

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 24 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整し、22年度末にRD署名を行った。23年度初めからJICAと契約内容を調整し、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。24年度には日本国内でBDFや固形燃料の製造を行い、生産物の特性を評価した。持続可能性検討では、環境影響評価の試行を、経済性評価については事業シナリオを作成し、データ収集を開始した。モザンビーク国内では在来種の栽培を行うとともに、選抜された母材を輸入して育種を開始した。計測機材等の輸出に時間を要しモザンビークにおける実験が遅れているが、一部の機材は到着しており25年度から実験を行える予定である。

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)

温室効果ガス排出量評価については、情報を相互に交換し、情報共有を図るとともに、日本とモザンビークにおける今後の研究開発の共通基盤を整備した。LCA 支援ツールとして、国際的に広範に用いられている GaBi5 を選定した。また、今後の情報交換を容易にするため、モザンビーク側担当者と、GaBi5 の基本機能を確認した。さらに、RTFO ジャトロファ燃料のデフォルトシステムを例として、GaBi5 による評価モデルの構築、結果の分析評価、副生有価物評価の試行等を共同で行った。ジャトロファ栽培から BDF 変換に至る文献などの入手可能な情報を基に、ジャトロファのエネルギー利用に関するシナリオ検討を開始した。

b) 拡張性検討(の内, CDM 事業化の検討)

想定している CDM プロジェクトについて、特にジャトロファ由来のバイオディーゼル燃料製造に関するドラフト PDD (Project Design Document) 作成のための基本的な情報やデータを収集した。

c) 固形燃料製造の基礎実験

モザンビーク産種子の搾油残渣からバイオコークスと呼ばれる固形燃料を製造した。加熱温度、保持時間、圧力をパラメータとして実験を行い、硬度、密度、投入エネルギー、および金沢工大で測定したホルボールエステル含有量の観点から適切な製造条件を決定した。また製造された固形燃料の熱特性と成分を調べて、炭と比較した。

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)

温室効果ガス排出量評価に関して、日本側からは、バイオ燃料の持続可能性評価に関する情報並びに LCA 評価原単位データを、モザンビーク側からは、主にモザンビーク国内でのジャトロファ栽培に関する調査データを交換、共有した。土地利用転換に伴う環境影響評価に関して、土地利用変化時(既存土地利用からジャトロファ植生)の CO₂ 放出・吸収量の試算結果、土壌のサンプリング方法や土壌炭素の測定方法について、2012 年 9 月の現地調査時に技術情報の交換を行った。

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)

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)

ジャトロファに含まれるホルボールエステル(PEs)は、200℃の加熱及び酵素反応により分解することが明らかになった。今後、分解生成物についてリスク評価を行う必要がある。人の細胞を用いたリスク評価手法の開発を含め、PEsの分解技術及び分解生成物のリスク評価を組み合わせた研究を進める計画である。

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

予備実験で得られた結果をもとにリスク評価を行うために十分なジャトロファホルボール DHPB を平成 23 年度に確立した溶媒抽出と HPLC を組み合わせた手法により多量精製を行い、動物を用いて DHPB, クルードオイルと標準物質ホルボール-12-ミリステート-13-アセテート(PMA)で比較し、急性毒性も含めて慢性毒性指標であるパピローマの出現時期や数を指標として現在長期継続観察中であり、同一検体で得られた形質転換試験結果などと比較してその整合性などについて検討中である。最も比活性が高い P-1 以外のジャトロファホルボールエステルにも作用がある可能性が高いことから、それらの成分の急性及び慢性影響についても検討するために、リスク評価に必要な量を確保するために溶媒抽出と HPLC の組み合わせによる大量精製を試みている。

クルードオイル, BDF 及び搾油残渣等の副産物からのジャトロファホルボール類の溶媒抽出と HPLC の組み合わせによる定量・定性分析については、いくつか解決すべき課題が残されているが、ほぼ確立しつつある。一方、種子、搾油残渣や BDF からより簡便にジャトロファホルボールエステル類を検出するための手法については、化学構造などをもとに、有機溶媒処理後に簡易に検出できる手法について現在いくつかの方法を試みて検討中である。

