

日本熱帯農業学会  
第 129 回講演会

一般公開シンポジウム（オンライン）

「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—」

要旨集

令和 3 年 3 月 17 日（水） 13：15—15：45

# プログラム

- 13：15-13：20 趣旨説明  
司会 飛田 哲（国際農林水産業研究センター）
- 13：20-13：45 養分利用に優れた稲作技術開発でマダガスカルの食料安全保障に貢献  
辻本泰弘（同上）
- 13：45-14：10 マダガスカル農村部での家計調査と栄養改善への示唆  
白鳥佐紀子（同上）
- 14：10-14：35 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  
南雲不二男（同上）
- 14：35-15：00 ブルキナファソ国産リン肥料を用いた農業の最適化  
岩崎真也（同上）
- 15：00-15：25 過酷環境に耐える高栄養価作物キヌアで気候変動に立ち向かう  
永利友佳理（同上）
- 15：25-15：45 総合討論  
司会 小山 修（同上）

# 養分利用に優れた稲作技術開発でマダガスカルの食料安全保障に貢献

辻本泰弘

(国際農林水産業研究センター)

## Contribution to food security in Madagascar by developing rice cultivation technologies that improved nutrient use efficiency

Yasuhiro Tsujimoto

(Japan International Research Center for Agricultural Sciences, JIRCAS)

サブサハラアフリカ(以下、アフリカ)は、世界で最も食糧安全保障が立ち遅れた地域である。同地域は、人口増加率も高く、持続的な開発目標 SDGs に掲げられた「飢餓の撲滅と持続可能な農業の推進(目標 2)」を実現するためには、増加する人口や不安定化する生産環境に対応した作物生産技術の開発が不可欠である。

アフリカの作物生産を阻害する要因として、農家が貧しいために肥料を購入する資金が少ないこと、養分供給に乏しい風化の進んだ土壌が広域に分布することが挙げられる。そこで、アフリカで需要が高まるコメに焦点を当て、肥料と土壌から供給される養分が少ない条件でも安定的にイネ収量を改善できる技術開発と普及基盤の構築を目的として、JICA-JST 地球規模課題 SATREPS プロジェクトを開始した(「肥沃度センシング技術と養分欠乏耐性系統の開発を統合したアフリカ稲作における養分利用効率の飛躍的向上」、通称、FYVARY プロジェクト。詳しくは、ウェブサイト <https://www.jircas.go.jp/ja/satreps> を参照)。実施対象国としたマダガスカルは、アフリカ随一のイネ生産国である。同国の稲作は水田が整備されて水条件は比較的安定しているものの、肥料や土壌からの養分供給が乏しく、収量は低い(Tsujimoto et al., 2019)。国民の半分以上が携わる稲作の停滞は、主食であるコメの安定供給や農村地域の貧困削減の妨げとなっている。

我々のプロジェクトでは、これまでに、対象地域における土壌養分特性の把握(Nishigaki et al., 2018; 2020)、分光データを用いた土壌の炭素、窒素、およびリンの迅速推定法の開発(Kawamura et al., 2017; 2019)、養分欠乏条件での生産性向上に寄与する育種素材や QTL の同定(Tsujimoto et al., 2020; Takai et al., 2020)と新品種の育成など、多くの成果を上げてきた。特に、マダガスカルの農家圃場で世代促進と選抜を進めた有望系統は、生産性および食味の最終評価試験まで進んでおり、今後、正式な品種登録と普及活動を展開する予定である。

もう一つの特筆する成果として、P-dipping の開発が挙げられる。P-dipping は、少量のリン肥料(重過リン酸石灰)と水田土壌を混ぜた泥を苗の根に付着させてから移植する小規模農家にも実践しやすい施肥技術である(図 1)。P-dipping の効果は、苗代施肥のように苗の養分含量を増加させるのではなく、リンを含む泥を根に付着させて移植する点にある(Oo et al., 2020a)。P-dipping を行うことで、移植後の株下の水溶性リン濃度を局所的に高めることができ、熱帯に広くみられるリン吸着能の高い土壌(土壌中に含まれる鉄やアルミニウムの酸化物がリンを強く吸着するために作物のリン吸収を阻害する)でも、高い施肥効果を発揮することが分かった(Oo et al., 2020b)。マダガスカルの農家圃場で同技術の効果を検証したところ、無施肥に比べて 59~171%、表層施肥と比べても、同量または半分の施肥量で 9~35%収量が増加することを明らかにした(Rakotoarisoa et al., 2020)。

