

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「生物資源領域」

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」

採択年度：平成 28 年度/研究期間：5 年/相手国名：ブルキナファソ

平成 28 年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

平成 29 年 5 月 28 日から平成 34 年 5 月 27 日まで

JST 側研究期間^{*2}

平成 28 年 6 月 1 日から平成 34 年 3 月 31 日まで

(正式契約移行日 平成 29 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：氏名 南雲 不二男

所属・役職 国際農林水産業研究センター・領域長

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

本プロジェクトの目標は「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」ことである。各課題名とその成果目標、ならびに各課題で実施する実施題目名は以下の通りである。

課題 1：在来リン鉱石を利用した地域適合型複合肥料の開発

成果目標：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。

【題目 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）

【題目 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）

【題目 1-3】アフリカ在来リン鉱石インベントリの作成（アフリカ在来リン鉱石インベントリ）

課題 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

成果目標：農家にとって普及可能性の高い複合肥料の利用法が確立される。

【題目 2-1】試作複合肥料の施肥効果の評価（施肥効果）

【題目 2-2】試作複合肥料を用いたソルガムとイネの施肥技術の改善（施肥技術改善）

【題目 2-3】試作複合肥料の普及可能性評価（施肥栽培普及評価）

課題 3：リン鉱石の直接利用技術の開発

成果目標：リン鉱石直接利用方法技術ペーパーが国立科学・技術振興センターへ提出される。

【題目 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）

【題目 3-2】水稲におけるリン鉱石の可溶化・吸収に関わる QTL の把握（リン鉱石利用 QTL）

【題目 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）

【題目 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）

【題目 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）

【題目 3-6】リン鉱石直接利用技術マニュアルの作成（直接利用技術マニュアル）

課題 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

成果目標：ブルキナファソ産リン鉱石の効率的利用戦略が策定される。

【題目 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（リン利用効率）

【題目 4-2】流通と需要拡大に向けたバリューチェーンの解明（フードバリューチェーン）

【題目 4-3】国産肥料の利用が地域経済に及ぼす評価（地域経済インパクト）

各課題の研究実施計画は以下のとおり。

研究題目・活動	28年度 (10ヶ月)	29年度	30年度	31年度	32年度	33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			▽NPK複合肥料試作		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			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			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)

特になし

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

課題1 成果目標：【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。】

成果目標の達成に向けて、1) 具体的な肥料プラント建設を視野に入れたキルンメーカーや肥料メーカーなどの国内民間企業への聞き取り調査を進めた。2) 炭酸カリウム添加焼成法の検討を

【平成28年度実施報告書】【170531】

実施し、その有効性が示された。3) リン鉱石可溶化に向けた硫酸添加部分酸化法の試験を開始した。以上の事から、暫定期間中の目標は十分に達成したと考える。

課題 2 成果目標：【農家にとって普及可能性の高い複合肥料の利用法が確立される。】

暫定期間につき、現地試験圃場の確保を目標とした。INERA 側の協力もあり、JIRCAS がこれまでに試験を実施してきた INERA-サリア試験場内の試験圃場に隣接する区域を、課題 2 の試験圃場として確保できた。次年度には圃場内土壌の空間変動を均質化するための均質栽培を実施する。2018 年度には、予定通り試製肥料の施肥効果検証試験を実施出来る見込みであり、目標は達成された。

- ・プロジェクト全体のねらい（これまでと異なる点について）
プロジェクト全体の方針については、現時点では変更なし。
- ・地球規模課題解決に資する重要性、科学技術・学術上の独創性・新規性（これまでと異なる点について）
現時点では変更なし。
- ・研究運営体制、日本人人材の育成(若手、グローバル化対応)、人的支援の構築(留学生、研修、若手の育成)等
現時点では変更なし

(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）

研究グループ 太平洋セメント（リーダー：今井敏夫）

① 研究題目 1 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

当該年度は、当初予定通り、PDM 課題 1-1 の活動を実施した。即ち、ブルキナファソ産リン鉱石の可溶化に向けた焼成技術ならびに部分酸性化技術の適用によるリン鉱石可溶性向上の評価を実施するとともに、肥料工場における太陽光発電設備導入の可能性を検証した。

