

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)

モザンビークにおけるジャトロファバイオ燃料の持続的生産

(モザンビーク)

平成 23 年度実施報告書

代表者：芋生 憲司

東京大学大学院農学生命科学研究科・教授

<平成 22 年度採択>

1. プロジェクト全体の実施の概要

本プロジェクトは、モザンビークの乾燥地域に適合するジャトロファの栽培方法を確立し、BDF（バイオディーゼル燃料）生産システムを構築することで、二酸化炭素の排出削減に寄与するとともに、新産業の創出による地域住民の生活改善をねらいとする。更に副産物として固形燃料を生産することで、モザンビークにおける現在の主要エネルギー源となっている薪炭需要のための樹木の伐採を減少させ、土地荒廃の防止に貢献する。このような事業を経済的に成立させ、持続的に行うための技術開発とシステムの構築を目指す。このため、他の農産物を栽培しにくいモザンビーク南部の乾燥地域に適合するジャトロファの栽培方法を確立すること、副産物として安全な固形燃料を生産する技術を開発すること、さらに、環境への影響と社会的、経済的な観点からシステムを評価し、事業として成立し得る持続的なバイオ燃料生産システムを構築することを研究の主な目的とする。

研究内容は多岐にわたるので、以下の中課題を設定し、連携をとって進捗させる。1)ジャトロファの育種および栽培技術：現地の条件に適合する種の育成と栽培技術の確立。2)BDF の生産および残渣利用技術：BDF の生産と評価試験、残渣の固形燃料化技術および肥料としての有効性評価。3)BDF および副産物の生産と利用時における安全性評価：BDF および副産物の安全性リスク評価および使用時の健康影響を評価。4)収穫技術・変換技術：収穫機械の必要性の検討、および洗浄水を用いない BDF 変換プロセスの適合性評価。5)持続可能性評価：経済性と環境影響等の評価に基づく持続可能性評価。6)拡張性検討：CDM 事業化の可能性とアフリカ各国への適用性の検討。

平成 22 年度の暫定研究期間中に相手国研究者と研究内容を調製し、22 年度末に RD 署名を行った。23 年度初めから JICA と契約内容を調製し、7 月初めに契約後、長期滞在の日本人研究者 2 名が渡航して、国際共同研究を開始した。8 月末に短期の日本人研究者 6 名と業務調製員が渡航し、各課題の研究内容を打ち合わせるとともに、共同研究開始の式典を行った。

研究成果としては日本国内の研究で安全性評価などの課題で成果が得られた他、環境影響評価や固形燃料製造の研究を進捗させた。モザンビーク国内では、ジャトロファの在来種の種子を収集し、育苗を開始した。23 年度に BDF 製造装置と各種測定器を国内で購入してモザンビークに搬送する予定であったが、手続きに時間を要し 24 年度に持ち越しとなった。24 年度は日本国内の研究を進捗させるとともに、機材を搬送しモザンビークでの実験を開始したい。

2. 研究グループ別の実施内容

東京大学グループ/ BDF および固形燃料生産の持続可能性評価

①研究のねらい

研究代表機関としてプロジェクト研究全体の調整ととりまとめを行う。また「持続可能性評価」のうち「温室効果ガス排出量評価」、「土地利用転換に伴う環境影響評価」、「総合的な持続可能性評価」を、「拡張性検討」のうち、「CDM 事業化の検討」を担当している。

エネルギー作物の大規模栽培では、環境に対する特段の配慮が必要である。本研究は地域環境に好影響を与えることを目的としているが、適切な評価手法を用いて実証する必要がある。本研究では、土地利用転換プロセスも含めた BDF および固形燃料生産について、総合的な持続性が期待できる条件を明らかにする。また、CDM 事業化の可能性を検討し、必要条件を明らかにする。

②研究実施方法

BDF および固形燃料生産について、LCA による温室効果ガス排出量評価、土地利用転換に伴う環境影

響評価、経済性を分析し、事業の総合的な持続可能性を評価する。さらに、BDF および固形燃料生産について承認方法論に従って CDM 事業化の可能性を検討する。なお、経済性評価については、アフリカ開発協会が実施する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

a) 持続可能性評価(の内、温室効果ガス排出量評価、土地利用転換に伴う環境影響評価)

