

地球規模課題対応国際科学技術協力(SATREPS)
分野・領域「生物資源」

課題・案件名
「根寄生雑草克服によるスーダン乾燥地農業開発」
(相手国:スーダン)

終了報告書

期間 平成22年3月～平成27年2月

代表者氏名:杉本 幸裕
(神戸大学大学院農学研究科、教授)

§ 1 プロジェクト実施の概要

根寄生雑草ストライガは、アフリカにおけるソルガムやミレットなどの主要作物の生産を阻害する最大の生物的要因である。本プロジェクトは、被害が最も大きい国の一つであるスーダンでストライガの防除研究に長年取り組んでいるスーダン科学技術大学（SUST）の研究者と協力して、新たな防除技術を開発するとともに伝統的知識・技術と融合することにより、有効なストライガ防除法の確立を目指した。日本側とスーダン側のプロジェクト参加者の一部は、平成 17 年以来、日本学術振興会アジア・アフリカ学術基盤形成事業および科学研究費海外学術調査に関わる共同研究を行ってきており、それらを通して培った科学的知見および信頼関係を基盤として、SATREPS 事業を実施することとした。

当初、自然科学研究に関わる課題 1-1)-6) および社会科学研究に関わる課題 2-1)-3) を設定したが、研究の進捗に伴い 2 年度目に課題 2-4) を追加し、3 年度目には課題 1 と 2 の融合を図るために課題 1-8) と組み替えて最終年度にいたった。それぞれの課題で得られた主な成果は次の通りである。

課題 1 は、宿主から独立して生きられないストライガの種子発芽が化学物質に依存するという特殊性に着目した。宿主の存在しない状況で人為的に発芽させれば自殺に追い込むことができるという自殺発芽のアイディアは、最初に単離された発芽刺激物質 *strigol* の構造が明らかにされて間もなく 1970 年代に提唱された。その後、様々な発芽刺激活性を有する物質が天然から単離されあるいは類縁体が合成されてきたが、全てシャーレ内の現象であって、実際に自殺発芽誘導がストライガ防除に有効かどうかは検証されてこなかった。本課題では、社会実装の点から調製が容易な高活性新規アナログの開発に成功し、それを農薬開発に実績のある企業の協力を得て製剤し、スーダンのストライガ汚染圃場で有効性を検証した。アイディアが提唱されてから 40 年を経て、遂にその有効性を示すことができた。これと並行して、新規発芽刺激物質の探索や天然由来の発芽刺激物質の全合成にも取り組んだ。その結果、ストライゴラクトンと総称される天然化合物群を包括的に理解する上での重要な知見を整備した。

課題 2 は、微生物を用いたストライガの防除を目指した。立ち枯れているストライガ個体から 7 種類の菌株を単離し、ストライガの発芽、幼根伸長、吸器形成といった初期成育への影響を調査した。発芽および幼根伸長に対する抑制効果が最も高い菌株を選抜し、遺伝子解析の結果 *Fusarium brachygibbosum* と同定した。立ち枯れたストライガ個体から *F. brachygibbosum* が単離されたのは世界初のことである。この菌株を加えた土壌を用いてソルガムのポット栽培を行い、ストライガ抑制効果を確認した。ストライガ種子を混入していないポットに *F. brachygibbosum* を加えても、ソルガムの生育が抑制されるといった副作用は発生しないことも確認した。この菌株の混入と窒素施肥を組み合わせることでより高いストライガ抑制効果が認められたことから、実用の際には *F. brachygibbosum* を単独で利用するのではなく、その他の技術と組み合わせた総合的なストライガ防除が有効であると考えられた。その他、スーダンの土壌から単離した複数の細菌やアーバスキュラー菌根菌にもストライガ抑制効果があることを認めた。以上の結果から、微生物を用いたストライガ防除の可能性を示すことができた。

課題 3 では、根寄生雑草発芽時のメタボローム解析に基づいて、新規な防除法の開発を目指した。発芽時のメタボローム解析から、ストライガおよび関連の根寄生雑草種子では、特異的な希少糖がエネルギーとして使われることを見出し、この糖をプランテオースと同定した。さらに、糖質加水分解酵素であるノジリマイシンによってプランテオースの代謝を妨げることで、ストライガなどの根寄生雑草の発芽を抑制させられる、あるいは、幼根の伸長を阻害できることが明らかとなった。このノジリマイシンの効果は一般的な植物種では確認出来なかったことから、根寄生雑草選択的であると考えられた。また、ノジリマイシンを投与した発芽種子中に蓄積する糖の変化から、ノジリマイシンがプランテオース分解経路のうち、スクロースの加水分解に影響を与えることを明らかにした。さらに、根寄生雑草の発芽にはプランテオースおよびスクロースの分解によって供給されるグルコー

スが必須であることも示された。これらの結果より、ストライガ防除に向けての新たな標的としてプランテオースの代謝経路を示すことができた。

課題4では、寄生関係成立後のストライガの宿主からの養水分収奪が気孔開度の違いによることを実証し、それに基づいて土壌水分管理によるストライガ被害を容認できるレベルに抑える栽培学的方法の確立を目指した。ポット栽培したストライガは宿主ソルガムに比べて、土壌乾燥およびアブシジン酸 (ABA) の葉面散布処理に対する気孔コンダクタンスと蒸散速度の低下が小さいことを見出した。ストライガはソルガムに比べて、土壌水分条件に関わらず葉内の ABA 濃度は約 10 倍も高かった。さらに、ソルガムよりもストライガのほうが光エネルギーの利用効率が高いことを明らかにした。土壌乾燥条件下では、宿主ソルガムの光合成速度が低下したにもかかわらず、ソルガムからストライガへの同化した炭素の転流は低下しなかった。土壌乾燥条件下でストライガの寄生による被害が深刻化するのはこのためであると考えられた。ポットの土壌水分含有量を湿潤区、弱乾燥区、中乾燥区、強乾燥区の 4 段階に分け、土壌水分条件がストライガとソルガムの生育に及ぼす影響を調査した。その結果、ストライガ接種および土壌乾燥処理によりソルガムの乾物重は低下し、ストライガ接種区の弱乾燥区 (土壌含水比 15-21%) で低下が最も大きかった。弱乾燥区ではストライガの乾物重が大きかったことがソルガムの生育抑制に関係していると考えられた。

課題5では、イネとソルガムを対象に、スーダンの現地環境で生育可能なストライガ抵抗性品種の選抜を進めた。制御環境下でのライゾトロン試験、野外環境下でのポットおよび圃場試験を通して、イネ 52 品種のうち SATREPS1 (Umgar) と NERICA5 が安定したストライガ抵抗性を示した。スーダン農業研究機構 (Agricultural Research Corporation, Sudan; ARC) の陸稲栽培指針に従って両品種を栽培した場合、1~3 t/ha の収量を得られることを確認した。さらに、両品種は土壌中のストライガ種子密度を大きく高めた場合にもストライガ抵抗性を維持した。したがって、イネについては実用的な品種を選抜できたと言える。また、ライゾトロンと野外試験の評価結果がおおむね一致したことから、ライゾトロン法が簡易選抜法として使用できることを実証した。これまでにストライガ抵抗性品種の選抜や育種が進められてきたソルガムについては、既存の抵抗性品種である Haqika や Arfa Gadamak を凌ぐ品種を選抜することはできなかった。

課題6はストライガの被害を軽減するための輪作体系の構築を目指した。ササゲ、ミレット、ゴマ、ヒマワリおよび休閒をソルガム栽培と組み合わせた 3 年間の輪作試験を実験圃場で行った。ソルガム 3 連作と比較して、前作の 2 年間に休閒または他の作物を栽培した場合には、明確なストライガ抑制効果が確認できた。同等のストライガ抑制効果を示した 4 作物の中から、ストライガ被害が甚大なガダーレフ州での栽培が行われているゴマを輪作作物として選抜した。2013 年にはガダーレフ州の農家圃場でゴマ-ソルガムの輪作試験を開始した。この圃場では、ストライガ被害が深刻なこと、およびゴマの収穫が可能なことを確認した。最終年度には、輪作の効果を実証するためソルガム連作区とゴマ-ソルガム輪作区の比較を行い、農家圃場でストライガ抑制効果を確認した。新たな輪作または混作作物としてササゲに着目し、ナイジェリアから導入した多数の品種について、ストライガへの応答を調査した。有望品種の現地環境への適応性の評価も完了している。

課題7は経済学的視点から、1980 年代以降のスーダンにおけるストライガの発生が拡大してきた要因の確認とソルガム生産に与える影響を整理した上で、農業者による新たなストライガ防除技術の受容に関して二つの小課題を設定し接近を図った。第一は、農業者のストライガへの対応の有り様とその構造的要因を、農家経済の視点から明らかにすることである。第二は、第一の結果を踏まえつつ女性農業者およびそのグループの機能に着目し、ストライガ防除の新たな技術の受容に関する可能性と今後の展望を検討することである。これらの小課題への接近は、現地の小規模農業者への聞き取り調査をとおして行った。その結果、第一の小課題に関して、小規模農家が脆弱な家計経済の下で経済的なリスク回避的な行動をとることにより、ストライガの被害拡大をもたらしていることが明らかとなった。第二の小課題に関しては、三つの要因 (女性農業者の経営規模が相対的に小さく、新

たな取り組みに関してより積極的であること、外部からの資金調達が可能なこと）から新たな技術の受容力が高いことを明らかにした。加えて、農家内や地域内への新技術普及のインターフェイスとして女性農業者が機能することにより、男性農業者のリスクを低下させることを結論づけた。

課題8はストライガ防除をはじめとする栽培技術に関する知見の共有を図ることを目的に設置された農民学校（Farmers Field School; FFS）の運営を目的とした。ストライガの被害が深刻なガダーレフ州の農業省およびARC支所の職員との協力体制を構築し、プロジェクト開始3年目から途切れることなく、複数のサイトでFFSを開催した。FFSでは、講義のみならず、展示圃場での実践を通して、各サイトの環境条件にあわせたストライガ対策技術を近隣の農民に紹介した。ソルガムの収穫期にはHarvest dayを開催し、他地域の農民の代表者にも技術紹介を行った。最終年度には一連の知見をパンフレットにまとめて配布し、農民、行政従事者、農業普及員との情報の共有を進めた。2011年に行なわれたスーダン副大統領の視察に代表されるように、本課題の活動はスーダン政府や銀行からも注目されており、2011年から継続して助成を受けたことも特筆される。

各課題の成果とは別に科学技術協力の立場からも様々な活動を行った。現地に導入された機材の中で、ガスクロマトグラフ（GC）と高速液体クロマトグラフ（HPLC）については、マニュアルに準拠した取扱い説明だけでは稼働が困難であったため、簡便な操作で基本的な測定をできるように装置のプログラムを簡略化した。これにより、先進的な機材が日常的に使われる基盤を構築した。JICA研修で神戸大学に滞在したSUST技術職員と一緒に分析作業を行い測定のコウハウを伝授し、その後も定期的にSUSTを訪問してフォローアップ指導することで、植物根浸出液の抽出、分析、精製がSUSTで実施できるようになった。SUST技術職員から、SUSTメンバーへの技術移転も順調に進み、GCとHPLCが日常的に稼働するようになった。SUSTが重点課題に位置づけている分子生物学に関連した機器の取扱いについても、JICA研修で神戸大学に滞在した機会に若手研究者に実習の機会を設けた。実習内容はSUSTに整備された機器類を最大限活用できる基礎的な技術を中心とし、繰り返し実習することによりスーダン研究者の身に付くように工夫した。さらに、現地でフォローアップ講習を行い、神戸大学で実習した内容をトレースし、スーダン研究者が自立的に基礎的な実験ができる程度にまで考え方や技術を伝達した。

その他、植物の生理状態を評価するための装置である葉緑素計、ポロメーター、光合成蒸散測定装置、クロロフィル蛍光測定装置、環境計測に関わる装置である深度別土壌水分計、ペネトロメーター、気象観測装置、土壌水分採取器、植物観測に関わる技術や装置であるライゾトロン、葉面積計、キャノピーアナライザー、また、生体試料からの目的成分の抽出を効率よく行うための装置であるボールミルについて、SUSTで技術講習を行った。

§ 2. プロジェクト構想(および構想計画に対する達成状況)

(1) 当初のプロジェクト構想

プロジェクト開始時まで、日本側研究者はスーダンをはじめとしてオランダ、イギリス、イスラエル等、世界各国の研究者と共同してストライガの生活環を詳細に検討し、発芽過程と宿主からの養水分収奪機構に三つの大きな特徴があることを見出していた。第一の特徴は、発芽時の種子の化学シグナル要求性である。ストライガ種子は通常の植物と異なり温度と湿度のみでは発芽せず、これらの環境要因に加えて、宿主植物が分泌する刺激物質を感受してはじめて発芽する。この特性は宿主から独立して生きられないストライガの巧妙な生存戦略と考えられる。発芽刺激物質の化学的本体は **strigol** をはじめとするストライゴラクトンと総称される化合物群である。第二は、発芽時に貯蔵養分から利用される炭素源である。化学構造は解明されていなかったが、ストライガ種子は、宿主であるイネ科作物とは異なる糖を貯蔵しておりそれを代謝して発芽時のエネルギー源として利用している。第三の特徴は、宿主からの養水分収奪機構である。ストライガの気孔が乾燥および暗条件で閉じにくいことは報告されていたが、先行のアジア・アフリカ学術基盤形成事業の一環としてスーダンで調査を行い、乾燥条件下で宿主の気孔が閉じていてもストライガは気孔を開放していることを確認した。乾燥条件下でも気孔から活発に蒸散を行うことで、宿主植物からの養水分の収奪を維持していると考えられる。

本プロジェクトは、これらの特徴を標的とするとともに現地の伝統的な耕種的対応の解析と発展も企図して、自然科学研究者による 1. ストライガ防除法の開発と、社会科学研究者による 2. ストライガ防除に資する知見の集約と普及を融合して、スーダンにおける食糧生産の安定化と増大を究極の目的とした。より具体的には、国際科学技術協力の立場から次の 2 点を全体の目標として設定した。

- ・新たなストライガ対策が開発・提唱されるとともに、その知見が現地研究者および農民に共有され活用される。
- ・スーダン科学技術大学を中心として、スーダン側研究機関のストライガ防除に資する研究・開発・普及能力が向上するとともに、日本側研究者が難防除雑草としてのストライガへの認識を深める。

これらを達成するために、次の課題に取り組むことを計画した。

1. ストライガ防除法の開発

1-1) 新規自殺発芽誘導物質の開発

- ・環境中での高い安定性と発芽誘導活性を有する新規自殺発芽誘導物質の開発を目指し、各種アナログ類のデザイン・合成、および実験室レベルでの活性・機能の評価を行う。
- ・活性・機能の評価により選抜された候補化合物を、野外試験をはじめとする実用を指向した各種試験に供し、その有効性を検証する。

1-2) ストライガ防除微生物の探索

- ・ソルガム根圏よりストライガの発芽を促進もしくは阻害する微生物を単離する。
- ・微生物が生産する発芽刺激物質、発芽阻害物質を同定する。
- ・ポット試験、圃場試験を行い、微生物のストライガ防除への有効性を検証する。

1-3) 選択的除草剤の探索

- ・発芽時のストライガに特異的な炭素源の代謝を阻害する薬剤の探索を行い、構造最適化研究に着手する。高活性化化合物についてはポット試験ならびに野外試験に供して有効性を検証する。
- ・発芽時に加えて、寄生初期のストライガに特徴的な代謝経路を見出し、その代謝酵素を標的とする阻害剤を探索する。

1-4) 宿主養水分収奪機構の解析

- ・ストライガと宿主作物の乾燥ストレスおよび ABA に対する気孔応答性の差異から、ストライガの宿主養水分収奪機構を解明する。

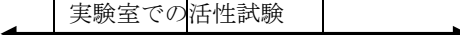
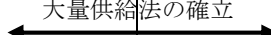
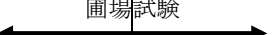
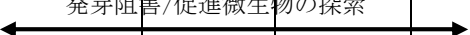
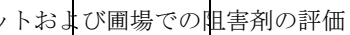
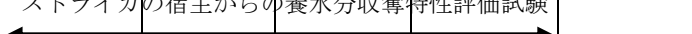
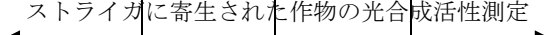
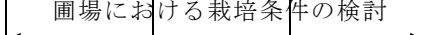
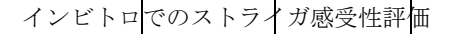
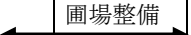
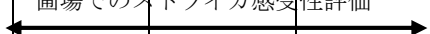
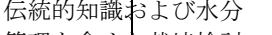
- ・ソルガムとストライガの光化学系の活性およびタンパク質を分析し、ストライガ抵抗性と気孔応答性の相関、およびストライガの環境適応機構を解析する。
 - ・気孔応答性の違いが宿主作物のストライガ抵抗性の差異に与える影響を定量化する。得られた知見に抵抗性作物の利用と栽培方法とを統合し、ストライガの成長を容認できるレベルに抑える栽培条件を考案する。
- 1-5) イネ・ソルガムの環境適応性の検討とストライガ抵抗性評価
- ・ストライガ抵抗性を含めて、現地栽培条件に適したイネ・ソルガム品種を選抜する。
 - ・選抜した品種について、肥培管理指針を作成するとともに、種子増産システムを構築する。
- 1-6) 抵抗性／耐性作物の選抜と新規輪作体系の考案
- ・ストライガに抵抗性／耐性の作物を幅広く検索・選抜する。
 - ・ストライガによる被害を軽減する新規輪作体系を考案し、有効性を検証する。
2. ストライガ防除に資する知見の集約と普及
- 2-1) 伝統的知識および新技術受容性の調査
- ・文化人類学・社会経済学・農学を専門とする日本とスーダンの研究者が協力しておこなう現地調査を通して、農民が有するストライガに対処するための伝統的知識を収集し、地域の自然環境に応じて培われてきた在来の農業システムの長所と短所を体系的に明らかにする。
 - ・並行して、植物科学グループが開発・確立を目指す防除方策の現地生産者の受容性について経済的、社会的、文化的側面から調査し、FFS などを通じてその実現可能性を検証する。
 - ・以上の研究成果を、現地共通語であるアラビア語により出版し、中央・地方の行政従事者が政策決定のための基礎情報として利用しやすくとともに、研究者が村落に実際に赴くアウトリーチ活動により現地の生産者と研究資源を共有化する。
- 2-2) ソルガム・コメの現地生産者・消費者の嗜好性調査
- ・これまでのソルガム・コメ品種ごとの現地消費者による主な消費方法についての実態を明らかにする。
 - ・アフリカの乾燥地農業におけるこれまでの農業新技術の普及、とくにソルガムとコメの新品種（ネリカを含む）の導入に際しての成功例と失敗例に関する網羅的な文献調査を踏まえて、スーダンにおけるソルガム新品種の導入や大規模な稲作導入に際しての潜在性とリスクを評価するための指標を提示する。
 - ・以上の研究成果を、現地共通語であるアラビア語により出版し、中央・地方の行政従事者が政策決定のための基礎情報として利用しやすくとともに、研究者が村落に実際に赴くアウトリーチ活動により現地の受容者と研究資源を共有化する。
- 2-3) 発芽刺激物質生産性に基づく輪作体系の改良
- ・文化人類学グループは、在来の農業システムのうち、とくに、輪作、混作、休閑といった輪作体系に関する伝統的知識の特質を、地域の自然環境・農業システムごとに明確にする。植物科学グループは、発芽刺激物質高生産性のトラップクロップ（ストライガ非感受性作物）と発芽刺激物質低生産性のソルガムを選抜する。
 - ・両グループの知見に基づき、発芽刺激物質生産性に関する知見を活かして改良された輪作体系を提案する。
 - ・以上の研究成果を、現地共通語であるアラビア語により出版し、研究者が村落に実際に赴くアウトリーチ活動により現地の生産者・受容者を含む現地住民一般と研究資源を共有化する。

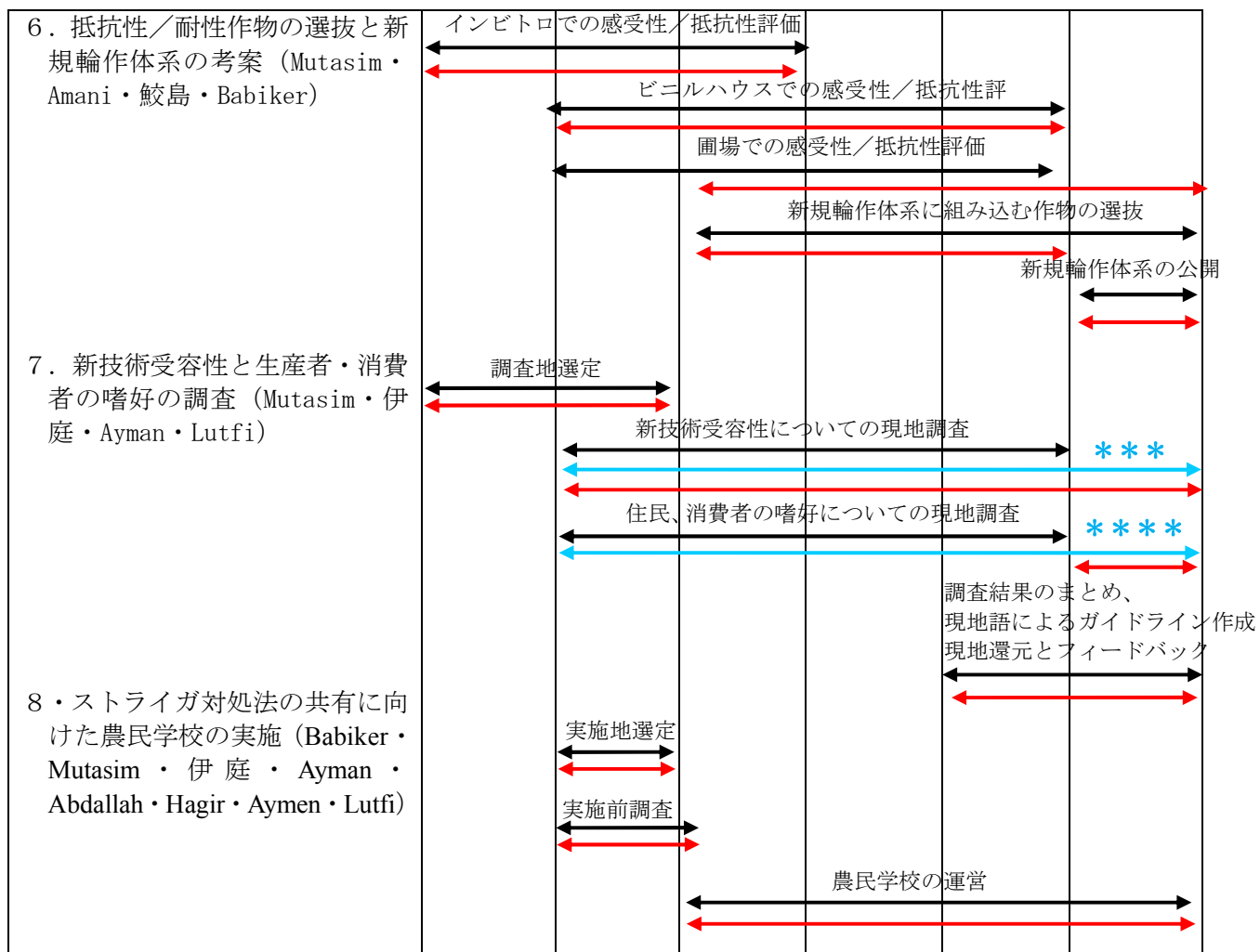
(2)新たに追加・修正など変更したプロジェクト構想

本プロジェクト開始当初より、FFS を実践現場と位置付けてきたが、研究課題としては挙げられていなかった。そこで、JCC での承認を経て2年度より、課題2-4) として追加し、重要性を明確にした。一方、課題2-1) の一部、伝統的知識の調査は、日本側にとっては様々な興味深い情報を収集することができたが、スーダン側にとっての新規性は乏しく国際共同研究あるいは科学技術協力としての続行は困難であったため、2年度目で終了した。また、自然科学研究と社会科学の密な連携を図るために、一部の課題を融合させ、次のように全体を8課題に編成し直した。限られた活動資源を有効に利用するために、スーダン側、日本側ともに必要に応じて事業参加者を入れ替えて、個々の課題の方向性の調整と計画全体のバランスの良い進捗を図った。

1. 新規自殺発芽誘導物質の開発 (当初計画の1-1)
2. ストライガ防除微生物の探索 (当初計画の1-2)
3. 選択的除草剤の探索 (当初計画の1-3)
4. 宿主養水分収奪機構の解析 (当初計画の1-4)
5. イネ・ソルガムの環境適応性の検討とストライガ抵抗性評価 (当初計画の1-5)
6. 抵抗性／耐性作物の選抜と新規輪作体系の考案 (当初計画の1-6 と 2-3)
 - ・ ストライガに抵抗性／耐性の作物を幅広く検索・選抜する。
 - ・ ストライガによる被害を軽減する新規輪作体系を考案し、有効性を検証する。
7. 新技術受容性と生産者・消費者の嗜好の調査 (当初計画の2-1 の一部と 2-2)
 - ・ 開発・確立を目指す防除方策の現地生産者の受容性について経済的、社会的、文化的側面から調査し、FFS などを通じてその実現可能性を検証する。
 - ・ 生産者および消費者として農家が好むソルガムとコメ品種を明らかにする。
 - ・ 研究成果を、現地共通語であるアラビア語により出版し、研究者、行政従事者、生産者の情報共有を行う。
8. ストライガ対処法の共有に向けた FFS の実施 (当初計画に追加された2-4)
 - ・ 一連の研究の成果を応用につなげる場として、また、農民に根ざした情報を収集する場として、FFS を実施・活用する。

(3) 活動実施スケジュール (実績)

Research Subjects	FY2009 (10months)	FY2010	FY2011	FY2012	FY2013	FY2014
1. 新規自殺発芽誘導物質の開発 (滝川・中畠・杉本・久世・Babiker)	アナログ類のデザイン・合成 	実験室での活性試験 	現地でのポット試験 	大量供給法の確立 	圃場試験 	
2. ストライガ防除微生物の探索 (Hassan・Rna・Tilal・Babiker) *	発芽阻害/促進微生物の探索 	発芽阻害/促進物質の解明 	微生物や発芽阻害/促進物質の有用性の検証 			
3. 選択的除草剤の探索 (岡澤・Amani) **	ストライガに特異的な代謝経路の阻害剤の探索 		代謝阻害剤の構造最適化 	ポットおよび圃場での阻害剤の評価 		
4. 宿主養水分収奪機構の解析 (井上・山内・Amani)	ストライガの宿主からの養水分収奪特性評価試験 	ストライガに寄生された作物の光合成活性測定 	圃場における栽培条件の検討 			
5. イネ・ソルガムの環境適応性とストライガ抵抗性の評価 (鮫島・杉本・Babiker)	インビトロでのストライガ感受性評価 	圃場整備 	圃場での環境適応性評価 	圃場でのストライガ感受性評価 	伝統的知識および水分管理を含めた栽培検討 	



