

## 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

### 研究課題別中間評価報告書

#### 1. 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  
(2017年5月～2022年5月)

#### 2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者：南雲 不二男  
(国際農林水産業研究センター (JIRCAS) 生産環境・畜産領域 主任研究員)
2. 2. 相手国側研究代表者：Hamidou Traore (環境農業研究所 (INERA) 所長)

#### 3. 研究概要

世界のリン埋蔵量の82%はアフリカに存在する。しかし、アフリカは土壌肥沃度が低く、特にリンが不足するにも関わらず、リンの消費量は世界全体の3%以下である。アフリカ産リン鉱石が十分に利用されていない原因は、その可溶性が低いことにある。そこで本研究では、ブルキナファソに産する低品位リン鉱石を活用して安価な国産肥料を開発し、施肥技術の改善を図り、それらの普及可能性を評価する。一方でリン鉱石を直接施用する技術についても検討し、ブルキナファソの貴重な資源であるリン鉱石の総合的な利用法を提案する。

将来的には、ブルキナファソ国内で低品位リン鉱石を活用した安価な国産肥料を製造・普及することで、農業生産性の向上を目指す。さらに成果がアフリカ全土に展開することによって、安定的な食料自給に寄与するとともに、リン資源枯渇問題に直面する日本および世界の肥料安定供給にも貢献すると期待される。

プロジェクトは下記の4つの研究題目で構成されている。

- (1) 在来リン鉱石を利用した地域適合型複合肥料の開発
- (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
- (3) リン鉱石の直接利用技術の開発
- (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. 評価結果

総合評価 : A (所期の計画と同等の取組みが行われている)

本プロジェクトは、サハラ砂漠以南のアフリカにおいて、穀物輸入が増え続けている現状に対して、賦存量が多い自国産のリン鉱石から化学肥料を製造し、粉碎したリン鉱石を堆肥に混ぜるなど作物による利用効率を高める技術開発を行って普及を図り、食料生産の向上をねらうことを

目的としており、相手国だけでなく他のアフリカ諸国にとっても将来のインパクトが期待される。

研究題目のうち、（１）在来リン鉱石を利用した地域適合型複合肥料の開発については、予定されていた供与機材がほぼ整備され、圃場試験や研究に必要な量のリン酸肥料の現地生産が可能となっている。（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では、安価なリン肥料製造の目途が立ち、作物への効果が検証されつつあり、圃場試験を中心とした今後の活動の成果に期待が持てる。（３）リン鉱石の直接利用技術の開発では、イネのリン鉱石吸収能などに関与するQTLの解析、リン鉱石富化堆肥の製造、アゾラの利用の研究が行われているが、まだ実験段階に留まっている。（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では、各個別課題の成果を統合して「施肥栽培促進モデル」として具体的にとりまとめることが求められる。

以上から、本プロジェクトは概ね順調に進捗しており所期の計画と同等の取り組みが行われているものと評価する。

#### 4-1. 国際共同研究の進捗状況について

在来リン鉱石を用いた国産肥料開発に向けて、硫酸による部分酸性化、焼成条件、リン鉱石含有重金属の除去条件など製造条件の検討が進んでいる。また、リンに窒素肥料とカリ肥料を混合した複合肥料の製造もなされている。特に、当初予定より少し遅れたとはいえ、供与機材のうち重要な役割をもつ肥料製造ミニプラントが設置され、稼働を始めたことはたいへん喜ばしい展開である。ブルキナファソ側参画機関である環境農業研究所（INERA）との連携も改善され、日本での製造試験を通じた成果だけではなく、最終的にはブルキナファソ発の成果が上がることを期待している。

一方、リン鉱石の直接利用技術として、イネのリン鉱石吸収能などに関与するQTLの解析、リン鉱石富化堆肥の製造、アゾラの利用の研究はまだ実験段階に留まっている。また、各個別の試験や実験において、精度やとりまとめの丁寧さに欠ける部分や、進捗や成果が十分に示されていないところが散見される。

本プロジェクトの後半では、現地での圃場試験において施肥効果を示すことが重要であり、治安悪化およびコロナ禍という外部条件の著しい変化を踏まえると、実施すべきことを絞り込み、選択と集中を図って進めざるを得ないと考えられる。例えば、試作したリン酸肥料の効果の検証については、試験サイトや作物種（成果目標シートに記載されているイネやソルガム）を絞って最終年に向けて研究を実施する必要がある。その際、前提とする実験条件をしっかりと定め、精度の高いデータを得ることが望まれる。また、ブルキナファソの異なる環境気象条件下・社会経済条件下で施肥がなぜ効果的であるのか、衛星データも活用して作物学、土壌学、植物栄養学的観点から科学的に解析を進め、条件毎の効果的な施肥法の提案が期待される。

リン鉱石部分可溶化装置と焼成装置に関する日本の技術を相手国に移転し、相手国に賦存する在来リン鉱石からリン酸肥料を製造して、別途輸入する窒素肥料やカリ肥料等と混合して施肥し、農作物の生産を向上させることは、相手国にとっては技術的インパクトが相当に高いと言える。