現地を訪問し、モザンビーク側と協議を行い、持続可能性分野における事業の枠組み、目標、工程など事業全体に関する基本的合意を得るとともに、各パートにおけるそれぞれのチーム体制、役割分担、期待される成果などに関する打ち合わせを行った。また、現地調査によって、調査計画の妥当性、データ収集の可能性などについて確認を行った。

温室効果ガス排出量評価については、原料栽培から BDF 生産および残渣利用におけるシナリオ設定に着手し、想定されるシステムの技術内容、エネルギーおよび物質の投入・排出に関する調査を開始した。

土地利用転換に伴う環境影響評価については、土地利用変化による環境影響について、評価に必要な情報やデータの収集を開始した。特に、モザンビーク等における炭素貯蔵量に関する既往の研究について整理するとともに、土壌サンプリングや土壌炭素分析方法等の炭素貯蔵量変化の評価方法について検討した。

b) 拡張性検討(の内、CDM 事業化の検討)

CDM 事業化の検討について、想定している 3 種類の CDM プロジェクト(バイオディーゼル利用、固形燃料利用、植林)について、適用可能な国連による承認方法論を精査した。特にバイオディーゼル利用の CDM プロジェクトの形成に必要なデータ項目等を整理した。また、バイオディーゼル利用の CDM について、方法論に沿った排出削減量の算定方法を整理した。

c) 固形燃料製造の基礎実験

予備実験としてフィリピン産のジャトロファ種子の搾油残渣による固形燃料製造実験を行った。固形燃料として、ペレットと、よりサイズの大きい円柱形の固形燃料を候補とし、製造実験を行った。

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)

当該年度は特になし

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)

該当なし

金沢工業大学グループ/ BDF および固形燃料のリスク確認・評価・マネジメント

①研究のねらい

ジャトロファ種子から得られたジャトロファ油及び絞り滓について含まれる毒性物質の作業環境への影響を評価し、人に影響が無く、有効に活用できる方法を提案する。

②研究実施方法

次のステップで研究を実施する。

- 1) ジャトロファ種子に含まれる毒性物質の人への影響評価
- 2) 評価結果をもとにしたリスク対策技術の開発、
- 3) リスク対策技術と経済性を踏まえた有効活用方法の提言

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

当初計画通りに進んでおり、一部成果について学会に発表した。

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)
カウンターパートへの設備導入が終わっていないため、これから相互連携を行っていく。

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)
ジャトロファは生育地域により含まれる毒性物質の人への影響度が異なると言われている。このため、モザンビークにて育成されたジャトロファ種子を入手する必要がある。今回、プロジェクトメンバーの合田氏の協力及び JICA モザンビーク事務所の支援を受け、時間はかかったもののそのルートが開拓出来た。このルートを実確なものにしていくことが、本プロジェクトを成功裏に導くために重要と思われる。

久留米大学グループ/ BDF および固形燃料の安全性と健康影響評価

①研究のねらい

ジャトロファ種子より産生される BDF 及びその搾油残渣であるオイルケーキなど固形燃料中のホルボールエステル類の安全性評価法とそれらを使用する際の健康影響評価法を開発し、その手法を用いて、BDF 及び固形燃料の適切なリスク確認・リスク評価・リスクマネジメントを行う手法を確立する。

②研究実施方法

BDF 及びオイルケーキなど固形燃料の妥当な安全性評価法を *in vitro*, *in vivo* 実験で確立する。その手法を用いて、試験試料およびその燃焼産物の安全性評価を行う。これらの手法を活用して、より安全性が高く低環境負荷のジャトロファバイオ燃料を開発するための問題点や改良点を明確にする。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

ジャトロファ種子の毒性成分であるホルボールエステル類について、溶媒抽出および HPLC を組み合わせた手法により少量の試料で 6 種のジャトロファホルボールエステルが分析、単離できる条件を設定した。このうち、最も含量が多いホルボールエステル P-1 について質量分析、核磁気共鳴分析により構造を決定した。分画した各フラクションは遺伝子変異試験法の確立や実験動物を用いたリスク評価に用いるため、実験系のスケールアップを行い、大量精製の手法を確立した。クルードオイルについては種子と同様にホルボールエステル類を含むことを既に確認しており、HPLC による簡便な検出・定量法を検討中である。搾油残渣等の副産物からの同成分の分離・抽出法については、ジャトロファ種子を用いた実験で得た知見を元に、溶媒抽出と HPLC を組み合わせた手法を現在検討中である。

