

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」

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 年度/研究期間：5 年/相手国名：ブルキナファソ

平成 29 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

JST 側研究期間^{*2}

平成 29 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： 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

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	→	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關与する QTL の解析	→	リン鉱石施用効果を最大 化する品種の提案
3-3 リン鉱石富化堆肥	←	→	→	リン鉱石富化堆肥の作成と施肥効果の検証	→	▽
3-4 リン鉱石適合作物	←	→	→	リン鉱石直接施用に適した作物の選定	→	▽
3-5 アズラ利用	←	→	→	リン鉱石を活用したアズラ増殖	→	アズラ由来有機 NP 肥料の施肥効果の実証
3-6 直接利用技術マニュアル				→	→	直接施用技術マニュアルの策定
4. 持続的作物生産に向けたリン 鉱石の総合的利用法の提案						
4-1 リン利用効率		→	→	モデル適用可能性の検証	→	リン利用効率を最大化する 施肥法の提案
4-2 フードバリューチェーン		→	→	流通の現況把握	→	需要拡大への提言
4-3 地域経済インパクト				←	→	社会経済的影響予測

(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

変更なし

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

(1) プロジェクト全体

本年度は、4つの研究題目の内、1.「在来リン鉱石を利用した地域適合型複合肥料の開発」と3.「リン鉱石の直接利用技術の開発」について研究を開始した。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」については、圃場の選定など、次年度の活動の準備を行った。1.については主に、日本で製造試験を行い、日本とブルキナファソ国においてポット試験において製造したリン酸肥料の肥効を確認し、次年度からの本試験に備えた。

研究運営体制については、C/P 機関である環境農業研究所 (INERA) との情報共有に困難さが見られた。そこで、2月9日に、プロジェクトの運営体制強化を目的とする意見交換の場として、運営会議を開催した。INERA からは、プロジェクトマネージャーと各研究題目責任者、および INERA 支所の代表者、JIRCAS 側からは、研究代表者 (南雲) とともに、研究題目責任者が参加した。会議では建設的な意見が多く出され、今後情報共有の強化のための対策を取ることを合意するとともに、合同調整会議 (TCC) を5月に開催することを決定し終了した。INERA 内部における情報共有を INERA 側に任せていたことが反省点として挙げられる。今後、プロジェクトマネージャーの活動を強くサポートする必要がある。

日本人の人材育成については、特別研究員を4名雇用し次年度より現地での試験を通じて国際共同研究の困難さと面白さを感じながら経験を積んでいくものと期待している。また、C/P 機関の若手研究者2名について、平成30年度4月に日本で実施予定である短期研修の準備を整えた。

(2) 研究題目1:「在来リン鉱石を利用した地域適合型複合肥料の開発」

JIRCAS 研究グループ (リーダー: 中村智史)

太平洋セメント研究グループ (リーダー: 今井敏夫)

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

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

1-1-1. 焼成リン肥の製造法の検討

これまでの試験において、1) 炭酸 Na および炭酸 K の添加により、ク溶性および水溶性リン酸量が大幅に改善すること、2) 水稻への施用効果は重過リン酸石灰 (TSP) と同程度であるが、トウモロコシでは TSP の 30~50% 程度の生育を示すこと、3) トウモロコシを対象とした畑条件による栽培試験において、無底穴ポットでは有底穴ポットに比べ生育抑制が顕著であること、が明らかになった。畑作物における施用効果の低さは、焼成リン肥がク溶性であることから水溶性画分の少なさに起因しているか、焼成時に生成する物質がなんらかの生育阻害を生じていると考えられた。

そこで本年度は、炭酸 K 添加焼成物 (CB-K) と TSP を様々な水準で配合、施用することで、CB-K における水溶性リン酸割合の低さがトウモロコシ生育を抑制する可能性をポット試験により検討した。その結果、CB-K におけるトウモロコシの生育抑制は、無底穴ポット条件においては、水溶性リン酸量に規定されず、焼成時に生じる副生成物が初期生育を阻害している可能性が考えられた。

また、炭酸 Ca および炭酸 Mg 等を添加することで、炭酸 K 添加量を削減し、強アルカリ塩の生成を抑制することを目的として、炭酸 Ca および Mg の添加量を変更し、焼成する方法を検討した。その結

【平成29年度実施報告書】【180531】

果、リン鉱石に炭酸 K、炭酸 Ca、炭酸 Mg を添加し焼成することにより、炭酸 K 添加量を以前のおよそ半量程度まで抑えながら、ク溶率を 100%とすることが可能となった。さらに、得られた炭酸 K-Ca-Mg 添加焼成物(CB-K/Ca)の施用効果を、日本およびブルキナファソにおいて、それぞれポット試験（日本：トウモロコシ、ブルキナファソ：ソルガム）で評価した。その結果、CB-K/Ca は TSP と同程度の乾物収量を示した。図 1-1 では日本で実施したトウモロコシを対象とした試験結果を示す。

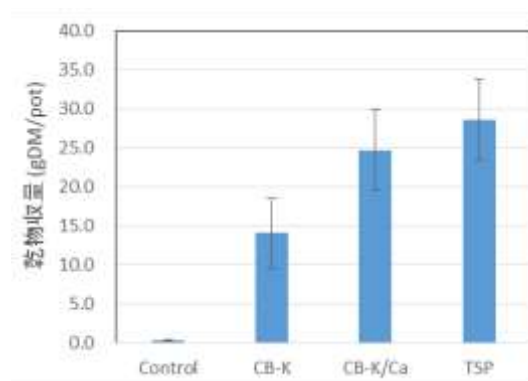


図 1-1 トウモロコシにおける改良焼成リン肥(CB-K/Ca)の施肥効果

リン酸施用量は 2g P₂O₅ kg とした。Control: リン無施用区、CB-K: 炭酸 K 添加焼成リン施用、CB-K/Ca: 炭酸 K/Ca/Mg 添加焼成リン施用、TSP: 重過リン酸石灰施用