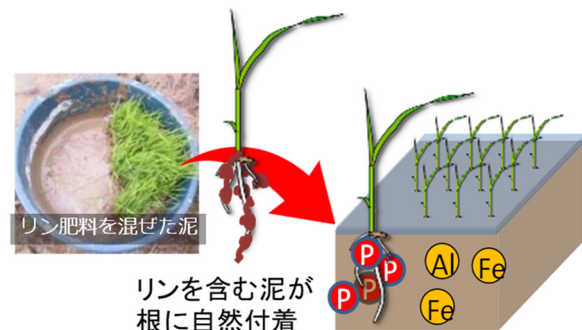


図 1. P-dipping の手法

さらに、P-dipping は、生育期間の短縮による生育後半の低温・水不足の回避や、初期生育の改善による冠水ストレスの回避にも効果をもつことが示されている(図 2)。アフリカのイネ生産は、土壌のリン欠乏のみならず、水不足や低温・高温ストレスなど生育期間中の様々な環境ストレスに晒されている。P-dipping は、こうした環境ストレスに対して強靱な生産技術としても期待できる。

現在、マダガスカル中央高地の農業畜産水産省や稲作技術普及を行う JICA 技術協力プロジェクト Papriz と連携しながら、300 点を超える農家圃場でのパイロット試験を進めている。その中で、同技術の効果を最大限に発揮させるための条件や、農家が実践するために必要な技術的・社会的・経済的な課題を抽出し、研究成果の普及とイネ収量の改善に繋げていきたいと考えている。

本プロジェクトには、こうした技術開発に携わる研究者のみならず、農業経済学や心理学などの専門家も参画している。技術の普及が農家の所得や栄養改善に及ぼす影響、新しい技術を受け入れる農家の特性、技術が伝播される農家間のネットワークなどを解明するためである(本シンポジウム白鳥の講演要旨参照)。また、双方の人材育成と相手国の研究基盤整備を通じた持続的で対等な国際共同研究体制の構築も重要な目標の一つである。COVID-19 の影響を受けるまでの3年間で、のべ 92 回 2,125 日の日本側研究者の渡航と、のべ 22 回 829 日のマダガスカル研究者の招へいを実現した。こうした顔の見える共同研究の蓄積が、現在の状況下においても、マダガスカル側主導で現地の研究活動を拡大できる強みとなっている。加えて、ほぼすべての栽培実験をマダガスカル中央高地の農家圃場で実施し、上述の通り、農家、行政、開発プロジェクトと密に連携を取りながら、地域のニーズや環境に即した技術開発を進めてきた。

途上国の農村地域で実験や調査を実施したり、相手国の行政機関に研究活動・成果を理解させたりするには、根気を要する作業がともなう。しかし、こうした取り組みにより、開発された技術がスムーズに受益者である農家に届けられ、地域社会へのインパクトに繋がると考えている。本シンポジウムにおいても、研究成果を社会実装に繋げるための工夫について、様々な視点から議論を深めることができると思う。

\*本研究は、SATREPS(助成番号 JPMJSA1608)の支援を受けた。

#### 【引用文献】

- Kawamura et al., 2017. Remote sensing 9, 1081.  
 Kawamura et al., 2019. Remote sensing 11, 506.  
 Nishigaki et al., 2018. Plant Soil 435, 27–38.  
 Nishigaki et al., 2020. Soil Sci. Plant Nutr. 66, 469–480.  
 Oo et al., 2020a. Agronomy 10(2), 240.  
 Oo et al., 2020b. Sci. Reprts 10, 11919.  
 Rakotoarisoa et al., 2020. Field Crops Res. 254, 107806.  
 Takai et al. 2020. Crop Sci. <https://doi.org/10.1002/csc2.20344>  
 Tsujimoto et al., 2019. Plant Prod. Sci. 22, 413–427.  
 Tsujimoto et al., 2020. Plant Prod. Sci. <http://doi.org/10.1080/1343943X.2020.1808026>

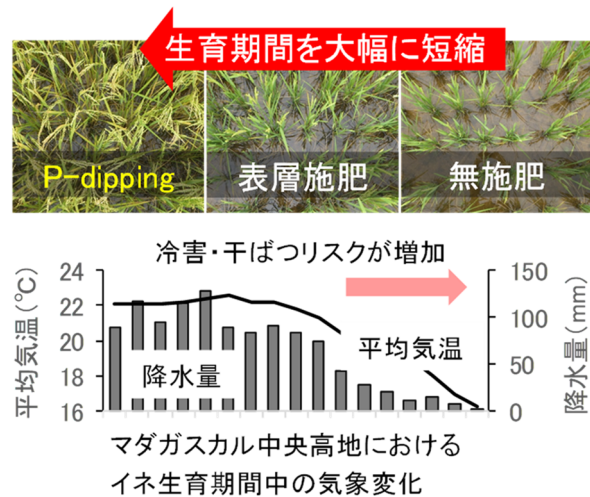


図 2. P-dipping による生育期間の短縮と生育後半の低温・水不足回避効果

# マダガスカル農村部での家計調査と栄養改善への示唆

白鳥佐紀子

(国際農林水産業研究センター)

