

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別終了時評価報告書

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～2023年4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 生産環境・畜産領域 主任研究員)
2. 2. 相手国研究代表者：トラオレ ハミドゥ (環境農業研究所 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、サブサハラ・アフリカの土壌肥沃度は一般に低く、特にリンの不足が指摘されており、農業の土地生産性向上にとって大きい制限要因となっている。サブサハラ・アフリカ各地でリン鉱床の存在が確認されているものの、多くは低品位であり、十分に利用されていない。

本プロジェクトでは、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ことを目標としている。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。

- 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
- 研究題目 3 リン鉱石の直接利用技術の開発
- 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

4. 評価結果

総合評価：A－

(所期の計画とほぼ同等の取り組みが行われ、一定の成果が期待できる。)

穀物生産に対する化学肥料の効果は大きく、使用量が世界平均の約10分の1以下と極端

に少ないサブサハラ・アフリカでは、施肥の増加による穀物生産の向上が喫緊の課題となっている。一方で、アフリカ地域のリン鉱石の埋蔵量は莫大であり、本プロジェクトはブルキナファソのリン酸含量が少ない低品位リン鉱石の肥料化の課題に取り組み、低品位リン鉱石を活用した肥料製造が技術的に可能であることを示した。これは、将来的に、低品位リン鉱石を有する他のアフリカの国において同様の規格の肥料製造ならびに施肥栽培の展開に寄与すると期待される。

しかし、対象国の治安悪化やコロナ感染症拡大の影響によって、日本側研究者は渡航中断を余儀なくされただけでなく、渡航再開後も首都のみ可という制約を受け、当初計画通りに栽培試験を展開できなかった。すなわち、降水条件ならびに土壌条件別に施肥効果を経年比較し、さらに農家圃場で実証すべきところ、栽培地域や期間が限定され、施肥による農作物生産の向上というインパクトをマクロレベルで示すまでは至らなかった。さらに、プロジェクトで製造された窒素・リン酸・カリ複合肥料の効果は輸入した化学肥料と同等の効果を示したものの、農家が施肥農業を受け入れるかどうか、すなわち化学肥料に投資したらそれに見合うだけの収入が得られるかどうかの実証が不十分であったと判断せざるを得ない。そのため、各研究課題を統合しての「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の構築」という目標については、成果のとりまとめが先送りされ続けた結果、「モデル」といえる形にもっていくためのふみこんだ議論に至らなかった点が惜まれる。加えて学術面でも、プロジェクト期間中に公表した論文（相手国側研究チームとの共著：6件、その他原著論文：5件）は、量だけでなく質の点でも不足であった。

一方で、アフリカにとって地場産リン鉱石資源を使った化学肥料生産及び施肥技術の高度化は極めて重要であり、低品位リン鉱石の製造試験を行うミニプラントを相手国側研究機関に整備し、そのプラントにおける試験を通して焼成法ならびに部分酸性化法のいずれにおいてもリン酸肥料が製造可能であることを示した点は高く評価された。また低品位リン鉱石の直接施用についても検証を行い、施用効果のある作物種や逆でないもの、農民レベルで実行可能なリン鉱石粉末の改良方法等に関する知見を得た。それらを社会実装するには、農業改良普及員や農民向けマニュアル作成など、引き続き日本側研究者の支援が必要である。プロジェクトの終了後も、技術開発から技術普及への展開も含め、日本とブルキナファソの間で緊密な共同研究態勢を継続することを期待する。

4-1. 地球規模課題解決への貢献

【課題の重要性とプロジェクトの成果が課題解決に与える科学的・技術的インパクト】

低品位リン鉱石の有効活用は、アフリカにおける賦存量や農業にとっての重要性に鑑みると、極めて重要な課題である。本プロジェクトでは、目標とした「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の構築」に向けての基礎的な材料となる要素はほぼ達成されつつあり、この点から、肥料自給率を高めるといって課題解決への技

