

# 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・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 准教授)
2. 2. 相手国研究代表者 Mr. Kgomo tso Abi (鉱物・エネルギー・水資源省<MMEWR>事務次官)

### 3. 研究実施の概要

ボツワナ共和国は、循環型エネルギー社会の構築のため、ヤトロファ植物によるバイオディーゼル燃料生産をその主要戦略に掲げるが、国土の厳しい乾燥冷害環境により十分な生産性が確立されていない。従って、ボツワナ国土の乾燥冷害地域におけるヤトロファ・バイオ燃料生産を確立することが必須である。

本研究では、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いる。

具体的には、次の5つを戦略目標として設定する。(1) 乾燥冷害環境に適応したヤトロファ ICT 農法の確立、(2) ボツワナ遺伝子資源を利用した、環境ストレス耐性の高い精鋭ヤトロファ品種の分子ゲノム育種、(3) ボツワナで収穫されるヤトロファ油脂と、変換されるヤトロファ BDF の物理化学組成の評価システムの確立、(4) ヤトロファ非油脂バイオマスの物理化学組成の評価と有効利用に係る技術開発、(5) ヤトロファ・バイオマス生産及び利用が、ボツワナ社会経済および環境に及ぼす影響評価

### 4. 評価結果

#### 総合評価 (A : 所期の計画と同等の取り組みが行われている)

日本側チームの熱意ならびに個々の研究水準は極めて高く、プロジェクトは全般的に順調に進んでいると評価できる。また、本研究で得られる成果は、ヤトロファ以外の植物にも応用が可能な技術であり、大きな成果が期待できる。

一方で、ボツワナ側チームの農業研究所以外は、まだ体制構築の準備段階で、相互の連携もよくとれていない状況である。加えて、主要な目標であるヤトロファ種子収量が当初の目標値の5分の1に引き下げられたことなど、現時点までの実績には問題も見られる。

ただ、今回の中間評価をきっかけに、相手国側の研究体制構築の方向性が明確になったと思われる。また、ヤトロファ種子収量の新たな目標値も、ボツワナのような乾燥冷害地域においてはチャレンジングなものという明石准教授の主張には説得力がある。今後の展開に期待したい。

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. 国際共同研究の進ちょく状況について

##### 【当初の研究計画から見た進ちょく状況】

“(1) 乾燥冷害環境に適応したヤトロファ IGT 農法の確立”については、雹、寒冷異常気象やボツワナ側での水、電気、人の供給が不足し、ヤトロファ苗の枯死などが発生し、中間評価時点で種子が収穫できていない状況である。それに伴い、“(3) ボツワナで収穫されるヤトロファ油脂と、変換されるヤトロファ BDF の物理化学組成の評価システムの確立”などに遅れが生じている。その他の研究に関しては概ね順調に進ちょくし、研究水準も極めて高い。

##### 【新たな展開①・目標値の変更】

当初プロジェクト目標に掲げていたヤトロファ種子収量 2.5 トン/ha は、熱帯地域での知見に基づく不正確なものだったことがわかり、目標の変更を行った。新たに提案された目標値は、種子収量 0.5 トン/ha で、当初から比べると 5 分の 1 となる。明石准教授によると、変更後の目標値でも乾燥冷害地域ではチャレンジングとのことだった。この目標値の達成により、経済性のある事業として成立する見通しが得られるということであれば、妥当と考えられる。

相手国側に対してはプロジェクトの目標値を、樹木 1 本あたりの収穫量 (80 個) に変更することを伝えた。面積あたりの収量は、圃場では様々な栽培実験をしており、植栽密度によっても数値が変わるため。1 本あたり 80 個の種子は約 0.5 トン/ha に換算できるという。

##### 【新たな展開②・栽培プロトコルの作成】

本プロジェクトでは気象ステーションを 4 箇所 (マウン・カン・セロウェ・セベレ地区) に導入しており、項目 1 の成果指標の一つとして、プロジェクト当初は、気象ステーションを導入した圃場全てに対応し、4 つの栽培プロトコルを作成する予定だった。しかし、人手不足の為、4 つの圃場で栽培実験を行い、プロトコルを作成するのは難しい為、4 つの気象ステーションの情報をもとにボツワナ国で最適な栽培プロトコル (セベレ地区) を一つだけ作成し、それぞれの地域に提供するという計画へと見直した。この計画変更は妥当と評価できるが、今後はボツワナ側カウンターパートが自立的に他地域の栽培プロトコルを作成できれば、社会実装を進めていくうえで望ましいと考えられる。

##### 【成果の科学的・技術的なインパクト】

全体的に研究水準は極めて高い。分子ゲノム育種における研究水準はとくに高く、光合成特性評価・分析や土壌分析・改良の研究も高い水準と認められる。プロジェクト内でどの程度まで達成できるかにかかっているが、遺伝子組み換えによる耐乾燥性、耐寒性などに関する育種は大きなインパクトを生むと考えられる。

