などその他の施肥管理との相互作用に関する知見は少ない。本課題ではソルガムを対象として、異なる土壤型における最適施肥管理を明らかにした。3つの圃場（PT-pt.px：有効土層厚 25 cm、PT-pt：有効土層厚 50 cm、LX-fr：有効土層厚 100 cm）において2019年から2020年にかけて圃場試験を実施した。播種密度、窒素施用量、リン酸施用量はINERA推奨法を基準として、3.13、5.56及び8.33（株 m⁻²）、37、74、及び111（kg N ha⁻¹）、23、46及び69（kg P₂O₅ ha⁻¹）の3水準設け、すべての組み合わせについて検証した。また、播種密度 3.13（株 m⁻²）、窒素施用無し、リン酸施用無し、を対照区とした。収量を測定し、分散分析に基づいて最適施肥管理法を探索した。

全処理区の平均収量は2019年で有意に高かった。両年とも年間降水量は過去30年間の平均降水量を上回っていたが、特に2020年では生育初期の乾燥と生育中期での大雨などの極端気象が要因となり収量は低かった。分散分析の結果、2019年では最適な播種密度と窒素施用量は土壤型によって異なること、リン酸施用量の増加は土壤型に関わらず収量を単調増加させることが明らかとなった。最適施肥管理法の適用により、収量は対照区と比較して380~530%向上した（図4）。一方、極端に低い収量であった2020年では、播種密度、窒素施用量、リン酸施用量のいずれも収量を上昇させず、土壤型による違いも見られなかった。以上より、最適施肥管理によって収量を向上させることはできるが、収量の極端に低い年では施肥は有効ではないことが明らかとなった。以上成果について現在投稿準備中である。

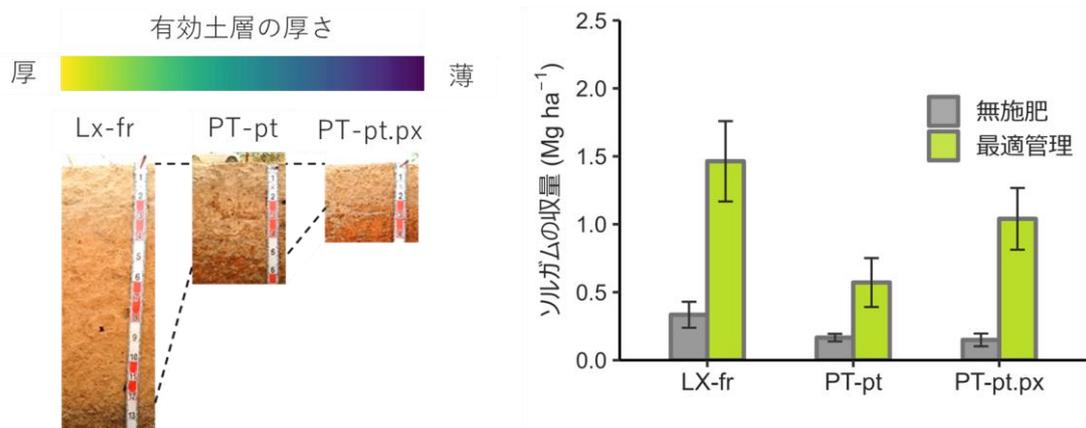


図4 ブルキナファソ中央高地に優先する異なる土壌型における最適施肥管理

天水条件でのイネ栽培については、課題 2-1 で地下水位の異なる 4 圃場で CPR、PAPR および SSP を 17.5、35 及び 70 (kg P₂O₅ ha⁻¹) の 3 水準で施用した。投入リン画分を説明変数として収量に対して重回帰分析を行った結果、地下水位の低い圃場では、WP のみが有効であったが、地下水位の高い圃場では、WP と SP の両者が有意に寄与することが明らかになった。さらに、CPR 区のイネ収量は、圃場の年間地下水位が高くなるほど有意に増加した (図 5)。以上の結果より、有効なリン酸肥料は地下水位によって異なると考えられる (図 6)。さらに、それぞれの肥料の最適施肥量を算出し、最適施肥量を適用した場合、無リン酸の場合に比べ平均で 140% の増収が見込めることが示された。試験は予定通り完了しており、最適施肥管理についての論文を Iwasaki et al., 2021 として公表済み、地下水位と施肥効果に関する論文は Soma et al., (査読中) として公表予定である。

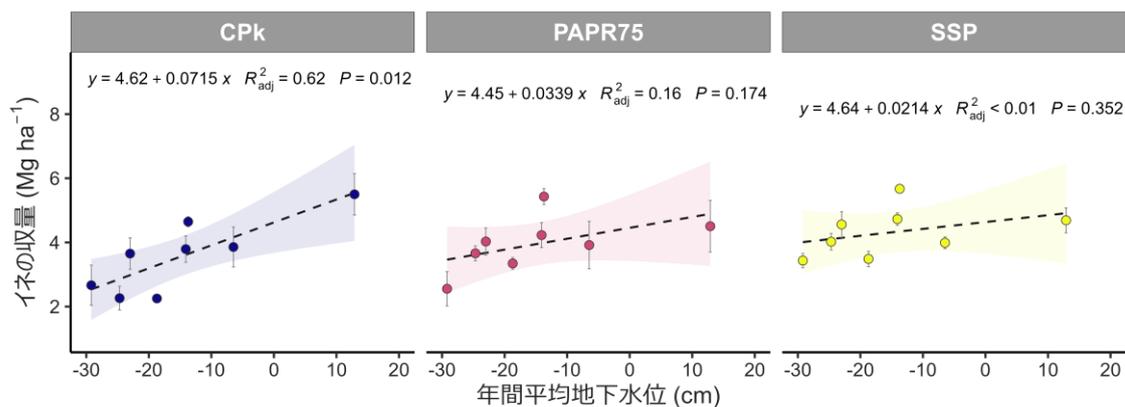


図5 年間平均地下水位とリン肥料の施肥効果
施肥量 70 (kg P₂O₅ ha⁻¹) のデータを抜粋。

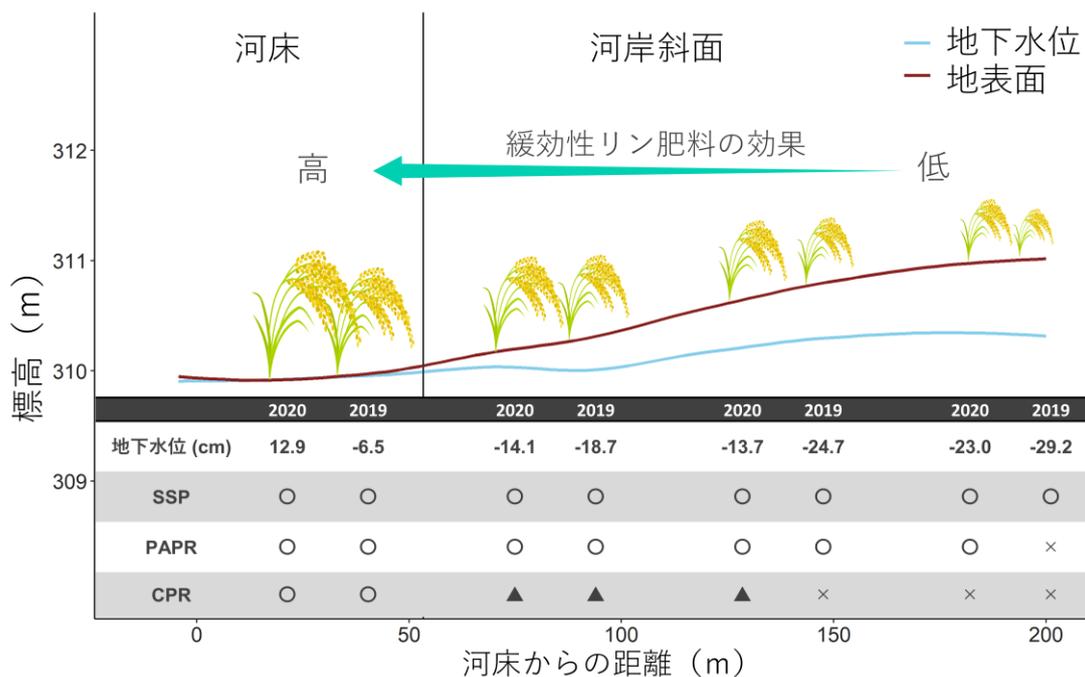


図6 稲作試験についての概念図

○：対照区に対して有意に収量が増加し、SSPと同等；▲：対照区に対して有意に収量が増加するが、SSPと比較して有意に収量が低い；×：対照区と比較して有意な収量の増加がみられない。

2-3 施肥栽培普及評価

在来リン鉱石を利用した新規複合肥料による施肥栽培の普及可能性評価を目的として、プロジェクト対象地域であるサリア近郊において無作為抽出された農家20戸の経営調査ならびに圃場観測(237圃場)を2019~2020年にかけて実施した。その結果、圃場全体に占める市販複合肥料(NPK)の施用面積割合が2割程度に留まっており、うち8割以上をササゲ圃場が占めていることが判明した。なお、ササゲは年1回、雨季のみの作付けである。ササゲ圃場の施肥量と収量の関係を分析した結果、平年並みの降雨があった2019年には施肥量に応じた増収傾向が認められるものの、降雨が乏しかった2020年には増収傾向が認められなかった。そのため、降雨次第では施肥を行っても期待される増収が実現しないというリスク(施肥栽培の抱える降雨リスク)が顕在化しているといえる。一方、収益性については、降雨が乏しく、施肥による増収が限られていた2020年のみならず、平年並みの降雨があり、施肥による一定の増収がみられた2019年においても施肥圃場と無施肥圃場とで大差なかった。この結果は、平年並みの降雨があり、施肥が一定の増収につながったとしても、その増収が、施肥に要した費用をカバーし、収益性を改善させるだけの水準には至っていないこと(つまり、現状の施肥栽培において経済的妥当性が欠如していること)を意味する。これらの結果から、施肥栽培の普及が限られている原因として、これまで想定されていた肥料価格の問題や農家の資金制約だけでなく、施肥栽培が抱える降雨リスクや経済的妥当性の欠如も影響していると考えられる。

一方、無施肥圃場の中には、施肥量の比較的多い圃場に匹敵する収量をあげている圃場が存在し、圃場の基礎生産力が土壌条件により大きく異なっている可能性がある。従って、異なる土壌条件を有する圃場でどの程度施肥効果が認められ、収益性の向上につながるかを検証する必要があり、そのために2021~2022年に向け、異なる土壌型の農家ほ場を対象に、在来リン鉱石を利用した新規複合肥料による施肥栽培試験ならびに経営調査を実施した。

得られたデータを分析した結果、新規複合肥料を用いた施肥栽培（特に CPR、PAPR と堆肥を組み合わせた施肥栽培）は、従来の無施肥栽培や市販肥料を用いた施肥栽培に比べ、高い収量、収益性に結びつくことが判明した。また、これらの調査の結果をもとに、農業経営計画モデルを用いて、試験参加農家が新規複合肥料の導入によって施肥栽培面積をどの程度まで拡大可能か推計した結果、耕地全体に占める施肥面積の割合を平均で 17%ほど拡大可能であることが判明した。これらの知見はとりまとめた上で論文に投稿する予定である。

