事業事前評価表（地球規模課題対応国際科学技術協力）

作成日：平成 23 年 3 月 14 日

担当部・課：農村開発部乾燥畑作地帯課

１．案件名

国　名：モザンビーク共和国

案件名：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

Sustainable Production of Biofuel from Jatropha in Mozambique

２．協力概要

（１）　事業の目的

モザンビークは､79.9 万平方キロメートルの国土(日本の約 2.1 倍)と約 2,140 万人(2007 年)の人口を有し、多様なエネルギー供給システムを必要としている。モザンビーク政府は、エネルギー源へのアクセス改善により、輸入総額の約 11%を占める石油による国の財政負担軽減、また薪使用量の軽減及び土地荒廃の防止のため、バイオ燃料の開発を重要課題の一つと捉えている。

熱帯気候であるモザンビークはバイオ燃料に使用するジャトロファ種子の生産に適していると考えられ、2005 年の政府承認により生産が開始され、2009 年 3 月に閣議で承認された｢バイオ燃料にかかる国家戦略｣において国家的な生産および活用の促進を目指している。特にモザンビーク南部においてはジャトロファの生産とバイオ燃料への活用が期待されているものの、民間企業も含めて科学技術力が十分ではなく、生産および燃料化の試みは成功しているとは言えない。

モザンビーク政府および同国を代表する大学であるエドワルド・モンドラネ大学(UEM)は、モザンビークに適したジャトロファの生産およびバイオ燃料の生成を目指し、2009 年 11 月に我が国に､科学技術協力プロジェクトの枠組みによるUEMと東京大学との共同研究を要請した。本事業では、モザンビークの乾燥地域におけるジャトロファの適合種の選定・栽培方法を確立し、バイオディーゼルおよび固形燃料の製造技術開発を行なう。さらに経済性、安全性、環境影響を踏まえた評価を実施し、CDM（クリーン開発メカニズム）事業化につながる持続可能なシステムの構築を目的としている。

（２）　協力期間

2011 年 4 月から 2016 年 3 月（60 ヶ月）

（３）　協力総額（JICA 側）

約 3.0 億円

（４）　協力相手先機関

所管官庁：教育省

協力相手先機関：エドワルド・モンドラネ大学、PETROMOC 社

（５）　国内協力機関

研究代表機関：東京大学

研究機関：金沢工業大学、久留米大学、日本植物燃料株式会社、社団法人アフリカ開発協会

（６）　裨益対象者及び規模、等

本事業の受益者は、エドワルド・モンドラネ大学工学部、同理学部、同農学部の研究者 75 名、PETROMOC 社の各研究者が挙げられる。

３．協力の必要性・位置付け

（１）　現状及び問題点

モザンビークは石油を輸入に依っており、輸入総額の 11%を占めるなど財政負担となっている。また、同国では多くの燃料（1 次エネルギー消費の 80%）を薪炭に依存しているが、その確保のために行われる森林伐採が大きな問題となっている。政府は石油輸入負担の軽減と環境保全のため、ジャトロファを含めた再生可能なエネルギーの導入を目指している。

モザンビークはジャトロファ栽培適地を約 330 万ヘクタール有するとされている。しかしながら、モザンビークではジャトロファ栽培について科学的な知見が蓄積されておらず、現在実施されている大規模ジャトロファ事業においても、品種の開発や試験栽培を行っている段階であり、安定した収量を達成していない状況である。また、多くの商業ベースのジャトロファ事業が比較的条件の良い地域で実施されており、他の農産物と競合が少ない乾燥地での栽培に関する研究は、民間企業で行うのは難しい状況である。そのため、現状でジャトロファの単位面積当たりの収量増加を求めた場合には、その栽培用地において食用作物との競合が懸念されている。

また、ジャトロファを利用した BDF と固形燃料の安全性や BDF 精製後の廃水処理については、モザンビークで殆ど研究されていないのが現状である。こうした問題への対応のため、モザンビークにおけるジャトロファの安定的生産とジャトロファ由来のバイオ燃料の効率的生産による、ジャトロファの持続的活用に資する研究の実施が求められている。