本年度、国内肥料メーカーならびに焼成キルンメーカーに対し聞き取り調査を行うことで、硫酸添加による可溶化法検証に向けた技術的問題点を精査し、また焼成法における太陽光発電利用の可能性が検証された。太陽光発電利用については、焼成キルンの形状および性能を工夫することで対応が可能と考えられたものの、気象条件に起因する発電量変動により生産量が制限される可能性があり、蓄電池やその他の補助電源などによる有効電力量の平滑化が必要と考えられた。

さらに、ブルキナファソ産リン鉱石に炭酸カリウムを配合した焼成肥料を作成し、その施肥効果を調べるため、2016 年 11 月から 2017 年 1 月までの 49 日間トウモロコシをポット栽培し、同施肥量の重過リン酸石灰(TSP)との比較を行った。これまでの試験では無底穴ポットを使用しており、塩類の系外流出が生じなかったことが、塩類過剰による生育制限を生じたと仮定し、今回の試験では、有底穴ポットを使用し、余剰水分および塩分を排水により系外流出を促した条件で TSP との生育比較を行った。無底穴

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

ポットを用いた前回試験では、5g P₂O₅/pot および 2g P₂O₅/pot において、TSP と比較して有意に草丈が低かったが、有底穴ワグネルポットを用いて余剰水分を排水させた今回の試験では、5g P₂O₅/pot においては前回試験と同様の結果であったものの、2g P₂O₅/pot ではトウモロコシ生育における TSP との差が前回に比較して明らかに小さくなった。また、TSP と CBk 両施用区の間、排水中および土壌中の pH(H₂O) および EC に顕著な差異は認められなかった。このことから、5g P₂O₅/pot の CBk 施用における生育阻害要因は、無底穴ポット使用にともなう塩類過剰ではなく、その他の要因がある可能性が示された。

また、硫酸添加によるリン鉱石可溶化法について、ブルキナファソ産リン鉱石を用いて試験を行った。可溶化程度が最大値となる過リン酸石灰を製造する際、必要な硫酸添加量は構成成分比を元にした計算式から求められる。この計算式から算出した硫酸添加量を最大値とし、硫酸添加量を 7 段階に設定してリン鉱石に添加することで、過リン酸石灰および部分的酸性化リン鉱石(PAPR)の試作試験を行った。その結果、硫酸添加量が増加するほど、全リン酸に対するク溶性および水溶性リン酸の割合は増加したが、市販の過リン酸石灰の割合（水溶性リン酸割合 90%）と比較すると、水溶性リン酸割合が 70%程度と低く、また、硫酸添加量が増加するにつれ、製品の吸湿性が増加し、取り扱いに問題が生じる結果となった。今後、可溶性割合を増加させると同時に、吸湿性を低減する方法を検討する必要がある。

焼成処理における太陽光発電設備の利用について、キルンメーカーから技術的には可能であるとの情報が得られ、さらに今後の協力も得られることになった。この事は本事業の成果達成に向けた重要な成果であると言える。また、ブルキナファソ産リン鉱石の可溶化技術について、焼成リン肥の肥効が検証されるとともに、PAPR の製造方法について試験を開始できた。以上のことから、暫定期間中としては十分に成果を達成したと考える。

② 研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

現時点では特になし。ただし、INERA の研究者と焼成法に関する情報共有を開始した。

③ 研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし

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】

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

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

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、こうした重金属類除去技術の開発は、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性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（ク溶性 100%を目標）。
- b) 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。
- c) 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。
- d) 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】

- e) 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。
- f) 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性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。
- g) 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】

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

- h) 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
- i) 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。
- j) 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。

(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)

研究グループ 東京大学 (リーダー: 岡田 謙介)

① 研究題目 2 の当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

全体計画においては、課題 2 の当該年度活動は予定していなかったが、INERA 側研究者の協力もあり、本契約移行後の圃場試験に向けた圃場の確保ならびに均一栽培の準備を開始した。次年度には土壌特性の圃場内変動を評価するとともに、変動を最小化するための均一栽培を速やかに実施する。