焼成リン肥料を利用した新規複合肥料の乾期野菜栽培（トマト、アマランサス）への肥効確認を目的として、2021 年から 2022 年にかけて INERA カンボワンセ支所において栽培試験を実施した。施肥条件は、無施肥、鶏糞、市販複合肥料、新規複合肥料の各単体施用および鶏糞との併用とした。鶏糞はワガドゥグ市内の野菜栽培農家で一般的に施用されているため条件に加えた。2022 年雨期作のトマト栽培では、単体施用の場合、新規複合肥料と市販複合肥料の収量に有意差はなかった。一方で、市販複合肥料と鶏糞の併用に比べ、新規複合肥料と鶏糞の併用処理の個当たり平均果実重が 15%高い値を示したものの、鶏糞単体施用と有意差は認められなかった。アマランサス栽培でも、単体施用では新規複合肥料と市販複合肥料処理の収量に有意差が認められず、鶏糞との併用では新規複合肥料が 46%高い値を示したものの、鶏糞単体施用と有意差は認められなかった。以上のことから、新規複合肥料は市販複合肥料と同等の効果を有し、国産化に伴い肥料価格の低下が実現すれば、新規複合肥料のコスト-ベネフィットが高まると判断した。

②研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

実験計画法、およびデータの統計解析法について指導を行った。土壌センサーとデータロガーを用いた圃場での土壌環境モニタリングシステムの設置法、およびデータ収集技術を指導し、C/P 研究員が独自に操作できるようになった。2 名の共同研究員を日本に招聘し、土壌の可給態リン酸測定法を指導した。

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提案する。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。

(3) 研究題目 3 : 「リン鉱石の直接利用技術の開発」

研究グループ研究グループ JIRCAS（リーダー：中村智史）

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

研究題目 3 の成果目標は「ブルキナファソ産リン鉱石の直接利用法のテクニカルペーパーが国立科学技術研究センターに提出される」である。各活動項目の成果および 3-6 に記述したように、研究は順調に進捗し、3 件以上のテクニカルペーパーが提出予定であること

から目標を達成する見込みである。

3-1 水稲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（水稲直接施用）

天水稲作において有効性が確認されているブルキナファソ産低品位リン鉱石(PR)の施用法について、施用量、施用時期などの施用方法の影響を農家圃場試験により検証した。

INERA サリア支所近郊の3農家圃場における2カ年の試験の結果、天水稲作におけるPR施用では、 $135 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ でイネ収量が最大となり、市販の水溶性リン肥料（重過リン酸石灰:TSP）と同様であった。一方、 $30 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ を超える施用量では収量に有意差は認められず、実際の施用量は $30\text{-}60 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ が適正と考えられた。なおイネ植物体中のリン濃度は、施用量の差異による有意な変化は認められず、TSP最大施用量の場合とおおむね同程度であった。本結果は既存の類似研究と合致している。

また、PR施用時期について、2カ年の試験を2回（計4年）、農家圃場試験を実施した結果、イネ播種の二週間前に施用（以下、PR-2w）することで施用効果が高まることとなった（図7）。ただし、2カ年継続してPRを施用する場合、施用時期の差異は収量に影響せず、前年に施用したPRの残効影響下では、施用時期は播種と同時期で問題ないことが明らかとなった。

さらに、PR-2w施用について、TSP施用量の削減効果を検証したところ、TSPとPRの複合施用時にPR-2wで施用した場合、TSPの半量を代替してもTSP100%と同程度の収量が得られた。一方、TSPの半量をPR慣行施用とした場合、収量に明確な差異は認められず、PR-2w施用の有効性が認められた（図8）。

これらの結果について論文執筆中であり、年度内に投稿を予定している。またあわせて天水稲作におけるPR施用法として、テクニカルペーパーとして提出する予定としている。

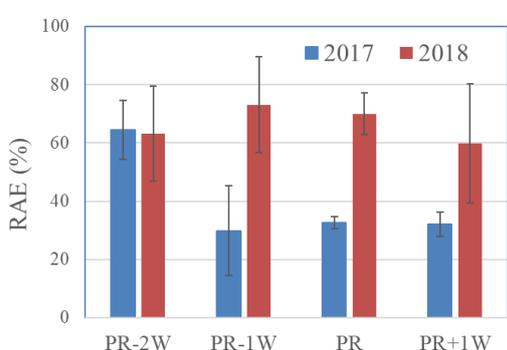


図7 リン鉱石施用時期の影響における初度施用と残効影響の比較
エラーバーは標準誤差 (n=6)

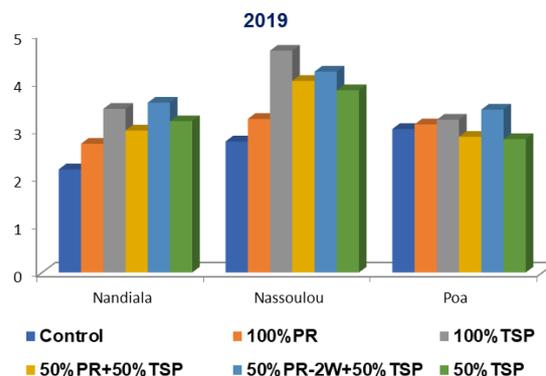


図8 TSPとリン鉱石の複合施用における施用時期の影響

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）

課題3-2では、PR直接施用がより有効なイネ品種を評価することが目的であるが、加えて課題1で提案された焼成リン肥ならびに部分酸性化リン鉱石の肥効についても評価した。また、調査地の選定において、ブルキナファソの天水稲作で問題となっている鉄過剰障害を呈する圃場に注目して検討を実施した。

2017・2018年には、インディカおよびアウス品種を含む288系統について圃場およびポット試験で評価され、64系統がPR直接施用における有望品種として選択された。以降、これら64系統に加え、ブルキナファソの改良品種とINERAの保有品種から*O. glaberrima*の30系統を追加して、ポットおよび水田において順次栽培し、PR直接施用でより優れたリン酸吸収を示す有望な系統を選択した。なお、当該試験では、ポジティブコントロール（NPK）、ネガティブコントロール（NK）に加えて、リン肥料として、PR(P/PR)、TSP、

焼成リン (P/Cal)、部分酸性化リン鉱石(P/Aci)を施用した。鉄過剰発現水田における各リン資材の施用が収量ならびに鉄過剰障害の程度に及ぼす影響を図 9 に示す。なお鉄過剰障害の程度については IRRI(1996)に従って評価した。

圃場特性に対する各品種の施肥応答性の差異について、通常の水田では、品種“Azucena”がリン鉱石施用区で優れた穀物収量 (0.97 kg/m²) を示した。焼成リン肥施用では、*O. glaberrima* 系統である HB 46 (1.12kg/m²), HB62 (0.94 k g/m²) およびアウス系統の「HB262」 (0.81 kg/m²) と「HB225」 (0.72 kg/m²) で優れた収量を示した。リン無施用(NK)区では Accession 15 が 413.5 g/m² と他の処理区よりも高い収量を示した。一方、鉄過剰圃場においては、リン鉱石直接施用では改良品種 KBR2 (1.35 kg/m²) が良好な収量を示した。焼成リン施用では、改良品種 FKR56N (1.10 kg/m²), KBR4 (1.03 kg/m²) が有望であり、在来の *O. glaberrima* 品種では、CC109A (0.59 kg/m²) と HB46 (0.52 kg/m²) で優れた収量を示した。

これらの試験により、処理条件や立地条件によってイネ品種の性能に差が出るという興味深い結果が得られた。Azucena は通常の水田におけるリン鉱石直接施用において有望な系統であり、KBR2 は鉄過剰障害が強い地域でのリン酸施用に適した候補である。HB46、HB62、HB262、225 の遺伝子型は、通常の水田においてリン酸塩を容易に利用することができた。しかし、鉄過剰障害程度が強い地域では、FKR56N、KBR4、CC109A および HN46 でリン酸塩の吸収が改善された。遺伝子型 Azucena と KBR2 は、それぞれ通常水田と鉄過剰障害を発現する水田における PR 直接施用による効果的なリン酸吸収に関する QTL を同定するための有力な候補である。

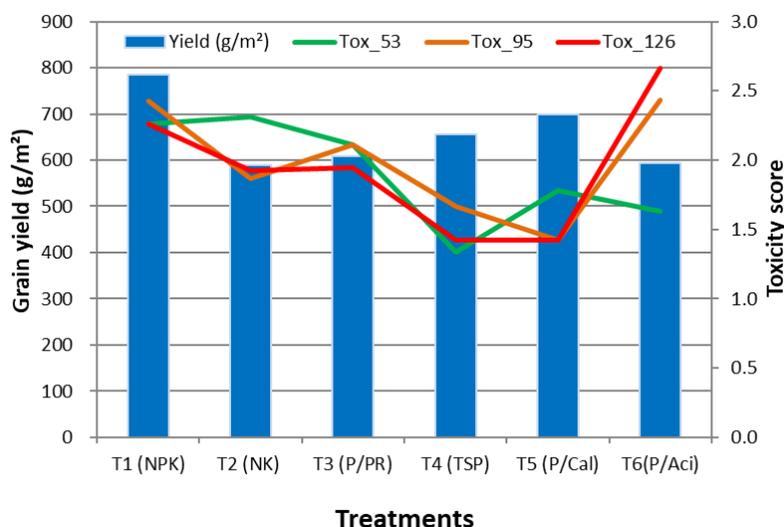


図 9 鉄過剰障害発現圃場におけるリン鉱石ならびに各種リン酸肥料の施用効果と播種後 53 日、95 日、126 日目における鉄過剰障害発現スコア*

*鉄過剰障害発現スコア：イネの生育および葉色から 1-9 段階で評価されるスコアであり、1 は通常の生育ならびに葉色、9 はほとんどのイネが枯死している状況を示す (IRRI 1996)。

引用文献：International Rice Research Institute, 1996: Standard evaluation System for Rice. 4th edition, IRRI, Manila, Philippines, 52 pp.

