

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別中間評価報告書

1. 研究課題名

スーダンおよびサブサハラアフリカの乾燥・高温農業生態系において持続的にコムギを生産するための革新的な気候変動耐性技術の開発 (2019年4月～2024年3月)

2. 研究代表者

2-1. 日本側研究代表者：辻本 壽 (鳥取大学乾燥地研究センター 教授)

2-2. 相手側研究代表者：IZZAT SIDAHMED ALI TAHIR (スーダン共和国農業研究機構 (ARC) コムギ研究プログラム 准教授)

3. 研究概要

サブサハラアフリカでは、今後世界で最も栄養不足人口が増えると予想されている。スーダンでは近年コムギの需要が高まっているが、高温や乾燥等の不良環境のため、需要と供給のギャップが拡大し、多くを輸入に頼っている。

本プロジェクトは、高温・乾燥に耐性を有し、かつ高栄養・高品質なコムギ品種の開発が急務であるという背景をふまえ、これまでのスーダンとの共同研究の実績を生かして開発した新規遺伝資源を分子育種技術でスーダンの品種に導入すること、そこで開発された品種をイノベーションプラットフォームによって普及すること、さらにこれらを持続的に遂行できる人材を養成することを目的とする。

プロジェクトは以下5つの研究題目で構成されている。

- (1) 分子育種技術を用いた高温・乾燥耐性系統の開発
- (2) 高温・乾燥ストレスの穀粒および品質に与える影響調査
- (3) 将来の分子育種のための耐性の生理的メカニズム解明
- (4) 将来の気候変動下でのコムギ生産予想シナリオ作成
- (5) 持続的運営のための人材育成と技術移転の促進

4. 評価結果

総合評価：A (所期の計画と同等の取組みが行われている)

本課題では、プロジェクト開始後まもなくクーデターが勃発し、次はコロナ禍に見舞われ、その後再度クーデターで政変が起きたため、プロジェクトの運営は極めて困難であったと考えられる。しかし、鳥取大学とARCとの長年の共同研究のネットワークをもとに、オンラインでの緊密な

研究体制を構築し、当初計画からそれほど遅れることなく運営してきた。

研究題目 1では、研究代表者らが予め開発していた日本で高温耐性を示すMSD系統に加え、小麦農林 61号との戻し交配組換え近交系統群 (BILs)、多重派生系統群 (MDL) を複数地点で栽培し、それぞれの農業形質の評価結果と分子マーカーの連鎖関係を見ることで高温、高温・乾燥複合ストレス耐性に関与する量的形質遺伝子座 (QTL) を同定するなど、基礎研究の部分で成果を挙げ始めている。

研究題目 2~4の小麦粉品質、耐性機構解明、気候変動下での生産予測解析の研究活動については、各題目で得られた知見をどのように統合し、遺伝育種に活かしていくかといった道筋が明確に示されていないものの、個々の研究においては着実に計画が遂行されている。

研究題目 5については、イノベーションプラットフォーム (IP) の活動は進められているものの、その評価結果が示されていないため一連の活動の効果が不明確である。また、スーダン現地でコムギの分子育種を推進させるための分子育種施設の整備が遅れていることが大きな懸念として残っている。

その他にもコロナ禍の影響を受けて現地での研修を通じた技術移転が計画通りできなかったため、現地人材の育成については十分とは言えないが、本課題では、中間評価会の開催時までには23編の研究論文が発表され、そのうち 15編はスーダン人研究者との共著が含まれていることから、SATREPSの目標のひとつであるキャパシティデベロップメントは着実に進んでいることが分かる。

また、日本での長期研修による相手国人材の育成も順調に進んでおり、博士号取得者が今後スーダンへ帰国して現地での研究の推進に貢献することが期待される。

以上のことから、所期の計画と同等の取組みが行われていると評価できる。

4-1. 国際共同研究の進捗状況について

スーダンとの国際共同研究を通じて、コムギ野生種を用いた多重合成コムギ (MSD) 集団などの育種利用が順調に進んだことは評価できる。

スーダンの高温、中温、低温条件の 3地点で、MSD、BILs、4倍性コムギのMDLおよびスーダン実用品種と高温耐性系統の交配後代を栽培し、さらに高温地点のワドメダニでは遅延播種による超高温環境での栽培も行うことで、系統によって成長や種子収量等の減少率の違いを観察した。さらに、ゲノムワイド関連解析から異なる温度条件で異なる染色体領域が耐性に関係していることを明らかにするとともに、QTLマーカーの開発に取り組んでいる。この一連の活動は今後の高温耐性コムギ育種の実現につながる研究成果であると評価できる。