一方、施肥農業を普及するためには、農民に受容される低価格の肥料を提供することが重要であるが、その前に、施肥が農家の収入向上にとって役立つことを現地で実証し、自国産リン鉱石を用いた施肥栽培促進モデルを示し、農民の理解を得ることが重要である。また、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。さらに、ブルキナファソ側にイネ育種の研修を行ったとあるが、ブルキナファソ国単独でのイネ育種が本当に必要なことなのか、他の SATREPS プロジェクトとの関連でよく検討することが望まれる。

#### 4-2. 国際共同研究の実施体制について

研究代表者は、意欲のある参加研究者、研究チームの主体的な活動をソフトに統括しており、日本側研究チームの体制は良好である。また、当初ブルキナファソ側との意思疎通が十分でなかったが、研究代表者の努力により円滑な意思疎通が図れるようになったことは評価できる。

一方、プロジェクト前半で在来の低品位リン鉱石の部分可溶化技術や焼成技術を研究し、そのための肥料製造装置や焼成装置を相手国に輸出、組立を行った太平洋セメントを中心とする研究チームが中間評価を機に離脱する予定とのことであるが、今後は相手国で実際の稼働段階となるので、必要な場合には、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。また、密接に関係するマダガスカルで実施中の SATREPS プロジェクトや JIRCAS の研究活動との関係については、さらに積極的な調整を期待する。

太陽光発電で稼働する仕組みのリン鉱石焼成装置等の供与機材の有効利用・活用は、プロジェクト後半の課題である。早々に稼働させて、製造した焼成リンによる圃場試験を実施してもらいたい。また、リン鉱石の直接利用の一つの方法として、生物的に空中窒素を固定するアゾラを増殖させて有機質肥料として利用する課題は、リン施用効果が大きくないため中止することも研究費執行上効率化につながると予想される。

#### 4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

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について、現時点で次のような2つの対応が考えられる。1つ目は首都ワガドゥグ市内の INERA カンボワンセ支所に他の3地点の土壌を集めて梓圃場を作り、研究課題を絞って栽培試験を行うこと、2つ目は3地点のカウンターパート研究者を遠隔で指導し、圃場試験を実施することである。また、プロジェクト目標は、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）の構築であり、ブルキナファソのリン酸利用公社の肥料製造工程に対する技術提案である。中間評価を機に、今後この目標達成に向けて、各研究チームがプロジェクト後半で何に取り組むべきかについて議論し、選択と集中を行い、的を絞って先に進める必要がある。その際、ブルキナファソで行う JIRCAS の研究費による活動と SATREPS の研究費による活動とをしっかりと仕分けして実施することが望まれる。

ブルキナファソ産の肥料が商品化されれば、周辺諸国におけるインパクトは非常に大きいと期待される。また、アフリカ産のリン鉱石を原料とした安価なリン肥料が開発されれば、日本の作物生産にも寄与するところが大きい。

日本人人材の育成に関しては、若手研究者に加えて特別研究員4名と大学院博士課程前期課程2名、後期課程3名の大学院生が参加し、相手国での研究を実施しており、順調に進んでいると期待できる。

#### 4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

現地では INERA の研究者22名がカウンターパートとなっている他、5大学の学生・大学院生計8名がプロジェクトに参画している。しかし、これまでのところ相手国研究者4名が技術研修のため短期来日したに留まり、さらにブルキナファソ側研究者2名を日本に留学させるという試みに対する日本側の受け入れも不首尾に終わったとのことであり、研究交流の実績は多いとはいえない。コロナ禍という不測の問題が加わったとはいえ、1名でも日本で学位を取得できれば、それをステップとした次の展開が期待できるため、プロジェクト側として引き続き努力されて、実現することが望まれる。

本プロジェクトは、ブルキナファソで低品位の国産リン鉱石を活用した肥料工場を建設し、施肥農業を普及させて農業生産を向上させるとする首相府レベルでの決定を受けたものである。リン鉱石の可溶化を通常の硫酸を用いた過燐酸石灰の製造でなく、高価な硫酸を使わない焼成処理による可溶化の工程を提案し、その製造と製品の施肥効果を実証して、製造方法（焼成機械）と施肥方法すなわち主要な農作物毎の肥料の効果的な利用方法（相手国における新たな施肥基準）を提案することを目標としている。従って、目標を達成すれば、相手国ですでに開始されたと聞く肥料製造工場の建設に取り入れられることは明白である。そのためにも、当初のプロジェクト目標を達成することが強く求められる。

また、本プロジェクトは、研究期間における成果＝プロジェクト目標と、より長期的な課題＝上位目標をきちんと整理して進めているが、今後の持続的な発展のためには、課題の成果がより確実で、関係者に理解されるものとなる必要がある。そのためには、目指すべき最終成果と出口戦略をより具体的に設定して研究を進めることが求められる。

### 5. 今後の課題・研究者に対する要望事項

1. 苦勞して蓄積される知見を確実に活かすには、と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が求められる。例えば、「リン鉱石の直接利用マニュアル」や「最適施肥技術」をとりまとめて相手国側に「技術」として承認してもらうことは、成果の持続的な活用として意義あることだが、そのために必要な要件や内容を明確にした上で取組み、その意義をあらかじめ明確にしておくことが求められる。

