

(地球規模課題対応国際科学技術協力)
ボツワナ共和国
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
システム開発プロジェクト
詳細計画策定調査報告書

平成24年1月
(2012年)

独立行政法人国際協力機構
農村開発部

農村

JR

12-017

(地球規模課題対応国際科学技術協力)
ボツワナ共和国
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
システム開発プロジェクト
詳細計画策定調査報告書

平成24年1月
(2012年)

独立行政法人国際協力機構
農村開発部

序 文

日本国政府は、ボツワナ共和国政府の要請に基づき、詳細計画策定調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構が本調査を実施しました。

調査団は2011年8月25日から9月3日まで現地に派遣され、関係機関における現地調査とともに、ボツワナ共和国政府関係者との協議を重ね、基本計画について合意しました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願います。

調査にご協力とご支援をいただいた関係者各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成24年1月

独立行政法人国際協力機構

農村開発部長 熊代 輝義

目 次

序 文

地 図

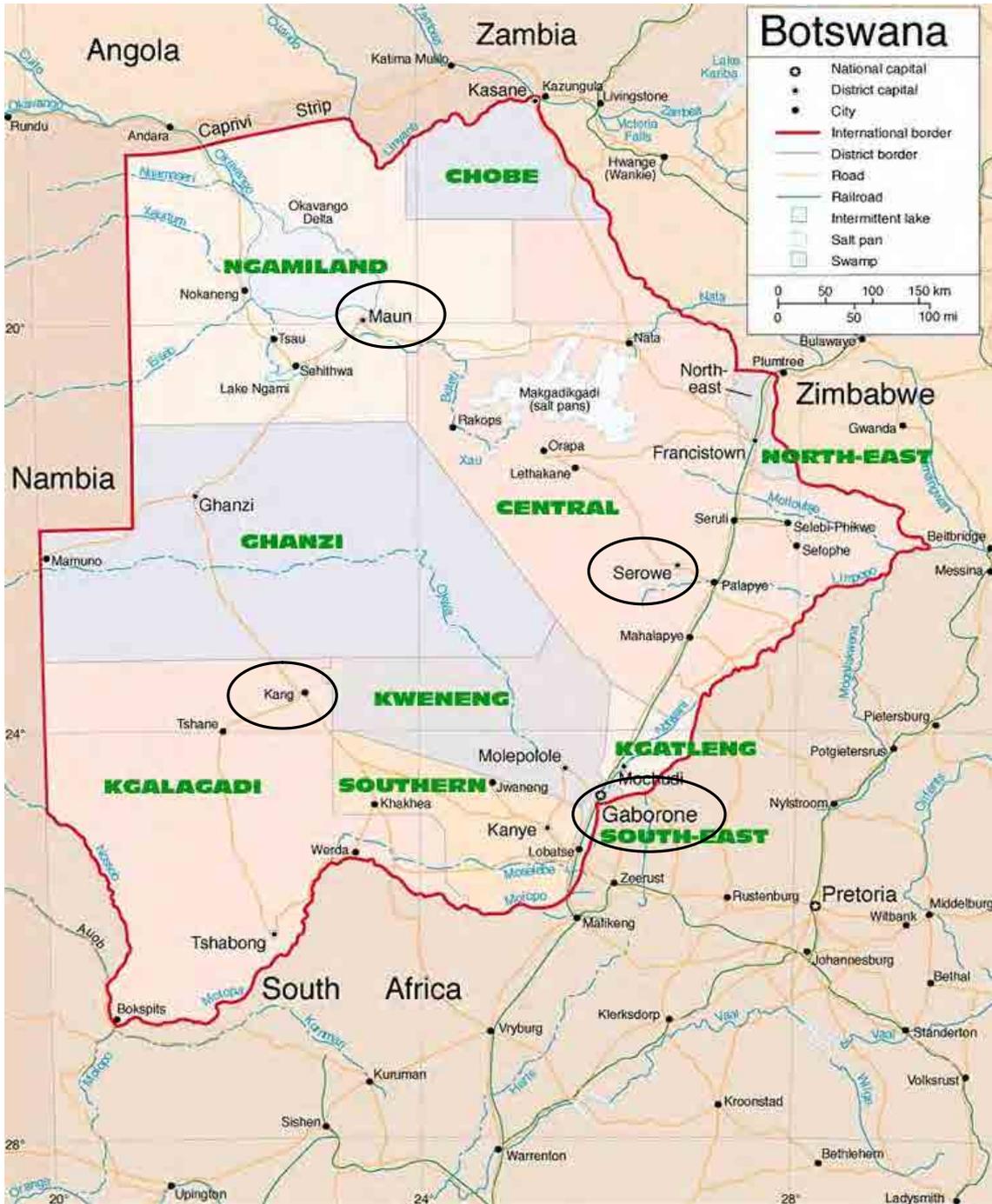
略語一覧

事業事前評価表

第1章 調査の概要	1
1-1 調査の背景	1
1-2 ボツワナの開発課題と我が国の援助方針	1
1-3 調査の目的	2
1-4 団員の構成	2
1-4-1 団 員	2
1-4-2 調査団員の担当業務	2
第2章 協力の背景	4
2-1 プロジェクト関係機関の現状	4
2-1-1 鉱物エネルギー・水資源省エネルギー局 (EAD)	4
2-1-2 農務省農業研究局 (DAR)	4
2-1-3 ボツワナ大学 (UB)	5
2-2 関係政策	6
2-2-1 エネルギー政策	6
2-2-2 農業政策	9
2-3 ヤトロファの栽培状況	10
2-3-1 ヤトロファの特徴	10
2-3-2 ボツワナにおけるヤトロファの栽培状況	10
2-4 バイオディーゼルの生産状況	12
2-5 バイオマス利用の現状	13
2-6 農村の生活改善と再生可能エネルギー	13
2-7 バイオディーゼル製造計画における課題	13
2-7-1 ヤトロファの生産技術	14
2-7-2 バイオディーゼル燃料の製造技術及び評価技術の確立	15
2-7-3 ヤトロファ副産物の利用技術の確立	15
2-7-4 ヤトロファバイオディーゼル総合評価システムの確立	15
第3章 協力の概要	18
3-1 調査結果	18
3-2 協力の基本計画	18
3-3 投入計画	21
3-4 実施体制	22

3-5	協力にあたっての留意点	22
第4章	事前評価の結果	24
4-1	総括	24
4-2	妥当性	24
4-3	有効性	25
4-4	効率性	25
4-5	インパクト	26
4-6	持続性	27
第5章	団長所感	28
付属資料		
1.	ヤトロファの葉の光合成特性	31
2.	ボツワナにおけるヤトロファ圃場の灌水システム	35
3.	調査日程表	36
4.	主要面談者	38
5.	収集資料リスト	40
6.	ミニッツ	41

ボツワナ共和国地図



○で囲われた地域は気象観測システム設置予定地

略 語 一 覧

BOTEC	Botswana Technology Centre	ボツワナ科学技術センター
BWP	Botswana Pula	ボツワナプラ（通貨単位）
CERC	Clean Energy Research Centre	
CSR	Corporate Social Responsibility	企業の社会的責任
DAR	Department of Agricultural Research	農務省農業研究局
EAD	Energy Affairs Division	エネルギー局
FAO	Food and Agriculture Organization	国連食糧農業機関
GEF	Global Environment Facility	地球環境機関
ICT	Information and Communications Technology	情報通信技術
JST	Japan Science and Technology Agency	科学技術振興機構
MMEWR	Ministry of Minerals, Energy and Water Resources	鉱物・エネルギー・水資源省
MOA	Ministry of Agriculture	農務省
MOU	Memorandum of Understanding	合意書
NDP10	Tenth National Development Plan	第10次国家開発計画
TICAD IV	Tokyo International Conference on African Development	第4回アフリカ開発会議
SADC	South African Development Community	南部アフリカ開発共同体
SATREPS	Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development	地球規模課題対応国際科学技術協力
UB	University of Botswana	ボツワナ大学

事業事前評価表（地球規模課題対応国際科学技術協力）

<p>1. 案件名 ボツワナ共和国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プロジェクト</p>
<p>2. 協力概要</p> <p>(1) 事業の目的 本事業は、ボツワナ共和国（以下、「ボツワナ」と記す）の乾燥・冷害地域において①ヤトロファを効率的に育てるための研究、②高収量・ストレス耐性ヤトロファの育種、③ヤトロファ種子から生産されるバイオディーゼルの特性の研究、④種子・バイオディーゼルの生産に伴い発生する副産物の利用方法の研究、⑤バイオディーゼル生産について、全工程を対象とした経済性をはじめとする総合的な評価を行うことにより、ボツワナにおけるヤトロファバイオディーゼルの生産に向けた技術的知見と経験の蓄積を達成することを目的とする。</p> <p>(2) 協力期間 2012年3月～2017年3月（60カ月）</p> <p>(3) 協力総額（JICA側） 約3.0億円</p> <p>(4) 協力相手先機関 鉱物・エネルギー・水資源省（Ministry of Minerals, Energy and Water Resources : MMEWR）エネルギー局（Energy Affairs Division : EAD）、農務省（Ministry of Agriculture : MOA）農業研究局（Department of Agricultural Research : DAR）、ボツワナ大学（University of Botswana : UB）</p> <p>(5) 国内協力機関 奈良先端科学技術大学院大学、琉球大学、理化学研究所</p> <p>(6) 裨益対象者及び規模、等 協力相手先機関の研究者・行政官 40人程度</p>
<p>3. 協力の必要性・位置づけ</p> <p>(1) 現状及び問題点</p> <ul style="list-style-type: none">・ボツワナは1966年の独立以来、順調に経済発展を遂げてきた。しかし、経済はダイヤモンド採掘などの鉱業に偏重し、石油を含む国内消費物は輸入に大きく依存している。その一方、ボツワナは気象条件が厳しく農業の採算性が低いため、未利用地が多く残されている。こうしたなか、ボツワナ政府はエネルギー自給率を向上し、気候変動の緩和とエネルギーの持続的利用を推進する観点から、バイオ燃料の国内生産に乗り出す方針を固め、検討を進めてきた。・この取り組みの一環として、ボツワナ政府は第10次国家開発計画（Tenth National Development Plan : NDP10）にて、再生可能エネルギーの開拓・利用に積極的に取り組む方針を明確にしている。現在策定中の国家エネルギー政策には、2030年までに全エネルギー消費のうち30%を再生可能エネルギー起源にする目標を盛り込むことを検討しており、な

かでもヤトロファによるバイオディーゼルの生産を有望視している。

- ・しかし、ヤトロファバイオディーゼルを商業生産するには、少雨と干ばつに適応した品種の開発、栽培体系の確立、毒性の評価など、多くの課題を克服する必要がある。そこで、MMEWR は 2010 年に日本のヤトロファ研究者の協力を得て、ヤトロファバイオディーゼル生産に向けた課題を特定した結果、ボツワナの乾燥・冷害環境に適した品種の選抜、育種と栽培方法の確立を最優先課題として取り組むべきであることが明らかになった。
- ・現在、ボツワナにはこうした課題を解決するための研究を単独で実施できる機関はない。DAR と UB には関係分野の知識をもった研究者が在籍し、研究施設もある程度整っているが、この分野の研究経験は極めて乏しい。ヤトロファバイオディーゼルの商業生産を将来的に可能とするためには、ヤトロファ研究分野において世界でも先駆的な日本との共同研究の実施が求められている。
- ・本事業では首都のハボロネに位置する DAR の敷地に約 2ha の規模でヤトロファ栽培実験圃場を設ける。圃場内には気象観測装置を設置し、圃場内の気象と土壌条件を観測し、その条件に合致した栽培法を確立する。上記のとおり、DAR は研究施設もある程度整っており、研究で使用する機器群の稼働に必要な電力供給が可能であることや、灌漑用の地下水も豊富であるため、研究に適した環境である。気象観測装置に関しては、ボツワナ国内の農業生態系を代表する他の 3 つの地域（カン、セロウェ、マウン）にも同様に設け、それぞれの気象と土壌条件を観測する。それらのデータを基に、これら 3 地域においても DAR 圃場で確立された方法を応用し、ヤトロファ栽培が可能となるような栽培法を提示する。
- ・協力相手先機関の役割と位置づけは、ボツワナのエネルギー開発に係る政策策定機関である MMEWR 内の EAD が本事業全体の計画立案と総括責任を担う。DAR はヤトロファ栽培、育種及びヤトロファ非油脂バイオマスの開発に係る研究を担当し、UB はヤトロファオイルのバイオディーゼル化、分析、品質評価及びヤトロファ生産からバイオマス利用に至るプロセスの経済性や環境影響評価を担当する予定である。
- ・本事業においてボツワナ側の主な研究活動を担う DAR と日本側の奈良先端科学技術大学院大学は、2004 年より共同研究を実施しており、その研究成果に着目した MMEWR が、バイオ燃料の国内生産に係る研究を両機関に打診した経緯により本事業が提案された。さらに、本分野において研究者を有する UB と協働することで効率的な研究体制が見込まれる。

(2) 相手国政府国家政策上の位置づけ

NDP10 のエネルギー分野では、バイオ燃料の生産・利用に関する技術開発を掲げ、バイオディーゼルの消費量を 2016 年までに総ディーゼル消費量の 5% まで高める方向性が示されている。農業分野では、バイオ燃料に投資することの技術的・経済的妥当性を調査している。ボツワナ政府は、本事業を NDP10 構成事業の一つに位置づけ、中期開発計画上の予算も確保されている。

(3) 他の援助機関の対応

ボツワナは、ヤトロファの栽培やバイオ燃料の生産に関して、現在、他の援助機関から支援を受けていない。現時点では、今後もそうした予定はない。

(4) 我が国援助政策との関連、JICA 国別事業実施計画上の位置づけ（プログラムにおける位置づけ）

日本は持続的な経済成長の後押しを対ボツワナ援助重点分野に定め、資源依存型の経済産業構造からの脱却と持続的な経済成長を実現するための支援を行うとしている。本事業は国別事業実施計画の「域内資源・エネルギー供給体制整備プログラム」に位置づけられているが、南部アフリカ地域での安定的・持続的なエネルギー供給の実現に向けた支援を実施していくという日本の援助方針に合致している。

日本は 2008 年 5 月の第 4 回アフリカ開発会議（Tokyo International Conference on African Development : TICAD IV）などで、アフリカ諸国の気候変動対策に関する取り組みへの協力を強化することを表明しているが、本事業はその支援策を具体化するものである。

4. 協力の枠組み

(1) 協力の目標（プロジェクト目標）

ボツワナにおけるヤトロファバイオディーゼルの商業生産に向けた技術的知見と経験が蓄積される。

【指標】¹

1. 少なくとも XX の学術論文が発行される。
2. 少なくとも 12 人の研究者がヤトロファに関連した修士・博士号を取得する。
3. ヤトロファバイオマスを利用するための技術パッケージがボツワナ政府に採用される。

(2) 成果（アウトプット）と活動

1) 成果 1

ボツワナの気候に適したヤトロファの栽培体系²が確立される。

【活動】

- 1-1 気象観測システムとフィールドサーバーを設置する。
- 1-2 ヤトロファの栽培手法を開発する。
- 1-3 ヤトロファ栽培のための灌漑システムを開発する。
- 1-4 土壌と水の分析を行う。

【指標】

- 1.1 実験圃場でのヤトロファ種子の収穫が降霜シーズン前³に完了する。
- 1.2 少なくとも 4 つの異なるサイトについて、水管理と剪定を含む栽培体系が文書化される。
- 1.3 実験圃場でのヤトロファ種子生産が ha 当たり XX t を上回る。

2) 成果 2

高収量・ストレス耐性ヤトロファ品種を開発するための技術基盤が構築される⁴。

【活動】

- 2-1 ボツワナに自生するヤトロファ系統を特徴づけ、その生理的特性を評価する。
- 2-2 ボツワナに自生するヤトロファ系統の害虫、病気の発生を調査する。

¹ 指標の数値については事業開始後にベースライン調査を実施し、早い段階で設定する予定である。

² 冬期の乾燥や冷害を克服するための剪定樹形管理、防風対策、水管理、施肥の時期、等

³ ボツワナにおけるヤトロファ栽培上の問題は乾燥と冷害であり、最適な灌水法とともに、冬期の降霜が本格化する前に種子の収穫ができる栽培法の確立が課題の一つである。

⁴ 成果 2 で構築される技術基盤とは、品種開発に効率的に取り組むための手法の確立であり、本事業で新品種の開発に至ることは想定していない。

- 2-3 ボツワナに自生するヤトロファ系統を識別する分子マーカーを特定する。
- 2-4 遺伝子型と表現型の関係をオミクス解析により調べる。
- 2-5 遺伝子組み換えヤトロファを開発する⁵。

【指標】

- 2.1 ボツワナで入手可能なすべてのヤトロファ系統について、収量とストレス耐性が評価される。
- 2.2 ボツワナで入手可能なすべてのヤトロファ系統について、分子マーカーを特定するためのデータベースが開発される。
- 2.3 少なくとも 3 つの高収量・ストレス耐性と結びついた遺伝子組み換えヤトロファが開発される。
- 2.4 遺伝子組み換えヤトロファのストレス耐性が評価される。

3) 成果 3

ヤトロファオイルの特性が明らかになる。

【活動】

- 3-1 ヤトロファ種子のオイル含量、成分、熱量を分析する。
- 3-2 ヤトロファ種子、クルードオイル、バイオディーゼルの毒性物質を分析する。
- 3-3 ヤトロファクルードオイルとバイオディーゼルのエンジン性能試験を行う。
- 3-4 ヤトロファバイオディーゼルの収率を評価する。
- 3-5 ヤトロファクルードオイルとバイオディーゼルの品質を評価する。
- 3-6 ヤトロファ種子とクルードオイルの貯留特性を調べる。

【指標】

- 3.1 ボツワナで入手可能なすべてのヤトロファ系統について、オイル含量、成分、熱量に関するデータベースが開発される。
- 3.2 ヤトロファ種子、クルードオイル、バイオディーゼルの毒性物質が分析される。
- 3.3 ヤトロファクルードオイルとバイオディーゼルの燃焼特性が明らかになる。
- 3.4 ヤトロファバイオディーゼルの収率が算定される。

4) 成果 4

ヤトロファ非油脂バイオマスを利用するための技術が開発される。

【活動】

- 4-1 非油脂ヤトロファバイオマスの熱量、化学組成、毒性物質を分析する。
- 4-2 ヤトロファ炭を生産する。
- 4-3 ヤトロファ炭を土壌に適用する。
- 4-4 ヤトロファ炭の土壌への効果を調べる。
- 4-5 非油脂ヤトロファバイオマスのエネルギー利用とその他の利用方法を評価する。

【指標】

- 4.1 種子以外のバイオマスの重量と成分、副産物生産特性が分析される。
- 4.2 炭適用区の水分保持能力が不適用区を XX% 上回る。
- 4.3 炭適用区の水利用効率が不適用区を XX% 上回る。
- 4.4 少なくとも 4 つの非油脂ヤトロファバイオマス利用技術（例：土壌改良材、燃料）が評価される。

⁵ 過去の研究から明らかにされた在来の野生種スイカから得られた環境ストレス耐性遺伝子をヤトロファへ組み込む。

5) 成果 5

ヤトロファ生産とバイオマス利用のインパクトが環境・社会・経済面から評価される。

【活動】

5-1 ヤトロファ生産とバイオマス利用の環境へのインパクトを評価する。

5-2 ヤトロファ生産とバイオマス利用の社会へのインパクトを評価する。

5-3 ヤトロファバイオディーゼル生産の経済評価を行う。

5-4 研究成果を国際的に共有するためのワークショップやシンポジウムを開催する。

【指標】

5.1 温室効果ガスをバイオディーゼル、副産物、土壌改良に配分するための方法論が決定される。

5.2 ヤトロファバイオディーゼルの予備的ライフ・サイクル・アセスメントが実施される。

5.3 ヤトロファの商業利用を想定した場合の土地利用、産業、雇用などへの影響が判定される。

5.4 種子収量、バイオディーゼル製造効率、栽培可能面積の評価に基づく石油エネルギー代替可能性が推定される。

(3) 投入 (インプット)

1) 日本側 (総額約 3.0 億円)

a) 専門家

<長期>

① 業務調整

② 栽培

<短期>

③ 栽培

④ 分子育種

⑤ 収穫後処理

⑥ 非油脂バイオマス

⑦ その他の専門分野

b) 日本、第三国での短期研究

c) 資機材

d) シンポジウム、ワークショップ開催費

2) ボツワナ側

a) 人員配置

① プロジェクトダイレクター (MMEWR 事務次官)

② 副プロジェクトダイレクター (EAD 局長、DAR 局長、UB 研究・開発室長)

③ プロジェクトマネージャー (EAD バイオエネルギー課長、DAR 作物研究部長、UB クリーンエネルギー研究センター代表)

④ EAD、DAR、UB の教職員・学生 約 60 名

b) 施設

① DAR での専門家執務スペース

② DAR と UB の実験室と作業場

③ DAR の実験圃場

- c) 本事業に必要なデータ（地図と写真を含む）と情報
- d) 経常経費
 - ① 本事業に関係する EAD、DAR、UB の教職員の人件費
 - ② 本事業に関係する大学院生の指導・研修費用
 - ③ ボツワナ側が保有・調達する資機材、器具、車両、工具、予備部品などの供給・取り替え費用
 - ④ 光熱・水道費など本事業運営に必要な基礎的経費
- e) 労務費
 - ① 圃場試験技術者
 - ② 圃場試験作業員
- f) シンポジウム、ワークショップ開催費
- g) 修士、博士号取得のための長期研究
- h) 資機材