## Household survey in rural Madagascar for nutritional improvement

Sakiko Shiratori

(Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS))

### (1) 背景

マダガスカルは、1日1.9ドル以下で暮らす人々が75% (2019年推測値、世界銀行 2020)、人口の42%が栄養不足 (2017-2019年、FAO 他 2020)、5歳未満児の発育阻害が42% (2019年、FAO 他 2020) と、世界的に見ても貧困や栄養不良が深刻な国の1つである。

この国で最も重要な作物がコメであることは間違いない。地理的にアフリカに区分される国ではあるがアジアにルーツを持つ国民も多く、主食はコメで、年間1人あたりのコメの消費量は114kg (2020年、米国農務省) と日本の約2倍である。コメは最も生産されている作物でもあり、生産量は年間400万トン (FAO 2020) にのぼり、農家の85%がコメを生産している (GRiSP 2013)。特に農村部では、消費・生産の両面、つまり人々の栄養の供給源および販売による収入源の双方でコメが主要な役割を担っている。

栄養供給の観点からみると、エネルギーの量に加えて、微量栄養素を含む栄養バランス (質) も重要である。マダガスカルの人々の栄養状態に関する知見を得るために、FAOの食料需給表を用いて国レベルで栄養需給バランスを分析したところ、平均値でカルシウムやビタミンA、亜鉛などの微量栄養素供給量の不足が明らかとなった (図1)。また、摂取量分布を考慮して栄養素欠乏人口を推定したところ、多くの必須栄養素で半数以上に達していた (Shiratori and Nishide 2018)。これらはコメに偏った食事に端を発すると考えられる。

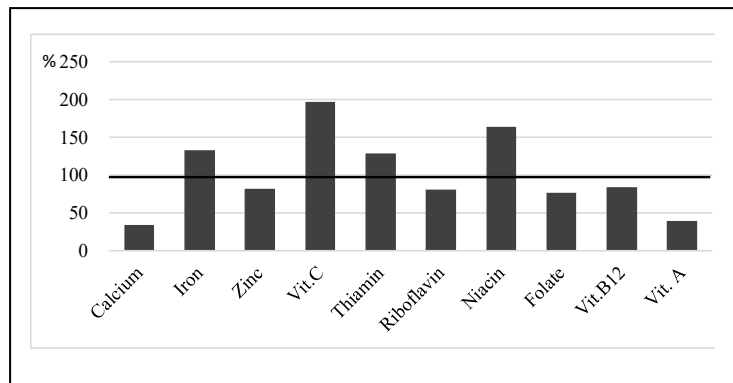


図1 必要栄養素量に占める栄養素供給量の割合 (マダガスカル 2009-2013年平均: 微量栄養素のみ抜粋) (Shiratori and Nishide 2018)

### (2) FY VARY プロジェクト

マダガスカルを対象とした SATREPS プロジェクト\*「FY VARY」では、コメを焦点とし、制約条件下での生産増を目的としている (詳しくは本シンポジウム辻本の発表を参照)。プロジェクト内の研究題目1、2、3では、限られた投入資源を有効に活用した効率的な施肥技術や有望系統の普及を通じたイネの生産性向上を目指し、技術開発を進めている。そして課題4は、上記課題1~3で開発される技術を社会実装するため、またその影響を測るために有益となる情報を収集・分析し、提言する役割を担当している。具体的には、農家を対象とした聞き取り調査を行いその回答を分析することで、現状を把握し、技術選択に関わる要因を明らかにして技術普及に向けた提言を取りまとめること、および開発技術が農家の所得と栄養改善に及ぼす影響を定量的に明らかにすることを目的とする。

今回の発表はこの栄養改善に及ぼす影響の部分に関連したものである。コメの生産量自体も重要なファクターではあるが、栄養バランスの面も考慮すると、生産量増加がそのま

ま栄養改善につながるわけではない。コメ以外の作物を栽培しているか、生産物を販売し得られた所得で何を購入しているか（コメ、コメ以外の食料、食料以外）、さらに栄養改善への意識や知識など、さまざまな要因が折り重なって栄養に影響を及ぼす。

家計調査では世帯・個人レベルの情報を収集できるため、食料・栄養供給に影響を及ぼす要因についてより詳しく分析することができる。本課題4では、マダガスカル中央高地のヴァキナカラチャ県を対象地域と設定し、うち3地域（図2）から抽出した600世帯を対象に家計調査を行っている。調査には、世帯の基本情報、生産、消費、所得、土地、技術などに関する質問が含まれており、季節的な変化を把握するために年3回、同一世帯に対して調査を繰り返している。