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)

リン鉱石富化堆肥の P 可溶化メカニズムを解明するために、3 種類の堆肥 (ソルガムわら

のみの単独コンポスト (Comp)、ソルガム茎葉にブルキナファソ産リン鉱石を 10% 添加したリン鉱石富化堆肥 (P-Comp)、ソルガムの根近傍で採取した根圏土壌を 10% 添加したリン鉱石富化堆肥 (P-Comp-Soil) を設定した。ブルーシートの上に設置した堆肥は 2 週間ごとに切り返し、水分量は 65% に調整した。45 日、60 日、180 日目に採取した試料の化学分析の結果、60 日目の P-Comp と P-Comp-Soil の有効 P 含有量はほぼ同じで、180 日目の P-Comp-Soil で 13% 増加した。P-Comp-Soil の窒素含有量は P-Comp よりも多く、分解と P の可溶化に優れていることを示唆している。P-Comp-Soil で P がよりよく可溶化されたのは、P 可溶化菌やアルカリホスファターゼ遺伝子保有微生物が増加したためで (図 10)、これは根圏土壌から有効な P 可溶化微生物が添加された結果であると考えられる。3 種類のコンポストを用いた試験結果から、P-Comp-Soil は土壌微生物の状態を改善し、化学肥料と同等のソルガム収量を得ることができ (図 11)、輸入化学肥料への依存を緩めることができる地元の安価な有機肥料として適していると考えられる。

これらの結果は国際誌に公表し、一部をプレスリリースとした。以後、リン鉱石富化堆肥製造技術について、テクニカルペーパーとして年度内に提出予定としている。

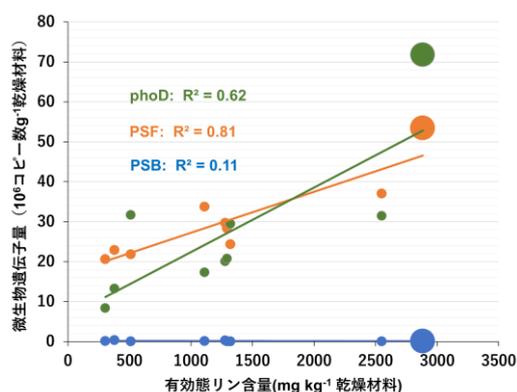


図 10 有効態リン含量と遺伝子量の関係
PSF: リン酸塩可溶化糸状菌、PSB: リン酸塩可溶化細菌 (pqqB+pqqE 遺伝子)、phoD: アルカリホスファターゼ生産菌。
大きな点(●)は、リン堆肥+土の 180 日のデータ

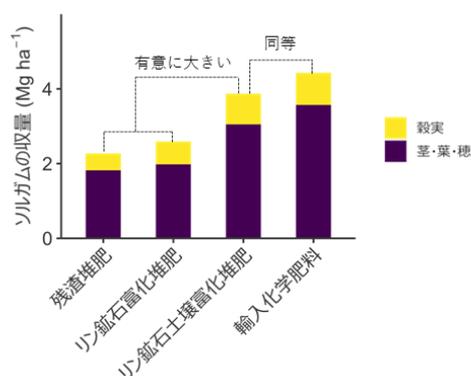


図 11 リン鉱石堆肥の施肥効果

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)

【マメ科作物】

リン鉱石 (Phosphate Rock: PR) の直接施用による作物の収量改善を図るため、マメ科作物が持つ難溶性リンの可溶化能力に着目し、直接施用に有効な作物種の選定を 2018 年から 2020 年に行った。ブルキナファソで栽培可能なマメ科作物 5 種 (ササゲ、ラッカセイ、バンバラマメ、ダイズ、リョクトウ) を対象として、リン鉱石直接施用が生育および収量に及ぼす影響を明らかにするための栽培試験を INERA サリア支所内の異なる土壌型 (Lixisols, Plinthosols) の 2 ヲ所の圃場で実施した。2 年間の試験では、PR 施用により無施肥 (OP 区) に比べて平均 1.2 倍の収量が得られ、重過リン酸石灰 (TSP 区) の施用効果 (1.3 倍) と同等であった (表 4)。作物ごとでは、ダイズにおいて無施肥区に比べて平均 1.6 倍、ササゲとラッカセイでも 1.2 倍の収量が得られた。一方、バンバラマメやリョクトウでは 1.0~1.1 倍とほぼ効果がなかった。土壌型の比較では、肥沃度の低い Plinthosols の方が Lixisols より

も平均して高い効果が得られたが、成熟期に降雨が少ない状況では、乾燥を受けやすい Plinthosols において効果が大きく低下する状況がみられた。PR 施用条件下での最大子実収量はササゲにおいて少雨年（2019 年）の Lixisols 圃場で得られた。ダイズは PR 施用効果が高いものの、子実収量は極めて低く、雨の少ない中部以北では実用的ではない。従って、ブルキナファソ南部を中心にダイズ、ササゲ、ラッカセイを対象にした PR の利用が効果的であると考えられた。これらの成果をとりまとめ、論文投稿を予定している。またテクニカルペーパーを作成した。4 月中に C/P 研究者から CNRST に提出される予定である。

表 5 異なる土壌型におけるマメ科 5 作物に対する PR 施用効果

| Year | Soil type | Treatment | Cowpea | Groundnut | Bambara nut | Mungbean | Soybean |
|---------|-------------|-----------|-----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| 2019 | Lixisols | OP | 93.8 ± 9.6 ac | 97.2 ± 6.3 ab | 26.0 ± 3.4 bc | 69.2 ± 12.7 a | 33.4 ± 11.0 ad |
| | | RP | 129.0 ± 14.2 a | 111.4 ± 17.0 a | 34.0 ± 4.9 bc | 71.5 ± 6.5 a | 65.4 ± 9.8 ab |
| | | TSP | 129.4 ± 17.6 a | 95.9 ± 7.0 ab | 36.5 ± 1.5 bc | 81.2 ± 18.4 a | 66.6 ± 5.8 a |
| | Plinthosols | OP | 34.2 ± 5.8 c | 36.8 ± 3.4 d | 32.3 ± 8.2 bc | 38.1 ± 15 a | 15.1 ± 1.9 d |
| | | RP | 59.4 ± 9.2 bc | 59.0 ± 3.8 bd | 34.4 ± 2.9 bc | 50.4 ± 9.2 a | 31.8 ± 5.0 bcd |
| | | TSP | 78.1 ± 11.1 ac | 46.5 ± 5.5 cd | 60.6 ± 5.5 a | 70.1 ± 4.0 a | 27.0 ± 4.6 cd |
| 2020 | Lixisols | OP | 90.7 ± 14.0 ac | 78.1 ± 3.2 abc | 43.1 ± 5.8 ab | 31.0 ± 9.3 a | 41.5 ± 9.1 ad |
| | | RP | 106.5 ± 11.6 ab | 85.9 ± 3.1 ab | 37.1 ± 6.1 ac | 41.9 ± 9.1 a | 42.0 ± 4.0 ad |
| | | TSP | 99.5 ± 6.8 ac | 84.5 ± 5.5 abc | 36.9 ± 5.2 ac | 35.8 ± 9.4 a | 52.1 ± 6.4 ac |
| | Plinthosols | OP | 54.7 ± 19.7 bc | 59.3 ± 12 bd | 18.9 ± 2.8 c | 53.9 ± 14.8 a | 20.3 ± 3.5 cd |
| | | RP | 39.2 ± 6.8 c | 60.6 ± 7.8 bd | 30.2 ± 5.1 bc | 27.7 ± 6.3 a | 41.3 ± 7.7 ad |
| | | TSP | 78.8 ± 24.5 ac | 79.3 ± 8.5 abc | 28.1 ± 3.6 bc | 47.7 ± 8.8 a | 26.4 ± 8.0 cd |
| Average | | 2019 | 87.3 | 74.4 | 37.3 | 63.4 | 39.9 |
| | | 2020 | 78.2 | 74.6 | 32.4 | 39.7 | 37.3 |
| | Lixisols | 108.2 | 92.1 | 35.6 | 55.1 | 50.2 | |
| | Plinthosols | 57.4 | 56.9 | 34.1 | 48.0 | 27.0 | |
| | OP | 68.4 | 67.8 | 30.1 | 48.0 | 27.6 | |
| | RP | 83.5 | 79.2 | 33.9 | 47.9 | 45.1 | |
| | TSP | 96.5 | 76.5 | 40.5 | 58.7 | 43.0 | |

各数値は平均値±標準誤差を示す。

各列の異なるアルファベットは年次、土壌、処理間において 5%水準で有意差があることを示す。

【樹木作物】

樹木作物について、2018 年 8 月より、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* sp.) の植栽木に対しリン鉱石直接施用効果の有無を検証する試験を実施した。12 kg の現地土壌に対し 0%, 0.4%, 0.8%, 1.6% の割合でリン鉱石粉末を施用し 4 樹種の定植に用いた。毎月、樹高、土壌表面から 20 cm の位置の直径を計測するとともに、枝数を調べた。ヒロハフサマメノキとモリンガは極めて速く成長し(ヒロハフサマメノキ:365 cm、モリンガ:330 cm)、モリンガは早くも開花・結実を開始した。30 カ月に及ぶデータをもとに、リン鉱石の直接施用が樹木の生長に及ぼす効果を解析したが、リン鉱石施用が樹木の生長促進に及ぼす効果を確認できなかった。現在、その結果をもとに論文を執筆中である。

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)

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 200-mL 容ビーカーであり、培養液量は 200 mL とした。培養液中リン濃度は 0, 5, 10 ppm 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、アゾ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 日目のアゾラ新鮮重量には相関関係が認められた(図 12)。

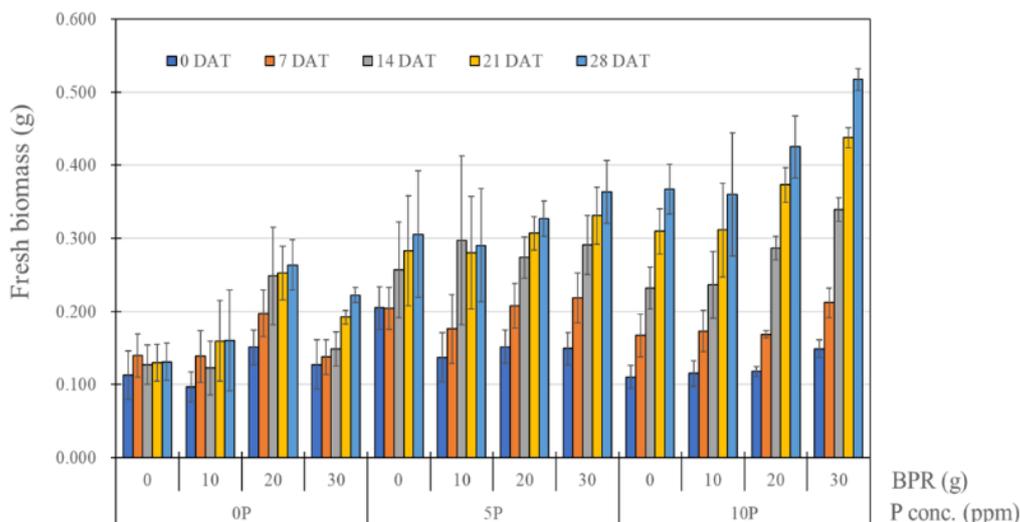


図 12 培養液中の P 濃度とリン鉱石施用量がアゾラの生長量に及ぼす効果

しかしながら、リン鉱石の施用はアゾラのバイオマスの増殖に寄与するものの、化学肥料である水溶性肥料 (TSP) 溶液の添加が重要であり、添加しない場合の増殖量は少ないと判断し、アゾラを活用した有機質 NP 肥料の製造は技術としては有望といえないと結論した。

3-6 リン鉱石直接利用マニュアルの作成(リン鉱石直接施用マニュアル)

これまで承認されたテクニカルペーパーを入手するとともに、記載方法を確認した。有望な直接利用技術候補を 3 件選定した。

- 3-1: 天水稲作へのリン鉱石直接施用法の改善技術 (播種前施用)
- 3-2: リン鉱石富化堆肥製造法の改善技術 (根圏土壌の添加)
- 3-3: リン鉱石直接施用が有効なマメ科作物の選定とその最適施肥量