(4) 外部要因（満たされるべき外部条件）

1) 前提条件

- ・プロジェクト関係機関間で研究成果の利用等についての合意文書である Memorandum of Understanding (MOU) が早期に締結される。

2) 成果（アウトプット）達成のための外部条件

- ・ヤトロファ栽培試験に必要な地下水が十分ある。
- ・気候条件が劇的に変化しない。
- ・データ通信ネットワークが整備されている。
- ・遺伝子組み換え植物に関する法規制（屋外における実験栽培に関する規制、研究成果の利用に伴い生じる知的財産権、等）が整う。

3) プロジェクト目標達成のための外部条件

なし。

5. 評価 5 項目による評価結果

(1) 妥当性

この案件は以下の理由から妥当性が非常に高いと判断できる。

- ・ボツワナは再生可能エネルギーの利用促進に取り組んでいる。しかし、有望視されているヤトロファバイオディーゼルの生産には、克服すべき課題がある。本事業は、こうした課題の解決に必要な研究にボツワナと日本の研究者が共同で取り組み、ボツワナ側の人材育成も進めながら、将来、商業ベースでヤトロファバイオディーゼルの生産するための技術的基礎を築き上げることを目標としたものであり、ボツワナの開発ニーズに適合したプロジェクトである。
- ・先に述べたとおり、ボツワナ政府は本事業を NDP10 を構成する事業に位置づけており、本事業はボツワナの開発計画に合致している。
- ・本事業は、先に説明した日本の対ボツワナ・アフリカ援助方針に掲げる資源依存型の経済産業構造からの脱却と持続的な経済成長の実現に合致したものである。
- ・本事業では、未利用となっている自然環境が厳しい土地でヤトロファを栽培するための研究を行う。研究の重点を栽培体系の確立と育種に置き、ニーズに的確に応え得るデザインである。同時に、生産されるバイオディーゼルの評価、副産物の利用方法の検討、環境・社会・経済的インパクトの評価も行い、ボツワナでヤトロファバイオディーゼルの生産す

ることの妥当性を総合的に評価する。加えて、ライフ・サイクル・アセスメントを行い、負の影響も含めて評価する計画である。技術開発が特に必要な分野に重点を置く一方、バイオディーゼルの商業生産実現に必要な分野を網羅する計画となっており、プロジェクトのデザインは適切である。

- 日本はヤトロファのゲノム配列解読作業に先駆的に取り組むなど、多くの点で世界のヤトロファ研究をリードしている。本事業は、2004年からDARと共同研究を行ってきた実績がある奈良先端科学技術大学院大学の研究者が日本側リーダーになるなど、日本にはボツワナの自然環境、植物遺伝子資源、研究者の能力、研究環境などについて多くの知見が蓄積されている。また、ボツワナ政府高官との間でも信頼関係が構築されている。日本はこうした優位性を活かしながら協力を進めることができる。

(2) 有効性

この案件は以下の理由から有効性が高いと見込まれる。

- 本事業は、商業ベースでヤトロファバイオディーゼルを生産するための技術的基礎を構築することをめざす。そのために、ボツワナの乾燥・冷害条件下におけるヤトロファ栽培のための研究（成果 1、2）、将来、それら研究の成果によりヤトロファが栽培されることを想定したヤトロファ種子から生産されるバイオディーゼルの特性の研究（成果 3）、ヤトロファバイオディーゼルの生産にともない発生する副産物の利用方法の研究（成果 4）に加え、バイオディーゼル生産について、全工程を対象とした経済性をはじめとする総合的な評価（成果 5）を行う。これらの成果を通じ、ヤトロファの商業生産を行ううえでの技術を蓄積することに加え、商業活動実施に係る判断材料を提示するものであり、成果からプロジェクト目標につながる論理構造も適切である。成果が計画通り発現されれば、プロジェクト目標が達成される可能性は高い。
- 一方、いくつかの項目について、ベースラインを把握できていないため指標値が設定されていないことから、事業開始後、早い段階ですべての指標を確定する必要がある。

(3) 効率性

この案件は以下の理由から効率的な実施が見込める。

- 日本側研究者は、ボツワナ側関係者との間で良好かつ緊密な関係を構築している。既に本事業実施に係る詳細かつ具体的な協議が行われており、関係者間の課題共有も進んでいる。このため、事業開始当初から本格的に研究活動に取り組むことができると予想される。
- ボツワナ国内で実施できる研究活動については、栽培試験はDARの農場を利用し、油の分析はUBの実験室を利用するなど、DARとUBの施設と機材を最大限活用して、ボツワナの研究者を主体として実施する。研究活動には、ボツワナの大学院生も本事業の研修員として参画し、若手研究者の育成と研究成果達成を同時に行う。こうしたことから、類似事業と比較して、低コストで事業の目標を達成できると予想される。
- 本事業実施のための特別なユニットは設置せず、事業の管理は既存の政府組織が行う計画であり、人員の新規雇用は試験圃場を管理する技術者や作業員など数名に限られる。したがって、少ない投入で多くの活動を実施できると予想される。

他方で、本事業では気象観測システムやフィールドサーバーを導入し、情報通信技術(ICT)を活用して栽培体系について研究を進める。データ通信ネットワーク環境が整備されていない場合、研究戦略の見直しを迫られる可能性がある。また、過去に長期間の共同研究の経験を有するMOAに比べ、本事業から参入が決定したUBについては情報共有が遅れる傾向に

あるので実施にあたって配慮が必要である。

(4) インパクト

以下のような正のインパクトが期待できる。

- ・ボツワナにおいてバイオディーゼルを商業ベースで生産できるようになることが期待される。そのためには、プロジェクト目標が達成され、高収量・ストレス耐性品種によるヤトロファ種子の生産が実用化され、石油起源のディーゼルに近いコストでバイオディーゼルが生産される必要がある。インパクトの規模は、ヤトロファの栽培を含むバイオディーゼル生産コストと、石油価格に左右される。価格差が小さい場合は、補助金や税金の適用によりインパクトの規模を調整することが可能である。
- ・二次的なインパクトとしては、石油製品の輸入代替による貿易収支の改善、ヤトロファ栽培とバイオディーゼル製造による雇用創出、化石燃料代替による温室効果ガスの削減などが考えられる。

(5) 持続性

以下の理由からその効果は持続すると予想される。

- ・政策・制度面では、MMEWR が策定中の国家エネルギー政策や NDP10 で、バイオ燃料の開発・利用を促進する方針を明確に打ち出している。こうしたボツワナ政府の方針は、少なくとも中期的には維持されると考えられる。
- ・財政面では、NDP10 に関する中期予算として、4 億 229 万ボツワナプラ (Botswana Pula : BWP) の再生可能エネルギー関連予算が計上されている。
- ・組織面では、EAD、DAR、UB とともに組織基盤はしっかりとしており、本事業ではこれらの組織の人材育成にも取り組むことから、成果を活用する体制は十分に構築・維持されると考えられる。
- ・技術面でも、DAR と UB の研究者は既に一定の技術水準を有し、機材の管理能力も十分にあり、本事業でもそれら関係機関の能力に合わせた技術移転を行う計画のため、持続性に不安は見られない。

6. 貧困・ジェンダー・環境等への配慮

本事業で扱うヤトロファの毒性物質や遺伝子組み換え品種が環境や人体へ悪影響を及ぼす可能性が、小さいながらもある。本事業は、毒性物質についてはその特性を明らかにする研究を活動に組み込み、遺伝子組み換えについては国内・国際法規を遵守して取り組むなど、こうした危険性を踏まえた計画になっているが、細心の注意を払って研究活動を実施する必要がある。

また、ヤトロファ栽培適地を求めた土地収奪が起きる危険性も考慮する必要がある。諸外国では、バイオ燃料の原材料生産のために、開発業者による土地の買い占めが進んだという事例がある。本事業では未利用地でヤトロファを栽培する技術の開発を行うが、適切な情報提供と規制がない場合、社会的弱者が生計を維持するために必要な農地を失う事態も考えられる。ボツワナ政府は、本事業の成果達成状況や石油価格の推移を見ながら、適切な施策を展開していく必要がある。

7. 過去の類似案件からの教訓の活用

これまでの日本の大学の教員を専門家に活用した機構の事業では、教員の日本国内における授業などの用務のため、現地へ渡航可能な時期が限定され、滞在期間が短いこともあって、カウンターパートと十分なコミュニケーションを図ることができないという課題が見られた。本事業では、こうした課題を踏まえて、現地をベースに研究活動に取り組む長期専門家を配置して、円滑

に国際共同研究を進める体制を構築する。

ボツワナでは、UB をカウンターパート機関として、再生可能エネルギーに関する科学技術研究員派遣協力「ボツワナにおける地域適合型エネルギーシステム的设计」(2011～2013 年) が開始されているが、予算確保等を巡り、UB 側との間で協議を続けている。本事業実施にあたっては、上記科学技術研究員派遣協力の経験を活かし、日本、ボツワナ両関係機関(主として UB) の役割や責任について更なる明確化に努めるとともに、ボツワナ側予算を管理する EAD とは、投入計画について正確な情報交換を行い、事業への予算準備を円滑に進める。

近隣国モザンビークでは、ヤトロファの栽培・活用技術の確立と環境保全効果の実証を目的とした科学技術協力プロジェクト「モザンビークにおけるヤトロファバイオ燃料の持続的生産」(2011～2016 年) が実施されている。このプロジェクトで得られた教訓を活用する。

8. 今後の評価計画

- ・中間レビュー 2014 年 9 月頃
- ・終了時評価 2016 年 10 月頃

第1章 調査の概要

1-1 調査の背景

ボツワナ共和国（以下、「ボツワナ」と記す）は、日本の約 1.5 倍の面積を有し、その人口は 195 万人（2009 年世銀による）である。国土の中央部にカラハリ砂漠を擁し、その全土が年間降水量 200～700mm 程度の乾燥地帯である。ボツワナは 1996 年の独立当初は農業国として世界の最貧国の一つであったが、その後ダイヤモンド等の大鉱脈の発見と、国有企業による鉱山資源の開発により、過去 30 年間に人口当たりの GDP が 6 倍以上に増大するなど、驚異的な経済成長を達成し、社会・政情的にも安定した国家となった。最近では、豊富なレアメタル鉱脈が発見され、中国に代わるレアメタル供給国としても注目されている。しかし、ボツワナ経済は、その輸出総額の 80%と国家収入の 50%を鉱山資源が占め、不安定な国際貿易に依存するリスクを抱えている。そのため、ボツワナは国家開発計画上、社会経済構造の多様化が強く求められている。

2007 年、ボツワナの鉱物・エネルギー・水資源省（(Ministry of Minerals, Energy and Water Resources : MMEWR) エネルギー局（Energy Affairs Division : EAD）は、国内におけるバイオ燃料生産の実現可能性について報告書を発表し、ヤトロファ植物によるバイオディーゼル生産の潜在的可能性が高いと結論づけた。この報告を受け、2009 年、ボツワナ政府は 2020 年までに国内ディーゼル油消費量の約 10%にあたる年間 5000 万 L のバイオディーゼル燃料の生産を達成するという政府プランを発表した。本政策が達成されれば、国家のエネルギー政策の安定化、農村部における農工業産業の活性化、雇用の新規創出に貢献するだけでなく、ボツワナが署名締結している CO₂ 削減に向けた京都議定書の目標達成に貢献することが期待される。

上記の政策を受け、2010 年、EAD と日本の研究者により、共同現地調査が実施された。その調査の結果、乾燥・冷害の環境下で起こるヤトロファ樹木の枯死・育成遅延などの問題を解決するためには、ボツワナ内におけるヤトロファの育種や栽培法に係る技術確立が不可欠であると結論づけた。このような背景を踏まえ、ボツワナ政府は、ヤトロファ育種・栽培技術の確立及びヤトロファ・バイオエネルギー生産技術の確立を目的に我が国に対して科学技術協力に係る支援を要請した。

1-2 ボツワナの開発課題と我が国の援助方針

ボツワナ政府は2010年、長期的経済開発を目標とする「ビジョン2016」に基づき、「第10次国家開発計画（Tenth National Development Plan : NDP10）」を開始した¹。NDP10 は、知識社会の構築、鉱業依存の脱却・産業の多角化促進、公共サービスの向上、民間セクターの成長促進、情報通信・研究、人的資源開発、公共安全・治安対策、インフラ整備及び保全、サービス産業への投資等を重点項目としている。

この政策を受け、我が国はボツワナへの援助重点分野に「経済成長のための基盤整備」及び「貧困地域の開発促進」を掲げている。特に前者に関しては、資源依存型の経済産業構造からの脱却、ボツワナ国内及び南部アフリカ地域における経済競争力の強化に不可欠となる「経済基盤インフラ整備」「投資環境整備（制度構築・キャパシティー・ビルディング）」「産業人材・職能人材の育成」及び「環境・気候変動対策」分野について、ODA各スキーム、その他政府資金や企業の社会

¹ 当初は 2009 年開始の予定だったが、世界金融危機の影響により 1 年遅れで開始された。

的責任（Corporate Social Responsibility：CSR）を最大限に活用して支援する方針である。

1-3 調査の目的

(1) プロジェクトの詳細計画をボツワナ側関係機関と策定するとともに、ボツワナ側の実施体制と負担事項を確認し、合意文書（ミニッツ（Minutes of Meeting：M/M））として署名・交換を行う。

(2) 案件の事前評価を行い、その実施に係る妥当性等を確認する。

1-4 団員の構成

1-4-1 団員

担当分野	氏名	職位
団長/総括	仲田 俊一	JICA 農村開発部 参事役
分子育種	明石 欣也	奈良先端科学技術大学院大学 助教
作物生理	川満 芳信	琉球大学農学部 教授
栽培/バイオマス利用	上野 正実	琉球大学農学部 教授
計画管理	菅井 純	JICA 農村開発部乾燥畑作地帯課 ジュニア専門員
評価分析	石坂 浩史	アイ・シー・ネット（株）
協力企画	井上 千尋	科学技術振興機構地球規模課題国際協力室 係員

1-4-2 調査団員の担当業務

(1) 団長/総括

- ・調査の目的及び日本側が想定する本プロジェクトの方向性について、調査団を代表してボツワナ政府機関やその他関係機関に説明する。
- ・ボツワナにおけるヤトロファバイオディーゼルの生産及びバイオマス利用の可能性について各団員と検討し、プロジェクトの活動計画に取りまとめる。
- ・ボツワナ側関係機関と協議してミニッツを取りまとめ、ボツワナ側代表者との間で署名・交換を行う。
- ・帰国後、調査団を代表して国内関係省庁、JICA 及び科学技術振興機構（Japan Science and Technology Agency：JST）に対して調査結果を報告するとともに、他団員の協力を得て調査結果を取りまとめる。

(2) 分子育種

- ・ボツワナにおけるヤトロファ遺伝資源及び品種開発の状況について情報収集し、プロジェクトの活動項目を検討する。
- ・プロジェクトの活動に係る関係機関及び関係者と協力内容に関する意見交換を行う。
- ・研究者間の責任者として、他の遺伝情報及び栽培担当の団員の意見を取りまとめ、活動項目の検討、事業事前評価への対応を行う。

(3) 作物生理

- ・ボツワナにおける在来植物の遺伝資源及びその生理特性に関する研究状況を確認し、プロジェクトの活動項目を検討する。
- ・プロジェクトの活動に係る関係機関及び関係者と協力内容に関する意見交換を行う。
- ・他の調査団員と協力して事業事前評価への対応を行う。

(4) 栽培/バイオマス利用

- ・ボツワナにおけるヤトロファ栽培環境及び栽培技術を把握し、その情報を基にプロジェクトの活動項目を検討する。
- ・ボツワナにおけるバイオマスエネルギーの活用状況と、技術的課題について確認し、その情報を基にプロジェクトの活動項目を検討する。
- ・プロジェクトの活動に係る関係機関及び関係者と協力内容に関する意見交換を行う。
- ・他の調査団員と協力して事業事前評価への対応を行う。

(5) 計画管理

- ・団長/総括の業務を補佐するとともに、調査を効率的・効果的に進めるため、調査計画の管理及び各団員の業務を補佐・調整する。
- ・ボツワナ側との協議結果の取りまとめ及びミニッツ作成について総括を補佐する。
- ・帰国後、国内関係省庁及び JICA、JST に対して調査結果を報告するとともに、他団員の協力を得て調査結果を取りまとめる。

(6) 評価分析

- ・プロジェクトの実施に係る関連機関を訪問し、プロジェクトの基本計画に必要な情報を収集する。
- ・ボツワナにおけるヤトロファの栽培、バイオディーゼルの生産、バイオマス利用に関連する企業、研究所、農業組合等を調査し、その活動状況を把握する。
- ・評価 5 項目の観点からプロジェクトを分析し、事業事前評価表の作成に協力する。
- ・担当分野に係る現地調査結果を JICA ボツワナ支所等に報告する。
- ・帰国後、国内関係省庁、JICA 及び JST に対して調査結果を報告するとともに、他団員の協力を得て調査結果を取りまとめる。

(7) 協力企画

- ・各団員と協力し、プロジェクトの活動項目策定を行う。
- ・ボツワナ側との協議結果の取りまとめ及びミニッツ作成について総括を補佐する。
- ・帰国後、国内関係省庁、JICA 及び JST に対して調査結果を報告するとともに、他団員の協力を得て調査結果を取りまとめる。

第2章 協力の背景

2-1 プロジェクト関係機関の現状

2-1-1 鉱物・エネルギー・水資源省エネルギー局 (EAD)

プロジェクトの要請元である EAD は、MMEWR 傘下の組織で、ボツワナのエネルギー行政を司る部局である。EAD には 56 人の職員が所属する。バイオ燃料の開発・利用促進を担当し、プロジェクトの事務局となるバイオエネルギー課には職員 3 人とインターン 2 人が配置されている。これまでに、牛糞から得られるメタンガスを村内に供給し、調理等に用いるバイオガス事業を、ボツワナ大学と共同で立ち上げており、国内数カ所での運用が始まるなどの実績がある。EAD は独自の研究施設を持たず、国内外の関連省庁・企業・団体との調整や支援を通して、バイオマス事業の発展を図る手法をとっている。例えば、ヤトロファバイオディーゼル事業において、原料となるヤトロファ種子の効率的な生産は重要な鍵を握る技術開発分野であるため、まずは後述する農務省 (Ministry of Agriculture : MOA) 農業研究局 (Department of Agricultural Research: DAR) との連携を深め、その研究開発を支援することにより、同事業の実現を試みようとしている。また、ヤトロファ種子からのバイオディーゼル生産においては、そのディーゼル油の品質管理を図る必要性から、収穫後処理工程において後述するボツワナ大学 (University of Botswana: UB) との連携を深め、その研究開発を支援する計画を策定している。

EAD の年間予算規模は、經常予算が約 100 万ボツワナプラ (Botswana Pula : BWP)²、開発予算が 5~10 億 BWP 程度である。これには職員給与費は含まれない。

再生可能エネルギーについては、NDP10 にて、4 億 229 万 BWP の予算を再生可能エネルギーの開発のために計上している。このうち、經常予算は 2400 万 BWP であり、残りは開発予算である。ほかに、国家石油基金 (National Petroleum Fund)³から 2000 万 BWP を再生可能エネルギープロジェクトの実施に充てることが決定しており、本プロジェクト実施に 1000 万 BWP が配当される予定である⁴。

バイオエネルギー事業は、環境・経済・社会・教育などの幅広い分野に関連する事業であり、これらの分野間における持続的で均衡のとれた発展を促進させるために、EAD は、ヤトロファ事業の広報及び一般市民の意識調査等にも力を入れている。その取り組みの一環として、ヤトロファ公開ワークショップをこれまでに二度 (2010 年 8 月及び 2011 年 6 月) 実施し、MOA、環境省、土地省、財務省、外務省などの関連省庁や、在外公館、UB、食品健康局などの公的研究機関に加え、農協、NGO、環境団体、市民団体、農場主など、多様な関係者を招待している。このような公開ワークショップは EAD が主体となり、今後も定期的に行われるものと思われる。

2-1-2 農務省農業研究局 (DAR)

プロジェクトのヤトロファ栽培・育種に関する研究を担うことが期待される DAR は、MOA 傘下の組織である。ハボロネ郊外セベレの本部のほかに、全国に 4 つの支場と多数の支所を持

² 2011 年 9 月 1 日現在、1 BWP は約 11.6 円。

³ 燃料価格を安定させるための基金。燃料価格は政府が統制しているが、市場価格との差額をこの基金で調整している。基金の設立目的は燃料価格の安定であるが、政府の方針により再生可能エネルギーの開発にその一部を流用することになった。

⁴ EAD によると、プロジェクト実施に必要なボツワナ側予算は、すべてこの予算でまかなう計画である。

ち、約 700 人の職員を有する。DAR は作物研究部、畜産・放牧地研究部、支援サービス部、人事部の 4 つの部で構成されている。

本部のセベレは広大な実験圃場を有し、天水での栽培のほか、敷地内の掘削坑から得られる地下水を灌漑水として利用している。また農業機械の修理を担当する部署では、簡単な工作機械を製作することが可能であり、これまでに制作したスイカの種取り機などを見ることができるとともに、土壌などの化学分析や、DNA 分析などを行う実験施設を持つ。

また、DAR は国内農業の種子提供機関として、重要な役割を果たしている。国内で使われる農業種子の 90%を提供している。植物遺伝子資源の保全も任されており、遺伝子組み換え植物の管理を含む、バイオセーフティを所管する機関でもある。