（２） 相手国政府国家政策上の位置付け

化石燃料輸入によるインフレ上昇や貿易収支悪化、約 7%の安定した経済成長に伴うディーゼルを中心とした液体燃料への需要増加と価格上昇を受け、モザンビーク政府は、2009 年 5 月、「バイオ燃料政策戦略」を閣議決定し、液体燃料を代替するエネルギーとしてバイオ燃料を本格的に導入する法的枠組みが作られた。

2009 年に策定された「エネルギーセクター戦略」においても、バイオ燃料のエネルギーセクター戦略上の重要性が言及されており、エネルギー戦略の原則として「輸入燃料代替のためにローカルエネルギー源の基礎としてバイオ燃料の持続的な生産を奨励する」ことが掲げられている。同じく 2009 年に策定された「新・再生エネルギー開発政策」では、バイオマスに関する政策が述べられており、伝統的な固形バイオマス（薪や木炭）については、高効率ストーブの利用、バイオマスのコージェネレーションやガス化、バイオマス残渣の利用で固形燃料を生産し薪や木炭の消費の代替を行う等、より効率的なエネルギーシステムを促進することが述べられている。

こうしたモザンビークの関連政策上、本協力はその方針に沿うものといえる。

（３） 他の援助機関の対応

ドナーは政府のバイオ燃料政策策定への分析助言支援や、農村地域の活性化を目的とした小規模なジャトロファ栽培事業への支援、農業省傘下の農業促進センター（Centro de Promoção da Agricultura：CEPAGRI）を通したバイオ燃料に関する研究支援を行っている。

世界銀行は、2008 年、イタリア協力庁とともにモザンビークにおけるバイオ燃料評価への資金援助を行った。

オランダ政府は、モザンビークにおけるバイオ燃料のバリューチェーンプログラムを支援している。また、オランダ系 NGO である FACT 財団は、北部カーボデルガード州及び中部マニカ州で小規模ジャトロファ事業を実施するとともに、ジャトロファに関する研究も同時に行われており、農学的側面、害虫、種前処理、経済性、炭素とエネルギーバランス、ディーゼルエンジン改良、純ジャトロファ油を使用したディーゼルエンジンの影響等について調査が行われている。しかし、民間企業によるバイオ燃料事業同様、科学的な検証には至っていない。

アメリカ系 NGO である TechnoServe は、モザンビークのココナッツ企業と提携してバイオディーゼルの加工モデルをパイロットベースで実施している。

また、EU がバイオマスに関する戦略策定への支援を行っている。

（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付け（プログラムにおける位置付け）

本事業は、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、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に寄与することを目的としており、適切な営農方法・農業技術の指導・定着等の支援による農業生産性の向上、農民の生計向上･生活改善を行うことを目的とする国別事業展開計画における「農業技術支援プログラム」との整合性が認められる。

４．協力の枠組み
〔主な項目〕
（１） 協力の目標
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、活用技術の確立とともに、ジャトロファの環境保全、環境改善への効果が科学的に実証される。
（２） 成果（アウトプット）と活動

① ジャトロファの優良品種が選定され、持続的な栽培方法が確立される。
【活動】
1-1. 年間降雨量 600mm 程度の半乾燥地に適した品種の評価と選定を行う
1-2. 栽培期間、栽培密度、育苗、施肥、剪定といった栽培方法の試験と評価を行う
1-3. 無毒品種の栽培試験とその病害虫耐性と生産性の評価を行う
【指標・目標値】
・ 年間降雨量 600mm 程度の現地の環境下において、耐乾性、耐病性、低毒性を持つ品種がすくなくとも X 種、選定される

② ジャトロファ収穫技術が開発される
【活動】
2-1. ジャトロファ栽培に伴う収穫技術の効率性、雇用創出効果を比較し、総合的に評価する。
【指標・目標値】
適切な収穫技術が提案される