② 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

特になし

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

現地農業環境における土壌診断の困難さに触れ、無人航空機 (UAV) を活用した土壌診断技術を検討したいと考えている。課題 2 で実施する均一栽培時に空撮画像の解析と圃場内で採取した土壌試料の分析結果を比較し、UAV による簡易土壌診断技術の開発に向けた基礎的な知見とする。

④ 研究題目 2 の研究のねらい (参考)

【題目 2-1】

ブルキナファソにおける食用作物であるトウモロコシ、ソルガムとトウジンビエ、主要換金作物であるササゲとイネ等について、【1-2】で試作した NPK 複合肥料の施肥効果を同国の環境条件の異なる試験圃場で評価する。相手国代表機関である INERA は、ギニアサバンナからスーダンサバンナを経てサヘルまでの異なる気候帯に試験圃場を有しており、これらの試験場を活用し多地点の連絡試験を行う。

【題目 2-2】

食用作物であるソルガム、換金作物であるイネについて、リンとチッ素に着目し、施肥効率の高い施肥法 (施肥深度、時期、量) を開発する。特にイネは降雨時に氾濫する低湿地で栽培され、施肥成分が流出しやすいことから、変動する湛水条件を考慮した施肥法を検討する。

【題目 2-3】

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

JIRCAS は 2016 年～2020 年の予定で、ブルキナファソ、クドゥグ近郊の小流域を対象として、「アフリカ流域管理プロジェクト」を実施中である。そこで、これらの研究と連携する形で技術開発を実施し、その対象地をモデル流域として、農民参加型実証圃場を 10 ヶ所に設け、施肥栽培の普及可能性を評価する。

⑤ 研究題目 2 の研究実施方法（参考）

【題目 2-1】

- a) 1-2 で試作された NPK 複合肥料について、トウモロコシ、ソルガム、トウジンビエ、ササゲ、イネを対象として施肥効果を検証する。INERA のサリア、ファラコバ、ファダグルマ試験地において、INERA の推奨栽培法に従い、同一の処理（市販肥料、試作肥料、リン鉱石、無施肥）の効果を明らかにする。

【題目 2-2】

- b) INERA のサリア試験地において、試作肥料の施肥量がソルガム収量と肥料の利用効率に及ぼす効果を明らかにする。
- c) INERA のサリア試験地近郊の水分条件の異なる天水田（3 地点）および補給灌漑水田（1 地点）において、試作肥料の施肥量と施肥時期の違いが水稻収量と肥料の利用効率に及ぼす効果を明らかにする。

【題目 2-3】

- d) 2-2 で得られた成果をもとに、JIRCAS のアフリカ流域管理プロジェクトサイトの 10 ヶ所に実証・展示圃場を設け、同様に実施したい農家に対して、肥料を提供し栽培してもらう（Mother-baby 手法）。試作肥料、栽培技術に対する農家の評価とともに、試作肥料の購入意思を調査する。家計調査結果に基づき購入の実現可能性を検討し、農家経営の側面から肥料の普及可能性を評価する。
- e) 国レベル、および活動地域における肥料流通の実態を調査し、肥料流通のための条件を解明する。

(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）

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

本研究題目の活動としては、暫定期間中にリン鉱石直接施用の施肥法を検討する農家圃場および QTL ならびに GWAS 解析を実施するための圃場を確保することを目的としていた。INERA 側研究者とともに、サリア近郊の農家圃場を視察し、7 地点の農家圃場試験候補地を選定した。さらに、GWAS 解析を実施するための天水稲作圃場についても候補地を選定した。

また、各活動に対する現地カウンターパートの選定も行われたことから、平成 29 年度には速やかに試験を開始できると期待される。

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

② 研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

現時点では特になし

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

現時点では特になし

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性・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性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、リン鉱石の可溶性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壌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ー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】

アズラ (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ズラ増殖によって、アズ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

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

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燐酸石灰(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】

- c) 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。
- d) 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】

- e) 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。堆肥製造時のリン鉱石配合比率、堆肥資材、堆肥化期間に水準を設け、堆肥化後の有効態リン酸量を比較することで、効率的なリン鉱石富化堆肥製造法を提案する。
- f) 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とされる生物資材を添加して堆肥化を行ない、PCR-DGGE 法により堆肥中の微生物組成を経時的に把握するとともに、堆肥中のリン酸を形態別に分画・定量し、リン鉱石可溶化と微生物組成の関係を検討する。
- g) 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】