作物研究部には、学士以上の学位を有する研究者が 49 人、高卒以上短大卒業以下の資格を有する技術者が 57 人所属している。ただし、職員の定着率は低く、研究経験が少ない若手の占める割合が高い。待遇が良い大学や民間への転出者が多いためである。作物研究部は、穀類、油料種子、穀豆、園芸、土壌・水管理、病虫鳥獣害管理の 6 つの研究プログラムに取り組んでいる。なかでも、主要な研究対象は、ソルガム、ラッカセイ、マメなどボツワナの主要作物であり、これらの育種や病虫害管理が、同部における業務の大きな部分を占める。同部が育種開発した作物の一部は、ボツワナ国内で実用化されており、同国における育種選抜研究において中心的な役割を果たしている。ヤトロファについては、バイオ燃料植物であるヤトロファの栽培が、農家の農業収入の安定化に寄与し得るとの期待感から、2000 年の後半からヤトロファの植物資源収集と栽培試験に取り組んでいる。ボツワナはその国土にヤトロファの自生種を有するため、DAR では国土の東部及び北部を中心に、ヤトロファ種子の収集活動を展開しており、GPS で採取地を記録しながら、これまでに約 60 系統 (landrace) のヤトロファ種子を得ている。これらの自生種の圃場栽培試験をセベレで開始しているほか、国内の NGO 団体 Boiteko Trust にこれら自生種を無償提供し、ボツワナ北東部のセロウエにおいても栽培試験を開始している。この栽培試験において、自生種間の生長特性の違いを示唆する予備的な結果が得られており、ボツワナのヤトロファ資源の多様性を示すものとして期待される。

本プロジェクトの活動に必要な研究者は、各プログラムから集める予定で、特別なプログラムを立ち上げる予定はない。なお、作物研究部の年間予算は、2、3 年前は 9000 万 BWP 以上であったが、2011 年は 7500 万 BWP に下がり、減少傾向にある。財源はほぼ 100% 政府予算である。ドナー支援は皆無に等しい。

2-1-3 ボツワナ大学 (UB)

UB は、1982 年に開設されたボツワナ唯一の総合大学である。商学部、教育学部、工学・科学技術学部、人文学部、理学部、社会学部、保健学部で構成され、現在、保健学部には医学課程を新設する準備を進めている。ほかに、MOA が所管し、DAR に隣接する農業大学校を前身とする農学部 (Botswana College of Agriculture) を傘下に置く。首都ハボロネのほかに、北西部の都市マウンにキャンパスを持つ。最新の情報によると、学生数は 15,731 人 (うち大学院生 1,391 人)、教職員数は 2,805 人 (うち教員数 813 人)、年間予算額は 8 億 9197 万 BWP (2010/11 年度、うち政府交付金は 6 億 9058 万 BWP) である。

これまで、UB は学部教育に注力してきたが、政府の方針を受け、2008 年に研究活動を拡充していくための戦略⁵を打ち出した。この戦略では、2021 年までに、研究の量、質、インパクトの面から国際的に認知される研究集約型大学になることを目標に据えている。そのための具体的な戦略の一つとして国際共同研究の推進を掲げている。また、大学の国際化について2006年に打ち出された方針⁶では、国際共同研究推進にあたり、パートナーとして日本を挙げている。研究戦略は NDP 10 を踏まえて策定されており、エネルギー分野も優先研究テーマの一つとしている。

UB にはヤトロファの栽培やヤトロファバイオディーゼルに関する研究実績はない。しかし、工学部機械工学科と理学部化学科には、ボツワナに自生する4種類の植物からバイオ燃料を製造して、分析したという研究実績がある。また、循環型エネルギーの潜在的可能性に早くから着目し、Clean Energy Research Centre (CERC) を設置し、それぞれの研究者の専門性を活かした学際的な研究に乗り出している。CERC は、循環型エネルギーの開発や普及に関連する研究者が所属する仮想的な研究組織であり、工学部の燃焼エネルギー学を専門とする Oladiran 教授を世話人としており、生物学、環境科学、化学、機械工学の分野の教授が参画している。個々の研究者の専門性は高く、学術論文発表も盛んに行っている。CERC は、ディーゼル燃料の燃焼特性を評価する装置群を既に保有しており、ヤトロファより得られるディーゼル燃料の品質評価を行うことが可能である。また、ボツワナ国内の生物資源からの天然物単離同定と機能解析を進めている研究グループも存在し、これらのノウハウは、ヤトロファの搾油成分の品質分析等に応用可能と考えられる。さらに、米国メイン大学から、木質バイオマスを利用したバイオエネルギー事業に深く関与し、その経済性や環境評価を実施した経験を有する教授も招聘されている。一方、研究者間の情報伝達は遅延気味のようであり、この学内連携が有機的に機能するかどうかについては今後、注視する必要がある。

2-2 関係政策

2-2-1 エネルギー政策

(1) エネルギーセクターの現状

ボツワナの1次エネルギー供給源の構成は、2009年時点で、石油54%、電力29%、石炭17%である。エネルギー消費は、運輸49%、鉱山・採石28%、産業7%、民生7%の順に多い。ボツワナは、最も少ないコストで安定したエネルギー供給を実現するとの政策目標の下、エネルギー需要の大半を輸入でまかなってきた。国内でも石炭が産出され、その埋蔵量は23,108tと見積もられているが、現在稼働している炭鉱は1か所のみである。石油に関しては、ボツワナに油田は確認されておらず、年間9億Lの全国内消費量を輸入している。近年、ディーゼルの需要は鉱山セクターの成長にともない年5%に近い率で伸びてきたが、ガソリン需要はほぼ横ばいで推移している。ディーゼルの需要は、2020年には年間5億Lに達すると予想されている。木質バイオマス(薪)の賦存量は灌木サバンナで

⁵ University Research Strategy:

<http://www.ub.bw/documents/UNIVERSITY%20RESEARCH%20STRATEGY%20-%20APPROVED%20BY%20SENATE%20FEBRUARY%202008.pdf>

⁶ Policy on Internationalization:

<http://www.ub.bw/documents/Internationalization%20Policy%20-%20Council%20Approved%20-%202017-11-06.pdf>

年産 3.6～4.3t/ha、密林で 4.8～10.6t/ha の範囲にある。太陽エネルギーは世界最高値の 2.1MJ/m²/日を示している。風速は 2.0～3.5m/s で、風力発電の利用には十分ではない。電力供給については、国内総需要 500MW に対する自給率は 24%にすぎず、不足分は南アフリカから輸入している。しかし、今後、南アフリカからのコストの低い電力供給が途絶える見込みのため、現在、火力発電所を増強している。

(2) エネルギー政策の方向性

NDP 10 では引き続き、最低コストで安定したエネルギー供給を実現することを目標に掲げつつ、エネルギー資源の持続的利用、国産エネルギーの利用拡大による輸入依存度の低減、省エネルギーの推進にも取り組むとしている。最低コストオプションを検討する際には、環境への負の影響も考慮し、ライフ・サイクル・コストを踏まえて、新・再生可能エネルギーの開拓・利用促進にも取り組む方針である。個別の目標としては、①十分な量の信頼できるエネルギーを供給する、②持続的エネルギー源を開拓する、③経済効率を促進する、④エネルギーサービスへのアクセスとその利用しやすさを改善する、⑤エネルギーの安定供給とエネルギー源の多様化を確保する⁷を掲げている⁷。表 1 は NDP10 のエネルギー政策における 2016 年の達成目標を示したものである。

表 1 エネルギー政策の達成目標

Sector Performance Matrix 10.3: Energy

Energy Sector NDP 10 Goals	Indicators	Baselines 2008	Targets 2016
Outcome: Adequate and reliable supply of electricity (self-sufficiency)	% Demand met	20%	100%
Outcome: National access to electricity	% Connected to grid electricity	50%	80%
Outcome: Improved access to coal	% National access	24%	30%
Outcome: Improved security of fuel supply	Strategic stock holding capacity in days	23 days	90 days
Protected environment	% utilisation of environmental friendly energy technologies (CBM, coal to liquids, coal gasification)	0.3%	25%

Source: NDP10

(3) バイオ燃料に関する政策

NDP 10 では、化石燃料掘削による環境への悪影響を軽減し、高止まりしている原油価格に対応するために、バイオディーゼルの消費量を 2016 年までに総ディーゼル消費量の 5% まで高めるべきであるとしている。また、バイオ燃料の生産・利用に関する技術開発、人材育成、普及活動、規制の制定を行うとしている。バイオ燃料産業は、原油価格の変動に応じて小売価格を調整するファンドあるいは他のファンドを利用して、原油価格の変動に

⁷ ボツワナの電化率は 2004 年の 26% から 2008 年の 49% へと次第に増加しているものの、電化されていない農村部ははまだ相当の範囲に広がっている。

ともなう基本設備の開発コストや原料コストの変動による高いバイオ燃料生産コストの安定化を図れる利点をもっている。

MMEWR は、現在策定中の国家エネルギー政策（National Energy Policy）に、2030年までに全エネルギー消費のうち 30%を再生可能エネルギー起源とするという目標を盛り込むことを検討している。バイオディーゼルについては、2020年までに運輸セクターの総ディーゼル消費量の 10%を国産バイオディーゼルでまかなうという目標を設定することを検討中である。

ほかに、ボツワナ・バイオマス・エネルギー戦略（Botswana Biomass Energy Strategy）を 2009年に、国家バイオ燃料ガイドライン（National Biofuel Guidelines）を 2010年にそれぞれ作成しているが、両者ともバイオマスエネルギーやバイオ燃料に関心がある投資家や事業者に対して情報提供することを主目的とした文書であり、拘束力があるものではない。なお、前者は、ドイツの支援を得て作成されている。

（4）バイオ燃料生産に向けた取り組み

ボツワナがバイオ燃料の生産を本格的に検討するきっかけとなったのは、2005年に南部アフリカ開発共同体（South African Development Community : SADC）が実施した加盟国を対象としたバイオ燃料に関する基礎調査⁸の提言である。調査は机上調査を主体としたごく簡単なもので、提言では各加盟国により詳細な自国の調査の実施を勧めている。

MMEWR は、2007年にバイオ燃料の生産と利用に関するフィージビリティ調査（Feasibility Study for the Production and Use of Biofuels in Botswana）を行った。調査は種々のバイオ燃料と原料の生産の可能性を検討して、ヤトロファによるバイオディーゼルの生産が最も見込みが高いと結論づけた。

この結果に基づき、バイオディーゼルの生産をゼロから 2020年までに年産 5000万 L に到達させるための計画を立てられた。MMEWR は手始めに、ヤトロファの栽培が本格化するまでは牛脂を原料にすることを想定して、日産 2万 L 規模のバイオディーゼル製造プラントを導入⁹することを決定し、NDP 10で 3000万 BWP を予算化した。2012年の商業生産開始をめざして、2010年 2月には入札を行い、業者選定も終えていた¹⁰。

その一方、この計画に対しては慎重な意見が省内外から出され、MMEWR は緊急に本計画に係る調査（Feasibility Study into the Establishment of Biodiesel Production in Lobatse）を実施した。2010年 12月には最終報告が出され、経済的採算性に疑問があるとの結論が導き出された。原料に想定していた牛脂の供給量が十分に見込めないだけでなく、価格も高くプラントの経済的な運営は難しいとの理由であった。これを受けて、MMEWR はプラント導入と年産 5000万 L の目標を一時、棚上げすることとした。

MMEWR は、2010年にはこれと並行して、ヤトロファバイオディーゼルの生産についても詳細な調査（Research on the Effects of Jatropha Farming on Local Farmers）を行った。この調査では、ヤトロファバイオディーゼルの商業生産するためには、多くの課題を克服する

⁸ Feasibility Study for the Production and Use of Biofuel in the SADC Region, August 2005:
<http://www.compete-bioafrica.net/policy/060106-SADC%20Biofuels%20Study%20Final%20Report.pdf>

⁹ 肉牛の屠殺場があるロバツェに設立する計画であった。

¹⁰ スウェーデンの AGERATEC 社が落札した。

必要があることが明らかにされ、少雨と干ばつに適応した品種の開発、栽培体系の確立、毒性の評価などが課題として挙げられた。本調査報告書は、栽培と育種に関する研究開発の必要性を強く訴えている。MMEWR は、2010 年 8 月に日本のヤトロファ研究者と協力¹¹して、ヤトロファバイオディーゼル生産の課題を調べているが、本調査報告書にはこの結果も反映されている。

2-2-2 農業政策

(1) 農業セクターの現状

ボツワナの農業は大別して作物生産と畜産からなる。主作物はソルガムとメイズである。天水農業を主体とし、生産量は降雨に大きく左右される。農村人口の 70%が何らかの形で農業にかかわっている。100 余りの大農場を除くと、自給自足的な小規模・伝統的農業を営む者がほとんどで、耕地の平均保有面積は 5 ha である。穀物の生産性は、大農場では ha 当たり 2,500 kg に達することもあるが、自給自足的農業者の場合、収穫が ha 当たり 300 kg 程度にとどまることもある。国内農業の生産高と生産性は、ともに低下傾向にある。

畜産は牛、羊、山羊、鶏の生産が主である。経済的な生産規模は肉牛が最も大きく、ヨーロッパへの輸出も行っているが、干ばつや口蹄疫などが頻繁に起きるため、飼育数は大きく変動している。

農業分野の GDP への貢献は、1966 年には 43%であったが、鉱物セクターの生産が伸びたことなどにより、2007 年には 1.7%まで下がっている。農業 GDP の 80%は牛肉生産である。ボツワナは、牛肉と鶏肉以外の農業産品については輸入超過国である。

(2) 農業開発政策

ボツワナは 1991 年に、現在の農業開発政策 (National Policy on Agricultural Development)¹²を策定した際、政策目標を食料自給から食料安全保障に置き換えた。ボツワナの環境条件を踏まえると、国内で必要な食料すべての自給をめざすことは、技術的にも経済的にも現実的でないためである。以来、政府は補助金や価格統制のあり方などを見直し、自国での農業生産振興と国外からの流通促進を含む総合的な政策により食料安全保障の実現をめざしている。1991 年の農業開発政策ではほかに、農業多様化、農業生産量・生産性向上、雇用機会創出、農業就労人口への保障提供、農業・土地資源の保全を政策目標に掲げている。この政策については、2008 年に見直しに着手して作業が進んでおり、現在も有効である。NDP10 では、①農業セクターの成長と競争力向上を促す、②農家の資源を持続的に利用する意識・能力を向上して放牧地資源の賢明な管理・利用を確保する、③農業と関連セクターに必要な人材ニーズを満たすことを目標に掲げている。

(3) バイオ燃料に関する政策

NDP10 では、バイオ燃料に投資することの技術的・経済的妥当性を調査するとしている。NDP10 の農業分野には、これ以外にバイオ燃料に関する記述はなく、農業開発面においてヤトロファなどのバイオ燃料の原料生産について、明確な政策は策定されていない。

¹¹ 奈良先端科学技術大学院大学の研究者ら本プロジェクトの日本側協力機関の研究者がボツワナに調査に訪れている。

¹² http://www.moa.gov.bw/downloads/national_policy_on_agric_development.pdf

(4) 品種保護・登録制度

ボツワナには植物特許に関する法的枠組みはない。ただし、法案の準備は進んでいる。MOAは2010年10月に、植物品種保護に関する法律(Plant Breeders' Rights [別名 Protection of Variety of Plants])の案を法務長官に提出している。ほかに、種子法(Seed Law)の見直しを行っている。これが完成して法律が改正されれば、本プロジェクトで新品種を開発した場合、品種登録が可能になる。

(5) 遺伝子組み換え植物に関する法制度

現在、ボツワナには遺伝子組み換え植物に関する法制度はない。ただし、近々、国会でバイオセイフティ枠組み(Biosafety Framework)法案に関する審議が始まる予定である。法案成立後は、遺伝子組み換えに関する研究活動はこの法律に従い実施することになる。本プロジェクトは、こうした動きを踏まえて実施する必要がある。

2-3 ヤトロファの栽培状況

2-3-1 ヤトロファの特徴

ヤトロファはトウダイグサ科(Euphorbiaceae)の顕花植物で、種子は毒性を持ち、30~40%の低温融解性油脂を含む。油脂生産性は1.75~2.5t/ha/年、大豆油脂の10倍程度である。地球上での生育可能範囲は南北回帰線で挟まれる範囲で、高温多湿を好むが、環境ストレスに強く半乾燥地でも生育可能である。開花の開始樹齢は約6カ月で、開花するとその樹齢において果実の生産が可能となる。1枚の葉の寿命は短く、かなりの早さで落葉、新規の展開が生じ、葉の回転率は高い。また、年間数回の開花を繰り返し、温度が15℃を下回ると落葉しやすくなる。性型は雌雄同株で、性表現は雄花と両性花である。ヤトロファは、床替え定植後(発芽から6カ月経過)、地上部30cmの部位を断幹処理する。その結果、休眠芽(後生枝)等の発芽により、3~8本の分岐枝が発生するなど、萌芽能力は極めて高い。ヤトロファ果実1粒には67~100%の出現頻度で3粒の種子が含まれている。1果実、2粒の種子である割合は4~33%である。ヤトロファ果実1粒の平均重量は2.272gで、産地による変動係数は12.8%であり、果実重量の産地間差異が見られる。ヤトロファ種子1粒の平均重量は0.6161gで、変動係数は12.5%であり、種子重量にも産地間差異は認められる。また、ヤトロファ種子の発芽率は72.3%で、変動係数は41.3%であり、種子発芽率にも産地間差異が認められる。しかし、種子の発芽率は果実の果皮が黄色く変色した直後が高いといわれ、この値は今後詳細に検討する必要がある。採取産地別の種子重量と発芽率との関係では、種子重量の増加とともに発芽率も上昇する傾向が見られる。種子重量と発芽率は正の相関関係にあり、貯蔵成分の検討が今後とも必要である。ヤトロファは発芽後、圃場に定植し、1年半経過後の樹齢2年生次において、経済的な開花結実をすることが判明している。

2-3-2 ボツワナにおけるヤトロファの栽培状況

現在、ボツワナにおいて一定の規模でヤトロファが栽培されている場所はない。わずかな敷地で政府や資本家により試験的に栽培されているか、または民家の庭先で栽培されている程度である。この栽培状況にはボツワナの気象条件がかかわっている。ボツワナの月平均気温の推移を見ると、最高気温と最低気温の温度差は極めて大きい(図1)。さらに、ボツワナは場所に

もよるが冬期の6月と7月には最高気温は20℃前後で推移するものの、最低気温が氷点下になる日もあり、日較差が極めて大きい（図2）。しかし、日照時間は4月にやや低下するものの年間を通じて高く、植物の光合成速度は年間を通じて高く維持され、高いバイオマス生産が期待できる（図1）。雨期は10月下旬から翌年の4月頃まで続き、6月から9月まで降雨ゼロの日が続く（図3）。この冬期には乾燥と強風も加わり、植物にとっては非常に厳しい環境となる場合がある。

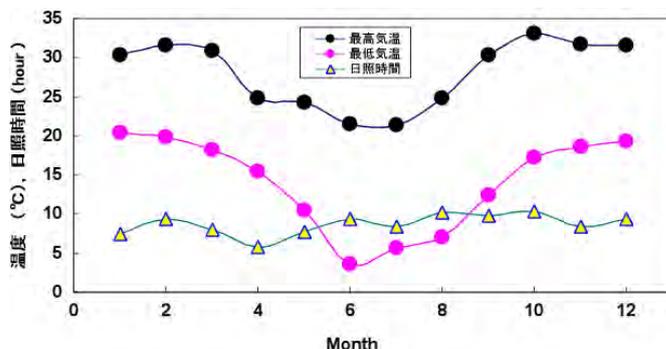


図1 ポツワナハボロネ近郊で計測された月平均最高気温、最低気温、日照時間（2010年）

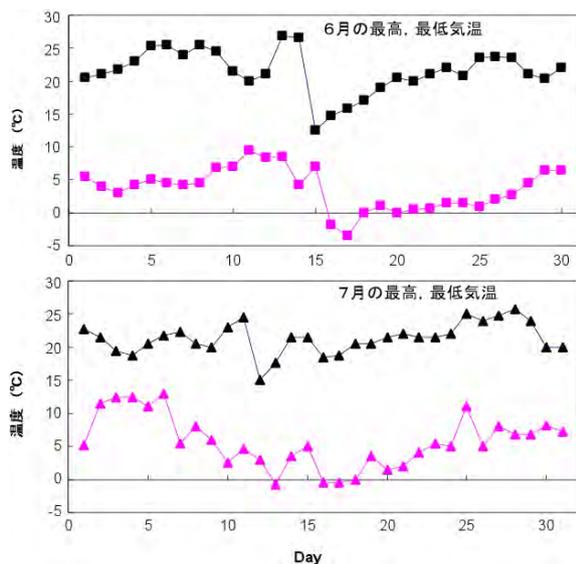


図2 2010年6月（上図）と7月（下図）の最高気温と最低気温

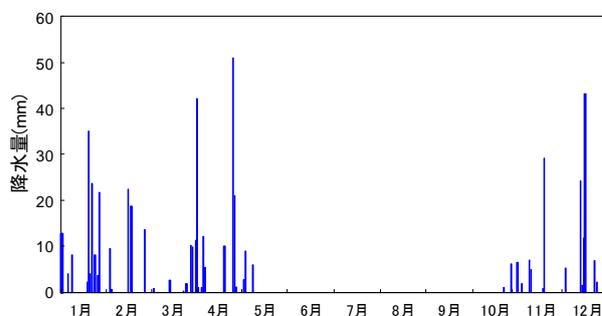


図3 ハボロネの2010年の降水量

このような厳しい環境でヤトロファを栽培するには、低温、乾燥、強風にどの程度の耐性をもっているかの品種・系統間差異を知ることが重要である。あるいは、栽培可能な範囲を見極めたいうえで、栽培計画を立てなければならない。

首都ハボロネ近郊で栽培されているヤトロファは、2011年6月と8月に調査した段階では地下部は生きているものの、地上部は乾燥し枯れているものがほとんどである。一方、ボツワナ東部のセロウエで古くから農家の庭で栽培されているヤトロファは冬でもほとんど無傷で残っており、品種、系統による違いが大きいことと、水管理の重要性を示唆している。