これらのテクニカルペーパーを 2023 年 4 月中に国立科学技術研究センターに提出予定である。また、全ての研究題目の成果を統合したハンドブックの作成も現在作成し、3 月の拡大 TCC において引き渡し式を行った。

② 研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

リン鉱石富化堆肥製造法ならびに堆肥中微生物組成評価のための DNA 抽出測定法について、2022 年 10 月に INERA の研修生を本邦に短期招聘を実施した。なお、当初課題 3 のカウンターパートをそれぞれ短期招聘し、日本国内における分析・試験方法などの技術移転を予定していたものの、新型コロナウイルス感染症拡大の影響で実施できなかった。一方、各種リン鉱石直接施用法については、共同研究の過程において、カウンターパート研究者と共同で実施しており、既に INERA への技術移転はなされているものと考えている。

- 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特になし。

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、水稲作におけるアゾラ (*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ズラ在来種の分布域を把握し、有用アズ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ズラ増殖効果を明らかにし、ブルキナファソにおけるアズラ利用可能性を調査する。
- b) アズラを活用した有機質 NP 肥料の施肥効果を検討する。得られたアズラ由来有機質 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。対象作物はアズ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、研究者、および普及員を対象とした技術ハンドブック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研究者・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。

(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」

研究グループ JIRCAS（リーダー：内田諭）
研究グループ東京大学（リーダー：岡田謙介）

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

研究題目 4 の成果目標は、「効率的なブルキナファソ産リン鉱石の利用戦略が策定される」ことである。下記に記述したとおり、個々の活動は順調に進捗し、施肥による経済効果を全国レベルで評価して利用戦略に活用するための技術とシナリオによる予測をまとめた提案書を 3 月中に関係機関に提出し、目標は達成された。

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

リン酸肥料の利用促進のためには、その有効性を具体的に示すことが重要であり、実際の農家圃場への普及を考える場合には、異なる様々な立地条件に対する施肥効果の評価が必要である。そこで、作物生育モデル APSIM をブルキナファソ全国に展開して適用することを念頭に置き、主要穀物として全土にわたり栽培されているソルガムと輪作として組み合わせられるササゲを対象作物に選定し、ブルキナファソ国内 INERA カンボワンセ支所における施用試験を 5 年間にわたり実施した。施肥による効果を見るための施用試験は、ブルキナファソ国内においてこれまでも実施されてはきたが、APSIM モデルの適用のためのパラメータの値は確定されておらず、本試験を通じたパラメータのキャリブレーションは、ブルキナファソ国内での希少な機会となった。施用試験は、1 年目、3 年目、5 年目がソルガム、2 年目と 4 年目がササゲで実施した。これにより、各作物の単年度の生長に加えて、ソルガムとササゲの輪作に対するモデルの適用性を評価した（ソルガムの例（図 13））。ソルガム及びササゲに対する APSIM モデルの適用が有効であることが確認されたことで、ブルキナファソ全土への展開に関する研究を進めた。ここで、気象データは既存のデータセットである NASA Power から過去 20 年分を抽出し、土壌データは SoilGrids（国際土壌照合情報センター：ISRIC）より求めたが、県（Province）を単位とする予測値を得るため、以下の地理情報処理を行った。上記のデータは属地的情報であり、例えば SoilGrids であれば、250 m または 1 km グリッド値として提供されている。県の代表値は、県内の有効な値の平均値とした場合、非耕作地は除外すべきであり、4-3 の成果である新たな土地利用データセットを活用し、耕作地のみを平均値として算出した。以上により、ソルガムの施肥による収量への効果予測および施用効率の最大化を県単位で実現することを支援する手段が開発された。従来のブルキナファソで用いられてきたアフリカ最適施肥設計システム（OFRA）では、国内を粗く 3 地域に分けた施肥反応曲線のみが用いられてきたが、各県においてシミュレーションを行って得た結果はそれとは異なっており（図 14 は北部 Seno 県の例）、本手法により、国内各県の施肥効果のより正確な提供が可能となると考えられる。施肥栽培普及のため、施肥による経済効果の総合的予測の精度向上のためには、ソルガムだけでなく他の主要作物に対しても同様のアプローチを実施する必要があるが、本研究の成果として 1 つのプロトタイプが示せたことにより当初の目標を達成した。

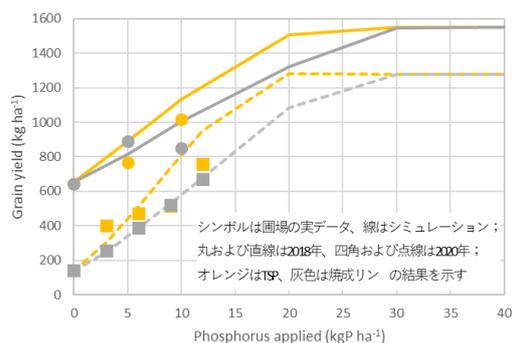


図 13 カンボワンセにおけるソルガムのパラメータ調節の結果とリン施用反応のシミュレーション

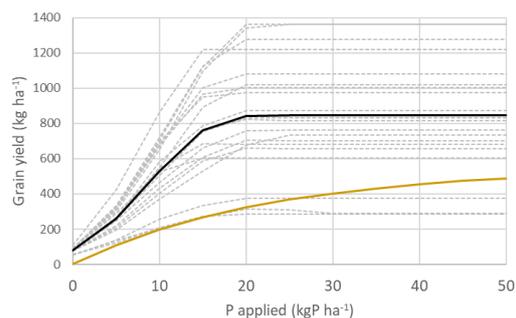


図 14 Seno 県における 2001～2020 年のソルガムへのリン施用反応(点線)とその平均(黒実線)ならびに OFRA による施用反応曲線(黄実線)

4-2 流通と需要拡大に向けたバリューチェーンの解明

農家の収益を向上させ、農業を中心とする地域経済の活性化のための施策を立案するためには、施肥栽培の促進による生産増がもたらす増収効果を予測することが重要である。施肥により生産量が増加しても、適正な価格で販売できなければ肥料への投資は農家にとって負の経済効果しかもたらさない。また、肥料価格は現状では輸入に多くを依存しており、国際経済の影響を受けて大きく変動し、また地域差も大きいことが想定される。そこで、経済的な連関性によりマクロな価格変化の予測に用いるベース情報として、肥料価格および生産物の販売価格の地域的特性の分析を行った。前者は、AfricaFertilizer.org が提供する統計情報であり国内 21 地点のデータから空間的に補間し県単位の値に換算した。後者は世銀による世帯家計調査マイクロデータ (Living Standards Measurement Study: DDI_BFA_2014 EMC_v01_M_WB) であるが、これよりスクリーニングにより異常値等を除去した 6515 世帯分を分析に用いた。県 (Province) 単位で集計したが、有効なデータが存在しない県があったため、内挿補間によって価格分布図を作成し、県毎の値を推計した。以上に加え、ブルキナファソ統計人口研究所 (Institut national de la statistique et de la démographie) による統計データ等を用いて農産物の地域特性および今後の需要動向を分析した後、施肥量の増加に伴い農産物の生産量が増加した際の流通量と価格の変化に対する予測を行った。その結果より、ブルキナファソでは今後においても穀物需要は高く、生産量が過剰でない程度に増加しても農産物価格の下落は見られず、現状においても肥料への投資に対して施肥効果による増収による利益が得られていることから、肥料普及は農家経済・地域経済にとって現行より増益をもたらすという根拠となり得る。この成果は肥料普及方策の上で活用されることが想定され、当初の目標を達成した。

4-3 国産肥料の利用が地域経済に及ぼす影響の評価

肥料の利用により農作物の生産性が向上し、投資額に比べて増収となる生産物の販売による利益が大きければ、生産者家計への裨益となる。こうした裨益効果を予測するためには、利用する肥料の施肥量、価格や生産への効果、また、生産物販売価格が予測スキームにおける要素となる。そして地域経済への影響という観点からは、適当な大きさの空間単位を採用することが有効であり、ここでは県 (Province) を単位とする評価を行った。経済効果を評価するフローは、図 15 に示した通りである。元データは県単位で集約された統計値もあれば、価格データのような市場の位置での値、土壌等の立地環境に関するメッシュ値等があるため、前段階の手順として、各要素を県の代表値となるよう地理情報処理を実施した。この過程で、メッシュ値から県内の耕作地の代表値を求めるために精度の高い土地利用情報を必要としたため、衛星データをベースとする土地利用データを独自に開発

した。精度検証の結果、ブルキナファソ国土地理院が作成した NBDOT、USGS による Global Cropland、国際機関等で採用している Globeland30、ヨーロッパ宇宙機構が開発した CCI Land Cover のいずれよりも耕作地の抽出精度が高いことが示された。また、施肥効果に関しては、ネブラスカ大学とアフリカ各国機関で共同開発した OFRA (Optimizing Fertilizer Recommendations in Africa) を参照したが、これは地域区分が粗く、実際に使用している肥料が適切に反映されていなかったため改良し、4-1 の成果として得られた APSIM に基づく反応式にも適用可能なシステムとして構築した。さらに価格情報は、4-2 の結果を反映した入力を可能とした。そして Excel のマクロ機能を用い、実行後肥料価格、生産者販売価格の現行からの変化率、追加する肥料の量を入力し、農家当たり及び 1ha 当たりの収益額の現行との差を出力するシステムとして開発した。ソルガムを例として、図 16 は NPK 価格が 1% 上昇した場合の農家当たりの収支変化、図 17 は生産者販売価格が 1% 上昇した場合の変化、図 18 は NPK を 50 kg/ha の割合で追加して施肥した場合の変化を示したものである。こうして、肥料価格の上昇に対してどの程度影響が出るか、また、廉価な肥料を導入する効果があるか、生産者価格を支えることや肥料を追加することによる経済効果が地域毎にどのように現れるかの予測が可能となった。以上より、今後の施策立案の参考となる情報提供するシステムを開発したこととなり、当初の目標を達成した。

