

中間レビュー調査結果要約表

1. 案件の概要	
国名：タイ王国	案件名：非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術
分野：資源・エネルギー	援助形態：技術協力プロジェクト（科学技術）
所轄部署：産業開発・公共政策部	協力金額（評価時点）：356,796 千円
協力期間	(R/D)：2010年5月16日～2015年3月31日
	先方関係機関：国家科学技術開発庁（NSTDA）、科学技術研究院（TISTR）、モンクット王工科大学ノースバンコク（KMUTNB）
	日本側協力機関：（独）産業技術総合研究所（AIST）、早稲田大学（WU）
	他の関連協力：
<p>1-1 協力の背景と概要</p> <p>タイ王国（以下、「タイ」と記す）における代替エネルギー研究の歴史は古く、1970年ころからプミポン国王が王室プロジェクトの一部として、バイオエタノール、バイオディーゼル燃料（Biodiesel Fuel：BDF）開発に取り組んでおり、現状ではパームなど食糧系バイオマスが主流となっている。他方、食糧を燃料に転換することはできれば回避されることが望ましく、その方法の検討が求められている。よって、タイ国内での非食糧系バイオ燃料開発のメカニズムの解明及び本燃料に係る試験標準化のニーズが高まっており、非食糧系バイオ燃料の有望な選択肢としてジャトロファオイル並びに余剰農業廃棄物が挙げられている。しかし、ジャトロファには毒性物質が含まれており、バイオ燃料として活用するためには毒性物質の除去が必要である。また、輸送燃料としての実用化に向けては品質向上のための基盤技術の構築が不可欠となっており、今後技術的な課題を克服する必要がある。</p> <p>これらの状況を受け、タイ政府から地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）プロジェクトとして、非食糧系バイオ燃料開発に係る基盤技術構築に関する要請がなされた。2009年9月に詳細計画策定調査が実施され、2010年2月に討議議事録（R/D）に署名がなされた。2010年5月より科学技術協力「非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術」（以下、「本プロジェクト」）プロジェクトが開始され、タイで試験利用が始まりつつあるジャトロファオイルからのBDF製造におけるコスト低減やBDFの安全性確保と燃料品質確保に向けた技術の構築とともに、未利用のジャトロファ残渣のバイオオイル生成技術及び燃料化技術の確立に取り組んでいる。</p> <p>今般、プロジェクト期間の約半分が終了したことから、これまでのプロジェクト活動実績・経緯を検証し、評価5項目に沿った評価を行うとともに、プロジェクト後半期間の課題を確認し、提言を取りまとめることを目的とし、タイと合同で中間レビュー調査を実施することとした。</p> <p>1-2 協力内容</p> <p>(1) プロジェクト目標</p> <p style="padding-left: 2em;">非食糧系バイオマスであるジャトロファを用いた輸送燃料製造の基盤技術が開発される。</p> <p>(2) 成果</p> <p style="padding-left: 2em;">研究成果1：ジャトロファオイルからの安全で高品質なBDFの製造技術の構築</p> <p style="padding-left: 4em;">1) 毒性懸念のないBDF製造のための解毒化技術が開発される。</p>	

- 2) 標準化された高品質 BDF 製造プラント化技術が開発される。
- 3) ジャトロファ BDF の改質のための触媒利用技術が開発される。
- 4) ジャトロファオイル留分から高品質 BDF 製造の CO₂ 削減効果が、ライフサイクルアセスメント (Life Cycle Assessment : LCA) によって明らかにされる。
- 5) 高品質 BDF の自動車燃料適合性が実証される。

研究成果 2 : ジャトロファ残渣のバイオオイル精製技術及び高品位輸送燃料化技術の構築

- 6) 急速熱分解によるジャトロファ残渣からのバイオオイル製造技術が開発される。
- 7) バイオオイル分離・安定化技術が開発される。
- 8) バイオオイルを石油系ガソリン及び軽油品質までに向上させるための脱酸素化及び水素化精製技術が開発される。
- 9) 現行の石油精製設備での利用を想定した、バイオオイルと石油基材の混合処理技術が開発される。
- 10) バイオ燃料製造の LCA による CO₂ 削減効果が明らかにされる。
- 11) ジャトロファ残渣由来バイオ燃料 (石油との混合油を含む) の自動車燃料適合性が実証される。