上述のように、ボツワナはヤトロファの栽培には必ずしも適さない環境だが、現在、少なくとも2社がヤトロファの商業生産に関心をもっている。

コート・アンド・ホート株式会社 (Cort & Hort Pty Ltd) は、ハボロネ北の1.5 haほどの土地で、3、4年前からヤトロファを育てている。同社社長はスーパーマーケットを運営する実業家で、将来はボツワナ国内に10万 haの土地を確保してヤトロファを栽培し、バイオディーゼルを生産したいと考えている。2008年にMMEWRとMOAに事業計画案を提出して、少なくとも3万 haの土地利用権の付与を要望しているが、これまでに回答はない。同社のマネージャーは、インドのタミル・ナードゥ州で、風力発電の風車の下敷地を利用して、ヤトロファを栽培した実績の持ち主である。ボツワナでは、苗木は活着したものの、毎年霜害に遭っていて、商業生産の目処は立っていない。このため、対策として別な品種を導入することを考えている。

もう1社のボイテコ・トラスト (Boiteko Trust) は、数年前からボツワナ東部のセロウエでヤトロファの栽培に取り組んでいる。この団体は、慈善家が寄付した土地に誘致したショッピングセンターから得られる賃料などを原資に、雇用創出など地域の発展につながる社会貢献事業を実施している。ヤトロファについても、その栽培とバイオディーゼル生産による雇用創出と地域振興を期待して、取り組みを始めた。地域住民が庭で育てている個体の種子と、DARから提供された種子を利用して、小規模な栽培試験を行っている。試験は、林業コンサルタントの経験があるセロウエ在住イギリス人が主として担当しているが、これまでは霜害やシロアリの攻撃を受けるなど、栽培結果は芳しくない。それでも、2010年の冬播種した個体については霜が降りなかったこともあり、順調に越冬している。

ほかに、MMEWRの水資源局 (Department of Water Affairs) の敷地に、EADがコート・アンド・ホートのマネージャーの力を借りて植えたヤトロファがある。これらは比較的良い生育を示しており、恐らく、6月の夜温の低下と乾燥した空気に曝された状態の下、根の周辺に水分があるか否かで生育が大きく異なるものと推察される。

2-4 バイオディーゼルの生産状況

ボツワナには、ヤトロファのバイオディーゼル生産者はいないが、使用済み食用油からバイオディーゼルを製造している事業者がいる。バイオディーゼル・ボツワナ株式会社 (BioDiesel Botswana Pty Ltd) は、2年前から本格的にバイオディーゼルの生産を開始し、これまでに35万Lを出荷している。経営者と従業員は5人で、経営者のほかにプラントを運転できる技術者が1人いる。

プラントはほぼすべて手作りである。もともと、現経営者の父親が趣味で始めた工場だったが、現経営者が2年ほど前に南アフリカの技術者の助言の下、現在の状態に造り上げた。プラントはあらゆる食用油に対応しているが、硬化油は冬期に凍結するため加工が難しい。加工能力は原料ベースで日産4,000Lである。しかし、廃食用油が十分に集まらないため、フル操業するまでには至っていない。2tトラックを1台所有し、廃食用油をフランシスタウンなどの遠隔地を含む各地の食堂、店舗、ホテルなどから定期的集荷しているが、廃食用油は南アフリカのバイオディーゼル業者も求めているので、調達は競争となっている。他の原料として、屠殺場から出る動物油脂の利用も検討したが、価格面で折り合わなかった。

主な販売先はハボロネに本社がある運送会社2社である。この2社では既に過去18カ月間、保有する12tトラックにバイオディーゼルの25~30%混ぜた燃料を使用して運行している。販売

価格は 1L 当たり 6.9 BWP である。これは燃料スタンドでの価格より 0.9 BWP ほど安い、バイオディーゼル・ボツワナでは配達・小売りはせず、最小販売単位は 1,000L としている。利幅は薄い、事業ベースで採算が取れている。

副産物として発生するグリセリンは南アフリカに輸出しているほか、肥料として利用することも検討している。

2-5 バイオマス利用の現状

上述のように、廃食油を利用したバイオディーゼルが一部で使用されているほか、ボツワナでは古来のバイオマスエネルギーの一種である「薪」が農村の生活基盤となっている。しかし、乱伐による資源の減少が懸念されている。薪の管理については、コミュニティベースの検討や提言がなされているが、これまでいくつかの地方で企画されたパイロットプラント事業は、資金不足のために実施されていない。2006 年に策定された農業資源の保全条例は、慣行的な地域利用以外ではいかなる目的でもベルド（草原）産物の収穫を禁止している。薪はベルド産物の一つとみなされており、EAD と MOA の林務部は条例に対する国民の関心の向上や取締りに関する対策チームを作っている。

薪の持続可能な利用に関して、木質バイオマスのモニタリングと保全のため、小学校、中学校、防衛軍(BDF)、刑務所・更生施設などの政府施設において薪の利用をやめる努力がなされている。その結果、軍と更生施設は薪の利用を中止したが、小学校の半数以上はいまだに利用している状況である。政府は中学校に新しい石炭及び LPG ストープの導入を進めている。NDP10 では、バイオガス発生装置をいくつかの学校や教育程度の高い組織に導入する計画が立てられている。

2-6 農村の生活改善と再生可能エネルギー

ボツワナでは地方の電化を促進するために多くの再生可能エネルギープロジェクトが実施されている。一例を挙げると、農村電化プロジェクトが GEF（Global Environment Facility：地球環境機関）を活用して実施されている。このプロジェクトでは、南部ケネング州の 4 村に、太陽光発電システム、ランプや小型バッテリー用のソーラー充電器、薪ストーブなどを設置している。この取り組みがやがて農村部における生産とサービス双方の活動を牽引していくことが期待されている。また、政府は、GEF を通じて太陽光発電の研修コースを大学などに立ち上げて、太陽電池技術に対する否定的な見方を変えるために予算を充てている。既に太陽光発電システムなどの導入は進められており、5 年間で 6,000 戸にシステムを提供する計画が立てられている。その他、通常の送電網とは独立したバイオガス発電システムと調理システム導入プロジェクトが東部の Mabesekwa で着手されている。バイオガスプロジェクトによる村の電化は、送電網を新しく設置するのに比べ、コスト面で有利であるとされている。小学校へのバイオガスの導入は、遠くから薪を運搬する重労働から子供たちを解放し、健康と環境を保全する先行例となっている。

2-7 バイオディーゼル製造計画における課題

ボツワナでのヤトロファの生産は限定的であり、これまでのいくつかの試みも成功例がないのが実情であることから、その実現には多くの課題がある。以下は本調査をはじめとしたこれまでの知見を基に、ボツワナにおけるヤトロファバイオディーゼル燃料製造計画における課題を整理する。

2-7-1 ヤトロファの生産技術

(1) 全般

まず、原料であるヤトロファを安定的に生産することが基本である。ボツワナにおいてヤトロファの生産技術は確立されたものとはいえず、現状ではバイオディーゼル生産はおぼつかない。その原因は冬期の低温・低湿及び強風であると想定され、加えてヤトロファの主生産予定地としての限界地（準不毛地）が考えられているので、外国の生産地に比べると非常に厳しい栽培環境といえる。このなかで、安定的な生産を可能とする栽培技術の確立が急務である。耐干性・耐寒性品種の育成も不可欠である。

(2) 水利用

ボツワナの厳しい生産環境を克服する最も有効な手段の一つは灌漑すなわち水利用である。水資源局で試験栽培されているヤトロファは、他と異なって冬期でも生育しており、確かに灌漑の効果は大きいといえる。低温・低湿期（冬期）に灌漑、保温、防風及び剪定を組み合わせることによって、樹体の生存と越冬が確保できるものと思われる。ハボロネ近郊やセロウエで栽培されているヤトロファは、地下部は生きているものの、地上部は枯れているものがほとんどである。さらに、若いヤトロファより栽培期間の長い樹のほうが下部の生きている部分が長いことが判明している。これより植え付け初年度もしくは2年間程度を乗り越えれば、後は問題なく生育できるのではないと思われる。一方、水の利用には食料生産部門との競合が発生する恐れもあり、この部分については節水灌漑の導入など十分な配慮が必要である。処理水の利用も有効である。

(3) 収量の確保

バイオディーゼル製造では単位面積当たりの生産量すなわち収量が高ければ高いほど有利である。可能性調査の報告書では4t/haの収量（FAO）を前提に、様々な算定がなされている。しかしながら、ハボロネ周辺の栽培環境でこれだけの収量を確保するには多くの問題を解決する必要がある。冬期の枯れた（生育しているものも含む）ヤトロファを見ると、果実からつぼみの状態まで一緒に枯れていることがわかる。枯れる前に収穫できる果実が多いのであれば問題はないが、全般に出蕾が遅いような印象を受ける（追跡調査が必要）。これらは果実が十分に育たないうちに枯れてしまった状態であり、これでは十分な収量は得られない（写真1）。

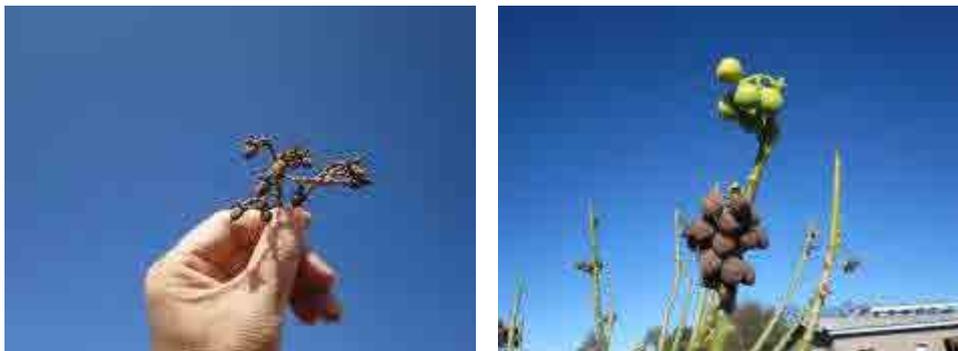


写真1 冬期における果実の状況

(4) 収穫

上記のように収穫前に枯れてしまう果実が多いと低収となるが、冬期に一齐に熟せば収穫が容易になることも期待できる。すなわち剪定も兼ねて機械や人力で一齐収穫もしくはそれに近いことができる可能性がある。出蕾期をコントロールできればその可能性が高くなるものと思われる。収穫には多くの人手を要するので規模拡大に備えた準備も必要である。

2-7-2 バイオディーゼル燃料の製造技術及び評価技術の確立

バイオディーゼルの製造技術は確立されており、ボツワナでの製造も特に問題はないものと思われる。問題は製品の品質管理であり、そのための品質評価システムの確立が必要である。UB の機械工学科及び有機化学科には原料及び製品の品質評価を行う測定機器類はほぼ揃っている（写真2）。実際に製造を始める際は、品質評価作業をルーチン化したシステムで行う必要がある。ヤトロファの毒性物質の測定も可能と思われるが、確認が必要である。なお、ヤトロファの栽培条件や品種による燃料品質の評価を行うには、大量のサンプルに対する評価が必要となるので、それに合わせた実施体制の確立が求められる。



写真2 燃料及び原料の性能評価用機器類

2-7-3 ヤトロファ副産物の利用技術の確立

ヤトロファの果実からバイオディーゼルを製造する過程で多くの副産物が生成される。これらの副産物は家畜の飼料、ストーブ燃料、バイオガスの原料、肥料など多くの利用方法が研究されている。一方、炭化はほとんど検討されていない利用法だが、土壌改良材や燃料として有用であり、土壌炭素貯留用の材料としても期待される。

加えて、ボツワナにおけるヤトロファ栽培では、剪定によって産出される木質バイオマス（剪定枝）が大量に発生する。前述のように、ボツワナでは薪の利用による資源の乱伐が問題になっているので、これに替わり得るバイオマス資源となることが期待される。炭化、ペレット、チップ、ブリケット化することによって、薪に比べて利便性の高い近代的なエネルギー源となる。

2-7-4 ヤトロファバイオディーゼル総合評価システムの確立

厳しい自然環境でヤトロファの栽培技術を確立し、製造したバイオ燃料の品質と環境や社会への影響、副産物の利用性などの総合的な評価は、将来のヤトロファバイオディーゼル実用化に欠かせないものである。そのためには、バイオディーゼル製造に係る全工程を通じて様々な

データを体系的に収集してデータベース化し、それらを解析して収量や品質の向上に役立てる一連のシステムを開発する必要がある。このシステムは、ボツワナ側での構築をめざすよりも、日本の方法を投入したほうが効率的である。これは、情報通信技術（ICT）とセンサー技術を中心としたシステムで、適用の際はボツワナ側の参加組織に加え、日本側でも情報の共有ができるような体制を構築する。その一例として、図4に示す「ヤトロファ個別樹体管理システム」の構築が有効と思われる。

ICT(ヤトロファ)樹体管理システムの概念

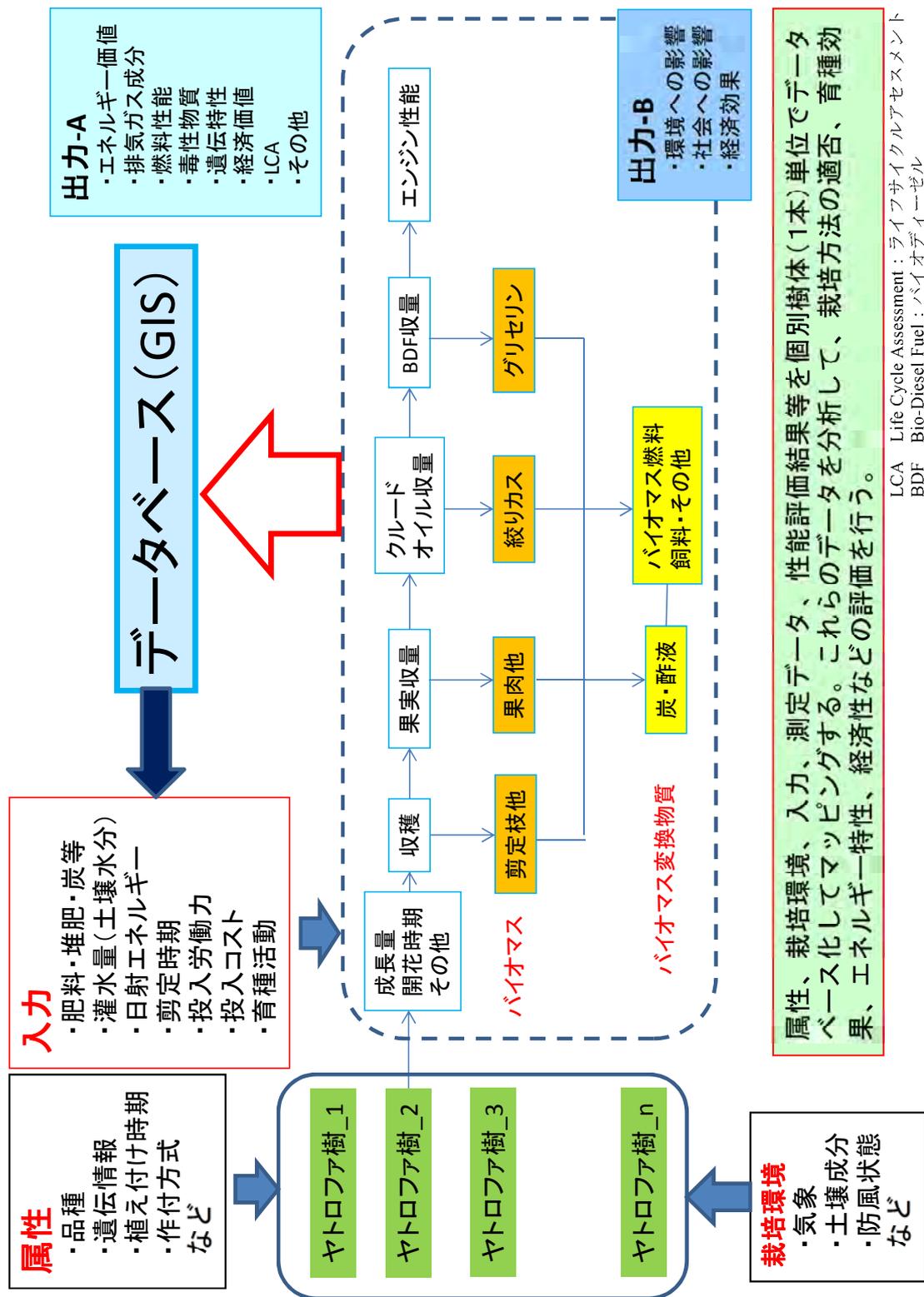


図4 ヤトロファ個別樹体管理システム

第3章 協力の概要

3-1 調査結果

調査団はボツワナ側関係者との協議を通じ、プロジェクトの概要を策定し、2011年9月1日に協議議事録であるミニッツに署名した。プロジェクトの目標は、商業ベースでヤトロファバイオディーゼルを生産するための技術的基礎を構築することとし、そのために、①ボツワナの乾燥・冷害条件下におけるヤトロファ栽培のための研究、②高収量・ストレス耐性ヤトロファの育種、③ヤトロファ種子から生産されるバイオディーゼルの特性の研究、④ヤトロファ種子とバイオディーゼルの生産に伴い発生する副産物の利用方法の研究、⑤バイオディーゼル生産について全工程を対象とした、経済性をはじめとする総合的な評価一を行うことになった。

3-2 協力の基本計画

本プロジェクトは、地球規模課題対応国際科学技術協力事業の枠組みに基づき実施される。プロジェクトの計画内容は以下のとおりである。

(1) プロジェクト名

和文：「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」

英文：「Information-based optimization of Jatropha biomass energy production in the frost- and drought-prone regions of Botswana」

英文プロジェクト名については、ボツワナ側との協議の結果、要請時の「Information-based optimization of Jatropha biomass energy production in the frost- and drought-prone regions around Kalahari Desert in Botswana」から変更することになった。その理由は、プロジェクト実施場所にはカラハリ砂漠（Kalahari Desert）を含まないためである。日本語名に変更はない。

(2) 協力相手先機関

鉱物・エネルギー・水資源省（Ministry of Minerals, Energy and Water Resources : MMEWR）エネルギー局（Energy Affairs Division : EAD）、農務省（Ministry of Agriculture : MOA）農業研究局（Department of Agricultural Research : DAR）、ボツワナ大学（University of Botswana : UB）

(3) 国内協力機関

奈良先端科学技術大学院大学、琉球大学、理化学研究所

(4) 協力期間

2012年3月～2017年3月（予定、5年間）

(5) ターゲットグループ

協力相手先機関の研究者・行政官 40人程度

(6) 実施場所

圃場試験は DAR にて実施。実験室分析は DAR、UB、奈良先端科学技術大学院大学、琉球大学、理化学研究所にて行う。

(7) プロジェクト目標

ボツワナにおけるヤトロファバイオディーゼルの商業生産に向けた技術的知見と経験が蓄積される。

【指標】

1. 少なくとも XX の学術論文が発行される。
2. 少なくとも 12 人の研究者がヤトロファに関連した修士・博士号を取得する。
3. ヤトロファバイオマスを利用するための技術パッケージがボツワナ政府に採用される。

(8) 成果と活動

1) 成果 1

ボツワナの気候に適したヤトロファの栽培体系が確立する。

【活動】

- 1-1 気象観測システムとフィールドサーバーを設置する。
- 1-2 ヤトロファの栽培手法を開発する。
- 1-3 ヤトロファ栽培のための灌漑システムを開発する。
- 1-4 土壌と水の分析を行う。

【指標】

- 1.1 実験圃場でのヤトロファ種子の収穫が降霜シーズン前に完了する。
- 1.2 少なくとも 4 つの異なるサイトについて、水管理と剪定を含む栽培体系が文書化される。
- 1.3 実験圃場でのヤトロファ種子生産が ha 当たり XXt を上回る。

2) 成果 2

高収量・ストレス耐性ヤトロファ品種を開発するための技術基盤が構築される。

【活動】

- 2-1 ボツワナに自生するヤトロファ系統を特徴づけ、その生理的特性を評価する。
- 2-2 ボツワナに自生するヤトロファ系統の害虫、病気の発生を調査する。
- 2-3 ボツワナに自生するヤトロファ系統を識別する分子マーカーを特定する。
- 2-4 遺伝子型と表現型の関係をオミクス解析により調べる。
- 2-5 遺伝子組み換えヤトロファを開発する。

【指標】

- 2.1 ボツワナで入手可能なすべてのヤトロファ系統について、収量とストレス耐性が評価される。

- 2.2 ボツワナで入手可能なすべてのヤトロファ系統について、分子マーカーを同定するためのデータベースが開発される。
- 2.3 少なくとも3つの高収量・ストレス耐性と結びついた遺伝子組み換えヤトロファが開発される。
- 2.4 遺伝子組み換えヤトロファのストレス耐性が評価される。

3) 成果3

ヤトロファオイルの特性が明らかになる。

【活動】

- 3-1 ヤトロファ種子のオイル含量、成分、熱量を分析する。
- 3-2 ヤトロファ種子、クルードオイル、バイオディーゼルの毒性物質を分析する。
- 3-3 ヤトロファクルードオイルとバイオディーゼルのエンジン性能試験を行う。
- 3-4 ヤトロファバイオディーゼルの収率を評価する。
- 3-5 ヤトロファクルードオイルとバイオディーゼルの品質を評価する。
- 3-6 ヤトロファ種子とクルードオイルの貯留特性を調べる。

【指標】

- 3.1 ボツワナで入手可能なすべてのヤトロファ系統について、オイル含量、成分、熱量に関するデータベースが開発される。
- 3.2 ヤトロファ種子、クルードオイル、バイオディーゼルの毒性物質が分析される。
- 3.3 ヤトロファクルードオイルとバイオディーゼルの燃焼特性が明らかになる。
- 3.4 ヤトロファバイオディーゼルの収率が算定される。

