

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別終了時評価報告書

1. 研究課題名

ボツワナ乾燥冷害地域におけるヤトロファ¹・バイオエネルギー生産のシステム開発 (2012 年 4 月～2017 年 4 月)

2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者：明石 欣也 (鳥取大学 農学部 生物資源環境学科 教授)
2. 2. 相手側研究代表者：Kenneth Kerekang² (資源省³ エネルギー局 (DOE) 局長)

3. 研究概要

本プロジェクトは、ボツワナが有する野生生物資源と、気象/遺伝情報/圃場生物叢/植物生理に立脚した、ヤトロファ種子収量が 2.5 t/ha 換算(変更前の目標値)に達するヤトロファ・バイオ燃料生産システムを、ボツワナ乾燥冷害地帯において展開するための技術基盤を確立することを目的として開始した。

上記の目的に達するため、下記の5つの研究題目を実施する：

- (1) ボツワナ気候に適合したヤトロファ栽培法の確立：IGT 農法
- (2) 多収およびストレス耐性のヤトロファ品種開発：ゲノム育種
- (3) ヤトロファ油脂分析および利用法の開発：物理化学特性解析
- (4) ヤトロファ非油脂バイオマスの利用技術の開発
- (5) ヤトロファ生産および利用の環境、社会、経済評価：バイオマス事業性評価

それぞれの研究グループで得られた研究成果を基に、総合的な目標である、ヤトロファ・バイオマス生産システムのボツワナでの採用を目的とする。

なお、中間評価の結果、種子収量 2.5 t/ha という目標設定が熱帯地域の知見に基づくものであった為、目標を新たに 80 seeds/tree (0.5 t/ha に相当) と変更した。

4. 評価結果

総合評価 (A-)：所期の計画とほぼ同等の取組みが行われ、一定の成果は期待できる。

¹ *Jatropha curcas*, ジャトロファ(ナンヨウアブラギリ)

² プロジェクト開始時の局長。

³ プロジェクト開始時は鉱物・エネルギー・水資源省 (MMEWR)。2016 年から省庁再編により、鉱物資源・グリーン技術・エネルギー安全保障省 (MMGE)

本プロジェクトでは、乾燥冷害地域におけるヤトロファの栽培法、育種などに関して、途中、目標値を見直した経緯はあったが、計画に従って一定の成果が得られたことは評価できる。学会発表を数多く行い、学術的に価値の高い論文を出している点も評価できる。

一方で、相手国側の対応の遅れ、実施体制の不備などにより、相手国の研究のスタートが遅れたため、多くの成果が日本側研究機関によるものであるなど、国際連携として期待どおりの成果を上げたとは言い難い。開花時期に雹^{ひょう}が降るなど、想定以上の厳しい気象条件下での栽培実験、ボツワナでの遺伝子組み換え実験の不許可などによる工程の遅れがあり、プロジェクトとして最大限の努力をしたにもかかわらず、特にゲノム育種については効果の実証までには至らなかったのが残念である。

以上の結果、育種と栽培技術については科学的に高い成果を得ているが、BDF（バイオディーゼル燃料）の利用やその経済性評価等には相当の遅れが見られ、社会的実装を見通せる段階からは遠い状態と評価される。

以下に、評価項目における特筆すべき内容を列挙する。

4-1. 地球規模課題解決への貢献

【課題の重要性とプロジェクトの成果が課題解決に与える科学的・技術的インパクト】

アフリカで化石燃料によらない燃料を普及させることは地球規模課題の解決に寄与すると考えられる。乾燥冷害地域で栽培したヤトロファによるバイオエネルギー生産を検討したものであるが、IGT 農法、分子ゲノム育種に関して成果があるものの、適切な水管理・剪定を含む栽培プロトコールが編集されたのみで、科学的・技術的に体系的な成果が得られたとは言えない。また、低温ストレスに対する耐性が向上することを示唆する結果が得られたが、さらなる確認と基礎研究が必要である。以上の結果から、科学的・技術的インパクトは、やや高いと評価される。