(3) 投入

1) 日本側

短期専門家/研究者 : 15 名、長期専門家 (業務調整) : 1 名

機材供与 : TISTR 向け機材 (高品質 BDF 製造パイロットプラント、脱ガム装置、同軸フイーダ型熱分解炉、流動層型熱分解炉、熱分解炉付き GC-MS、真空ジェット脱水装置等)、国家金属材料技術センター (National Metal and Materials Technology Center : MTEC) /NSTDA 向け機材 (触媒反応実験装置、オートクレーブ、ラボスケール熱分解炉、CHNOS 分析器、液体クロマトグラフ、粘度計測器、真空乾燥器、管状炉等)、KMUTNB 向け機材 (高压マイクロ反応器、GC-MS、化学吸着分析器等)

本邦研修 : 21 名参加 (うち 2 名は 2 回)

ローカルコスト負担 : 約 335 万バーツ (2012 年 9 月末まで)

2) タイ側

カウンターパート (C/P) 配置 : 延べ 89 名

3 C/P 機関に日本人専門家用執務場所及びプロジェクト活動用のラボラトリーを設置、TISTR に BDF 製造パイロットプラント及び熱分解炉用のワークショップを設置

ローカルコスト負担 : 約 1,703 万バーツ (2012 年 9 月末まで)

2. 評価調査団の概要

調査者	担当分野	氏名	所属
	団長	小島 元	JICA 産業開発・公共政策部 資源・エネルギー第二課 企画役
	評価分析	齋川 純子	(株)コーエイ総合研究所 コンサルティング 第3部
	科学技術計画・評価	国分 牧衛	東北大学大学院 農学研究科 教授
	科学技術計画・評価	井上 千尋	JST 地球規模課題国際協力室 主査
調査期間	2012 年 11 月 21 日～12 月 5 日		評価種類 : 中間レビュー

3. 評価結果の概要

3-1 実績の確認

(1) 【Task1】 ジャトロファオイル留分からの高品質 BDF の製造に係る活動

- 1) 解毒化技術の研究
部分水素化によりホルボールエステルをほぼゼロに低減。
- 2) パイロットプラントの設計・開発、高品質 BDF の製造
高品質化設備を含むパイロットプラントを TISTR に設置、高品質 BDF の製造実現。
- 3.1) エステル交換用固定触媒の特定
新規触媒系を特定。
- 3.2) 酸化安定性向上のための水素化技術構築
多価不飽和脂肪酸メチルを部分水素化し、単価不飽和脂肪酸メチルに転換し、酸化安定性向上。水素化工程スケールアップを検討中。
- 3.3) 脱金属技術の構築
アルカリ金属・アルカリ土類金属・リン除去可能な吸着剤を部分水素化工程に含めた技術をラボレベルで開発。
- 3.4) 詳細分析技術の開発
GC 及び GC-MS を用いた詳細分析法を構築。
- 4) 高品質 BDF 製造の LCA 実施
ジャトロファ栽培～種子搾油工程の CO₂ 排出量の LCA 実施。

(2) 【Task2】 ジャトロファ残渣からのバイオオイルの製造に係る活動

- 6.1) 急速熱分解用触媒の探索
酸素分が低減し炭化水素成分を主成分とするバイオオイルを製造できるゼオライト系触媒やカーボン担持金属触媒を特定。
- 6.2) 急速熱分解炉の研究・開発
TISTR に流動層型急速熱分解炉パイロットプラントを設置、運転最適化を継続。
- 7.1) 分離技術の設計・研究
水溶性成分と非水溶性成分への分離方法を特定。連続式分離装置を設計・試作。
- 7.2) 安定化向上技術の研究・開発
酸化防止剤添加により、粘度上昇の抑制、安定性向上が確認。