上述のとおり、原料の化学組成の検討および栽培試験により、炭酸 K-Ca-Mg 添加焼成物(CB-K/Ca)の肥効が確認されたため、同一配合による連続製造実験を実施した。

焼成により得られる肥料の K₂O 濃度が約 20%となるように、粉末状のコジャリ産リン鉱石、炭酸カリウム（高杉製薬社）、炭酸カルシウム（宇部マテリアルズ社）および炭酸マグネシウム（ナイカイ塩業社）をそれぞれ一定量の割合で、ナウターミキサーにより均一に混合し、パン型ペレタイザーにより約 7φ mm に造粒した。続いて、その造粒原料を小型ロータリーキルン（370φ mm、3200mmL、勾配 2°、A 重油 2 流体バーナー内燃式）を用い、最高温度 1050℃で焼成し、改質肥料 120kg を作製した。粉末 X 線回折（XRD）の結果、焼成改質肥料には、カリウム・カルシウムシリコフオスフェート（K₂Ca₄(PO₄)₂SiO₄）、ケイ酸 2 カルシウム（Ca₂SiO₄）およびエンスタタイト（MgSiO₃）などが同定された。また、肥料分析の結果、全リン酸は 18.0%、水溶性リン酸は 0.05%、およびク溶性リン酸は 96%であった。

1-1-2. 部分的酸性化リン鉱石(PAPR)製造法の検討および試作

実験室内での PAPR の製造方法についての検討を行い、以下のように決定した。①リン鉱石および硫酸の準備、②リン鉱石と硫酸の混合、③初期熟成、④最終熟成、⑤微粉碎について、それぞれの条件を、①微粉碎リン鉱石、硫酸温度 90℃、②混合時間 2-3 分、③初期熟成を 80-90℃で数時間、④最終熟成 1 週間 80℃、⑤105℃1 晩乾燥後、微粉碎、に設定した。

一般的に、リン鉱石中に含まれるリン酸（主にフッ化アパタイト）全量を可溶化するために必要な硫酸量は、リン鉱石中の各種成分割合から算出される（ブルキナファソ産リン鉱石 10g を用いた場合、100%硫酸が 3.19ml 必要となる）。ブルキナファソ産リン鉱石の硫酸添加量に応じた可溶性（水溶性お

よびク溶性)リン酸量の変化を明らかにするため、上記の方法により製造試験を行った。粉末 X 線回折 (XRD) の結果、添加硫酸量が増加するに従い、フッ化アパタイト ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$) が減少し石膏類 ($\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $0 < n < 2$) および $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ が増加した。100%硫酸が 2.39ml となるように添加した場合 (PAPR75) であっても、未反応のフッ化アパタイトが同定された。また、添加硫酸量が増加するに従い、二水石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) から無水石膏 (CaSO_4) への結晶水量が少ない石膏の割合が増加した。リン酸溶出量については、全リン酸量に対する水溶性およびク溶性 (水溶性+ク溶性) リン酸割合が増加し、計算上 100%可溶化するために必要な硫酸量以上の硫酸を添加した場合でも、粉末状の製品を得ることができた。この際、水溶性リン酸割合が最大 80%以上の製品が得られ (硫酸添加量がおおよそ 100%硫酸等量で 4.2ml 以上)、これらの製品は、日本の肥料取締法で規定されている過リン酸石灰の水溶性リン酸量の基準 (肥料全量中に 13%以上) を満たしており、過リン酸石灰と同等の製品が製造可能であることが明らかとなった。しかし、硫酸添加量が増加するにつれ、製品の $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ が減少するとともに、吸湿性 (吸水量/絶乾重量) が増加した。吸湿性が高い製品は、実際に PAPR を施肥する際や保存時に大きな問題となるため、可溶化程度の高い製品が必要な場合、高い可溶化割合を維持しつつ、吸湿性を抑える工夫が必要であると考えられた。また、計算上の硫酸必要量以上の添加が可能であったが、硫酸添加量の増加にともない $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ が減少していることから、硫酸が残存している可能性が考えられた。過剰硫酸は、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ の減少だけでなく、土壤中に残存し、作物の生育阻害となることから、残存硫酸を無くすことが必要である。

1-1-3. 試作 PAPR を用いたポット試験での施肥効果の検証

上記の方法にて製造した PAPR を用いて日本およびブルキナファソにおいてポット試験を行った。日本では、2017 年 5 月から JIRCAS の温室内でトウモロコシを対象に、赤玉土 (リン酸吸収係数: $>1500\text{mgP}_2\text{O}_5/100\text{g}$) を用いて実施した。使用した PAPR は、水溶性リン酸含量 20%(PAPR77)、50%(PAPR121)、70%(PAPR132)の 3 種類で、過リン酸石灰(SSP)を対照として 63 日間栽培した。トウモロコシの乾重量を SSP と比較すると、水溶性リン酸 20%PAPR では明らかに乾重量が低いのにに対し、水溶性リン酸 50%PAPR および 70%PAPR では、SSP と同等の値を示した。この結果から、黒ボク土のようなリン酸吸収係数が高い土壌では、PAPR の水溶性リン酸は 50%以上であれば、有効な効果が得られることが示された。

続いて、2017 年 11 月からブルキナファソの INERA ファラコバ支所にて、ポット試験を開始した。栽培作物はソルガム(Sariaso-01)とし、土壌は INERA サリア支所の圃場土壌 (リン酸吸収係数: 約 $100\text{mgP}_2\text{O}_5/100\text{g}$) を用いた。使用したリン酸肥料は、ブルキナファソ産リン鉱石から製造した①焼成リン肥料(CB-kca)および②試作 PAPR(PAPR)に加えて、③TSP+PR、コントロールとして、④リン酸無処理、⑤SSP および⑥TSP の合計 6 処理区を設けた。試験期間は、播種後 70 日を予定していたが、予定期間経過後のソルガムが、草丈が低く、分げつ数が多い状態であった。現地研究者によると、試験期間中の気温が低く、日照時間が短いためとのことであった。そこで、予定の試験期間を延長し、生育を観察することにした。その後、2018 年 5 月始めまで栽培し、播種後 169 日目に収量調査を行った。現在、現地研究者にソルガム地上部の乾燥および乾燥重量の測定を依頼している。