【国際社会における認知、活用の見通し】

育種の研究は世界的に見て貴重であり今後の研究成果の創出も期待できる。本プロジェクトの成果として、学会発表は国内が多く相手国との共著論文が少ないものの、論文を国際誌に投稿している。研究内容の多くは基礎研究段階であり、活用は今後の課題である。以上の結果から、国際社会における認知、活用の見通しは高いと判定される。

【他国、他地域への波及】

開発された技術、成果は汎用性が高く、乾燥地域でバイオマス事業の基盤が構築できれば同様な地域に横展開の可能性はある。ただし、これまでの成果ではボツワナを含め成果が波及する段階ではないため、波及の見通しは、現状では高くないと評価せざるを得ない。

【国内外の類似研究と比較したレベル】

BDFへの転換技術は卓越しているとはいえないものの、ICT 農法、分子ゲノム育種に関する研究レベルは高く世界的に先行している。ヤトロファからのバイオエネルギー開発はなかなか実用化が難しく、撤退する研究事例が多い中で、しっかりと成果を出したことが論文数から伺える。以上の結果から、国内外の類似研究と比較したレベルは、高いと評価される。

4-2. 相手国ニーズの充足

【課題の重要性とプロジェクトの成果が相手国ニーズの充足に与えるインパクト】

化石燃料によらない燃料を普及させることは重要な課題であり、乾燥・冷害環境下でのヤトロファの栽培技術が確立すれば農村部での農工業産業が活性化するなどのインパクトも期待できるが、現段階の成果でただちに普及できる状況とはいえず、相手国ニーズの充足にインパクトを与えるレベルまでは到達していない。栽培条件が比較的良い北部地域での実証研究をさらに継続し、拡大していくことが現実的と思われる。以上の結果から、相手国側ニーズの充足に与えるインパクトは、やや高いと評価される。

【課題解決、社会実装の見通し】

ボツワナの気候に適した優良な系統が見つかり、最適生産システムとして栽培マニュアルを作成し、残渣バイオマス（ヤトロファ非油脂物）の炭化物の利用技術が開発された。しかしながら、目標であったBDFの利用についての研究開発、経済性やエネルギー・物質収支の検討が十分に進んでおらず、社会的実装には相当距離がある。社会実装には、立法・行政の役割が大きいのが、政府への働きかけが十分に進んだとは必ずしも言えない。以上の結果、課題解決、社会実装の見通しは、高くないと評価される。

【継続的発展の見通し（人材育成、組織、機材の整備等）】

人材育成の成果が見られ、技術移転も一定程度なされている。ただし、ボツワナで遺伝子組み換え植物に関する関連法が未整備で遺伝子組み換え技術に関する研究が困難なこともあって、十分に技術移転されたとはいえず、人事異動に伴う引き継ぎについても懸念があるなど、継続的発展が可能な体制が構築できたか明らかではない。以上の結果から、継続的発展の見通しは、高くないと判定される。

【成果を基とした研究・利用活動が持続的に発展していく見込み（政策等への反映、成果物の利用など）】

開発の成果を Technological package として、ボツワナ政府に提出済みであり、かつ第11次国家計画にヤトロファ開発が記載された。また、日本とボツワナの関係者間の連携は良好であり、今後の継続、発展が期待できる。しかしながら、実際に誰が中心となってどのように進めていくのか、という見通しが明確ではない。以上の結果、研究・利用活動が持続的に発展していく見込みは、やや高いレベルと評価される。

4-3. 付随的成果

【日本政府、社会、産業への貢献】

我が国の援助政策、外交戦略と整合性が取れており問題はない。相手国との連携体制、人的ネットワーク、ヤトロファの遺伝子情報などは日本にとっても貴重であり、我が国のアフリカでのプレゼンスの向上にも寄与できたと思われる。しかしながら、産業への貢献は未だ不透明である。以上の結果から、日本政府、社会、産業への貢献は、やや高いレベルと評価される。