このパネルデータに含まれる食事内容から、独自に整備した栄養素供給量換算表を用い、各栄養素供給の過不足を算出した。所得の高い層ほどほぼ全ての栄養素で充足率が高いことや、エネルギー源として豆や動物性食品由来の割合が高いこと、またコメ由来のエネルギー供給割合は所得に依らずほぼ一定であることなどがわかった。季節との関連では、コメの収穫後はエネルギー供給量が増えるものの、コメ消費への偏りも

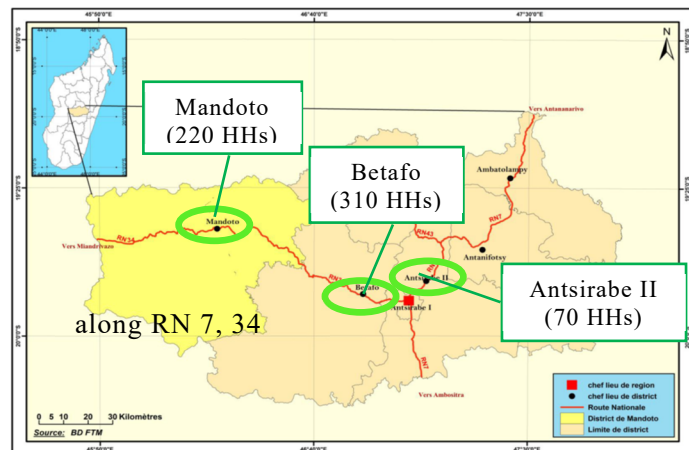


図2 調査対象地域

より大きくなり、栄養バランスは逆に低下する傾向が見られた。栽培作物との関連では、栽培作物の種類が多いと食の多様性も若干増加する傾向がみられた。また、豆、野菜、肉、魚など、対象地域で栄養の質の改善に有用な食品群も同定された。

今後、ディスカッションなどの質的調査を加えることで、食品選択の理由や栄養改善対策に対する消費者受容性なども明らかにしていく予定である。昨年は新型コロナウイルスの影響で、調査員が移動制限のため農村を訪問できなくなった時期があったが、カウンターパートなどの協力のおかげで幸い家計調査は再開できた。パンデミック発生前後のデータを比較して、新型コロナウイルスが食料・栄養供給に与えた影響について何らかの示唆が得られるかも追加で検討している。

今後、本研究の成果をエビデンスとして、コメの生産が栄養状態に及ぼす影響を評価し、栄養改善を効果的に実現できる稲作技術普及の方向性や意義、行動変容への道筋をとりまとめ、政策や他プロジェクトの施策・活動などに反映させていきたいと考えている。

\*助成番号 JPMJSA1608

(参考文献)

世界銀行(2020) *The World Bank in Madagascar*.

FAO 他(2020) *The State of Food Security and Nutrition*.

米国農務省(2020) *PSD Online*.

FAO (2020) *FAOSTAT*.

GRiSP (2013) *Rice almanac*.

S.Shiratori and A.Nishide (2018) *Proc. Nutr. Soc.*



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

南雲不二男

(国際農林水産業研究センター)

**Toward “Local Production for Local consumption of fertilizers”  
based on indigenous phosphate rock in Burkina Faso**

Fujio Nagumo

(Japan International Research Center for Agricultural Sciences, JIRCAS)

**【背景と目的】**

作物の生産性向上のために施肥は欠かせないが、サブサハラアフリカ（SSA）で流通している輸入肥料は農家にとって極めて値段が高く、例えば、ブルキナファソでは、複合肥料 100 kg（36,000 FCFA）は現地の労働賃金の 24 日分に相当する（2019 年現在）。そのため施肥量は少なく、生産性が低い状態が続いている。2006 年ナイジェリアで開催されたアフリカ食料サミットにおいては、肥料投入量を 2006 年の SSA 平均 8 kg/ha（三成分含量）から 2015 年までに 50 kg/ha まで増大させることを宣言したが、2017 年の時点でも 15 kg/ha にとどまっている。特に、SSA 地域の約 80%ではリン酸欠乏土壌が広く分布しているとされリン酸施肥は不可欠である。また、低投入栽培の継続は生産性を一層低下させるとともに、耕作不適地への農地の拡大をもたらし、土壌侵食をはじめとする土地劣化を増大させると言われている。すなわち、適切な施肥は農業生産性向上だけでなく、土壌保全にも貢献することが期待される。こうした背景の下、ブルキナファソ政府は、近年、農家に安価な肥料を提供することを目指し、肥料工場を建設することを決定した。その第 1 段階として、三成分の原料を全て輸入し、ブレンドして複合肥料を製造する工場を建設中である。第 2 段階では、輸入原料価格が最も高いリン酸成分を、当国に産出するリン鉱石を原料として製造したリン酸肥料により代替するという計画を有している。しかしながら、当国産リン鉱石（賦存量 1 億トン）は低リン含量、低溶解性、ケイ酸質などのいわゆる低品位リン鉱石であり、これまで十分に活用されて来なかった。