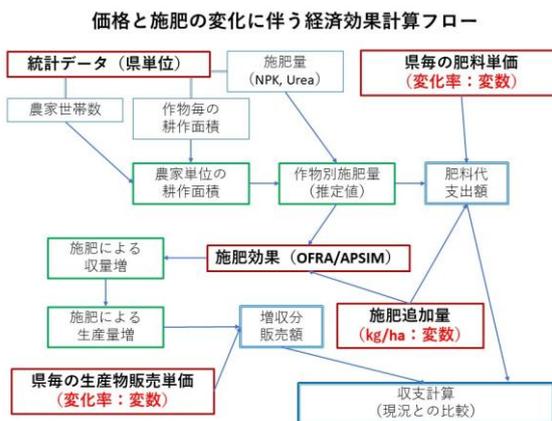


図 15 経済効果計算フロー

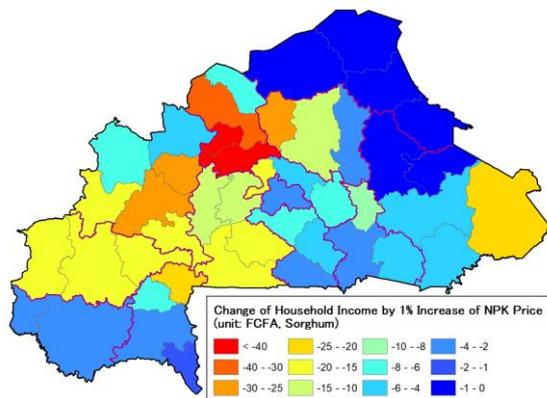


図 16 NPK 価格 1% 上昇時の農家収支変化

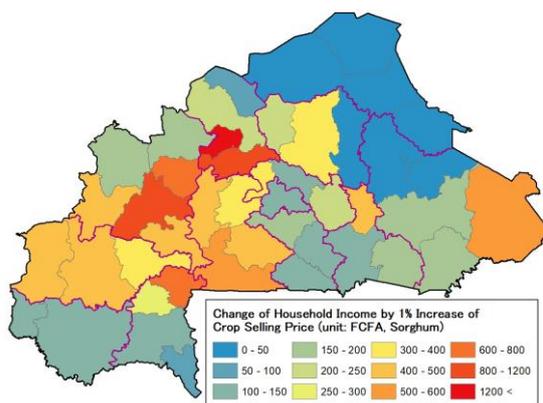


図 17 生産者販売価格 1% 上昇時の農家収支変化

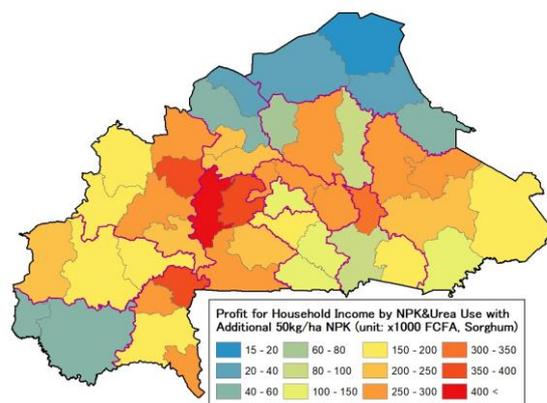


図 18 NPK 施肥量 50 kg/ha 増加時の農家収支変化

② 研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

作物モデル (APSIM) の適用にあたり、係数のキャリブレーションのための圃場試験設

計及び得られたデータの処理に関して、学生への指導等の経験がある日本側参画者と共同で研究を進め、また、日本への招聘を行うことによって、カウンターパートの研究ネットワークが拡大した。農業開発のための地理情報処理技術に関しては、共同研究機関及び現地大学でのセミナーの実施、さらに、大学院生への指導を行い、当該技術のブルキナファソにおける広報活動を実施した。

- ③ 研究題目 4 の当初計画では想定されていなかった新たな展開特になし。

- ③ 研究題目 4 の研究のねらい (参考)

ブルキナファソにおける国内産リン鉱石肥料の普及を促進するためには、農家レベルおよび地域経済にとって肥料利用がもたらす裨益効果を示すことが重要となる。様々な立場のターゲットに対して、具体的なイメージを伴って理解できる情報を作成・提供することが鍵となるため、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)

施肥試験を含む施肥と生産、環境、流通等の情報収集を行い、作物生育モデル、経済モデル、地理情報システム等に適用し、解析手法開発および手法の最適化に関する研究を実施する。さらに、解析結果をもとに現状分析と肥料普及効果の予測を行い、報告書として纏める。

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

(1) プロジェクト全体

反政府ゲリラの活動により治安が不安定な地域が拡大し、2019 年以降、重要な試験の拠点であった INERA サリア支所、ファラコバ支所、コアレ支所のいずれにも訪問できない状態が生じた。加えて、新型コロナウイルス感染拡大を受け、2020 年度には一度も出張出来ず、2021 年度においても出張を控える研究者が多かった。最終年度においても出張回数が予定に比べて少なかった。こうした状況の中、研究課題の C/P 研究者間でメールや On-line での打ち合わせを行いつつ、INERA 側のイニシアチブにより研究を遂行した。また、2020 年度以降は、技術調整会議(TCC)を On-line 形式で実施した。ただし、最終の 2023 年 3 月の TCC については、ワガドウグにおいて対面形式と On-line のハイブリッド形式での会議を開催した。

プロジェクト開始当初の研究計画に加え、プロジェクト目標を補完・補強するとともに、INERA 参画研究者の自発的活動意思を醸成することを目的として、日本側 C/P と相談しつつも、INERA 研究者自身の発案による研究計画を募った。その結果、16 件の応募があり、INERA 側と協議の上、6 件を採用した。それらの研究計画に関連する研究題目の中に位置づけ、「INERA イニシアチブ」と名づけ、日本側担当者と協議しつつ試験を実施した。こうした仕組みは INERA 側との良好な関係作りに寄与したと考えている。

プロジェクトの妥当性・有効性については、先に記述したように、2020 年にブルキナファソ政府が日本政府に提出した政府開発援助による支援要請において、プロジェクト成果を活用して焼成リンを製造するための経費が盛り込まれたことから、プロジェクトが政府の肥料政策に影響を与えていることは明らかである。しかしながら、その予算規模が非常に大きかったこと、新型コロナウイルス感染拡大や 2022 年 1 月に発生したクーデターなどの影響を受け、その検討は保留状態となっていると聞いている。また、ブルキナファソ政府の計画

は、実用規模のプラント建設を想定していたことから、プロジェクトとしては、非常に小さい規模でまずは実証することも重要であると提案した。その目的のため、JICA 技術協力プロを想定してプロジェクト計画をブルキナファソ側関係機関と協議し合意に至った。今後、さらに協議を続け提案書を完成させる予定である。

2021年度より開始された JIRCAS 交付金プロジェクト「アフリカ畑作システム」において、本プロジェクトの成果であるブルキナファソ産リン鉱石から製造した焼成リンの施肥効果をガーナ、ギニア・サバンナ帯において試験中である。これまでの成果からより降雨量が多いほど焼成リンの施肥効果が高まることを確認済みであるとともに、一般的に酸性土壌ほど溶解性が高まることが知られており、ガーナでの栽培では施肥効果が高まることが期待される。将来的には、ブルキナファソのリン鉱石を用いてガーナで焼成リン製造を行う可能性を検討したい。

INERA はアフリカ緑の革命同盟 (AGRA) から 2022 年から研究助成金を受けることになった。その研究では、気候・土壌環境に適したテーラーメイドの肥料成分を明らかにし、その成果を肥料のブレンドに活用するものである。そこでは、INERA がプロジェクト後も製造する焼成リンを活用することとしており、プロジェクト成果が自律的発展的研究につながっていることを示すものである。

(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」

研究グループ JIRCAS (リーダー : 中村智史)

研究題目 1 では、相手国機関との共同研究実施に大きな問題は生じていない。事業の中心的役割である肥料製造プラントについても、その損壊が生じるという大きなトラブルに見舞われたが、現地との密な連絡により、問題を解決できた。なお、相手国機関の担当者も肥料製造機械の専門家ではないため、修復には多大な労力が必要だったが、オンライン接続や渡航制限が緩和されてからは、他参画者の協力もあり修復が可能となった。現地とのやり取りにおいて、こうした予期しない事態が生じた際、想定外の予算支出などを現地から求められるが、現地調整員の存在が迅速な対応を可能としていた。

- ・ 類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等。

本課題のように事業推進に必要な大型機械がある場合、想定外のトラブルが生じる可能性は常にある。予備品の調達などは想定内だったが、不随する点検業務などに専門的な知識が必要であり、当該機材のメンテナンスが可能な業者を現地で育成しておく必要がある。また、今回、太陽光発電システムの調達の際、選定された業者に、結果として知識・経験の面に大きな不安があった。電源工事や電気系統のメンテナンスの可否は、事業進捗に大きく影響すると考えられ、より慎重な業者選定が必要と考える。

(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」

研究グループ JIRCAS (リーダー : 南雲不二男)

当初の計画に従い、スーダンサバンナ地帯に位置する INERA サリア支所、コアレ支所、およびギニアサバンナ帯に位置するファラコバ支所において、施肥試験を実施したが、プロジェクト開始後、治安上の理由から現地への訪問が次々と制限された。そのため、INERA 研究員をワガドゥグに来てもらい打ち合わせを実施し、また、メールのやり取りやオンライン会議などを行うことで意思疎通に努めた。

(4) 研究題目 3 : 「リン鉱石の直接利用技術の開発」

研究グループ JIRCAS (リーダー : 中村智史)

研究題目 3 では、本年度、C/P 側の課題責任者が変更となった。これは当該責任者が現地

側の判断により責任者として不適当との判断に基づく。これまで課題 3 の実施課題については、各実施課題責任者が現地 C/P との協議に基づいて活動している。事業開始当初、課題責任者の意向により、研究者同士の直接的なコミュニケーションが制限され、すべての情報について課題責任者を通すというルールになっていた。しかしながら、課題責任者の反応が著しく遅く、研究進捗に遅滞が生じる恐れがあったため、研究代表者とともに、ルールの変更を依頼し承諾してもらえた。このような仕組みは INERA 内のヒエラルキーを重んじる文化によるものと考えられる。相手方へのリスペクトは重要であるが、事業実施の妨げになるような場合、早期に変更を行う必要があると考える。最終的に事業終了年度に課題責任者が変更となったが、あまりにも遅きに失した感がある。

(5) 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」

研究グループ JIRCAS（リーダー：内田諭）

研究グループ東京大学（リーダー：岡田謙介）

・研究題目 4 は、施肥による効果を生産性と経済性の両面から評価し、さらに評価対象を全国レベルに展開するだけでなく、専門の研究者だけでなく様々なステークホルダーに説明できる資料としてアウトプットを作成することを目指してきた。このため、参画者はブルキナファソ側、日本側共に専門の異なる複数の研究者からなるため、データの相互利用や分析を円滑に進められるよう、目的および情報の共有化に努めた。共通の理解のため、例えば地理情報の処理や活用に関するセミナーを実施したが、専門分野が異なる研究者にも積極的に参加してもらうようにした。研究者間の連携の例として、研究題目 4-1 においては、圃場試験に基づく作物生育モデルの構築・検証が行われたが、両国の担当者は試験の実施においては共同研究を問題なく実施した一方で、モデルに適用する情報が不十分な条件下で全国レベルに展開するノウハウがなかったため、地理情報解析を専門とする参画者との協力を行った。また、地理情報の収集の段階では、ブルキナファソ側の当該分野の専門家の協力を必要とし、結果的に両国の参画者間でのデータの受け渡しが円滑に行われた。このことは、研究題目 4-2 においても同様であり、経済分析結果を地理情報として適切に加工することで、効果的なアウトプットの作出を進めることができた。以上のように、個々の専門を超え、かつ国際共同研究として、活動を推進することにはある程度成功したものの、各参画者が他の活動と兼任して時間的に調整が付かなかったこともあって、専門間の相互理解を十分に深化するには至らなかった側面もあり、研究期間を通した実質的な活動時間の確保が課題となると考えられた。