平成 25 年度計画時点で、計画の進捗状況に応じて一部の計画を見直し変更した。

赤線は実績（自己申告）。

§ 3 プロジェクト実施体制・投入実績

3. 1. 実施体制

【日本側】

種別	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	杉本 幸裕	神戸大学大学院 農学研究科	教授	2009	6	2015	3	
	佐々木 満	神戸大学大学院 農学研究科	名誉教授	2012	4	2013	3	
	滝川 浩郷	神戸大学大学院 農学研究科	教授	2009	6	2015	3	
	伊庭 治彦	神戸大学大学院 農学研究科	准教授	2013	1	2015	3	
	久世 雅樹	神戸大学大学院 農学研究科	准教授	2013	1	2015	3	
	岡澤 敦司	大阪大学大学院 工学研究科	助教	2009	6	2012	3	
	岡澤 敦司	大阪府立大学生 命環境科学研究 科	准教授	2012	4	2015	3	
	山内 靖雄	神戸大学大学院 農学研究科	助教	2009	6	2015	3	
	井上 知恵	鳥取大学乾燥地研 究センター	助教	2009	6	2010	7	
	井上 知恵	鳥取大学乾燥地研 究センター	プロジェクト研究員	2010	8	2015	3	
	吉本 千壽	神戸大学大学院 農学研究科	技術補佐員	2009	7	2009	12	
	吉本 千壽	神戸大学大学院 農学研究科	技術補佐員	2010	1	2015	3	
	鮫島 啓彰	神戸大学大学院 農学研究科	学術推進研究員	2009	12	2015	3	
	藤田 裕子	神戸大学大学院 農学研究科	事務補佐員	2010	3	2015	2	
	上野 琴巳	神戸大学大学院 農学研究科	学術推進研究員	2010	4	2011	3	
	中畠 瞳	神戸大学大学院 農学研究科	学術推進研究員	2011	4	2015	3	

【相手国側】

種別	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	Abdel Gabar Eltayeb Babiker	SUST	Professor	2009	11	2015	3	
	Samia Osman Yagoub	SUST	Assistant Professor	2009	11	2012	8	

	Amani Hamad Eltayeb Hamad	SUST	Lecturer	2009	11	2015	3	
	Mutasim Mekki Mahmoud El Rasheed	SUST	Assistant Professor	2009	11	2015	3	
	Ayman Awad	ARC	Researcher	2010	12	2015	3	
	Rna Abdel Gabbar Eltyeab Babiker	SUST	Lecturer	2009	11	2013	8	
	Ahmed Elawad Elfaki	SUST	Associate Professor	2009	11	2015	3	
	Mohammed Mahgoub Hassan Amir	MST	Researcher	2009	11	2015	3	
	Yousif Mohamed Ahmed Idris	SUST	Professor	2009	11	2012	12	
	Salah-Eldin Sid Ahmed Ahmed	SUST	Professor	2013	1	2015	3	
	Ahmed El Sadig Mohamed Saeed	SUST	Associate Professor	2009	11	2015	3	
	Tagelsir Ibrahim Mohamed Idris	SUST	Professor	2009	11	2015	3	
	Mahdi Abbas Saad Shakak	SUST	Associate Professor	2009	11	2015	3	
	Hgir Ahmed Ibrahim	GSMA	Extensionist	2012	5	2015	3	
	Khalafalla Ahmed Ibrahim	ARC	Researcher	2012	5	2015	3	
	Lutfi Abdel Rahaman Yousif	ARC	Researcher	2012	5	2015	3	
	Tilal Musa	ARC	Researcher	2013	1	2015	3	
	Yassin Mohamed Ibrahim(Dagash)	SUST	Professor	2009	11	2015	3	Project advisor
	Mohammed Badwi Hussein	SUST	Associate Professor	2009	11	2015	3	Project advisor

§ 4 プロジェクト実施内容及び成果

(1) 全体の成果

課題1 ストライガ種子が発芽刺激物質を感受してはじめて発芽するという特性に着目して、人為的に発芽させて自殺に追い込むための薬剤の開発を行った。自殺発芽誘導は、近縁の根寄生雑草オロバンキの防除にも有効であることからオロバンキの宿主にまで対象を広げて、自殺発芽誘導剤の開発と並行して、天然のストライゴラクトンの単離と構造決定、ならびに、有機合成に取り組んだ。

1) 自殺発芽誘導剤の開発

発芽刺激物質ストライゴラクトン類縁体の構造の最適化を進めてきた結果、独自にデザイン・合成したカーバメート化合物の一つ（化合物コード番号 T-010）を自殺発芽誘導剤候補化合物とした。スーダンでポット試験を実施し、土壤中での有効性を確認した。その成果を踏まえて製剤化を行い、ポット試験に続いて圃場試験でも、候補化合物によるストライガ防除効果を確認した。アイディアが提唱されてから 40 年を経て、遂に、自殺発芽誘導によるストライガ防除の有効性を実証することができた（写真 1）。この開発は、ストライゴラクトンの ABC 環の構造簡略化にはじまったが、従来提唱されていた C 環および C-D 環連結部に存在するマイケル受容体（図 1 の赤色部位）が活性発現に必須であるという概念の打破が重要であった。即ち、マイケル受容体を構成している C-D 環の連結部位にあるエノールエーテル構造は、化合物の脆弱性の原因となっていただけではなく、構造展開の多様性を阻んでいたからである。このマイケル受容体が必ずしも必要ではないという知見はアナログのデザインに飛躍的な自由度を与え、結果的に、カーバメート化合物のデザイン・合成が可能となった。開発候補化合物 T-010 の ABC 環部に相当する構造はほぼ極限まで単純化されたと言っても過言ではないが、D 環については天然物の構造をそのまま維持している。我々のみならず他研究グループの報告においても、D 環の構造を改変すると活性の維持が困難なことが明らかとなっているが、社会実装を想定した T-010 の製造コスト試算によると、D 環部の製造コストがネックとなる可能性が示唆されている。従って、ストライゴラクトンの D 環部分の構造簡略化あるいは製造コストの削減が課題として残された。



写真 1. 自殺発芽誘導剤の効果

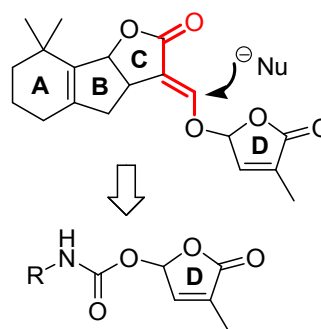


図 1. ストライゴラクトンの基本構造とカーバメート化合物

2) ストライゴラクトンの単離と構造決定

① Aleictrol と orobanchol

スーダンでは *Striga hermonthica* がイネ科作物の生産の大きな隘路となっているのに対し、西アフリカでは *S. gesnerioides* が重要なタンパク質供給源であるササゲに寄生して深刻な被害を与えている。Aleictrol はササゲが分泌している *S. gesnerioides* の種子発芽を刺激する物質として単離され推定構造が提出されたが、有機合成により誤っていることが示された。その後、ササゲおよびアカクローバーから再度 aleictrol が単離され、その構造は orobanchol のアセチル体であることが判明した。しかし有機合成された orobanchol やそのアセチル体は *S. gesnerioides* 種子の発芽を誘導しなかった。そこで、再度ササゲの根滲出物から *S. gesnerioides* 種子発芽刺激物質を単離し、詳細に構造を解析した。その結果、天然の orobanchol およびそのアセチル体 (aleictrol) の真の構造を明らかにした（図 2）。この知見により、単離されてから 20 年にわたり二転三転してきた aleictrol の構造に決着をつけるとともに、10 年にわたり信じられてきた orobanchol 推定構造の誤りを正した。これにより、ストライゴラクトンと総称される一連の化合物群の生合成の関係性を包括的に理解することが可能となった。また、*S. gesnerioides*

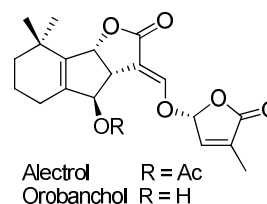


図 2. Aleictrol と orobanchol の構造

種子は *S. hermonthica* の宿主であるソルガムの分泌する sorgomol や strigol によって発芽が阻害され、*S. hermonthica* 種子は *S. gesnerioides* の宿主であるササゲが分泌する alectrol や orobanchol に対する応答は鈍い。両寄生雑草は同じ気候帯に分布していることから、種子のストライゴラクトンに対する応答性が宿主認識に関わり、棲み分けに関与していると考えられる知見を得た。

② Heliolactone

ヒマワリは重要な油糧作物であるが、その生産は *Orobancha cumana* によって損なわれている。ヒマワリが生産する *O. cumana* の種子発芽刺激物質としてはセスキテルペンラクトンの dehydrocostus lactone (DCL)、costunolide、tomentosin、8-epixanthatin が単離されている。これらのセスキテルペンラクトンはいずれも *S. hermonthica* の発芽を誘導しないが、ヒマワリの根滲出物は誘導した。植物ホルモンとしての普遍性を考えると、ヒマワリもストライゴラクトンを生産していると考えられた。そこで、ヒマワリ(645 個体)の根滲出物からシリカゲルカラム、逆相カラム、キラルカラムを用いたクロマトグラフィーにより精製を行い、*S. hermonthica* の発芽を誘導する物質を約 0.4 mg 単離した。¹H-NMR と ¹³C-NMR により、構造を解析した結果、化学シフトの類似から本物質は既知のストライゴラクトンの D 環に相当する部分構造を有すると考えられた。一方、ABC 環に相当する構造の化学シフトは顕著に異なっており、ストライゴラクトン中間体である carlactone 様の、BC 環を形成していない構造を有していると考えられた。A 環部分はデオキシアブシジン酸(1'-deoxy-ABA)と良いスペクトルの一致を示した。これらから本物質の構造を図 3 のように決定し、heliolactone と名付けた。発芽活性を評価した結果、DCL と costunolide が *O. cumana* と *O. minor* に対してのみ発芽活性を示したのに対し、heliolactone は *S. gesnerioides* には活性を示さなかったものの、*S. hermonthica*、*P. aegyptiaca* および *O. crenata* に対しても発芽活性を示した。窒素とリンの無機栄養条件の影響を調べた結果、豊富な条件では costunolide が多く分泌されていた。一方、heliolactone は窒素とリンが乏しい条件で多く分泌されていた。このことから *O. cumana* 種子は様々な土壌栄養条件下で生育するヒマワリ根圏で発芽できる能力を獲得したと考えられる。

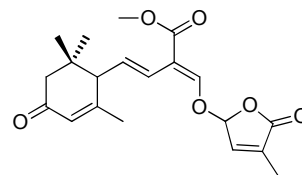


図 3. Heliolactone の構造

3) ストライゴラクトンの全合成 (図 4)

① Solanacol

タバコより単離されたストライゴラクトン solanacol の推定構造を有する化合物を合成した。その結果、推定構造が誤っていることを明らかにし、それに代わる推定構造を提唱した。後に、その構造が正しいことが他のグループによって裏付けられた。また、訂正された構造の光学活性体合成法も確立した。

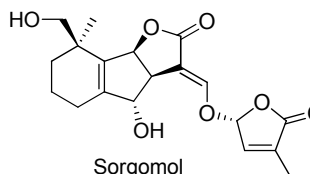
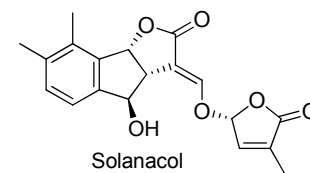


図 4. Solanacol と sorgomol の構造

② Sorgomol

ソルガムより単離されたストライゴラクトン sorgomol を世界に先駆けて合成 (ラセミ体合成) した。また、その光学活性体合成法も確立した。

③ 7-Oxo-orobanchol

アマから単離されたストライゴラクトン 7-oxo-orobanchol の合成研究を行い、4-位水酸基を除去した構造簡略化アナログである 7-oxo-5-deoxystrigol のラセミ体合成を達成した。現在、7-oxo-orobanchol の光学活性体合成が進行中である。

これらの成果は、天然および疑似天然ストライゴラクトンライブラリーを充実させ、ストライゴラクトンを包括的に理解する上での基盤整備に大きく貢献した。

課題2 ストライガ被害を抑制する生物資材としての微生物の利用は、以前から提唱されているが、実用には至っていない。しかし、多様な微生物の中にはストライガの生育を特異的に阻害、抑制する働きを持つものが存在する可能性がある。本課題では、ストライガの発芽と幼根伸長の阻害を指標に、生物資材として利用可能性のある微生物の探索を行った。スーダン在来の微生物からの探索を前提としているため、立ち枯れたストライガ個体や国内の複数の地点の土壌から菌や細菌の単離を行った。実験室内で効果が見られた微生物については、ポット試験で効果の確認を行い、微生物を用いたストライガ防除の可能性を示すことができた。

1) 立ち枯れたストライガから単離した *Fusarium* 菌のストライガ抑制効果

単離や培養が比較的容易であり、菌に感染されたストライガおよびオロバンキを用いた先行研究で多くの菌株が確認されていることから、*Fusarium* 菌に着目した。スーダンのソルガム圃場において、地上部の黒化、萎れ、生育低下など *Fusarium* 菌の感染が疑われたストライガ個体を収集し、*Fusarium* 菌の選択培地である Nash-Snyder 培地で7日間培養後、PDA 培地および Czapek-Dox 培地を使用して、7菌株を単離した。各菌株を培養した Czapek-Dox 培地を用いてコンディショニングを行ったストライガ種子に合成ストライゴラクトン GR24 を添加し、ストライガの発芽と幼根伸長を観察した。水のみでコンディショニングを行った場合、GR24 添加後 24 時間で、90%以上のストライガ種子が発芽し、幼根は 1 mm 程度伸長した(写真2)。*Fusarium* 菌とともにコンディショニングを行ったストライガ種子は、菌株によって異なるものの、発芽率が 0~90%、幼根長は 0~0.2 mm 程度であった。菌株 2 の発芽および幼根伸長の抑制程度が高かったことから(写真3)、この菌株を選抜しポット試験でストライガ抑制効果を確認した。



写真2. GR24 に応答して発芽したストライガ種子



写真3. *Fusarium* 菌によるストライガ種子の発芽阻害

2) ポット試験における *Fusarium* 菌のストライガ抑制効果

破碎したトウモロコシ粒上で *Fusarium* 菌(菌株 2)を培養したものをストライガ種子とともに土壌に混入し、ソルガム(ストライガ抵抗性品種 Arfa Gadamak)をポット栽培した。トウモロコシ粒の混入量は 0、2、6、10 g kg⁻¹ soil の4水準、ストライガ種子混入量は1ポットあたり 0、2、4 mg の3水準とした。ストライガ種子混入量が 2 mg の場合、菌株 2 混入の有無に関わらず、ストライガはほとんど出芽しなかった。ストライガ種子を 4 mg 混入したポットでは、菌株 2 の混入が無い場合、1ポットあたり約 8 個体のストライガが出芽し、ソルガム乾物重はストライガが無い場合の 25%に低下した。一方、菌株 2 を混入した場合、ストライガ出芽数は 3 以下に減少し、ストライガの有無によるソルガム乾物重の差は認められなかった。以上の結果から、ポット試験においても菌株 2 によるストライガ抑制効果が確認できた。ストライガ種子を混入していないポットに菌株 2 を加えても、ソルガムの生育が抑制されるといった副作用は発生しなかった。さらに、この菌株の混入と窒素施肥あるいは堆肥施用を組み合わせることでより高いストライガ抑制効果が認められたことから、実用の際には *Fusarium* 菌を単独に利用するのではなく、その他の技術と組み合わせた総合的なストライガ防除が有効であると考えられた。

3) 菌株 2 の同定

スーダンでゲノム DNA を抽出し日本で解析した。18S rRNA の配列を決定し、NCBI 上で

BLASTn 検索した結果、菌株 2 を *F. brachygibbosum* と同定した。立ち枯れたストライガ個体から *F. brachygibbosum* が単離されたのは世界初である。

4) スーダン国内の土壌から単離した細菌によるストライガ生育抑制効果

スーダン国内の 4 地点において表層 5cm の土壌を採取し、spread-plate 法を用いて 202 株の細菌を単離した。202 株のうち実験室内でストライガ発芽抑制効果を示した 36 株を用いてソルガムポット試験を行い、土壌由来細菌のストライガ抑制効果およびソルガムの生育への影響を調査した。細菌の接種は、各株を培養した液体培地を土壌表面に添加することで行った。細菌の接種をしなかったポットでストライガ出芽数が最大に達したソルガム播種後 12 週目の観察で、8 株の細菌が 90%以上のストライガ出芽数の抑制効果を示した。このうち 3 株の細菌については、接種したポットにおけるソルガム草丈が、接種しなかったポットと比較して 40~50%増加した。以上のことから、土壌由来細菌を利用することで、ストライガ出芽数を抑制し、ソルガムの生育を向上させられる可能性が示された。

5) アーバスキュラー菌根菌と植物生長促進根圏細菌のストライガ抑制効果

スーダングラスの根圏から単離したアーバスキュラー菌根菌群 (*Glomus intraradices*, *G. geosporunz*, *G. clarodium* および *Paraglomus* spp. の混合) と、ハルツーム大学および Environmental and Natural Resources Research Institute から入手した 3 種の植物生長促進根圏細菌(*Flavobacteria* spp., *Azotobacter vienlandi* および *Bacillus megatherium* var *phosphaticum*) を接種した土壌を用いて、ストライガ抑制効果とソルガムの生育を調査した。アーバスキュラー菌根菌接種はポットでのストライガ出芽を遅らせ、出芽数も低下させた。アーバスキュラー菌根菌を接種したポットでは、接種していないポットと比較してソルガムの乾物重が 28%増加した。アーバスキュラー菌根菌と植物生長促進根圏細菌を組み合わせた場合も、強いストライガ抑制効果が認められた。以上の結果から、アーバスキュラー菌根菌を利用したストライガ抑制技術開発の可能性が示された。

課題3 根寄生雑草は寄生を確実にし、その生活環を全うさせるために寄生に特化する方向に進化してきたと考えられる。これに付随して根寄生雑草で特化してきた代謝経路を明らかにすることが出来れば、その阻害剤は宿主に影響を及ぼさない根寄生雑草選択的な除草剤として実用化出来る可能性がある。このような研究戦略のもと、メタボローム解析に基づき、根寄生雑草の発芽時に特徴的な炭素源として三糖（研究開始時にはゲンチアノースと想定していた）、窒素源としてアラントインを見出した。また、これらの代謝を阻害することにより寄生雑草の発芽を抑制できることを確認した。以上の知見より、これらの代謝経路を解明し、根寄生雑草選択的な発芽阻害剤のリード化合物を得ることを目的として研究を行った。

1) 根寄生雑草に特徴的に含まれる貯蔵糖の単離および構造決定

上述のように研究開始当初、根寄生雑草の種子に特徴的に含まれている三糖の構造をゲンチアノースと想定して研究を進めていた。しかし、詳細な代謝経路を解析する過程で、その構造がゲンチアノースとは異なることが明らかとなった。そこで、再度、ストライガに近縁のヤセウツボの乾燥種子よりこの三糖を単離精製した。酸加水分解物の GC-MS 分析による構成糖の決定および NMR 解析により、この構造をプランテオースと決定した（図5）。

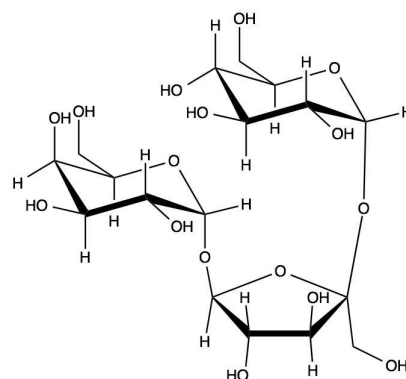


図5. プランテオースの構造

プランテオースはスクロースのフルクトース部分にガラクトースが $\alpha 1 \rightarrow 6$ 結合により付加された構造を持つ。最初にオオバコ科 (*Plantago* sp.) の植物の種子中に発見されて以来、トマト、スペアミント、ゴマなどいくつかの植物種の種子中に含まれていることが報告されている。しかし、ストライガなどのハマウツボ科植物の種子における存在を示したのは、本研究が初めてである。さらなる分析の結果、プランテオースの存在をハマウツボ科の根寄生雑草である *Orobancha crenata*、*Phelipanche aegyptiaca*、*Striga gesnerioides*、および、ハマウツボ科に属し独立栄養的にも生育可能な条件的寄生植物コシオガマの種子でも確認した。これらの結果より、プランテオースはハマウツボ科の寄生植物に普遍的に存在することが予想された。

2) ノジリマイシンの作用機構の解析

三糖の構造が明らかとなったため、これまでに根寄生雑草の発芽を阻害することを見出していたノジリマイシン (NJ) が、プランテオース (Pla) の代謝に与える影響を精査した。発芽刺激処理 7 日後 (7 DAG) に、ノジリマイシン未処理のコントロール (C) では、グルコース (Glc) およびフルクトース (Fru) の顕著な増加が確認されたのに対し、NJ を処理した種子ではこの増加が確認できず、スクロース (Suc) の蓄積が確認された（図6）。尚、プランテオースからグルコースが加水分解によって除かれた際に生じるプランテオビオースは、いずれの発芽種子においても検出されなかった。この結果から、ノジリマイシンはプランテオースの代謝経路のうち、スクロースの分解過程を阻害していることが示唆された。

ノジリマイシンの発芽阻害活性の作用機構、ならびに、発芽におけるプランテオース代謝経路の役割をさらに解析するために、ノジリマイシン投与時に各糖を

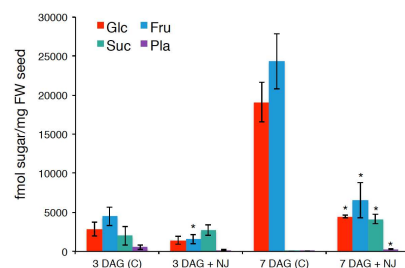


図6. 発芽種子中の糖の含量に対するノジリマイシンの影響

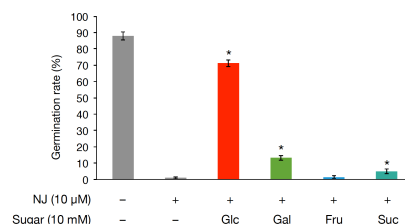


図7. 各種糖をノジリマイシンと同時に投与した際の発芽率

添加することで、発芽の回復がみられるかどうかを検討したところ、グルコースの同時投与によって発芽率が著しく回復することを見出した（図7）。この結果から、根寄生雑草の発芽にはプラントオースおよびスクロースの代謝によって得られるグルコースが必要であることが示された。

植物中でスクロースの加水分解を担う酵素として、インベルターゼとショ糖合成酵素が知られている。インベルターゼがスクロースを基質とし、グルコースとフルクトースを生成させるのに対し、ショ糖合成酵素は、スクロースと UDP を基質とし、UDP-グルコースとフルクトースを生じさせる。ノジリマイシン処理時に UDP-グルコースを同時投与しても発芽率の回復がみられなかったことから、ノジリマイシンはインベルターゼに作用していると予想された。そこで、発芽種子より粗酵素を調製し、そのインベルターゼ活性に対するノジリマイシンの効果について調べたところ、予想に反しその活性がノジリマイシンによって阻害されることはなかった。そこで、発芽種子中のインベルターゼ活性について精査したところ、ノジリマイシンの処理によって発芽種子内のインベルターゼ活性が低下していることが明らかとなった。その低下率は、細胞質型のインベルターゼ（SNI）と比較し、液胞に輸送される酸性インベルターゼ（SAI）および細胞壁型インベルターゼの（CWI）により顕著であった（図8）。

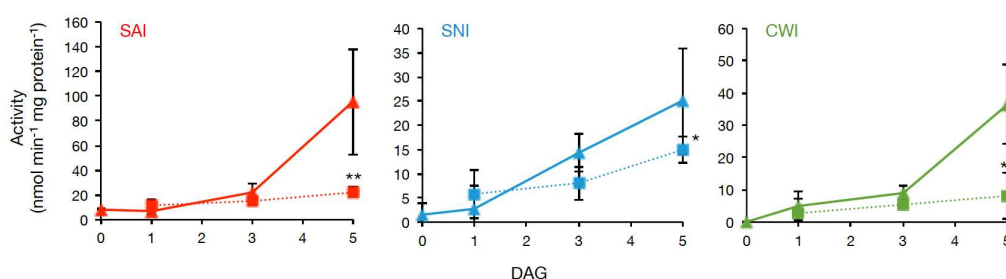


図8. ノジリマイシンが発芽種子中の各インベルターゼの活性の経時変化に与える影響

以上の結果より、ノジリマイシンが発芽種子中のインベルターゼの、転写、翻訳、もしくは、翻訳後の各過程のいずれかに作用し、スクロース分解能を低下させることで発芽を阻害していることが明らかになった。今後、インベルターゼの分子実体を同定し、各遺伝子の転写、翻訳、および、翻訳後の過程を詳細に解析することでノジリマイシンの作用機構を明らかにする必要がある。

3) 発芽時に発現するβ-マンノシダーゼの解析

同時に、広く糖の代謝に関わる酵素群の解析を行った。EST データベースの検索により、発芽時に高発現している糖質加水分解酵素遺伝子を見出したため、この cDNA の全長コード配列のクローニングを行った。*In silico* 解析によって、この配列が細胞壁に輸送されるβ-マンノシダーゼと予想した。この配列を大腸菌にて発現させ、モデル基質を用いてその活性の評価を行ったところ、β-マンノシド結合を選択的に加水分解することが明らかになった（図9）。この結果より、取得した配列がβ-マンノシダーゼであることが明らかになった。以下、この酵素を OmBMAN と記す。OmBMAN の至適温度は 45℃、至適 pH は 5 であった。

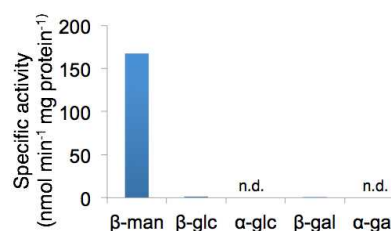


図9. OmBMAN の基質特異性

この酵素の細胞内局在を調べるために、YFP との融合タンパク質としてタバコ BY-2 細胞内で一過性に発現させた。全長と YFP および予想される N 末端側のシグナル配列と YFP の融合タンパク質は細胞壁に局在し、シグナル配列を除いた酵素と YFP の融合タンパク質は細胞質に局在が観察された（写真4）。従って、OmBMAN は細胞壁で機能することが予測された。このことは、OmBMAN の至適 pH が 5 であることとも矛盾しない。

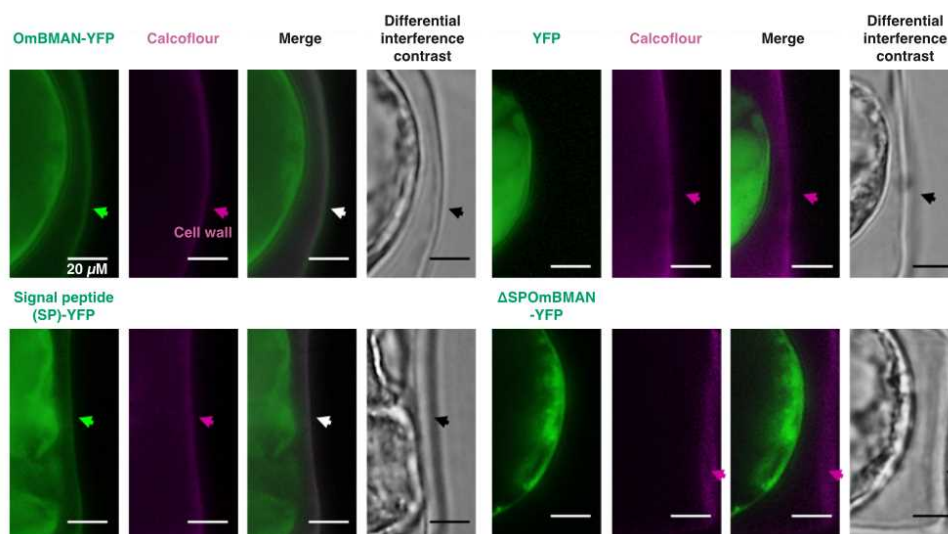


写真 4. OmBMAN の細胞内局在解析

発芽には種皮の細胞壁を溶解することが必要であるし、根寄生雑草が宿主に侵入する際には、宿主の細胞壁を分解する必要がある。OmBMAN がいずれかの過程に関与しているかどうかを調べるために、発芽種子および宿主の根より細胞壁多糖を調製し、OmBMAN の基質とした。この結果、OmBMAN は発芽種子より調製した細胞壁多糖のみを基質とし、宿主の根より調製した細胞壁多糖に対する分解活性を有しなかった。尚、植物由来の β -マンノシダーゼによる細胞壁多糖の分解を直接的に確認したのは調べた限り本研究が初めてである。