4) 成果4

ヤトロファ非油脂バイオマスを利用するための技術が開発される。

【活動】

- 4-1 非油脂ヤトロファバイオマスの熱量、化学組成、毒性物質を分析する。
- 4-2 ヤトロファ炭を生産する。
- 4-3 ヤトロファ炭を土壌に適用する。
- 4-4 ヤトロファ炭の土壌への効果を調べる。
- 4-5 非油脂ヤトロファバイオマスのエネルギー利用とその他の利用方法を評価する。

【指標】

- 4.1 種子以外のバイオマスの重量と成分、副産物生産特性が分析される。
- 4.2 炭適用区の水分保持能力が不適用区をXX%上回る。
- 4.3 炭適用区の水利用効率が不適用区をXX%上回る。
- 4.4 少なくとも4つの非オイルヤトロファバイオマス利用技術（例：土壌改良材、燃料）が評価される。

5) 成果5

ヤトロファ生産とバイオマス利用のインパクトが環境・社会・経済面から評価される。

【活動】

- 5-1 ヤトロファ生産とバイオマス利用の環境へのインパクトを評価する。

- 5-2 ヤトロファ生産とバイオマス利用の社会へのインパクトを評価する。
- 5-3 ヤトロファバイオディーゼル生産の経済評価を行う。
- 5-4 研究成果を国際的に共有するためのワークショップやシンポジウムを開催する。

【指標】

- 5.1 温室効果ガスをバイオディーゼル、副産物、土壌改良に配分するための方法論が決定される。
- 5.2 ヤトロファバイオディーゼルの予備的ライフ・サイクル・アセスメントが実施される。
- 5.3 種子収量、バイオディーゼル製造効率、栽培可能面積の評価に基づく石油エネルギー代替可能性が推定される。

3-3 投入計画

(1) 日本側 (総額 3.0 億円)

- 1) 専門家
 - <長期>
 - a) 業務調整
 - b) 栽培
 - <短期>
 - c) 栽培
 - d) 分子育種
 - e) 収穫後処理
 - f) 非油脂バイオマス
 - g) その他の専門分野
- 2) 日本、第三国での短期研究
- 3) 資機材
- 4) シンポジウム、ワークショップ開催費

(2) ボツワナ側

- 1) 人員配置
 - a) プロジェクトダイレクター (MMEWR 事務次官)
 - b) 副プロジェクトダイレクター (EAD 局長、DAR 局長、UB 研究・開発室長)
 - c) プロジェクトマネージャー (EAD バイオエネルギー課長、DAR 作物研究部長、UB クリーンエネルギー研究センター代表)
 - d) EAD、DAR、UB の教職員・学生 約 60 名
- 2) 施設
 - a) DAR での専門家執務スペース
 - b) DAR と UB の実験室と作業場
 - c) DAR の実験圃場
- 3) 本プロジェクトに必要なデータ (地図と写真を含む) と情報
- 4) 経常経費

- a) 本プロジェクトに関係する EAD、DAR、UB の教職員の人件費
- b) 本プロジェクトに関係する大学院生の指導・研修費用
- c) ボツワナ側が保有・調達する資機材、器具、車両、工具、予備部品などの供給・取り替え費用
- d) 光熱・水道費など本プロジェクト運営に必要な基礎的経費
- 5) 労務費
 - a) 圃場試験技術者
 - b) 圃場試験作業員
- 6) シンポジウム、ワークショップ開催費
- 7) 修士、博士号取得のための長期研修
- 8) 資機材

3-4 実施体制

EAD が本プロジェクト全体の計画立案と総括責任を担う。DAR はヤトロファ栽培、育種及びヤトロファ非油脂バイオマスの開発に係る研究を担当し、UB はヤトロファオイルのバイオディーゼ化、分析、品質評価及びヤトロファ生産からバイオマス利用に至るプロセスの経済性や環境影響評価を担当する予定である。

UB については、プロジェクト要請時の構想では、学際的組織であるクリーンエネルギー研究センター (Clean Energy Research Centre)¹³の参画を図っていたが、同センターはいまだ本格的な研究活動を行う体制は整っていない。したがって、同センターの設立に携わっている Oladiran 教授が所属する工学・科学技術学部機械工学科と理学部化学科が、バイオディーゼルを含むヤトロファオイルの研究活動にかかわる。前者はヤトロファオイルの燃焼特性の分析、後者は成分分析などを行う。ヤトロファ生産とバイオマス利用の環境・社会・経済面での評価は、理学部環境科学科とボツワナ北部にあるオカバンゴ研究所が担当する。

ほかに、理学部生物科学科がヤトロファの栽培と分子育種、同環境科学科がヤトロファ栽培土壌と水の分析に参加することに意欲を示しているが、この研究分野については、DAR 主導で進めることを想定しているため、調整が必要である¹⁴。

3-5 協力にあたっての留意点

(1) 外部要因

成果達成のための外部条件

- ・ヤトロファ栽培試験に必要な地下水が十分ある。
- ・気候条件が劇的に変化しない。
- ・データ通信ネットワークが整備されている。

¹³ UB は学際的研究を行うために複数の研究センター (Centres of Study) を設立している。センター設立にはいくつかの条件があり、基本的に、財政的に自立できることが求められる。センターの研究者は通常、学内の既存組織の研究者を兼務する。詳細は次のとおり。Policy on Centres of Study: http://www.ub.bw/documents/Centres_of_Study_RD04.pdf

¹⁴ プロジェクト要請書では農学部の参加を想定していたが、農学部の主たる活動は教育で、研究は DAR の役目とされており、協議の結果、参加しないことになった。両者は MOA 傘下にあり、役割を分担しているという。同様に、要請者に記されたボツワナ国際科学技術大学 (Botswana International University of Science and Technology) については、いまだ開学していないため、プロジェクトに参加しない。

- ・ 遺伝子組み換え植物に関する法規制（屋外における実験栽培に関する規制、研究成果の利用に伴い生じる知的財産権、等）が整う。

（2）その他

1）関係機関の協力

本調査実施時点では **DAR** と **UB** の研究者間の調整は不十分だったため、関係する研究者はプロジェクト開始までに日本側研究者が作成した行動計画案をベースに、研究内容とそれぞれの研究者の役割を詰める必要がある。

なお、成果 5 ではヤトロファバイオディーゼル生産のインパクトを総合的に評価するため、成果 1～4 で適切なデータが収集される必要がある。プロジェクト実施にあたっては、個別の成果と活動の検討に加えて、それらのつながりも十分考慮して研究内容を決める必要がある。

2）気象観測システム

ヤトロファの栽培体系を確立するために、ボツワナ内の農業生態系を代表する 4 つの地域（ハボロネ、カン、セロウエ、マウン）に気象観測システムを設置する。セロウエについては、ボイテコ・トラストがヤトロファの栽培試験を行っている土地に設置することが望ましいと考えられるが、非政府所有地に機材を設置する場合は、関係者間で当該機材に関して権利・義務関係を定めた覚書をあらかじめ結ぶ必要がある。

3）非油脂バイオマス

EAD は、バイオディーゼル製造にともない発生する副産物について、燃材、木炭、れん炭、マルチ、コンポスト、飼料など幅広く利用方法を研究したい意向である。一方、日本側の投入は限られているため、本プロジェクトでは **UB** が有する専門人材や製造する製品の経済性を見込みなどを踏まえて、具体的研究に取り組むことにする。

4）PDM の指標

PDM の指標は、プロジェクト開始後 1～2 年以内に確定するべきである。現在、「**XX**」となっている部分については、具体的な数値に置き換える必要がある。

5）研究

本プロジェクトでは、短期の技術研究と長期の学位取得を前提とした研究を行う。短期研究については、日本側が費用を負担して、従来の技術協力プロジェクトと同様な枠組みで、ボツワナ側研究者を日本または第三国に招聘して研究を行う。長期研究については、ボツワナ側が費用を負担して若手研究者を **UB** に入学させ、プロジェクトに関係したテーマで学位を取得させる。学位取得のための研究は原則としてボツワナ内で行い、必要に応じて日本で研究を行うことを想定する。

6）成果の共有

国内外のヤトロファとバイオディーゼルの生産に関心がある関係者に対して、幅広くプロジェクトの研究成果を共有する。ヤトロファバイオディーゼルに関する情報の共有と交換を進めるために、ワークショップやセミナーなどを開催する。

第4章 事前評価の結果

4-1 総括

本プロジェクトは、ボツワナのバイオ燃料商業生産開始に向けた研究ニーズ、エネルギー分野と農業分野の政策、日本の援助方針などに合致していることに加え、プロジェクトデザインも適切であり、妥当性は非常に高い。成果からプロジェクト目標につながる論理構造は適切であり、有効性も見込める。投入計画も適切であり、プロジェクト実施のための準備も進んでいることから、効率的な実施が見込める。将来はプロジェクトのインパクトとして、バイオ燃料の商業生産という政策目標の実現を期待できる。持続性も高いと見込まれる。結論として、プロジェクトの実施は適当であると考えられる。

4-2 妥当性

プロジェクトの妥当性は以下の理由から非常に高いと考えられる。

(1) 対象国・社会のニーズ

ボツワナは 1966 年の独立以来、順調に経済発展を遂げてきたが、その経済はダイヤモンド採掘などの鉱業に偏重しており、石油を含む国内消費は輸入に大きく依存している。そのため、ボツワナはエネルギー自給率を向上し、気候変動の緩和とエネルギーの持続的利用を推進する観点から、バイオ燃料の国内生産に乗り出す方針を固め、検討を進めてきた。その結果、ヤトロファを利用したバイオディーゼルの生産に優先的に取り組むことにした。しかし、現在ボツワナにはこうした課題を解決するための研究を単独で実施できる機関はない。DAR と UB には関係分野の知識をもった研究者が在籍し、研究施設もある程度整っているが、この分野の研究経験は極めて乏しい。有望視されているヤトロファバイオディーゼルの生産には、ヤトロファ研究分野において世界でも先駆的な日本との共同研究の実施が求められており、ボツワナの開発ニーズに適合したプロジェクトである。

(2) 開発計画との整合性

NDP10 のエネルギー分野では、バイオ燃料の生産・利用に関する技術開発を掲げ、バイオディーゼルの消費量を 2016 年までに総ディーゼル消費量の 5% まで高める方向性が示されている。農業分野では、バイオ燃料に投資することの技術的・経済的妥当性を調査するとしている。ボツワナ政府は、本プロジェクトを NDP 10 構成事業の一つに位置づけ、中期開発計画上の予算も確保している。

(3) 日本の対ボツワナ援助政策との整合性

日本は持続的な経済成長の後押しを対ボツワナの援助重点分野に定め、資源依存型の経済産業構造からの脱却と持続的な経済成長を実現するための支援を行うとしている。本プロジェクトは国別事業実施計画の「域内資源・エネルギー供給体制整備プログラム」に位置づけられ、南部アフリカ地域での安定的・持続的なエネルギー供給の実現に向けた支援を実施していくという日本の援助方針に合致している。加えて、日本は 2008 年 5 月の第 4 回アフリカ開発会議 (Tokyo International Conference on African Development : TICAD IV) などで、アフリ

カ諸国の気候変動対策に関する取り組みへの協力を強化することを表明しており、プロジェクトはその支援策を具体化するものである。

(4) プロジェクトデザインの適切性

本プロジェクトでは、ボツワナ内で未利用となっている自然環境が厳しい土地でヤトロファを栽培するための研究を行う。研究の重点を栽培体系の確立と育種に置き、ボツワナのニーズに的確に答え得るデザインである。同時に、生産されるバイオディーゼルの評価、副産物の利用方法の検討、環境・社会・経済的インパクトの評価も行い、ボツワナでヤトロファバイオディーゼルの生産することの妥当性を総合的に評価する。加えて、ライフ・サイクル・アセスメントを行い、負の影響も含めて評価する計画である。技術開発が特に必要な分野に重点を置く一方、バイオディーゼルの商業生産実現に必要な分野を網羅する計画となっており、プロジェクトのデザインは適切である。

(5) プロジェクト実施上の利点

日本はヤトロファのゲノム配列解読作業に先駆的に取り組むなど、多くの点で世界のヤトロファ研究をリードしている。また、本プロジェクトは、2004年からDARと共同研究を行ってきた実績がある奈良先端科学技術大学院大学の研究者が日本側リーダーとなるなど、日本にはボツワナの自然環境、植物遺伝子資源、研究者の能力、研究環境などについて多くの知見が蓄積されている。また、ボツワナ政府高官とも信頼関係が構築されている。日本はこうした優位性を活かしながら協力を進めることができる。

4-3 有効性

本プロジェクトの有効性は高いと見込まれる。本プロジェクトは、商業ベースでヤトロファバイオディーゼルの生産するための技術的基礎を構築することをめざす。そのために、ボツワナの乾燥・冷害条件下におけるヤトロファ栽培のための研究（成果1、2）、将来、それら研究の成果により栽培されることを想定したヤトロファ種子から生産されるバイオディーゼルの特性の研究（成果3）、ヤトロファバイオディーゼルの生産にともない発生する副産物の利用方法の研究（成果4）に加え、バイオディーゼル生産について、全工程を対象とした経済性をはじめとする総合的な評価（成果5）を行う。これらの成果を通じ、ヤトロファの商業生産を行ううえでの技術を蓄積することに加え、商業活動実施に係る判断材料を提示するものであり、成果からプロジェクト目標につながる論理構造も適切である。成果が計画通り発現されれば、プロジェクト目標が達成される可能性は高い。

一方、いくつかの項目について、ベースラインを把握できていないため指標値が設定されていないことから、プロジェクト開始後、早い段階ですべての指標を確定する必要がある。

4-4 効率性

本プロジェクトは、以下の理由から効率的に実施されると期待できる。

(1) 研究者間の連携

日本側研究者は、ボツワナ側関係者との間で良好かつ緊密な関係を構築している。既に本プロジェクト実施に係る詳細かつ具体的な協議が行われており、関係者間の課題共有も進ん

でいる。このため、プロジェクト開始当初から本格的に研究活動に取り組むことができると予想される。

(2) 既存施設、人員の活用

ボツワナ内で実施できる研究活動については、栽培試験は DAR の農場を利用し、油の分析は UB の実験室を利用するなど、DAR と UB の施設と機材を最大限活用して、ボツワナの研究者を主体として実施する。研究活動には、ボツワナの大学院生もプロジェクトの研修員として参画し、若手研究者の育成と研究成果達成を同時に行う。これらの理由から、類似プロジェクトと比較して、低コストでプロジェクトの目標を達成できると予想される。また、プロジェクト実施のための特別なユニットは設置せず、事業の管理は既存の政府組織が行う計画であり、人員の新規雇用は試験圃場を管理する技術者や作業員など数名に限られる。したがって、少ない投入で多くの活動を実施できると予想される。

他方、気象観測システムやフィールドサーバーを導入し、情報通信技術を活用して栽培体系の研究を進めるにあたり、データ通信ネットワーク環境が整備されていない場合、研究戦略の見直しを迫られる可能性がある。また、過去に日本側と長期間の共同研究の経験を有する MOA に比べ、本プロジェクトから参入が決定した UB については情報共有が遅れる傾向にあるので、実施にあたって配慮が必要である。

4-5 インパクト

プロジェクトのインパクトとして、ボツワナでバイオディーゼルを商業ベースで生産できるようになることが期待される。そのためには、プロジェクト目標が達成され、高収量・ストレス耐性品種によるヤトロファ種子の生産が実用化され、石油起源のディーゼルに近いコストでバイオディーゼルが生産される必要がある。インパクトの規模は、ヤトロファの栽培を含むバイオディーゼル生産コストと、石油価格に左右される。価格差が小さい場合は、補助金や税金の適用によりインパクトの規模を調整することが可能である。

二次的なインパクトとしては、石油製品の輸入代替による貿易収支の改善、ヤトロファ栽培とバイオディーゼル製造による雇用創出、化石燃料代替による温室効果ガスの削減などが考えられる。

一方、負のインパクトとしては、本プロジェクトで扱うヤトロファの毒性物質や遺伝子組み換え品種が環境や人体へ悪影響を及ぼす可能性が、小さいながらもある。本プロジェクトは、毒性物質についてはその特性を明らかにする研究を活動に組み込み、遺伝子組み換えについては国内・国際法規を遵守して取り組むなど、こうした危険性を踏まえた計画になっているが、細心の注意を払って研究活動を実施する必要がある。

また、ヤトロファ栽培適地を求めた土地収奪が起きる危険性も考慮する必要がある。諸外国では、バイオ燃料の原材料生産のために、開発業者による土地の買い占めが進んだという事例がある。本プロジェクトでは未利用地でヤトロファを栽培する技術の開発を行うが、適切な情報提供と規制がない場合、社会的弱者が生計を維持するために必要な農地を失う事態も考えられる。ボツワナ政府は、プロジェクトの成果達成状況や石油価格の推移を見ながら、適切な施策を展開していく必要性がある。

4-6 持続性

プロジェクトが成功した場合、その効果は持続すると予想される。政策・制度面では、MMEWRが策定中の国家エネルギー政策や NDP10 で、バイオ燃料の開発・利用を促進する方針を明確に打ち出している。こうしたボツワナ政府の方針は、少なくとも中期的には維持されると考えられる。財政面では、NDP10 に関係する中期予算として、4 億 229 万 BWP の再生可能エネルギー関連予算が計上されている。組織面では、EAD、DAR、UB とともに組織基盤はしっかりとしており、本プロジェクトではこれらの組織の人材育成にも取り組むことから、成果を活用する体制は十分に構築・維持されると考えられる。技術面でも、DAR と UB の研究者は既に一定の技術水準を有し、機材の管理能力も十分にあり、本プロジェクトでもそれら関係機関の能力に合わせた技術移転を行う計画のため、持続性に不安は見られない。

第5章 団長所感

ボツワナは乾燥のみならず冬期の冷害による生育不良もあり、ヤトロファ栽培に必ずしも適した地域とはいえない。他方で広大な未利用地、豊富な日射量と利用可能な地下水資源を活用することで効果的なバイオマス生産を行うことも期待される。日本の科学技術協力を通じ、このギャップを埋めるための技術的な支援を行うことは妥当性が高い。

共同研究に取り組むうえで、相手国の技術水準、基本的な施設や機材の整備状況は効率的な成果の達成に大きくかかわってくる。ボツワナ政府の状況を確認したところ、対象分野における知識水準や研究関連インフラの整備状況は一定の水準に達している一方で、これらを活用して実際に研究活動を進めてきた経験は極めて乏しい。すなわち効果的に成果を達成するためには人材育成と共同研究を併せて取り組んでいく必要がある、この点ボツワナの状況は地球規模課題対応国際科学技術協力（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development : SATREPS）のスキームに合致しているといえる。

バイオ燃料分野での予算枠 1 億円の確保や政府予算を活用した試験圃場の施設整備など、ボツワナ政府側のオーナーシップを確認することができた。他方 UB においては情報の共有や研究計画へのインプット等いろいろな面で作業の遅れが目立ち、今後研究体制を構築するうえで十分な配慮が必要と思われる。

バイオディーゼルの混入義務や 7 万 ha の栽培目標を達成するまでには技術面・制度面などで乗り越えるべき目標が多数あると考えられるが、今回食用油の廃油を活用したプラントを訪問し、通常のディーゼル価格（7.8BWP/L）より安価なバイオディーゼル（6.9BWP/L）を実際に生産していることが確認された（2年間で 35 万 L の生産量）。商業的に運営されている例は国内でこの例しかないとのことであるが、今後のバイオ燃料政策を検討するうえで極めて重要なケースであり、プロジェクトの中でも連携を検討することは有意義と思われる。

付 属 資 料

1. ヤトロファの葉の光合成特性
2. ボツワナにおけるヤトロファ圃場の灌水システム
3. 調査日程表
4. 主要面談者
5. 収集資料リスト
6. ミニッツ

1. ヤトロファの葉の光合成特性

ヤトロファは痩せ地や砂地、アルカリ・酸性土壌に関わらず様々な条件下で生育すると言われている。琉球大学では、施肥量を変化させてヤトロファを栽培し、葉の窒素含量の違いが光合成速度にどのような影響を与えるか調査した。図1は栽培中の植物体だが、ゼロ窒素区は発芽後6葉までは着葉したがその後、落葉した。窒素2倍区の2Nが最も良好な生育を示し、4Nは窒素過剰状態で生育への抑制効果が観察された。

葉の窒素含量を測定したところ、2Nが3.41%と最も高く、4Nは3.01%と土壌への施肥量が多いが葉の吸収量は少ない。0N区の窒素含量は、1.62%と土壌や種子に含まれていた元々の窒素が吸収され、葉へ移行したと考えられる。



図1. 窒素肥料の違いがヤトロファの成長に与える影響。1Nが標準濃度で、4Nはその4倍量与え、0Nは無窒素肥料区である。

更に、葉の炭素含量や水素含量を分析したところ、炭素は35~42%の範囲に、水素は4.8~5.4%の範囲にあった。これら炭素と水素の値は、イネやサトウキビの値に等しく、窒素含量も他の植物とほぼ同じである。

葉の窒素含量を正確に分析するためにはN/Cアナライザーを、また葉緑素（クロロフィル）含量を測定するには分光光度計や抽出装置が必要である。SPAD計は小型軽量かつ安価でしかも非破壊で計測できる利点がある。両者の検量線を予め作成すれば、圃場およびボツワナなどの外国調査中でも窒素含量やクロロフィル含量が推定でき、施肥管理に応用できる。それぞれの相関係数は高く、統計的にも有意であり、SPAD計を用いて葉の全窒素、クロロフィル含量が推定できることが明らかになった。光合成速度、蒸散速度および気孔伝導度を通気式同化箱法で測定したところ、葉の全窒素とは正の相関関係にあった（図2）。

