

# 地球規模課題対応国際科学技術協力

(環境・エネルギー研究分野「低炭素社会の実現に向けたエネルギーシステムに関する研究」領域)

## 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

(ボツワナ)

平成 23 年度実施報告書

代表者：明石 欣也

鳥取大学 農学部・准教授

<平成 23 年度採択>

## 1. プロジェクト全体の実施の概要

世界の南北回帰線付近の乾燥地帯は太陽エネルギー照射量が豊富であるが、植物一次生産量が低く、地球規模での低炭素社会の実現を図る上で律速点になっている。アフリカのボツワナ共和国は、循環型エネルギー社会の構築のため、ヤトロファ植物によるバイオ・ディーゼル燃料生産をその主要戦略に掲げるが、国土の厳しい乾燥冷害環境により十分な生産性が確立されていない。従って、ボツワナ国土の乾燥冷害地域におけるヤトロファ・バイオ燃料生産を確立するための、新規な科学技術を創成することが必須である。そこで本研究では、次の3つの戦略、すなわち、(1) ボツワナ生物資源を利用した、環境ストレス耐性の高い精鋭ヤトロファ品種の分子ゲノム育種と、(2) 乾燥冷害環境に適応したヤトロファ ICT 農法の確立、さらに(3) ヤトロファ圃場生物叢の理解とヤトロファ増産に向けた基盤技術開発を推進することにより、ボツワナが有する野生生物資源と、遺伝子/生理/気象/圃場生物叢情報に立脚した、ヤトロファ・バイオ燃料生産のシステムを、ボツワナ乾燥冷害地帯において展開するための技術基盤を確立することを目的としている。

本プロジェクトは平成23年度に暫定採択され、平成23年6月より暫定期間としての研究を開始した。その後平成24年3月の暫定研究期間終了までの10か月間に、日本人研究者のべ14名が合計6回のボツワナ渡航を行い、今後5年間の本格始動に向け、ボツワナ側研究者と詳細計画の策定を行った。本プロジェクトでは、ボツワナの広範な国土におけるヤトロファ生産を目指し、国内4か所における気象ステーション設置とヤトロファ試験栽培を計画している。そこで上記のボツワナ渡航期間中に、これらボツワナ国内4か所の活動予定地を視察し現地スタッフと詳細計画の打ち合わせを行ったほか、Gaborone, Serowe および Maun については、ヤトロファの試験栽培を開始した。特に Gaborone 地域については、ヤトロファ試験農場2ヘクタールの整備を行った。また土壌微生物層の検定のためのサンプリングを行った。加えて、ヤトロファのバイオマスを有効利用するために、その各組織の物理化学的性質の解析に着手し、その化学組成比の相違についてデータを取得した。さらに、優良ヤトロファ品種の作出のため、ヤトロファへの遺伝子導入を試み形質転換法を確立すると共に、ストレス耐性遺伝子 CLZFB1 の遺伝子導入を行い、形質転換ヤトロファ幼植物候補を得た。

本プロジェクトは、平成23年11月にR/D、平成24年3月にMOU契約の署名が行われ、平成24年度より本格的に研究開発活動が始動することとなった。平成24年度はのべ14名の日本人研究者がボツワナ渡航するとともに、ボツワナ若手研究者4名が日本での短期研修を行うことが予定されている。平成24年度については、ヤトロファの越冬手法、ボツワナ固有種の育種利用、および土壌微生物層の遺伝子分析等について、研究開発を推進する予定である。

## 2. 研究グループ別の実施内容

### 研究題目1：乾燥冷害地域に適合したヤトロファ系統の分子ゲノム育種

#### ①研究のねらい

ボツワナ各地に存在するヤトロファ固有種の生産性およびストレス耐性を評価し、乾燥冷害耐性に優れる系統の選抜育種を行う。また、ボツワナ中央部のカラハリ砂漠に自生する野生植物のストレス耐性遺伝子を導入した形質転換ヤトロファを作出し、乾燥ストレス下での生産性を強化したヤトロファ品種を確立する。

#### ②研究実施方法

ボツワナ固有種 80 系統を分別するための分子マーカーを探索し、固有種間の系統関係についての情報を収集する。この情報をもとに、固有種群の生理・生産性との相関を調査する。さらに、次世代シーケンサー等を用いてボツワナ固有種の EST 等の遺伝子情報を包括的に取得し、生理・生産性との相関性から、乾燥冷害下での生産性に寄与する遺伝子座位を探索同定し、系統選抜を効率化する技術確立をおこなう。さらに、アグロバクテリウム法によるヤトロファへの遺伝子導入手法を開発しその効率化を図ると共に、根伸長促進遺伝子など、ヤトロファの生産性増強遺伝子の導入を行う。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

ボツワナのヤトロファ固有種 40 種について、その採取位置を GPS 記録すると共に、Gaborone のヤトロファ実験農場における試験栽培を始動させ、その生産性比較を開始した。また、ヤトロファの遺伝子組換え実験については、新規薬剤を用いた選抜法を開発し、その遺伝子導入及び選抜効率を飛躍的に改善することに成功した。この手法を用いてヤトロファに根伸長遺伝子 CLZFB1 の導入を試み、これまでに 5 系統の形質転換候補株を得た。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

ヤトロファの遺伝子組み換え実験については、次年度における技術移転を予定している。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)  
特になし

研究題目 2: 生産制御のための環境メタ解析

①研究のねらい

ボツワナでは、灌水を施した場合においてもヤトロファ生育に遅延が生じるケースが見出されており、土壌中の微生物・菌類・線虫類・昆虫類等の生物群が、ヤトロファ生育に影響している可能性が考えられている。そこで、ヤトロファ生育と圃場生物叢との相互作用を理解し、ヤトロファ栽培最適化に向けた圃場生物叢制御技術を開発する。