③ 安全かつ効率的なジャトロファバイオ燃料変換技術が開発される
【活動】
3-1. ジャトロファバイオ燃料の生産を実施する
3-2. ジャトロファバイオ燃料の燃焼実験を実施する
3-3. 従来型の洗浄技術や新たな精製技術によって発生する排水を分析する
3-4. ジャトロファバイオ燃料の生産と使用における毒性を減少させる技術の開発を行う
3-5. ジャトロファバイオ燃料精製施設の適用実験を実施する
【指標・目標値】
・ モザンビークの環境基準に適合した排水処理技術を開発する
・ 精製、使用過程での毒性曝露を減じたジャトロファバイオ燃料生産技術が開発される

④ 残渣利用技術と生産過程の確立
【活動】
4-1. 剪定枝、残渣、グリセリンから固形燃料を生産する技術を開発する
4-2. 固形燃料の燃焼実験を実施する
4-3. ジャトロファおよび現地の農作物を対象として、残渣を用いた肥料の効果を評価する
4-4. 人体や周辺環境に影響の少ない、残渣を用いた固形燃料と肥料の生産技術を開発する
【指標・目標値】
・ ジャトロファ残渣からの固形燃料生産技術が確立される
・ 肥料の効果が科学的に立証される
・ 生産、使用時の毒性物質への曝露が減じられた、残渣利用技術が開発される

⑤ ジャトロファバイオ燃料及び肥料の適切な評価・管理手法が提案される
【活動】
5-1. ジャトロファバイオ燃料の有害性評価が行われる
5-2. ジャトロファバイオ燃料の生産工程における曝露評価が行われる
5-3. ジャトロファバイオ燃料と肥料の使用時における曝露評価が行われる
5-4. ジャトロファバイオ燃料の生産/使用にかかる管理方法が検査される

【指標・目標値】
・ ジャトロファバイオ燃料と肥料の使用リスクが評価され、管理方法が具体的にとりまとめられる。

⑥ 構築されたジャトロファバイオ燃料生産モデルの総合的な持続性が実証される
【活動】
6-1. ジャトロファバイオ燃料のライフ・サイクル・アセスメント（エネルギーバランス評価と分析、温室効果ガス削減効果の評価と分析、経済性評価）を実施する
6-2. 土地利用の変化にかかる環境影響評価を実施する
6-3. 土壌炭素調査を実施する
6-4. ジャトロファバイオ燃料の持続性評価を実施する
【指標・目標値】
・ ジャトロファバイオ燃料のエネルギーバランスが判明する
・ ジャトロファバイオ燃料の温室効果ガス削減効果が判明する
・ ジャトロファバイオ燃料の経済性が判明する
・ ジャトロファの生産による土地利用変化の影響が評価される

⑦ ジャトロファバイオ燃料生産の CDM 事業化方法論が提案される。
【活動】
7-1. CDM 事業の実現可能性評価を実施する
7-2. CDM 事業のモザンビーク以外の他のアフリカ諸国への適用可能性評価を行う
【指標・目標値】
・ 3 つの CDM 技法が提案される。
・ モザンビークで開発された持続的なジャトロファバイオ燃料活用モデルが他のアフリカ諸国で適用されるための条件が提示される。

（３） 投入（インプット）
① 日本側（総額約 3.0 億円）
専門家派遣、供与機材、研修員受け入れ、その他
② モザンビーク国側
カウンターパート人件費、施設・土地手配、その他
（４） 外部要因（満たされるべき外部条件）
【プロジェクト目標達成のための外部条件】
・大規模な旱魃や洪水が発生してプロジェクトの進捗を妨げない。
【成果達成のための外部条件】
・BDF 製造施設の立地やジャトロファ栽培試験圃場が適切に確保される。