(3) 【Task3】 バイオオイルの改質及びライフサイクルアセスメントに係る活動

- 8.1) 脱酸素化技術の研究・開発
直接脱酸素技術と水素化脱酸素技術につき検討し、石油系脱硫触媒をベースとした水素化精製方式が有用であることを実証。
- 8.2) 改質触媒の研究・開発
水素化脱酸素方式では CoMo 系硫化物触媒が優位であり、低硫黄バイオオイルの水素化脱酸素では Co 系金属触媒も有望であることを実証。
- 9) バイオオイルと石油基材の混合処理技術の研究・開発
混合処理は、バイオオイルの脱酸素と石油留分の脱硫を同時進行させ、CoMo 系硫化物触媒等の硫化状態維持に有効であることを実証。
- 10) 改質されたバイオオイルの LCA を実施
2013 年度より活動開始予定。

- (4) 【Task4】高品質 BDF 及びジャトロファ残渣由来バイオ燃料の自動車燃料適合性評価に係る活動
- 5.1) 高品質 BDF の材料適合性評価の実施
材料適合性は実証。
- 5.2) 高品質 BDF の燃焼特性評価の実施
部分水素化処理による高品質 BDF と従来型 BDF の燃料特性・排出ガス特性を検証(ほぼ同等)。燃焼方式を変えての検証を継続。
- 5.3) 高品質 BDF のエンジン特性評価の実施
BDF 混合軽油を用いエンジン試験を実施、エンジン特性・燃焼特性・排気特性への影響を検証。耐久性を実車試験にて実施中。
- 5.4) 高品質 BDF の燃焼特性シミュレーションの実施
エンジン運転条件最適化に向け、燃焼特性・排気特性評価を行うため、代用機構モデルを用いての数値シミュレーションを実施。
- 11) ジャトロファ残渣由来バイオ燃料の自動車燃料適合性実証
2013 年度より活動開始予定。

3-2 評価結果の要約

(1) 妥当性

本プロジェクトは、タイ側の開発政策〔第 11 次国家経済社会開発計画 (2011~2016 年)、代替エネルギー開発計画 (AEDP、2012~2021 年)〕、日本の ODA 政策〔対タイ王国国別援助方針 (案)、2012 年 10 月〕、C/P 機関のニーズに整合しており、妥当である。

(2) 有効性

成果の達成状況・見込み：
(研究成果 1)

【Task1】

- 1) 成果 1：部分水素化によりホルボールエステルは消滅、成果は既に達成されている。
- 2) 成果 2：高品質 BDF 製造プラントの運転が開始されており、成果は既に達成されている。
- 3) 成果 3：高品質原料からの高品質 BDF 製造は実現しており、成果は十分に達成されている。
- 4) 成果 4：高品質 BDF 製造の全プロセスの LCA を行うためには追加情報・データが必要。

【Task4】

- 5) 成果 5：BDF 混合軽油の材料適合性、エンジン燃焼特性評価を実施しており、本プロジェクトにて製造の高品質 BDF の自動車燃料適合性の実証は大いに見込める。

(研究成果 2)

【Task2】

- 6) 成果 6：触媒は既に特定されている。20kg/時間の処理能力の急速熱分解炉を TISTR に設置、今後運転が開始される。本成果は十分に達成されている。
- 7) 成果 7：ラボレベルではバイオオイル分離・安定化技術は構築されており、成果はあ

る程度達成されている。2013年6月までにNSTDAに設置予定の分離・安定化装置で検証を行う予定。

【Task3】

- 8) 成果8：模擬バイオオイルを用いてのラボレベルでは脱酸素化・水素化精製技術は開発、成果はある程度達成されている。ジャトロファ残渣から製造されたバイオオイルを用い検証予定。
- 9) 成果9：ラボレベルでは、模擬バイオオイルと石油基材の混合処理技術により、硫黄分が低減されており、成果はある程度達成されている。ジャトロファ残渣からのバイオオイルを用いての技術改良を進める予定であり、成果の十分な達成が見込める。
- 10) 成果10：活動は2013年度より開始予定である。