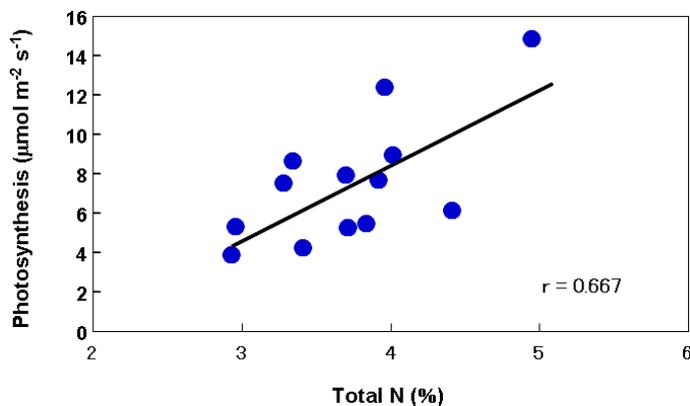


図2. 葉内窒素濃度がヤトロファ個葉の光合成特性に与える影響。

その最大光合成速度はC₃イネの20~25、C₄サトウキビの30~45に比べると15 mol m⁻² s⁻¹程度でありマングローブの値に近かった。しかし、一株当たりの葉面積がかなり高く、単位土地面積当たりの光合成量は極めて高い値になる。

図3には、ヤトロファの“光-光合成曲線”を示した。光合成速度は光強度が1,000 mol m⁻² s⁻¹付近で飽和に達し、最大光合成速度は25mol m⁻² s⁻¹で、イネ等の典型的なC₃植物の値に近い値である。気孔コンダクタンスの最大値は250mmol m⁻² s⁻¹あり、蒸散速度は4mmol m⁻² s⁻¹であった。これらの光反応は典型的なC₃植物型であり、イネのガス交換速度の光反応に類似している。

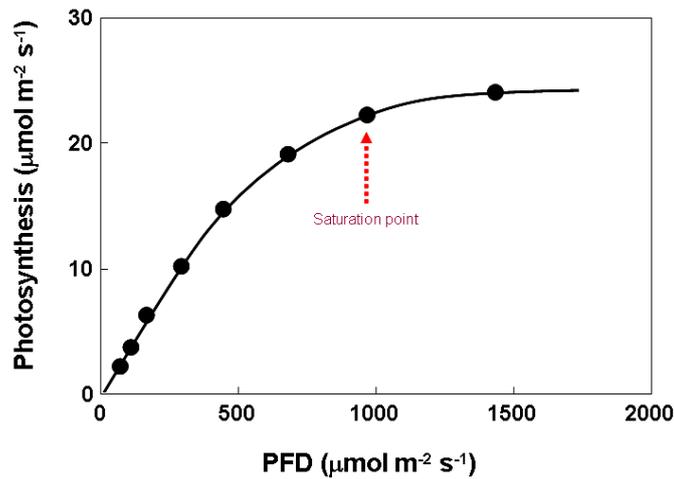


図3. ヤトロファの光-光合成曲線

図4はヤトロファの“温度-光合成曲線”である。光合成速度の最適気温は30~32℃にあり、35℃を過ぎると急激に気孔を閉じ、光合成速度と蒸散速度は低下する。イネなどのC₃植物の最適温度は25℃付近にあり、熱帯原産のヤトロファのそれはやや高く30℃付近に見られる。更に、本実験では低温域を測定していないが、熱帯原産のヤトロファは10℃以下の低温域で光合成速度が急激に低下するものと考えられ、この点が残された大きな課題であり今後、ボツワナの地で詳細なデータが積み上げられ、実態が解明されることが期待される。

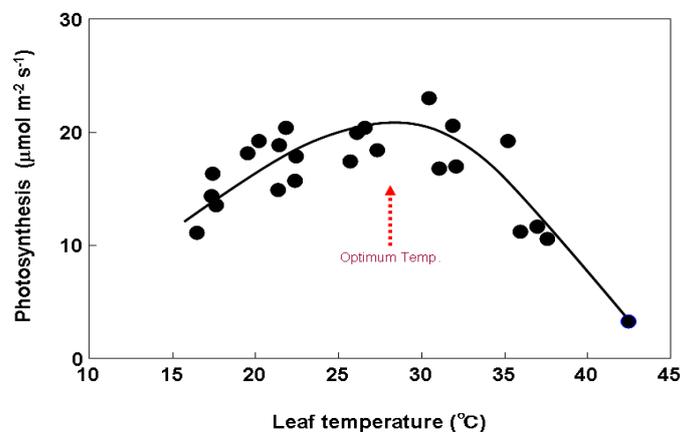


図4. ヤトロファの葉の光合成速度に与える温度の影響
測定は、光強度1,282mol m⁻² s⁻¹、葉温30℃、湿度70%で実施した。

図5はCO₂濃度変化に対するヤトロファの葉の光合成反応である。他のC₃植物と同様のCO₂濃度反応であり、600ppm付近で飽和に達した。仮にヤトロファの光合成速度が1000ppmでも不飽和状態であればキャノピー内部へのCO₂施肥の効果も期待できるが、その様な結果は得られていない。むしろ光合成の場である葉面積の確保が極めて重要であると考えられる。ただ、800ppm付近で気孔が閉鎖し、蒸散が抑えられる特性を利用すれば、乾燥地でCO₂施肥を行い、光合成的水利用効率の向上は期待できる。

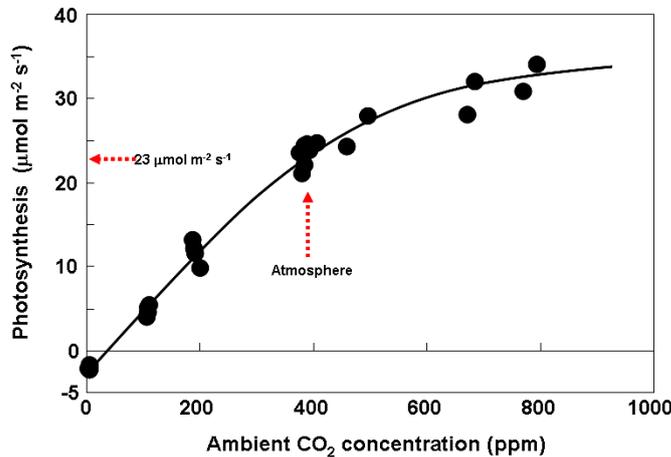


図 5. CO₂濃度がヤトロファの光合成速度に与える影響

湿度は光合成よりも蒸散に影響するため蒸散速度を比較した（図 6）。多少のばらつきはあるが、空気が乾燥するとヤトロファの葉の蒸散速度は促進され直線的に増加する。このデータは、半乾燥地であるボツワナでヤトロファを栽培する時に特に気をつけなければならない事を示唆するものである。葉面法差（VPD）が高く空気が乾燥しても光合成速度は湿度の影響を受けなかった。すなわち、ボツワナの低温乾燥状態では光合成能力は維持できていたが葉が脱水状態になり水分を失い最終的には枯死すると思われる。

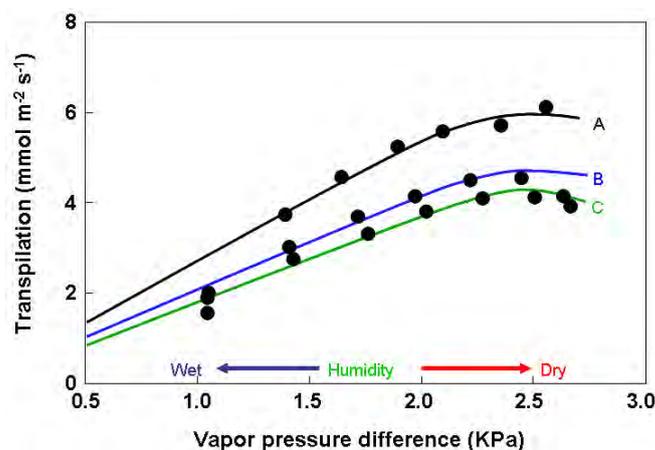


図 6. 湿度がヤトロファの蒸散速度に与える影響

O₂濃度と光合成速度との関係を見ると、2%O₂条件下では光合成速度が高かった（図省略）。21%および2%O₂条件化の光合成速度から光呼吸率を算出すると31.7%であった。この値はC₃光

合成経路を有するイネの光呼吸率に匹敵し、低酸素条件下では成長が促進される可能性がある。ボツワナは標高が約 1000m あり、酸素と二酸化炭素分圧は低地と著しく異なると考えられる。これらがヤトロファの光合成速度を介して成長や収量にどの様に影響を与えるか、本プロジェクトのなかで説明が望まれる。

以上、ヤトロファは高 CO₂ 条件下で光合成速度が高く、また、光呼吸率が高いという C₃ 植物の特徴を有していた。光合成速度および物質生産能力は葉温 30°C 付近が最適で、低温でも物質生産は行われるが、最適条件とは言い難い。乾燥空気は光合成速度を変化させないで蒸散速度を増加させ、灌水できる環境を整えば乾燥地域での栽培も可能と推察される。光強度は約 1000mol m⁻² s⁻¹ で飽和していることから、日照時間が長く、晴天日の多い地域での光障害が懸念される。ボツワナは世界でも日照時間が最も長い地域である。これら強日射がヤトロファの光障害を引き起こすか否か、今後明らかにされると期待したい。

2. ボツワナにおけるヤトロファ圃場の灌水システム

ヤトロファの光合成特性を勘案しつつ、低温、乾燥地のボツワナでヤトロファを大規模に栽培するシステムを提案したい。

8月：ビニールハウス内でヤトロファ種子を発芽させポット苗を生産する。また、剪定した茎を約20cm切り取り、同様にペーパーポットで苗生産を行う。

9月：ヤトロファ苗を圃場に移植し、灌水を開始する。図7は圃場の見取り図とドリップチューブおよび貯水タンクの位置、図8は貯水タンクの位置と濾過フィルターおよびポンプの位置である。これらドリップチューブによる灌水には自然の落差を利用するが、タンクまでのポンプアップには太陽エネルギーなどの再生エネルギーを使用する方が望ましい。

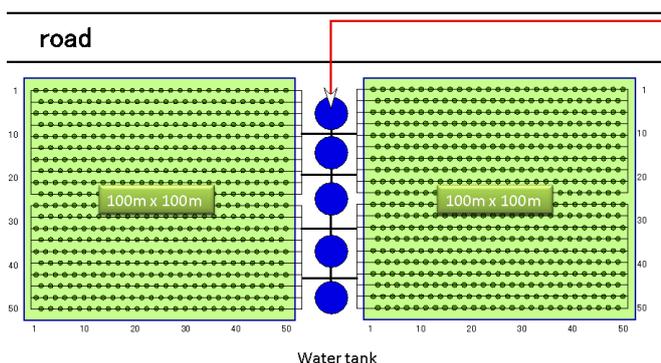


図7. ヤトロファ圃場の設計と灌水システム

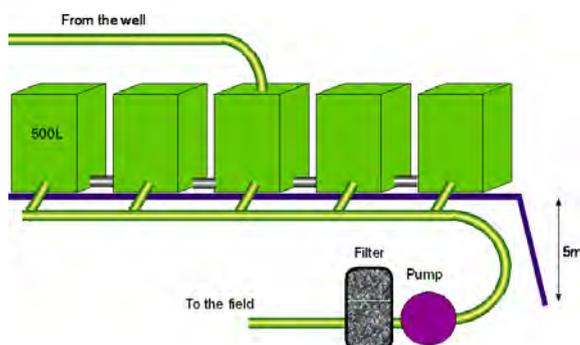


図8. ヤトロファ圃場に設置予定の貯水タンク

10月：灌水はドリップチューブで根元にピンポイントで行い、無駄を大幅に省く（図9）。

11月：灌水チューブを用いて灌水と施肥を同時に行う。

12月：花芽分化を促す。灌水は気象データと土壌水分データを参考に実施する。施肥は葉の葉緑素（SPAD）データを基礎に実施する。

1月～4月：灌水は気象データと土壌水分データを参考に実施する。施肥は葉の葉緑素（SPAD）データを基礎に実施する。

5月～6月：種子の収穫を開始する。収穫後30cm程度で剪定する。

7月：BDFの製造

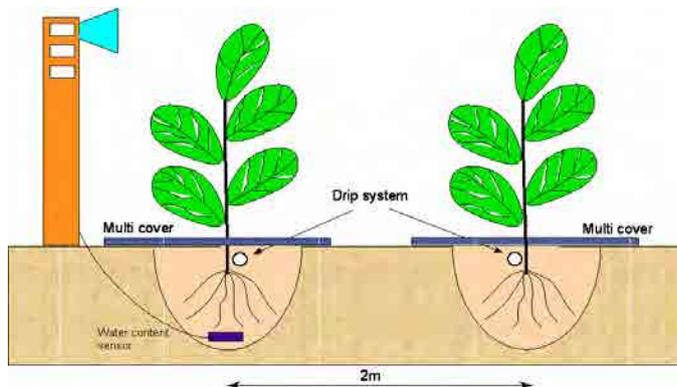


図9. ヤトロファ栽培方法の検討

3. 調查日程表

		Kawamitsu	Ueno	Akashi	Nakada (Leader)	Sugai	Ishizaka	Inoue
1	8/13 Sat						Tokyo	
2	8/14 Sun						Gaborone 10:30 (SA1763)	
3	8/15 Mon		Tokyo				Visit to JICA Botswana Office 8:00 Data Collection (MMEWR) 9:00 Data Collection (DAR) 14:00	
4	8/16 Tue		Gaborone 10:30 (SA1763) Visit to JICA Botswana Office 15:00				Visit to JICA Botswana Office 15:00	
5	8/17 Wed		Courtesy call to DAR and visit DAR farm 9:00 Courtesy call to Botswana University(UB)14:00				Courtesy call to DAR, Botswana University(UB)	
6	8/18 Thu		Courtesy call to MMEWR (Permanent Secretary) 9:00 Visit Faculty of Engineering and Technology, UB 11:00 Visit Botswana Technology Centre 14:15 Collection of jatropa cuttings at Water Affairs Department				Courtesy call to MMEWR Visit Faculty of Engineering and Technology Visit Botswana Technology Centre Collection of jatropa cuttings	
7	8/19 Fri		Discussions with DAR and visit DAR laboratory 10:00 Visit jatropa grower (Cort & Hort Pty Ltd) 14:30 Internal Meeting 17:00				Discussions with DAR Visit jatropa grower Internal Meeting	
8	8/20 Sat		Internal Meeting 17:00			Gaborone 15:25 (SA1765) Internal Meeting 17:00	Internal Meeting 17:00	
9	8/21 Sun		Visit farmer		Tokyo	Documentation	Documentation	Tokyo
10	8/22 Mon		Visit Chemistry Department, UB 10:30 Internal Meeting 13:00 Discussion with key person of MMEWR, DAR, UB 15:00		Gaborone 9:30 (SA1771) Internal meeting 13:00 Discussion with key person of MMEWR, DAR, UB 15:00	Internal Meeting 13:00 Discussion with key person of MMEWR, DAR, UB 15:00	Visit Chemistry Department, UB Internal Meeting 13:00 Discussion with key person of MMEWR, DAR, UB 15:00	Gaborone 9:30 (SA1771) Internal meeting 13:00 Discussion with key person of MMEWR, DAR, UB 15:00
11	8/23 Tue		Gaborone 7:40 (SA1762) Johannesburg 8:45 Johannesburg 12:35 (CX 748)			Discussion at MMEWR 11:00		
12	8/24 Wed		Hong Kong 7:45 Hong Kong 12:10 UO658 Okinawa 15:20			Internal Meeting 9:00		

		Kawamitsu	Ueno	Akashi	Nakada (Leader)	Sugai	Ishizaka	Inoue
13	8/25	Thu	/			Discussion at DAR 14:00		
14	8/26	Fri				Visit to Biodiesel Botswana 11:00		
15	8/27	Sat				Trip to Serowe 7:00		
16	8/28	Sun				Internal Meeting 9:00		
17	8/29	Mon				Discussion with Key person of MMEWR, DAR and UB 8:30 at MMEWR Discussion with MMEWR 15:30		
18	8/30	Tue				Discussion with UB 11:00 Visit to MFDP 15:00		
19	8/31	Wed				Discussion with Key person of MMEWR, DAR and UB 9:00 at MMEWR		
20	9/1	Thu				Signing of M/M 9:00 at MMEWR Headquarter Visit to JICA 15:00 Visit to Japanese embassy 16:00		
21	9/2	Fri			Gaborone 13:05 (SA1776) Johannesburg 14:10 Johannesburg 16:45 (SA286)	Gaborone 10:20 (SA1772) Johannesburg 11:15 Johannesburg 14:10 (EK762)	Gaborone 13:05 (SA1776) Johannesburg 14:10 Johannesburg 16:45 (SA286)	Gaborone 13:05 (SA1776) Johannesburg 14:10 Johannesburg 16:45 (SA286)
22	9/3	Sat			Hong Kong 12:25 Hong Kong 14:55 (SA7136) Osaka 19:30	Dubai 00:10 Dubai 2:50 (JL5096) Tokyo 17:35	Hong Kong 12:25 Hong Kong 14:30 (NH1172) Tokyo 19:40	Hong Kong 12:25 Hong Kong 15:10 (CX500) Tokyo 20:30

4. 主要面談者

鉱物・エネルギー・水資源省

- Boikobo K. Paya, Permanent Secretary
- Benoni K. Erskine, Director, Energy Affairs Division
- Boiki R. Mabowe, Principal Energy Officer, Energy Affairs Division
- Mareledi Gina Wright, Senior Energy Officer, Energy Affairs Division
- Sesame S. Marumo, Assistant Energy Officer, Energy Affairs Division
- Hermans T. Matsapa, Intern, Energy Affairs Division
- Jane Bayi, Intern, Energy Affairs Division
- Oratile Ludo Tihobogang, Principal Planning Officer, Planning Unit

農務省

- Balibi M. Makoba, Deputy Director, Department of Agricultural Research
- Stephen M. Chite, Chief Agricultural Research Officer, Department of Agricultural Research
- Tidimalo Coetzee, Principle Agricultural Research Officer, Department of Agricultural Research
- Keotshephile Kashe, Senior Agricultural Research Officer, Department of Agricultural Research
- Masego Masukujaue, Senior Agricultural Research Officer, Department of Agricultural Research
- Dikungwy Ketumile, Agricultural Research Officer, Department of Agricultural Research
- Chiyapo Gwafila, Agricultural Research Officer, Department of Agricultural Research
- Kebotsemang Ofaleste, Chief Policy Research and Development Officer, Department of Research and Statistics
- L. A. Lekagari, Principal Agricultural Research Officer, Department of Agricultural Research
- O.G. Moatshe, Agricultural Research Officer, Department of Agricultural Research

ボツワナ大学

- Tunde Oladiran, Clean Energy Research Centre / Faculty of Engineering and Technology
- Jonathan Rubin, Clean Energy Research Centre (Margaret Chase Smith Policy Center and School of Economics, University of Maine)
- Clever Ketlogetswe, Head of Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Technology
- Isac Mazonde, Director, Office of Research and Development
- Mogodisheng B. M. Sekhwela, Assistant Director (Quality) / Senior Research Fellow, Office of Research and Development
- Clement Matasane, Assistan
- Director (Funding), Office of Research and Development
- S.O. Yeboah, Associate Professor, Chemistry of Science
- Mubyana John, Senior Doctor, Soil and Microbiology
- B. Moseki, Senior Lecturer, Plant Physiology

ボツワナ科学技術センター

- Lesedi T. D. Bafetanye, Renewable Energy Engineer

コート・アンド・ホート株式会社 (Cort & Hort Pty Ltd.)

- Saroj Kumar, Manager

バイオディーゼルボツワナ株式会社 (Bio Diesel Botswana Ltd.)

- Kynn Bullock, Chief Operating Officer

ボイテコ・トラスト (Boiteco Trust)

- Mothusi Vandeasburg, Coordinator
- Ralph. A. Nickerson, Forestry Consultant

在ボツワナ日本国大使館

- 松山 良一 特命全権大使
- 大塚 浩己 一等書記官
- 諏訪 なおい 専門調査員

5. 収集資料リスト

	資料の名称	発行年	収集先または発行機関※	オリジナル /コピー
1	Macroeconomic Outline and Policy Framework for NDP10	2007	Ministry of Finance and Development Planning	電子データ
2	Botswana Biomass Energy Strategy Final Strategy Main and Final Report	2009	Ministry of Minerals, Energy and Water Resources, Energy Affairs Division	電子データ
3	Botswana Biodiesel Feasibility Study	2010	Ministry of Minerals, Energy and Water Resources, Energy Affairs Division	電子データ
4	TSA KGOTETSO	2011	Ministry of Minerals, Energy and Water Resources, Energy Affairs Division	オリジナル
5	Botswana Vision 2016	2011	Botswana Vision 2016 Council	電子データ

※省庁は全てボツワナ国の省庁

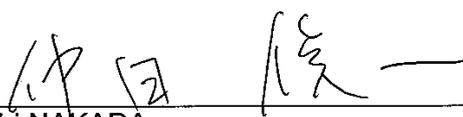
**MINUTES OF MEETINGS
BETWEEN THE JAPANESE DETAILED PLANNING SURVEY TEAM
AND THE AUTHORITIES OF
THE GOVERNMENT OF REPUBLIC OF BOTSWANA
CONCERNING THE PROJECT "INFORMATION-BASED OPTIMIZATION OF
JATROPHA BIOMASS ENERGY PRODUCTION IN THE FROST- AND
DROUGHT-PRONE REGIONS AROUND KALAHARI DESERT IN
BOTSWANA"**

The Japanese Detailed Planning Survey Team (hereinafter referred to as "the Team"), organized by the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") and headed by Mr. Shunichi Nakada, visited the Republic of Botswana from 14 August to 1 September 2011. The purpose of the visit was to formulate a technical cooperation project on "Information-based optimization of Jatropha biomass energy production in the frost- and drought-prone regions around Kalahari Desert in Botswana" (hereinafter referred to as "the Project").

During its stay, the Team exchanged views and had a series of meetings with the Botswana authorities concerned regarding the implementation of the Project.

