

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

ストライガ防除による食料安全保障と貧困克服 (2017年5月 ~ 2022年5月)

2. 研究代表者

2.1 日本側研究代表者: 杉本 幸裕 (神戸大学・農学研究科・教授)

2.2 相手側研究代表者: Zeinab Abdelrahim Osman (National Center for Research, Sudan Director General)

3. 研究概要

ストライガとオロバンキに代表される根寄生雑草は宿主作物の根から養水分を収奪して成長し、食料生産を阻害する生物的要因の一つとしての認識が深刻の度を増している。さらに、人間活動のグローバル化に伴い、根寄生雑草種子は拡散し分布域を広げており、地球規模で食料生産を損なう深刻な問題となっている。本プロジェクトでは、スーダンの天水農業地帯に蔓延し、食料生産を阻害する最も深刻な生物的要因である根寄生雑草ストライガを防除する技術を確立し、その技術をストライガの被害に苦しむ近隣諸国とも共有することを目標とする。

具体的には、下記6つの研究題目に取り組み、(1) 自殺発芽誘導によるストライガ防除の実用化、(2) 発芽に関与するプランテオースの代謝酵素阻害物質の探索及び特性評価、(3) 微生物代謝産物を活用した発芽調節、(4) イネのストライガ抵抗性品種の探索と持続性・特性の検証、(5) ストライガ植物体に多く含まれる成分の解析による根寄生雑草の有用植物としての利用、並びに、(6) 確立したストライガ防除パッケージを、農民と共有することにより、スーダンの食料生産において最も深刻な生物的要因であるストライガを防除する技術を確立することを目指す。

研究題目 1 自殺発芽誘導剤の開発と有効性の実証

研究題目 2 新規発芽調節剤の開発

研究題目 3 微生物による発芽調節

研究題目 4 イネのストライガ抵抗性の持続性の検証

研究題目 5 ストライガの有用性の探索

研究題目 6 農民学校を通じたストライガ防除法の共有

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。)

本プロジェクトは、ストライガ、オロバンキなどの根寄生雑草の寄生性などに関する科学的機構の解明に関して、プランテオース加水分解酵素の阻害物質がオロバンキに対して生育抑制を示すこと、あるいは、ストライガの寄生防除の新たな可能性として、宿主植物のストリゴラクトン生合成機構の解明などの成果を着実に上げている。さらに、ストライガが作物から養水分を吸収する仕組みはABA（アブシジン酸）に対する応答の低さにあること、その原因がShPP2C1という脱リン酸化酵素の異常であるという発見はNatureの表紙を飾る正に世界的な研究成果であり、寄生雑草の制御に新たな地平を開く可能性を示唆するものである。しかしながら、現地での社会実装に向けた活動に遅れが見られており、プロジェクト後半には、開発しつつある寄生雑草の制御技術に関して、圃場試験等で有用性を確認するなど、戦略的な選択と統合化が求められる。

研究題目1では、以前のSATREPSプロジェクト（以後、フェーズ1とする）¹の成果である、ストライガ種子に発芽誘導効果を示す候補薬剤にAmes試験²で陽性が認められたため、候補薬剤の圃場試験を中止した。本薬剤については栽培箱（バスタブ）を用いた、連用によるストライガへの抑制効果を調べることにした。また、Ames試験陽性の主な原因が活性発現に必須の構造部分にあると判断されたことから、本系統化合物の新たな誘導体のデザインは行わない方針とした。研究題目2では、プランテオース加水分解酵素の阻害物質がオロバンキに対して幼根伸長抑制活性を示すことを見だし、特許出願したことは評価される。さらに、スーダンにおける根寄生性雑草に関する研究・開発を継続・発展させるための人材育成も行われている。研究題目3では、オロバンキに対する発芽阻害あるいは発芽促進活性を示す微生物産物を見だし、今後の解析が期待される。研究題目4では、イネの長期連作試験によりストライガ抵抗性の崩壊および感受性の昂進に関する知見を得たことは評価される。現在進めている新たなストライガ抵抗性品種の探索に期待したい。研究題目5では、現地で実施可能なストライガ植物体からの有効成分の抽出法を確立し、人材育成も行われており、今後の解析が期待される。研究題目6では、フェーズ1終了後中断していた農民学校（Farmers Field School, FFS）を4年ぶりに開催した。今後は、FFSにおいてプロジェクトで開発した技術パッケージの普及ができるようになることを期待したい。