【Task4】

- 11) 成果11：活動は2013年度より開始予定である。

プロジェクト目標の達成状況・見込み：

本プロジェクトは順調に進捗している。研究成果1については、TISTR設置のパイロットプラントにより安全で高品質なBDFが製造されていることから、十分なレベルでの成果に既に達している。今後は高品質BDF製造プロセスの特性を更に解明するための実験活動が継続する。研究成果2については、ジャトロファ残渣からのバイオ燃料の製造及び改質に係る技術開発のための研究活動が実施されており、ある程度の成果がラボレベルでは出ている。TISTR設置の急速熱分解炉での実験が数カ月以内には開始され、十分な量のバイオオイルが製造される予定であることから、本研究成果達成に向けての技術開発活動も加速することが見込まれる。よって、現在の研究成果の達成状況及び今後の研究活動を考慮すると、プロジェクト終了時までにはプロジェクト目標は達成することが大いに見込まれる。

(3) 効率性

投入：

日本側からの投入（専門家の派遣、本邦研修、供与機材、現地業務費）は、質、量、タイミング的におおむね適切に行われている。本邦研修で得られた知識・技術は本プロジェクトの研究タスクだけでなく、他の研究活動に生かすとともに同僚にも共有しているとのことである。

タイ側C/Pはその専門分野・経歴を考慮して配置されており、これまでのメンバー交代もわずかである。タイ側の研究活動予算は十分とはいえないが、C/P機関の自己資金だけでなく外部機関から研究予算を確保する等の対応をしており、プロジェクト活動の遅延等の重大な影響は生じていない。

活動：

成果産出のために、プロジェクト活動は、おおむね効率的に進捗している。日本人専門家とタイ側C/Pの良好な協力関係、高品質BDF製造パイロットプラントの早期段階での運転開始、洪水被害からの短期間での復旧、民間部門からの支援等が、活動の効率性を促進している。

(4) インパクト

本プロジェクト実施を通じて、C/P 機関・その研究員の能力が向上してきている〔新たな知識・技術の習得、研究タスクの効率的・スムーズな遂行、具体的成果（有効な触媒の特定・高品質 BDF 製造等）、研究成果発表会・学会等での発表、論文・研究報告書の作成〕。

研究成果発表会、実車試験等を通じて、プロジェクトは各方面からの注目を集めており、これらの外部機関とのネットワークも広がっている。

高品質 BDF 製造技術の実用化については、タイ政府エネルギー省、日・タイ産業界等との協議が開始され、本プロジェクトで開発された技術に関心をもち始めている。

高品質 BDF 製造技術の他原料への適用について、ジェットロファ以外の原料を用いて BDF 製造パイロットプラントを運転し参考データを取得する計画が C/P 機関側から提示されている。

(5) 持続性

政策及びその他の支援：

AEDP は、再生エネルギーの活用、効率的な再生エネルギー技術の研究・開発の促進を掲げていることから、基本的には同分野に対するタイ政府からの支援は大いに見込める。また、本プロジェクトの技術の実用化に向けては、民間産業部門との協力関係を維持することが不可欠である。

財政面：

バイオ燃料製造に係る研究開発は NSTDA 及び TISTR の優先分野であることから、プロジェクト関連研究活動の継続のため、TISTR 自己資金及び NSTDA クラスタープロジェクト管理オフィス（Cluster Project Management Office : CPMO）「環境・エネルギークラスター」からある程度の研究予算が割り当てられることが大いに見込める。

組織面：

プロジェクト活動を通じて、C/P の研究能力及びプロジェクト運営能力は十分なレベルにまで向上している。また、C/P の大部分がプロジェクト終了まで及び終了後も定着する可能性は高いことから、プロジェクト関連研究活動を C/P 機関自身で継続できることが見込める。