５．評価 5 項目による評価結果
（１） 妥当性
以下の観点から、本事業実施の妥当性は高いと判断される。
・モザンビークでは、上記３．のとおり、石油輸入負担の軽減と自然環境保全を目的にバイオ燃料の活用推進を政策的に進めており、本事業は相手国の政策ニーズに合致している。これらの政策は、短期的には化石燃料の価格によりその進捗が左右されることが予想されるが、長期的には化石燃料に対する代替燃料利用の方向性から、本事業の妥当性は高い。
・本事業は、ジャトロファ栽培での農学的な知見を提供するとともに、ジャトロファを利用した BDF と固形燃料をモザンビークで安全かつ環境に配慮した提供など実用性のある活動が計画されていることから、協力の妥当性は高い。
・試験栽培を行うマプト州マニサ郡は、モザンビーク内で森林減少が顕著である地域であり、本事業の上位目標である樹木伐採の防止に貢献することと整合性がある。また、マニサ郡は雨量 600mm 程度の乾燥地域であり、食糧生産との競合が低い乾燥地域であることから、ジャトロファ栽培技術の確立を目的とする本事業との整合性が高く、対象地域として妥当である。

（２） 有効性
以下の観点から、本事業の有効性は高いと判断される。
・本事業は、モザンビークにおけるジャトロファ栽培技術（アウトプット１）、バイオ燃料生産技術（アウトプット２～５）、これらのアウトプットの持続可能性と拡張性を検証するアウトプット６～７によって構成される。そのため、乾燥地域におけるジャトロファ栽培利用技術の構築による効果的な環境保全と改善というプロジェクト目標達成に対する有効性が一体的に確保されている。
・本事業は、ジャトロファ栽培とバイオ燃料の科学的知見を検証した上で事業化を評価するアプローチをとっており、リスクの大きいバイオ燃料開発への協力の方法として有効である。

（３） 効率性
本事業は、以下の理由から効率的な実施が見込める。
・本事業が利用するジャトロファの育種と試験栽培を行う圃場は、PETROMOC 社が所有するマプト州マニサ郡と UEM が所有するマプト州ボアネ郡に位置する圃場であり、モザンビークで新たに土地利用権（DUAT）を獲得する必要がない。パイロット圃場は、研究機関が位置するマプトの近辺にあり、インフラが比較的整備されているため、圃場整備に必要な費用は、類似プロジェクトと比較しても低い額となると予想できる。
・土壌計測を行う実験室と BDF と固形燃料を検証する実験室は、既存の機材を最大限活用して研究活動を実施することとしており、これに新たな供与機材を追加することによって、より正確かつ効率な土壌分析・安全性分析・成分分析等を行うことを目指している。
また、効率性の阻害・促進要因としては、以下の点が考えられる。
・本事業は、ジャトロファ栽培の試験栽培が含められており、洪水や干ばつなどの自然災害が発生すると、プロジェクトの活動が一時的に中断される可能性がある。また、圃場での盗難や安定した水資源を確保する必要性から、圃場においてはフェンス等を設置して、盗難防止と機材の管理を行うことが望ましい。

（４） インパクト
本事業のインパクトは以下のように予測できる。
・本事業は、モザンビークの乾燥地域においてジャトロファ栽培を科学的知見に基づいて研究するものであり、乾燥地域に適するジャトロファ個体の選抜と栽培技術の確立は、モザンビークにおける乾燥地域のジャトロファ栽培の事業化に寄与することが期待される。農村地域でのジャトロファ栽培の事業化は、雇用創出効果と地域住民の生活改善に貢献する。
・安全で効率的な BDF の製造と固形燃料の開発は、モザンビークの BDF 及び固形燃料の製造に係る政策や規制への貢献が見込まれるとともに、本事業から得られた学術的成果が、論文や国際セミナー発表を通して、持続的なバイオ燃料モデルの確立に寄与することが期待される。
・副産物として安全かつ効率的な固形燃料が生産されることにより、これまで薪炭等の家庭用燃料して伐採されてきた森林や樹木の伐採を減少させ、土地荒廃の防止に貢献することが期待される。
・ジャトロファを利用したバイオ燃料生産システムを構築することで、温室効果ガスの削減への貢献が期待される。さらに、本技術をアフリカ各国へ適用する条件が明確にされることにより、アフリカ諸国への本技術の普及が期待できる。
・持続的なジャトロファ栽培方法の確立とバイオ燃料の生産システムの構築により、モザンビーク研究機関の研究者の能力構築と研修等を通じた人材育成が見込まれる一方、バイオ燃料の事業化が実現することによって、我が国のエネルギー安定供給への貢献が期待される。