術的な貢献もある程度認められる。社会実装の普及までには、まだかなり時間を要する状況であるものの、後継プロジェクトも構想されており、本プロジェクトで開発された焼成リン肥料の今後の普及が進めば極めて高いインパクトが期待できる。

【国際社会における認知、活用の見通し及び他国、他地域への波及】

国際社会に向けた広報の手段として、国際学会や国際会議の場が想定されるが、研究成果の国際的な公表が遅れており、現段階では国際社会の認知や活用の見通しは不明瞭である。また、ブルキナファソにおける現在の作物ごとの収量レベルが国際的にみるとかなり低く、本プロジェクトで作成するモデルの意義は何なのかが不明なところもある。リン鉱石の直接施用はサブサハラ・アフリカの他国に波及する可能性はあり、後継プロジェクトに期待したい。

アフリカにおける低品位リン鉱石のポテンシャルや一部の国における工業化の進展、リン肥料をめぐる国際情勢に鑑みると、今後リン肥料製造が広まる可能性は高いと考えられ、本プロジェクトの研究成果や開発技術が活用される可能性は見込める。

【国内外の類似研究と比較したレベル】

アフリカ産の低品位リン鉱石の活用に注目し、現地の農家を巻き込んだ実証研究を行うなど一定の意義があるプロジェクトになった。今後も本研究課題は、ブルキナファソだけでなく、他地域でも発展する可能性は高いと思われる。一方で、学術的に特段高いレベルでの研究展開や成果があったとは言いがたい。

4-2. 相手国ニーズの充足

【課題の重要性とプロジェクトの成果が相手国ニーズの充足に与えるインパクト】

リン鉱石資源の不足は世界的な課題であり、将来の食料安全保障に関わる重要なテーマである。ブルキナファソ政府は肥料工場建設を政策決定しており、相手国の政策によく合致したプロジェクトである点は高く評価できる。さらに、リン肥料製造ミニプラントを設置し、焼成リン肥料と部分酸性化リン肥料製造技術が開発され、製造法のマニュアルを作成したことは大きな成果である。しかしながら、試験研究結果の情報提供に留まり、政策提言に至らなかった点は惜まれる。

【課題解決、社会実装の見通し】

相手国の肥料製造計画に反映されており、本プロジェクトで開発された施肥技術の有効性が認識されていることから、成果は相手国における作物生産の改良に資することが期待される。しかし、窒素、リン酸、カリを含む複合肥料の製造を行うには相当の時間を要すると思われる。また基本的な技術の開発は進められたが、目標とした「施肥栽培促進モデルの

構築」が達成されたとは言いがたい。実際に使う農家に関しては、リン鉱石の直接施用が短期的には有望な技術であるが、プロジェクト期間中に栽培試験結果をふまえた農家向けマニュアル作成が間に合わなかった点は惜まれる。

【継続的発展の見通し（人材育成、組織等）】

若手研究者の積極的な参画を図り、日本側の若手人材育成に貢献し、ブルキナファソ側研究者の研究能力も向上したといえる。また、ブルキナリン酸利用公社が複合肥料を製造するブレンディング工場を建設するなど社会実装に向けた取り組みは継続的発展が期待できる。一方で、国内の肥料ニーズを高めるためには、農民に対して地域別、作物別、生育時期別の実証試験、デモンストレーションを行い、肥料の効果を示すこと、さらに生産物の販売が生活向上につながることを経験させることが必要である。

【成果を基とした研究・利用活動が持続的に発展していく見込み（政策等への反映、成果物の利用など）】

技術マニュアルに相当するものはリン肥料製造ミニプラントに関するもので、その他の課題については研究結果を手堅くまとめたものの、今後どう活用するかは相手国に任せるという印象であった。明らかになったことに範囲を限定してでも、全体を総括した提言があった方がよく、農民レベルで応用可能な技術については、プロジェクト期間中にマニュアルとしてまとめるべきであった。一方で、現地の研究・普及機関、そして行政部局と極めて良好な関係作りに成功しているので今後の持続性は期待できる。例えば、2023 年度より国際農研が実施するアフリカの農業技術開発・普及に関する受託事業では、本プロジェクトの研究成果の活用が期待されている。