1-1-4. リン鉱石の高品位化に向けた検討および過リン酸石灰の試作

ブルキナファソ産リン鉱石は、一般的に肥料製造に使用されているリン鉱石に比べて、鉄、アルミニウムおよびケイ素などの不純物が多い。これらの不純物は、PAPR や過リン酸石灰の製造の際に、硫酸を消費するだけでなく、吸湿性も増加させる。そのため、不純物が多く、リン酸含量が低いリン鉱石を肥料製造に使用する際には、酸添加前に磁気選鉱や浮遊選鉱などの品質向上のための選鉱が行われることが一般的である。しかし、これらの技術を用いるには、高価な設備が必要となり、結果的に肥料価格が上がってしまう。そこで、比較的簡易に行える選鉱の一つとして、粒子径による選鉱が考えられたため、粒径による成分比の違いについて調べた。湿式篩別にてそれぞれの粒径ごとに篩別した後、乾燥後、XRF 分析を行った。その結果、 38μ および 75μ m 以下および以上で、鉄およびアルミニウム含量に差が認められた。特に、 38μ m 以上では、鉄・アルミニウム・ケイ素含量の減少およびリン酸含量の増加と同時に、分配率も 8 割近くになったことから、今後簡易な選鉱方法として検討する価値があると考えられた。

次に、可溶化程度を維持しつつ、吸湿性を減少させることを目的に、リン鉱石に様々な資材を添加して PAPR を製造する方法について検討した。用いた添加資材は、炭酸カルシウム、炭酸カリウム、現地産出のドロマイトおよび高品位リン鉱石の 4 種類である。硫酸添加量は、上記製造試験の際の最大添加量に近い 60%硫酸 7ml(100%硫酸換算で 4.2ml)とした。炭酸カルシウムの添加試験の結果では、資材添加量の増加にともない、吸湿性を抑えることが可能となった。同時に、資材添加量が増加するにつれ、可溶化程度（水溶性リン酸割合＋ク溶性リン酸割合）が減少した。これは、添加資材によって、添加した硫酸が消費されたことで、未反応のリン酸が生じたためと考えられる。この結果から、過剰の資材添加は硫酸消費を引き起こすが、適度量の資材添加は可溶化程度を維持しつつ、吸湿性を抑えるために有効であることが示唆された。

1-1-5. 資材添加の PAPR を用いたポット試験での施肥効果の検証

1-1-4 で示した方法により資材添加して製造した PAPR を用いて、2018 年 2 月からブルキナファソの INERA ファラコバ支所にて開始した。栽培作物および使用土壌は前回のブルキナファソでのポット試験と同様である。用いたリン酸肥料は、ブルキナファソ産リン鉱石から製造した①焼成リン肥料 3 種類および②硫酸添加による試作 PAPR 9 種類の他、④リン酸無処理、⑤SSP および⑥TSP であり、合計 15 処理区を設けた。ポット当たりの使用土壌は 6.5kg、施肥水準は前回の試験結果から 0.5g/pot に設定し、反復は 6 連で行った。試験期間は播種後 92 日で、前回試験同様、現在、現地研究者にソルガムの乾燥および乾燥重量の測定を依頼している。添加資材による施肥効果の違いは、播種後 84 日目のソルガムの草丈の結果からは認められなかった(PAPR3 と PAPR5～9)。一方で、硫酸添加量が異なる PAPR2(10g リン鉱石に対して 100%硫酸 3.3ml 添加: およそ PAPR100 に相当)と PAPR3 および PAPR4 のソルガムの草丈に差がないことから、ブルキナファソの現地土壌では、PAPR100（水溶性リン酸割合:55%, ク溶性リン酸割合: 29%）で十分施肥効果が認められることが示唆された。また、TSP と SSP、CB と PAPR を比較すると、SSP と PAPR で比較的草丈が高いことから、ブルキナファソ土壌では SSP や PAPR 中に含まれている硫黄による効果が大きいことが示唆された。

1-1-6. 圃場試験用 PAPR の作成

平成 30 年度から開始する圃場試験に向けて、PAPR を製造した。過去の研究例や現在までの試験結果および題目 2 からの要望により、硫酸添加量の異なる PAPR を 3 種類製造した。表 1-2 に製造した PAPR の種類と分析結果を示す。今回製造した PAPR は、これまでの製造規模と異なり、リン鉱石 2kg 単位で製造した。その結果、PAPR50 および PAPR75 のク溶性リン酸割合が、今までに得られた結果よりも高い結果となった。これは、製造規模が大きくなることによる反応温度の上昇、攪拌速度および攪拌時間等の製造方法の違いにより、リン鉱石と硫酸の反応過程に変化が生じたことによると考えられる。そのため、攪拌機を導入後、それに適した最適条件を模索し、均質な製品を製造することが必要となる。

表 1-2 圃場試験使用予定 PAPR の各種リン酸量

	pH(H ₂ O)	EC	全リン酸 (TP)	水溶性リン酸 (WP)	ク溶性リン酸 (CP)	水溶性リン酸割合 WP/TP	ク溶性リン酸割合 (CP-WP)/TP	難溶性リン酸割合 100-CP
		単位：S/m		全量中P2O5%			%	
PAPR50	3.4	0.4	22.0	2.1	16.6	9.5	66.1	24.5
PAPR75	2.6	0.5	20.0	5.1	15.6	25.7	52.2	22.2
PAPR100	2.1	1.0	18.4	8.5	12.5	46.2	21.9	31.9