現状において、根寄生雑草の形質転換は困難であり、酵素の機能を分子遺伝学的に明らかにすることは現実的ではない。そこで、OmBMAN 遺伝子と配列相同性の高いシロイヌナズナの BGLU44 遺伝子欠損変異体を用いて、この酵素が植物の発芽に果たす役割を解析した。その結果、この遺伝子欠損変異体株は野生型株と比較し、発芽が遅延し、その発芽率も低下することが明らかとなった (図 10)。

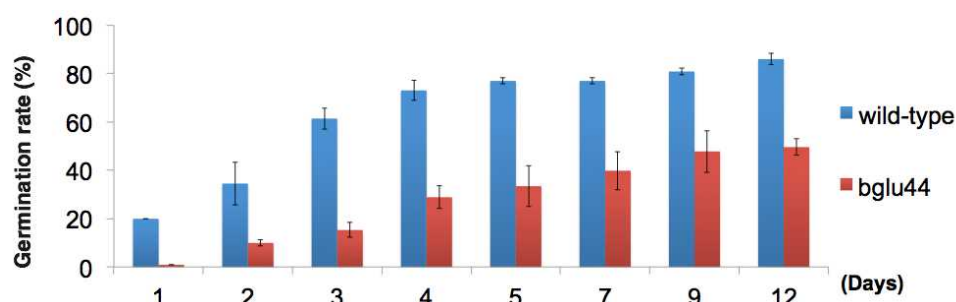


図 10. bglu44 欠損変異体と野生型種子の発芽率の経時変化

以上のように、根寄生雑草中の糖質代謝経路を詳細に解析することで、防除標的となるプランテオースの代謝経路を明らかにすることに成功した。さらに、これまでに明らかにされていなかった植物の発芽種子中での β -マンノシダーゼの役割について重要な知見を得ることに成功した。

課題4 これまでに、土壤乾燥条件下でストライガ被害が深刻化することが報告されている。ストライガは吸器と呼ばれる器官で宿主作物の根と通導組織を連結し、蒸散流により宿主から同化産物を収奪している。したがって、ストライガの宿主養水分収奪には、蒸散速度とそれを制御する気孔応答が強く関係していると考えられる。気孔の開閉には、葉の水分状態と植物ホルモンの ABA が関与している。そこで本課題では、土壌水分管理によりストライガ被害を許容できるレベルに抑えることを最終目的として、寄生関係成立後のストライガと宿主作物ソルガムを対象に、異なる土壌水分条件および ABA 葉面散布が光合成特性と気孔応答に与える影響について調査した。

1) ポット実験

ストライガ種子を土壤に混入したポットと混入していないポットに、ソルガム品種 Dabar を播種した。ストライガ出芽後、土壌水分処理を開始し、土壌水分含量を 18-27%に維持した湿潤区（対照区）と 12-21%に維持した乾燥区を設けた。また、ソルガムとストライガに ABA の葉面散布処理を行った。土壌水分処理後の 10:00 から 14:00 にかけて、最上位完全展開葉の蒸散速度および気孔コンダクタンスをポロメーター、光合成速度、呼吸速度および葉内 CO_2 濃度を光合成蒸散測定装置、光化学系 II の光化学反応の最大量子収率(Fv/Fm)をクロロフィル蛍光測定装置、気孔開度および気孔密度を気孔の型取り観察法でそれぞれ測定した。また、最上位完全展開葉の相対含水率を測定した。内生 ABA 濃度測定のため、気孔応答測定後の葉を採取後直ちに液体窒素で凍結した後、凍結乾燥器で凍結乾燥させた。粉碎した凍結乾燥葉をメタノールに浸漬し、内部標準として d6-ABA を加えた。残渣を濾別してメタノールを減圧下で留去した。メタノール抽出物を弱アルカリ性条件でヘキサンと分配した後、水相を弱酸性にして酢酸エチルで抽出し、酸性画分を得た。これを 10% メタノールに溶解し固相抽出で粗精製した後、ABA を LC-MS で分析した。宿主同化産物の転流を測定するため、ソルガムの最上位完全展開葉よりも下位の葉は全て切除した。 ^{13}C 標識炭酸ナトリウム 0.214 g (2 mmol) を入れたコンテナを内包するポリ袋で、ソルガムの最上位完全展開葉あるいはストライガ個体全体を密閉した。外部から注射器で 1.5 mL の乳酸をコンテナに注入してポリ袋内に $^{13}\text{CO}_2$ を発生させた。 $^{13}\text{CO}_2$ 処理した個体と未処理の個体をサンプリングし、凍結乾燥した。これを試料として ^{13}C 安定同位体比 (atom%) を測定した。

乾燥区ではソルガムおよびストライガの葉の相対含水率は低下したが、その低下程度はソルガムよりもストライガのほうが大きかった。湿潤条件下では、ストライガの光合成速度はソルガムに比べて低かったが、土壤乾燥による低下が小さかったため、乾燥区では同程度であった(図 11)。土壌水分条件に関わらず、ソルガムよりもストライガの Fv/Fm が高かったことから、ストライガの方が光エネルギー利用効率が高いことが明らかとなった(図 12)。ソルガムとストライガの呼吸速度に土壤乾燥の影響は認められなかった。ソルガムとストライガのいずれにおいても、乾燥区では光合成速度に対する呼吸速度の割合が増加した。葉の表裏ともに蒸散速度はソルガムよりもストライガの方が高く、土壤乾燥による低下はストライガの方が小さかった(図 13)。葉の表裏とも、

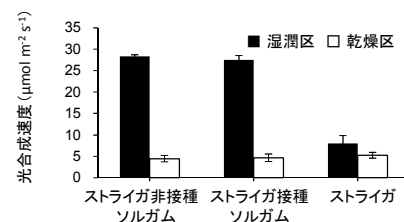


図 11. ソルガムとストライガの葉の光合成速度

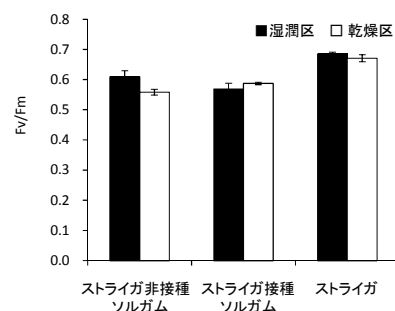


図 12. ソルガムとストライガの最上位完全展開葉の Fv/Fm

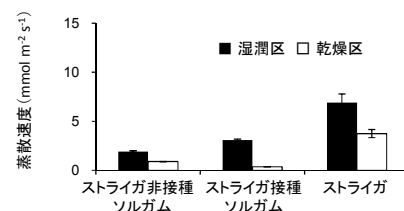


図 13. ソルガムとストライガの葉の表側の蒸散速度

ストライガの気孔コンダクタンスはソルガムよりも大きく、土壌乾燥および ABA の葉面散布処理による低下が小さかった。気孔密度は、葉の表側ではソルガムとストライガに違いはなかったが、葉の裏側ではストライガの方が高かった。葉の表裏ともに、ストライガの寄生によりソルガムの気孔開度は低下した (図 13)。乾燥区ではストライガとソルガムの気孔開度は低下したが、その低下程度はストライガの方が小さかった。以上の結果から、乾燥区ではストライガはソルガムに比べて光合成速度の低下は小さかったが、光合成に対する呼吸速度の割合が増加したことから、ストライガの宿主同化産物への依存は高くなると考えられた。また、ストライガは葉の気孔密度が高く、土壌乾燥により葉の相対含水率が低下しても気孔開度を高く維持し、蒸散速度が高かったことが、宿主からの養水分の収奪に関係していると推察された。

ソルガムの内生 ABA 濃度は、ストライガの寄生により増加した (図 14)。ソルガムに比べて、ストライガの ABA 濃度は約 10 倍も高かった。また、出芽前のストライガの ABA 濃度は出芽後の個体よりも低く、ソルガムと同程度であった。このことから、水ストレスや外生および内生 ABA に対するストライガの気孔応答の鈍さが宿主ソルガムからの同化産物の転流の維持に関与していると考えられた。

そこで、ストライガに寄生されたソルガムの最上位完全展開葉に $^{13}\text{CO}_2$ 処理を行い、土壌乾燥処理が同化産物の分配に及ぼす影響を調査した結果、ソルガムからストライガへ転流された ^{13}C は土壌水分条件に関わらずほぼ一定であった (図 15)。また、ストライガに $^{13}\text{CO}_2$ 処理を処理した場合には、ソルガムの葉では ^{13}C の転流は認められなかった。したがって、土壌乾燥条件下でソルガムは光合成速度が低下するのに加えて、ストライガへの同化産物の転流が維持されるために、寄生による被害が深刻化すると考えられた。

ストライガの被害を許容できる範囲に抑えるための土壌水分量を検討するため、ポットの土壌水分含有量を湿潤区 (土壌含水比 21-27%)、弱乾燥区 (土壌含水比 15-21%)、中乾燥区 (土壌含水比 12-18%)、強乾燥区 (土壌含水比 9-15%) の 4 段階に分け、土壌水分条件がストライガとソルガムの生育に及ぼす影響を調査した。その結果、ストライガ接種と土壌乾燥処理によりソルガムの全乾物重は低下し、弱乾燥区 (土壌含水比 15-21%) で低下が最も大きかった。弱乾燥区では、ストライガ接種によるソルガムの茎の乾物重の低下は他の乾燥処理区と同様であったが、根および葉の乾物重の低下が大きかった。弱乾燥区でストライガの乾物重が大きかったことがソルガムの生育抑制に関係したと考えられた。

2) 展示圃場での実証実験

これまでに、スーダン側共同研究者らの実験により、降雨依存型農業地域であるガダーレフ州の展示圃場において、畦の谷部に雨水を貯める集水技術の適用で、ストライガ被害が軽減されることが明らかとなった。また、展示圃場では、深耕による集水力向上を通じた土壌水分増加によるストライガ被害軽減効果についても検証を行った。集水技術と抵抗性品種の利用や窒素施肥を組み合わせて、農家圃場でのストライガ被害の抑制とソルガム収量の増加を確認した。

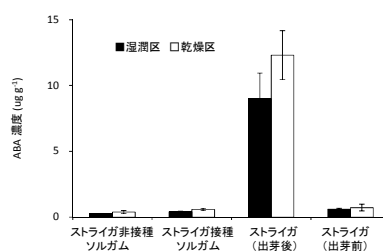


図 14. ソルガムとストライガの ABA

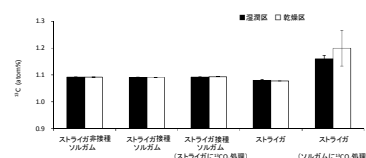


図 15. ソルガムとストライガの葉の ^{13}C 同位体比

課題5 抵抗性品種の利用は、新たな技術の習得や高価な物資の購入が不要なストライガ対策として、以前から提唱されている。スーダンの伝統的主食であるソルガムについては、すでに農家がストライガ抵抗性品種を栽培している。しかし、ストライガは他家受粉性で集団内の遺伝的多様性が大きいと考えられ、あるストライガ集団の中には宿主の持つ抵抗性機構を突破できる個体が含まれる可能性がある。実際にスーダンの農家圃場においても、Haqia や Arfa Gadamak といった抵抗性ソルガム品種の栽培圃場で、他の品種の圃場と比較して少ないものの、ストライガの寄生を確認している。より多くのストライガ個体に対して安定して抵抗性を示す宿主品種を得るためには、多数のストライガ抵抗性機構を持つ宿主品種が必要であり、抵抗性の遺伝資源として新たな抵抗性品種の探索は必須である。また、スーダンへの導入が進められているイネについては、スーダン国内の稲作圃場で被害が報告されていないこともあり、推奨品種の選定の際にストライガ抵抗性への考慮はされていなかった。そのため、ストライガへの配慮なしに陸稲を導入することへの警鐘を鳴らすとともに、現地環境下で栽培可能な抵抗性イネ品種を提示することが必要であった。以上の背景から、本課題では、ソルガムおよびイネを対象に、ストライガ抵抗性品種の選抜を行った。

1) 推奨イネ4品種を用いた予備ポット試験

スーダンの推奨陸稲品種である Kosti1、Kosti2、Warda、Umgar を0、1、2、4、8、16 mg のストライガ種子を混入したポットで栽培した。ストライガの出芽数は Kosti1、Kosti2 および Warda で多く、Umgar で少なかった。ストライガの寄生が多かった3品種では、ストライガ無のポットと比較して、ストライガ有のポットでイネ地上部乾物重が大きく低下した(図16)。特に、Warda の地上部乾物重が、ストライガ有のポットにおいて、ストライガ無のポットの29.3%にまで低下したことから、この品種はストライガ被害を受けやすい品種と考えられた。一方ストライガの寄生が少なかった Umgar は、イネ地上部乾物重の低下も少なかった(図16)。以上のことから、推奨品種の中に、ストライガ感受性について品種間差があることを確認した。この結果は種子の提供元であるスーダン農業研究機構(ARC)と共有し、ソルガムやミレットのみならずイネについても、ストライガへの応答を考慮する必要があることを確認した。また、複数のストライガ種子混入量を設定した本試験において、16 mg の種子を混入した場合にのみ、全ての品種へのストライガの寄生が確認できたことから、以後のポット試験におけるストライガ種子混入量を16 mg に設定した。

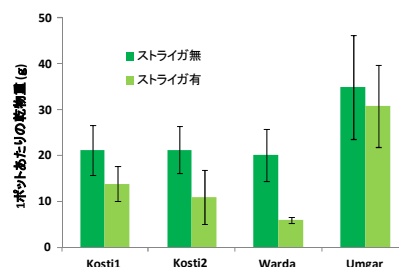


図16. 推奨品種のストライガへの応答

2) ライゾトロンを用いたイネ52品種の一次スクリーニング

一次スクリーニングとして多数の品種を用いる場合、病害虫や環境のばらつきの影響を受けにくい制御環境下での評価手法が有効である。本課題では、プラスチックシャーレ、ロックウール、ガラス繊維濾紙で作成したライゾトロン(写真5)に移植した多数のイネ品種を、人工気象室内で栽培した。ライゾトロン法では、宿主の根系に接種するストライガ種子数をコントロールできるため、土壌中のストライガ種子の不均一に起因する寄生率のばらつきの軽減も期待できる。

ライゾトロンを用いた一次スクリーニングには、上述したスーダンの推奨4品種、アフリカ各国への導入が期待されているNERICA18品種とその親4品種、日本在来の陸稲24品種、ストライガへの応答が複数の論文で報告されている日本晴とKasalathの計52品種を用いた。ストライガの寄生率は北海赤毛



写真5. ライゾトロン

の 1.3%から、NERICA18 の 63.3%まで品種間差が確認された。これまでにストライガ抵抗性と報告されている日本晴へのストライガ寄生率は 5.3%であった。日本晴よりもストライガに寄生されにくかった品種が 9 品種存在した。このうち、アフリカ各国での栽培を前提に開発された NERICA5 と NERICA13、スーダンの推奨品種である Umgar を、スーダンの栽培環境に適応したストライガ抵抗性品種の候補として選抜した。また、野外試験での比較に用いるため、最もストライガに寄生されやすかった NERICA18 を、ストライガ感受性の候補品種として選抜した。52 品種中 39 番目にストライガ抵抗性が高かった NERICA4 は、異なる環境で安定した収量を示すことで複数の国で採用されており、JICA スーダンの稲作普及活動でも使用されている品種であることから引き続き評価対象とした。これに对照品種として日本晴を含めた 6 品種を用いて、野外でのストライガ抵抗性評価を行った。

3) ポット試験における 6 品種のストライガ抵抗性

ポット試験は、野外環境下で、土壌に混入するストライガ種子量を一定にして品種間の比較をできるメリットがある。土壌中にストライガ種子を 0 または 16 mg 混入し、一次スクリーニングで選抜した 6 品種を栽培した。

ライゾトロンとポット栽培における、6 品種のストライガ抵抗性の評価は一致した (図 17)。すなわち、一次スクリーニングでストライガ抵抗性と評価された Umgar、NERICA5 および NERICA13 は、1 ポットあたりのストライガ出芽数がそれぞれ、生育期間を通した最大値で 0、0.5 および 2.5 に留まった。これらは、ストライガ抵抗性品種と報告のある日本晴の 4.7 よりも少ないストライガ出芽数であった。一方、ストライガ感受性と評価された NERICA18 のポットからは最大で 13 個体のストライガが出芽した。また、NERICA4 では 6.7 個体のストライガが出芽した。また、6 反復でおこなった本試験において、1 個体でもストライガが出芽したポット数は、NERICA4 と NERICA18 で 6、日本晴と NERICA13 で 5、NERICA5 で 2、Umgar は 0 であった。以上の結果から、Umgar と NERICA5 がライゾトロンおよびポット試験を通して安定したストライガ抵抗性を示したと判断できる。

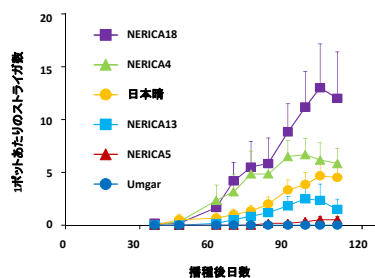


図 17. ポット試験でのストライガ出芽数

4) 圃場試験における 6 品種のストライガ抵抗性

ポット試験と同様の 6 品種を用いた圃場試験において、各品種のストライガ抵抗性を比較した。圃場試験では、土壌中のストライガ種子密度が一定ではないため、イネの播種孔に 1 mg のストライガ種子を混入した。比較のため、ストライガ汚染のない圃場においても栽培を行った。

Umgar、NERICA5、NERICA13、NERICA4 および NERICA18 の、10 株あたりのストライガ出芽数はそれぞれ 2、2、4.7、13.5、13.3 に達した (図 18)。したがって、圃場試験においても、ライゾトロンとポット試験で観察された品種間差がおおむね確認された。一方、これまで NERICA4 や NERICA18 と比較してストライガ抵抗性が高いと評価されていた日本晴では、10 株あたりのストライガ出芽数が 18.3 に達し、圃場試験の結果からは最も感受性が高いと判断された。

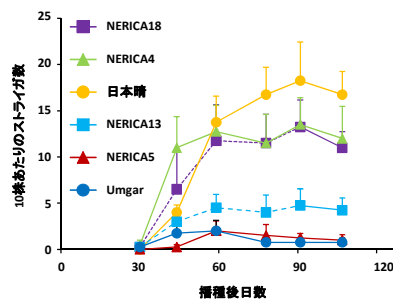


図 18. 圃場試験でのストライガ出芽数

イネの穂重および茎葉重については、ストライガに寄生されにくい Umgar、NERICA5 および NERICA13 でストライガの有無による差異が少なく、ストライガに寄生されやすい NERICA4、NERICA18 および日本晴では、ストライガ汚染圃場において大きく低下した（図 19）。特に Umgar は、NERICA5 および NERICA13 と比較して高い乾物生産性を示し、ストライガの有無に関わらず、ストライガの汚染の無い圃場で栽培した NERICA4 に匹敵する穂重および茎葉重であった。図表には示さないが、Umgar と NERICA4 は別の圃場試験でも比較をし、両品種の収量性は同等であるとの結果を得ている。したがって、スーダンの環境下で高い収量性と高いストライガ抵抗性を示す品種として Umgar を選抜した。

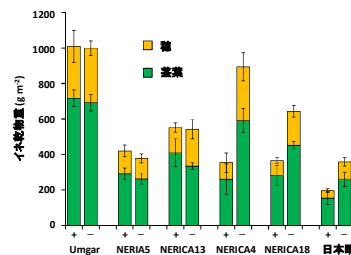


図 19. 圃場試験でのイネ 6 品種の乾物重

NERICA5 は、Umgar と比較すると収量性が劣るものの、到穂日数が 52 日という極早生品種であった (Umgar は 91 日と中晩生)。早生性は NERICA 品種の育種目標の一つであり、降雨の不安定な地域での陸稲栽培には有用な形質である。したがって、特徴的なストライガ抵抗性品種として NERICA5 も興味深い遺伝資源である。

イネ品種のストライガへの応答は、日本晴を例外とすると、ライゾトロン、ポット、圃場で同様の評価結果が得られた。このことは、ライゾトロン法がストライガ抵抗性品種の選抜に有用であることを示す。日本晴は日長感応性品種であることが報告されており、圃場試験における到穂日数はわずか 44 日であった。また、日本晴の生育は、ストライガの有無に関わらず、他の品種に劣っていた (図 19)。圃場試験における日本晴の低いストライガ抵抗性は、評価試験を行った環境の影響を受けた結果である可能性がある。したがって、本課題で安定したストライガ抵抗性を示した Umgar と NERICA5 も、環境によっては抵抗性を示さない可能性があることから、異なる環境下での調査が必要である。

5) 土壌中のストライガ種子密度が Umgar と NERICA5 のストライガ抵抗性に及ぼす影響

ストライガ抵抗性の異なる NERICA4、NERICA5、NERICA13 および Umgar を用いてポット試験を行った。ストライガ種子密度が 0.84、1.69、2.53 seeds cm⁻³ (0.84 seed cm⁻³ が 1 ポットあたり 16 mg の種子混入量に相当) となるように種子を土壌に混入した。

ストライガ種子密度を 0.84、1.69、2.53 seeds cm⁻³ で栽培したとき、NERICA4 と NERICA13 では 1.69 seeds cm⁻³ の種子密度でストライガの出芽数が最大になった (図 20)。したがって、ストライガ種子密度を 2.53 seeds cm⁻³ 以上に設定しても、両品種へのストライガの寄生が増加する可能性は低く、本実験は十分に高い種子密度を含んでいたと言える。土壌中のストライガ種子密度が高い場合にストライガ出芽数が変化しなかった理由として、ストライガ寄生数の増加に伴いストライガ個体間の競合が大きくなること、および宿主の成育が抑制されストライガへの養水分の供給が減ることが考えられる。Umgar と NERICA5 では、種子密度によらず、ストライガの出芽数はほぼ一定であった (図 20)。したがって、土壌のストライガ種子密度が増加した場合も、Umgar と NERICA5 はストライガ抵抗性を維持することが確認された。

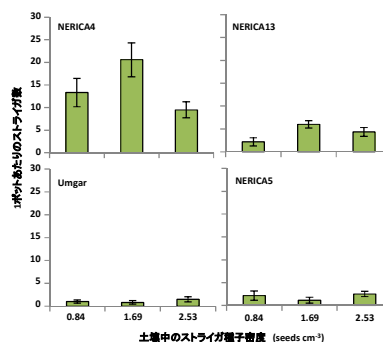


図 20. 抵抗性に対するストライガ種子密度の影響

6) 由来の異なるストライガ種子に対する Umgar と NERICA5 のストライガ抵抗性

上述の 5 つの実験は全て、ソルガムに寄生したストライガから採取したソルガム由来のストライガ種子を使用した。本実験では、イネおよびミレット由来のストライガ種子も用いて、ライゾトロン法で Umgar と NERICA5 への寄生率を評価した。

ソルガム由来のストライガの Umgar に対する寄生率が 6.2%であるのに対して、イネ由来のストライガでは 11.0%であった（図 21）。ミレット由来のストライガの Umgar に対する寄生率は 27.1%に達した。NERICA5 に対しても由来の異なるストライガは 3.3%~27.3%と変動した。したがって、由来の異なるストライガ種子に対して、Umgar と NERICA5 が抵抗性を示さない場合があると考えられた。このことは、抵抗性品種の選抜にあたって様々な由来のストライガを評価すること、および品種導入の際に圃場の作付履歴を考慮することの重要性を示す。

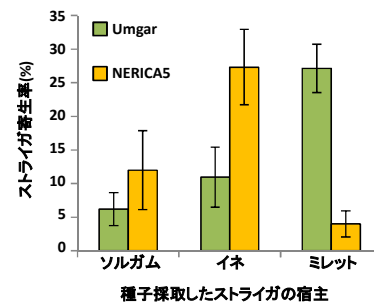


図 21. 抵抗性に対するストライガの由来の影響

7) ソルガムの選抜

これまでにストライガ抵抗性品種の選抜や育種が進められてきたソルガムについては、既存の抵抗性品種である Haqiqa や Arfa Gadamak を上回る品種を選抜することはできなかった。そこで、抵抗性の新たなソースとなる遺伝資源を選抜することを目指し、ソルガム近縁野生種 90 系統をスーダン東部で収集した。プロジェクト終了後も、スーダン側研究者が導入した資機材を利用して、ストライガとの接触前 (pre-attachment) および接触後 (post-attachment) の抵抗性に区別して選抜を続ける。

課題6 輪作によるストライガ対策には、高いストライガ防除効果のみならず、対象地域の環境への適応性や収穫物の品質を含む農家の嗜好性に合致する作物および品種を決定することが重要である。本課題では、スーダン現地の環境に適応すると期待されるササゲ、ミレット、ゴマ、ヒマワリを用いて、輪作によるストライガ抑制効果を調査した。また、スーダン国内で最もストライガ被害が深刻なガダーレフ州で調査を行い、現地での輪作に組み入れる作物を決定した。さらに、新たな輪作または混作作物としての利用を目指して、ナイジェリアから多数のササゲ品種を入手し、ストライガ対策を考慮にいたした品種選抜を行った。

1) 輪作によるストライガ抑制効果の確認

実験圃場において、3年間の輪作試験を行った。前作の2年間に、ソルガム-ソルガム、休閒-休閒、休閒-ソルガム、休閒-ゴマ、休閒-ササゲ、休閒-ヒマワリ、休閒-ミレット、ゴマ-ゴマ、ササゲ-ササゲ、ヒマワリ-ヒマワリ、ミレット-ミレットの11種類の作付を行い、3年目は全ての区でソルガムを栽培した。ストライガ出芽数と土壤中の種子密度およびソルガムの生育と収量を調査した。ソルガムの連作を避けることで、ストライガ出芽数は有意に減少した(図22)。また、土壌200gに含まれるストライガ種子数は、ソルガム3連作後は約350であるのに対して、休閒を1年行った場合は約170に減少し、ソルガム栽培を2年間避けた場合には100以下になったことから、宿主の連作を避けることで、土壤中のストライガ種子密度の増加を抑制する効果があると考えられる。ストライガの寄生が減ることでソルガムの生育および収量も向上したことから、輪作によるストライガ対策がスーダンでも可能であることが実証された。ストライガ抑制効果は、休閒、ゴマ、ササゲ、ヒマワリ、ミレットの間で、有意な差異は見られなかったことから、圃場試験の結果からのみでは輪作に組み入れる作物を決定することは難しい。

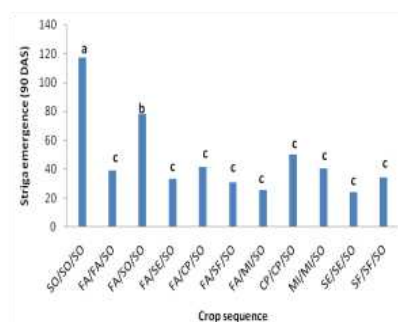


図22. 輪作によるストライガ抑制効果

2) 農家圃場におけるゴマ-ソルガム輪作試験

ストライガ被害が甚大なガダーレフ州ではゴマの栽培が行われていることから、輪作に組み入れる作物としてゴマを採用した。最終年度の前年(2013年)にガダーレフ州の農家圃場を借り上げ、ゴマ-ソルガム輪作によるストライガ抑制効果を現地圃場で確認する試験を開始した。スーダンの推奨ゴマ品種 **Bromo** とストライガ抵抗性品種 **Arfa Gadamak** を圃場の半分ずつ栽培した(写真6)。抵抗性品種 **Afra Gadamak** に多数のストライガが寄生したことから、当該の農家圃場のストライガ汚染が深刻であることを確認した。ゴマ品種 **Bromo** は順調に生育し、 200 kg ha^{-1} 以上の種子を生産したことから、現地環境条件でゴマ栽培が可能なことを改めて確認した。最終年度は、ソルガム連作区とゴマ-ソルガム輪作区の比較を行い、現地圃場においてもゴマ-ソルガム輪作によるストライガ抑制効果を確認した。