また、本プロジェクトの場合、2019年4月にスーダンで発生したクーデターに端を発する一連の不安定な国内政治情勢により、スーダン国内での実験の遂行や社会実装への取り組みに遅れが生じている。残るプロジェクト期間で現地での遅れを挽回することを期待する。

4-1. 国際共同研究の進捗状況について

研究題目1では、ストライガ種子の自殺発芽誘導による防除の実用化に向け、SATREPSフェーズ1の成果である発芽誘導効果を示す候補薬剤の圃場試験を計画していたが、Ames試験において陽性と認められたため、栽培箱（バスタブ）を用いた、連用効果の試験に留めることになった。ま

¹ 平成21年度採択「根寄生雑草克服によるスーダン乾燥地農業開発」

² 細菌を用いて物質の催突然変異性を検出する試験

た、本化合物の誘導体をデザインして、ストライガに近縁のオロバンキやフェリバンキといった根寄生雑草に有効な自殺発芽誘導剤の開発も計画していたが、Ames試験陽性の主な原因が活性発現に必須の構造部分にあると判断されたことから、本系統化合物の新たな誘導体のデザインは行わない方針とした。一方で、宿主植物における発芽誘導物質の生合成機構に関する解析も進めており、宿主植物の発芽誘導物質の生産を抑える技術が新たな防除法となる知見が得られつつある。

研究題目2では、プランテオース加水分解酵素の阻害剤がオロバンキの生育阻害効果を見いだしたことは、自殺発芽誘導剤以外のコントロール技術の可能性を示しており、特許出願したことも含めて高く評価できる。さらなる作用メカニズムの解析、阻害剤の化学デザインなど今後の展開が期待される。

研究題目3では、土壌より単離した放線菌約1000株の培養抽出液サンプルのうち、452サンプルに、合成ストリゴラクトン存在下で根寄生雑草の種子発芽を阻害する活性を見出した。また、放線菌約1800株の培養抽出液サンプルから、合成ストリゴラクトン存在下で種子発芽を促進するサンプルを1つ見出した。現在、それぞれ活性化化合物の精製を進めており、異なる作用機序を有する化合物の開発に繋がることを期待される。

研究題目4では、イネのストライガ抵抗性の崩壊および感受性の昂進を明らかにしたことは高く評価できる。一方で、イネのコアコレクションを用いてストライガに対する抵抗性に関して遺伝変異を明らかにできたことは大きな成果である。この結果を踏まえて、育種研究者の参画も含めて、研究計画の見直しと重点化を検討すべきである。

研究題目5では、ソルガム農場において、開花直前および開花しているストライガをそれぞれ収集し、現地でソックスレー抽出法により粗抽出液を調製し、それをスーダン若手研究者が神戸大学で解析し、主要なフラボノイド化合物の構造を決定した。本題目は、ストライガに付加価値を見出し、有用植物として利用に挑戦する試みであり、ストライガが新たな有用植物として認知されれば、速やかに除草が進むことも期待される。

研究題目6では、Gedarif州農業省普及局の職員およびスーダン側研究者が中心となり、同州北部のAbunga、中部のKumshita およびKagara の3か所でFFSを実施した。プロジェクト後半では、FFSにおける技術の普及パッケージの中に一つでもプロジェクトの成果を盛り込むように一段の努力を期待したい。

一方、安全上の問題で、相手国への渡航制限が敷かれたが、対象雑草種のライフスタイルを考慮した科学的アプローチにより、各課題を順調に実施しており、今後の進展が期待できる。しかしながら、スーダン国内の研究や、FFSにおける技術の普及パッケージへの取り組みなどで後れを生じており、残りの期間でスーダン国内の研究及びFFSでの活動の強化を図ることが求められる。

4-2. 国際共同研究の実施体制について

スーダンの現地情勢の影響もあり、相手側マネジメントの不安定さは懸念されるが、実行可能な範囲で態勢の整備は進められている。しかしながら、フェーズ1から現地での研究協力の要として活躍してきた日本人若手研究者がプロジェクトを離れたことは現地での運営・進捗にとって極めて大きな痛手であった。一方、そのような状況下で、プロジェクトリーダーが適切に対応したことは高く評価でき、今後も新たに着任したスーダン側研究代表者と密に連携してプロジェクト後半の円滑な運営を期待する。