4-3. 付随的成果

【日本政府、社会、産業への貢献】

低品位リン鉱石の分布や利用に関して、一定の知見を提供することができたが、本プロジェクトの成果が日本の肥料製造の改善などに及ぼす影響は多くないと思われる。反面、本プロジェクトは相手国において日本の貢献を示す具体的事例としての役割を果たし、社会実装が達成されれば、我が国企業によるアフリカへの投資の可能性も期待される。

【科学技術の発展】

アフリカ産の低品位リン鉱石の活用に一定の研究成果を提出したのは意義があったが、ブレイクスルーとなる研究開発というよりはむしろ、現場に即した手堅い研究であったと言える。

【世界で活躍できる日本人人材の育成（若手、グローバル化対応）】

本プロジェクトは、低品位肥料の製造やその施肥法の改善を通してアフリカ農業を現場で体験できるとも良い機会であった。治安が悪化するまでのプロジェクト初期には、若手の日本人研究者が長期あるいは頻りにブルキナファソに派遣され、厳しい生活ならびに研究環境の中で研究者としてのステップアップを果たした点は評価できる。ブルキナファソ側研究者においても、プロジェクト経験を通じた研究力向上が認められた。

【知財の獲得や、国際標準化への取り組み、生物資源へのアクセスや、データ入手方法】

参画企業が撤退したため、特許の申請・維持費用を考慮し、協議の上、特許は申請せず学術論文に発表して公知化したことは、一定の成果と考えられる。他の研究成果の論文の公開については、継続的な研究活動と今後の成果に期待したい。

【その他の具体的成果物（提言書、論文、プログラム、試作品、マニュアル、データなど）】

肥料製造法マニュアル、国際肥料施肥技術リサーチハイライト、ブルキナファソリン鉱石直接利用ハンドブック、施肥栽培促進戦略等の4種類の成果物が作成された。一方で、これらの技術マニュアルは、現場で使える形にする必要がある。各技術成果物を見る限り、十分討議を重ねて練った上で作成したというより、拙速に取りまとめた印象を受ける。作物ごとの施肥栽培モデルの作成がプロジェクト目標であるので、継続して研究実績を実用的な技術マニュアルとして広く活用できるような形にすることを期待する。

【技術及び人的ネットワークの構築（相手国含む）】

代表機関である国際農林水産業研究センターと環境農業研究所（INERA）の学術交流はすでに長期間にわたっており、本プロジェクトを通じても技術および人的ネットワークが新たに構築、強化され、成果を活用した技術の展開が進められたことは評価できる。

4-4. プロジェクトの運営

【プロジェクト管理及び状況変化への対処（研究チームの体制・遂行状況や研究代表者のリーダーシップ）】

諸事情で渡航できない期間がプロジェクト期間のおよそ半分を占めていたとはいえ、日本側研究代表者の努力下、ブルキナファソ側の機関とはよく連携し、信頼関係の構築は大きな成果と評価できる。しかし他のドナーや他国研究機関との連携は十分とは言えない。

【成果の活用に向けた活動及び情報発信】

INERA 研究者自身の発案による研究計画を募集し、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 イニシアティブ」を作り、若手を中心とする

ブルキナファソ側研究者の研究意欲を高めたことは、良い取り組みであり、このことは INERA の人材の活用につながった。また、国内の研究機関に向けたアウトリーチは十分であったが、国外向けが不足していた。さらに、開発した技術について、相手国の共同研究機関及び大学でのセミナーが実施され、広報活動が進められたが、論文発表や口頭発表等の学術的成果の発信はやや少ないと言わざるを得ない。