Ⅲ. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

特になし。

(2) 社会実装に向けた取り組み

・先に述べたように、INERA は AGRA から研究助成金を獲得し、本プロジェクトの成果の一つである焼成リン製造法はすでに INERA に技術移転済みであり、その焼成リンを用いて、2023 年度よりテーラーメイドの肥料成分割合を明らかにすることを目指している。これらの成果は現在建設中のブレンディングプラントにおいて活用されることが期待される。

・本プロジェクト成果をもとに、各種技術書・提案を関係機関に提出した。すなわち、農業省作物生産総局

最適施肥技術リサーチハイライト

リン鉱石の直接利用ハンドブック

複合的効果の評価に基づくブルキナファソにおける施肥栽培促進戦略

ブルキナリン酸利用公社

新規リン肥料・複合肥料製造法マニュアル

「最適施肥技術リサーチハイライト」では、国産試作リン肥料の性質、主要な作物への試作肥料の効果、試作肥料の新しい施用法の提案と農家収入に期待される効果などの章で構成され、試作肥料の研究成果を包括的に概説している。「リン鉱石の直接利用ハンドブック」では、始めに、これまでの国産リン鉱石の利用法に関する研究成果を概説した後、6種類のリン鉱石直接施用試験結果を取りまとめた。最後に、その内の有望な2種類の利用法について、国立科学技術センターに提出するテクニカルペーパーを掲載した。「複合的効果の評価に基づくブルキナファソにおける施肥栽培促進戦略」においては、県単位で、主要作物の施肥効果を推定するとともに、施肥栽培を実施した場合の農家経営への影響を解析し、施肥栽培が普及した場合の国全体としての経済効果をシミュレーションするモデルを紹介した。「新規リン肥料・複合肥料製造法マニュアル」においては、2種類のリン肥料製造の手順を説明し、バルクブレンディング法による複合肥料製造法を説明した。

これらの技術書、提案書は、2023年3月10日開催の最終の拡大TCCにおいて各ステークホルダーに授与された。これらが活用されることにより、政府の肥料政策に反映され、改善された施肥技術の農家への指導、そして、国産リン酸肥料製造による安価な複合肥料の製造・販売が実現することが期待される。そのため、INERAが主体となって、各種技術書の内容をスタークホルダーに4月中に説明会を開催する予定である。

・研究成果を広く普及するために、JICA 技術協力案件として、そのフレームワークをまとめ、相手国関係機関と合意した。JICA からは民間投資を呼び込むような案件にしては、との提案を受けた。プロジェクト終了後も引き続き検討を続け、関係機関全てが合意できるような案件にしていきたいと考えている。

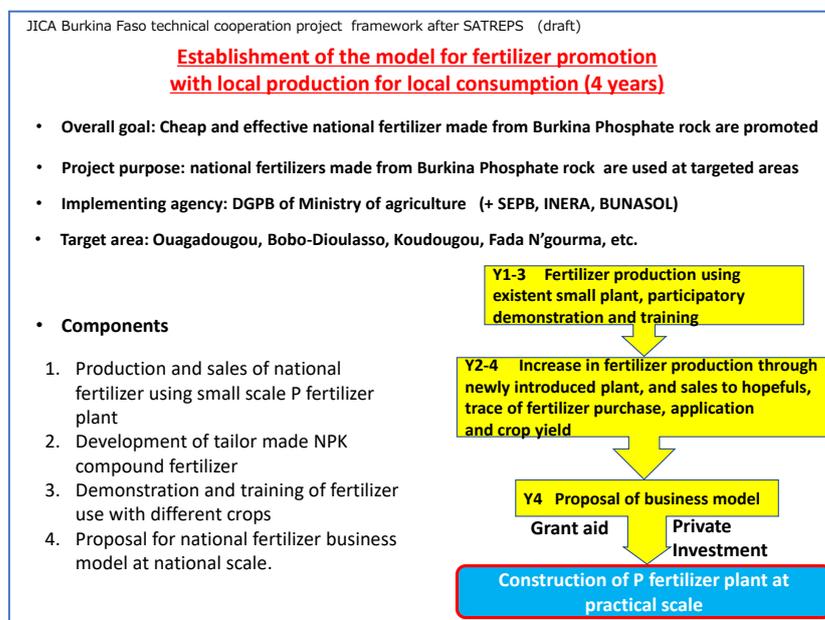


図 19 JICA 技術協力プロジェクトフレームワーク (案)

・リン鉱石を直接利用する各種技術についてはブルキナファソ農業省が強い興味を示しており、JICA と連携して普及員による農家への技術移転を進めることで合意している。2023

年度より普及員への研修を開始し、以後 2 年間にわたって農村での普及活動を実施する予定である。技術を採用した農家に対しては国際農研がフォローアップ調査を行い、農家による採用率を上げるための技術改良を行う。

・笹川アフリカ財団(SAA)は、アフリカにおいて 35 年以上にわたりアフリカの小規模農家に対して農業技術の普及を行ってきた。2023 年度より、国際農研と SSA は、日本財団からの受託事業としてアフリカの農業技術開発と普及に関して連携して活動することが決定した。そこでは、国際農研の研究成果が生かされ活用されることが期待されている。SAA の活動重点国 4 ヶ国はいずれもリン鉱石資源を有しており、その内 3 ヶ国のリン鉱石資源は利用されていない。プロジェクトの成果を活用した試験を協力して実施することにより、より多くの国々において社会実装につながることを期待される。

IV. 日本のプレゼンスの向上 (公開)

日本およびブルキナファソにおいて様々な媒体を通じて本プロジェクトの活動の情報発信に努めた。

・2016 年 10 月：日本熱帯農業学会シンポジウムにおいて、「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-」の講演を行い、プロジェクトの概要を紹介した。

・2017 年 7 月：プロジェクト開始を告げるキックオフ会議をブルキナファソで開催した。テレビ放送で会議の様子が放映されると共に、その内容が新聞一面に大きく掲載された。

・2018 年 8 月：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」において、「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」と題してプロジェクトの取り組みを紹介した。

・2019 年 2 月：在ブルキナファソ日本国大使館のプレスツアーに参画し、本プレスツアーには多くの現地取材陣が同行し、RTB (国営テレビ)、シドワヤ紙、ブルキナ 24 (オンライン)、コティディアン紙の各メディアによって紹介された。

・2019 年 6 月：プロジェクトワークショップを開催し、メディア 2 社からの取材があり、新聞に掲載された。

・2019 年 8 月：TICAD7 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」での国際農研理事長のプレゼンテーションでプロジェクトを紹介した。

・2019 年度 8 月：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」のための冊子作成に協力しプロジェクトの取り組みを紹介した。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た。

・2019 年 10 月：ワガドゥグにおいて肥料製造装置授与式を開催し、テレビ、新聞で紹介された。

・2020 年 3 月：SATREPS を含む、長年の共同研究協力に対して、INERA の上部機関である国立科学技術研究センター所長より国際農研研究代表者に対して感謝状が授与された。

・2020年4月：国際農研 Web サイトにプロジェクトの専用ページを開設し情報発信に努めた。

・2021年3月：日本熱帯農業学会 129 回講演会公開シンポジウム「地球規模の農業・食料・環境課題に挑む－国際農研の SATREPS プロジェクト」において、プロジェクトの成果を紹介した。

・2021年度5月：ブルキナファソ土壌科学学会が主催する国際シンポジウム、テーマ「持続的土地管理のための農業資材へのアクセス：小規模農民が直面する課題」を後援するとともに、ブースを設けプロジェクトおよび国際農研の活動を紹介した。シンポジウムでは、INERA 研究者4名がプロジェクトの成果を発表した。

・2021年10月：「第13回科学研究・技術革新国家フォーラム」において、ブースを出展しプロジェクトを紹介した。

・2021年11月：「第4回科学技術国際シンポジウム」において、ブースを出展し、プロジェクトを紹介するとともに、INERA 研究者1名がプロジェクト成果を報告した。

・2021年12月：東京栄養サミット 2021 に際する外務大臣科学技術顧問らによる共同声明の発出に際して、プロジェクトの成果をショーケースの一つとして紹介した。

・2022年4月：国際農研のサール主任研究員がブルキナファソの新聞「Infos-Science-Culture」のインタビューを受け、プロジェクトが大きく紹介された。

・2022年6月：ガーナ、ブルキナファソを対象とした営農計画策定支援プログラムを国際農研ウェブサイトで公開した。ブルキナファソについては、プロジェクトの活動の一環として作成されたものであり、農業所得を最大化するのに最適な作物や技術の組み合わせを容易に求めることができる。

・2022年8月：笹川アフリカ財団と国際農研が共催した TICAD8 サイドイベントの公開セミナーにおいて、JIRCAS の活動の一つとしてプロジェクトの成果を紹介した。

・2022年8月：国際農研が主催し、JST と JICA が後援した TICAD サイドイベントの公開セミナーにおいて、プロジェクトの成果を紹介した。

・2023年3月：研究報告を兼ねた最終の拡大 TCC を開催し、新聞、テレビで紹介された。

V. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

VI. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VII. その他（非公開）

特になし。

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 原著論文(相手国側研究チームとの共著)

| 年度 | 著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ | DOIコード | 国内誌/ 国際誌の別 | 発表済 /in press /acceptedの別 | 特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。) |
|-----|---|---|---------------|---------------------------------|--|
| 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 | doi: 10.1080/00380768.2019.1598236 | 国際誌 | 発表済 | |
| H31 | Satoshi Nakamura, Simpore 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, 64 (2) | doi: 10.11248/jsta.64.97 | 国際誌 | 発表済 | |
| R2 | Papa Saliou Sarr, Ezechiel Bionimian Tibiri, Monrawee Fukuda, Armel Nongma Zongo, Emanuel Compaore, Satoshi Nakamura. Phosphate-Solubilizing Fungi and Alkaline Phosphatase Trigger the P Solubilization During the Co-composting of Sorghum Straw Residues With Burkina Faso Phosphate Rock. Frontiers in Environmental Science 2020, 8:559195 | doi: 10.3389/fenvs.2020.559195 | 国際誌 | 発表済 | |
| R3 | Fukuda, Monrawee, Dohan M. Soma, Shinya Iwasaki, Satoshi Nakamura, Takashi Kanda, Korodjouma Ouattara, and Fujio Nagumo. 2021. "Site-Specific Responses of Lowland Rice to Acidulated and Calcined Phosphate Rock Fertilizers in the Center-West Region of Burkina Faso." Edited by Peddisetty Pardha-Saradhi. PLOS ONE 16 (4): e0250240. | https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250240 | 国際誌 | 発表済 | |
| R3 | Iwasaki, Shinya, Monrawee Fukuda, Kenta Ikazaki, Satoshi Nakamura, Korodjouma Ouattara, and Fujio Nagumo. 2021. "Optimal P Fertilization Using Low-Grade Phosphate Rock-Derived Fertilizer for Rice Cultivation under Different Ground-Water Conditions in the Central Plateau of Burkina Faso." Soil Science and Plant Nutrition 67 (4): 460-70. | https://doi.org/10.1080/00380768.2021.1932584 | 国際誌 | 発表済 | |
| R3 | Iwasaki, Shinya, Kenta Ikazaki, Ameri Bougma, and Fujio Nagumo. 2022. "Appropriate Use of Local Phosphate Rock Increases Phosphorus Use Efficiency and Grain Yield of Sorghum and Cowpea in the Sudan Savanna." Frontiers in Soil Science 1 (January): 709507. | doi: 10.3389/fsoil.2021.709507 Frontiers in | 国際誌 | 発表済 | |
| R4 | Sagnon, A., Iwasaki, S., Tibiri, E.B., Zongo, N.A., Compaore, E., Bonkoungou, I.J.O., Nakamura, S., Traore, M., Barro, N., Tiendrebeogo, F., Sarr, P.S., 2022. Amendment with Burkina Faso phosphate rock-enriched composts alters soil chemical properties and microbial structure, and enhances sorghum agronomic performance. Sci Rep 12, 13945. | https://doi.org/10.1038/s41598-022-18318-1 | 国際誌 | 発表済 | |