写真6. ガダーレフ州のゴマ-ソルガム輪作圃場

3) 新たな輪作および混作作物としてのササゲの評価

ソルガム栽培地域のみならずミレット栽培地域でも栽培可能であることが期待されるササゲに注目した。輪作の際に圃場にすき込まれると考えられる作物残渣が持つストライガ種子発芽刺激活性を評価するため、ナイジェリアの国際熱帯農業研究所から入手したササ

ゲ 44 品種を 2 週間栽培し、根、茎、葉の乾燥植物体サンプルを得た。これらの乾燥植物体サンプルについて、寒天培地の間にサンプルを挟み、乾燥植物サンプルとストライガ種子が直接接触しない状況を作ることができるサンドイッチ法を用いて、ストライガ種子の発芽試験を行い、発芽率、幼根伸長および吸器形成を調査した。ササゲの部位に関わらず、また、ストライガ種子がソルガム由来かミレット由来かに関わらず、ササゲの乾燥植物体サンプルがストライガ種子の発芽直後に吸器形成を誘導する効果を持つことが確認された。ストライガの幼根が十分に伸長する前に吸器

形成が誘導された場合、土壌中で宿主の根と接触できない発芽したストライガ個体の割合が増える可能性がある。そこで、輪作作物としてではなく、混作物としてのササゲの利用可能性の評価を開始した。圃場の被覆が早いと期待されるほふく型のササゲ 6 品種を選抜し、水耕法により採取したササゲ根滲出物のストライガ種子発芽活性および吸器形成活性を調査した。両活性が高かったササゲ 2 品種を用いて、ポットおよび圃場でソルガムとの混作を行ったところ、ストライガの出芽数が減少した（写真 7）。また、このササゲ 2 品種は子実を形成したことから、両品種がスーダンの環境条件に適応できることも確認した。



写真 7. ソルガムとササゲの混作

課題7 1980年代以降のストライガの被害拡大に関して、まずもって、人口増加に対してとられたソルガムの増産政策に関わるいくつかの要因を指摘することができる。さらに、農業者がその脆弱な家計経済がゆえにストライガの抑制とは反対の効果を有するいくつかの行動を選択してきたことも要因である。一方、農業者がストライガ防除の新しい技術を導入するに際して追加的な投資が発生する場合、農業者のリスクの軽減（不作時の財政的支援）、資金調達条件の整備、家計の全体的な底上げが必要である。ただし、まずもって農業者に新しい技術に関する正確な情報の伝達と理解の醸成が重要となる。このことを抜きにしては新技術の効果に関する信頼はなく、農業者を導入に動機付けることは不可能である。この点で、女性農業者による先行的な新技術の導入を支援し促進することは、家族員である他の農業者や地域内への面的普及のために有効となる。

1) ストライガ被害の拡大とその要因の構造

1980年代以降のスーダンにおけるストライガ被害の拡大に関して、大きくは三つの要因に区分し指摘することができる。第一は、急速な人口増加により主食であるソルガム生産が政策的に推進されたことに関わる要因である（政策的要因）。具体的には、休耕や輪作といった伝統的なストライガ防除対策を取る農業者および圃場の減少、農業の機械化（プラウに付着したストライガ種子の伝播・拡散）や灌漑圃場での広域灌水（ストライガ種子の拡散）の普及である。ソルガム生産の面積拡大と栽培密度の上昇、農業の機械化、灌漑の発達によりソルガムの寄生植物であるストライガの発生量も増大することとなった。

第二は、同時期に農村社会における貨幣経済が進展する一方で、農家家計経済の脆弱性が改善されて来なかったことに関連する要因である（農家家計的要因）。すなわち、農業者は現金収入を確実に得ることを最優先することから、ストライガ防除とは反対の効果を有するいくつかの行動が農業者自身により選択されてきた。例えば、ソルガム収穫後の圃場に残った茎葉を農業者が家畜商に販売することは家畜の圃場への侵入を意味し、ストライガ発生を拡散・増加する主要因の一つとなっている。農業者はソルガムの茎葉の販売から現金収入を確実に得ることを選択するのである。また、ストライガを手作業で抜き取ることは高い発生抑制効果が知られているが、農業者はその時間を確実に現金収入が見込める農外での就業に振り向けることを選択する。同じく、ソルガム圃場に除草剤を使わないこと理由として、ソルガム圃場に自生するオクラの販売から得られる現金収入の確保が挙げられる。このように、確実に現金収入を得ることが可能であれば、たとえそれがストライガ被害の拡大を誘発する行動であっても選択されてきたのである（表1を参照）。

表1. 収入源別平均農家所得

収入源	SDG/年	割合
農業収入（作物、家畜、木材）	3,210	58.4%
農外収入（農外就業、親戚・講、地代、他）	2,287	41.6%
計	5,497	100

第三は、図23にみるようにソルガム生産における長期的な低下傾向を伴う生産性の変動幅の拡大であり（生産的要因）、第二の要因の影響を強める効果を有する。とくに、この生産的要因が、ストライガ被害に加えて気候変動にも起因することが農業者の行動に大きく影響している。すなわち、ストライガを防除してもソルガムの生産性は確定的には改善しないのである。そもそも小規模農家の農業経営は家計の充足と安定を目的としており、その行動はリスク回避性が強いことを特徴とする。こ

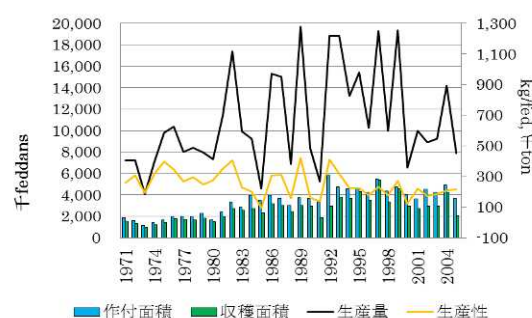


図23. ガダーレフ州のソルガム生産の推移

資料：Mistry of Agriculture & Forests, General Administration of Planning & Agric. Economics

のような目的および行動特性の下で、ソルガムの生産性の低下と変動幅の拡大は、期待効用の大幅な低下とリスクプレミアムの上昇によるリスク回避性向の強まりを意味する。具体的には、変動的なストライガ防除による収益性の改善よりも、少額であっても確定的な他の収入源が優先されることになる。たとえストライガの被害拡大の要因になるとしても、確定的な現金収入の獲得が優先的に選択されることになる。

以上、ソルガム生産におけるストライガ被害の拡大に関して三つの要因に着目し、その影響のあり様を考察した。その結果、農家家計の脆弱性の下で農業者のリスク回避性が強まることにより、追加的な投資が必要なストライガ防除のための新技術の導入が困難化することは明らかである。

一方で、ソルガムを生産することの目的は、主食としての確保、余剰分の市場での販売による現金獲得、家畜飼料（茎葉は大家畜、子実家禽）や家屋材としての茎の利用等多面的に生活に関わっているため、ソルガムを他品目に転換することもまた大規模には行われない。したがって、低投入低産出型のソルガム生産が硬直的に継続されることになる。

このような農家家計経済の状況下で、追加的な投資を必要とする新技術が選択されないことは必然的となる。追加的な投資に対するリターンの不確実性が高いため、除草剤や化学肥料を用いることの効果を理解していても、そのための投資は選択されないのである。

以上のことは、ストライガ防除の新技術の導入を図る上で、農家家計における経済的制約の軽減が重要かつ不可欠であること意味する。このことへの対応策なしに、新技術の受容性は低位のままである。したがって、政府からの財政的支援が望めない状況下において、農業者自身が導入障壁を低減する取り組みを支援する活動を行う必要がある。このような問題意識に立ち、次に女性農業者の役割と可能性を視点として新たなストライガ防除技術の導入に関する検討を行う。

なお、現実には、情報不足に起因して必要以上のリスク回避が行われていることも否めない。例えば、ストライガ耐性のある改良種子に関して、FFSに参加していない農業者の認識は「どこで入手できるか知らない。」「現在は、入手できない。」「効果が無い。」等と多様かつ不正確なものであった。一方、深耕用のプラウを用いてのランドプレパレーションは、地域毎に差はあるものの一定の普及がみられる。新技術の効果に鑑みて、追加的投資として受容される負担となっている。したがって、新技術に関する正確な理解と認識を農業者間に醸成することが必要であり、農業者学校 FSS が担う情報提供機能は重要となる。

2) 新たなストライガ防除技術の導入に関する検討

—女性農業者の役割と可能性を視点として—

新たなストライガ防除技術が開発され農業者がその導入を図るために一定の費用が掛かる場合、女性農業者による導入を促進する支援は有効であると考えられる。このことの実証を聞き取り調査（男性 10 名、女性 20 名）から試みた（表 2、写真 8）。

女性農業者に着目したのは、第一に金融機関によるマイクロファイナンス（少額融資）を利用できるのは、女性農業者が組織するグループの構成員に限られている点である。グループとしてその構成員の信用を担保することにより、女性農業者はマイクロファイナンスを利用することが可能となる。聞き取り調査では、被験者である女性農業者 20 名中、14 名がマイクロファイナンスを利用あるいは評価している。種々の理由から男性農業者が融資を受けることはできない現状において、女性農業者の資金調達機能は極めて重要な意味を持つ。

第二にスーダンの小規模農家の世帯員間の関係や



写真 8. 女性農業者への聞き取り調査風景

表 2. 聞き取り調査被験者の概要

性別	Female	Male
既婚（一夫一妻）	9	9
既婚（一夫多妻）	6	1
未亡人	2	0
未婚	1	0
不明	2	0
計	20	10

役割分担に基づき、女性農業者の新技術導入に関する意欲の高さを指摘することが可能だからである。このことは、スーダンの小規模農家に関する二つの特徴に関係する。すなわち、第一の特徴は、世帯主である男性農業者が家族全体の扶養および主食であるソルガムの確保に責任を負うことである。したがって、男性農業者はそのリスク回避性は女性農業者のそれに比して強い傾向にあり、一方でソルガム生産を維持する必要性がある。

第二の特徴として、女性農業者は財産相続制度に基づき農地面積は男性農業者に比して小面積であるため、生産物の増収や換金作物の栽培といった土地収益性の向上への取り組みに対する意欲

は高い傾向にあることである（図 24）。このことは、家庭の中で子供の養育・教育および家族員の日常の世話や健康管理を担当しており現金の必要性は高いことと関係する。

第三の特徴は、女性農業者は自己の農地の裁量権を持ち独自に農業経営を行い得ることである。このことと、第二の特徴および上述したマイクロファイナンスの利用可能性を要因として、新技術の導入に関わる女性農業者のリスク受容力の高さを帰結することができる。なお、農作業や現金を必要とする経済活動において世帯員間で相互扶助が行われている。このことも、女性農業者が換金作物の栽培や新技術を導入する際の障壁を低減する方向に作用する。

新技術の導入に際しては、通常、二つの種類の費用が発生する。一つは、新技術を導入するための現金の調達費用である。女性農業者は協同組織を形成することにより、構成員の信用（担保）を引き受け、新技術導入に必要となる資金を金融機関から借り受けることができる。もう一つは、新技術の効果に関するリスクとしての費用であり、農業者のリスク回避性向に基づく主観によりその水準は変動する。この点について、世帯主である男性農業者に比して女性農業者の経営面積が小さいことは、リスク自体が小さいことを意味する。また、当該世帯の主食となるソルガム確保の責任が小さいことはリスク回避性を低下させる。これらのことは女性農業者のリスク負担力を強めるがゆえに新技術の受容性を高めるのである。

以上より、女性農業者をストライガ防除に関わる新技術を各世帯や地域に普及するためインターフェイスとして育成・支援する活動は効果的といえるのである。現実には、農女性農業者を対象として **Water Harvesting** の普及のためのプロジェクトが実施されている。具体的には、ガダーレフ州における 6 つの女性農業者の協同組織に対して、トラクターと深耕用プラウの導入のための融資が行われている。各組織は、この機械を自己の農業経営に利用するだけでなく、オペレータを雇用し組織員以外の農業者からの作業受託事業を運営している。事業運営に当たっては、普及職員が指導・監督を担っている。この事業の収益により融資の償還が可能となり、かつ、次の組織への融資財源となるのである。このような事業の実践が可能となったのは、新たな取り組みのリスクを女性農業者が負担しうからである。

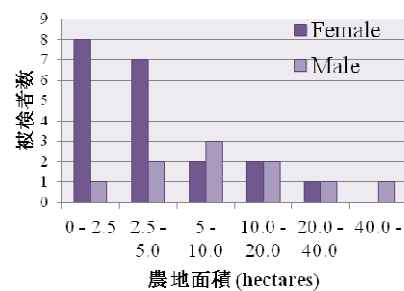


図 24. 男女別農地所有面積の比較
(n : F=20, M=10)

課題8 FFS を本プロジェクトが取り組む一連の研究の practical arm として明確に位置付け、知見・情報の発信および収集の中核として機能させてきた。

1) 組織の構築

スーダン国内でも特にストライガ被害が激しいガダーレフ州を FFS の開催地域に決定した。ガダーレフ州は本プロジェクトが拠点置くハルツーム州から車で5時間ほど離れており、ガダーレフ州に拠点を置く関係者を含む組織の構築が活動成功の鍵を握っていた。管理を行う最高機関 (Local Management Committee) を組織し、委員にはガダーレフ州農業省の普及局および植物防除局から一名ずつ、ARC 支所から二名を選任した。その傘下に、FFS の実際の運営を行なうファシリテーターとして農業省職員を、科学的なデータ収集の担当者として ARC 支所職員を選任した。



写真9. ファシリテーター講習

FFS および展示圃場の活動が開始されるまでの間、ファシリテーター講習やデータ収集トレーニング等を行い (写真9)、ファシリテーターとデータ収集担当者の能力開発を行った。活動に必要なトラクター、播種機、車、オートバイ、農業資材、テントなどの購入も迅速に行なった。こうした努力が実を結び、FFS、展示圃場ともに機能させることができた。Local Management Committee のメンバーは、定年退職や人事異動により 2012 年から 2013 年にかけて 4 人中 3 人が交代したが、スーダン側研究代表者を中心に関係の維持に成功した。

2) FFS の開催

ガダーレフ州で、2011、2012、2013、2014 年にそれぞれ 6、4、5、5 のサイトで FFS を運営した。サイトの選択には、ストライガ被害の程度、降雨量等の環境条件、担当ファシリテーターの熱心さ、アクセスのしやすさなどを考慮して決定した。また、女性の参加者が大半を占める地域も選択した。各 FFS には 30 名程度の農民が集まった (写真10)。講義のみならず、併設した展示圃場の管理を参加者と共同で行うことにより実技の時間も確保した。既存の栽培技術と紹介した技術の差が顕著になるストライガ開花時期やソルガム収穫時期には Farmer's day や Harvest day と名づけた行事を開催し、他の地域の農民の代表や行政従事者に向けて情報の発信を行なった。これらの行事は同時に、農業省、ARC および農民連盟等の関係機関と意見交換を行う貴重な機会であり、小規模農家が新技術を習得するための条件整備、女性農業者の経営環境の実態、FFS のカリキュラムのあり方などを議論した。最終年度には一連の知見をパンフレットにまとめて配布した。これらの努力の結果、FFS の活動はスーダン国内でも注目されており、スーダン政府から運営に関わる助成金を 2011 年以降途切れることなく全額交付を受けた。また、活動に理解を示した 2 つの銀行 (Bank of Sudan および Sudanese Agricultural Bank) から



写真10. 農民学校の講義風景

も助成金を獲得した。

3) 科学的データの収集

ARC 職員の協力により、ストライガ出芽数、ソルガム子実収量といった基本的なデータのみならず、土壌水分や硬度などの科学的なデータの収集を行った。機器の操作方法は日本人研究者が指導し、実際の測定を通して技術の移転に努めた。一方、ARC 職員のストライガ以外の一般雑草についての識別能力は非常に高く、日本側研究者が学ぶことも多かった。これらの活動により、年降雨量が 600 mm より少ない地域に紹介した深耕による集水技

術の有効性が検証された。一方、降雨が多い地域では、肥料や除草剤を用いた防除法が有効であった。

(2) カウンターパートへの技術移転の状況

スーダンでは先進的な機材の整備が遅れていたため、当然のこととして、それらを活用する研究の基盤は確立されていなかった。本事業に対するスーダン側の要望は、研究環境の充実と研究者の育成に主眼があった。スーダン側の要望に沿って機材が導入され日本側から移転された技術は①植物生理状態解析技術、②分子生物学解析技術、③化学分析技術、④環境計測技術、⑤植物観測技術に大別できる。

①植物生理状態解析技術

葉緑素計：葉緑素計の利用は、ストライガの寄生による宿主葉の黄化を記録するための技術として、2011年にSUSTで開始された。葉緑素計は葉をはさみ、測定ボタンを押すだけで測定が完了する簡易な測定機器であることから、研究者および技術職員の指導のもとで多くの学生も利用している。センサー部の清掃や精度の確認などのメンテナンス技術も定着している。

ポロメーター：非破壊で植物の気孔応答を測定できる装置として、2011年および2012年に導入された。日本人専門家が、毎年、SUSTの教員、技術職員あるいは学生に使用方法とデータ解析方法を説明し、レプリカ法による気孔開度の測定と、ポロメーターによる気孔コンダクタンスおよび蒸散速度がよい一致を示すことを認識させた。簡便に短時間で測定できることから、スーダン人研究者の間に気孔の開度を推定する技術が定着した。

光合成蒸散測定装置：非破壊かつ短時間で光合成速度や呼吸速度を測定できる装置として、2010年に導入した。乾物だけでなく、非破壊で生きた植物の瞬間的な同化産物生産能を測定できる技術として、日本人専門家が教員や技術職員に使用方法を指導したものの、実際の試験では利用されていない。ポロメーターに比べて、複雑な機器と感じられるためスーダン側が利用をためらっていることが理由として考えられる。説明書は英語であることから、今後の利用には問題はない。

クロロフィル蛍光測定装置：植物の生産性に直接関与する光合成活性を、簡便かつ高精度に測定することができるクロロフィル蛍光装置について、理論的背景とともに具体的な使い方を実習した。このことによりスーダンでのフィールドレベルの光合成活性評価が可能となった。

②分子生物学解析技術

サーマルサイクラー：分子生物学研究に必須の機器であるサーマルサイクラー（遺伝子増幅装置）について、現地で調達可能な試薬を用いた実践的な使用方法の実習を行った。さらにこの機器は様々な場面で活用することができるのでその応用面についても講義、実習を行った。

電気泳動装置：分子生物学研究の様々な場面で要求されるDNAやRNAの純度の確認や遺伝子の存在の有無を確認するために用いる電気泳動装置について、原理とともに現地調達の試薬を用いた実習を行った。

③化学分析技術

HPLC：来日したSUST技術職員に対して、装置の原理を説明し、サンプル前処理の重要性、溶媒とカラムを選択するための知識、分離された成分を検出するための検出器の設定、装置の保守等、基礎的な事項を伝えた。その後、SUSTに導入されたHPLCの簡便な使用法を実際に現地で操作した上で考案し、SUST技術職員に伝授した。HPLCは様々な機能が実行可能であるが、現地の研究グループがどのような測定を希望しているのかよく調査し、最適な条件を決定し、気軽に測定できるように操作面を工夫した。また、定期的にSUSTを訪問しフォローアップ指導することにより、操作に慣れるにつれて希望する測定条件も異な

ってくることに配慮し、簡便に操作できるように改良を続けた。その結果、SUST の現地研究者が HPLC 分析・精製をルーチンワークとして行えるようになった。SUST 技術職員からスーダン人研究者への技術の伝授も順調に進み、ストライガの根浸出液を分析し、HPLC を用いて分取精製する技術を移転することができた。

GLC：来日した SUST 技術職員に対して、装置の原理を説明し、サンプル前処理の重要性、溶媒とカラムを選択するための知識、分離された成分を検出するための検出器の設定、装置の保守等、基礎的な事項を伝えた。その後、SUST に導入された GLC がうまく作動していなかったことから、GLC の製造会社（日本）を訪問し、GLC の調整とメンテナンス方法について講習を受けて体得してきた。その後、SUST を訪問し、不具合の調整とメンテナンスを実施することにより、GLC を作動させることに成功した。GLC は様々な機能が実行可能であるが、SUST における研究グループの希望する測定を十分に聞き取り調査することで、わずか 3 回画面をクリックすれば十分な測定ができるように操作面を改良した。また、定期的に SUST を訪問しフォローアップ指導することにより、操作に慣れるにつれて希望する測定条件も異なってくることに配慮し、簡便に操作できるように改良を続けた。その結果、SUST の現地研究者が GLC 分析をルーチンワークとして行えるようになった。SUST 技術職員からスーダン人研究者への技術の伝授も順調に進み、ストライガに含まれる脂肪酸を、GLC を用いて分析する技術を移転することができた。SUST メンバーが持続的にこの簡略化した測定ができるように、GC と HPLC について簡素化したマニュアルを作成し配布した。また、これら装置の予想される故障箇所とその補修法についても現地で指導し、継続的に分析装置が稼働する体制を整えた。

ボールミル：生体試料から、目的成分の分解や破碎、抽出過程における試料の損失を抑えて効率よく抽出するために、液体窒素凍結状態で粉碎する技術を伝えた。神戸大学、大阪府立大学にも同じ装置が導入されているため、いずれの研究機関においても同じ条件での生体試料の抽出が可能となった。

④環境計測技術

深度別土壌水分計：SUST 内の実験圃場の環境把握のため、2010 年に、日本人専門家と技術職員がイネの生育期間を通して土壌水分の測定を行った。また、2013 年にはガダーレフ州で行われた展示圃場において、深耕による土壌水分量の増加効果を確認するためにも使用した。測定は、ガダーレフ州の ARC 職員が行っており、技術は定着している。

ペネトロメーター：ガダーレフ州の展示圃場では、土壌硬度の低下により雨水の浸透を促進することを目的とした深耕技術を紹介している。土壌硬度の測定のため 2014 年からペネトロメーターを使用し、上述の土壌水分計の測定値と共に、データに基づいた深耕技術の優位性の説明に活用している。SUST の技術職員とともに英語版の使用マニュアルを作成したため、今後の使用に問題はない。

気象観測装置：SUST 内の実験圃場内に 2011 年に気象観測装置を設置した。日本人専門家と技術職員が定期的に測定データを確認し、論文作成時の環境条件の説明に利用している。雨量計や日射センサーの清掃などのメンテナンス技術も定着している。

土壌水分採取器：土壌水分の回収には、ポットに十分量の灌水をし、ポット下部から排出された水分を回収する方法を用いていたが、2013 年に円筒多孔質管とシリンジを利用した土壌水分採取器の導入したことにより、回収が容易になった。宿主根が分泌する発芽刺激物質の評価や土壌肥沃度の調査に利用されている。

⑤植物観測技術

ライゾトロン：2011 年に人工気象器が SUST に導入されて以降、制御環境下での宿主のストライガ抵抗性を評価する技術として定着した。イネ、ソルガム、コムギ品種のストライガ抵抗性評価が進んでいる。また、根系の回収が容易なライゾトロン法を使用することで、顕微鏡観察用の試料作成が容易になり、ストライガ寄生部位の解剖学的な観察が可能になった。

葉面積計：宿主の生育測定のために 2010 年に SUST に導入された。ソルガム、トウモロコシ、ヒマワリといった大型の葉にも使用できるため、多くの研究者および学生が利用している。

キャノピーアナライザー：圃場内の宿主の生育を非破壊的に観測する手法として 2011 年に導入された。日本人専門家が技術職員に使用方法を指導したものの、実際の試験では利用されていない。日本人専門家が使用していないこと、および一見したところ複雑な機器と感じられるためスーダン側が利用をためらっていることが理由として考えられる。説明書は英語であることから、今後の利用には問題はない。

日本側からスーダン側に移転された技術に比べて、その逆は多くはない。しかし、本プロジェクトを通して、日本側も研究対象であるストライガの生理生態に関して多くを学んだ。例えば、これまでは精製したストライガの種子の提供を受けて実験に使っていたが、実際に圃場で収穫・乾燥・精製してみて初めて気づくことがある。水を満たしたメスシリンドーに収穫した種子を懸濁すると、砂は沈み、殻は浮き、種子は中央部に漂う。デカンテーションの後に純度が高い種子が回収できる。この作業をしつつ、自然界でストライガの種子が雨水で流亡せず、かつ、土壌にも浸透せず土壌表層に留まるという生存に適した性質を有することを理解できる。また、年間降水量が 400 mm という統計的な数値は諳んじていても、灌漑水路が整備されていない気温 40℃を超える畑に立てば、乾期に耕作することに現実性がないということは容易に納得できる。その環境でもストライガの種子が次の作付シーズンを待って土中で生きながらえていることを知り、埋土種子を防除対象とすることの難しさを痛感する。また、野外での栽培試験は圃場整備、播種時期、施肥方法、病害虫管理、灌漑管理、収穫時期の決定などの多くの要素を考慮する必要があり、スーダン側の知識と技術無しには遂行は不可能であった。

実験技術に加えて、研究立案、実施、解析能力を含めた総合的な研究能力は、セミナーや個々の研究課題の進捗状況を検討する中で、真摯な討論を通してお互いに高めあった。科学技術協力という用語は日本側の優越性を感じさせる。経済的にはその通りであるが、学術的には必ずしも日本側がスーダン側よりも高い能力を有しているわけではないことは強調しておきたい。欧米に留学して学位を取得したメンバーの中には、英語力のもとより、専門分野においても日本側研究者に匹敵する、あるいはそれ以上の能力や豊富な経験を有している者もいる。日本側とスーダン側は補完的に事業の推進に当たったと理解することが妥当である。

（３）成果の位置づけ

各課題の研究成果は § 4 に詳細に論じているので、ここでは科学技術協力としても高く位置づけられる成果、および、人材育成の成果について論じる。

ストライガの種子が化学物質要求性であることは 1940 年代に報告されており、1966 年に最初の活性物質として strigol が発見された。1976 年に、自殺発芽誘導というアイデアが Alan Johnson によって提唱され、発芽刺激活性を有する様々な化合物がデザインされ合成された。Johnson が現役を退いた後、1980 年代 Binne Zwanenburg が研究を継承・発展させ、Nijmegen-1 と名付けた化合物を供給し実践的な評価を進めようとしたが有機合成化学者を中心とした雑草科学の進捗は思わしくなかった。日本側研究代表者の杉本は 1990 年代半ばよりスーダン側研究代表者の Babiker と共同研究を開始し、1996 年に Zwanenburg の研究室で発芽刺激物質の化学を学んだ。ストライガの生態を熟知した雑草科学者 Babiker と発芽刺激物質の化学の先達 Zwanenburg の影響を受けながら本プロジェクトを進めたことにより、提唱されてから 40 年を経て、世界に先駆けて自殺発芽誘導による根寄生雑草防除が可能であることを実証した。有効な薬剤のデザインと合成は滝川、佐々木が、大量合成は中畠が担当した。製剤と特許戦略には農薬開発に実績のある企業の支援を受けた。実証研究は Babiker の経験を参考にしつつ、作物学を専門とする鮫島が担当した。このように、多くの参加者の協力により、アイデアが提唱されてから 40 年を経て、遂に、自殺発芽誘導によ

るストライガ防除の可能性を示すことができた。性格の異なる個別の実験が社会実装を目指して集大成されていく過程を、日本側研究者だけでなくスーダン側研究者にも共有されてきたことは、科学技術協力としても大いに意義ある成果と考えている。