#### 4-2. 国際共同研究の運営体制について

### 【研究チームの体制、研究代表者のリーダーシップ】

日本側研究代表者のリーダーシップは優れている。他の研究者たちも、現場の気象条件などの見通しが甘かった点はあるが、限られた環境、条件下において最大限努力しているといえる。

カウンターパートの一つであるボツワナ農業研究所は、SATREPS プロジェクトが始まる以前から共同研究を行っていた経緯もあり、関係は良好である。JICA 長期専門家として日本人研究者が同研究所に常駐して栽培試験などを主導している点も大きい。

ボツワナ側の圃場での研究に対し、相手国側の人員配置がなされず、実験に必要な水や電気の供給も遅れた。その意味では、ボツワナ側の研究への関与不足（人員や予算の配置等）は大いに改善の余地があるといえる。

### 【予算の執行状況】

機器の盗難や、現地の気象に対応するための想定外の作業などが発生しているが、投入機材は順調に供与、活用されている。しかしながら、いくつかの活動が遅れている理由として、ボツワナ側の予算執行が滞るという問題がある。予算の権限が鉱物エネルギー・水資源省（MMEWR）に属し、省庁をまたいで自由に使えないことが原因で、機関同士の調整が必要なことが浮かび上がった。日本側からも頻繁に働きかけを行い、ボツワナ側の適切な予算措置が行われるように促していく必要がある。

## 4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

### 【今後の研究の進め方】

現時点では、当該地区での社会実装は難しいかもしれないが、このような条件の悪い地域で研究を行うことはイノベーションの達成を目指す手法の一つであり、妥当と考えられる。研究体制においては、相手国側の研究体制が農業分野を除いて十分に構築されておらず、改善が必要である。

ヤトロファ非油脂バイオマスの利用について、ヤトロファ炭を土壌改良材として用いるのであれば、現地で入手可能な他の有機物資源との効果を比較する必要がある。

ストレス耐性評価においては、遺伝子組み換えヤトロファの生殖成長時期の低温耐性についても検討してもらうことが望ましい。

### 【今後見込まれる成果】

科学技術的には大いに貢献が期待できる。しかし、SATREPS プログラムが目指す社会実装に向けては、ボツワナ側の体制強化と実行力の伴った関与が必須であると考えられる。

### 【日本人人材の育成】

現地への若手研究者の長期派遣や学生の渡航なども計画通り行われ、人数は限られるが、ボツワナ側と密に接して、国際共同プロジェクトの実施経験を積んだ研究者の育成が期待できる。

## 4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

### 【人的交流の構築の見込み】

人的交流は築かれてきている。今後も、組織としての強固な連携体制が構築され、継続していくことを期待したい。また、社会実装に向けては研究カウンターパートのみではなく、鉱物エネルギー・水資源省を含む行政部門等、ボツワナ側の関与促進が極めて重要である。

### 【研究・利用活動の持続的発展性】

ボツワナ側での人員、水、電気の確保、予算の執行がスムーズでない現状が、研究活動の障害となっていることを踏まえると、持続的な研究活動のためにはボツワナ側の改善努力がどうしても必要である。

## 5. 今後の課題

### i. ボツワナとの共同研究実施体制を強化すべき

ボツワナ側のカウンターパートが人員配置の不足や、ヤトロファの圃場での栽培実験に対する理解と協力が得られなかったなどの事情で、これまでの研究は日本側主体で行われてきた。プロジェクト開始から約2年間、長期専門家として派遣されていた稲福研究員(琉球大学)がこのほど任期を終え、2014年10月から石本研究員(鳥取大学)が派遣されたが、これを機会に相手国研究者からヤトロファの圃場での栽培に理解を得たうえで共同作業を行い、共著で論文を執筆するなど、共同研究体制の強化が必要である。

### ii. ボツワナ国での、本プロジェクトの位置づけ明確化

ボツワナ国の国家戦略は、2030年までに全エネルギーのうち30%を再生可能エネルギー源(バイオエネルギーを含む)にすることを掲げている。ボツワナにはバイオディーゼルに関する方針や法律はないが、鉱物エネルギー・水資源省・エネルギー局が再生可能エネルギーに関する方針を整備中である。遺伝子組み換え植物(Genetically Modified Organism)に関する政府案も提案されることになっており、これらが本プロジェクトの社会実装にも影響を及ぼすと考えられる。

ボツワナ国の再生可能エネルギー開発戦略の中に、本事業の成果が位置付けられるように、鉱物エネルギー・水資源省に働きかけていく必要がある。これにより、研究成果の持続的な発展が確実なものになると考えられる。

### iii. プロジェクトの目標値をさらに検証をすべき

明石准教授は、ヤトロファ種子収量の目標値0.5トン/haを達成すれば、乾燥冷害地域のボツワナにおいても、ヤトロファ栽培が経済性のある事業として成立する見通しが得られるとしている。しかし、これで本当に社会実装が可能なのか、栽培などにかかる手間も考慮した、より詳細な経済性評価を行う必要がある。