論文数 7 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 7 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) |
|-----|--|---|---------------|---------------------------------|---------------------------------|
| H28 | 中村智史・今井敏夫・鳥山和伸・飛田 哲・松永亮一・福田モンラウィー・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稲の生育におよぼす影響, 日本土壌肥科学雑誌. 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 | |
| R3 | 岩崎 真也、ブルキナファソ産リン肥料を用いた農業の最適化 熱帯農業研究 2021 年 14 巻 1 号 p. 37-38 | https://doi.org/10.11248/nettai.14.37 | 国内誌 | 発表済 | |
| R3 | 南雲不二男 ブルキナファソ産リン鉱石を活用した「肥料の地産地消」を目指して 熱帯農業研究 2021 年 14 巻 1 号 p. 35-36 | https://doi.org/10.11248/nettai.14.35 | 国内誌 | 発表済 | |

論文数 5 件
 うち国内誌 4 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 |
|----|---|-------------|---------------------------------|------|
| R1 | アフリカ産低品位リン鉱石は炭酸カリウム添加焼成により肥料化できる(2020年3月) | 国際農研成果情報 | 発表済 | |
| R2 | 西アフリカ天水稲作の各農業生態域区分に最適なリン鉱石直接施用頻度(2021年3月) | 国際農研成果情報 | 発表済 | |
| R2 | リン鉱石富化堆肥中の有効態リン含量に及ぼす根圏土壌添加の効果(2021年3月) | 国際農研成果情報 | 発表済 | |
| R3 | アフリカ産低品位リン鉱石を用いて製造したリン肥料は天水稲作で輸入肥料を代替できる(2022年3月) | 国際農研成果情報 | 発表済 | |
| R4 | M.Yamada, S.T. Ouedraogo, Present conditions and challenges of fertilizer application by vegetable farmers in Ouagadougou, Burkina Faso. XXXI International Horticultural Congress (IHC2022): International Symposium on Urban Horticulture for Sustainable Food Security (UrbanFood2022), Angers, France, 14-20 Aug 2022 | 学会プロシーディングス | 発表済 | |

著作物数 5 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 |
|----|---|-----------------|---------------------------------|------------------------------------|
| R2 | 南雲不二男, 輸入依存から地産地消への道のり: アフリカ在来リン鉱石を活用した肥料生産・普及を目指す. 特集 国際農研と地球規模課題対応国際科学技術協カプログラム(SATREPS) JIRCAS ニュース. 2020.11 No. 89. | JIRCAS広報出版物(和文) | 発表済 | |
| R2 | Fujio Nagumo, Toward "Local production for local consumption": aiming at production and distribution of fertilizers manufactured from African indigenous phosphate rock. Special feature JIRCAS and the science and technology research partnership for sustainable development (SATREPS) program. JIRCAS news letter 2020. 11. No 89 | JIRCAS広報出版物(英文) | 発表済 | |
| R2 | 小出淳司, ブルキナファソ産リン鉱石を用いた新規肥料による施肥栽培の普及に向けて. 特集 国際農研と地球規模課題対応国際科学技術協カプログラム(SATREPS) JIRCAS ニュース. 2020.11 No. 89. | JIRCAS広報出版物(和文) | 発表済 | |
| R2 | Junji Koide, Toward expansion of fertilizer cultivation using new fertilizer composed of Burkina Faso phosphate rock. Special feature JIRCAS and the science and technology research partnership for sustainable development (SATREPS) program. JIRCAS news letter 2020. 11. No 89 | JIRCAS広報出版物(英文) | 発表済 | |
| R4 | 南雲不二男. リン鉱山は国の宝だ—肥料の地産地消を目指して— | 明石書店 | | ブルキナファソを知るための73章(仮)『エリア・スタディーズ』校閲中 |

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 |
|----|---------------------------------------|--------------------|--|
| R4 | 農業所得を最大化するのに最適な作付体系等を特定できるプログラム(仏語版) | 営農計画策定支援プログラムBFMbf | 国際農研Web-siteで公開 https://www.jircas.go.jp/ja/reports/2022/r20220622 |

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), Simporé, 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 (Utokyo), Idriss Serme (INERA), Armand Issouf Batiénon (IPD/AOS), Kensuke Okada (Utokyo). 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 |
| R1 | 国際学会 | The improvement of nutrient status in phosphate rock-enriched composts is tightly linked to increases in abundance and activity of total and beneficial microbes. Tsukuba Conference 2019, Tsukuba 2-4 October 2019 | ポスター発表 |
| R2 | 国内学会 | 岩崎真也(国際農研)、福田モンラウイー(国際農研)、伊ヶ崎健大(国際農研)、中村智史(国際農研)、神田隆志(農環研)、ドハン・M・ソマ(INERA)、南雲不二男(国際農研)、ブルキナファソの天水稲作における、異なる地下水位条件での最適リン酸施肥量の決定、日本土壌肥料学会2020年度大会 | 口頭発表 |
| R3 | 国内学会 | 岩崎真也(国際農研)、伊ヶ崎健大(国際農研)、シンポレ・サイドウ(INERA)、バロ・アルベール(INERA)、南雲不二男(国際農研)、ブルキナファソ中央台地に優占する異なる土壌型における最適施肥管理、日本土壌肥料学会2021年度大会 | 口頭発表 |
| R3 | 国内学会 | 内田諭(JIRCAS)・小林慎太郎(農林水産技術会議)、Kone Nikolas(INERA)、ブルキナファソにおける施肥による農業生産及び農家経済への効果の空間分析、システム農学会2021年度大会、盛岡(On-line)、2021年6月 | 口頭発表 |
| R3 | 国際学会 | Sagnon A. (INERA-Ouagadougou University), Iwasaki S. (JIRCAS), Tibiri E.B. (INERA), Tiendrebeogo F. (INERAA), Compaore E. (INERA), Bongkougou I.J.O. (Ouagadougou University), *Sarr P.S. (JIRCAS). Effect of BPR-enriched composts on soil chemical and biological properties, and on sorghum growth in Burkina Faso. International scientific symposium on sustainable management of lands, 3rd edition, Ouagadougou, Burkina Faso, 17-21 May 2021. | 口頭発表 |
| R3 | 国際学会 | Hamadou Sidibe (INERA), Kenta Ikazaki (JIRCAS), Kohtarō Iseki*(JIRCAS) The effect of Burkina rock phosphate direct application on leguminous crops under different soil types of Lixisols and Plinthosols. International scientific symposium on sustainable management of lands, 3rd edition, Ouagadougou, Burkina Faso, 17-21 May 2021. | ポスター発表 |
| R3 | 国際学会 | Alimata A. BANDAOGO (INERA), Béatrice B. SOMDA (INERA), Shinya IWASAKI (JIRCAS), Souleymane OUEDRAOGO (INERA), Mamoudou TRAORE (INERA) . Effet des engrais issus du Burkina Phosphate sur la productivité du niébé et du sorgho dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso. International scientific symposium on sustainable management of lands, 3rd edition, Ouagadougou, Burkina Faso, 17-21 May 2021. | 口頭発表 |
| R3 | 国際学会 | Jacques Sawadogo*, Satoshi Nakamura, Takashi Kanda, Toshio Imai, Fujio Nagumo. Applicabilité technologique de la calcination et de l'acidulation partielle des roches phosphatées (RP) de faible qualité : cas du Burkina Faso. International scientific symposium on sustainable management of lands, 3rd edition, Ouagadougou, Burkina Faso, 17-21 May 2021 | 口頭発表 |
| R3 | 国際学会 | J. Sawadogo, S. Nakamura, B. Traore T. Kanda T. Imai, F. Nagumo. Application of calcination and partial acidulation technologies for solubilization of low-grade rock phosphate in Burkina Faso. LA 4ème EDITION DU SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE 2021, OUagadougou, Burkina Faso, 15-19 Nov. 2021 | 口頭発表 |
| R4 | 国際学会 | M.Yamada, S.T. Ouedraogo, Present conditions and challenges of fertilizer application by vegetable farmers in Ouagadougou, Burkina Faso. XXXI International Horticultural Congress (IHC2022): International Symposium on Urban Horticulture for Sustainable Food Security (UrbanFood2022), Angers, France, 14-20 Aug 2022 | ポスター発表 |

| | |
|--------|----|
| 招待講演 | 0件 |
| 口頭発表 | 9件 |
| ポスター発表 | 6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 |
| R1 | 国内学会 | P.S. Sarr, S. Nakamura, F. Nagumo. Improving soil quality and agricultural productivity in Burkina Faso through efficient use of natural phosphate (Japan-Burkina SATREPS). 日本アフリカ学会第56回講演会、京都、2019年5月 | 口頭発表 |
| R2 | 国内学会 | 内田諭・小林慎太郎(JIRCAS)、Kone Nikolas(INERA)、ブルキナファソ全土を対象とする耕作域把握のための土地利用分類手法の開発、システム農学会2020年度大会、京都、2020年10月 | 口頭発表 |
| R2 | 国内学会 | 内田諭・小林慎太郎(JIRCAS)、Kone Nikolas(INERA)、地理情報と統計データによるブルキナファソにおける作物別作付け分布図の作成、システム農学会2020年度大会、京都、2020年10月 | 口頭発表 |
| R2 | 国内学会 | 南雲不二男(JIRCAS)、ブルキナファソ産リン鉱石を活用した「肥料の地産地消」を目指して、日本熱帯農業学会129回講演会公開シンポジウム、つくば(On-line)、2021年3月 | 招待講演 |
| R2 | 国内学会 | 岩崎真也(JIRCAS)、ブルキナファソ国産リン肥料を用いた農業の最適化、日本熱帯農業学会129回講演会公開シンポジウム、つくば(On-line)、2021年3月 | 招待講演 |
| R4 | 国内学会 | 内田諭・小林慎太郎(国際農研)、Kone Nikolas(INERA)、ブルキナファソにおける施肥による農家経済への影響の地域特性分析、システム農学会2022年度大会、福島、2022年10月 | 口頭発表 |

| | |
|--------|----|
| 招待講演 | 5件 |
| 口頭発表 | 6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 0 件
 公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