1-2. 可溶化リン酸肥料を用いた地域適合型複合肥料の開発（複合肥料化）

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

ブルキナファソにおける多様な作物生産環境に対応する NPK 複合肥料の作成に向けて、GIS ツールによる解析が可能な土壌情報、気象情報、地形情報などの収集を開始した。現在までに、土壌情報としては ISRIC が作成した Soil Grid による情報が有用と考えられ、気象情報としては WorldClim や GSDMap の利用が可能と考えられた。また、地形図では Landsat-TM などによる DEM 画像が利用可能であると考えられる。現在、JIRCAS で実施中の流域管理プロでは、こうした情報収集を実施しており、当該情報の共有は容易である。これらの情報を活用することで、調査対象地域の作物生産環境の類型化が可能であると判断した。

② 研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

現地に導入する肥料製造テストプラントについて、おおよその導入機器を選定し、INERA における設置場所を検討した。その結果、INERA Kamboinse 支所内分析室横に設置するのが妥当であると考えられた。また、当該設備について、焼成リン肥を製造するための“実験用回転式焼成炉”、部分酸性化リン鉱石を作成するための“無加圧攪拌装置”、太陽光発電装置と周辺装置からなることを、現地 C/P と確認し、次年度内に導入および動作確認を行うことを目標とすることで同意した。

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

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

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

【題目 1-2】

また、焼成処理に炭酸カリウム添加が有効であることが示されており、カリウム添加の焼成物には肥料の主要三成分のうち、リンとカリが含まれる。焼成リン肥に含まれるリン、カリ、カルシウム、ケイ素等の成分に加えチッ素、硫黄等を添加し、現地土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なまま分布している。これらのアフリカ在来リン鉱石の化学組成や可溶性、その他の特性をインベントリ情報として構築し、アフリカ在来低品位リン鉱石の適正な加工方法を提案する。また、低品位リン鉱石の利用にあたっては、カドミウムやヒ素などの重金属含量が高い事例が散見され、こうした重金属除去技術の開発は、耕地土壌におけるカドミウム集積が問題となっている EU 各国を中心に世界的に喫緊の課題となっている。これまでに経済的に実施可能な重金属除去技術は提案されていないが、焼成によるリン鉱石可溶化の過程で重金属類を同時に除去できる可能性が高い。そこで、低品位リン鉱石の利用にあたってカドミウム等の有害重金属について、焼成による除去技術を検討する。

⑤ 研究題目 1 の研究実施方法（参考）

【題目 1-1】

- a) ブルキナファソから輸入したリン鉱石粉を原料として、アルカリ金属元素の炭酸塩を一定の比率で配合し、800℃～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。

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

- 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、題目 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。

(3) 研究題目 2：「主要作物への施肥効果の評価と施肥技術の改善と普及」

JIRCAS 研究グループ（リーダー：渡辺武）

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

サリア支所、ファラコバ支所、コアレ試験地について、INERA 側より提案された試験圃場候補地で土壌調査、表土の化学分析、及びソルガムの均一栽培を行い、その結果を基に、比較的均一な範囲において、来年度から畑作物（ソルガムとササゲ）の栽培試験を実施することとした。水稻試験のサイトについては、サリア支所周辺で、先行してリン鉱石直接施用試験を開始し、湛水条件がある程度判明している農家水田周辺を調査し、必要面積の確保の有無、農家の協力の意思に基づき、来年度からの水稻を栽培する農家試験圃場を 4 か所選定した。

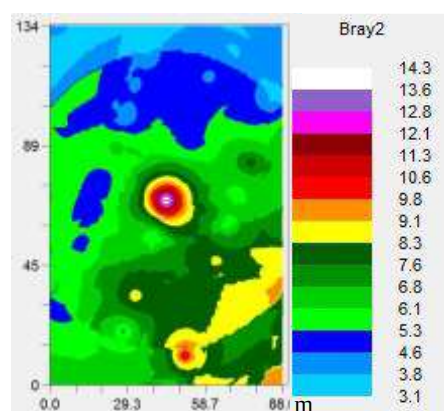


図 2-1 有効態リン酸含量の分布

（コワレ試験地の事例）

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

肥料流通の実態を把握するために、聞き取り調査を実施した。農家に肥料の入手先を尋ねることから開始し、流通経路を順に遡った結果、図 2-2 のような経路が判明した。農民までの経路は大きく分けて 3 つ存在し、政府補助金による格安な肥料の供給（DGPV）、綿花の契約栽培農家に対する国営企業からの供給（SOFITEX）、そしてその他の民間の流通である。DGPV の供給量は 1 世帯あたりではわずかな量であり、SOFITEX の供給は綿花栽培地帯に限られるため、民間流通の重要性が推察される。ブルキナファソ国内には、肥料の配合工場は存在するが製造工場は存在せず、化学肥料は 100%が輸入で賄われる。輸入には開業時の免許取得と、輸入時の品質検査が義務付けられている。しかし少なからぬ卸売業者が、正規の経路に加え、無認可・非正規の輸入業者からも購入していると回答しており、肥料の質が保証されないこと、しかしそれら非正規の流通も規模が大きく、安価な肥料供給に重要な役割を果たしていることが推察された。非正規の肥料流通の問題に関しては、その功罪についてさらなる情報収集が必要である。