固形燃料燃焼時の健康影響に関しては、燃焼時に発生する各種成分の分析定量測定機器を用いて、現在固形形状などによる燃焼条件などについて予備検討中である。

④ カウンターパートへの技術移転の状況

供与機材については、技術移転のための機材が日本よりカウンターパート国に搬送途上にある。

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

カウンターパート国には HPLC 用蒸留水の輸送が困難であるということが判明し、急遽蒸留水精製装

置を供与機材に加えた。また、カウンターパート国での有機溶剤などを初めとする試薬などの入手がかなり困難で、かつ入手までに時間を要することが判明しており、供与試薬類の早急な手配が望まれる。

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

育種および栽培方法試験を開始した。

②研究実施方法

昨年から栽培をおこなっている在来種に加え、新たに採取を行った在来種を対照として追加し、育苗および圃場への植え付けを完了した。日本から輸入された育種母材について育苗および圃場への植え付けを完了した。栽培方法試験を行うためにモザンビーク国の既存農園から枝を採取し、育苗後圃場への植え付けを完了した。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

育種および栽培方法試験のための植付けが完了したことで、収穫データの収集を待つ段階にある。昨年から栽培を行っている在来種についても、2013年3月22日時点では、開花が見られていない。

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)

モザンビーク人研究者を1名の雇用を継続し、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)

残念ながら寒冷対策のために圃場を追加することは認められないとの結論を得たことから、新たにグリーンハウスなどで育種圃場の寒冷対策を実施することが必要になった。3年目以降マニッサにて栽培試験を拡大して実施する予定であったが、実際に利用可能なエリアが事前に案内されていた場所と異なっていた事およびマニッサで事業が実施される可能性が低くなったとのことから栽培試験はマニッサに拡大せず、ボアネ圃場のみで実施することとなった。

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

モザンビーク国においてBDFを最終製品として生産・流通を行い持続的に植物由来の代替燃料を普及させることを目的とする開発事業に関わる事業妥当性評価を行い現地条件に即した適正且つ妥当な事業の組成を行うに必要十分な検討を行う。また、形成される事業が他のアフリカ諸国においても適用可能であるかどうかの評価を行うことが本研究のねらいである。

②究実施方法

いくつかの代替事業モデル案を検討し抽出された課題に対する対処策を立案の2030年を目標とするロードマップを策定の上、それぞれのモデル案に対する経済分析・財務分析を行う。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

当初の計画では、先ず大規模なジャトロファ栽培事業(農園またはエステート)が存在し、近い将来に最小規

模の BDF 事業を開始するために必要な条件が整うということが前提であったが、これまで実施した現況の把握から、長期的な視野に立った適切な開発ロードマップの策定が必要であると判断するに至った。現況を踏まえた上で開発ロードマップ案を策定し、プロジェクト関係機関の合意形成を得た上で長期ロードマップの策定を行うこととした。

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)

当初の計画では先ず大規模なジャトロファ栽培事業が存在し、モザンビーク国随一の石油流通会社である Petromoc 社の代表が当研究チームのカウンターパートであったが、長期的な視野に立った開発ロードマップの策定を行うことが優先事項とすべきことから、さらに幅広い分野の多様な政府機関等をカウンターパートとすることになり当初の計画を修正した。そのため当初予定したカウンターパートである Petromoc 社への実質的な技術移転(開発計画手法, 経済・財務分析手法等)は未だ行われていない。今後ロードマップの策定に必要な経済・財務分析を実施する中で Petromoc 社との実質的共同研究(BDF 製造, 原料流通システム, 製品流通システム, 製品検定システム, 投資妥当性評価方法等)を行う。

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)

当初の計画では先ず大規模なジャトロファ栽培事業が存在し、モザンビーク国随一の石油流通会社である Petromoc 社の代表が当研究チームのカウンターパートであったが、長期的な視野に立った開発ロードマップの策定を行うことが優先事項とすべきことから、さらに幅広い分野の多様な政府機関等をカウンターパートとすることになり当初の計画を修正した。

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