また、現在機器の導入・実験室の整備が計画どおりに進んでおらず、これらの機器を用いたスーダン側での研究が停滞していた事実は否めない。残るプロジェクト期間で導入した機器を最大限に活用してスーダン側でも研究成果を創出することを期待したい。

一方、2019年度に入り、一時期スーダンの政情は混乱し、日本側研究者が予定していたスーダンへの出張およびスーダン研究者の招聘が中止された。この困難な状況を打開するため、日本人研究者とスーダン人研究者がドバイで協議するなどの工夫を行い、緊密な研究交流が維持できた。

また、生物遺伝資源の取り扱いについて、事業開始時より協議してきたMTA³が2019年3月4日に関係機関間で締結された。スーダンは名古屋議定書を批准しているものの国内措置の実施態勢が明確ではなかったが、プロジェクトに参加している研究者が、同議定書のスーダン国内実施拠点のメンバーであることから、的確な情報収集が可能となり締結に至った。MTAの締結は、今後の研究の加速化にもつながる大きな成果である。

3 Material Transfer Agreements ; 遺伝資源等の提供者側と利用者側の間の素材移転契約

4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

根寄生雑草ストライガとオロバンキの作物に対する生育阻害メカニズムに関する研究成果は世界的にも評価される。特に、根寄生雑草が作物の根に寄生し養分を収奪するメカニズムに関する研究、および根寄生雑草種子の発芽を強制的に誘導する化合物を用いた雑草制御に関するこれまでの科学技術的な成果は極めて優れたものであり、今後実用化が大いに期待される。フェーズ1の研究成果を発展させ、ストライガが宿主植物から養水分を収奪する仕組みの研究を行い、根寄生雑草の宿主植物の水分収奪のメカニズムを解明した。本研究成果は、ストライガは、AGAの応答により気孔の開閉を制御するという植物が陸上で繁栄する上で不可欠な機能を欠失することで寄生生活を成り立たせているという、学術的にきわめて興味深い知見である。これにより新たなストライガ防除法を開発するターゲットを見いだす可能性が示され、本知見を活用した将来的な展開が期待される。

一方で、本プロジェクトは実質的に以前のプロジェクトを継承したフェーズ2のプロジェクトであるため、社会実装が一層強く求められる。そのためには現場における寄生雑草の制御技術の開発と実証が必要である。特に、自殺発芽を誘導する合成化合物が圃場での使用を中止せざるを

えない状況となったため、それに替わる制御技術の実用化研究が重要になってくると考えられる。そのため、研究計画に関して育種あるいは栽培研究者を新たに参加させるなど研究態勢の見直し、戦略的な要素技術の選択と集中、および社会実装に向けた統合化が求められる。

また、現地での研究活動経験を通じた日本人若手研究者の育成はあまり進んでいないようである。現地の情勢が不安定な中、日本人若手研究者の派遣は難しい面もあるが、若手研究者や学生には、アフリカ現地の問題に触れる機会を意識的に設けるなど、残りの期間で海外での研究経験や国際学会での発表機会を増やす等国際感覚を養う育成を行うことを期待する。

4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込み

スーダンに導入した実験手法と研究機材に関する技術研修を現地で行うとともに、スーダン側研究者（4名）を日本に招聘して短期研修、機器・分析講習会を行うなど、積極的に技術移転を実施している。また、文部科学省の国費外国人留学生制度（SATREPS 枠）を利用してスーダンから博士課程学生を神戸大学で受け入れ、教育指導及び協働作業を行っている。現地の情勢は厳しいものの、的確な人選を行い、確実な育成が行われている。

一方、スーダンにおける現地活動を中心となって支えてきた日本人若手研究者が、2019年3月をもってプロジェクトを離れた。幅広くスーダン側との連携に注力してきた人材の流出が、今後のプロジェクトの推進に与える影響は甚大であると思われる。緊迫したスーダン情勢を鑑みつつ、後任を早急に配置することが求められる。