また、気象ステーションを導入し、各地域の気象データを取得していることを生かし、もう少し良い条件の地域の情報や収量見込みなども示せることが望ましい。

### iv. ゲノム育種の研究についての方針を示すべき

本研究期間中にゲノム育種研究をどこまで行うか、社会実装を進められるレベルまで進められるかなどを詳細に示す必要がある。プロジェクト終了後の研究実施体制、道筋についても見直しをつけておくべきである。

また、現在の研究計画ではボツワナ固有種約80系統とガーナ系統の栽培実験を行っているが、ジャトロファ育種に関しては、既往研究で評価された耐寒・耐乾の遺伝資源があるはずである。国際機関にはそれらの優良系統が収集されており、それらを有効活用することについても考慮すべきである。

#### **v. 他の SATREPS プロジェクトとの連携を進めるべき**

SATREPS プログラムには、ヤトロファと BDF に関連したプロジェクトが相当数ある。お互いに協力し、ワークショップやシンポジウムなどを開催するなど、技術、ノウハウを共有、協力していくことが望まれる。とくに、ヤトロファの生産・利用（BDF/バイオリファイナリー）技術に関しては、他の SATREPS プロジェクトに知見・手法が蓄積されており、連携をお願いしたい。

本プロジェクト終了までに、残されたこれらの課題も念頭におき、引き続き国際共同研究がすすめられることを期待する。

以上

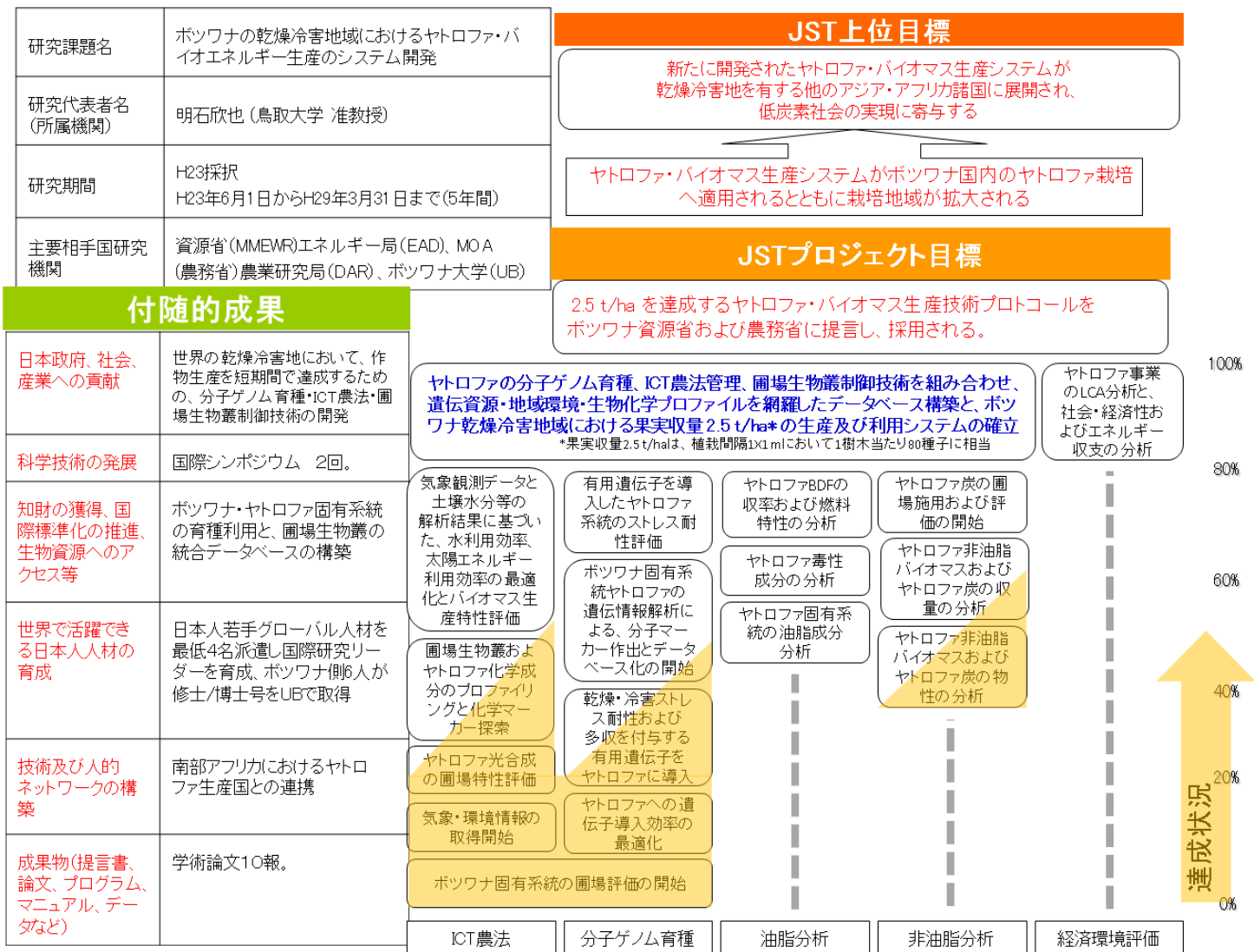


図 1 成果目標シートと達成状況(2014年11月時点)