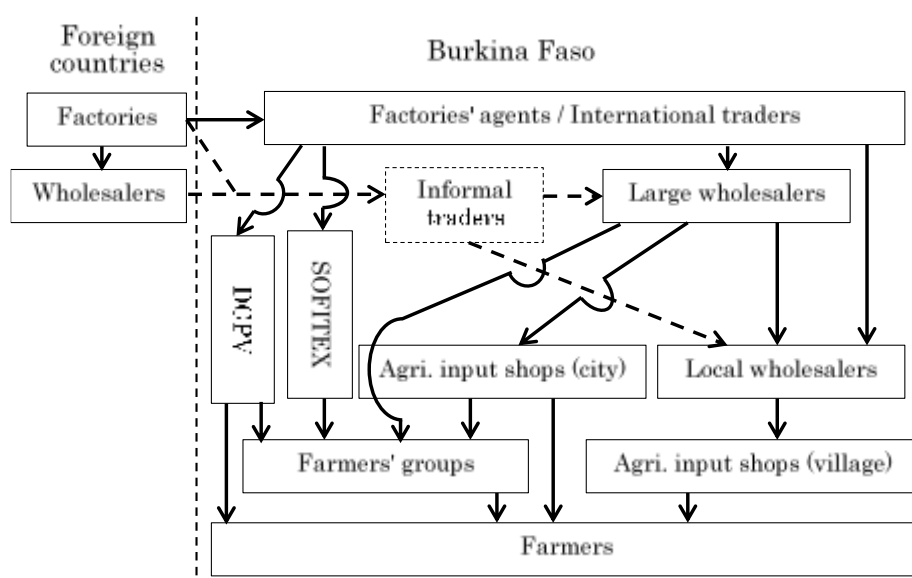


図 2-2 聞き取り調査に基づく肥料流通経路

② 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

題目 2 の主要なカウンターパート 2 名を日本に招聘し、リン酸の分析方法、気象観測装置と土壤水分計の使用方法、作物生育モデルの概要、作物生育モデル校正のための生育調査方法について技術移転する準備を整えた。

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

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

術の改善をした上で、施肥栽培の普及とソルガム需要拡大に向けた方策を提案する。

⑤ 研究題目 2 の研究実施方法（参考）

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

(4) 研究題目 3：「リン鉱石の直接利用技術の開発」

JIRCAS 研究グループ（リーダー:中村智史）

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

各実施題目とも、本年度より現地 C/P との現地試験計画の調整と現地試験の開始を目標としており、雨季作、乾季作の違いにより研究進捗の差異はあるものの、おおむね目標を達成したと考えられる。特に題目 3-1 水稻直接施用では、リン鉱石施用時期の最適化に向けた実践的成果が得られ、題目 3-2 では GWAS 検定に必要な 288 系統のイネ品種の現地育成および種子増殖が可能であることを確認し、さらにリン鉱石直接施用に対する有望系統選抜の基礎的な知見が得られた。題目 3-3、3-4、3-5 はそれぞれ現地 C/P との密な連携により、詳細な試験計画の立案が完了し、一部予備的な試験を開始した。平成 30 年度に速やかに試験を開始する体制が整ったことから、本研究題目の進捗は順調であると判断される。

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

研究題目 3 におけるリン鉱石直接施用試験では、サリア近郊の 7 地点において農家圃場を設定し、リン鉱石施用時期の差異がイネ収量におよぼす影響について検討した。各地点においてはリン無施用区（NK）、TSP 施用区（TSP）を対照として、リン鉱石施用区（PR）を設定した。これらは各地点の播種と同日に施用した。これに加えて、リン鉱石の施用時期を播種二週間前（PR-2W）、播種一週間前（PR-1W）、および播種二週間後（PR+2W）を設定し、各 PR 区の草丈、分げつ数、収量を調査し、重過リン酸石灰（TSP）の施用効果を 100%とした場合のリン鉱石施用効果を示す相対農学的効率（RAE）を以下の数式（1）により算出し、ブルキナファソ産リン鉱石の施用時期について最も適切な施用時期を検討した。

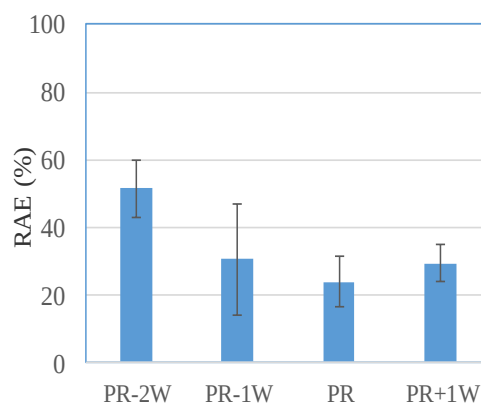


図 3-1 水稻作におけるリン鉱石施用時期の差異が施用効果に及ぼす影響

RAE: 相対農学的効率(%) 数式は本文参照、PR-2W, PR-1W, PR+1W はそれぞれ播種時期と同時施用 (PR) に比較して、2 週間早く (-2W)、1 週間早く (-1W)、もしくは 1 週間遅く (+1W) リン鉱石を施用したものを示す。

$$RAE(\%) = (\text{PR 施用区の収量} - \text{対照区の収量}) / (\text{TSP 施用区の収量} - \text{対照区の収量}) \times 100 \quad \text{数式(1)}$$

その結果、播種同時期に施用 (PR) した場合、RAE が 23% 程度であったのに対し、播種の二週間前に施
【平成 29 年度実施報告書】【180531】

用した PR-2W 区では、RAE は 50%程度まで有意に上昇した（図 3-1）。他方、PR-1W 区ならびに PR+2W 区では PR 区とほぼ同値であり、調査地の天水稲作栽培におけるリン鉱石施用時期は播種の 2 週間前とするのが好ましいと考えられる。なお、これまでの研究により、リン鉱石施用は一年目には低い RAE となるが、継続施用により、リン鉱石施用二年目から TSP と同程度の収量が得られるとの結果が示されており、次年度、継続施用条件下でのリン鉱石施用時期の検証が必要と思われる。

3-2 水稻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）

ブルキナ産リン鉱石直接施用効果に関する QTL 解析のため、IRRI から導入したインド型イネ（*O. sativa* ssp. *indica*, aus, ）288 系統用いて、3 種類のリン施用処理区（1）NK のみ（2）NK+リン鉱石（3）NK+TSP を作製し、生育調査を行った。コントロール個体として、現地ブルキナファソで普及されている FKR19 を用いた。FKR19 と同様に 288 系統において、各試験処理区間の比較では、コントロールの NK 区と比べリン鉱石施用区においてリン鉱石の直接施肥による効果が確認された。また、リン鉱石直接施用により良い効果を示すイネ系統が確認された。今後、圃場試験およびポット試験での、リン鉱石直接施用効果の表現型の再現性を確認するとともに、有望系統に関しては、先行して FKR19 との交配を開始する。