そこで国際農研は長年の共同研究機関である環境農業研究所（INERA）とともに、「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」プロジェクト(2017-2021)を開始した。その目的は、1) 当国のリン鉱石を活用して、安価で施肥効果の高い肥料製造法を開発するとともに、2) 未加工でより安価のリン鉱石（粉）そのものを直接利用する技術を開発することであり、この二つのアプローチにより、当国の貴重な財産であるリン鉱石資源の総合的利用法を提案し、施肥栽培の普及に貢献することを目指している。

**【これまでの進捗状況】**

プロジェクトでは、ブルキナファソ産リン鉱石を原料として焼成（副資材と混合し 1,000℃前後の温度で焼き可溶化する技術）や部分酸性化（酸を添加し可溶化する技術）によるリン酸肥料製造技術を検討してきた。すでに、焼成と部分酸性化の基本的技術を確認し、肥料製造の実証プラントを INERA に設置するとともに、現地でリン酸肥料製造を開始した。肥料製造プラントは、多くのエネルギーを必要とするが、



図 1 リン酸肥料の製造拠点

それを太陽光発電により供給する仕組みとなっている。当国内の複数地域において、開発されたリン酸肥料の施肥効果を検証した結果、施肥効果は、肥料の種類・質と農地の土壌水分に依存することが分かった（岩崎の要旨を参照）。また、農家への聞き取り調査から、安価になればなるほど、農家は肥料をより多く購入する意思がある事が分かっており、複合肥料 100 kg 当たり、24,000 FCFA (= 4,800 円)の販売価格を目標として、さらに肥料製造法の改良に取り組んでいる。

一方で、より安価であるものの、難溶性のため作物が利用しにくい未加工のリン鉱石（粉）が、どのような農業場面で利用可能かについて様々な調査をしている。天水稲作では、リン鉱石の直接施用が畑作に比べて施肥効果が高い事が知られているが、その施用時期は、播種 2 週間前の施用でより高い施用効果を示すことを明らかにした。また、リン鉱石直接施用効果の高いマメ科作物を選抜してきた。今後その最適施肥量を明らかにする計画である。当国では、堆肥の製造過程にリン鉱石を添加するリン鉱石富化堆肥技術が奨励されているが、微生物供給源として土壌を添加すると難溶性リンを溶解する微生物が増え、リンの有効性がさらに高まる傾向があることが分かった。土壌を加えるという簡単な技術改良は農家でも容易に実施可能であるという利点がある。

施肥栽培の普及が及ぼす様々な影響を評価するために、GIS を用いて全国レベルの情報を分析し、全国レベルでの施肥効果を推定した。今後、施肥によって生産量やコストが変化した場合、地域による違いを考慮しつつ、物価や所得にもたらす変化を予測する。そして、複数パターンの施肥の普及を想定したシミュレーションを実施し、普及による効果を効果的かつ適切に表現できる手法を開発するとともに、ケース毎の影響評価を行う事により、政府の肥料政策の策定に活用してもらうことを目指す。



図 2 堆肥化試験の様子

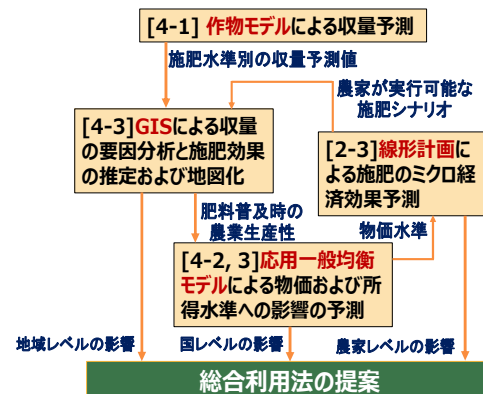


図 3 総合利用法提案への道筋

### 【今後の展望】

プロジェクトが提案する技術によって肥料の準国産化ができれば、全てを輸入に頼って製造した肥料に比べ、より安価な肥料を農家に提供でき、低投入粗放的農業から生産性の高い集約型持続的農業への転換に大きく貢献すると考えている。また、SSA の多くの国にはブルキナファソと同様、低品位リン鉱石資源を有するものの活用されていない場合が多い。プロジェクトでは、こうしたリン鉱石の収集・分析を実施しており、低品位リン鉱石を活用するというブルキナファソでの経験をこれらの国々に波及させ、SSA における肥料の地産・地消につなげて行きたい。

\*本研究は、SATREPS（助成番号 JPMJSA1609）の支援を受けた。



# ブルキナファソ国産リン肥料を用いた農業の最適化

岩崎 真也

(国際農林水産業研究センター)

Agricultural optimization using local P fertilizer of Burkina Faso

Shinya Iwasaki

(Japan International Research Center for Agricultural Sciences, JIRCAS)