- h) 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。
- i) 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】

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

- j) 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。
- k) 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】

- l) 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。
- m) 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。

(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）

①研究題目 4 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト暫定期間中の活動予定はなく。現時点での成果達成状況は特になし。

②研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況現時点では特になし。

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現時点では特になし。

④研究題目 4 の研究のねらい（参考）

【題目 4-1】

天水稲作ならびに天水畑作において、土壌条件、水分条件、日射量、施肥量等をパラメーターとして作物生長を予測するプロセスモデルである Agricultural Production Systems sIMulator (APSIM)、ならびに多様な作物に対するリン鉱石直接施用効果をリン鉱石品質、土壌条件、気候条件などをパラメーターとして推定する Phosphate Rock Decision Support System (PRDSS)の適用可能性を検証する。これらのモデルの適用により、各種の技術オプションを実施した際の作物収量予測を行ない、技術適用の効果を普遍化する。また、開発される肥料とリン鉱石直接施用の組み合わせを含めた作物収量とリン利用効率を最大化するリン酸施用条件を解明する。

【題目 4-2】

主要食用作物の栽培において、無施肥栽培から施肥栽培への移行を達成するには、農産物の需要と換金

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

機会の拡大を通じた、貨幣で計測した土地生産性の向上が必要である。そこで、流通と加工を含めたフードバリューチェーンの現状を明らかにし、農産物の需要および換金機会拡大のための方策を提案する。

【題目 4-3】

各課題で提案された肥料、および技術の普及が農家に及ぼす効果を費用対効果分析により明らかにする。特に国産複合肥料の普及が農家経営に及ぼす影響を明らかにする。また、低品位リン鉱石を利用した施肥栽培の普及が対象地域の地域経済に及ぼす影響を、産業連関分析を用いて評価する。

⑤ 研究題目 4 の研究実施方法（参考）

【題目 4-1】

- a) 課題 2 ならびに課題 3 で得られた結果を用いて、APSIM のブルキナファソにおける予測精度を検証する。なおモデル予測に必要な気象条件や土壌条件などの各種データについても課題 2 ならびに課題 3 の栽培試験において、取得する。対象作物はソルガム、トウジンビエ、ササゲ、イネとする。
- b) 課題 2 ならびに課題 3 で得られた結果を用いて PRDSS の適用可能性を検証する。対象作物はソルガム、トウジンビエ、ササゲ、イネとする。
- c) APSIM と PRDSS を組み合わせることで、国産複合肥料だけでなく、リン鉱石直接施用や輸入リン酸肥料も含めた施肥技術の中から、調査地域の作物栽培における作物収量ならびにリン利用効率を最大化するリン酸施用条件を明らかにする。

【題目 4-2】

- d) 主要農産物の作付面積、生産量、目的別経路別流通量、取引額を推計し、農地から消費までのフードバリューチェーンの現状を、定量的に把握する。
- e) 食料消費の動向と、食品加工技術開発の動向を調査し、ニーズと技術の両面から、新しいフードバリューチェーンの可能性を検討する。ニーズと技術が両立する製品については、消費者調査から需要予測を行い、価格と需要量の関係を把握する。
- f) 新しいフードバリューチェーンが農家所得に与える影響を、新製品の需要予測と先行研究の農家家計調査に基づいて評価し、有望なチェーンの選定と提案を行う。

【題目 4-3】

- g) 課題 2・3 の対象農家について、本事業により提案された技術の普及が農家経営に及ぼす影響を費用対効果分析により検討する。
- h) 本事業により提案された技術の普及が、農業資材の需要と農産物の供給を通して地域及び国の経済に与える影響を、産業連関法を用いて分析し、雇用、所得、国際収支等の視点から検討する。