②研究実施方法

ボツワナ国内の各地域の圃場中の土壌生物相を、DGGE(変性剤濃度勾配ゲル電気泳動)計測し、マトリクスデータとして数値データベース化すると共に、代表的な生物種については DNA シーケンスにより特定する。圃場生育させた各種ヤトロファ系統の葉・茎・種子・根の各組織について、気象および生物ストレスに応じて、化学プロファイリングの変化を NIR 法および NMR 法等の化学プロファイリング解析により解析する。加えて、土壌生物叢の変動にも土壌化学成分の影響が大きいと想定されることから、NIR、NMR の有機成分解析に加えて、元素プロファイリング解析も遂行する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

ボツワナ国内のうち Gaborone と Maun については、圃場土壌試料のサンプリングを開始した。ボツワナ国内にて DNA 抽出のための実験設備の立ち上げを行っている。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

次 24 年度において、DGGE のボツワナへの技術移転を予定しており、そのための各種準備を行っている。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)  
特になし

研究題目3：子実収量2.5t/haを目指したICT農法の開発

## ①研究のねらい

ボツワナ乾燥冷害環境におけるヤトロファ生産技術を開発するために、現地の気象観測データや土壌水分含量データに基づいた ICT 栽培管理を確立し、マニュアル化する。これらのデータに加え、ボツワナ農務省が収集したヤトロファの固有種の位置データ、土壌成分データ、土壌生物叢データを網羅的に表現できる GIS ソフトを共同開発し、ボツワナ乾燥冷害地域におけるヤトロファ農法のモデルを構築する。

## ②研究実施方法

ヤトロファ圃場の気象データや土壌水分含量をオンサイト、オンタイムで計測する ICT 技術を開発し、それに基づいた栽培管理を行うと同時に観測結果をデータベース化する。また、計測データをボツワナ並びに日本側からも共有できるモニタリングソフトを開発する。ボツワナ農務省が収集したヤトロファの固有種を用いて、光合成速度、蒸散速度、気孔の環境応答および水分生理的応答を基礎に、土中灌漑、樹型選定管理、開花収穫管理の最適化を行う。乾燥、低温、強日射などを組み合わせた外的環境が生理的要因に及ぼす影響について解明する。また、特に冬季前の樹枝剪定によるヤトロファ樹形管理等により、冬季の乾燥冷害障害を抑止する手法を、光合成速度、蒸散速度、気孔反応等により定量的に評価する方法を確立する。さらに、樹枝剪定に伴い大量に発生する樹枝バイオマスを炭化し、土壌保湿剤として有効利用するモデル手法の効果を LCA 的に評価する。

## ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

ボツワナのヤトロファ固有種 40 種について、Gaborone のヤトロファ実験農場における試験栽培を開始するとともに、外国産品種も併せて栽培をスタートさせた。気象ステーションの設置場所および仕様についての打ち合わせを行い、プロトタイプ的设计を開始している。

## ④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

ヤトロファ固有種の試験栽培に際して、栽培手法の一部を日本側からボツワナ側に技術移転した。

## ⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)特になし。

**3. 成果発表等****(1) 原著論文発表**

- ① 本年度発表総数(国内 0 件、国際 2 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 0 件、海外 2 件)
- ③ 論文詳細情報(著者名、発表論文タイトル、掲載誌)

Watanabe, T., Shino, A., Akashi, K., Kikuchi, J. (2012) Spectroscopic investigation of tissue-specific biomass profiling for *Jatropha curcas* L. Plant Biotechnol., in print.

Masataka Kajikawa, Kaoru Morikawa, Masayo Inoue, Utut Widyastuti, Sony Suharsono, Akiho Yokota, Kinya Akashi (2012) Establishment of bispyribac selection protocols for *Agrobacterium tumefaciens*- and *Agrobacterium rhizogenes*-mediated transformation of the oil seed plant *Jatropha curcas* L. Plant Biotechnol., in print.

## (2) 特許出願

- ① 本年度特許出願内訳(国内 0 件、海外 0 件、特許出願した発明数 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 0 件、海外 0 件)

## 4. プロジェクト実施体制

### (1)「鳥取大学」グループ(乾燥冷害地域に適合したヤトロファ系統の分子ゲノム育種)

① 研究者グループリーダー名: 明石 欣也 (鳥取大学・准教授、H24 年 4 月 1 日から 前職:奈良先端科学技術大学院大学・助教(H24 年 3 月 31 日まで))

#### ② 研究項目

研究項目 1-1: ボツワナ固有種ヤトロファを用いた乾燥冷害耐性系統のゲノム育種

研究項目 1-2: ボツワナ植物遺伝子資源を利用した悪環境適応型ヤトロファの分子育種

### (2)「理化学研究所」グループ(生産制御のための環境メタ解析)

① 研究者グループリーダー名: 菊地 淳 (理化学研究所植物科学研究センター・教授)

#### ② 研究項目

研究項目 2-1: 圃場生物叢およびヤトロファ化学プロファイリング

研究項目 2-2: ヤトロファ遺伝・化学的要因と環境要因の相関解析

研究項目 2-3: 生物・化学バイオマーカーの探索と利用

### (3)「琉球大学」グループ(子実収量 2.5t/ha を目指した ICT 農法の開発)

① 研究者グループリーダー名: 川満 芳信 (琉球大学・教授)

#### ② 研究項目

研究項目 3-1: 気象観測データモニタリングシステムの確立

研究項目 3-2: 計測データに基づき冷害を回避し乾燥を凌駕する農法の開発

研究項目 3-3: ボツワナ在来系統の生理特性評価

研究項目 3-4: 遺伝資源、環境、土壌生物叢データを統合した GIS 開発

以上