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

外国特許出願数 0 件
 公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 受賞

| 年度 | 受賞日 | 賞の名称 | 業績名等 (「〇〇の開発」など) | 受賞者 | 主催団体 | プロジェクトとの関係 (選択) | 特記事項 |
|------|----------|--|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------|
| 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 |
| 2020 | | 2020 Recipients Of Young African Phosphorus Fellowship Award | リン酸肥沃度研究に取り組む有望若手研究者への研究助成 | Dr. Dohan Mariam KIBA/SO MA | African Plant nutrition Institute | 3.一部当課題研究の成果が含まれる | 若手研究者への助成金授与 |
| 2021 | | 2021 Recipients Of Young African Phosphorus Fellowship Award | リン酸肥沃度研究に取り組む有望若手研究者への研究助成 | Adama Sagnon | African Plant nutrition Institute | 3.一部当課題研究の成果が含まれる | 若手研究者への助成金授与 |

3 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 | シドワヤ紙(新聞) | 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 | RTB(国営テレビ) | 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 | シドワヤ紙(新聞) | 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 | ブルキナ24(オンライン) | ブルキナファソ西部における日本の影響力。土の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 | インフォ・サイエンス | 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 | シドワヤ紙(新聞) | 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 | シドワヤ紙(新聞) | 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 |
| 2022年度 | 2022. 4. 15 | Infos-Science-Culture | 研究を進めなければ、発展はありません | ACTU-SCIENCE 欄 | 3.一部当課題研究の成果が含まれる | SATREPS担当研究員のインタビュー記事 |
| 2022年度 | 2022. 10. 21 | 農業協同組合新聞JAcom | 低品位リン鉱石を活用した有機肥料製造技術を開発—土壌微生物の働きにより化学肥料と同等の増収効果— | 農業協同組合新聞 (https://www.jacom.or.jp/saibai/news/2022/10/221021-62312.php) | 1.当課題研究の成果である | 研究成果のプレスリリースに基づく報道 |
| 2022年度 | 2022. 10. 24 | みんなの農業広場 | 低品位リン鉱石を活用した有機肥料製造技術を開発—土壌微生物の働きにより化学肥料と同等の増収効果— | みんなの農業広場 (https://www.jeinou.com/technology/2022/10/24/091000.html) | 1.当課題研究の成果である | 研究成果のプレスリリースに基づく報道 |
| 2022年度 | 2022. 11. 02 | 化学工業日報電子版 | 低品位リン鉱石を活用した有機肥料製造技術を開発—土壌微生物の働きにより化学肥料と同等の増収効果— | 化学工業日報電子版 (https://chemicaldaily.com/archives/222080) | 1.当課題研究の成果である | 研究成果のプレスリリースに基づく報道 |
| 2022年度 | 2022. 11. 09 | つくばサイエンスニュース | 低品位リン鉱石を活用した有機肥料製造技術を開発—土壌微生物の働きにより化学肥料と同等の増収効果— | つくばサイエンスニュース (https://www.tsukuba-sci.com/?p=11381) | 1.当課題研究の成果である | 研究成果のプレスリリースに基づく報道 |
| 2022年度 | 2022. 11. 14 | 日経クロステック(xTECH) | 低品位リン鉱石を活用した有機肥料製造技術を開発—土壌微生物の働きにより化学肥料と同等の増収効果— | 日経クロステック(xTECH) (https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/02122/00112/) | 1.当課題研究の成果である | 研究成果のプレスリリースに基づく報道 |
| 2022年度 | 2022. 3. 13 | RTB(国営テレビ) | 拡大TCC開催の紹介 | 20:00のニュース番組 | 1.当課題研究の成果である | TCCの取材に基づく報道 |
| 2022年度 | 2022. 3. 13 | シドワヤ紙(新聞) | 拡大TCC開催の紹介 | 政治と外交欄 | 1.当課題研究の成果である | TCCの取材に基づく報道記事 |

15 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集集するとともに、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” | ワガドゥグ 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。 |
| 2020年度 | 2020.10.22 | 5th Technical Coordinating Committee for “Project on Establishment of fertilizing crop cultivation promotion model using Burkina Faso phosphate rocks” | On-line (ブルキナファソ-つくば) | 16名 | 非公開 | 2020年度における現地試験の進捗状況をC/P側より紹介し今後の進め方について議論した。リン酸利用公社所長から肥料工場建設の進捗状況についての紹介があった。 |
| 2020年度 | 2021.3.17 | 日本熱帯農業学会129回講演会公開シンポジウム「地球規模の農業・食料・環境課題に挑むー国際農研のSATREPSプロジェクト」 | つくば(On-line) | 約100名 | 公開 | 標記シンポジウムにおいて、南雲と岩崎がプロジェクトの活動・成果について紹介した。 |
| 2021年度 | 2021.5.17～5.20 | 第3回土地の持続的利用に関する国際科学シンポジウム | ブルキナファソ、ワガドゥグ(On-line) | 約340名 | 公開 | 「持続的土地管理のための農業資材へのアクセス:小規模農民が直面する課題」をテーマにC/P研究員が4件の研究発表を行った。また、SATREPSを含むJIRCASのブースを出展し、プロジェクトを紹介した。 |
| 2021年度 | 2021.6.29 | 6th Technical Coordinating Committee for “Project on Establishment of fertilizing crop cultivation promotion model using Burkina Faso phosphate rocks” | On-line (ブルキナファソ-つくば) | 約25名 | 非公開 | プロジェクト全体の進捗状況、各課題の進捗状況と2021年の試験計画を確認しあった。 |
| 2021年度 | 2021.10.26-10.30 | 第13回科学研究・技術革新国家フォーラム | ブルキナファソ、ワガドゥグ | 約2500名 | 公開 | 本フォーラムは、当国での様々な技術開発や発明の成果を展示し、それを企業などに活用してもらうことを目的とし、隔年で開催されている。プロジェクトではブースを展示し、研究の概要を紹介した。 |
| 2021年度 | 2021.11.10 | 7th Technical Coordinating Committee for “Project on Establishment of fertilizing crop cultivation promotion model using Burkina Faso phosphate rocks” | On-line (ブルキナファソ-つくば) | 約35名 | 非公開 | プロジェクト全体の進捗状況と本年の各課題の成果を共有した。また、参画者変更の確認を行った。これまでJCCが開催されていないことから、TCCIに日本大使館代表にも参加いただきJCCを補完するものとした。 |
| 2021年度 | 2021.11.15-19 | 第4回科学技術国際シンポジウム | ブルキナファソ、ワガドゥグ | | 公開 | 「社会および環境の危機的状況化における食品・栄養・健康の回復力」をテーマに開催された。プロジェクトではC/P1名が研究発表をするとともに、ブースを展示しプロジェクトの概要を紹介した。 |
| 2021年度 | 2021.12.6 | 外務省 科学技術外交推進会議によるSTIショーケース https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/releases/press3_000671.html | 日本 | | 公開 | 東京栄養サミット2021に際する外務大臣科学技術顧問らによる共同声明の発出に際して、プロジェクトの成果をショーケースの一つとして紹介した。 |

| | | | | | | |
|--------|--------------|--|-----------------|--------|-----|--|
| 2021年度 | 2022.2.22 | 第九回JICA-JIRCAS-CG勉強会:「ブルキナファソ産リン鉱石を活用した「肥料の地産地消」を目指して | On-line (日本-海外) | 不明 | 非公開 | 本勉強会は情報共有と連携を目的として、JICA、JIRCAS、CG機関で定期的実施されているものである。依頼を受け、南雲がブルキナファソのプロジェクトの概要、進捗状況について紹介した。 |
| 2022年度 | 2022. 6.21 | 8 th Technical Coordinating Committee for “Project on Establishment of fertilizing crop cultivation promotion model using Burkina Faso phosphate rocks” | On-line (日本-海外) | 31名 | 非公開 | プロジェクト全体の進捗状況と本年の各課題の成果を共有した。最終年度に当たり、プロジェクトのアウトプットである「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」の概要と今後の日程に関する協議を行なった。 |
| 2022年度 | 2022.8.5 | TICAD8 公式サイドイベント「健全な土壌とアフリカの食料安全保障 ―環境再生型農業の可能性― | On-line (日本-海外) | 330名以上 | 公開 | 国際農研と笹川アフリカが共催した本セミナーにおいて、プロジェクトの成果を紹介した。 |
| 2022年度 | 2022. 8.30 | 第8回アフリカ開発会議(TICAD8)の公式サイドイベント「アフリカ農学と土壌肥沃度・貧栄養土壌管理の課題」 | On-line (日本-海外) | 200名以上 | 公開 | 国際農研が主催した第8回アフリカ開発会議(TICAD8)の本セミナーにおいて、本プロジェクトを紹介した。 |
| 2022年度 | 2022. 10. 20 | プレスリリース「低品位リン鉱石を活用した有機肥料化技術を開発―土壌微生物の働きにより化学肥料と同等の増収効果― | 日本 | | 公開 | 研究題目3-3「リン鉱石富化堆肥」の研究成果を広く広報した。 |
| 2022年度 | 2023.3.10 | 9th enlarged Technical Coordinating Committee for “Project on Establishment of fertilizing crop cultivation promotion model using Burkina Faso phosphate rocks” | ブルキナファソ、ワガドウグ | 53名 | 公開 | プロジェクトの最終TCCとして、JCCメンバーの参加者を含めて研究報告会を兼ねた拡大TCCをホテルシルマンデで開催した。 |

26 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 |
|--------|-----------|-----------------------------|------|---|
| 2020年度 | 2020.7.7 | 第1回検討委員会(高等教育・科学研究・技術革新省主催) | 18名 | 本委員会は高等教育・科学研究・技術革新省が主催し、プロジェクトの予算執行状況、活動の進捗状況について評価するものである。本委員会においてプロジェクトの進捗は順調である、との評価を得た。 |
| 2021年度 | 2021.7.27 | 第2回検討委員会(高等教育・科学研究・技術革新省主催) | 約30名 | 本委員会は高等教育・科学研究・技術革新省が主催し、2020年予算執行状況、活動の進捗状況についてプロジェクトマネージャーのDr. Traore Mamadou が発表を行った。2020年にはコロナ感染拡大の影響を受け、活動が一部延期され、予算の執行率が低かったことが報告された。 |
| 2022年度 | 2022.6.8 | 第3回検討委員会(高等教育・科学研究・技術革新省主催) | 23名 | 2021年予算執行状況、活動の進捗状況、および2022年度の活動計画をプロジェクトマネージャーのDr. BAMBARA DASMANE が報告を行った。参加者は昨年度に比べて報告内容が非常に改善されたことを高く評価した。また、2022年の活動計画が承認された。 |
| 2022年度 | 2022.12.8 | 第4回検討委員会(高等教育・科学研究・技術革新省主催) | 19名 | 2022年の予算執行状況について、活動の進捗状況を委員会で共有した。今後の焦点としては、プロジェクトの成果をしっかりと取りまとめていくことが重要であることが指摘された。 |

4 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 | (平成28年6月1日～令和5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 | <ul style="list-style-type: none"> ・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 | <ul style="list-style-type: none"> ・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 | <ul style="list-style-type: none"> ・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 | <ul style="list-style-type: none"> ・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 | <ul style="list-style-type: none"> ・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) | <ul style="list-style-type: none"> ・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。