As a result of the discussions, the Team and the Botswana authorities concerned agreed on the matters referred to in the document attached hereto.

Gaborone, 1 September 2011



Shunichi NAKADA
Leader
Japanese Detailed Planning Survey Team
Japan International Cooperation Agency



Boikob K. Paya
Permanent Secretary
Ministry of Minerals, Energy and Water
Resources
Republic of Botswana

ATTACHED DOCUMENT

1. Project Title

Both sides agreed that the title of the Project should be changed from "Information-based optimization of Jatropha biomass energy production in the frost- and drought-prone regions around Kalahari Desert in Botswana" to "Information-based optimization of Jatropha biomass energy production in the frost- and drought-prone regions of Botswana." The reason is because most of the project activities will be conducted in Gaborone and not in regions around Kalahari Desert.

2. Project Framework

Both sides agreed on the framework of the Project which is spelled out in the Draft Record of Discussions (R/D) (ANNEX 1). The draft will be finalized and signed by the Ministry of Minerals, Energy and Water Resources (MMEWR), Ministry of Agriculture (MOA), University of Botswana (UB) and JICA after the approval for project implementation by JICA Headquarters.

In particular, the Japanese side will consult with JICA Headquarters regarding the statement in the "III. UNDERTAKINGS OF GOB" in the Draft R/D and propose changes if it needs to be amended before signing of the R/D.

3. Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development

Both sides noted that the Project will be implemented under the Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS) which is jointly administered by JICA and Japan Science and Technology Agency (JST). SATREPS aims to develop new technologies and their application for tackling global issues, and also aims at capacity development of researchers and research institutes in both Japan and partner developing countries. Under SATREPS, JICA is responsible for assisting the implementation of project activities in the host country such as the dispatch of Japanese experts, provision of equipment, training of personnel and other activities related to the project. JST will support the Japanese research institutes and researchers for their project activities in Japan.

4. Memorandum of Understanding between Japanese and Botswana Institutes Implementing the Project

For effective and smooth implementation of the Project, the Japanese research

institutes (Nara Institute of Science and Technology: NAIST, University of the Ryukyus: UR and RIKEN) and Botswana institutes (MMEWR, MOA and UB) will agree on and sign the Memorandum of Understanding (MOU) which will stipulate how genetic resources, intellectual properties and other matters will be handled among the above-mentioned six institutes. The MOU is under preparation and should be signed at the time of the signing of the R/D. The MOU will contain the following items:

- a. Objective and Plan
- b. Implementation of the Collaborative Research
- c. Confidentiality and Intellectual Property Rights
- d. Access to Genetic Resources
- e. Publication of Results
- f. Dispute Resolution
- g. Duration of Agreement
- h. Compliance with Laws and Regulations

All parties agreed to expedite the process so that the MOU can be signed at the time of signing the R/D, which is expected in December 2011.

5. Lead Research Institute

The lead research institute for Outputs 1, 2 and 4 will be the Department of Agricultural Research, MOA. For Outputs 3 and 5, UB will be the lead research institute. Both sides agreed that all research institutes will collaborate in good faith as detailed in Item 9 below. The Energy Affairs Division, MMEWR will coordinate research activities.

6. Non-oil Biomass

MMEWR suggested that research on producing fuelwood, charcoal, fuel briquettes, mulch, compost and animal feed from woody biomass, leaves, fruit hulls and press cake of jatropha be conducted in Output 4. The Japanese side indicated that the research topics which can be pursued under the Project will depend on the UB expertise, economic and technical feasibility, and costs involved.

7. Objectively Verifiable Indicators

The Objectively Verifiable Indicators in the PDM should be finalized within one to two years after project commencement. The "XX" needs to be replaced with a specific number.

8. Nomination of Project Members

For effective implementation of project activities and collaboration of institutes involved in the Project, both sides identified potential project members. The list is given in ANNEX 2. The members listed are indicative only and subject to change pending further consideration. The final list will be prepared before the signing of the R/D.

9. Collaboration among Project Members

In order to effectively carry out project activities, the researchers identified in ANNEX 2 should discuss with their co-researchers in their respective outputs and activities and consider in detail the draft Action Plan presented by the Japanese researchers. The Action Plan should be completed and the roles of each researcher should be agreed on before the commencement of the Project.

It was also noted that in order to be able to properly evaluate the impact of jatropha production and biomass use environmentally, socially and economically, research activities need to be coordinated from the planning stage. The data to be obtained should be identified before commencing experiments and observations.

10. Machinery and Equipment

Both sides identified the machinery and equipment deemed necessary for the Project. The list is given in ANNEX 3. Both sides noted that the list is provisional only and the necessity, cost and available budget will be considered before finalization. The Japanese side will consider and identify the items which can be provided by JICA and inform the Botswana side before signing of the R/D. The Botswana side will then consider its contribution.

11. Weather Stations

Both sides agreed to establish automated weather stations at Gaborone, Kang, Serowe and Maun. For Serowe, the place where Boiteko Trust is conducting jatropha trials was identified suitable for establishing the weather station. If the weather station is going to be established on non-governmental land, an agreement stipulating the rights and responsibilities of the concerned parties over the facility will be established before installation.

12. Training

The training needs identified by the Botswana side are given in ANNEX 4. Both sides noted that this information was indicative only, and the training to be

provided during the Project will depend on the necessity, cost and available budget.

Both sides agreed that the short-term training in Japan and in third country will be funded by the Japanese side. Both sides agreed that the long-term training for MPhil/ PhD will be funded by the Botswana side. The long-term training candidates will be enrolled in UB and initially work towards an MPhil. The study will basically be based in Botswana with a chance to study in Japan on a necessity basis.

13. Dissemination and Exchange

Both sides agreed that the research results should be communicated to a wide range of people who have interest in jatropha and biodiesel production. Workshops, conferences and seminars will be held to disseminate findings and exchange information on jatropha and biodiesel production.

14. Provisional Schedule until Project Commencement

- 1) The content of this minutes shall be shared among all relevant parties involved in the Project as soon as possible.
- 2) The R/D will be signed by JICA, MMEWR, MOA and UB in December 2011.
- 3) Commencement of the Project will be in the first quarter of 2012.
- 4) Both sides will take steps to secure the budget so that the Project will have sufficient budget when it starts.

ANNEX 1	Draft Record of Discussion
ANNEX 2	Tentative List of Project Members
ANNEX 3	Tentative List of Machinery and Equipment
ANNEX 4	List of Training Requested by Botswana Side

**<DRAFT>
RECORD OF DISCUSSIONS**

ON

**INFORMATION-BASED OPTIMIZATION OF JATROPHA BIOMASS
ENERGY PRODUCTION IN THE FROST- AND DROUGHT-PRONE
REGIONS OF BOTSWANA**

AGREED UPON BETWEEN

**THE AUTHORITIES CONCERNED OF THE GOVERNMENT OF
REPUBLIC OF BOTSWANA**

AND

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Gaborone, XXXX, 2011

Toshiyuki Nakamura
Chief Representative
South Africa Office
Japan International Cooperation
Agency

Boikobo K. Paya
Permanent Secretary
Ministry of Minerals, Energy and
Water Resources
Republic of Botswana

Mircus Chimbombi
Permanent Secretary
Ministry of Agriculture
Republic of Botswana

Isaac Mazonde
Director
Research and Development Office
University of Botswana

SN
B.K-P.

ANNEX 1

Based on the Minutes of Meetings on the Detailed Planning Survey on the “Information-based optimization of Jatropha biomass energy production in the frost- and drought-prone regions around Kalahari Desert in Botswana” signed on 1 September 2011 between the Ministry of Minerals, Energy and Water Resources (hereinafter referred to as “MMEWR”) and the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as “JICA”), JICA held a series of discussions with MMEWR, Ministry of Agriculture (hereinafter referred to as “MOA”) and University of Botswana (hereinafter referred to as “UB”) to develop the detailed plan of the “Information-based optimization of Jatropha biomass energy production in the frost- and drought-prone regions of Botswana” (hereinafter referred to as “the Project”).

The four above-mentioned parties agreed on the details of the Project and the main points discussed as described in Appendix 1 and Appendix 2 respectively.

The four parties also agreed that MMEWR, MOA and UB, the counterparts to JICA, will be responsible for the implementation of the Project in cooperation with JICA, coordinate with other relevant organizations and ensure that the self-reliant operation of the Project is sustained during and after the implementation period in order to contribute toward social and economic development of Republic of Botswana.

The Project will be implemented within the framework of the Note Verbale exchanged on 15 August 2011 between the Government of Japan (hereinafter referred to as “GOJ”) and the Ministry of Foreign Affairs and International Cooperation of the Republic of Botswana (hereinafter referred to as “GOB”) (Appendix 4).

- Appendix 1: Project Description
- Appendix 2: Main Points Discussed
- Appendix 3: Minutes of Meetings on the Detailed Planning Survey on the “Information-based optimization of Jatropha biomass energy production in the frost- and drought-prone regions around Kalahari Desert in Botswana”
- Appendix 4: Note Verbale (BOT/46/01/11)

SN
B.K.P.

PROJECT DESCRIPTION

The four parties confirmed that there is no change in the project description stated in the Minutes of Meetings concerning the Detailed Planning Survey on the Project signed on 1 September 2011 (Appendix 3).

I. BACKGROUND

Botswana has registered tremendous economic growth since its independence in 1966. The country's average economic growth over the past 20 years has been more than 7% and per capita GDP figures show an increase from US\$ 1600 in 1980 to US\$ 10,000 today. However, the economy is largely driven by diamonds. Botswana was transformed from an agricultural economy to one in which diamonds account for about 80% of the export earnings and 50% of government revenue. Due to risks posed by fluctuating international diamonds prices, the government has been aggressively promoting avenues of economic diversification in its National Development Plans.

Biodiesel is one of the possible means to diversify the economy, reduce dependence on fossil based fuels, create rural employment and mitigate climate change among others. Biodiesel can potentially reduce the emission of greenhouse gases through the replacement of fossil fuel.

The concept of biodiesel is still in its infancy in Botswana. Therefore, a feasibility study on the production and use of biodiesel was undertaken in 2007. The main objective of this study was to assess the potential of producing and use of biodiesel in Botswana. The study indicated a potential in local production and use of biodiesel, with biodiesel showing a greater potential. Jatropha was identified as the most promising feedstock for biodiesel.

To pave the way for the production of jatropha, interactions with Japanese jatropha researchers was activated in 2008. In August 2010, a Japanese research team was dispatched to Botswana, and further joint investigation was conducted by Botswana and Japanese researchers. The investigation revealed that optimization will be necessary for the establishment of jatropha cultivation. Members of the joint research team also agreed that the research on the jatropha cultivation and analyses will be of top priority, for the future extension of the obtained knowledge, and establishment of nationwide jatropha bioenergy industry in this country.

For the above reason, the Government of Republic of Botswana officially requested Project implementation for the establishment of technology for jatropha cultivation, variety selection and biofuel production.

ANNEX 1

II. OUTLINE OF THE PROJECT

1. Project Framework

The details of the Project are described in the logical framework (Project Design Matrix: PDM) (Attachment 1), Tentative Plan of Operation (PO) (Attachment 2) and Machinery and Equipment List (Attachment 3).

2. Implementation Structure

The project organization chart is given in the Attachment 4. The roles and responsibilities of relevant organizations are as follows:

- (1) Permanent Secretary of MMEWR will be responsible for the overall administration of the Project as Project Director.
- (2) Director of Energy Affairs Division (EAD) of MMEWR; Director of Department of Agricultural Research (DAR) of MOA; and Director of Research and Development, UB will be responsible for the overall administration of project activities which fall under their jurisdiction and also for inter-organizational collaboration as Deputy Project Directors.
- (3) Principal Energy Officer of EAD will be responsible for coordinating the project activities on a day to day basis and also for the management of project activities which fall under his/her jurisdiction as Project Manager.
- (4) Chief Agricultural Research Officer of DAR and Representative of Clean Energy Research Centre, UB will be responsible for management of project activities which fall under their jurisdiction as Co-Project Managers for their respective institutions.
- (5) JICA experts will give necessary technical guidance, advice and recommendations to MMEWR, MOA and UB on any matters pertaining to the implementation of the Project.
- (6) Joint Coordinating Committee (JCC) will be established for effective and successful implementation of the Project. JCC will be held at least once a year and whenever deems it necessary. JCC will: 1) review and approve the annual work plan; 2) review the overall progress, 3) conduct monitoring and evaluation of the Project; 4) review and recommend necessary revision of PDM; and 5) exchange opinions on major issues that arise during the implementation of the Project and recommend corrective measures. A list of proposed members of JCC is shown in the Attachment 5.

3. Project Sites and Beneficiaries

Farm experiments will be conducted at DAR. Laboratory analyses will be carried out at DAR, UB, Nara Institute of Science and Technology (NAIST), University of the Ryukyus (UR) and RIKEN. The beneficiaries will be the researchers of the counterpart organizations.

4. Duration

5 years from XX 2012 to XX 2017

ANNEX 1

5. Reports

MMEWR, MOA and UB and JICA experts will jointly prepare the following reports in English.

- (1) Progress Report on a semiannual basis until the project completion
- (2) Project Completion Report at the time of project completion

6. Environmental and Social Considerations

MMEWR, MOA and UB agreed to abide by the "JICA Guidelines for Environmental and Social Considerations" in order to ensure that appropriate considerations will be made for the environmental and social impacts of the Project.

III. UNDERTAKINGS OF GOB

Privileges, exemptions and benefits will be provided to the Japanese experts in accordance with the Note Verbale exchanged on 15 August 2011 between GOJ and the Ministry of Foreign Affairs and International Cooperation of GOB (Appendix 4).

IV. EVALUATION

JICA, MMEWR, MOA and UB will jointly conduct the following evaluation and review.

1. Mid-term review at the middle of the cooperation term
2. Terminal evaluation during the last six (6) months of the cooperation term

JICA may conduct the following evaluations and surveys to mainly verify the sustainability and impact of the Project and draw lessons. In such cases MMEWR, MOA and UB are required to provide the necessary support.

3. Ex-post evaluation three (3) years after the project completion, in principle
4. Follow-up surveys on necessity basis

V. PROMOTION OF PUBLIC SUPPORT

For the purpose of promoting support for the Project, MMEWR, MOA and UB will take appropriate measures to make the Project widely known to the people of Republic of Botswana.

VI. MUTUAL CONSULTATION

JICA, MMEWR, MOA and UB will consult each other whenever any major issues arise in the course of project implementation.

VII. AMENDMENTS

The Record of Discussions may be amended by the minutes of meetings between JICA, MMEWR, MOA and UB.

The minutes of meetings will be signed by authorized persons of each side who

ANNEX 1

may be different from the signers of the record of discussions.

- Attachment 1 Project Design Matrix
- Attachment 2 Tentative Plan of Operation
- Attachment 3 Machinery and Equipment List
- Attachment 4 Project Organization Chart
- Attachment 5 List of Proposed Members of Joint Coordinating Committee

ANNEX 1

Activities	Narrative Summary	Inputs	Important Assumptions
<p>1-1 Establish automated weather stations and field servers. 1-2 Develop cultivation method of jatropha. 1-3 Develop irrigation system for jatropha cultivation. 1-4 Conduct soil and water analyses.</p>	<p>Botswana side 1) Personnel ➢ Project Director (Permanent Secretary of MMEWR) ➢ Deputy Project Directors (Director of EAD, Director of DAR and Director of Research and Development, UB) ➢ Project Managers (Head of Bioenergy Section, Head of Arable Crops Division and Representative of Clean Energy Research Centre, UB) ➢ Personnel under EAD, DAR and UB including staff and students 2) Facilities ➢ Office space for experts at DAR ➢ Laboratory and workshops in DAR and UB ➢ Experimental farm at DAR 3) Available data (including maps and photographs) and information related to project 4) Recurrent costs ➢ Personnel costs associated with EAD, DAR and UB staff involved in project ➢ Cost of post graduate training and supervision ➢ Supply or replacement of machinery, equipment, instruments, vehicles, tools, spare parts and other materials owned/ to be procured by Botswana side ➢ Utility and other basic expenses to run project 5) Labour costs ➢ Technical staff for farm experiment ➢ Casual labour for farm experiment 6) Cost for organizing symposiums/ workshops 7) Long-term training for MPhil/ PhD 8) Machinery and equipment: <u>TBD before signing of R/D</u></p>	<p>Sufficient underground water is available for jatropha cultivation trials. Climatic conditions do not change drastically. Data communication network is reliable. Regulatory framework on genetically modified plants is established.</p>	
<p>2-1 Characterize and evaluate jatropha indigenous accessions in Botswana. 2-2 Investigate occurrence of pests and diseases in jatropha indigenous accessions in Botswana. 2-3 Develop molecular markers which distinguish jatropha indigenous accessions in Botswana 2-4 Study genotype-phenotype relationships by omics approach. 2-5 Develop transgenic jatropha.</p>	<p>Japanese side 1) Experts ➢ Long-term - Coordinator/ Plant Breeding - Cultivation ➢ Short-term - Cultivation - Molecular Breeding - Post-harvest Processing - Non-oil Biomass - Other fields 2) Short-term training in Japan and in third country 3) Machinery and equipment: <u>TBD before signing of R/D</u> 4) Cost for organizing symposiums/ workshops</p>	<p>Preconditions</p>	
<p>3-1 Analyze oil content, composition and calorie of jatropha seeds. 3-2 Conduct analyses on toxic compounds of jatropha seeds, crude oil and biodiesel. 3-3 Conduct performance test of jatropha crude oil and biodiesel on diesel engine. 3-4 Assess yield efficiency of jatropha biodiesel. 3-5 Assess quality of jatropha crude oil and biodiesel. 3-6 Conduct research on jatropha seed and crude oil storage.</p>	<p>Japanese side 1) Experts ➢ Long-term - Coordinator/ Plant Breeding - Cultivation ➢ Short-term - Cultivation - Molecular Breeding - Post-harvest Processing - Non-oil Biomass - Other fields 2) Short-term training in Japan and in third country 3) Machinery and equipment: <u>TBD before signing of R/D</u> 4) Cost for organizing symposiums/ workshops</p>	<p>Preconditions</p>	
<p>4-1 Analyze calorie, chemical composition and toxic compound of non-oil jatropha biomass. 4-2 Produce jatropha char. 4-3 Apply jatropha char on soil. 4-4 Assess effects of jatropha char on soil. 4-5 Assess utilization of non-oil jatropha biomass as source of energy and other purposes.</p>	<p>Japanese side 1) Experts ➢ Long-term - Coordinator/ Plant Breeding - Cultivation ➢ Short-term - Cultivation - Molecular Breeding - Post-harvest Processing - Non-oil Biomass - Other fields 2) Short-term training in Japan and in third country 3) Machinery and equipment: <u>TBD before signing of R/D</u> 4) Cost for organizing symposiums/ workshops</p>	<p>Preconditions</p>	
<p>5-1 Evaluate impact of jatropha production and biomass use on environment. 5-2 Evaluate impact of jatropha production and biomass use on society. 5-3 Conduct economic evaluation on jatropha biodiesel production. 5-4 Conduct workshops/ symposiums to share findings internationally.</p>	<p>Japanese side 1) Experts ➢ Long-term - Coordinator/ Plant Breeding - Cultivation ➢ Short-term - Cultivation - Molecular Breeding - Post-harvest Processing - Non-oil Biomass - Other fields 2) Short-term training in Japan and in third country 3) Machinery and equipment: <u>TBD before signing of R/D</u> 4) Cost for organizing symposiums/ workshops</p>	<p>Preconditions</p>	

SN
B. K. P.

ANNEX 1

Attachment 3 Machinery and Equipment List

1. To be provided by Japanese side

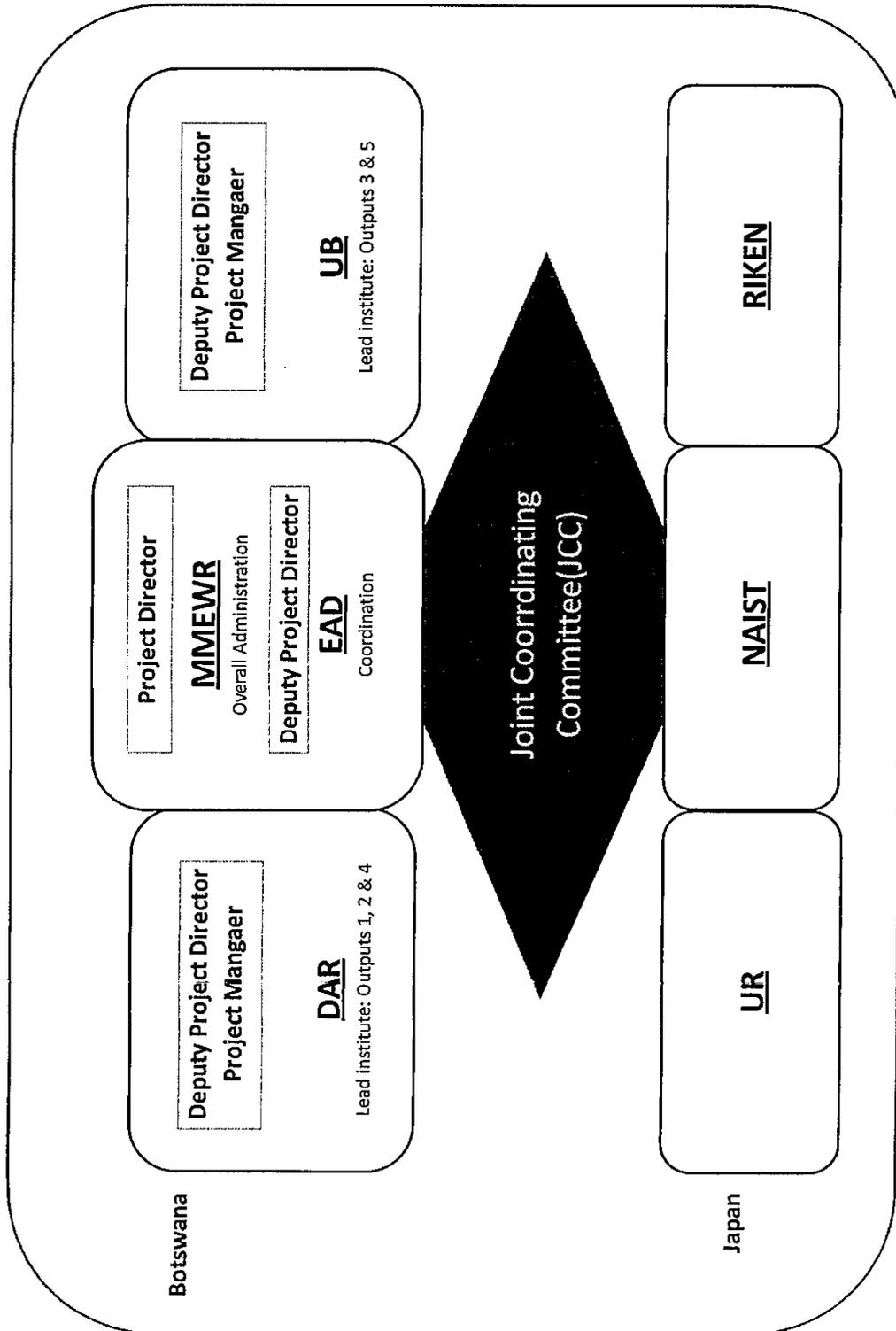
TBD before signing of the R/D

2. To be provided by Botswana side

TBD before signing of the R/D

ANNEX 1

Attachment 4 Project Organization Chart



SN
B.K.P.