一方、病害虫防除は抵抗性の出現を念頭に置く必要があり、様々な方策を組み合わせた総合防除が求められる。この点で、自殺発芽誘導剤のように先行研究の蓄積がある上で社会実装を強く意識した実証研究を行う傍ら、新規な防除のアイディアを開拓できたことも大きな貢献となった。岡澤は発芽種子のメタボローム解析を行い、寄生雑草種子に特異的に含まれる糖を見出し、これが発芽とともに急速に減少すること、さらには、この糖の代謝を阻害すると発芽が抑制されることを見出した。ハマウツボ科の植物においてプランテオースが検出されたのは本プロジェクトが初めてである。社会実装を展望できるのは先のことであろうが、この知見は、根寄生雑草防除に新たな標的を示したとして高く位置づけられる。また、学術的には根寄生雑草の発芽生理についての新しい知見、ノジリマイシンという新しい生化学研究のツールを提供することで、寄生雑草の研究分野に大きく貢献すると期待される。研究の過程で、派生的に得られた β -マンノシダーゼについての知見は、植物に普遍的な事象である可能性もあり、この場合は植物生理学分野に新たな研究対象を提供することとなる。この酵素を欠失した植物体において発芽率の低下が確認出来たことから、この酵素の植物種間の差異を適切に考慮出来れば、新たな除草剤の標的とすることも出来るかもしれない。

究極のストライガ防除法は抵抗性作物の開発である。イネ品種を多数収集し、抵抗性品種の選抜を行ってきた。探索はシャーレ試験（ライゾトロン法）を一次スクリーニングとし技術補佐員の吉本が担当した。ポット試験を二次スクリーニング、圃場栽培試験を最終評価として、鮫島がスーダン側研究者と協力して進めた。SATREPS 1 と名付けた抵抗性品種(Umgar)や極早生の抵抗性品種 NERICA5 を見出したことは大きな成果であるが、それと同じ程度に、一次スクリーニング、二次スクリーニングと圃場試験の結果がよく相関することを示した成果は大きい。これにより、ライゾトロン法はスーダン側研究者に広く受け入れられ、現地の様々な作物とストライガとの相互作用の研究に用いられている。容易に実施でき、応用の幅が広く、かつ、信頼性の高い技術を導入し定着させたことで自立的な研究展開を可能にしたことは、科学技術協力として特筆できる。

ストライガ防除に関する知識を農家と共有するのに FFS と展示圃場は有効であった。紹介した技術の一つであるゴマーソルガム輪作は、両作物がすでにガダーレフ州で栽培されていることから受け入れられやすい方法であった。防除効果も研究圃場レベルおよび農家圃場レベルで確認した。また、抵抗性ソルガム品種、土壤水分量の増加を目的とした深耕、除草剤を組み合わせることで、ストライガ被害が低下することを現地の農家、普及員、行政従事者に展示・解説できたことは、関係者が協力したストライガ対策を進める下地を作ったと考えられる。実際に、FFS および展示圃場は、スーダン政府や複数の銀行からの助成を連続して受けている。

人材育成については、§ 5 (2) に記すように、神戸大学が委託を受けて実施している JICA 研修コース「植物保護のための総合防除」を活用し、平成 22-25 年度の間、若手研究者を一人ずつ参加させて実験技術と考え方を学ぶ機会を設けた。帰国後はスーダンで導入された機材を使ってフォローアップを行った。さらに、JSPS ひらめき☆ときめきサイエンスに類する啓蒙活動も行ってきた(写真 11)。スーダンでは学生は必ずしも教員から指導を受けるわけではなく、技術職員が教員の意向を受けて指導にあたる場面も多い。この点から、機材がより有効に活用され研究マインドを高めるためには、技術職員とその周囲の学生に実験の楽しさを経験させることが大切と考えた。例えば、彼ら彼女らの好みの香水を分析させクロマトグラムを



写真 11. ストライガ実験室での啓蒙活動

比較させるという実践により、研究目的だけを想定していてもなかなか稼働しなかったガスクロマトグラフを、きわめて身近な装置としてもらうことができた。装置の煩雑なプログラムを簡略化し、日常的な操作を数行のマニュアルで実施可能とした久世の貢献がすこぶる大きい。導入した装置が有効に活用され、人材が育ち、科学の裾野が広がっていくよう、プログラム終了後も、何らかの形で協力を続けていきたいと考えている。

（４）類似プロジェクトとの比較

本プロジェクトに参加している日本側およびスーダン側の一部の研究者は、日本学術振興会アジア・アフリカ学術基盤形成事業（平成 17－19 年、20－22 年）と科学研究費海外学術調査（平成 17－19 年、20－22 年）でも共同研究をしていた。これらの経費では、日本人研究者の全ての研究活動およびカウンターパートの日本への招聘は可能であったが、旅費滞在費以外に相手国での活動を支えることはできなかった。そのため、日本人が相手国において簡単な実験や調査を実施することは可能ではあったが、相手国側研究は、日本人研究者のサポートを超えた自発的な研究はできなかった。このような関係では相手側のモチベーションは高まらず、共同研究を推進することは困難であった。その点で、SATREPS 事業では相手国側が自発的に推進するための機材、消耗品が導入されたことは画期的であった。相手国側に研究設備が整備されたことで、短期滞在中に行える実験の幅が広がり、日本側研究者の相手国での活動も円滑に進めることができた。日本側研究者の常駐が可能であったため、導入した資機材の使用開始や初期トラブルへの対応がしやすかったことも、プロジェクトの推進に役立った。

また、相手国での日本人の活動についても、申し分のないスキームであった。本プロジェクト開始以前は、アラビア語の話せない日本側研究者にとってスーダン到着時出国時の送迎、ホテルの手配、日々の大学までの送迎等、全てをスーダン側カウンターパートに依存せざるを得なかった。日常的な実験資機材の購入も、スーダンではカウンターパートが販売店を訪れ購入する必要があった。これに対し、プロジェクトでは、車両が導入されドライバーが雇用された。さらに日本人業務調整員が常駐し、そのアシスタントとして英語の話せるスーダン人が雇用された。これらのおかげで、業務がすこぶる円滑に進み、スーダン人研究者の行動の自由度を増すことにも貢献した。

知る限り、SATREPS 事業は国際共同研究の推進に関して国内で最も実効性が高いプログラムである。

(5) 今後期待される効果

スーダン科学技術大学に設置されたストライガ実験室は、同大学で最も整備された実験室であることは大学本部関係者が認めている。おそらく、スーダン国内でも屈指の実験室である。現在、高等教育省から特別な支援を受けられるように、ストライガ実験室をスーダンの Center of Excellence に認定を受けるべく働きかけが行われている。それが達成されれば、プロジェクト終了後の自律的な発展が大いに展望される。

各課題の成果については、基礎的な段階から応用段階まで様々である。以下にそれぞれの展開や波及効果について述べる。また、各課題の社会実装への相対的距離の概略を図 25 にまとめた。

課題1: 自殺発芽誘導剤の開発に関しては、特許を共同出願している企業に圃場試験のデータを提供しており、実用化の判断を委ねている。市場規模や企業の社会的使命等を総合的に判断して、前向きな結果が出されることを期待している。また、天然の発芽刺激物質の構造を修正あるいは提唱したことは、根寄生雑草の宿主認識への理解を深化させただけでなく、植物ホルモンとしてのストライゴラクトンの化学にも光を当てた。今後の植物生理学の発展や植物成長調節剤の開発に貢献することが期待される。

課題2: 実験室内およびポット試験において探索されたストライガ抑制効果を示す微生物を利用した圃場試験の遂行が期待される。担当者の印象では、スーダンでは有機栽培を嗜好する農家がある程度存在している。これらの農家に対しては、ストライガ抑制効果を持つスーダン在来微生物の利用は、合成薬剤を利用したストライガ対策よりも敷居が低いものになる可能性がある。また、微生物の利用と窒素施肥などの他のストライガ対策を組み合わせた場合でより高いストライガ抑制効果が確認されたことから、微生物の利用を総合的なストライガ防除対策の一つの要素として組み入れられることも重要な発見である。本課題で同定された *F. brachygibbosum* 以外にも単離した微生物の同定が進んだ場合、これまでに報告されていないストライガ抑制効果を持つ微生物が発見される可能性がある。当初計画していたストライガの生育阻害活性を持つ物質の同定は、物質の単離の困難さのため完了していないが、今後同定が完了した場合には薬剤開発に繋がると期待される。

課題3: 根寄生雑草に選択的な発芽阻害剤の開発に関し、ノジリマイシンの作用機構についてある程度の知見を得た。今後、プランテオース代謝経路、特にインベルターゼについての配列情報が整備されることで、ノジリマイシンの作用点を明確にすることが出来ると考えられる。ノジリマイシンの作用点が明らかになれば、ノジリマイシンと同様の効果を持ち、実用化に適した化合物のスクリーニング系は比較的容易に構築できると予想され、実用化への道筋が一気に開けるものと期待される。根寄生雑草に選択的な発芽阻害剤は、課題1の自殺発芽誘導剤、課題5の抵抗性品種と組み合わせることで、その防除効果が相乗的に高められることが予想され、将来的に根寄生雑草の課題克服に大きく貢献することが期待される。

課題4: 土壌乾燥条件下でストライガ被害が深刻化する原因が、水欠乏や内生および外生 ABA に対して宿主ソルガムに比べてストライガの気孔が閉じにくいことに起因していることを明らかにした。このことは、土壌水分の管理によるストライガ被害の軽減が見込めることを示していることから、今後は圃場レベルでの集水技術や不耕起栽培、マルチ等による土壌水分管理方法の比較検討を行うことで成果の応用展開が期待される。

課題5: スーダンの推奨陸稲品種の中から強いストライガ抵抗性を持つ品種を発見したことで、現地圃場での栽培試験において、品種、耕起、施肥、灌漑、除草剤などを組み合わせた総合的な防除方法の検討が可能になった。さらに、異なる抵抗性メカニズムをもつ品種を同時に選抜することができたため、両者の特徴を組み合わせた、より安定した抵抗性を持つ品種の開発も期待される。また、感受性品種を見出したことで、QTL 解析に利用する抵抗性品種と感受性品種の雑種後代の作成が期待される。特に、共通した親品種から開発された NERICA 品種間では交配が容易であると考えられるため、NERICA 品種間の抵抗性の差が明らかになったことは大きい。室内試験と野外試験を組み合わせた選抜手法により、ライゾトロン法の有効性が示されたことで、ライゾトロンを利用した各作物の品種評価のみならず野外試験で選抜された品種の抵抗性メカニズムの解析が進むと期待される。

課題6: ガダーレフ州の一部の農家では、ゴマとソルガムの輪作や混作が現在でもストライガ対策として行われていることが明らかになっている。最終年度に農家圃場でゴマ-ソルガムのストライガ抑制効果が確認されたため、一部の農家が行っている技術の有効性を他の農家にも示すことが可能になった。また、ゴマだけではなく、ササゲ、ヒマワリ、ミレット、休閒をソルガムの栽培体系に組み入れることでストライガ出芽数が抑制されることを確認できたことから、農家の作付体系の決定に柔軟性をもたらすことができた。特にマメ科作物のササゲは空中窒素固定を行う根粒菌と共生することから土壌肥沃度の向上が見込め、草丈が低いいためイネ科作物との競合が起こりにくく、乾燥に比較的強く、生育期間が短いことから、ソルガムやミレットとの輪作作物としてのみならず混作作物としても利用が期待される。

課題7: ストライガ防除の新技术の導入を材料として農家家計における経済的問題を検討し、現金需要の高まりに伴う種々の制約や課題を明らかにした。加えて、それらの制約や課題への対応策の一つとして女性農業者の役割に関する分析・考察を行った。その結果からも明らかなように、今後、小規模の農業経営の安定化・成長を図る上で、農家家計の経営経済的な分析に基づき農業者の営農活動を支援する活動をデザインしプログラムを策定することは必須である。今回の研究プロジェクトはそのためのプロセスの提示を内包するものであり、農村、農業の発展に貢献することが期待される。

課題8: ガダーレフ州の農業省および ARC 支所の職員が、4 年間にわたる FFS の運営を通して経験を積んだこと、およびスーダン国内にも活動の有効性に理解を示す助成者が存在していることから、今後の FFS の継続や拡大が期待される。

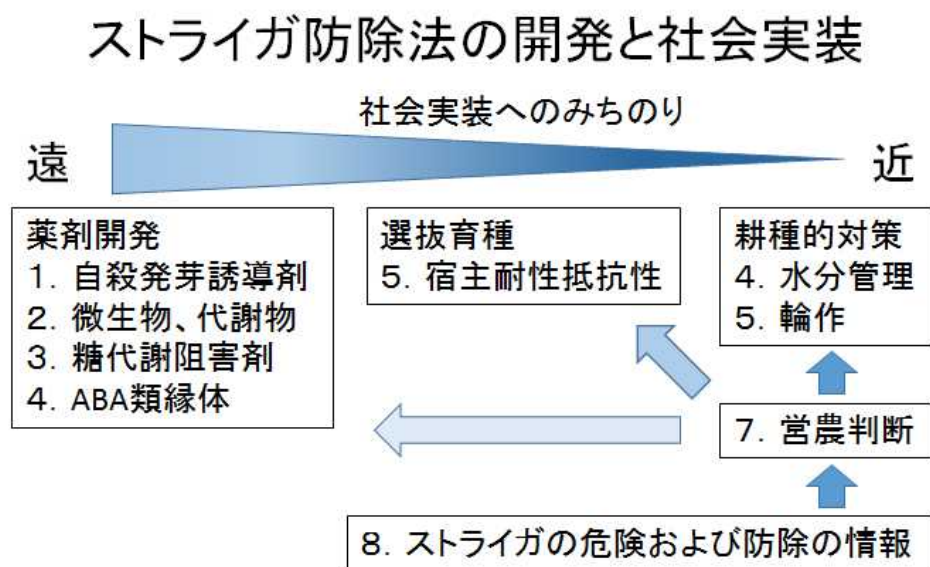


図 25. 各課題の社会実装への相対的距離の概略

§ 5 成果発表等

(1)原著論文発表(国内(和文)誌 0 件、国際(欧文)誌 14 件)

1. Jumtee, K., Okazawa, A., Harada, K., Fukusaki, E., Takano, M., Kobayashi, A.: Comprehensive metabolic profiling of *phyAphyBphyC* triple mutants to reveal their associated metabolic phenotype in rice leaves. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, **108**, 151-159, 2009 Aug.
2. Takikawa, H., Jikumaru, K., Sugimoto, Y., Xie, X., Yoneyama, K., Sasaki, M.: Synthetic disproof of the structure proposed for solanacol, the germination stimulant for seeds of root parasitic weeds. *Tetrahedron Letters*, **50**, 4549-4951, 2009 May.
3. Takikawa, H., Imaishi, H., Tanaka, A., Jikumaru, S., Fujiwara, M., Sasaki, M.: Synthesis of optically active strigolactones: Enzymatic resolution and asymmetric hydroxylation. *Tetrahedron: Asymmetry*, **21**, 1166-1168, 2010 May.
4. Ueda, H., Sugimoto, Y.: Vestitol as a chemical barrier against intrusion of the parasitic plant *Striga hermonthica* into *Lotus japonicus* roots. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, **74**, 1662-1667, 2010 Aug.
5. Kitahara, S., Tashiro, T., Sugimoto, Y., Sasaki, M., Takikawa, H.: First synthesis of (±)-sorgomol, the germination stimulant for root parasitic weeds isolated from *Sorghum bicolor*. *Tetrahedron Letters*, **52**, 724-726, 2011 Jan.
6. Ueno, K., Fujiwara, M., Nomura, S., Mizutani, M., Sasaki, M., Takikawa, H., Sugimoto, Y.: Structural requirements of strigolactones for germination induction of *Striga gesnerioides*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **59**, 9226-31, 2011 Aug.
7. Ueno, K., Nomura, S., Uemura, K., Mizutani, M., Takikawa, H. and Sugimoto, Y.: *Ent-2'-epi-Orobanchol* and Its Acetate, as Germination Stimulants for *Strigagesnerioides* Seeds, Isolated from Cowpea and Red Clover, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **59**, 10485-90, 2011 Sep.
8. Sawada, R., Yamauchi, Y., Sugimoto, Y.: Germination response of *Striga hermonthica* and *Orobanche minor* seeds pre-treated with the synthetic strigolactone GR24, *Recent Research Development in Phytochemistry*, **10**, 1-12, 2012 Dec.
9. Tanaka, M., Sugimoto, Y., Kuse, M., Takikawa, H.: Synthesis of 7-oxo-5-deoxystigol, a 7-oxygenated strigolactone analog, *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, **77**, 832-835, 2013 Apr.
10. Nomura, S., Nakashima, H., Mizutani, M., Takikawa, H., Sugimoto, Y.: Structural requirements of strigolactones for germination induction and inhibition of *Striga gesnerioides* seeds, *Plant Cell Reports*, **32**, 829-838, 2013 Jun.
11. Motonami, N., Ueno, K., Nakashima, H., Nomura, S., Mizutani, M., Takikawa, H., Sugimoto, Y.: Bioconversion of 5-deoxystigol to sorgomol by the sorghum, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, *Phytochemistry*, **93**, 41-48, 2013 Sep.
12. Inoue, T., Yamauchi, Y., Eltyeb, A. A., Samejima, H., Babiker, A. G. E., Sugimoto, Y.: Photosynthetic capacity and stomatal response of root hemi-parasite *Striga hermonthica* and sorghum under short-term soil water stress, *Biologia Plantarum*, **57**, 773-777, 2013 Dec.
13. Ueno, K., Furumoto, T., Umeda, S., Mizutani, M., Takikawa, H., Sugimoto, Y.: Heliolactone, a non-sesquiterpene lactone germination stimulant for root parasitic weeds from sunflower, *Phytochemistry*, **108**, 122-128, 2014 Dec.
14. Wakabayashi, T., Joseph, B., Yasumoto, S., Akashi, T., Aoki, T., Harada, K., Muranaka, S., Bamba, T., Fukusaki, E., Takeuchi, Y., Yoneyama, K., Ohta, D., Muranaka, T., Sugimoto, Y., Okazawa, A.: Identification of planteose as a storage carbohydrate for seed germination of *Orobanche minor* and elucidation of its metabolism as a possible target for selective control, *J. Exp. Bot.*, **66**, 3085-97, 2015 Jun.

(2)研修コースや開発されたマニュアル等

① 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

JICA 研修コース Integrated Pest Management for Plant Protection

神戸大学が JICA より委託されて実施している研修コースであり、途上国の中央政府、地方政府または大学において植物保護分野に従事している者を対象としている。それぞ

れの国の気候条件や経済・社会システムに適した総合防除システムを計画・実践できる人材の育成を目指している。スーダンも割り当て国の一つであったため、毎年1名、合計4名の若手研究者に参加の機会を提供した。

2010年 Mohammed Mahgoub Hassan
2011年 Rna Abdel Gabbar Eltaeb Babiker
2012年 Hamad Amani Hamad Eltayeb
2013年 Algadaal Reem Hassan

②開発したテキスト・マニュアル類

1. ストライガ防除マニュアル(アラビア語)、2014年9月刊行、農家に配布

(3)その他の著作物(総説、書籍など)(国内(和文)誌7件、国際(欧文)誌1件)

1. 縄田浩志:技術移転・開発政策の見直しと伝統的知識の応用、沙漠化対処の負の遺産への対処法、日本沙漠学会編『沙漠の事典』丸善、2009年7月
2. 杉本幸裕:第3章病原体の種類と分類 寄生性高等植物、第4章病害の発生 寄生性高等植物による病害、植物病理学、文永堂、2010年2月
3. 岡澤敦司、高木一輝:寄生植物の光合成能喪失に伴うフィトクロムの機能変化、植物の生長調節、**45**、15-23、2010年5月
4. 岡澤敦司:寄生植物の光応答に関する生理生化学的研究、植物の生長調節、**46**、27-34、2011年5月
5. 上野琴巳、滝川浩郷、杉本幸裕:ストリゴラクトンの生物活性を担う立体化学の重要性、化学と生物、**51**、36-42、2013年1月
6. 岡澤敦司、若林孝俊:代謝解析による寄生雑草防除法の開発、生物工学会誌、**92**、549-552、2014年
7. 鮫島啓彰:発芽刺激物質の実用化に向けて一合成類縁体を用いたストライガ自殺発芽誘導の圃場レベルでの実証試験一、植物の生長調節、**50**、87-89、2015年5月
1. Ueno, K., Sugimoto, Y., Zwanenburg, B.: The genuine structure of alectrol: End of a long controversy, *Phytochemistry Reviews* in press (DOI: 10.1007/s11101-014-9380-2).

(4)国際学会発表及び主要な国内学会発表

①招待講演 (国内会議12件、国際会議7件)

1. 岡澤敦司:代謝プロファイリングに基づいた寄生雑草に選択的な防除戦略の構築、日本農芸化学会関西支部第467回講演会、神戸(2010 Dec 4)
2. 岡澤敦司:代謝プロファイリングに基づく難防除寄生雑草の選択的防除法の開発、山梨大学学術研究会生命科学分科会講演会、山梨大学(2012 Jul 20)
3. 岡澤敦司:メタボロミクスによる寄生植物の防除標的の探索、静岡大学第34回 GRL バイオサイエンスセミナー、静岡大学(2012 Sep 1)
4. 岡澤敦司:メタボロミクスによる寄生雑草に選択的な防除標的の探索、第12回けいはんな地区植物科学懇談会、奈良先端科学技術大学院大学(2012 Nov 29)
5. 鮫島啓彰:スーダンにおける作物生産と研究の課題、アフリカの作物生産と課題と研究の方向性、日本作物学会ミニシンポジウム、明治大学(2013 Mar 29)
6. 岡澤敦司:アフリカの食料生産を脅かす寄生雑草、その防除への取組み、アフリカ月間 in とつか、戸塚区役所(2013 May 25)
7. 杉本幸裕:根寄生植物の生活環調節とストリゴラクトン、住友化学健康・農業関連事業研究所、宝塚(2013 Jul 5)
8. 滝川浩郷:ストリゴラクトン関連諸物質の合成化学的研究、第33回有機合成若手セミナー、神戸大学(2013 Aug)
9. 鮫島啓彰:ナイジェリアとスーダンにおける陸稲栽培、アフリカ農業概論第13回、東京農業大

学(2014 July 11)

10. 鮫島啓彰、杉本幸裕: 根寄生雑草ストライガの防除方法に関する研究成果とスーダン国ガダーレフ州農家への普及活動、日本熱帯農業学会第 116 回講演会 公開シンポジウム、熱帯農業研究と社会実装—研究成果は現地社会にいかに対応されたのか—、九州大学 (2014 Oct 4)
11. 岡澤敦司: 食糧の安定供給を目指した根寄生雑草克服技術の開発、” 未来へのバイオ技術” 勉強会、バイオインダストリー協会 (東京)、(2014 Nov 13)
12. 鮫島啓彰、杉本幸裕: 根寄生雑草ストライガの防除方法に関する研究成果、コーヒーブレイクセミナー、国際農林水産業研究センター熱帯・島嶼研究拠点 (沖縄) (2015 Jan 15)
1. Sugimoto, Y.: Molecular Aspects of Compatibility in Parasitic Plants, AgroBioInstitute Seminar, Sofia, Bulgaria (2011 Mar).
2. Sugimoto, Y.: Root Parasite Weed Research in Kobe University, AgroBioInstitute Seminar, Sofia, Bulgaria (2012 Jul).
3. Sugimoto Y.: Stereochemistry and Biosynthesis of Strigolactones, New Plant Hormones, Wageningen University (2012 Oct 16).
4. Sugimoto Y.: Strigolactones, New Plant Hormones, Importance of their stereochemistry for bioactivity as germination stimulant, Nijmegen University (2012 Oct 17).
5. Sugimoto Y.: Bioactivity, Stereochemistry and Biosynthesis of Strigolactones, New Plant Hormones, Palacky University (2012 Oct 19).
6. Okazawa A.: Problems of parasitic weeds in arid agriculture – Metabolic analysis for selective control, 7th Meeting of International Society for Environmental Bio-Resources, Osaka University (2014 March 19)
7. Samejima H.: Selection of *Striga hermonthica*-resistant rice varieties adapted to growth conditions in Sudan, SATREPS Public Symposium – Progression and Perspective of Rice Research in Africa -, Nagoya University (2014 July 12)

②口頭発表 (国内会議 43 件、国際会議 32 件)

1. 治久丸哲、滝川浩郷、佐々木満: 根寄生植物種子発芽刺激物質ソラナコールの合成研究、日本農芸化学会 2009 年度関西・中四国・西日本支部合同大会 (2009 Mar)
2. 太田早矢香、水谷正治、榊原均、杉本幸裕: 根寄生植物ヤセウツボの成長過程の形態学的観察と植物ホルモン分析、日本農芸化学会大会 (2010 Mar)
3. 若林孝俊、Benesh Joseph、米山弘一、竹内安智、杉本幸裕、岡澤敦司: 寄生雑草ヤセウツボの発芽に関与する糖分解酵素に関する研究、日本農薬学会 (2010 Mar)
4. 北原彩子、滝川浩郷、佐々木満: Sorgomol の合成、日本農芸化学会大会 (2010 Mar)
5. 北原彩子、佐々木満、滝川浩郷: 根寄生雑草種子発芽刺激物質 Sorgomol の合成、日本農芸化学会関西支部第 467 回講演会 (2010 Dec)
6. 藤原真美、治久丸哲、滝川浩郷: Solanacol の合成研究、日本農芸化学会大会 (2011 Mar)
7. 若林孝俊、Benesh Joseph、東久保諒、米山弘一、竹内安智、杉本幸裕、村中俊哉、岡澤敦司: 寄生雑草ヤセウツボの発芽に関与するゲンチアノース代謝関連酵素の解析、日本農芸化学会大会 (2011 Mar)
8. 鮫島啓彰、吉本千壽、Abdel Gabar Babiker、Samia Osman Yagoub、杉本幸裕: ライトロン法およびスーダン現地でのポット試験による陸稲品種のストライガ感受性の評価、日本作物学会第 231 回講演会 (2011 年 3 月)
9. 縄田浩志・石山俊・Mutasim Mekki、スーダン東部ガダーリフ州におけるモロコシを中心とした天水農耕システムの現状と課題、第 20 回日本ナイル・エチオピア学会学術大会 (2011 Apr)
10. 石山俊・縄田浩志・Mutasim Mekki・Mussab Hassan、SATREPS 事業によるガダーリフ州半乾燥地帯の天水農業システムの研究: ローカルからローカルへの技術移転に向けて、総合地球環境学研究所「アラブ社会におけるなりわい生態系の研究」プロジェクト・JICA