【科学技術の発展】

樹木（木本^{もくほん}）への遺伝子組み換え、分子ゲノム育種で得られた成果は貴重であり、論文、学会発表もあり科学技術の発展への貢献は、高いと評価される。

【世界で活躍できる日本人人材の育成（若手、グローバル化対応）】

若手人材をのべ 30 名派遣し、現場で実務を経験させたことなど、日本人人材の育成への貢献は、高いと判定される。

【知財の獲得や、国際標準化の推進、生物資源へのアクセスや、データの入手】

圃場生物叢の統合データベースの構築、分子マーカー配列情報の知財化、遺伝子組み換えヤトロファについて種苗登録を検討しているなど、やや高いと評価される。今後の特許取得も期待したい。

【その他の具体的成果物（提言書、論文、プログラム、試作品、マニュアル、データなど）】

前述のように、相手国との共著論文が少ないものの論文発表がある。また、開発の成果をマニュアル、データベース等としてまとめており、ワークショップなども開催していることが評価できる。一方、努力は認められるが、育種の効果の実証が未完であり今後の課題として残されている。以上の結果から具体的成果物は、やや高いレベルと判定される。

【技術および人的ネットワークの構築（相手国を含む）】

ボツワナ研究員の日本での研修がしっかり行われ、ボツワナ大学等で 10 名が修士/博士を取得した（日本側は副指導教員）。また、インド、モザンビークとの連携も図られている。技術および人的ネットワークの構築は、やや高いと判定される。

4-4. プロジェクトの運営

【プロジェクト推進体制の構築（他のプロジェクト、機関などとの連携も含む）】

プロジェクト終了に近い2015年にボツワナ側研究機関に専用予算が配分されるまでは、運営費用などの予算が充分でなく、ボツワナ側の取り組みが活発ではなかった。結果として相手国側の貢献があまり見えず、優れた国際連携としてのプロジェクト推進体制が構築できたとは言い難い。

【プロジェクト管理および状況変化への対処（研究チームの体制・遂行状況や研究代表者のリーダーシップ）】

相手国側の事情により推進体制の構築が遅れ、また、実験圃場が想定外の雹・寒波・熱波などの過酷な気象の影響を受けるなど、多くの阻害要因に直面したが、後半に巻き返して全体として目標をかなりの程度達成することができた。これは、研究代表者が十分な努力をはらってリーダーシップを発揮したものと評価できる。以上の結果、プロジェクト管理および状況変化への対処は、優れていると評価される。

【成果の活用に向けた活動】

研究開発に未完のところがあり活用には時間がかかるため、学術的成果に比して成果の活用に向けた活動はやや少ない。ワークショップを開催し、これに基づいた実際の政府の活動も始まっている点は評価できるため、成果の活用に向けた活動については、やや優れていると評価できる。

【情報発信（論文、講演、シンポジウム、セミナー、マスメディアなど）】

前述のように論文・学会発表を活発に行った。論文以外の成果発信がやや弱いのが、情報発信については、優れていると評価できる。

【人材、機材、予算の活用（効率、効果）】

ボツワナ側の予算獲得が遅れたものの、実際に成果につながる人材、機材、予算が投入され、有効に使われたと判断できる。以上の結果、人材、機材、予算の活用については、やや優れていると評価できる。

5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

- ・ 3つの遺伝子を導入した転換体のストレス耐性を実験室から圃場に拓げて評価してほしい。
- ・ 今後、ヤトロファの世界的な遺伝資源を対象に、ボツワナに適応する系統を選択することが望ましい。
- ・ 村落での地産地消型を想定した社会実装の試みについて、資源省の主導の下で文部省とボツワナ大学が実施する村のリストアップを進めているとのこと、引き続きサポートに努めてほしい。
- ・ 貴重な研究であり、今後も継続的に行われることを期待する。そのために、比較的条件の良

い地域から少しずつ実証、普及してゆくことを期待する。得られた成果をボツワナで十分活用できるように、引き続きボツワナ側の大学、関連機関との連携を期待する。

- ・ 相手国における遺伝子組み換え研究開発のための法整備を促進し、今回得られた育種の成果の移転・継続を図ることが望ましい。また、エネルギー政策にBDF利用を明確に位置づけ、具体的な実用展開のシナリオを構築する必要がある。
- ・ 共同研究実施体制構築が遅れた点について、プロジェクトを始動する時、相手国の体制・法規制など吟味し、プロジェクトが順調に運営・推進できる環境を整備する事の重要性が明らかになった。今後のために、今回の事例を参考事例として、問題点の分析と対策の提案を期待したい。