## [背景と目的]

ブルキナファソはサヘル (北部)、スーダンサバンナ(中部)、ギニアサバンナ(南部)に三分され、それぞれの気候に応じた作付けが行われている。その中でソルガムは自給作物として、ササゲ、稲は自給と換金の両面で重要である。一方作物収量は低く停滞しており、その要因として、厳しい気候条件、低肥沃度な土壌、少ない肥料投入量が挙げられる。これまでに SATREPS プロジェクトでは、ブルキナファソ産低品位リン鉱石に部分的酸性化法および焼成法を適用し、リンの可溶化を進めてきた (本シンポジウム南雲要旨を参照)。しかしながら施肥効果は、気候、作物種、土壌タイプ、肥料の可溶性など多くの要因によって変動する。ブルキナファソの農業の中心を担う小規模農家において肥料投入量を増加させるためには、肥料価格の低減と有効性の担保に加え、収益を向上させることが不可欠である。そこで、農家への普及を最終目標に設定し、圃場試験を通して現地産リン酸肥料の有効性を実証すること、気候・土壌タイプ・作物種・経済性を考慮した、最適施肥管理法を提案することを目的に研究を進めてきた。

## [これまでの成果]

部分的酸性化肥料(PAPR)と焼成リン肥料(CPR)は肥料中のリン酸成分が異なり、前者は即効性リン酸の割合が大きく、後者は遅効成分の割合が大きい。

畑作物では、ソルガムとササゲを対象にして、気候の異なる現地環境農業研究所の 3 支所において圃場試験を実施した。その結果、降水量の少ないスーダンサバンナでは即効性のリン成分のみが収量を向上させたのに対し、降水量の多いギニアサバンナでは、即効性と遅効性の両者が収量を向上させることが明らかになり、有効な肥料の成分と種類は気候によって異なることが示された。また、PAPR と CPR は輸入された過リン酸石灰(SSP)に対して、78~92%の施肥効果を示した。

ブルキナファソでは同一の農業生態系においても、作物生産性の異なる 3 つの土壌タイプが地形に対応して分布している。そこでソルガム栽培における、播種密度、窒素施肥量、リン酸施肥量の最適な組み合わせを探索した。最適な播種密度と窒素施肥量は土壌タイプによって異なること、いずれの土壌タイプにおいてもリン酸施肥量の増加は収量を増加させることが明らかになった。最適施肥管理法を適応した場合、農家における慣行法と比較して大幅に収量を向上させることが期待される(図1)。

稲作では、畑作物で明らかになったリン酸施肥効果に対する土壌水分条件の影響を検証するため、水分条件の良い低湿地から乾燥している斜面中腹にかけてトランセクトを設け、トランセクト上の農家圃場で試験を実施した。地下水位の低い斜面中腹の圃場では、即効性のリン酸のみが有効であったが、地下水位の高い低湿地では、即効性リン酸と遅効性リン酸の両者が効果を示したことから、有効なリン酸肥料は斜面上の位置によって異なることが明らかになった(図2)。有効なリン酸の施肥量と肥料の成分の関係から、PAPR と CPR について、それぞれの最適施肥量を明らかにした。最適施肥量を適応した場合、無リン酸の場合に比べ平均で 140%収量を向上させることができ、純利益として 1 作期、1ha あたり最大 178 ユーロを得られる可能性が示唆された。

畑作においては気候が、稲作においては地下水位が重要であり、土壌の水分条件がリン酸肥料の施肥効果と密接な関係があることが明らかになった。そこで位置情報システム(GIS)を用いて、水

の集まりやすさと停滞のしやすさを数値化し、広範囲に適用することに挑戦した。完成したマップは実際の稲作圃場での湛水状況によく対応していた。さらに、低湿地の中でも最も水分条件の良い場所ではリン鉱石を直接施用した場合でも十分な可溶性を示し、収量を向上させることができることが明らかになった。

今後は圃場試験を通じて得られた最適施肥管理法の効果を検証し、農家における普及可能性を評価するため、これまでに農業経済学的手法を用いて多点調査を実施してきた農家において圃場試験を実施する。また得られた結果をフィードバックし、肥料の改良を行っていく計画である。

以上の成果を集約すると、水分条件の最も良い低湿地ではリン鉱石の直接施用を、水分条件が中庸な斜面下部では遅効性の CPR を、比較乾燥状態にある斜面中腹から上部では即効性の P APR を用いる、というような使い分けを行うことが有効であると考えられる。さらに最適施肥管理法と組み合わせ、施肥効果を最大化することで、ブルキナファソにおける持続的集約農業の確立に貢献できると考えられる。