ストレス耐性機構解明に関する研究では、アブシジン酸 (ABA) 高感受性系統が乾燥耐性を有することを示し、乾燥耐性のQTLが同定され、ABA高感受性系統の育種利用が一歩進んだ。

小麦粉品質解析に関する研究では、高温・乾燥ストレスがコムギの収量および小麦粉強度に及ぼす影響が明らかにされた。また、高温・乾燥に対する耐性の異なる系統を用いて、代謝変動を

解析し、育種に利用できるマーカーが探索された。

気候変動下での生産予想シナリオに関する研究では、将来気候下（2050年）におけるコムギの収量予測を行った。

以上、それぞれの研究題目において、計画に沿って概ね着実に事業が進んでおり、スーダンにおける新技術を用いたコムギの持続的な育種や研究へと展開していくことが期待される。

イノベーションプラットフォームについては、コロナ禍により日本人研究者の渡航が難しく実施を危ぶんだが、スーダン側研究者が積極的に取り組み、政策決定者、企業、農民、普及所職員、研究者、投資家が参加して4地域で行うことができた。今後育成される高温・乾燥耐性のコムギ新品種の普及にイノベーションプラットフォームが大きな働きを担うことが期待できる。

一方で、分子育種施設の整備が遅れている。スーダンでの持続的な育種や研究のシステム構築に影響を及ぼすことが危惧されるため、施設の早急な整備が必要である。

4-2. 国際共同研究の実施体制について

2度の政変とコロナ蔓延にともなう渡航制限により対面方式の事業実施が困難な中で、リモートによるコミュニケーションを密にし、日本側および相手国との共同研究を着実に遂行している。

スーダン側もイノベーションプラットフォームを中心に日本側と連携を取りながらプロジェクトを推進しており、育種関連の研究結果だけでなく、生産予測の結果が気候変動に関する政府間パネル第6次評価報告書（IPCC-AR6）に引用されるなど、日本とスーダンそれぞれのチームが同等の力を発揮しているように見受けられる。

中間評価時点で分子育種施設が整備されていないため、プロジェクトを持続的に実施できる体制が確立されたとは言えないが、供与機材については概ね計画通りに現地に導入され、活用されている。機材供与や現地の施設建設においては課題が山積していたが、研究代表者の非常に優れたリーダーシップのもと、大学事務関係者がしっかりと連携し、それらに対処し困難を克服しつつあるなど、そのプロジェクト運営手法は卓越しており、高く評価できる。

また、プロジェクト初年目から長期研修生を日本に留学させて研究を通じた人材育成を実施し、中間評価までに博士学位を取得させて、プロジェクト後半で本国に戻り中核研究者として研究を牽引する体制を整備したことは高く評価できる。今後は短期研修による技術習得を進め、スーダンではイノベーションプラットフォームの継続的な実施と評価、農民学校やフィールドデーの開催を通じて、コムギ栽培の技術移転を促進する活動を強化していただきたい。

4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

本プロジェクトは、世界のコムギ生産地帯の中でも高温・乾燥条件の最も厳しい条件下にあるスーダンにおいて、栽培可能なコムギ遺伝資源の開発と選抜マーカーを利用した分子育種技術の利用、そしてその基盤整備（施設と人材）を目指しているが、その成果は他のアフリカの低緯度

地帯をはじめ、高温・乾燥下で安定的なコムギ生産を目指す世界の国々に対して大きなインパクトを持つと考えられる。さらに気候変動下で栽培可能な品種は世界の食料安全保障に大きく貢献することが期待される。