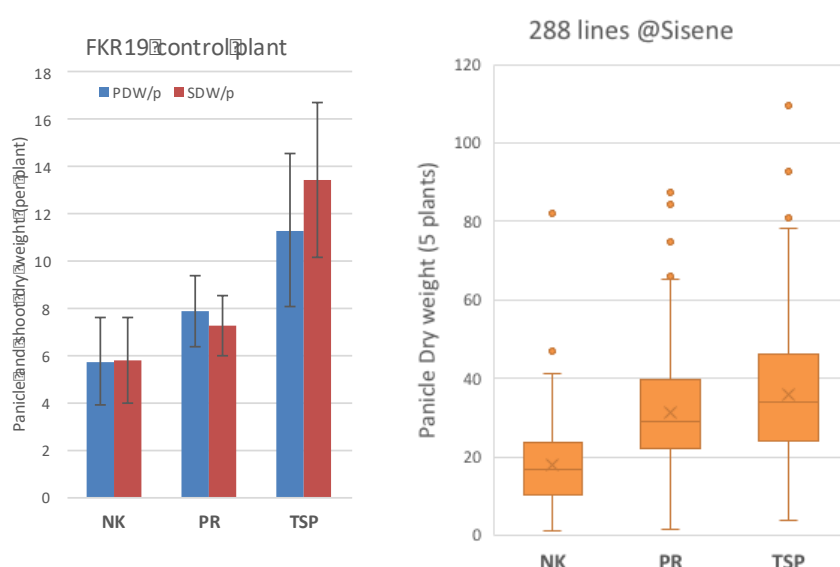


図 3-2 各試験区でのコントロール個体(FKR19)および Sisene 圃場での GWAS 集団 (288 系統)の乾物穂重による施肥効果の比較

NK: NK のみ, PR: NK+リン鉱石, TSP: NK+TSP

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)

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

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

を評価する。

本年度は、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の検証試験を準備した。次年度、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残渣および根圏土壌を添加して堆肥化を実施する。

なお、一部の堆肥化試験は、2018年3月21日に INERA Kamboinse 支所で開始された。当該試験の処理は、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ブルキナファソのソルガム圃場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た。なお、堆肥化したソルガム残渣は、尿素を添加して C/N 比を 55 から 24 に調整し、分解を容易にした。堆肥の水分量は常に 65% に調整され、また堆肥は定期的に混和する。



図 3-4 堆肥化試験の様子

現在、当該堆肥試料の温度および酸素濃度を定期的に記録している。また、2週間ごとに、堆肥試料を収集し

て、pH および堆肥重量の変化を測定する。試験は継続中であり、物理化学的、酵素的および分子分析のために 1 ヶ月、2 ヶ月および 4 カ月後に堆肥試料を採取する。堆肥中の微生物の存在量および組成は、次世代シーケンサーと qPCR によって決定される。リン鉱石の可溶化と微生物組成、有機酸および酵素レベルは相関関係にあると推察されることから、当該分析結果により、リン鉱石富化堆肥製造過程におけるリン鉱石可溶化について、各種微生物の関わりが明らかになると期待される。

3-4 リン鉱石の直接施用が有効な作物の探索（リン鉱石適合作物）

本年度は、樹木作物およびマメ科作物におけるリン鉱石直接施用に適した作物の選定に向けた試験の準備を実施した。

樹木作物についてはシアーバターノキ(*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.)を対象に、幼苗および成木に対してリン鉱石直接施用効果の有無を検証する。次年度の試験開始に向けて、現在までに、現地 C/P と研究計画の調整を実施するとともに、各 120 本の苗木に対し異なる 3 種の施用量を設定した育苗レベルの比較試験を 2018 年 3 月から開始し、初期の個体サイズ計測、培地土壌分析を行った。また、2018 年雨季に予定する野外植栽試験に供する同 4 樹種の苗木調達を行った。

マメ科作物については、ササゲ、ラッカセイ、バンバラマメ、インゲンマメ、ダイズ、リョクトウ、ヒヨコマメ、ルーピン、ゼオカルパマメなどを対象とし、リン鉱石無施用区、リン鉱石施用区、ならびに重過リン酸石灰施用区を設定して、リン鉱石施用効果を検証することとした。試験地は INERA Saria 支所内として、平成 30 年度に試験を開始する予定としている。

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（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
【平成 29 年度実施報告書】【180531】

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

本年度は、INERA Farako-Ba 支所において *Azolla* の培養試験の準備を開始した。供試した *Azolla* は INERA Farako-Ba 支所近郊の Valle de Kou の水田圃場から採取し、予備培養した当該 *Azolla* 試料を用いて、2018 年 4 月から Farako-Ba 支所内での予備的なポット実験を実施することとした。

アゾラ生育環境として、2 つの光条件、すなわち日向条件および 50%日陰条件下で、リン鉱石の施用の有無がアゾラの増殖におよぼす影響を観察する。アゾラの増殖にかかわる要因として、日照条件と水溶性リン酸含量だけでなく、培養液中の EC、硝酸態窒素濃度、酸素濃度を経時的に測定する。今後、得られたデータと回収したアゾラの乾物重量との関係から、アゾラの増殖に適した環境条件を明らかにする予定であり、すでにポット試験は一部開始した。

② 研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

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

現地 C/P からリン鉱石施用と菌根菌接種の組み合わせについて、試験したいとの提案があった。現時点では、実施が可能かどうかを検討中であるものの、試験課題として適切であると考えられ、次年度から試験を開始したいと考えている。

④ 研究題目 3 の研究のねらい（参考）

【題目 3-1】

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

【題目 3-2】

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

【題目 3-3】

直接施用に不適とされる低品位リン鉱石の利用方法として、リン鉱石を堆肥化過程に付加し、リン鉱石の溶解を促すことでその施肥効果を高める手法は広く研究されている。ブルキナファソにお

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

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、水稻作におけるアズラ(*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ズ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磷酸石灰(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】