（５） 自立発展性
本事業の自立発展性の見込みは、以下のように予測できる。
・政策・制度
モザンビークの中長期国家開発計画である「政府 5 カ年計画（2010～2014）」において、バイオ燃料は農業とエネルギーセクターの優先事項として位置付けられており、加えて、エネルギ

一戦略やバイオ燃料政策戦略において輸入化石燃料の依存を減らし代替エネルギーとしてのバイオ燃料を推進することが明確に述べられていることから、本事業が目標としている効果はプロジェクト終了後も持続する可能性が高く、政策面での支援が期待できる。また、ジャトロファ試験栽培が終了する 2015 年に「バイオ燃料政策戦略」で描かれたバイオ燃料の実施フェーズが開始されることから、プロジェクト終了後の政策的支援が持続する可能性が高い。

・組織・財源

本事業の実施機関である UEM は、ジャトロファ栽培とバイオ燃料の研究実績のある研究機関であり、その役割はプロジェクト終了後も持続することが見込まれる。ただし、本協力終了後の持続的な活動を担保するため、「モ」国教育省及び UEM に十分な予算措置を求めていく必要がある。

UEM 農林工学部の人員配置については暫定的に確保されているものの、工学部の人員配置については確認が取れていないため、各アウトプットの担当研究員の確認と担当者による機材リストの確認を行い、作業の分担とオーナーシップを確保する努力が必要である。UEM の実験室や PETROMOC 社の工場スペースを利用して研究活動を行うため、プロジェクト終了後も既存の機材や設備を利用して活動が持続的に実施されることが予想される。

本事業では、農林工学部が使用する圃場でジャトロファ栽培を行うため、プロジェクト終了後も自らジャトロファ栽培研究を継続する可能性が高い。また、既にバイオディーゼル事業を実施している PETROMOC 社は、マプト州マニサでのジャトロファ栽培の研究結果に基づいて事業化を目指していることから、本事業で開発される技術を活用して自ら発展していくことが期待される。

・技術力

UEM 工学部の教授と農林工学部の全教員は、フルタイムで雇用されており、PhD や修士の学位を取得している専門性の高い研究職員を備えているため、本事業で得られる技術を自ら発展させることが期待される。また、国立大学として、政府機関との連携や政策策定への助言を行う一方、民間事業と共同で研究を行っていることから、本事業の研究結果をバイオ燃料政策へ反映させることや、ジャトロファ事業への技術の普及が期待される。

６．貧困・ジェンダー・環境等への配慮

【環境への配慮】

・本事業では乾燥地でのジャトロファ栽培方法及び、搾油後の残渣を用いた固形燃料の開発を科学的に研究することにより、モザンビークで問題となっている薪炭用の森林伐採とそれに伴う林地の減少抑止に貢献する。

・ジャトロファは毒性を持つため、本事業ではその活用時に周辺環境や人体に対する影響を減じるための研究を実施する。

【貧困削減】

・ジャトロファから生産可能なバイオ燃料の開発により、石油燃料に代わる燃料の供給が可能となり、また、上記５．（４）のとおり農村部でのあらたな雇用創出効果を見込めるところ、貧困削減に資する。

【ジェンダー】

・特段の配慮要因は無い。

７．過去の類似案件からの教訓の活用

先行する他国の SATREPS 事業の中間レビューや終了時評価を踏まえ、各機関の調整方法や研究成果の社会還元の進め方など、プロジェクト実施上の留意点を本事業に反映させる。

８．今後の評価計画

・中間レビュー　　2013 年 9 月頃

・終了時評価　　2015 年 10 月頃