プロジェクト期間内に計画されている新規遺伝資源（系統）の登録、種子増殖と配布の完了を目標としていることを研究者間で共有し、今後の研究を進めることが重要である。高温・乾燥への遺伝的耐性を格段に高めた系統を用いて、適品種を育成するべく、育種選抜手法の開発にターゲットを絞り、参画研究者全員の協力・連携のもとに研究を進めてもらいたい。

今後の持続的な科学技術の発展について言えば、若手人材の育成は不可欠である。コロナ禍の前は日本人若手研究者や学生を相手国に同行させるなど人材育成に努め、その中には日本の研究機関において研究員の職を得た者もいる。大学院に進学する日本人学生の数が少なくなっている現状や、コロナ禍においてやむを得ず派遣が滞ったことは残念であるが、プロジェクトの後半は積極的に若手研究者のキャパシティー・ビルディングも図っていただきたい。

4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込み

気候変動下で栽培可能なコムギ品種の開発は、スーダンに限らず世界の食料安全保障にとって非常に重要な課題であり、様々な遺伝特性や生理的特性を有する品種は、遺伝資源としての利用に加え、相手国における奨励品種となって食料生産にも貢献できる可能性が高く、また今後の研究に活用される見込みも高い。その意味において分子育種施設を熱帯産コムギの研究拠点にするという構想はこのプロジェクトの中核を成すものであることから、早期の整備を期待する。

また、これまでに鳥取大学と ARC の間に築かれた連携関係や人的ネットワークをもとにした学術交流の実績があり、本プロジェクトでも 10 名近くの長期研修生を受け入れるなど相手国若手研究者の育成は着実になされているので、プロジェクト後の人的交流継続の見込みは高い。

ただし、こうした施設の継続的運用や相手国研究機関の自立的・自主的な研究活動の継続のためには、本プロジェクト終了後も共同研究継続のための予算獲得が必要であるため、両国研究者の努力に期待する。さらに、持続性という観点から言えば、研究予算獲得の他にも新品種の知的財産権を確保するなど、プロジェクトが創出した成果を正当に利用し続けられるようにしてもらいたい。

4-5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

1. 本プロジェクト目標のひとつは、スーダンに適した高温・乾燥耐性の高い系統の登録および種子の増殖と配布である。このことを参画研究者の共通認識として、後半の活動を目指達成に向けた研究に集中し統合化することが重要である。育種目標を明確にし、その達成の道筋を決めて進めていただきたい。

2. コムギ育成材料をスーダン以外の国に分譲する際は、知的財産権を十分に確保してから行っていただきたい。知財管理は後で議論すると却って問題が大きくなり、結果的に解決が困難になってしまうことが多い。早急にプロジェクトの内外で議論を始めていただきたい。
3. 高温・乾燥耐性コムギ育種にかかわる基礎研究は順調に進展しているように見受けられる。今後は、遺伝資源の評価（世界の既存品種・系統との相対的な評価）、高温・乾燥耐性の生理学的機構の解明、およびそれらの育種への利用可能性についての解明を期待したい。
4. 世界のコムギの栄養研究では、高温下での穀実における亜鉛、鉄分の低下に高い関心が集まっている。本プロジェクトはその原因や対策を見出す絶好のチャンスである。ぜひ世界の注目を浴びるような成果を出していただきたい。
5. スーダンの農業環境条件を日本の研究施設で再現し、2050年までの予想される気候変動に伴うコムギの生産性の変化を解明することは、重要な研究であるので、ぜひ実施していただきたい。
6. イノベーションプラットフォーム、農民学校、フィールドデーなど農民への技術普及研修においては、純度の高い種子が生産性が高く、良質なコムギの多収化につながることを、理解してもらうように進めていただきたい。
7. 社会課題を含む生産現場の問題解決は本プロジェクトの主要テーマではないが、イノベーションプラットフォームの設置やフィールドデーの実施という記述はあるものの、気象との関連以外の具体的な情報が少ないため、スーダン国内のコムギ産地においてはどのような課題があり、本プロジェクトはどうか貢献するのかという点が不明確である。現場に展開できる道筋を提示していただきたい。