- 「スーダン国カッサラ州基本行政サービス向上による復興支援」プロジェクト共催国際シンポジウム「スーダン東部における国際学術研究と開発援助事業との協働の現状と課題—農業・生計向上・環境分野を中心として—」(2011 Sep)
11. 若林孝俊、東久保諒、米山弘一、竹内安智、杉本幸裕、村中俊哉、岡澤敦司、根寄生植物ヤセウツボの発芽種子におけるゲンチアノース代謝経路の解明、植物細胞分子生物学会 (2011 Sep)
 12. 黒野友理香、長澤沙弥、小田知佳、松浦秀幸、東久保亮、若林孝俊、吉本千壽、野村早紀、村中聡、杉本幸裕、岡澤敦司、原田和生、平田收正、放線菌 *Streptomyces ficellus* による寄生植物発芽種子阻害剤ノジリマイシンの生産、日本生物工学会 (2011 Sep)
 13. 若林孝俊、東久保諒、米山弘一、杉本幸裕、村中俊哉、岡澤敦司、寄生植物ヤセウツボの発芽種子における希少三糖ゲンチアノースの代謝経路の解明、日本生物工学会 (2011 Sep)
 14. 藤原真美、杉本幸裕、滝川浩郷：Solanacol の光学活性体合成に関する研究、日本農芸化学会関西支部例会 (2011 Dec)
 15. 岡澤敦司：寄生雑草の発芽を特異的に阻害するノジリマイシンの作用機構の解明と選択的除草剤への展開、2012 年度産学官学術交流委員会フォーラム、京都 (2012 Mar)
 16. 上野琴巳、水谷正治、滝川浩郷、杉本幸裕：LC-MS/MS による新奇ストリゴラクトン探索法の確立、日本農芸化学会大会 (2012 Mar)
 17. 中畠瞳、平垣内雅規、本並宜子、上野琴巳、水谷正治、滝川浩郷、杉本幸裕：合成ストライゴラクトン GR24 の植物による代謝と生成物の同定、日本農芸化学会大会 (2012 Mar)
 18. 本並宜子、中畠瞳、上野琴巳、水谷正治、滝川浩郷、杉本幸裕：ソルガムにおける 5-deoxystigol の酸化的代謝の解析、日本農芸化学会大会 (2012 Mar)
 19. 野村早紀、上野琴巳、村中聡、水谷正治、滝川浩郷、杉本幸裕：根寄生雑草 *Striga gesnerioides* 種子発芽誘導物質 alectrol の単離と構造決定、日本農芸化学会大会 (2012 Mar)
 20. 田中政志、久世雅樹、滝川浩郷：7 位が酸素化されたストリゴラクトン類の合成研究、日本農芸化学会大会 (2012 Mar)
 21. 鮫島啓彰、吉本千壽、Abdel Gabar Babiker、Samia Osman Yagoub、杉本幸裕：陸稲の異なる三種のストライガ抵抗性についてライゾトロン法を用いた評価、日本作物学会 (2012 Mar)
 22. 鮫島啓彰、Abdel Gabar Babiker、Samia Osman Yagoub、杉本幸裕：高温低湿度条件において灌水頻度と播種時期が NERICA4 の収量に及ぼす影響、日本熱帯農学会 (2012 Mar)
 23. 縄田浩志、石山俊、ムタッシムマッキー、ムサブハサン：「科学者学校」から学んだこと—スーダン東部ガダーリフ州におけるモロコシ天水農耕システム、日本ナイル・エチオピア学会第 21 回学術大会 (2012 Apr)
 24. 石山俊、縄田浩志、ムタッシムマッキー、ムサブハサン：アフリカ半乾燥地における天水農耕在来システムの研究、日本沙漠学会第 23 回学術大会 (2012 May)
 25. 縄田浩志、石山俊、ムタッシムマッキー、ムサブハサン：伝統的知識と近代技術の融合による根寄生雑草ストライガ対処法：スーダン東部ガダーリフ州半乾燥地域における耕耘機とディスク犁を用いた在来農法「サルワラ」に焦点をあてて、日本沙漠学会第 23 回学術大会 (2012 May)
 26. 縄田浩志：伝統的知識と近代技術の融合としての在来実践：スーダン東部ガダーリフ州半乾燥地域における耕耘機とディスク犁を用いた在来農法「サルワラ」について、東京外国語大学アジア・アフリカ言語文化研究所共同研究プロジェクト「社会開発分野におけるフィールドワークの技術的融合を目指して」2012 年度第 2 回研究会 (2012 Aug)
 27. 若林孝俊、安本周平、明石智義、青木俊夫、米山弘一、杉本幸裕、太田大策、村中俊哉、岡澤敦司：根寄生雑草ヤセウツボの発芽過程におけるノジリマイシンによる糖代謝阻害と発芽抑制の関連性 日本農芸化学会大会 (2013 Mar)
 28. 中畠瞳、野村早紀、水谷正治、滝川 浩郷、杉本 幸裕：根寄生植物 *Striga* 種子のス

- トライゴラクトンに対する構造要求性の解明 日本農芸化学会大会 (2013 Mar)
29. 東久保諒、Gregory Guirimand¹、若林孝俊、水谷正治、杉本幸裕、關光、村中俊哉、岡澤敦司：ヤセウツボ発芽種子で発現する β -マンノシダーゼの機能解析 日本農芸化学会大会 (2013 Mar)
 30. 若林孝俊、安本周平、明石智義、青木俊夫、米山弘一、杉本幸裕、太田大策、村中俊哉、岡澤敦司：ノジリマイシンによる根寄生雑草ヤセウツボ種子の発芽と糖代謝への影響、日本農薬学会第 38 回大会 (2013 March)
 31. 鮫島啓彰、吉本千壽、Abdel Gabar Babiker、杉本幸裕：ライゾトロン法でストライガ抵抗性を示した陸稲品種の野外試験での評価、日本作物学会 (2013 Mar)
 32. 田中政志、久世雅樹、滝川浩郷：7-Oxo-orobanchol の合成、日本農芸化学会大会 (2013 Mar)
 33. 若林孝俊、安本周平、明石智義、青木俊夫、杉本幸裕、太田大策、村中俊哉、岡澤敦司：ノジリマイシンの糖代謝阻害による根寄生雑草選択的な発芽抑制、第 31 回植物細胞分子生物学会 (2013 Sep)
 34. 秦大介、北原彩子、久世雅樹、滝川浩郷：Sorgomol の光学活性体の合成研究、日本農芸化学会関西支部例会 (2013 Dec)
 35. 東久保諒、Gregory Guirimand¹、若林孝俊、關光、村中俊哉、水谷正治、杉本幸裕、岡澤敦司、根寄生雑草ヤセウツボの発芽時に発現する β -マンノシダーゼの役割、日本農薬学会 (2014 Mar)
 36. 上野琴巳、本並宜子、中畠瞳、水谷正治、滝川浩郷、杉本幸裕：ソルガムにおける 5-deoxystigol から sorgomol への変換反応、日本農芸化学会大会 (2014 Mar)
 37. 東久保諒、Gregory Guirimand¹、若林孝俊、水谷正治、杉本幸裕、關光、村中俊哉、岡澤敦司：ヤセウツボ発芽種子で発現する β -マンノシダーゼの機能解析、日本農芸化学会大会 (2014 Mar)
 38. 鮫島啓彰、Abdel Gabar Babiker、杉本幸裕：ストライガの土壤中種子密度および生態型が陸稲品種の抵抗性に及ぼす影響、日本作物学会 (2014 Mar)
 39. 若林孝俊、杉本幸裕、村中俊哉、岡澤敦司：根寄生雑草発芽阻害剤ノジリマイシンが及ぼすプランテオース代謝経路への影響、日本植物細胞分子生物学会 (2014 Aug)
 40. 岡澤敦司：寄生雑草選択的な除草剤の開発に向けた代謝研究、日本生物工学会 (2014 Sep)
 41. 若林孝俊、村中俊哉、杉本幸裕、岡澤敦司：根寄生雑草選択的な発芽阻害剤ノジリマイシンがヤセウツボ発芽初期過程の遺伝子発現に及ぼす影響、日本農薬学会大会 (2015 Mar)
 42. 杉本幸裕、鮫島啓彰、滝川浩郷、Abdel Gabar Babiker、佐々木満：自殺発芽誘導による根寄生雑草ストライガ防除の有効性の検証、日本農薬学会大会 (2015 Mar)
 43. 石輪俊典、上野琴巳、中畠瞳、水谷正治、滝川浩郷、杉本幸裕：ソルガムにおける GR24 水酸化反応の立体特異性と位置選択性、日本農芸化学会大会 (2015 Mar)
1. Sugimoto, Y., Ueda, H.: Induction of phytoalexin biosynthesis in *Lotus japonicus* roots in response to *Striga hermonthica* attachment, 10th World Congress on Parasitic Plants (2009 Jun)
 2. Okazawa, A., Joseph, B., Bamba, T., Fukusaki, E., Yoneyama, K., Takeuchi, Y., Sugimoto, Y., Kobayashi, A.: Metabolome analysis of *Orobancha minor* seed germination for selective control of parasitic weeds, 10th World Congress on Parasitic Plants (2009 Jun)
 3. Sawada, R., Yamauchi, Y., Sugimoto, Y.: Germination response of *Striga hermonthica* and *Orobancha minor* seeds pre-treated with the synthetic strigolactone GR24, JSPS AA platform program and the Research Institute of Humanity and Nature (RIHN) Seminar on the Noxious Weeds *Striga hermonthica* and *Prosopis juliflora* (2009 Nov)
 4. Inoue, T., Yamauchi, Y., Babiker, A.G.T., Eltyeb, A.A., Samejima, H., Sugimoto, Y.: Stomatal response and photosynthetic capacity of *Striga* and sorghum under water stress. SATREPS-JSPS AA Science Platform Program Joint Seminar on *Striga* spp., the food security scourge in Africa (2010 Sep, Awaji Japan)
 5. Takikawa, H., Fujiwara, M., Kitahara, S.: Synthetic studies on natural and unnatural strigolactones. SATREPS-JSPS AA Science Platform Program Joint Seminar on *Striga* spp., the

- food security scourge in Africa (2010 Sep, Awaji Japan)
6. Ueno, K., Mizutani, M., Sugimoto, Y.: Qualitative and quantitative analysis of strigolactones using LC-MS/MS SATREPS-JSPS AA Science Platform Program Joint Seminar on *Striga* spp., the food security scourge in Africa (2010 Sep, Awaji Japan)
 7. Muranaka, S., Okazawa, A., Harada, K., Boukar, O.: New approaches to tackle with *Striga gesnerioides* parasitism in cowpea – A product of the AA linkage program. SATREPS-JSPS AA Science Platform Program Joint Seminar on *Striga* spp., the food security scourge in Africa (2010 Sep, Awaji Japan)
 8. Harada, K., Bamba, T., Fukusaki, E., Hirata, K., Muranaka, S., Boukar, O., Okazawa, A.: Introduction of metabolomics for analyzing metabolism in parasitic weed. SATREPS-JSPS AA Science Platform Program Joint Seminar on *Striga* spp., the food security scourge in Africa (2010 Sep, Awaji Japan)
 9. Okazawa, A., Joseph, B., Wakabayashi, T., Higashikubo, R., Harada, K., Muranaka, S., Boukar, O., Muranaka, T., Takeuchi, Y., Yoneyama, K., Sugimoto, Y.: Control of parasitic weeds by disturbing their crucial metabolic pathways, SATREPS-JSPS AA Science Platform Program Joint Seminar on *Striga* spp., the food security scourge in Africa (2010 Sep, Awaji Japan)
 10. Nawata, H., Ishiyama, S., Nakamura, R.: Sudanese people may have a longest history of sorghum production in the world: Anthropological understanding of its domestication and co-evolution with *Striga*. SATREPS-JSPS AA Science Platform Program Joint Seminar on *Striga* spp., the food security scourge in Africa (2010 Sep, Awaji Japan)
 11. Atsushi Okazawa, T Wakabayashi, Kazuo Harada, Satoru Muranaka, Toshiya Muranaka, Yasutomo Takeuchi, Koichi Yoneyama, Yukihiro Sugimoto: Sugar metabolism during germination of *Orobancha minor* as a novel target for selective control. 11th World Congress on Parasitic Plants (2011 Jun, Martina Franca)
 12. Promotive and inhibitory stereoisomers of strigolactones to seed germination of *Striga gesnerioides*: Yukihiro Sugimoto, Mitsuru Sasaki, Hirosato Takikawa. 11th World Congress on Parasitic Plants (2011 Jun, Martina Franca)
 13. Wakabayashi, T., Benesh, J., Higashikubo, R., Yasumoto, S., Harada, K., Muranaka, S., Takeuchi, Y., Yoneyama, K., Sugimoto, Y., Muranaka, T., Okazawa, A.: A novel strategy of parasitic weed control focusing on specific metabolism in germinating seeds, Japan-Korea Plant Biotechnology for the Next Generation, (2011 Dec, Narita Japan)
 14. Inoue, T., Yamauchi, Y., Eltyeb, A. A., Samejima, H., Babiker, A. G. T., Sugimoto, Y.: Gas exchange and stomatal response of root parasitic weed *Striga hermonthica* and sorghum under water stress, International Society of Root Research (2012 Jun, Dundee, UK)
 15. Babiker A. G. T., Sugimoto, Y.: The project on improvement of food security in semi-arid regions of Sudan through management of root parasitic weeds: An introductory note on project activities, International Seminar on SATREPS Project for *Striga* Management (2012 Sep 23, Khartoum, Sudan)
 16. Nakashima, H., Samejima, H., Sasaki, M., Takikawa, H., Babiker A. G. T., Sugimoto, Y.: T-010 a novel compound for induction of suicidal germination of *Striga hermonthica*, International Seminar on SATREPS Project for *Striga* Management (2012 Sep 23, Khartoum, Sudan)
 17. Inoue, T., Yamauchi, Y., Amani, H. E., Samejima, H., Ueno, K., Babiker A. G. T., Sugimoto, Y.: Translocation of host materials to parasite: Stomatal response and photosynthetic capacity of *Striga hermonthica* and sorghum under water stress, International Seminar on SATREPS Project for *Striga* Management (2012 Sep 23, Khartoum, Sudan)
 18. Samejima, H., Yoshimoto, C., Babiker A. G. T., Sugimoto, Y.: Evaluation of resistance of upland rice varieties to *Striga hermonthica* through laboratory, pot and field experiments, International Seminar on SATREPS Project for *Striga* Management (2012 Sep 23, Khartoum, Sudan)
 19. Hassan, M. M., Yamauchi, Y., Sugimoto, Y.: *Orobancha minor* germination and interaction with red clover, International Seminar on SATREPS Project for *Striga* Management (2012 Sep 23, Khartoum, Sudan)
 20. Rna Babiker, Yamauchi, Y., Sugimoto, Y.: Isolation of ACC synthase gene from *Striga gesnerioides*, International Seminar on SATREPS Project for *Striga* Management (2012 Sep 23,

- Khartoum, Sudan)
21. Amani, H. E., Sugimoto, Y.: Bioassay-guided purification of germination stimulants produced by sasame, International Seminar on SATREPS Project for *Striga* Management (2012 Sep 23, Khartoum, Sudan)
 22. Wakabayashi T., Yasumoto S., Akashi T., Aoki T., Sugimoto Y., Ohta D., Muranaka T., Okazawa A.: Inhibitory effect of nojirimycin on germination and sugar metabolism of a broomrape, WCPP (2013 Jul)
 23. Samejima H., Yoshimoto C., Babiker A.G.T., Sugimoto Y.: Evaluation of resistance of upland rice varieties to *Striga hermonthica* through laboratory, pot and field experiments, WCPP (2013 Jul)
 24. Ueno K., Motonami N., Nakashima H., Nomura S., Mizutani M., Takikawa H., Sugimoto Y.: The bioconversion of 5-deoxystrigol to monohydroxylated strigolactones by plants, WCPP (2013 Jul)
 25. Sugimoto Y., Nomura S., Nakashima H., Mizutani M., Takikawa H.: Structural requirements of strigolactones for germination induction and inhibition of *Striga gesnerioides* seeds, WCPP (2013 Jul)
 26. Elrasheed, M., Iba, H., Sakamoto, K.: Empowering peasant women farmers in Sudan: potential and challenges through development of weed control techniques, Annual Meeting of Rural Sociological Society (2013 Aug)
 27. Hiroaki Samejima, Chizu Yoshimoto, Ahmed El Mustafa, Abdel Gabar Babiker and Yukihiro Sugimoto, Evaluation of resistance of upland rice varieties to *Striga hermonthica* through laboratory, pot and field experiments. The 3rd Pest Management Conference of the Sudan, Wad Medani, Sudan (2014 Feb)
 28. Yukihiro Sugimoto, Kotomi Ueno, Shuhei Umeda, Toshio Furumoto, Masaharu Mizutani, Hirosato Takikawa, Rossitza Batchvarova, SU-01, a novel germination stimulant for root parasitic weeds from sunflower. Third International Symposium on Broomrape (Orobanchae spp.) in Sunflower, Cordoba, Spain (2014 Jun)
 29. Mutasim Elrasheed, Kiyohiko SaKaMoTo, Haruhiko Iba, Challenges for Farmers Field School in Sudan: Towards Participatory Synthesis of Traditional Practices and Modern Knowledge for Sustainable Farming and Livelihood, XVIII International Sociological Association, World Congress of Sociology, Yokohama, Japan (2014 July)
 30. Kiyohiko Sakamoto, Mutasim Elrasheed, Haruhiko Iba, Who fights against witch weed, who builds food security? Reflections on a participatory weed control program in Sudan, Rural sociological society, New Orleans, USA (2014 August)
 31. Samejima, H., Takikawa, H., Sasaki, M., Babiker, A.G.T., Sugimoto, Y.: Practicality of suicidal germination for combating the root parasitic weed *Striga hermonthica* on sorghum. The 1st International Congress on Strigolactones, Wageningen (2015 Mar)
 32. Sugimoto, Y., Ueno, K., Furumoto, T., Umeda, S., Mizutani, M., Takikawa, H., Batchvarova, R.: Heliolactone, a non-sesquiterpene lactone germination stimulant for root parasitic weeds from sunflower. The 1st International Congress on Strigolactones, Wageningen (2015 Mar)

③ポスター発表 (国内会議 24 件、国際会議 14 件)

1. 福富達也、水谷正治、杉本幸裕：根寄生植物の種子発芽刺激活性に対するストライゴラクトン B 環の修飾の影響について、植物化学調節学会第 44 回大会 (2009 Oct)
2. 土井智子、水谷正治、杉本幸裕：根粒共生がオロバンキの寄生に及ぼす影響、植物化学調節学会第 44 回大会 (2009 Oct)
3. 太田早矢香、水谷正治、杉本幸裕：根寄生植物ヤセウツボの寄生成立後の生長過程に関する形態学的観察、植物化学調節学会第 44 回大会 (2009 Oct)
4. 宮木紀嘉、杉本幸裕、滝川浩郷、三宅秀芳、佐々木満：ストリゴラクトンの合成と生物活性、第 24 回農薬デザイン研究会 (2009 Nov)
5. 太田早矢香、水谷正治、榊原均、杉本幸裕：根寄生植物オロバンキの成長過程における脱分化・分化の制御機構の解明、植物化学調節学会第 45 回大会 (2010 Nov)
6. 若林孝俊、Benesh Joseph、米山弘一、竹内安智、杉本幸裕、村中俊哉、岡澤敦司：根寄生雑草ヤセウツボの発芽に関わる糖代謝酵素の解析、植物化学調節学会第 45 回大会 (2010 Nov)
7. 井上知恵、山内靖雄、Abdel Gabar Babiker、Amani Hamad Eltayeb、鮫島啓彰、杉本幸裕：異なる土壌水分条件下での根寄生雑草ストライガとソルガムの気孔反応と光合成活

- 性、日本作物学会第 231 回講演会 (2011 Mar)
8. 上野琴巳、野村早紀、藤原真美、村中聡、水谷正治、佐々木満、滝川浩郷、杉本幸裕：根寄生雑草 *Striga gesnerioides* 種子発芽刺激物質の立体化学、天然有機化合物討論会 (2011 Sep)
 9. 井上共生、中畠瞳、佐々木満、滝川浩郷、水谷正治、杉本幸裕：イネの枝分かれ抑制ホルモンおよび根寄生植物種子の発芽刺激物質としての Strigolactone アナログの構造活性相関、植物微生物研究会 (2012 Sep)
 10. 上野琴巳、中畠瞳、野村早紀、水谷正治、滝川浩郷、杉本幸裕：様々な植物における 5-deoxystrigol の酸化代謝、第 47 回植物化学調節学会 山形大学農学部 2012.10.27～10.28 (2012 Oct)
 11. 中畠瞳、野村早紀、水谷正治、滝川浩郷、杉本幸裕：Striga gesnerioides 種子に対する発芽阻害物質の探索、第 47 回植物化学調節学会 山形大学農学部 2012.10.27～10.28 (2012 Oct)
 12. 本並宜子、中畠瞳、上野琴巳、水谷正治、滝川浩郷、杉本幸裕：ソルガムによる 5-deoxystrigol から sorgomol への変換、第 47 回植物化学調節学会 山形大学農学部 2012.10.27～10.28 (2012 Oct)
 13. 野村早紀、中畠瞳、上野琴巳、村中聡、水谷正治、滝川浩郷、杉本幸裕：根寄生植物 *Striga gesnerioides* 種子のストライゴラクトンに対する構造要求性の解明、第 47 回植物化学調節学会 山形大学農学部 2012.10.27～10.28 (2012 Oct)
 14. 井上共生、中畠瞳、佐々木満、滝川浩郷、水谷正治、杉本幸裕：Strigolactone の生理活性における最小構造、第 47 回植物化学調節学会 山形大学農学部 2012.10.27～10.28 (2012 Oct)
 15. 梅田修平、上野琴巳、水谷正治、杉本幸裕：ヒマワリが生産するストライゴラクトンの探索、第 47 回植物化学調節学会 山形大学農学部 2012.10.27～10.28 (2012 Oct)
 16. Gregory Guirimand、東久保諒、若林孝俊、水谷正治、杉本幸裕、關光、村中俊哉、岡澤敦司：Functional characterization of a β -mannosidase involved in the early germination process of the root-parasitic weed *Orobancha minor*, 第 54 回日本植物生理学会年会 (2013 Mar)
 17. 若林孝俊、安本周平、明石智義、青木俊夫、杉本幸裕、太田大策、村中俊哉、岡澤敦司：ノジリマイシンの糖代謝阻害による選択的な発芽抑制、第 31 回日本植物細胞分子生物学会大会 (2013 Sep)
 18. 梅田修平、上野琴巳、水谷正治、杉本幸裕：ヒマワリが生産する根寄生雑草発芽刺激物質の解析、植物化学調節学会第 48 回大会 (2013 Oct)
 19. 桑原一真、上野琴巳、三沢典彦、水谷正治、杉本幸裕： β -カロテン生産菌を用いたストライゴラクトン生合成中間体カルラクトン酵素合成の試み、植物化学調節学会第 48 回大会 (2013 Oct)
 20. 上野琴巳、本並宜子、中畠瞳、水谷正治、滝川浩郷、杉本幸裕：植物における 5-デオキシストリゴールからモノヒドロキシストリゴラクトンへの変換、植物化学調節学会第 48 回大会 (2013 Oct)
 21. 井上共生、藤岡聖、水谷正治、杉本幸裕：*S. gesnerioides* D14-like 遺伝子の探索とストライゴラクトン加水分解活性の評価、植物化学調節学会第 48 回大会 (2013 Oct)
 22. 若林孝俊、安本周平、明石智義、青木俊夫、杉本幸裕、太田大策、村中俊哉、岡澤敦司：根寄生雑草の選択的防除法確立に資するヤセウツボ発芽時の糖代謝に関する研究、植物化学調節学会第 48 回大会 (2013 Oct)
 23. 秦大介、久世雅樹、滝川浩郷：Sorgomol の光学活性体の合成研究、第 28 回農薬デザイン研究会 (2013 Nov)
 24. 鮫島啓彰、滝川浩郷、佐々木満、アブデルジャバー・バビカー、杉本幸裕：自殺発芽誘導による *Striga hermonthica* 抑制の実証、植物化学調節学会第 49 回大会 (2014 Oct)
 1. Atsushi Okazawa, Benesh Joseph, Takeshi Bamba, Eiichiro Fukusaki, Koichi Yoneyama,

- Yasutomo Takeuchi, Yukihiro Sugimoto, and Akio Kobayashi: Unique primary metabolism during seed germination of root parasitic plants, Plant Biology 2009 (2009 Jul)
2. Mie Kubo, Hyon, G.S., Park, P., Yukihiro Sugimoto: Water transport in xylem elements in the parasitic interaction of host (*Lotus japonicus*) and parasitic plants, 6th International Symposium on Electron Microscopy in Medicine and Biology 2009 (2009 Sep)
 3. Saki Nomura, Kotomi Ueno, Masaharu Mizutani, Hirosato Takikawa, Yukihiro Sugimoto: Germination stimulants for *Striga gesnerioides* from cowpea (*Vigna unguiculata*), 11th World Congress on Parasitic Plants (Martina Franca, 2011 June)
 4. Kotomi Ueno, Mami Fujiwara, Saki Nomura, Masaharu Mizutani, Mitsuru Sasaki, Hirosato Takikawa, Yukihiro Sugimoto: Structural requirements of strigolactones for induction of germination in root parasitic plants, 11th World Congress on Parasitic Plants (Martina Franca, 2011 June)
 5. Inoue, T, Yamauchi, Y, Eltyeb, AA, Samejima, H, Babiker, AGT, Sugimoto, Y, Gas exchange and stomatal response of root parasitic weed *Striga hermonthica* and sorghum under water stress, International Society of Root Research 2012 (2012, June)
 6. Samejima, H, Babiker, AG, Yagoub, SO, Sugimoto, Y, Growth and yield of NERICA4 under field conditions in Sudan, 6th International Crop Science Congress (2012 Aug)
 7. Motonami, N., Nakashima, H., Ueno, K., Mizutani, M., Takikawa, H., Sugimoto, Y.: Oxidation of 5-deoxy strigol in sorghum, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, 10th International Congress on Plant Molecular Biology (2012.10.21~26, Jeju, Korea)
 8. Guirimand G, Higashikubo R, Wakabayashi T, Yasumoto S, Mizutani M, Sugimoto Y, Seki H, Muranaka T, Okazawa A: Functional characterization of a β -mannosidase involved in the early germination process of *Orobancha minor*, WCPPP (2013 Jul)
 9. Takatoshi Wakabayashi, Shuhei Yasumoto, Tomoyoshi Akashi, Toshio Aoki, Takeshi Bamba, Eiichiro Fukusaki, Toshiya Muranaka, Yukihiro Sugimoto, Atsushi Okazawa, Distinctive sugar metabolism in root parasitic weeds as a novel target for their selective control, Metabolomics 2014, Tsuruoka, Japan (2014 Jun)
 10. Kotomi Ueno, Toshio Furumoto, Shuhei Umeda, Masaharu Mizutani, Hirosato Takikawa, Rossitza Batchvarova, Yukihiro Sugimoto, Heliolactone, a novel germination stimulant for root parasitic weeds from sunflower. PGRSA Annual Conference-2014, San Francisco, USA (2014 Jul)
 11. Takatoshi Wakabayashi, Shuhei Yasumoto, Tomoyoshi Akashi, Toshio Aoki, Yukihiro Sugimoto, Daisaku Ohta, Toshiya Muranaka, Atsushi Okazawa, Study on the effect of nojirimycin on sugar metabolism in germinating seeds of root parasitic weeds for selective control, 13th IUPAC International Congress of Pesticide Chemistry, San Francisco, USA (2014 Aug)
 12. Kotomi Ueno, Hitomi Nakashima, Masaharu Mizutani, Hirosato Takikawa, Yukihiro Sugimoto: Oxidative metabolism of 5-deoxystrigol in plants. The 1st International Congress on Strigolactones, Wageningen (2015 Mar)
 13. Shunsuke Ishiwa, Kotomi Ueno, Hitomi Nakashima, Masaharu Mizutani, Hirosato Takikawa, Yukihiro Sugimoto: Regioselective and stereospecific hydroxylation of GR24 by sorghum. The 1st International Congress on Strigolactones, Wageningen (2015 Mar)
 14. Masashi Tanaka, Yukihiro Sugimoto, Masaki Kuse, Hirosato Takikawa: Synthesis of 7-oxo-5-deoxystrigol, a 7-oxygenated strigolactone analog, 1st International Congress on Strigolactones, Wageningen, Netherland (2015 March)

(5)知財出願

- ①国内出願 (2 件)
- ②海外出願 (2 件)

1. 杉本幸裕、滝川浩郷、佐々木満:根寄生植物発芽調節剤及びそれを用いる根寄生植物の防除方法、特許出願 2011-111819 , PCT/JP2012/60817 (国際出願日:2012 年 4 月 23 日)
2. 杉本幸裕、滝川浩郷、佐々木満: 根寄生植物発芽阻害剤及びそれを用いる根寄生植物の防除方法、特許出願 2012-061700 , PCT/JP2013/54683 (国際出願日:2013 年 2 月 25 日)