2. プロジェクト目標の明確化とメンバー間による共有を図り、その達成のためにそれぞれの研究題目で何をどのように進めなければならないかを議論して、後半の活動を行うことが重要である。特に、施肥栽培促進モデルとリン鉱石の総合的利用法は、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。
3. リン鉱石富化堆肥の研究に関して、次世代シーケンサを用いた堆肥中微生物叢の解析が計画されている。多様な種類の堆肥が農家で生産されている現状を考えると、解析した結果から富化堆肥の製造について一定の技術を整えるのは困難と思われるので、本プロジェクトの中で実施するのが適切かどうかよく検討していただきたい。
4. 施肥農業の実証には、農家圃場での施肥栽培と生産物の販売も含めた農家家計における改善まで実証することが求められる。ブルキナファソの「農家」や「農家経営」の実像をふまえ、実証に裏付けされた技術的提案がなされることを期待したい。
5. 新規に作成したリン肥料の施用後のリンの動態を定性的・定量的に解析することは重要である。すなわち、肥料施用による土壌中の有効態リンの変動、作物による吸収量、跡地土壌のリンの含有量など、リンの土壌・作物体内の量的変動を把握することは、施肥法のガイドライン作成に必須である。
6. 土壌養分からみた作物の主要な制限要因は窒素とリンである。そこで、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基準の呈示を期待したい。
7. 今後は施肥試験が研究の中心となると予想されるが、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収量への貢献度の解明のための研究など、INERA Initiative の活用も視野に入れて、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。

以上

## 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～平成34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"> <li>日本企業による成果の事業化</li> <li>国際的な肥料安全保障への寄与</li> </ul>
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> <li>低品位リン鉱石を原料とするリン肥料製造法の確立</li> <li>イネによるリン鉱石溶解・吸収に関わるQTLの解明</li> <li>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</li> </ul>
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"> <li>ブルキナファソ産リン鉱石の最適加工法</li> <li>アフリカ在来リン鉱石インベントリ</li> <li>リン鉱石の溶解・吸収を最大化するイネ系統</li> </ul>
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本肥料メーカーと現地肥料工場の連携</li> <li>共同研究の長期的継続</li> </ul>
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"> <li>経済的でクリーンな国産リン肥料工場の提案</li> <li>施肥栽培技術マニュアル</li> <li>リン鉱石の直接利用技術マニュアル</li> <li>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</li> <li>リン鉱石の総合的利用方法の提案</li> <li>査読付き論文(15件以上)</li> </ul>

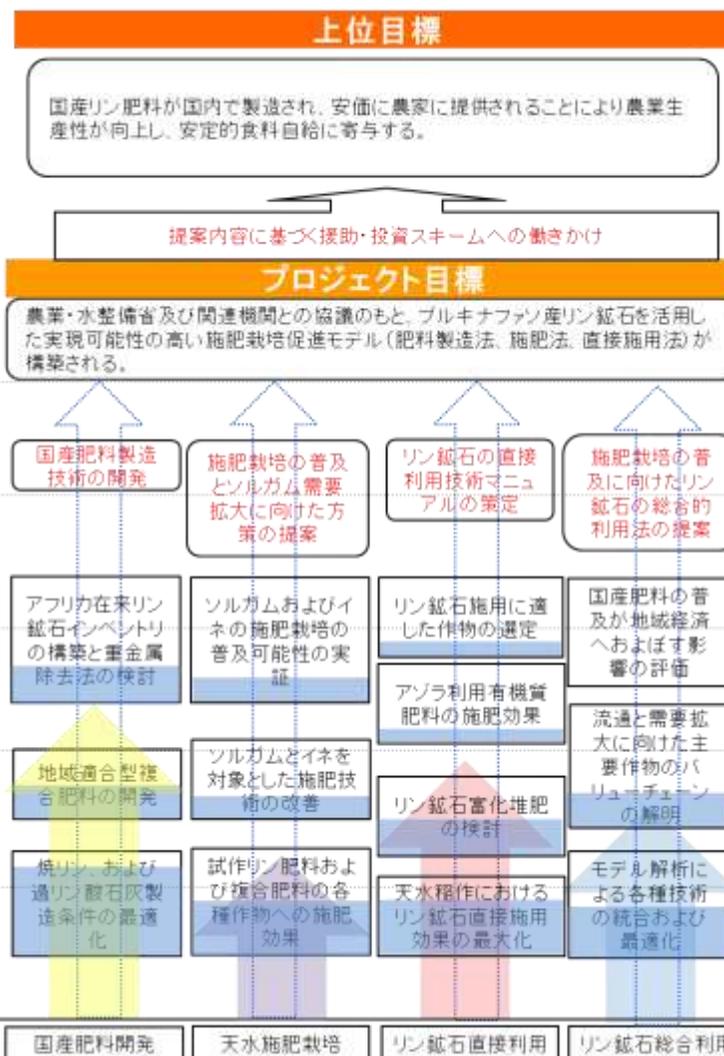


図1 成果目標シートと達成状況(2020年6月時点)