以上

成果目標シート

研究課題名	スーダンおよびサブサハラアフリカの乾燥・高温農業生態系において持続的にコムギを生産するための革新的な気候変動耐性技術の開発
研究代表者名 (所属機関)	辻本 壽 (鳥取大学 乾燥地研究センター 教授)
研究期間	H30採択 (平成30年6月1日～平成36年3月31日)
相手国名 / 主要相手国研究機関	スーダン共和国 / 農業研究機構
関連するSDGs	目標2 2030年までに持続可能な食糧生産システムを確保し、生産性を高めて気候変動、干ばつなどの災害への適応能力を強化する。

成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 国際政情の安定による経済発展 食糧輸入国である日本の食糧確保 日本の農業技術の国際的影響力の発信
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> 気候変動適応のための持続的農業開発 新規遺伝資源探索とそれを利用したコムギ分子育種
知財の獲得、国際標準化の推進、遺伝資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> ストレス耐性で高栄養・高品質育種素材の開発 有用形質を確実に選抜するDNAマーカーの開発 耐性選抜指標開発による新しい育種法の開発
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 若手・中堅研究者の国際活動力の強化 国際会議の企画力、発言力、交渉力の強化 大学院国際乾燥地科学専攻等の機能強化を通じた若手研究者・実務者の養成
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> スーダンの分子育種施設をハブにしたネットワーク構築とサブサハラアフリカへの波及
成果物	<ul style="list-style-type: none"> コムギのストレス耐性の分子生物学的理解 有用育種素材の開発 審査つき国際雑誌の論文・総説の執筆

上位目標

公開資料

サブサハラアフリカの乾燥・高温農業生態系に適応するコムギ実用品種が開発され、広く普及しており、SDGsの目標2(食糧安全保障)に貢献している

スーダンのコムギ育種において分子育種技術による計画的な遺伝子集積法が自立的に行われており、イノベーションプラットフォームにより品種普及が促進される

プロジェクト目標

スーダンの高温・乾燥環境に適応できるコムギ遺伝資源を開発され、選抜マーカーを利用した分子育種技術が実用品種開発に利用されている

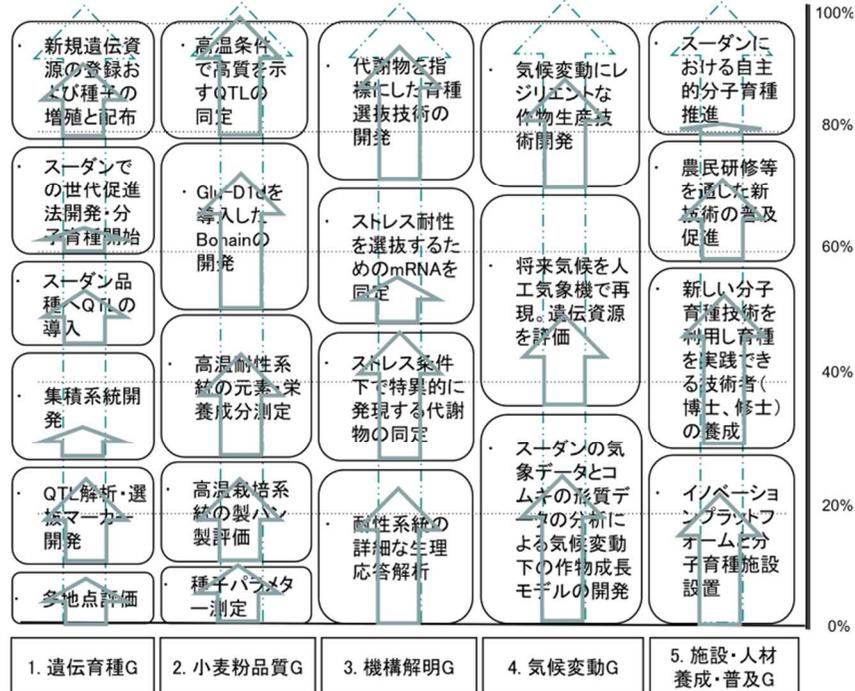


図1 成果目標シートと達成状況(2022年10月時点)