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）

本年度の活動により、現地カウンターパートとの研究協力体制が明確になり、肥料製造に向けた解決すべき技術的問題が整理された。

課題 1 の国産肥料製造においては、次年度活動において、焼成リン肥ならびに部分酸性化リン鉱石
【平成 28 年度実施報告書】【170531】

石(PAPR)の試製品を作成する予定としており、課題 2 における試製肥料の現地実証試験に向けた準備が速やかに行われるものと考えられる。焼成リン肥の試製品については、太平洋セメント社の有する大型キルンにより、肥料工場での実践的な焼成プロセスに近い焼成試験を実施する。得られる試製焼成リン肥はより最終産物に近い性状になると期待される。PAPR の試製品については、実験室レベルでの評価に留まっているが、課題 2 への展開も見据えて、製造試験規模を大きくする方策を検討中である。

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

プロジェクトの活動に当たって、JIRCAS と INERA の共同研究体制の構築が極めて重要である。そのため、INERA の幹部 4 名を JIRCAS に招聘し、関係強化に努めると共に、セミナーを開催した。また、次年度の活動開始に当たり、INERA と JIRCAS 共催によるキックオフミーティングを計画し、プロジェクトの開始を広く広報することとした。その際には、プロジェクト参画者だけでなく、肥料の流通・利用に関連する肥料販売団体、肥料会社、国際肥料開発センター・ブルキナファソ支所 (IFDC-ブルキナ) 代表、農業省代表を招き、国産肥料開発と肥料の普及に向けての機運を醸成する機会とすることとした。さらには、INERA 幹部招聘を機会に、駐日ブルキナファソ大使館を訪問し、プロジェクトに対する協力の約束を得た。

現地インターネット環境の脆弱性に起因して、インターネットを介した情報交換等において、非常に時間が掛かることが問題として挙げられる。本件は、事業実施における障害となるだけでなく、INERA における情報収集およびコミュニケーションの主要な阻害要因となっている。定期的な Web 会議の実施を目標として安定的かつ高速インターネット回線の設備が必要と考えられ、現在、現地事務所に衛星インターネット回線の開通を検討している。

(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)

研究グループ 太平洋セメント (リーダー: 今井敏夫)

現時点において、相手側研究機関との共同研究は実施していないが、日本国内で肥料製造試験を実施するため、リン酸利用公社からリン鉱石を輸入するための協力を依頼した。リン鉱石の取得については問題が無いものの、その輸送に多額の費用がかかることが予想され、現在、費用削減に向けた対策を検討している。

(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)

研究グループ 東京大学 (リーダー: 岡田謙介)

【平成 28 年度実施報告書】【170531】

研究題目 2 においては、施肥法の開発に関連して、Alliance for a Green Revolution in Africa (AGRA)の支援により INERA が実施しているプロジェクト ; Optimising Fertilizer Recommendation for AFRICA (OFRA) が参考となる。そこで、本プロジェクトとの連携を強化することを目的として、OFRA プロジェクトコーディネーターが本題目の INERA 側課題責任者として任命された。

(4) 研究題目 3 : 「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 : 中村智史)

(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)

IV. 社会実装 (研究成果の社会還元) (公開)

(1) 成果展開事例

暫定期間中につき特になし

(2) 社会実装に向けた取り組み

当初、社会実装に向けて国産肥料開発推進委員会の発足を目指していたが、農業省主導の国家肥料委員会の発足が明らかとなり、当該委員会に事業成果を反映できる可能性が示された。

V. 日本のプレゼンスの向上 (公開)

2016 年 10 月に「アジアからアフリカへ緑の革命は起こされるのか？」と題して実施された日本熱帯農業学会公開シンポジウムにおいて、中村研究員が「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」として、本事業の概要を説明した。シンポジウムには各方面の専門家に加えて、地元の高校生なども参加し、およそ 130 人の参加者を数えた。本シンポジウムの様子は南日本新聞の朝刊にも紹介された。

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】 (公開)

別添資料参照

VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】 (非公開)

別添資料参照

VIII. その他（非公開）

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)

論文数 0 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 0 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・福田モンラウイー・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	

論文数 2 件
 うち国内誌 1 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
H28					

著作物数 0 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

著作物数 0 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), Simpore, 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
	国内学会		

招待講演 0 件
口頭発表 0 件
ポスター発表 1 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

--	--	--	--

招待講演	1	件
口頭発表	1	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 件
 公開すべきでない特許出願数 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 件
 公開すべきでない特許出願数 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

0 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

0 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	概要

0 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

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	(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"> ・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。