ホルボールエステル類の安全性評価の指標として変異原性試験や形質転換試験、活性酸素産生能などの測定法の導入を試み、少量の試料で精度よく測定できることを確認した。現在、上記で単離した毒性成分や BDF、搾油残渣等の副産物を被験物質として検討中である。加えて、より簡便なジャトロファホルボールエステルの新規検出法、新規毒性評価法を開発中である。リスク評価については実験動物を用いて、予備実験を行っている。

④カウンターパートへの技術移転の状況

昨年度カウンターパートと合意した技術移転に係る供与機材 11 種の選定を行い、現在搬送準備中である。

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
なし。

日本植物燃料株式会社グループ/気候および土壌の条件に適したジャトロファの育種および栽培技術の確立

①研究のねらい

モザンビーク国におけるジャトロファ栽培の現況を把握するとともに、対照として用いる在来種の採取および育苗を開始した。研究の目標をより適切に位置づけるためモザンビーク国のエネルギー省や農業省などとの意見交換を行いジャトロファの政策的位置づけおよびモザンビーク国政府が望むジャトロファの利用方法について理解を深めた。

②研究実施方法

モザンビーク国の首都マプトから、最北部の Cabo Delgado 州まで車でジャトロファの探索採取を行った。育種予定地の Boane にて使用可能な土地を確定し、採取した在来種の育苗を開始した。エネルギー省、エネルギー基金、農業省と複数回の意見交換を行った。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

生産性の観点から選抜を終えた種子を輸入し、育種に用いる計画であるが、未だに輸入が完了していないため、育種は開始していない。在来種の育苗は、予定地における生育スピードを見極めるために、育種用種子の輸入完了を待たずに開始した。

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)

モザンビーク国全体におけるジャトロファ栽培の現況について相互に情報を交換した。モザンビーク人研究者を1名新規に雇用し、圃場の作成・管理・データ取得記録方法などを教育している。

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)

育種・栽培試験予定地におけるジャトロファの生育は、想定していた以上に悪かった。当初課題として想定されていた乾燥条件に加え、気温の低さや日照時間の短さなどが関係していると考えている。生産性データの入手に当初想定以上の時間がかかると見込まれることから、より気温が高く日照時間の長い場所を育種場所に追加すべきとの提案をカウンターパートへ行い、検討を進めている。

アフリカ開発協会グループ/ ジャトロファ栽培および BDF 生産・流通にかかわる財務分析・評価, アフリカ諸国におけるジャトロファ BDF 生産事業の適用性評価

①研究のねらい

アフリカ諸国においてジャトロファ種子を原料とする BDF 生産・流通事業の妥当性を経済・財務面から評価し、持続的開発を可能ならしめる諸条件を検討する。

②研究実施方法

BDF 需要, ペレット需要, 流通体制, ジャトロファ栽培・BDF 生産・ペレット生産に係わる所要初期投資資金, ディーゼル燃料流通価格, 家庭用燃料価格, 所要原料・資材コスト, 操業費等のデータ収集を行い経済・財務分析および事業評価を行う。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

a) BDF 生産流通に係わる財務分析・評価

モザンビークにおけるバイオ燃料政策は 2009 年に制定され施行されている。政策指針の中心は持続的社会経済の発展, エネルギー確保, 予測不能な燃料価格の安定化, 輸入燃料の削減, 地球温暖化ガスの削減等である。また, 政策目的は化石燃料の代替燃料利用促進による農村地帯での職業機会, 所得獲得機会の増加, 極端な単一作物栽培からの脱却等としている。この政策はサブサハラ諸国の開発途上国諸国に共通す

る課題を解決する1つの方策であるから、モザンビークにおいてビジネスモデルが確認されることにより、当該モデルが諸国で活用される可能性が高いことを確認した。しかしながらジャトロファオイルをベースとしエタノール及び触媒を用いて場交通機関用バイオディーゼルに加工するには幾多の課題を解決せねばならない。バイオディーゼル生産に要する初期投資額のうち BDF 生産プラントは最大の費用項目であるが、BDF プラントの建設価格は当然その規模による。スケールメリットを生かしていかに低コストでジャトロファオイルを処理し交通機関用燃料として用いることができるかはジャトロファが通年で大量に生産されるという前提が満足されなければならない。しかしながらジャトロファ栽培を本格化し大量のジャトロファの実を安定的に獲得するには BDF 等としての市場が存在せねばならず、現在のような極めて限定的なジャトロファ栽培面積では栽培に携わる農民、農村が具体的な収益を獲得できない限りにおいては BDF 生産を開始することは不可能である。このことからジャトロファ栽培、ジャトロファ・バイオ燃料の導入に当たってはいくつかの開発段階が必要であると判断する。その開発ロードマップの最初の段階としては最小の投資額ないしは殆ど投資を必要とせず且つ小額ではあるがいくらかの収入が農村レベルで獲得できる方法から開始すべきであって、現在考えられているような大規模栽培により BDF の消費地の中心であるマプト周辺で生産し消費するという方法は妥当ではないのではないかとというのが今年度の評価結果となった。