ANNEX 1

Attachment 5 List of Proposed Members of Joint Coordinating Committee

1. Chairperson

- Permanent Secretary, Ministry of Minerals, Energy and Water Resources (MMEWR)

2. Members

(1) Botswana side

- Director, Energy Affairs Division, MMEWR
- Director, Department of Agricultural Research, Ministry of Agriculture
- Director, Research and Development Office, University of Botswana
- Planning Officer, Ministry of Finance and Development Planning
- Other personnel concerned with the Project appointed by the Chairperson, as needed

(2) Japanese side

- JICA Experts
- Resident Representative, JICA Botswana Office
- Other personnel concerned, to be nominated by JICA as needed

NOTE: Official(s) of the Embassy of Japan and Japan Science and Technology Agency (JST) may attend the JCC as observer(s)

ANNEX 1

Appendix 2

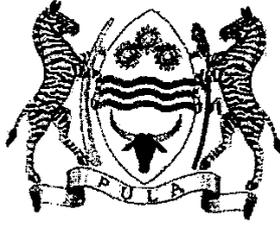
MAIN POINTS DISCUSSED

To be drafted before signing of the R/D

Appendix 3

**Minutes of Meetings on the Detailed Planning Survey on the
“Information-based optimization of Jatropha biomass energy production
in the frost- and drought-prone regions around Kalahari Desert in
Botswana”**

To be attached before signing of the R/D



REPUBLIC OF BOTSWANA

NOTE NO: EA 16/7 XLII (68) H6

The Ministry of Foreign Affairs and International Cooperation of the Republic of Botswana presents its complements to the Embassy of Japan and has the honour to invite reference to the latter's Note Verbale No. BOT/46/01/11, regarding JICA's implementation on the project of 'Information-based optimization of Jatropha biomas energy production in the frost and drought-prone regions around Kalahari desert in Botswana'.

The Ministry has further the honour to inform the esteemed Embassy that it agrees to all the terms of the Embassy's note Verbale.



The Ministry of Foreign Affairs and International Cooperation avails itself of this opportunity to renew to the Embassy of Japan the assurances of its highest consideration.

15 August 2011

Gaborone

Embassy of Japan

Gaborone



SN
B.K.P.

NOTE VERBALE

BOT/46/01/11

The Embassy of Japan in Botswana presents its compliments to the Ministry of Foreign Affairs and International Cooperation of the Republic of Botswana, and has the honour to refer to the recent discussions held between the representatives of the Government of Japan and the Government of the Republic of Botswana responding to Note Verbale No. EA 16/7 XLI (31) H3 and to propose the following arrangements:

1. The Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") will carry out technical cooperation for implementing the project of "Information-based optimization of Jatropha biomass energy production in the frost and drought-prone regions around Kalahari desert in Botswana" (hereinafter referred to as the "Project") at its own expense in accordance with the relevant laws and regulations of Japan.
2. The technical cooperation for the Project will include the following:
 - a) dispatching expert(s) to the Republic of Botswana;
 - b) providing technical training to Botswana nationals;
 - c) providing the Government of the Republic of Botswana with equipment, machinery and materials.
3. (1) The Government of the Republic of Botswana shall accord the expert(s) and his/her(their) families such privileges, exemptions and benefits as are no less favourable than those accorded to experts and their families of any third country or of any international organization

performing a similar mission in the Republic of Botswana. In particular, the Government of the Republic of Botswana shall:

- a) exempt the expert(s) from income tax and fiscal charges imposed on or in connection with salaries and any allowances remitted to them from abroad;
- b) exempt the expert(s) and his/her(their) families from customs duties and fiscal charges in respect of the importation of personal and household effects belonging to the expert(s) and his/her(their) families as well as the equipment, machinery and materials, prepared by JICA, necessary for the performance of the duties of the expert(s);
- c) bear claims, if any arises, against the expert(s) resulting from, occurring in the course of, or otherwise connected with, the performance of his/her(their) duties, except when the two Governments agree that such claims arise from gross negligence or wilful misconduct on the part of the expert(s).

(2) The Government of the Republic of Botswana shall exempt the provided equipment, machinery and materials from customs duties and fiscal charges.

4. Separate arrangements which govern the details and procedures of the technical cooperation will be agreed upon between JICA and a competent agency of the Government of the Republic of Botswana.

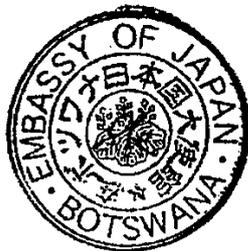
5. The Government of the Republic of Botswana shall ensure that the techniques and knowledge acquired by Botswana nationals as well as the equipment, machinery and materials provided as a result of the Japanese technical cooperation mentioned in paragraph 1. contribute to the economic and social development of the Republic of Botswana, and are not utilized for military purposes.

6. The Government of Japan and the Government of the Republic of Botswana shall consult with each other in respect of any matter that may arise from or in connection with the present arrangements.

The Embassy of Japan has further the honour to propose that the present Note Verbale and the Ministry's Note Verbale in reply accepting on behalf of the Government of the Republic of Botswana the foregoing arrangements shall constitute an agreement between the two Governments, which shall enter into force on the date of the Ministry's Note Verbale in reply.

The Embassy of Japan in Botswana avails itself of this opportunity to renew to the Ministry of Foreign Affairs and International Cooperation of the Republic of Botswana the assurances of its highest consideration.

Embassy of Japan
Gaborone
6th June, 2011



SN
B-K-P.

ANNEX 2

Tentative List of Project Members

Acronyms and Abbreviations

CERC Clean Energy Research Centre DAR Department of Agricultural Research EAD Energy Affairs Division
 NAIST Nara Institute of Science and Technology UB University of Botswana UR University of the Ryukyus

Project Members

	Responsible on Botswana Side		Responsible on Japanese Side	
	Organization	Name	Organization	Name
Output 1: Cultivation				
1) Establish automated weather stations and field servers.	Arable Crops Division, DAR	Mr Dikungwa Ketumile Ms Onkgolotse Moatshe	UR	Dr Kawamitsu Dr Ueno
2) Develop cultivation method of jatropha.	Arable Crops Division, DAR Biological Sciences, UB	Ms T. Coetzee Ms O. Moatshe Dr B. Moseki Dr T. Mubyana, John	UR UR	Dr Kawamitsu Dr Ueno
3) Develop irrigation system for jatropha cultivation.	Arable Crops Division, DAR	Mr G. Molatakgosi	UR	Dr Kawamitsu
4) Conduct soil and water analyses.	Arable Crops Division, DAR Bioenergy Section, EAD Environmental Sciences, UB	Dr S. Moroke Ms T. Coetzee Ms Maswabi Prof BP Parida Prof O. Dikinya	UR RIKEN UR	Dr Ueno Dr Kikuchi Dr Kawamitsu
Output 2: Breeding				
1) Characterize and evaluate jatropha indigenous accessions in Botswana.	Arable Crops Division, DAR	Dr L. Lekgari Mr C. Gwafila Mr D. Ketumile	UR NAIST	Dr Kawamitsu Dr Akashi
2) Investigate occurrence of pests and diseases in jatropha indigenous accessions in Botswana.	Arable Crops Division, DAR	Ms T. Coetzee Ms M. Masukujane		
3) Develop molecular markers which distinguish jatropha indigenous accessions in Botswana.	Arable Crops Division, DAR	Dr L. Lekgari Mr C. Gwafila Mr D. Ketumile	NAIST RIKEN	Dr Akashi Dr Kikuchi
4) Study genotype-phenotype relationships by omics approach.	Biological Sciences, UB Arable Crops Division, DAR	Dr MT Tsimako-Johnstone Dr L. Lekgari Mr C. Gwafila Mr D. Ketumile	NAIST RIKEN	Dr Akashi Dr Kikuchi
5) Develop transgenic jatropha.	Arable Crops Division, DAR	Dr L. Lekgari Mr C. Gwafila Mr D. Ketumile	NAIST UR	Dr Akashi Dr Kawamitsu

SN
B.K-P

ANNEX 2

	Responsible on Botswana Side		Responsible on Japanese Side	
	Organization	Name	Organization	Name
<p>Output 3: Post-harvest processing</p> <p>1) Analyze oil content, composition and calorie of jatropha seeds.</p> <p>2) Conduct analyses on toxic compounds of jatropha seeds, crude oil and biodiesel.</p> <p>3) Conduct performance test of jatropha crude oil and biodiesel on diesel engine.</p> <p>4) Assess yield efficiency of jatropha biodiesel.</p> <p>5) Assess quality of jatropha crude oil and biodiesel.</p> <p>6) Conduct research on jatropha seed and crude oil storage.</p>	Arable Crops Division, DAR	Dr L. Lekgari Mr E. Kethobile Prof. SO Yeboah	UR RIKEN	Dr Kawamitsu Dr Kikuchi
	Chemistry Department, UB	Prof. SO Yeboah	RIKEN	Dr Kikuchi
	Chemistry Department, UB	Mr K. Venjonoka	NAIST	Dr Akashi
	Oil and Gas Section, EAD	Prof MT Oladrihan		
	Mechanical Engineering, UB	Dr C. Ketlogetswe	UR	Dr Ueno
	Mechanical Engineering, UB	Prof MT Oladrihan	UR	Dr Ueno
<p>Output 4: Non-oil biomass utilization</p> <p>1) Analyze calorie, chemical composition and toxic compound of non-oil jatropha biomass.</p> <p>2) Produce jatropha char.</p> <p>3) Apply jatropha char on soil.</p> <p>4) Assess effects of jatropha char on soil.</p> <p>5) Assess utilization of non-oil jatropha biomass as source of energy and other purposes.</p>	Chemistry Department, UB Oil and Gas Section, EAD	Prof SO Yeboah Mr K. Venjonoka	UR	Dr Ueno
	Chemistry Department, UB	Prof SO Yeboah	UR	Dr Ueno
	Chemistry Department, UB	Prof MT Oladrihan		
	Mechanical Engineering, UB	Dr C. Ketlogetswe		
	Oil and Gas Section, EAD	Mr K. Venjonoka		
	Arable Crops Division, DAR	Dr S. Moroke	UR	Dr Kawamitsu Dr Kikuchi
	Oil and Gas Section, EAD	Mr U. Majaule	RIKEN	
	Arable Crops Division, DAR	Mr K. Venjonoka		
	Arable Crops Division, DAR	Dr S. Moroke	UR	Dr Kawamitsu Dr Ueno
	Bioenergy Section, EAD	Mr U. Majaule	UR	
	Arable Crops Division, DAR	Mr E. Kethobile		
Arable Crops Division, DAR	Ms Marumo			
Arable Crops Division, DAR	Dr S. Moroke	UR	Dr Kawamitsu Dr Ueno	
Arable Crops Division, DAR	Mr U. Majaule	UR		
Arable Crops Division, DAR	Dr S. Moroke			
Arable Crops Division, DAR	Mr U. Majaule			
Biological Sciences, UB	Dr T. Mubyana John			
Mechanical Engineering, UB	Prof MT Oladrihan			
Bioenergy Section, EAD	Dr C. Ketlogetswe			
Bioenergy Section, EAD	Mr Mabowe			
Bioenergy Section, EAD	Ms Marumo			

SN
B.K.P.

ANNEX 2

	Responsible on Botswana Side		Responsible on Japanese Side	
	Organization	Name	Organization	Name
Output 5: Environmental, social and economic evaluation				
1) Evaluate impact of jatropha production and biomass use on environment.	Okavango Research Inst, UB Environmental Sciences, UB Bioenergy Section, EAD	Prof DL Kgathi Prof R. Chanda Mr Mabowe Ms Marumo	UR UR	Dr Ueno Dr Kawamitsu
2) Evaluate impact of jatropha production and biomass use on society.	Okavango Research Inst, UB Environmental Sciences, UB Bioenergy Section, EAD	Prof DL Kgathi Prof R. Chanda Mr Mabowe Ms Marumo	UR UR	Dr Ueno Dr Kawamitsu
3) Conduct economic evaluation on jatropha biodiesel production.	Environmental Sciences, UB Univof Mainet/ CERC, UB Bioenergy Section, EAD	Prof R. Chanda Prof J. Rubin Mr Mabowe Ms Marumo	UR UR	Dr Ueno Dr Kawamitsu
4) Conduct workshops/ symposiums to share findings internationally.	Bioenergy Section, EAD	Mr Mabowe Ms Maswabi Ms Marumo		

* Manpower requirements (DAR)

One technical officer

Casual labour for the implementation and management of the project

Administration

Project Director			
Organization	Ministry of Minerals, Energy and Water Resources		
Designation	Permanent Secretary		
Name	Boikobo K. Paya		
Deputy Project Director			
Organization	EAD, MMEWR	DAR, Ministry of Agriculture	Office of Research and Development, University of Botswana
Designation	Director	Director	Director
Name	Benoni K. Erskine	Pharoah Mosupi	Isaac Mazonde
Project Manager			
Organization	EAD, MMEWR	DAR, Ministry of Agriculture	CERC, University of Botswana
Designation	Principal Energy Officer	Chief Agricultural Research Officer	Professor
Name	Boiki R. Mabowe	Stephen M. Chite	MT Oladrian

SN
B.K.P.

ANNEX 3

Tentative List of Machinery and Equipment

1. Items identified by Japanese side, DAR and EAD

Item	To be used in Output(s):					To be/ already installed at:
	1	2	3	4	5	
Tractor (1)	+					DAR
4WD Truck (1)	+					DAR
Weather stations (4)	+					Gaborone (DAR), Kang (DAR), Serowe (Boiteko Trust) and Maun
Field servers (8)	+					DAR
Drip irrigation system	+					DAR
Elevated water tank (50t)	+					DAR
Greenhouse for seedling propagation (5 x 10m)	+					DAR
Portable Photosynthesis Transpiration Measurement System		+				DAR
Soil Respiration system		+				DAR
CO2 Profile Measurement System		+				DAR
Chlorophyll Content Meter		+				DAR
Leaf Area Meter		+				DAR
Stereomicroscope		+				DAR
Optical Microscope		+				DAR
Oven		+				DAR
Induction Couple Photospectrometer		+				UB
Freeze Dry Lyophilizer		+				DAR
Nitrogen, Carbon, Hydrogen Analyzer		+				UB
Ion Chromatography for nitrogen analysis		+				UB
DNA extraction unit		+				DAR
DNA amplification machine (PCR: polymerase chain reaction)		+				DAR
DNA gel electrophoresis units		+				DAR
DNA gel image analyzer		+				DAR
Set of device for generating EST libraries		+				DAR
SNP marker analyzer		+				DAR
Closed-type greenhouse for growing transgenic plant		+				DAR
De-hulling machine			+			DAR
Extracting-filtration machine			+			DAR
Small-size esterification device			+			UB
Mini-size yield evaluation system			+			UB
Incubator			+			UB
(Diesel engine performance testing system)			+			Existing in UB
(Viscometer)			+			Existing in UB
(Calorimeter)		+	+			Existing in UB
(Fuel compound analyzer)			+			Existing in UB
(HPLC for toxic analysis)		+	+			Existing at UB
VIS-NIR-IR spectroscopy			+			DAR
Precision carbonization machine				+		DAR
Batch style carbonization machine				+		DAR
Tractor-attachable chipper				+		DAR
Tractor-attachable loading bucket				+		DAR
Vinegar storage tank				+		DAR
Char storage flexible container				+		DAR
Small unic				+		DAR
Small drying greenhouse				+		DAR

ANNEX 3

Item	To be used in Output(s):					To be/ already installed at:
	1	2	3	4	5	
Dryer				+		DAR
Balance (10 · 2 · 0.2)				+		DAR
Soil analysis machine				+		DAR
Data server	+	+	+	+	+	DAR, UB, EAD
Database software and GIS software					+	DAR
LCA software					+	UB
Satellite image					+	UB
Lap tops (6)	+		+	+	+	DAR, EAD
Project Vehicle (4WD)	+		+	+	+	EAD
Printer (1)	+		+	+	+	EAD
Cell phones (4)	+		+	+	+	EAD

Note: Items in parentheses already exist.

2. Items identified by UB on 31 August 2011

Table 1: Summary of list of equipments for oil & biodiesel tests

Items	Description	** Cost (Pula)
1	Dehulling machine	120 000
2	Oil expeller	87 220
3	Small size esterification equipment	75 000
4	Emissions analyser	84 700
5	Iodine value tester	72 400
6	Oxidation stability tester	56 000
7	Cold filter plugging point (CFPP) tester	52 500
8	Total and Free glycerol tester	126 000
9	Ignition Quality Tester (IQT)	115 150
10	Cloud and pour point tester	66 500
11	Flash point closed cup tester	72 100
12	Hydrometer – specific gravity tester	2 000
13	Corrosion tester(Copper Strip Test Bath)	63 400
14	Sulphated ash tester	45 500
15	Water and sediment tester (Benchtop Centrifuge)	92 400
16	Acid value tester (Automatic Potentiometric Titrator)	98 980
17	Laptop (2 off)	24 500
Sub total		

** Approximate costs only.

Note: Biodiesel must be tested to comply with international standards. The 2 most popular biodiesel standards in the world are the European (EN 14214) and the American Standard for Testing and Materials (ASTM D6751) standards.

Table 2: Summary of list of equipments from Environmental Science

Items	Description	Cost (Pula)
1	A set of 3 Portable soil measuring kits (Theta probe)	35 000
2	A set of 3 Tensiometers	27 000
3	Porometer	65 000
4	*Nitrogen, Carbon, Hydrogen analyser	560 000
5	*Ion Chromatography for Nitrogen Analysis	2 800 000

* These items were included in the list above but confirmed prices with installation cost are now provided.

ANNEX 3

Table 3: Section 2-3 Molecular markers

Items	Description	Cost (Pula)
1	Biorad C1000 Touch PCR thermal cycler	Not Available
2	BioRAD Power PAC supply	
3	BioRAD protein electrophoresis tank	
4	BioRad Mini prep-cell	
5	BioRAD DNA gel tank (quantity=2)	
6	4 different size Pipettes: P10, P20, P100, P1000	
7	BioRAD PAGE gel casting set	
8	Odyssey infrared imaging system (from Biosystems)	

Table 4: Equipment / and other costs for Section 1-2 Cultivation and Effect of soil organic matter & other characteristics 4-4

1. Cost of research materials and other consumables		
Portable Gas analyser for soil respiration determination		
\$4,500=P32,000		P32,000
Carbon and Sulfur determination equipment requirements		
- gases Oxygen, air @P4000/8.5Kg cylinder	P8,000	
- Standards and anhydrite	P 1,500	P9,500
Nitrogen determination equipment requirements		
-gases Helium, Oxygen, air @ P4000/8.5Kg cylinder		P12,000
- 2 N analyser combustion tube @P5,000 each		P10,000
Diagnostic kits & Software,		
BIOLOG micro plates for the different communities		P100,000
Columns for HPLC determination of soil communities		
Fatty Acid HP	P10,000	
Nucleosil 100-5 column	P10,000	P20,000
Microbiological chemicals		
- Petri dishes 10 boxes at P700 each	P7,000	
- Media/reagents/chemical	P40,000	
- lab consumables	P10,000	P57,000
Requirements for plant cultivation		P20,000
Soil augers for sample collection		
- Soil Probe, Dutch auger, regular soil auger \$600		P4,200
Requirements for studying allelopath		P10,000

ANNEX 4**List of Training Requested by Botswana Side****1. Short-term training in Japan and in third country**

Subject	Content
Propagation methods	Vegetative, tissue culture
Genetic manipulation	Transformation, cloning
Gene mapping	Gene identification, QTL's, molecular finger printing
Plant physiology	Carbon sequestration
Molecular diagnostics of diseases	
Irrigation systems	Irrigation Systems Design and Installation Irrigation Management and Fertigation Automated Irrigation Design and Management

2. Long-term training for MPhil/ PhD

Department	Subject	Number
Environmental Science	Soil and Water	1
Environmental Science	Economic Evaluation	2
Chemistry	Oil Analysis	1
Mechanical Engineering	Performance/ Engine Test	2
Biological Science	Cultivation	2
Biological Science	Soil	1
Biological Science	Molecular biology	1
Botswana College of Agriculture	Plant pathology (PhD)	1
Botswana College of Agriculture	Plant physiology (PhD)	1