【人材、機材、予算の活用（効率、効果）】

肥料製造などの供与機材がブルキナファソで実働し、リン肥料製造ミニプラントを稼働させることができた点は高く評価したい。

5. 今後の研究に向けての要改善点及び要望事項

- (1) 本プロジェクトで開発された肥料製造の基本技術、すなわち焼成法、部分酸性化法、ならびに直接施用法の、ブルキナファソにおける立地条件や作物に対する特徴を比較し、総合的な提案がなされることが望ましい。
- (2) 肥料製造に向けた基礎的な技術開発は達成したので、次には農家にとって施肥農業を可能とするための社会経済的な条件の解明が必要と思料する。技術開発から技術普及への展開が必要である。そのためにも、早急に、農民向けの施用マニュアルを完成させていただきたい。
- (3) 研究成果が相手国の作物栽培技術に活用されるためには、以下の点の解明が重要と考える。
 1. 製造したリン肥料あるいはリン鉱石紛の効果の発現は、土壌条件ならびに水条件の影響を大きく受けると想定される。特に土壌のリン固定度や地温・土壌水分は主要な規制要因で、これらの主要な土壌規制要因の影響を定量的に評価する必要がある。
 2. リン肥料が作物の成長に及ぼす影響を解析する場合、作物の生理的・生態的な違いを考慮する必要がある。特にイネ科作物とマメ科作物間との比較では根粒菌や菌根菌との共生に伴う窒素固定能やリン吸収能の評価が必要であり、これらを考慮した解析を期待する。
- (4) 「実現可能性の高い施肥栽培促進モデルの構築」に向けて、現地・農家の適用・評価を踏まえて、実用のための成果の統合が必要である。特に、圃場条件や作物種に合わせた詳細な施肥マニュアル、標準的な営農モデルにおける施肥効果の検証、マクロレベルにおける計画策定に向けてのマップの整備が必要で、用排水条件などの基盤整

備の条件などを反映し、地下水位・土壌水分等と施肥効率の関係を明確化することが必要である。

- (5) 本プロジェクトのような地域資源を活用し役立てていく発想や取り組みは、資源の乏しいアフリカ地域の良い開発モデルになると思われる。日本側研究者が支援を継続し、今後も事業化に向けて研究協力を続けていただき、プロジェクトの研究成果を普及できるようにしていただきたい。

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～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。

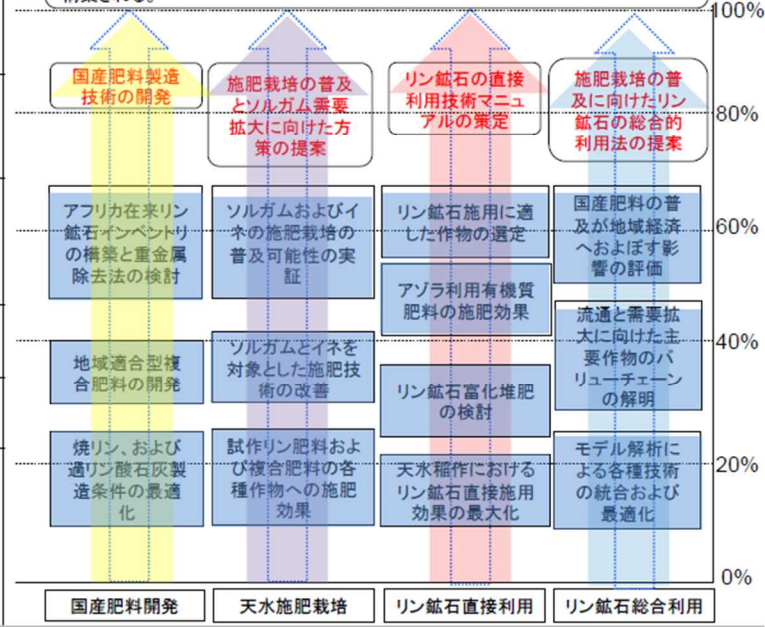


図1 成果目標シートと達成状況(2023年3月時点)