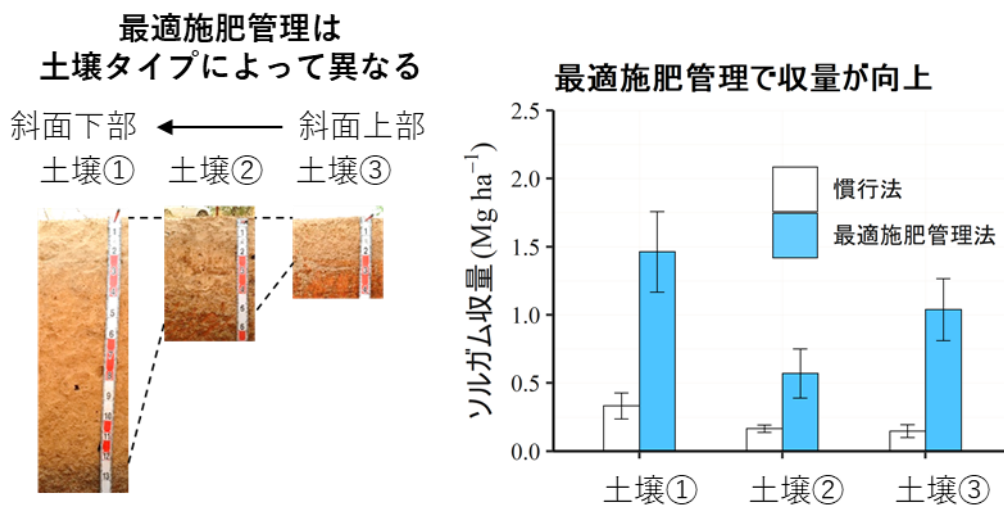


図1 異なる土壌タイプにおける最適施肥管理法 (ソルガムの例).

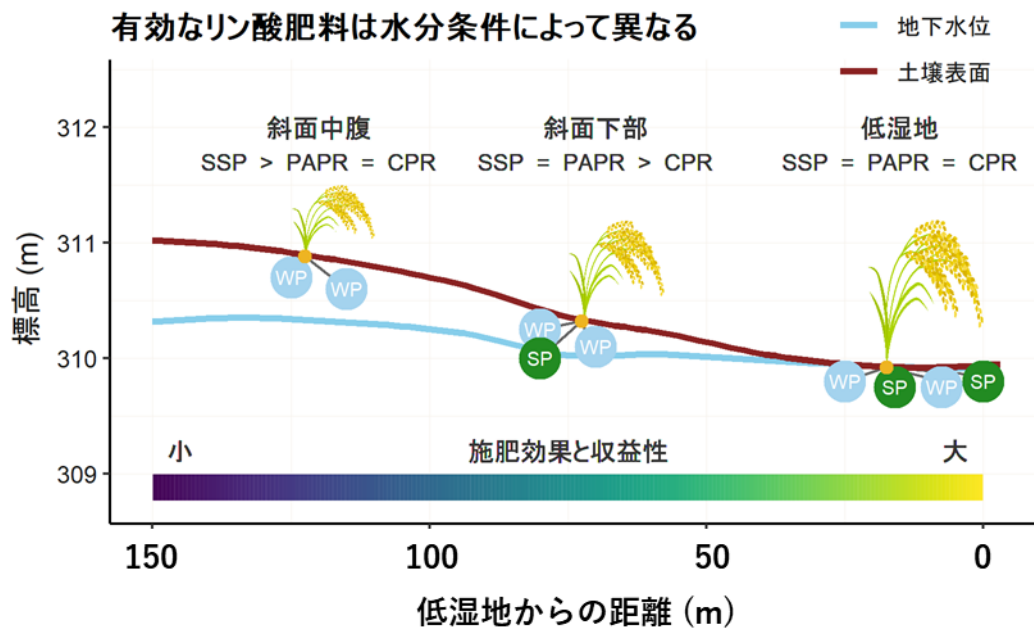


図2 稲作における地下水位と施肥効果. SSP:過リン酸石灰、P APR:部分的酸性化肥料、CPR:焼成リン肥料、WP:即効性リン酸、SP:遅効性リン酸

## 過酷環境に耐える高栄養価作物キヌアで気候変動に立ち向かう

永利 友佳理

(国際農林水産業研究センター)

### Address climate change with quinoa, a highly nutritious crop that withstands harsh environments

Yukari Nagatoshi

(Japan International Research Center for Agricultural Sciences, JIRCAS)

キヌアは、南米アンデス地域原産の穀物であり、約 7500 年以上前から栽培されている。全ての必須アミノ酸に加えて、ビタミンやミネラルなどの微量元素を多く含むキヌアは、栄養バランスに優れているため、米国航空宇宙局 (NASA) により宇宙飛行士の食料としても注目されている。さらに近年は、スーパーフードとしても人気が高まっているが、キヌアは、高い栄養価作物であるだけでなく、干ばつや塩害などのさまざまな不良環境に対して高い適応能力を持つ作物でもある。国連は、将来の世界の食料安全保障や栄養改善において切り札になり得る作物として 2013 年を「国際キヌア年」と定めた。現在、世界の 95 カ国以上の国々において、試験的な栽培が始まっている。