以上

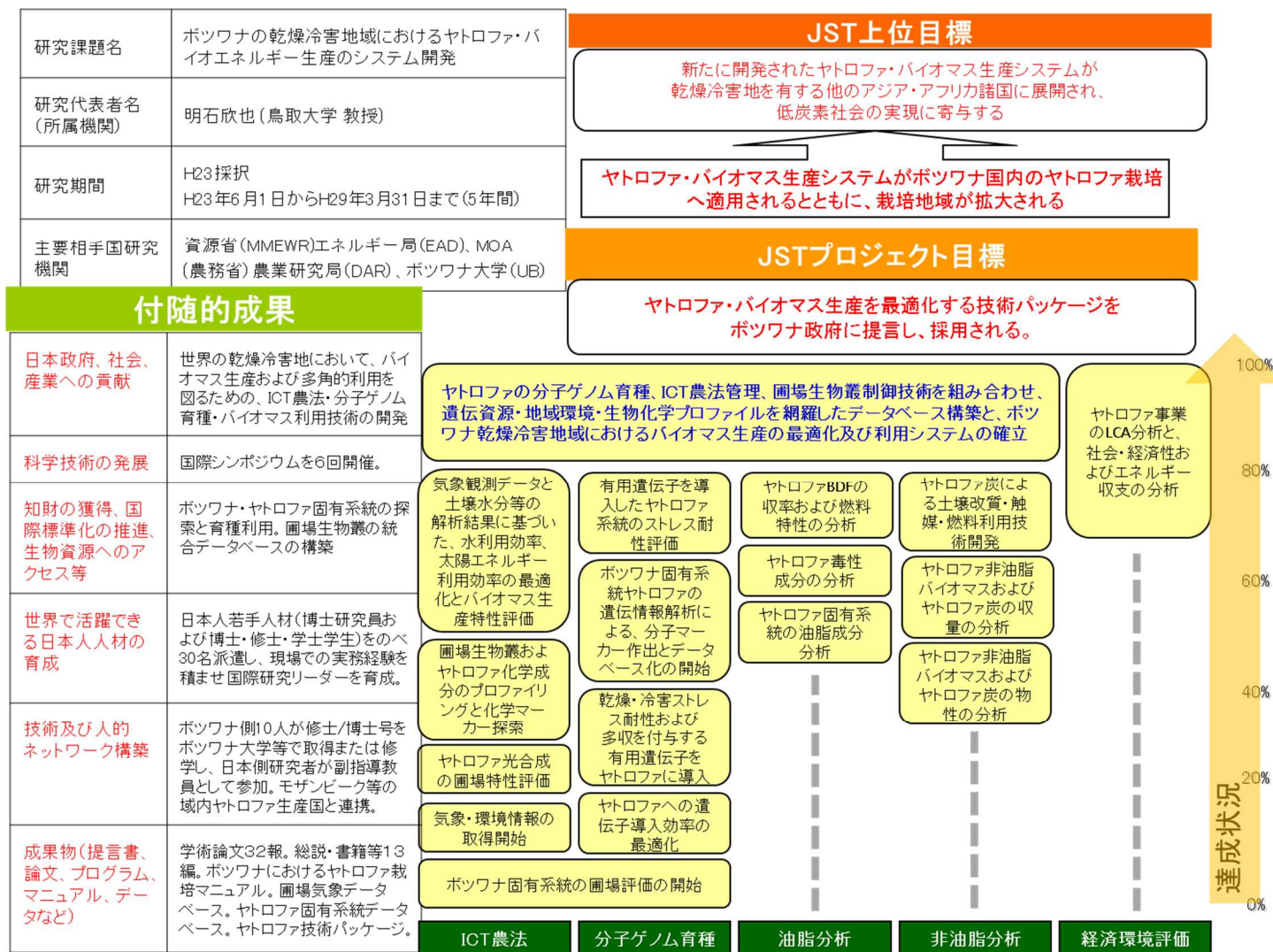


図1 成果目標シートと達成状況 (2017年3月時点)