さらに、社会実装のための技術普及の一つの方法であるFFSIは2014年を最後に開催されていなかったが、2018年に再開することができた。FSSの運営に関するスーダン側の予算が2019年分も確保されているので、今後も活動の成果を各省庁にアピールし、FFS活動を継続するためのさらなる取り組みも必要である。

また、相手国研究代表機関にて2017年11月以降停滞していた研究施設の増築工事が、2020年3月には竣工する運びとなった。プロジェクト後半のスーダン側での研究活動が加速することを期待したい。

また、研究題目2において、出願した特許技術の社会実装に関しては、国内外の民間企業と秘密保持契約を結び情報交換を行っていることは評価できる。

以上の取り組みから、本プロジェクトの成果を基としたスーダンの安定した食料生産に向けた活動の持続的発展の見込みは高いと考えられる。

4-5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

1. 本プロジェクトはスーダンを相手国とし、ストライガが主な研究対象であり、2年後には通算で10年になる長期のプロジェクトである。科学的な知見では大きな成果が出ているが、研究

成果の社会実装の面ではフェーズ1から格段の進歩を遂げたとは言えない。自殺発芽誘導物質を用いたストライガの防除という戦略は採用できなくなったが、FFSにおける技術パッケージの要素技術として研究成果を一つでも取り入れていただきたい。

2. プロジェクト後半の社会実装の展望と成果の統合に向けてのタイムスパンが示されていない。すでに中間評価の段階であるから、早々にプロジェクトの達成目標を改めて明確にし、両国の参画研究者及び関係者で共有して、プロジェクト終了までの残り期間でそれぞれの研究題目をどのように進めるのか合意しつつ活動することが必要である。
3. 若手研究者を育成しないと研究の持続性が担保できない。そのため、相手国研究機関及びその所属研究者を巻き込んで、協働で研究を進める運営体制を強化することを勧めたい。
4. ストライガとイネの関係については、半乾燥地の陸稲栽培などで重要であるので、さらに検討を加えていただきたい。ストライガ抵抗性イネ系統の遺伝解析を進展させ、抵抗性の発現機構の解析を期待したい。そのために、新たな研究者の参画も検討すべきである。
5. FFSの充実に向けて、方針を立て直すことも必要であり、FFS活動を強化するための研究者態勢を早急に構築していただきたい。
6. 今後の治安状況の見通しをふまえ、それにどのように対応し困難を排して所期の成果を得るのか検討しつつ、サイズは小さいかも知れないが、社会実装につながる明確な成果物を出していくことが肝要かと思われる。

以上

研究課題名	ストライガ防除によるスーダンの食料安全保障と貧困克服
研究代表者名 (所属機関)	杉本 幸裕 (神戸大学)
研究期間	平成29年度から令和3年度 (5年間)
相手国名/主要相手国研究機関	スーダン共和国/National Center for Research, Agricultural Research Corporation, Sudan University of Science and Technology

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 国内農業の根寄生雑草に対する予防策 日本企業による自殺発芽誘導剤の実用化 ⇒AmeS試験陽性のため実用化の見通しに驕り
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> 種子貯蔵エネルギーの発芽時の利用機構の解明 未利用植物資源の有効活用 ★ABA非応答植物と寄生生活における意義の発見! ★宿主植物の発芽刺激物質生産抑制技術の開発!
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"> 新規発芽阻害剤⇒特許出願、秘密保持契約 新規発芽誘導剤⇒AmeS試験陽性のため開発中止 ストライガ抵抗性イネ品種 ストライガ感受性の異なるイネ遺伝資源の整備
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 国際学会を中心とする研究成果発表 ⇒杉本8回、岡澤7回、鮫島3回、久世1回、若林1回 海外での根寄生雑草防除ワークショップの開催 ⇒スーダンでのシンポジウム2回、講演会1回
技術及び人的ネットワーク構築	<ul style="list-style-type: none"> スーダン科学界との密接な連携⇒Sudan Academy of Scienceでの講演会開催、連続講義を計画中
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"> ストライガ防除事例集(現地語) brochure作成中 プランテース代謝に着目した発芽阻害機構(英語) 未 微生物の作る発芽阻害物質(英語) 未 イネのストライガ感受性の安定性(英語) 未 ストライガの二次代謝産物生産能力(英語) 未

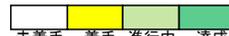


図1 成果目標シートと達成状況(2019年12月時点)