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

- a) ブルキナファソ産リン鉱石富化堆肥製造における最適条件を検討する。堆肥製造に際してリン鉱石配合割合の水準を設定し、堆肥原料および堆肥化期間中の有効有機酸（HPLC）、ホスファターゼ、ホスホナターゼ、フィターゼ、シデロフォアの量（培養法）を比較することにより、効率的なリン酸塩富化堆肥製造方法を提案する。
- b) リン鉱石富化堆肥の製造過程における生物資材添加の有効性を検証する。リン鉱石の可溶化に有効な生物学的材料としてソルガム茎葉および根圏土壌を添加して堆肥化を実施する。処理は、堆肥のみ（リン鉱石添加なし）、リン鉱石富化堆肥、および微生物源としてソルガム畑から採取された根圏土壌を加えたリン鉱石富化堆肥とし、堆肥の温度と酸素レベルは定期的に記録される。また2週間ごとに、サブサンプルを収集して、pH および堆肥の重量の変化を測定する。堆肥サンプルは、物理化学的、酵素学的および分子分析のために2カ月および4カ月後に採取する。堆肥中の微生物の存在量および組成は、qPCR 次世代シーケンサーによって決定する。
- c) ブルキナファソにおけるリン鉱石富化堆肥の施肥効果を検証する。対象作物はソルガム、ササゲ、およびイネとし、堆肥化を経ないリン鉱石やTSP等との比較から、その施用効果を検討する。また堆肥化にかかる各種コストを算出し、農家経営におけるリン鉱石富化堆肥製造の影響について検討する。

【題目 3-4】

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

【題目 3-5】

- a) ブルキナファソにおけるア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、普及員を対象とした技術マニュアルとして取りまとめる。作成したマニュアルに基づくリン鉱石直接利用法を現地普及員と共有し、当該地域における利用可能性を評価する。

(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」

JIRCAS 研究グループ（リーダー：内田諭）

東京大学研究グループ（リーダー：岡田謙介）

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

平成 29 年度は当初計画において本調査の準備期間に当たり、リン鉱石施用による効果を評価するための基礎情報の収集および共同研究体制の調整を行った。そのため、農家における作物収量や作付面積の現地調査、施肥状況や肥料流通などに関する聞き取り調査を実施した。また、施肥による作物収量への

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

効果の評価や広域的な普及展開を支援するためのモデル、解析システム等の構築に着手し、カウンターパートとの間で推進方法について確認作業を行った。

② 研究題目4のカウンターパートへの技術移転の状況

若手研究者への技術移転を重点化するため、相手側グループリーダーを通して、適任者の選定に着手した。また、平成30年度早々に作物生育モデルに関して日本で研修するカウンターパート2名の招へい手続きを行った。

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

INERAカンボワンセ支所にある相手側グループリーダーの研究室が所在する建物の状態が良くないため、機材の設置場所を検討する必要性が生じ、別の建物での利用を検討中である。

④ 研究題目4の研究のねらい（参考）

国内産リン鉱石を用いた肥料を着実に普及させるためには、農家あるいは地域経済にとってどのような効果があるかを判りやすく説明する必要がある。そのためには、現状の正確な認識と影響を実感できる情報の提供が鍵となるため、本研究題目では、そうした仕組みを支援する研究開発を狙いとしている。

⑤ 研究題目4の研究実施方法（参考）

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

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

これまで、研究題目1と3が活動を順調に開始した。すでに有望な成果も上がりつつある。次年度は、研究題目2が本格的に開始され、ここで着実に成果を上げ、社会実証に向けたアウトリーチ活動をブルキナファソ政府の関係部局に対して働きかけていきたい。働きかける相手としては、農業省に設けられた国家肥料委員会、作物生産総局、リン酸利用公社である。また、次年度には、小型のテストプラント（焼成装置と硫酸添加・攪拌装置）を発注予定であり、それをブルキナファソで実際に肥料を製造し、関係機関に紹介することにより、関係機関の肥料工場建設への機運を高めることが期待される。

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

平成29年6月12日に関係者を広く参集しキックオフ会議を開催（首都ワガドゥグ、環境農業研究所本部：INERA）した。平成30年2月9日には、運営体制の問題点を明らかにすることを目的として、プロジェクト運営会議（首都ワガドゥグ、INERA本部）を開催した。そこでは、情報共有と共同研究体制、および、プロジェクト予算の支出方法の問題点が挙げられた。情報共有の問題については、特に、INERA内部の情報の共有が不十分であることが明らかになった。

情報共有の円滑化を図るために、プロジェクトマネージャーから参画研究者にメーリングリストを使い情報共有することで合意した。プロジェクト業務調整員をプロジェクトマネージャーのいる支所へ配置転換し、プロジェクトマネージャーとの緊密な連絡体制を可能にした。また、JICA事務所のTV会議

【平成29年度実施報告書】【180531】

システムを活用し、定期的に日本とブルキナファソ間の会合を実施した。加えて、今後は研究代表者が出張の度に、プロジェクトマネージャーに試験地に同行してもらい、現地参画研究者との意思疎通を図るとともに、チーム全体として活動を進めて行く雰囲気を醸成していきたい。

今年度末時点において、プロジェクトの政府登録ができていない。C/P 機関はプロジェクトの政府登録を手続き中である。本登録が承認され、C/P ファンド申請が承認されることにより、始めて、C/P 機関のより自律的活動（予算管理、試験地視察、自主的会合など）が行われるものと期待される。

(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」

JIRCAS 研究グループ(リーダー：中村智史)

太平洋セメント研究グループ（リーダー：今井敏夫）

現在、現地研究機関に肥料の試験製造用のテストプラントの設置が決定し、その設置場所および機器選定等を実施している。機器の選定に際し、現地研究者が機器運用にあたっての技術指導が必要であるとの意見があったが、機器メーカーによる現地指導は困難である。そこで、焼成装置については、短期研修制度を利用し、日本国内で技術指導を実施することを検討している。

(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」

JIRCAS 研究グループ（リーダー：渡辺武）

INERA カンボワンセ支所長をブルキナ側の責任者として、研究題目 2-1、2-2については、その下にサリア支所、ファラコバ支所、ファダングルマ支所にそれぞれ配置されたカウンターパートとともに共同研究を実施している。研究題目 2-3については、ブルキナ側にカウンターパートが定まっておらず、早期にカウンターパートを選定するように要望している。