b) アフリカ諸国におけるジャトロファ・BDF生産事業の適用性評価

アフリカ諸国の農業形態は植民地時代の形態を引きずったような単一換金作物の栽培(Plantation 型, Estate 型)又は自給自足農業(Subsistence Farming 型)の両極端が圧倒的であり、中間的で自作農的な形態による農業の発展は遅れている。そして圧倒的な貧困層に属する人口は地方部において自給自足農業の継続を余儀なくされている。こういった圧倒的多数の地方部の農村、農民が直接的、具体的な利益を得るようなモデルが確立されない限りジャトロファ・バイオ燃料生産事業のアフリカ諸国での伝播は困難であると判断する。既にいくつかの国では数千ヘクタール単位でのジャトロファ栽培は期待利益を得ることが出来ずに不調に終わったという具体例が散見されることから、地方の農民、農村が直接利益を享受することが可能となるような小規模なビジネスモデルの実証試験が望ましいことが今年度の評価結果となった。

④カウンターパートへの技術移転の状況

なし。

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

上記③での評価結果を踏まえて提案できるビジネスモデルの1つに地方村落部における無電化地帯でのディーゼル発電機によるミニグリッド電化事業を挙げることができる。モザンビーク国に限らずアフリカ諸国の大部分の地方部には圧倒的な人口が存在し自給自足農業の生活を営んでいながら大多数の村民(農民)は送電線からの電気を購入する経済的余力は無く大多数の農村には電気が来ていない。こういった無電化地域においてジャトロファ栽培から得られるジャトロファ・ストレートオイルを生産し、小型ディーゼル発電機としての燃料として用いることが可能となればアフリカ諸国でのジャトロファ利用事業の有効な伝播が可能となるのではなかろうか。この視点に立った村落電化とジャトロファ栽培のリンクの形成を実証することが出来るような小規模な実験が望まれるが、ジャトロファオイルを用いた地産地消形電化事業は当初の研究項目には含まれていない。

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 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 0 件, 海外 0 件)
- ③ 論文詳細情報

(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) 東京大学グループ (BDF および固形燃料生産の持続可能性評価)

① 研究者グループリーダー名: 芋生 憲司 (東京大学・教授)

② 研究項目:

温室効果ガス排出量評価
土地利用転換に伴う環境影響評価
CDM 事業化の検討
固形燃料製造の基礎実験

(2) 金沢工業大学グループ (BDF および固形燃料のリスク確認・評価・マネジメント)

① 研究者グループリーダー名: 鈴木 康允 (金沢工業大学・教授)

② 研究項目:

BDF および固形燃料の生産と燃焼試験
搾油残渣の肥料への利用試験
BDF および固形燃料製造プロセスの安全性評価

(3) 久留米大学グループ (BDF および固形燃料の安全性と健康影響評価)

① 研究者グループリーダー名: 石原 陽子 (久留米大学・教授)

② 研究項目:

BDF および固形燃料自体の安全性評価
ジャトロファ試料のホルボールエステル検出と単離
搾油残渣施肥土壌の安全性評価

(4) 日本植物燃料株式会社グループ

(気候および土壌の条件に適したジャトロファの育種および栽培技術の確立)

① 研究者グループリーダー名: 合田 真 (日本植物燃料株式会社・社長)

② 研究項目:

ジャトロファの育種と栽培技術の確立
無毒種の栽培と評価

種子と果実の成分分析

(5) アフリカ開発協会グループ

(ジャトロファ栽培および BDF 生産・流通にかかわる財務分析・評価, アフリカ諸国における
ジャトロファ BDF 生産事業の適用性評価)

①研究者グループリーダー名: 長沼 秀明 (アフリカ開発協会・事務局長)

②研究項目:

BDF および固形燃料生産の経済性評価

アフリカ各国への適用性検討

以上