3-3 効果発現に貢献した要因

(1) 計画内容に関すること

特になし。

(2) 実施プロセスに関すること

- ・ 日本人専門家・タイ側 C/P の良好な協力関係、プロジェクトへの積極的関与が、プロジェクト進捗を促している。
- ・ タイ側の C/P 機関の役割分担、責任体制は、プロジェクト初期段階で、日本・タイ国側双方で十分に協議された。また、C/P 研究者は自らの研究タスク・目標、そのプロジェクト目標との関連につき理解している。
- ・ JCC 会議、SC 会議等を通じて、プロジェクト活動進捗が定期的にモニターされ、課題への対応がなされている。
- ・ 各種会議、研究成果発表会等の行事、日本人専門家の派遣、本邦研修、E-mail 等を通じて、日本人専門家・タイ側 C/P 双方は十分なコミュニケーション・情報共有を行っ

ている。

- ・ タイ側 C/P 機関は、プロジェクト開始前にも、バイオエネルギー分野の研究開発の経験があり、ある程度の知識・技術のレベルに達していた。本プロジェクトにおける日本人専門家からタイ側 C/P への知識・技術の適切な移転により、C/P の知識・技術レベルは更に向上した。

3-4 問題点及び問題を惹起した要因

(1) 計画内容に関すること

特になし。

(2) 実施プロセスに関すること

特になし。

3-5 結論

プロジェクト目標達成のために、研究成果 1 と研究成果 2 の 2 つの研究成果が設定されている。本プロジェクトは順調に進捗しており、研究成果 1 については中間時点において十分なレベルの成果をもたらしている。本プロジェクトが、部分水素化による改質等の新技術を適用し高品質 BDF 製造を実現し、実車試験までつなげたことは特筆すべきことである。一方、TISTR 設置の急速熱分解炉での実験が開始され、2013 年中には十分な量のバイオオイルがジェットロファ残渣から製造される予定であることから、研究成果 2 に係る研究活動が加速することが見込まれる。よって、プロジェクト目標はプロジェクト終了時までに達成される見込みであることが合同調査団により確認された。

また、プロジェクト上位目標の達成見込み及び持続性については、プロジェクトが開発した技術にタイ政府が関心をもち、実用化に向けての関連研究活動への支援を行うか否かに影響されることが、確認された。

3-6 提言

(1) PDM の改訂

レビュー調査結果を踏まえ、以下のとおり、PDM 改訂を提言した（本提言は 12 月 4 日開催第 3 回 JCC にて承認済）。

- ・ 「人材育成・技術移転、BDF 製造技術の実用化」につき、活動、成果（その指標、入手手段）、前提条件を追加した。
- ・ プロジェクト目標指標 2、成果指標 4、5、7、10、11 につき、表現、達成目標年等を修正した。
- ・ 活動 2.1、2.2、3.4（3.4 と新規 8.3 に分割）につき、修正した。
- ・ 活動 5.5 を追加した。
- ・ 活動 11.3、11.4 を削除した。

(2) プロジェクト実施・モニタリング体制の更なる改善

実施・モニタリング体制の更なる改善のため、各研究タスクグループの活動進捗・課題・今後の活動スケジュールをタイムリーに共有・管理できるような仕組みの導入を検討すべきである。改訂 PDM をタイ側 C/P 及び日本人専門家の間で適切に共有すべきである。

(3) 不測の状況への対応に係る事前協議

科学技術協力プロジェクトは通常新たな技術分野を対象とするため、不測の状況がしばしば生じる。タイ・日本国側双方のプロジェクト関係者は、不測の状況に対応するための予算の確保方法につき、事前に十分に協議する必要がある。

(4) プロジェクトにより開発された技術の実用化

タイ・日本国側双方のプロジェクト関係者は、本プロジェクトにより開発された技術の実用化に向け、外部関係者（タイ政府、日・タイ民間産業部門等）の興味を促進し、その支援を得るためのアクションを継続することが求められる。また、ジェットロファ入手可能性はプロジェクトの方向性に影響するため、タイ及び周辺国におけるジェットロファの供給ポテンシャル及び関連要因の状況につき今後もフォローアップすべきある。

3-7 教訓

特になし。

3-8 フォローアップ状況

該当なし。