③その他の知的財産権 なし

(6)受賞・報道等

①受賞

1. 土井智子、水谷正治、杉本幸裕：根粒共生がオロバンキの寄生に及ぼす影響、植物化学調節学会第 44 回大会 (2009 Oct 30) ポスター賞
2. 岡澤敦司：寄生植物の光応答に関する生理生化学的研究、植物化学調節学会 (2010 Nov 1) 奨励賞
3. 北原彩子、佐々木満、滝川浩郷：根寄生雑草種子発芽刺激物質 *Sorgomol* の合成、日本農芸化学会関西支部第 467 回講演会 (2010 Dec 4) 若手優秀発表賞
4. Ueda, H., Sugimoto, Y.: Vestitol as a chemical barrier against intrusion of the parasitic plant *Striga hermonthica* into *Lotus japonicus* roots. (2011 Mar 25) 2010 年 B.B.B. 論文賞
5. 若林孝俊、安本周平、明石智義、青木俊夫、杉本幸裕、太田大策、村中俊哉、岡澤敦司：ノジリマイシンの糖代謝阻害による選択的な発芽抑制、第 31 回日本植物細胞分子生物学会大会 (2013 Sep 13) ポスター賞
6. 若林孝俊、安本周平、明石智義、青木俊夫、杉本幸裕、太田大策、村中俊哉、岡澤敦司：根寄生雑草の選択的防除法確立に資するヤセウツボ発芽時の糖代謝に関する研究、植物化学調節学会第 48 回大会 (2013 Nov 1) ポスター賞

②マスコミ(新聞・TV等)報道(プレス発表をした場合にはその概要もお書き下さい。)

新聞報道

1. 神戸新聞 (2010 May 26) ここにも「ひょうご人」 草の根世界事情 スーダン(鮫島啓彰の活動の紹介)
2. Technology Newspaper (2010 Oct 17) “*Striga* research laboratory opened at the college of Agriculture Studies (SUST)” released by Sudan University of Science and Technology
3. Sudan Vision (2010 Oct 18) “*Striga* project laboratory opening ceremony”
4. Alshafa Newspaper (2010 Nov 1) “New research technology in University of Sudan for rice cultivation – Dean: Our continuous research is for food security and *Striga* control”
5. Almeghar Alsasy (2013 Mar 13) “The Japanese Ambassador in Khartoum Stands on the research projects at faculty of agricultural studies in Sudan University of Science and Technology”
6. Alshafa Newspaper (2013 Mar 13) “The Japanese Ambassador in Sudan stands on *Striga* (Buda) control Success”

テレビ報道

1. 2011 年 9 月 14 日に、ガダーレフ州で実施していた FFS と展示圃場 6 地域のうち 2 地域 (Tirfa と Ganan) が Al Shroog TV の取材を受け、プロジェクト関係者のインタビューも含めて、9 月 24 日 19:30 より「Agriculture news」で放送された。記事は Web (http://www.ashorooq.net/net/index.php?option=com_content&view=article&id=18662:2011-09-25-09-04-09&catid=37:2008-07-30-07-04-24&Itemid=29) に掲載された。
2. 2013 年 3 月 12 日に、在スーダン日本国大使が SUST を訪問し、副学長、学部長、プロジェクト関係者らと会談するとともにストライガ実験室、実験圃場を視察したことが、次のテレビで放送された。
 - 1) Alshorooq TV 07:30 PM Almashad Aliqtisadi Economical Vision
 - 2) Blue Nile TV 08:15 PM Almawqif Alikhbari-News
 - 3) Sudan TV 10:00 PM News Hour
3. 2014 年 9 月 15 日のシンポジウムの際に、SUST 学部長と Babiker 教授がインタビューを受け、次のテレビで放送された。
 - 1) Blue Nile TV 08:00 PM Main News
 - 2) Alshorooq TV 09:00 PM Evening Main News

4. 2015 年 2 月 5 日の伊藤大使による SUST 訪問の際に、大使および SUST 学部長と Babiker 教授がインタビューを受け、次のメディアで取り上げられた。

- 1) Sudan News Agency
- 2) Sudan TV
- 3) Akhbar Alyoum Newspaper
- 4) Alyoum Alfali Newspaper

①その他 なし

(7)成果展開事例

①実用化に向けての展開

- ・自殺発芽誘導剤の特許出願 2010-082370 (PCT/JP2011/57973) について、民間企業と実用化の見極めを行ってきた。

① 社会実装(研究成果の社会還元)への展開活動

- ・農民学校、Field day, Harvest day を毎年開催し、現地農民や関係者にストライガ防除技術の有効性を示した。
- ・ストライガ防除に関するパンフレットがアラビア語で刊行された。
- ・Arab Organization for Agricultural Developmentが出資するLocal Schoolの活動で、最初のカリキュラムとして、Gadaref におけるストライガ防除技術が紹介された。

§ 6 プロジェクト期間中の主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

① “ワークショップ、シンポジウム、小中高での特別授業、地域での講演、研究機関の一般公開での講演、その他チーム内ミーティング

年月日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの 招聘者数)	概要
2009.8.2-3	研究リーダー打合せ (非公開)	地球研・ 神戸大学	3 (1)	プロジェクト内容の詳細な打ち合わせ(日本学術振興会アジア・アフリカ学術基盤形成事業経費にて招聘)
2009.10.01	事業担当者連絡会 (非公開)	神戸大学	11 (0)	研究参加者および事務担当者によるプロジェクト情報の共有
2009.11.10-11	JSPS-RIHN Seminar	SUST (Sudan)	131 (0)	研究情報の交換ならびに協力関係の醸成・発展
2010.2.15	情報交換会 (非公開)	神戸大学	4 (1)	2010.9.14-15 に開催するセミナーの打合せ(日本学術振興会アジア・アフリカ学術基盤形成事業経費にて招聘)
2010.2.23	プロジェクト開始前 顔合わせ会 (非公開)	神戸大学	13 (0)	JICA、JST 担当者、神戸大学農学研究総務、会計担当者、研究参加者、業務調整員が事業の円滑な実施について情報交換、討議
2010.5.25	情報交換 (非公開)	JST 東京 本部	4 (0)	スーダンでの活動および 9 月のセミナーの準備状況を確認
2010.9.2	研究打合せ (非公開)	JST 東京 本部	5 (0)	JST および JICA 担当者と事業の進捗状況を共有し今後の課題について討論、9 月 14-15 日のセミナーの概要を説明
2010.9.14-15	SATREPS-JSPS 合同セミナー	淡路国際 会議場	多数 (8)	JSPS アジア・アフリカ学術基盤形成事業と SATREPD 事業が合同でセミナーを開催、アフリカの農業問題とその克服についての研究成果発表と討議
2010.12.17	生物資源分野年次 報告会 (非公開)	JST-CRDS	多数 (0)	プロジェクトの進行状況を把握し、JST は科学技術的観点から、JICA は開発援助の観点から、今後の活動計画について確認
2011.1.29	研究打合せ	京都私学	4 (0)	プロジェクトにおける総合地

	(非公開)	会館		球環境学研究所担当課題と進め方について討議
2011.2.24	平成 23 年度計画の打合せ(非公開)	JICA 本部	9 (0)	研究課題への取り組み方針について関係者間で確認
2011.3.18	植物科学グループ情報交換会(非公開)	神戸大学	6 (0)	2010.9 月以降の事業の進捗状況および JCC の内容を共有し、問題点について討議するとともに、2011 年度の活動予定を確認
2011.8.7	JCC Research Seminar	SUST (Sudan)	30 (0)	SAPTRPS 事業に関連した 6 課題の研究発表について、進捗状況を共有し、内容について討議
2011.9.20	平成 23 年度事業参加者情報交換会(非公開)	神戸大学	8 (0)	JICA との契約を平成 24 年 3 月末から 9 月末に延長することに伴い、プロジェクトの現状と見通しについて情報を共有
2012.2.20-3.2	SATREPS 写真展およびトークセッション(2.20)	世界銀行東京事務所	トークセッション参加者 20 (1)	SATREPS の活動を一般向けに写真で紹介するとともに、Babiker 教授を交えてトークセッションを開催し、啓蒙活動を行った。
2012.2.23	平成 24 年度事業参加者情報交換会(非公開)	神戸大学	8 (0)	平成 24 年度の展望と活動計画のすり合わせ、および平成 23 年度下半期のプロジェクトの活動について情報を共有
2012.5.28	Prof. Zwanenburg 講演会	神戸大学	60 (0)	ストライゴラクトンに関する最新の情報の共有と今後の研究の方向性についての討論
2012.8.17	中間評価に向けた対応協議(非公開)	神戸大学	8 (0)	7 月 13 日の JICA および JST 関係者との協議内容を研究参加者と共有し、的確な評価を受けられるように対応を協議
2012.9.23	International Seminar	SUST (Sudan)	50 (0)	プロジェクトの最新成果の交換および JICA ・ JST 団員との共有
2012.12.18	打合せ(非公開)	JICA 本部	3 (0)	中間レビュー時にスーダン側から示された要望への対応について協議
2012.12.24	Prof. Sasaki 講演会	SUST (Sudan)	25 (0)	自殺発芽誘導による根寄生雑草防除の基本的な考え方を、発芽刺激物質の化学と併せて解説
2012.12.25	第 4 回 JCC	SUST	16 (0)	中間レビューの内容の共有

	(非公開)	(Sudan)		と提言への対応の協議、プロジェクトの進捗状況と今後の活動方針を共有し、問題点について討議
2012.12.27	Prof. Sasaki 講演会	ARC (Sudan)	50 (0)	自殺発芽誘導による根寄生雑草防除の基本的な考え方を、発芽刺激物質の化学と併せて解説
2013.2.21	Dr. Mutasim Mekki 講演会	神戸大学	10 (1)	スーダン国における小規模農業者の現状と問題に関する研究会
2013.4.3	平成 25 年度事業参加者情報交換会 (非公開)	神戸大学	11 (0)	中間レビュー、中間評価、JCC を中心とする平成 24 年度の情報の共有と平成 25 年度の事業および研究の方向性についての討論
2013.7.9	JICA/JST/事業関係者情報交換会 (非公開)	神戸大学	15 (0)	JICA 担当者の交代、JST 担当者の追加、神戸大学事務担当者の交代等に伴い、事業関係者間の相互理解と事業の方向性を確認するために、これまでの主な情報の共有と今後の方向性についての協議
2013.7.23	打合せ (非公開)	JICA スーダン事務所	7 (0)	プロジェクトの進捗状況と今後の活動方針を共有し、問題点について討議、プロジェクト終了後の SUST との関係継続について意見交換
2013.11.21	梅原三貴久先生講演会	神戸大学	45 (0)	ストライゴラクトンの生理作用と生合成について情報収集
2014.3.19	打合せ (非公開)	JICA スーダン事務所	7 (0)	プロジェクトの進捗状況と最終年度の活動方針を共有し、問題点について討議、プロジェクト終了後の SUST との関係継続について意見交換
2014.4.4	平成 26 年度事業参加者情報交換会 (非公開)	神戸大学	10 (0)	平成 25 年度活動に関する情報共有と、平成 26 年度の事業および研究の方向性についての討論、ならびに終了時評価に向けた準備についての情報共有
2014.6.12	打合せ (非公開)	SUST	8(0)	新たに着任した JICA スーダン事務所長にプロジェクトの概要を説明

②合同調整委員会開催記録
(開催日、出席者、議題、協議概要等)

年月日	出席者	議題	概要
2010.12.26	Yousif Mohamed Ahmed Idris Abdel Gabar Eltayeb Babiker Migdam Elshik Abdel Gani Daffalla Ahmed Dawould Gadalla El Hassan Abdel Gadier Mohammed Hassan Nagawa Ahmed Mustafa Kenichi Shishido, Ayako Osada Masahiro Hatsu, Yukihiro Sugimoto Hiroshi Nawata, Hiroaki Samejima Hiroshi Kuwata, Mussab Hassan Abbass	全体の進捗の概観 事業推進に関わる問題点 の共有と解決策の討論 事業参加者の交代 研究者交流計画の策定 政府機関との連携確認	事業開始から 10 か月余り経ち、進 捗状況を共有す るとともに、克服 すべき問題点に ついて討議
2011.8.7	Yousif Mohamed Ahmed Idris Abdel Gabar Eltayeb Babiker Migdam Elshik Abdel Gani Daffalla Ahmed Dawould Abdel Gadier Mohammed Hassan Mubarak El Dawi, Mutasim Mekki Hiroaki Mori, Ayako Osada Masahiro Hatsu, Yukihiro Sugimoto Hiroaki Samejima, Tomoe Inoue Hiroshi Kuwata, Mussab Hassan Abbass	全体の進捗の概観 事業推進に関わる問題点 の共有と解決策の討論 事業参加者の交代 研究者交流計画の策定 政府機関との連携確認	プロジェクトの進 捗状況と今後の 活動方針を共有 し、問題点につ いて討議
2011.12.26	Yousif Mohamed Ahmed Idris Abdel Gabar Eltayeb Babiker Migdam Elshik Abdel Gani Daffalla Ahmed Dawould Ahmed Elshareef Mohamed Abdel Gadier Mohammed Hassan Mubarak El Dawi, Mutasim Mekki Sachi Yamada, Yukihiro Sugimoto Hiroaki Samejima, Hiroshi Kuwata	全体の進捗の概観 事業推進に関わる問題点 の共有と解決策の討論 研究課題の変更の承認 研究者交流計画の策定 政府機関との連携確認	プロジェクトの進 捗状況と今後の 活動方針を共有 し、問題点につ いて討議
2012.12.25	Yousif Mohamed Ahmed Idris Abdel Gabar Eltayeb Babiker Migdam Elshik Abdel Gani Daffalla Ahmed Dawould Abdul Gadir Mohamed Hassan Ahmed Al Shareef, Mubarak El Dawi Hiroyuki Mori, Masahiro Shiomi Hiroyuki Orikasa, Yukihiro Sugimoto Mitsuru Sasaki, Hiroaki Samejima Chizu Yoshimoto, Shinji Takeno Mussab Hassan Abbass	中間レビューの要約 中間レビューでの指摘事項 への対応 事業参加者の交代 分子生物学の推進	中間レビューの 内容の共有と提 言への対応の協 議、プロジェクト の進捗状況と今 後の活動方針を 共有し、問題点 について討議
2013.12.23	Salah Eldin Sid Ahmed Ahmed Abdel Gabar Eltayeb Babiker Migdam Elshik Abdel Gani Daffalla Ahmed Dawould Iglal Abdallah, Mubarak El Dawi Ayman Awad, Shiro Nabeya Shigeru Otake, Yurie Komine Masahiro Shiomi, Hiroyuki Orikasa Yukihiro Sugimoto, Masaki Kuse Hiroaki Samejima, Shinji Takeno Mussab Hassan Abbass	全体の進捗の概観 中間レビューでの指摘事項 への対応 事業終了までの活動計画	プロジェクトの進 捗状況と今後の 活動方針を共有 し、問題点につ いて討議

2014.9.21	Salah Eldin Sid Ahmed Ahmed Abdel Gabar Eltayeb Babiker Migdam Elshik Abdel Gani Daffalla Ahmed Dawould Iglal Abdallah, Mubarak El Dawi Siddig Bushra Awadalla Abdalla Abdelmula Shiro Nabeya, Keiko Itagaki Hiroyuki Hanada, Seiichi Koike Masahiro Shiomi Yukihiro Sugimoto, Masaki Kuse Hiroaki Samejima, Shinji Takeno Mussab Hassan Abbass	終了時評価の報告 機材のマニュアル作成 SUST のさらなる発展	終了時評価の報告を受け承認するとともに、提言について協議し、プロジェクトの今後の活動方針および終了後に活かすべく討議
2015.2.3	Salah Eldin Sid Ahmed Ahmed Yousif Mohamed Ahmed Idris Abdel Gabar Eltayeb Babiker Migdam Elshik Abdel Gani Daffalla Ahmed Dawould Iglal Abdallah, Mubarak El Dawi Seiichi Koike, Yukihiro Sugimoto, Masaki Kuse, Hiroaki Samejima, Shinji Takeno, Mussab Hassan Abbass	事業の成果報告 終了後の連携 Weed Ressearch Center 展望	一連の事業の成果を確認するとともに、新たな組織の立ち上げを含めた、今後の連携について討議

§ 7 国際共同研究実施上の課題の工夫、とそれを克服するため教訓など

プロジェクト全体の現状と課題

プロジェクト全体としてはいくつもの有意義な成果を挙げてきたと言える。最大の課題は、今後の共同研究体制の維持である。ここ数年、本プロジェクトで得た成果を基にいくつかの共同研究プロジェクトを提案してきた。2011 年に東日本大震災が発生するまでは、国際共同研究の推進を支援する事業がいくつもあり、本プロジェクトチームを中心とした申請も採択には至らなかったものの高い評価を得ていた。しかし、震災後、当然のことであるが、我が国の資源は震災からの復興ならびに被災地の活性化に力点が置かれることとなった。このため、プロジェクト継続の見通しが立たないままで事業を終了する。いったんは研究体制の縮小は避けられないが、JICA および JST には、プロジェクトの成果を評価いただき、さらなる投入に値すると判断いただければ、是非とも活動が継続できるような方策をお考えいただきたいと願っている。

スーダン側は 2011 年の南スーダン独立以来、経済が混乱の度を高めており、スーダンポンド安に歯止めがかからない中、生活の安定を求めて国を後にする国民が後を絶たない。研究者も例外ではなく、当プロジェクトからも、Samia と Rna が離脱した。Rna とともに技術移転の中核として研修コースにも参加した Amani は、Samia の後任として研究現場から管理運営に業務の軸足を移すことを余儀なくされた。これにより、SUST の研究能力の向上を担う若手研究者の育成方針は変更を迫られた。スーダンの安定は詳細策定調査報告に挙げられた懸念事項であり、その懸念が現実のものとなった。中間レビュー時にスーダン側から技術補佐員の育成強化が要請され、慎重に協議した結果、これに応じて Reem と Ismail を軸に技術移転を行うことでプロジェクト目標の達成を目指すこととした。日本側は研究者だけでなく技術補佐員まで派遣して協力しているだけに、丁寧に進めた手続きを経て内約されていた Ismail の研修の機会を、最終年度に入る直前にキャンセルされたことは、様々な意味で残念であった。

プロジェクト関連分野の現状と課題

ストライガホットスポットと言われる東アフリカでは、ストライガに汚染された農地の面積が過去 10 年間で 30% 増えたという調査報告がある。ストライガは他花受粉性であるため遺伝的多様性に富んでいることを考えると、発芽や成長の制御、宿主の耐性、除草などの様々な方法を組み合わせて、生活環全般にわたる総合的防除を目指すことが重要である。しかし、個々の成長段階について有力な方策が確立されてはならず、プロジェクト開始時点から、防除法開発の必要性は変わっていない。この間、本プロジェクトの貢献もあり、スーダン人研究者の能力は高まってきており、自律的にストライガ防除に取り組む基盤が形成されつつある。実践現場では、改良の余地はあるにせよ有効性を示して新たな方策を農民と共有していくことが大切である。この点について、プロジェクトを通して農民学校と展示圃場が有効に機能することを示すことができた。ストライガ防除に関わるアラビア語のパンフレットも完成し、情報共有の手段は確実に増えている。引き続き必要な経費を確保して、活動が維持、展開されることが望まれる。

プロジェクト期間中に関連分野を取り巻く研究環境で最も著しい変化が認められたのは、ストライゴラクトンの生理生化学である。近年、植物の形態を制御する新規ホルモンとして認知されたことにより、プロジェクトの活動においてもストライガの発芽刺激物質にとどまらず、植物の形態を制御する因子として、現象と関連付けて理解しようとする状況に至っている。LC-MS に代表されるように化学分析の精度と感度は日進月歩の高まりを見せているが、最新の LC-MS によるストライゴラクトンの分析感度でさえストライガの発芽試験の感度に遠く及ばない。そのため、SUST の研究者には豊富なストライガ関連資源を有している利点を活かして国際的な研究を展開する機会が訪れている。日本側研究者を含めて、自らの情報発信だけでなく、多くの植物生理生化学に携わる研究者からの発信と相俟って研究に注目が集まるのはありがたいが、その分、求められる実

験精度は高くなり、そのために研究手法が先進的になり、競争が熾烈になっている。スーダン側の研究環境はこれに対応していくには未だ十分とはいえないため、日本側がスーダン側と補完的に協力して研究競争に参加できることが理想であるものの、日本側研究者としても世界レベルの研究競争に遅れまいと活動することは避けられないため、スーダン側と密に連携して進められる研究課題の設定が難しくなっていくことが懸念される。

妥当性、有効性、効率性、自立発展性、インパクトを高める工夫

現地の喫緊の課題に対応するために強い要請を受けて計画したプロジェクトである。また、南スーダンの独立によりスーダンは原油に依存した国の運営が困難になったため、農業の重要性が再認識され、これにより、ストライガ防除も大きな課題と位置付けられている。このため、事業開始後にあらためてプロジェクトの妥当性を高めるための工夫を考えたことはない。

有効性については、スーダン側、日本側ともに、プロジェクトの趣旨に沿って実質的な貢献をすることに意欲的な研究者に絞って研究資源を投入した。また、スーダン側に投入された機材の有効利用を加速するため、日本に研究者を招聘して研修を行った後に、現地でのフォローアップを心掛けてきた。

スーダン側と日本側の研究代表者の関係が極めて近いため、運営に関して効率性を特段に意識しなければならないことはなかった。意図したわけではないが、現地に駐在するポスドクがスーダン側代表者宅の近隣に下宿したため、§8の図に示す、両国代表者と駐在者の三角形がきわめて効率よく機能し、円滑なプロジェクト運営が可能であった。また、研究環境の効率的な立ち上げを強く意図して、現地調達を基本とする JICA の方針には合わなかったが、初年度には多数の物品を本邦調達した。

自立発展性については、前項(1)で述べた、ときめき☆ひらめきサイエンスに類似の活動に代表されるように、研究が身近で興味深い活動であることを若い世代に実感させるよう、草の根的啓蒙を心掛けた。これを継続することは自立発展性を促す有効な手段だと考えており、JICA 草の根協力事業を申請しようと考えている。インパクトを高めるために、§5(6)に示すように現地のテレビ、新聞の取材には積極的に対応した。また、SUST 内部や近隣の研究機関での認知を高めるために講演会やシンポジウムを開催したほか、学長や大学本部職員に事業内容だけでなく実施にいたるまでの国際共同研究の経緯を説明した。

相手国、研究機関および研究者が取り組む必要事項

プロジェクト期間中、折々に治安に不安を感じたことはあった。例えば、大統領選挙、南スーダン独立に関する住民投票、経済の悪化に伴うストライキ等で市内が平穏さを失ったときには、駐在者に自宅待機が求められることもあった。また、南スーダン独立後、油田の領有を巡って国境付近で紛争があった 2012 年 4 月にカルツームに滞在していた際には、街中にはホテルから外出することが憚られるような雰囲気があった。アラブの春と呼ばれた反政府運動が一段落した現在でも、スーダンの政治的安定は予断を許さない。前述のように経済的な問題が解消されない限り、今後も人材流出は続く予想される。このような状況の中でも、SUST のストライガ研究に対して、スーダン高等教育省および財務省から年間 30 万ポンドという、スーダンでは破格の研究費が支援されている。また、若手研究者の Tilal が Volkswagen Foundation から、Postdoctoral fellowships for African Researchers という予算を獲得した。このような資金の獲得には、本プロジェクトの存在が一助となってきたかもしれない。そうであるにせよ、スーダン政府や他の援助機関からもストライガ克服の重要性が認識されていることは間違いないので、プロジェクト終了後も活動を維持できるよう、スーダン側で必要な資金を獲得するための、いっそうの努力が必要である。

類似プロジェクトへの教訓、提言

現在の理解に基づき、プロジェクト関係者の連携を図 26 にまとめた。本プロジェクトは比較的順調に進捗しているとお褒めの言葉を複数回いただいたことがある。他のプロジェクトの情報はほとんどないため、言葉通りに受け取ってよいかわからないが、そうであるとすれば、図中の赤線で示した三角形が本事業を支えた主要因の一つである。これはプロジェクト現場の連携の核であるので、機能を高く維持することが代表者の使命である。杉本と Babiker は事業開始時点で 15 年もの共同研究実績を有しており絶大な信頼関係を築いていた。現地に駐在した鮫島は、杉本、Babiker いずれとも協力的に仕事に取り組んだ。また、鮫島はスーダン側の研究者とも日本側の研究者とも良好な関係を築いた。新規にプロジェクトを立ち上げる日本側代表者には、自らが現地に駐在できない場合、代わって駐在する者の役割が非常に大きいことを伝えたい。緑色の三角形は JST、JICA と日本側研究代表者が形成する、運営の核である。いかに両機関担当者と連携を図り協力を引き出すかが研究代表者の大きな使命である。これらの使命を全うするために、赤色三角に関しては頻繁に現地に赴き膝を突き合わせて目を見て討議すること、緑色三角に関しては担当者が仕事をしやすいように迅速丁寧な対応を心掛けることを意識してきた。

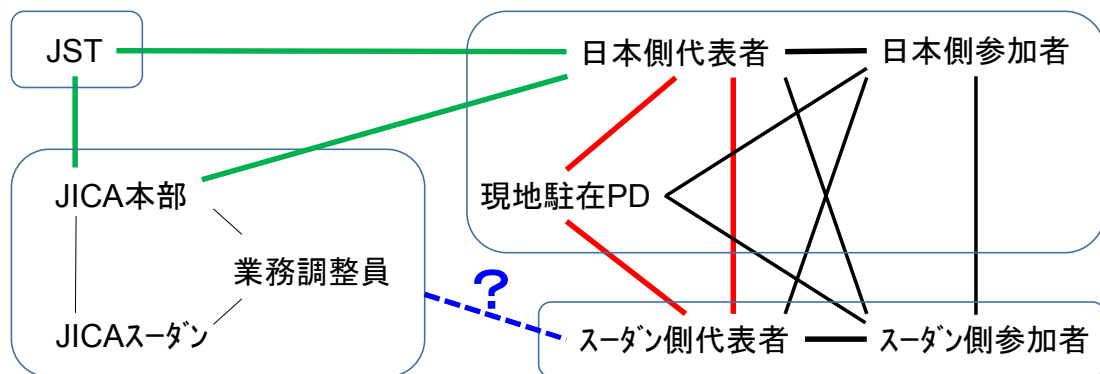


図 26. プロジェクト関係者の連携

§ 8 結び

自己評価

目標を高く掲げたために到達しなかった項目もいくつかあるが、自殺発芽誘導の有効性の実証、ストライゴラクトンと総称される化合物群の包括的な理解を可能としたいくつかの化合物の構造解明、耐性作物のスクリーニング技術の確立といくつかの耐性作物の選抜、新規防除標的としての糖代謝の重要性の発見など、全体的に当初の予想を上回る有意義な知見を得ることができた。その中には、何十年来の未解明の課題も複数あり、意義の大きな成果も多い。5年間、自由になる時間の殆どを本プロジェクトの運営に充ててきた立場として、研究計画時点での想定を上回る成果を達成できたことを喜ばしく思い、参加者並びにプロジェクトを支援していただいたJICA、JSTおよび両機関のご担当者に感謝している。代表者説明会で我が国の科学技術外交の最前線で働くことを自覚していただきたいとのプロジェクトディレクタの言葉に忠実であり続け、国費から少なからぬ経費を投入していただいたことに十分に答えることができたと自負している。

今後の展開

科学研究の視点からは、この報告書に述べた成果以外にも多数の萌芽を得ている。個別の知見を基礎研究として発展させるだけでなく、一部を統合して応用研究としても展開していきたい。社会実装については企業による実用化を期待し、引き続き実践的なデータを提供できる体制の維持に努めたい。そのための具体的な方策として、基礎研究としては科学研究費の支援を求め、応用研究としては、A-step やイノベーション創出基礎的研究推進事業（BRAIN）などに支援を求めたい。

科学技術協力の視点からは、相手国が自律的に発展させられるような形を整えて事業を終えることが望まれており、それを目指して活動してきたが、現状は播いた種が芽を出し成長しつつあるところである。プロジェクト終了とともに日本側研究者の関与が一斉に無くなると、スーダン側が現状のアクティビティを維持することは相当に困難である。協力してストライガ実験室ならびに実験圃場を整備・充実させてきた仲間として、また、人材や機材が投入される経過を目の当たりにしてきた一納税者として、例えば、JICA 草の根技術協力やJSPS 二国間交流、アジア・アフリカ学術基盤形成等、何らかの事業を通して、これまでの投入が開花結実に至るまでの過程に参画していきたいと考えている。