問題点としては、研究の中心となるサリア支所のカウンターパートが、研究題目 3 のカウンターパートを兼務しており、次年度以降の共同研究の実施に十分な時間をとれない可能性があることであった。この件については、ブルキナ側の責任者を通じて、サリア支所にもう 1 名カウンターパートを選定してもらうことで懸念を解消することができた。

また、研究題目 2 の責任者がカンボワンセにおり、活動を実施してきた支所と離れている。そのため、意思疎通が十分図れない場合があった。日本側参画者は、研究題目責任者であっても実際に研究を実施するが、相手国側は研究題目責任者が必ずしも実際に研究を実施するわけではない。このような場合でも、相手国側の研究実施担当者だけでなく、研究題目責任者への連絡をおろそかにしてはいけない。また、相手国側内の連絡体制が確立していない場合もあるので、メールで連絡する場合は情報を共有すべき人についてよく検討したうえで cc 等で周知することも考慮する。

(4) 研究題目 3 : 「リン鉱石の直接利用技術の開発」

JIRCAS 研究グループ（リーダー：中村智史）

現地研究者と共同で現地圃場試験やポット試験を実施しているが、e-mail などによるコミュニケーションが主体となっており、現地研究者のレスポンスが遅いなど、研究実施を困難にしている。これまで

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

に衛星インターネット回線の開設、各支所へのモバイルモデムの配布など、ネット環境の改善につとめてきたものの、コミュニケーションの困難さが劇的に改善されたとは言い難い。現在は、業務調整員が現地 C/P と同一の事務所を構えることで、情報伝達の円滑化を図っている。

(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」

JIRCAS 研究グループ（リーダー：内田諭）

東京大学研究グループ（リーダー：岡田謙介）

相手側グループリーダーとは意見交換を繰り返しているが、実際に分析を行う若手スタッフの確保に苦労している。今後の展開を見据え、大学院生等の活用を検討している。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

活動の初年度であるため、研究成果の社会還元はない。

(2) 社会実装に向けた取り組み

ブルキナファソ政府とセネガルの肥料会社が協力し合うという情報がもたらされた。セネガルはアフリカ有数のリン鉱石を有し、肥料工場建設のノウハウも十分ある。その協力の目的が、ブルキナファソリン鉱石を用いてのリン酸肥料工場建設と関連するかどうかは、プロジェクトとしても極めて大きな問題であり、総局長、Alassane Guire 氏と面談した。農業省作物生産総局は肥料工場建設でイニシアティブを取っており、今後、肥料工場建設を具体化し、プロジェクト成果を提案していく際の最も重要な部局である。

総局長によれば、セネガル肥料企業との連携の内容は決してブルキナファソ産リン鉱石を原料とした肥料工場をブルキナファソに建設するということではなく、セネガルで生産する肥料全般の輸出振興のための協力活動であると考えられた。協力内容としては、ブルキナファソ国全域での土壌分析と肥沃度情報の提供、土壌分析ラボの充実などの内容であるとの事であった。今のところ、ブルキナファソ産リン鉱石の肥料化に関する申し出は日本（SATREPS プロジェクト）以外にはなく、総局長からは強い期待を感じた。次年度より積極的に農業省と情報交換を行い、国産肥料工場建設への向けての連携を取ることを約束した。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

プロジェクト開始の周知を目的として、首都ワガドウグにある INERA 本部において、プロジェクト参加者および関係者を広く参集し、キックオフミーティングを開催した。参加人数は 40 人で、内訳は INERA 職員 20 名、JICA 関係者 5 名、JIRCAS 研究員 7 名、他、関係省庁、リン酸利用公社、国際肥料開発センター（IFDC）ブルキナファソ支所、ボボジュラッソ工科大学、肥料販売店業界団体などの代表からなる。

セッション 1 においては、ブルキナファソに産出するリン鉱石利用の現状と問題点が紹介された後、プロジェクトの内容について、INERA および JIRCAS の研究者からパワーポイントを用いての説明がなされた。セッション 2 においては、「ブルキナファソ国産肥料工場建設と肥料普及を目指して」というタイトルで、パネルディスカッションが行われた。肥料が普及しない理由としては輸入肥料が極めて高

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

いことや流通の仕組みがしっかりしていないことが指摘された。肥料開発への関心は高く、肥料販売店業界団体の「アグロディア」代表からは、農家へのデモンストレーションを行うのであれば是非私どもにも参加させてほしいという要望があった。INERA 参画研究者からは施肥試験は全国規模に広げてはどうか、といった意見が出された。こうした様々な議論を通じて関係者に国産肥料工場建設を目指す、という気持ちが徐々に醸成されたのではないかと思われる。本会議は現地メディアにも取りあげられ、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。



写真1 発表を熱心に聞く参加者



写真2 テレビインタビューに答える INERA 所長

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VIII. その他（非公開）

以上

VI. 成果発表等

(1)論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①原著論文(相手国側研究チームとの共著)

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

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 ウィー・南雲不二男. ブルキナファソ産低品位リン鉱石焼成物の施用が トウモロコシおよび水稻の生育におよぼす影響, 日本土壌肥科学雑誌. 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/s1 0705-016- 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.10.2 7	国内誌	発表済	

論文数 3 件
うち国内誌 2 件
うち国際誌 1 件
公開すべきでない論文 0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の 種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

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

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)、福田モンラウィー・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

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)	公開/ 非公開の別	概要
H29	6月12日	Kick-off meeting for “Project on Establishment of fertilizing crop cultivation promotion model using Burkina Faso phosphate rocks”	INERA (ブルキナファソ)	28名	公開	プロジェクト関係者を広く参集するとともに、肥料の流通・利用に関連する団体、肥料会社、IFDC-ブルキナ代表、農業省代表も参加。事業が開始されることを広報した。
H29	2月9日	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。

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

上位目標

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

提案内容に基づく援助・投資スキームへの働きかけ

プロジェクト目標

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