世界では、干ばつと砂漠化により毎年全世界で 1200 万 ha の農地が失われている (砂漠化対処条約事務局)。現在、乾燥地域では、25 億人以上が農業に従事しているが、乾燥地域の 52% の地域で土壌劣化 (砂漠化) が進行し、15 億人がその影響を受けている。砂漠化は、全世界で、食料の供給不安、水不足、貧困などの深刻な社会問題を引き起こしており、乾燥地域での持続的な農業生産体系の確立は、地球規模の最重要課題の一つである。

私たちは、この地球規模課題の解決に向けて、干ばつなどの過酷な環境に対する高い適応性と優れた栄養特性を持つキヌアに着目し、JICA-JST 地球規模課題 SATREPS プロジェクト「高栄養価作物キヌアのレジリエンス強化生産技術の開発と普及」を開始した。本研究課題では、キヌアの幅広い適応能力や現地の遺伝資源を活用し、持続可能な農業生態系の保全・管理技術をベースにしたキヌアのレジリエンス (強靱性) 強化生産技術を開発し、それらを普及することを目指している。

プロジェクトの主な対象地域であるボリビアのアルティプラノは、標高が 4,000m 近くあり、乾燥塩類土壌、強風、長期間の干ばつなど、極端な気象条件と劣悪な環境条件を持つ過酷な地域である。この地域で唯一栽培可能な作物がキヌアである (図 1)。しかし、近年、無計画な農地拡大による土壌の侵食や劣化、気候変動に伴う干ばつの深刻化の影響により、キヌアの収量は低下し、現地の人々の生活基盤が脅かされている。キヌアは、「母なる穀物」として崇められていたため、16 世紀にインカ帝国を制服したスペインによって宗教上の理由により栽培が禁じられ、約 500 年もの間、表舞台から姿を消した歴史がある。そのため、キヌアは、環境への高い適応力と可能性を持つにも関わらず、収量を安定させるための品種改良や研究が遅れていた。



図 1 : ウユニ塩湖湖畔に広がるキヌア畑



国際農研はこれまでに、キヌアの失われた 500 年を現代の科学の力で取り戻し、品種改良と研究を加速化させるために、大学や研究機関および一般企業と連携して、ゲノム概要配列を世界に先駆けて解読してきた (Yasui et al. 2016)。また、これらのゲノム配列情報をもとに作成したキヌアのゲノムデータベースを公開している。さらに最近、世界の主要なキヌア品種を網羅する 136 のキヌア品種の自殖系統コレクションを作出し、キヌアの「遺伝子型」とストレス耐性などの「表現型」の関連性の全体像を明らかにした (Mizuno et al. 2020)。これにより、農業上の有用な遺伝子の単離やその機能解析に加えて、品種改良のための DNA マーカーの開発などを迅速かつ効率的に行う基盤が整った。

現在、プロジェクトでは、これらの研究基盤とキヌアの系統コレクションを活用し、有用形質を持つキヌア品種の開発に着手している (図 2)。プロジェクトチームはこれまで計 5 回の現地調査を実施してきた (桂ら 2018 ; 安井ら 2018)。近年多発する栽培初期の干ばつに対応するため、現地ニーズの高い再播種が可能な「早生品種」の開発を優先して進めている。

また、本プロジェクトでは、先端ゲノム解析技術を用いた品種開発に加えて、アルティプラノにおけるキヌアの持続可能な農業生産体系の確立にも取り組む計画である。現地にいる唯一の家畜であるリヤマに着目し (図 3)、キヌアとリヤマの耕畜連携技術の開発に着手している。本プロジェクトにより開発する品種や栽培技術は、ボリビア最大の農業研究・普及機関である PROINPA と連携して SNS を利用した普及ネットワークを構築することにより、効率的に普及させていく予定である。

究極の不良環境地であるボリビアのアルティプラノにおいて開発するキヌアの持続可能な生産技術は、世界の乾燥地における食料生産にも貢献することが期待されている。

\*本研究は、SATREPS (助成番号 JPMJSA1907) の支援を受けている。

#### 【引用文献】

Yasui et al., 2016. DNA Res. 23, 535-546.

Mizuno et al., 2020. DNA Res. 27.

桂ら., 2018. 農業および園芸. 93, 951-958.

安井ら., 2018. 作物研究. 63, 25-29.



図 2: キヌア自殖系統コレクションを用いた有用品種育種の様子 (国際農研の育成室)



図 3: 現地唯一の家畜であるリヤマを利用した耕畜連携技術開発にも着手している