SUST では、本事業により整備されたストライガ実験室を核として、Weed Research Centerを設置する計画が進んでいる。同センターはアフリカ東部地域における雑草研究の拠点となることを目指しており、世界各地から人材を募る予定である。この計画が実現したら、積極的に同センターの立ち上げに協力し、二国間の交流をより広域的な国際共同研究へと発展させていきたい。

プロジェクト運営

研究代表者はプロジェクト運営にあたり、研究交流とは直接の関係が乏しい運営上の様々な用務には可能な限り自分で対応し、研究参加者、特にポスドクには負担させないことを心掛けた。この運営方針がもたらした成果とは言わないが、岡澤が大阪府立大学准教授にポジションを得たこと、井上、上野、鮫島が初めて科学研究費を獲得したこと、鮫島が連続して科学研究費を獲得したこと、上野が神戸大学育成研究員に採用され、さらには、2015年4月から鳥取大学講師のポジションを得たこと、中畠が専門を生かして企業にポジションを得たことなど、若手研究者の育成にいくばくかの貢献ができたと考えている。若手とは言えないかもしれないが、伊庭が京都大学准教授にポジションを得たことも付記したい。全てが順風満帆であったわけではなく、プロジェクト初期にはいくつかの愉快ではない事案にも遭遇した。幸い、プロジェクト全体に影を落とす深刻な問題とならないうちにプロジェクト外の関係者からも協力を得て解決できた。協力いただいた方々には本当に感謝している。プロジェクト全体をバランスよく機能させることが肝要であり、一時の摩

擦を生じようとも、それを阻む要因を摘み取ることも代表者の責務であると理解している。

SATREPS に対する意見、要望

研究代表者は研修コースの講師の一人としての微々たるお付き合いはあったものの、本プロジェクトが採択されるまで主体的に JICA と仕事をさせていただいたことはなかった。JST に関しても不採択となった提案を申請したことがあっただけであった。代表者説明会およびそれ以降の機会に受けた説明に基づいて、両機関とプロジェクトの実施に関する様々な調整を担ってきた。社会実装を意識した研究の推進を奨励する JST とのやりとりでは、違和感を覚えることはほとんどなかった。一方、科学技術協力を委託／受託しているという JICA との関係を理解するには2年くらいを要した。現時点でプロジェクト実施の手引きを読み返すとの確な記載がなされていることに気付くが、研究に比べて科学技術協力の経験が乏しい多くの事業参加者にとって、プロジェクト開始前に JICA 本部、現地事務所、業務調整員の位置取りを十分に理解することは容易ではなかった。§7 に示した図 26 で今なおわからないことは、スーダン側代表者と JICA を結ぶ青色の線があるのかどうか、あるとすればその至る先がどこかということである。スーダン側代表者とは現地の問題について頻繁に意見を交換した。本プロジェクトの場合は Babiker と杉本の関係がすこぶる近く、短期滞在の繰り返しではあったが年間4回程度のスーダン訪問を続け、また、在外事業強化費および科学研究費で招聘して頻繁に意思疎通を図った。さらに、両者をバランスよく繋ぐ駐在者の貢献も大きかった。これらのおかげで、問題解決に向けての初動が遅れることはなかった。開始時点で SATREPS 事業における JICA 関係者の位置取りと青色の線が結ぶ先を、代表者ならびに参加者が理解しやすいように示されていたら、いっそう効率的にプロジェクトを運営できたと感じている。

前述の通り、国内で SATREPS 事業よりも実効性が高い国際共同研究のプログラムはないと実感している。このようなプログラムを立案し実施していただいている JST と JICA にあらためて感謝の意を表したい。個々のお名前は挙げないが、本プロジェクトを近い関係でご担当いただいた JST 地球規模課題国際協力室の3名の職員、JICA 農村開発部の7名の職員にはとりわけお世話になりました。深くお礼申し上げます。

集合写真と科学技術協力の日常風景



第一回セミナー、2009 年、淡路島



SUST ストライガ実験室



SUST ストライガ実験室



SUST ストライガ実験室



SUST ストライガ実験室



SUST ストライガ実験室



SUST 実験圃場



SUST 実験圃場



Gadaref 圃場調査



Gadaref 農民学校



ストライガ被害調査



中間レビュー、2012 年、ガダーレフ



終了時セミナー、2014 年、Khartoum

§ 9 PDM の変遷 (該当する場合)

詳細策定調査で日本語のPDM(案)が作成された。これが中間レビューで version 1 と理解された。

事業名 (実施期間) : スーダン「根寄生雑草克服によるスーダン乾燥地農業開発」(5 年間/平成 22 年~平成 26 年)

対象地域 :

受益者層 (ターゲットグループ) : スーダン科学技術大学等のストライガ研究者

プロジェクト要約 (Narrative Summary)	指標 (Objectively Verifiable Indicators)	指標データ入手手段 (Means of Verification)	外部条件 (Important Assumptions)
上位目標 (Overall Goal) : 新たなストライガ対策の普及が進展する	・ ストライガ対策として開発された革新的な技術について、実用化に向けた具体的な提案や行動計画が SUST から「ス」国政府や農村に対して提示される。	・ 具体的提案、行動計画の文書、セミナー開催等	
プロジェクト目標 (Project Purpose) : スーダン科学技術大学 (SUST) のストライガ対策に関わる研究・開発・普及 (RDE) 能力が向上する	・ SUST にストライガ研究のための常設チームが設置される ・ SUST 内でストライガ研究のための中期的な予算計画が策定される ・ SUST 研究者が国際的な場で研究成果発表 (国際学会での発表、主要ジャーナルへの寄稿) を継続的に行うようになる	・ 常設チーム設置に関する SUST 内決裁書類 ・ SUST 内予算書 ・ 学会発表成果物、ジャーナル寄稿論文	・ SUST とス国政府機関や農村との協力関係が維持される。
成果 (Output) : 1. 革新的なストライガ防除技術が開発される 2. 農民のストライガ管理のための取組が改善される	1. 革新的なストライガ防除技術開発 1-1) 自殺発芽誘導物質の開発 1: 構造改組により発芽刺激物質の化学的安定性を高める 2: 更なる化学修飾により発芽刺激活性を高める 3: 対象発芽刺激物質の圃場での有効性が検証される 1-2) ストライガ防除微生物の探索 1: ストライガの発芽を阻害または促進する可能性がある微生物を探索する 2: 有効な微生物を発見する 3: 当該微生物のストライガ防除剤としての有効性が圃場で検証される 1-3) 選択的除草剤の探索 1: 特異的な代謝プロファイルが分かる 2: 当該代謝がストライガの生存に必須であることが分かる 3: 当該代謝を阻害する薬剤が発見される 1-4) 宿主養水分収奪機構の解析 1: ストライガの水分生理特性が解明される 2: ストライガを抑制する水管理条件が解明される 3: ストライガを制御できる作物の栽培条件が解明される 1-5) イネ・ソルガムのストライガ抵抗性と環境適応性の評価 1: イネ・ソルガムの遺伝子源を収集してストライガ抵抗性を評価する 2: ストライガ抵抗性の系統を選抜する 3: 選抜した系統のうち環境適応性を有する系統を選抜する 1-6) 抵抗性/耐性作物の選抜と新規輪作体系の考案 1: 新規導入作物のインビトロでのストライガ抵抗性を評価する 2: 新規導入作物の圃場でのストライガ抵抗性を評価する 3: 選抜された作物を組み合わせた新規輪作体系を考案する 2. 農民のストライガ管理慣行改善 2-1) 伝統的知識及び新技術受容性の調査 1: 伝統的知識を収集し、当該知識を体系的に整理する 2: 本事業で開発する防除技術の生産者の受容性を明らかにする 3: 生産者の受容性を踏まえ、有用な情報を現地語で提供する 2-2) ソルガム・コメの現地生産者・消費者の嗜好性調査 1: 従来のソルガム・コメ生産・消費方法に関する情報を収集し、実態を明らかにする 2: 生産者・消費者の双方に受容されるソルガム・コメ品種の特性を明らかにする 3: 生産者・消費者へのソルガム・コメ品種の普及に資する情報を現地語で提供する 2-3) 発芽刺激物質生産性に基づく輪作体系の改良 1: 発芽刺激物質高生産性のトラップクロープ (ストライガ非感受性作物) を選抜する 2: 発芽刺激物質低生産性のソルガムを選抜する 3: 発芽刺激物質生産性に関する知見を活かして改良された輪作体系を提案する	学会発表要旨集、公表論文、紀要、配布物、合同セミナー要旨	・ SUST の研究メンバーが頻繁に交替しない。
活動 (Activities) : 1-1) 自殺発芽誘導物質の開発 1-2) ストライガ防除微生物の探索 1-3) 選択的除草剤の探索 1-4) 宿主養水分収奪機構の解析 1-5) 稲の環境適応性とストライガ抵抗性の評価 1-6) 抵抗性/耐性作物の選抜と新規輪作体系の考案 2-1) 伝統的知識及び新技術受容性の調査 2-2) 現地住民・消費者の嗜好調査 2-3) 発芽刺激物質生産性に基づく輪作体系の改良	投入 (Inputs) 日本側 【専門家】 ・ 長期専門家: 業務調整員 (JICA が備上) 1 名 ・ 短期専門家 9 名 【資機材】 ・ 研究用の資機材 ・ プロジェクト車両 (四駆) 1 台		・ 調査地域での治安が悪化しない ・ 物価が高騰しない 前提条件 (Pre-conditions) : ・ ス国の治安が安定している
	現地側 【カウンターパート】 ・ リーダー 1 名 ・ 研究者 13 名 【資機材】 ・ 研究用資機材の一部 【施設】 ・ プロジェクトオフィス ・ ラボ ・ 試験圃場		

中間レビューで課題の変更を反映して、PDMe の日本語版と英語版(次ページ)が作成された。

事業名(実施期間): スーダン「根寄生雑草克服によるスーダン乾燥地農業開発」(5年間/平成22年3月1日~平成27年2月28日) 対象地域: ハルトウム、ガダーレフ州 受益者層(ターゲットグループ): スーダン科学技術大学(SUST)等のストライガ研究者、ガダーレフ州 FFS 関係者、農家			
作成日: 2012/08/09 バージョン: PDMe			
プロジェクト要約 (Narrative Summary)	指 標 (Objectively Verifiable Indicators)	指標データ入手手段	外部条件
上位目標 (Overall Goal) 新たなストライガ対策の普及が進展する	ストライガ対策として開発された革新的な技術について、実用化に向けた具体的な提案や行動計画が SUST からスーダン政府や農村に対して提示される。	・ 具体的提案、行動計画の文書、セミナー開催、等	
プロジェクト目標(Project Purpose) スーダン科学技術大学(SUST)のストライガ対策に関わる研究・開発・普及(RDE)能力が向上する	1) SUST にストライガ研究のための常設チームが設置される 2) SUST 内でストライガ研究のための中期的な予算計画が策定される 3) SUST 研究者が国際的な場で研究成果発表(国際学会での発表、主要ジャーナルへの寄稿)を継続的に行うようになる	・ 常設チーム設置に関する SUST 内決裁書類 ・ SUST 内予算書 ・ 学会発表成果物、ジャーナル寄稿論文	・ SUST とス国政府機関や農村との協力関係が維持される。
成果(Output) 1. 革新的なストライガ防除技術が開発される 2. 農民のストライガ管理のための取り組みが改善される	成果 1 革新的ストライガ防除技術開発 課題 1 新規自殺発芽誘導物質の開発 1-1 構造改編により発芽刺激物質の化学的安定性を高める 1-2 更なる化学修飾により発芽刺激活性を高める 1-3 対象発芽刺激物質の圃場での有効性が検証される 課題 2 ストライガ防除微生物の探索 2-1 ストライガの発芽を阻害または促進する可能性がある微生物を探索する 2-2 有効な微生物を発見する 2-3 当該微生物のストライガ防除剤としての有効性が圃場で検証される 課題 3 選択的除草剤の探索 3-1 特異的な代謝プロファイルが分かる 3-2 当該代謝がストライガの生存に必須であることが分かる 3-3 当該代謝を阻害する薬剤が発見される 課題 4 宿主養水分収奪機構の解析 4-1 ストライガの水分生理特性が解明される 4-2 ストライガを抑制する水管理条件が解明される 4-3 ストライガを制御できる作物の栽培条件が解明される 課題 5 イネ・ソルガムのストライガ抵抗性と環境適応性の評価 5-1 イネ・ソルガムの遺伝子源を収集してストライガ抵抗性を評価する 5-2 ストライガ抵抗性の系統を選抜する 5-3 選抜した系統のうち環境適応性を有する系統を選抜する 課題 6 抵抗性/耐性作物の選抜と新規輪作体系の考案 6-1 導入候補作物のインビトロでのストライガ抵抗性を評価する 6-2 導入候補作物の圃場でのストライガ抵抗性を評価する 6-3 選抜された作物を組み合わせた新規輪作体系を考案する 成果 2 農民のストライガ管理慣行改善 伝統的知識を収集し、当該知識を体系的に整理する(終了) 課題 7 新技術受容性と生産者・消費者の嗜好の調査 7-1 本事業で開発する防除技術の生産者の経済的・技術的な受容性を明らかにする 7-2 生産者・消費者の好むソルガム・コム品種の経済性を含む特性を明らかにする 7-3 調査結果のうち有益な情報を現地語で提供する 課題 8 ストライガ対処法の共有に向けた農民学校の実施 8-1 農民学校の運営・管理体制を強化する 8-2 農民学校におけるカリキュラムを決定し、教材を準備する 8-3 普及活動を実施する	学会発表要旨集、公表論文、紀要、配布物、合同セミナー要旨	・ SUST の研究メンバーが頻りに交替しない。
活動(Activities) 成果 1 に係る活動 課題 1 新規自殺発芽誘導物質の開発 課題 2 ストライガ防除微生物の探索 課題 3 選択的除草剤の探索 課題 4 宿主養水分収奪機構の解析 課題 5 イネ・ソルガムの環境適応性の検討とストライガ抵抗性の評価 課題 6 抵抗性/耐性作物の選抜と新規輪作体系の考案 成果 2 に係る活動 課題 7 新技術受容性と生産者・消費者の嗜好の調査 課題 8 ストライガ対処法の共有に向けた農民学校の実施	投入(Inputs) 日本側 【専門家】 長期専門家: 業務調整員(JICA が備上) 1 名 短期専門家 9 名 【資機材】 研究用の資機材 プロジェクト車両(四駆) 1 台		スーダン側 【カウンターパート】 リーダー 1 名 研究者 13 名 【資機材】 研究用資機材の一部 【施設】 プロジェクトオフィス ラボ、試験圃場、展示圃場
			・ 調査地域での治安が悪化しない ・ 物価が高騰しない 前提条件(Pre-conditions) ・ ス国の治安が安定している

Project Design Matrix (PDM)

Project Title: Improvement of food security in semi-arid regions of Sudan through management of root parasitic weeds (5 years from 1st March 2010 to 28th February 2015)

Target Area: Khartoum (Campus, experimentation farm and other facilities of SUST outside campus), Farming communities for field research and experimentation

Target Group: Direct Beneficiaries: Sudanese *Striga* researchers in SUST and other institutions, Indirect Beneficiaries: Farmers in Sudan and other countries

Prepared on 9th August 2012 Version: PDMe

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumption
Overall Goal Extension of new <i>Striga</i> control measures progresses.	• Specific suggestions and action plan on practical use of innovative technologies developed for <i>Striga</i> control are proposed to the Government of Sudan and farming villages	• Specific suggestions, Action plan, Seminars, etc.	
Project Purpose Research, development and extension (RDE) capacity of Sudan University of Science and Technology (SUST) to manage <i>Striga</i> is improved.	1) A permanent team of <i>Striga</i> researches is founded in SUST. 2) A mid-term budgetary plan for <i>Striga</i> researches is formulated in SUST. 3) The researchers of SUST enable to present research outcomes continuously at international forums including international workshop and conferences, and research papers in international journals.	• SUST Documents on foundation of a permanent team for <i>Striga</i> researches • SUST documents on Budget • Proceedings of Meetings • Published scientific papers	• Cooperation between SUST, governmental institutions and farming villages is maintained.
Output 1. Innovative technologies to control <i>Striga</i> are developed. 2. Farmers' practice to manage <i>Striga</i> is ameliorated.	Output 1. Development of innovative technologies for <i>Striga</i> control Subject 1: Development of novel germination stimulants 1-1 Chemical stability of germination stimulants is improved by alteration of chemical structure. 1-2 Stimulant activity is elevated by further chemical modification. 1-3 Efficacy of the target stimulants is demonstrated in experimentation farms. Subject 2: Search for microorganisms with potential to control <i>Striga</i> 2-1 Microorganisms with potential to inhibit or promote <i>Striga</i> germination are searched. 2-2 Effective microorganisms are found. 2-3 Effectiveness of the microorganisms is demonstrated at farm level. Subject 3: Search for selective metabolic inhibitors for <i>Striga</i> 3-1 The specific metabolic profile is revealed. 3-2 The specified metabolism is proved to be necessary for <i>Striga</i> survival. 3-3 A chemical to inhibit the metabolism is found. Subject 4: Analysis of translocation mechanisms of host materials to <i>Striga</i> 4-1 The water relations characteristics of <i>Striga</i> are illuminated. 4-2 Water management conditions to inhibit <i>Striga</i> growth are adjusted. 4-3 Culture conditions to inhibit <i>Striga</i> growth are developed for the respective crops. Subject 5: Evaluation of susceptibility of rice and sorghum to <i>Striga</i> and adaptability to ecosystems 5-1 Resistance of rice and sorghum against <i>Striga</i> is evaluated by analyzing genetic resources. 5-2 <i>Striga</i> -resistant breeds are selected. 5-3 The <i>Striga</i> -resistant breeds with adaptability to the local environment are developed. Subject 6: Selection of <i>Striga</i>-resistant/tolerant crops and establishment of crop rotation system 6-1 <i>Striga</i> -resistance of the candidate crops is evaluated <i>in vitro</i> . 6-2 <i>Striga</i> -resistance of the candidate crops is evaluated at experimental farms. 6-3 A crop rotation system with a combination of the selected crops is developed. Output 2. Amelioration of farmers' practice to manage <i>Striga</i> Traditional knowledge on <i>Striga</i> management is systematically compiled. Subject 7: Field research on acceptability of new technologies and local producers'/consumers' preference 7-1 Producers' economical and technical capacity for the <i>Striga</i> control technologies developed by the Project is demonstrated. 7-2 Economical and other characteristics of the sorghum and rice breeds favored by consumers are identified. 7-3 The beneficial information included in the study results is provided in Arabic. Subject 8: Implementation of FFS for sharing <i>Striga</i> control measures 8-1 The administration and management systems of FFS are strengthened. 8-2 The curriculums of FFS are formulated and teaching materials prepared. 8-3 Extension activities are carried out.	• Proceedings of Meetings • Published scientific papers • Bulletins • Handouts • Syllabuses of joint seminars	• The research members of SUST do not often change.
Activities Under Output 1 Subject 1: Development of novel germination stimulants Subject 2: Search for microorganisms with potential to manage <i>Striga</i> Subject 3: Searching for selective metabolic inhibitors for <i>Striga</i> Subject 4: Analysis of translocation mechanisms of host materials to <i>Striga</i> Subject 5: Evaluation of susceptibility of rice and sorghum to <i>Striga</i> and adaptability to ecosystems Subject 6: Selection of <i>Striga</i> -resistant/tolerant crops and establishment of crop rotation system Under Output 2 Subject 7: Field research on acceptability of new technologies and local producers'/consumers' preference Subject 8: Implementation of farmers' field school (FFS) for sharing the <i>Striga</i> control measures	Inputs Japanese side [Experts] • Long-term expert: 1 Project Coordinator • Short-term expert: 9 Researchers [Materials and Equipment] • Materials and equipment necessary for research • One 4WD vehicle Sudanese side [Counterpart personnel] • 1 Leader • 13 Researchers [Materials and Equipment] • A part of materials and equipment necessary for research [Facilities] • Project Office • Laboratories • Experiment farm plots		• The security in the study areas does not deteriorate. • The prices do not soar. Pre-conditions • The security of Sudan is stable.

英語版を JCC で承認して PDM version 2 とした。

Project Design Matrix (PDM)							
Project Title: Improvement of food security in semi-arid regions of Sudan through management of root parasitic weeds (5 years from 1st March 2010 to 28th February 2015)							
Target Area: Khartoum (Campus, experimentation farm and other facilities of SUST outside campus), Farming communities for field research and experimentation							
Target Group: Direct Beneficiaries: Sudanese <i>Striga</i> researchers in SUST and other institutions, Indirect Beneficiaries: Farmers in Sudan and other countries							
Prepared on 25th December 2012 Version: PDM2							
Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumption				
Overall Goal Extension of new <i>Striga</i> control measures progresses.	• Specific suggestions and action plan on practical use of innovative technologies developed for <i>Striga</i> control are proposed to the Government of Sudan and farming villages	• Specific suggestions, Action plan, Seminars, etc.					
Project Purpose Research, development and extension (RDE) capacity of Sudan University of Science and Technology (SUST) to manage <i>Striga</i> is improved.	1) A permanent team of <i>Striga</i> researches is founded in SUST. 2) A mid-term budgetary plan for <i>Striga</i> researches is formulated in SUST. 3) The researchers of SUST enable to present research outcomes continuously at international forums including international workshop and conferences, and research papers in international journals.	• SUST Documents on foundation of a permanent team for <i>Striga</i> researches • SUST documents on Budget • Proceedings of Meetings • Published scientific papers	• Cooperation between SUST, governmental institutions and farming villages is maintained.				
Output 1. Innovative technologies to control <i>Striga</i> are developed. 2. Farmers' practice to manage <i>Striga</i> is ameliorated.	Output 1. Development of innovative technologies for <i>Striga</i> control Subject 1: Development of novel germination stimulants 1-1 Chemical stability of germination stimulants is improved by alternation of chemical structure. 1-2 Stimulant activity is elevated by further chemical modification. 1-3 Efficacy of the target stimulants is demonstrated in experimentation farms. Subject 2: Search for microorganisms with potential to control <i>Striga</i> 2-1 Microorganisms with potential to inhibit or promote <i>Striga</i> germination are searched. 2-2 Effective microorganisms are found. 2-3 Effectiveness of the microorganisms is demonstrated at farm level. Subject 3: Search for selective metabolic inhibitors for <i>Striga</i> 3-1 The specific metabolic profile is revealed. 3-2 The specified metabolism is proved to be necessary for <i>Striga</i> survival. 3-3 A chemical to inhibit the metabolism is found. Subject 4: Analysis of translocation mechanisms of host materials to <i>Striga</i> 4-1 The water relations characteristics of <i>Striga</i> are illuminated. 4-2 Water management conditions to inhibit <i>Striga</i> growth are adjusted. 4-3 Culture conditions to inhibit <i>Striga</i> growth are developed for the respective crops. Subject 5: Evaluation of susceptibility of rice and sorghum to <i>Striga</i> and adaptability to ecosystems 5-1 Resistance of rice and sorghum against <i>Striga</i> is evaluated by analyzing genetic resources. 5-2 <i>Striga</i> -resistant breeds are selected. 5-3 The <i>Striga</i> -resistant breeds with adaptability to the local environment are developed. Subject 6: Selection of <i>Striga</i>-resistant/tolerant crops and establishment of crop rotation system 6-1 <i>Striga</i> -resistance of the candidate crops is evaluated <i>in vitro</i> . 6-2 <i>Striga</i> -resistance of the candidate crops is evaluated at experimental farms. 6-3 A crop rotation system with a combination of the selected crops is developed. Output 2. Amelioration of farmers' practice to manage <i>Striga</i> Traditional knowledge on <i>Striga</i> management is systematically compiled. Subject 7: Field research on acceptability of new technologies and local producers/ consumers' preference 7-1 Producers' economical and technical capacity for the <i>Striga</i> control technologies developed by the Project is demonstrated. 7-2 Economical and other characteristics of the sorghum and rice breeds favored by consumers are identified. 7-3 The beneficial information included in the study results is provided in Arabic. Subject 8: Implementation of FFS for sharing <i>Striga</i> control measures 8-1 The administration and management systems of FFS are strengthened. 8-2 The curriculums of FFS are formulated and teaching materials prepared. 8-3 Extension activities are carried out.	• Proceedings of Meetings • Published scientific papers • Bulletins • Handouts • Syllabuses of joint seminars	• The research members of SUST do not often change.				
Activities Under Output 1 Subject 1: Development of novel germination stimulants Subject 2: Search for microorganisms with potential to manage <i>Striga</i> Subject 3: Searching for selective metabolic inhibitors for <i>Striga</i> Subject 4: Analysis of translocation mechanisms of host materials to <i>Striga</i> Subject 5: Evaluation of susceptibility of rice and sorghum to <i>Striga</i> and adaptability to ecosystems Subject 6: Selection of <i>Striga</i> -resistant/tolerant crops and establishment of crop rotation system Under Output 2 Subject 7: Field research on acceptability of new technologies and local producers/ consumers' preference Subject 8: Implementation of farmers' field school (FFS) for sharing the <i>Striga</i> control measures	Inputs <table><tr><th>Japanese side</th><th>Sudanese side</th></tr><tr><td>[Experts] • Long-term expert: 1 Project Coordinator • Short-term expert: 9 Researchers [Materials and Equipment] • Materials and equipment necessary for research • One 4WD vehicle</td><td>[Counterpart personnel] • 1 Leader • 13 Researchers [Materials and Equipment] • A part of materials and equipment necessary for research [Facilities] • Project Office • Laboratories • Experiment farm plots</td></tr></table>		Japanese side	Sudanese side	[Experts] • Long-term expert: 1 Project Coordinator • Short-term expert: 9 Researchers [Materials and Equipment] • Materials and equipment necessary for research • One 4WD vehicle	[Counterpart personnel] • 1 Leader • 13 Researchers [Materials and Equipment] • A part of materials and equipment necessary for research [Facilities] • Project Office • Laboratories • Experiment farm plots	• The security in the study areas does not deteriorate. • The prices do not soar. Pre-conditions • The security of Sudan is stable.
Japanese side	Sudanese side						
[Experts] • Long-term expert: 1 Project Coordinator • Short-term expert: 9 Researchers [Materials and Equipment] • Materials and equipment necessary for research • One 4WD vehicle	[Counterpart personnel] • 1 Leader • 13 Researchers [Materials and Equipment] • A part of materials and equipment necessary for research [Facilities] • Project Office • Laboratories • Experiment farm plots						

研究課題名	根寄生雑草克服によるスーダン乾燥地農業開発
研究代表者名 (所属機関)	杉本 幸裕(とりまとめ) (神戸大学 大学院 教授)
研究期間	H21採択 平成21年11月10日から平成27年3月31日まで (5年間)
相手国名	スーダン
主要相手国研究 機関	スーダン科学技術大学(SUST)

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	・イネに対するストライガの潜在的脅威の解明 ・自殺発芽誘導によるストライガ防除の有効性の検証
科学技術の発展	・ストライゴラクトンの構造と生理活性の多様性の解明 ・種子貯蔵エネルギーの発芽時の利用機構の解明
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	・発芽誘導・阻害によるストライガ防除法(特許2報) ・有用微生物としてのFusarium brachygibbosumの同定
世界で活躍できる日本人人材の育成	・若手研究者による国際会議での発表(17報) ・若手研究者によるスーダン人研究者育成への貢献
技術及び人的ネットワークの構築	・ストライガ防除法の普及のためのFarmers' Field Schoolの設立と運営システムの確立 ・SUSTのWeed Research Center設立構想
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	・農民向けストライガ対処マニュアル(アラビア語) ・発芽刺激物質の構造・活性に関わる論文9報 ・寄生に対する宿主植物の応答に関わる論文2報 ・寄生植物種子の発芽応答に関わる論文2報

JST上位目標

スーダンにおけるソルガムあるいはイネの収量が増大し安定的な作物生産システムが確立する

スーダン乾燥地に適したストライガ防除法が農民学校を通じて普及される

JSTプロジェクト目標

ストライガの寄生メカニズムが解明され、スーダン乾燥地に適したストライガ防除法が開発される

