

(地球規模課題対応国際科学技術協力)

タイ王国

非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術
終了時評価調査報告書

平成28年5月
(2016年)

独立行政法人国際協力機構
産業開発・公共政策部

産公
JR
16-043

(地球規模課題対応国際科学技術協力)

タイ王国

非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術
終了時評価調査報告書

平成28年5月
(2016年)

独立行政法人国際協力機構
産業開発・公共政策部

目 次

目 次

地 図

写 真

略 語 表

終了時評価調査結果要約表（和文・英文）

第1章 調査の概要	1
1-1 終了時評価調査の背景	1
1-2 事業の概要	2
1-3 調査団派遣の目的	3
1-4 終了時評価調査団の構成	3
1-5 終了時評価調査日程	4
1-6 主要面談者	5
第2章 プロジェクトの実績	7
2-1 投入実績	7
2-2 アウトプットの達成度	7
2-3 プロジェクト目標の達成度	12
2-4 上位目標の達成の見込み	12
2-5 実施プロセスにおける特記事項	12
第3章 評価結果	14
3-1 妥当性：高い	14
3-2 有効性：高い	15
3-3 効率性：高い	17
3-4 インパクト：高い	17
3-5 持続性：おおむね高い	18
3-6 結論	19
第4章 提言と教訓	20
4-1 提言	20
4-2 教訓	20
付属資料	
1. 合同終了時評価調査報告書（英文）	25
2. PDM（和文、仮訳）	73
3. 終了時評価調査面談メモ	77

地 图



出所：CIA World Factbook

写 真



NASTDA でのインタビュー



Steering Committee



Joint Coordinating Committee



評価報告書署名式

【MTEC 自動車用バイオ燃料研究室】



分析機器



エンジン試験室

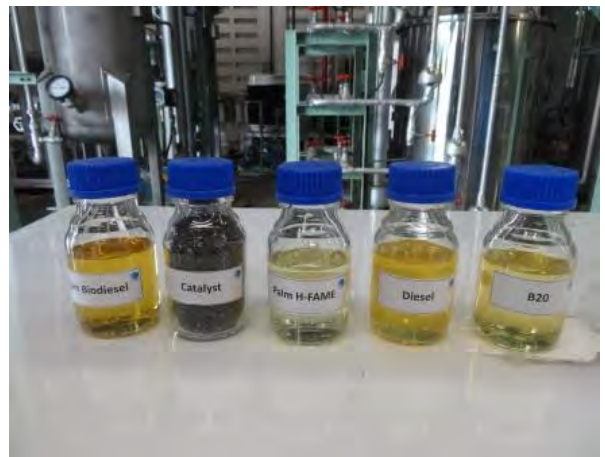


実車試験車（いすゞディーゼル燃料車）

【科学技術研究所（TISTR）バイオ燃料製造研究施設】



H-FAME 製造装置



バイオ燃料等（左からパームバイオディーゼル、触媒、H-FAME、ディーゼル、B20 バイオ燃料）



ジャトロファ残渣用熱分解装置



ジャトロファ残渣及びバイオオイル

略 語 表

略 語	正式名称	日本語
AEDP	Alternative Energy Development Plan	代替エネルギー開発計画
AIST	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology	独立行政法人産業技術総合研究所
BDF	Biodiesel Fuel	バイオディーゼル燃料
C/P	Counterpart	カウンターパート
DEDE	Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy	エネルギー省 代替エネルギー開発局
EAS	East Asia Summit	東アジアサミット
ERIA	Economic Research Institute for ASEAN and East Asia	東アジア・ASEAN 経済研究センター
FAME	Fatty Acid Methyl Ester	脂肪酸メチルエステル
H-FAME	Hydro Fatty Acid Methyl Ester	水素化脂肪酸メチルエステル
JCC	Joint Coordinating Committee	合同調整委員会
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JST	Japan Science and Technology Agency	独立行政法人科学技術振興機構
KMUTNB	King Mongkut's University of Technology North Bangkok	モンクット王工科大学ノースバンコク
LCA	Life Cycle Assessment	ライフサイクルアセスメント
M/M	Minutes of Meeting	協議議事録
MTEC	National Metal and Materials Technology Center	国家金属材料技術センター
MOST	Ministry of Science and Technology	科学技術省
NSTDA	National Science and Technology Development Agency	国家科学技術開発庁
PDM	Project Design Matrix	プロジェクト・デザイン・マトリックス
PO	Plan of Operations	活動計画
R/D	Record of Discussions	討議議事録
SATREPS	Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development	地球規模課題対応国際科学技術協力
TISTR	Thailand Institute of Scientific and Technological Research	科学技術研究所

終了時評価調査結果要約表

1. 案件の概要	
国名：タイ王国	案件名：(科学技術) 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）：4億8,000万円
協力期間	RD：2010年5月16日～ 2016年3月31日
	先方関係機関：国家科学技術開発庁（NSTDA）、科学技術研究所（TISTR）、モンクット王工科大学ノースバンコク（KMUTNB）
	延長：1年間（2016年3月31日まで延長）
	日本側協力機関：産業技術総合研究所、早稲田大学
	F/U：なし
	他の関連協力：なし
<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、近年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（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development：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（Record of Discussions：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」プロジェクト（以下、「本プロジェクト」）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きた。今般調査は本プロジェクトが終了を迎えるにあたり、これまでの実績を整理し、今後の持続性を高めるための提言、教訓等を導くために実施する終了時評価調査である。</p> <p>なお、本プロジェクトは当初5年間の実施期間が予定されていたが、2011年にバンコクで生じた大洪水の被害を勘案し、プロジェクト期間を1年間延長している。</p>	
<p>1-2 協力内容</p> <p>(1) 上位目標</p> <p>本プロジェクトにより改良された非食糧系バイオマスによるバイオ燃料製造技術がタイで普及する。</p>	

(2) プロジェクト目標

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。

(3) 成果

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

【Task 1】 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. 毒性懸念のないバイオディーゼル燃料 (BDF) 製造のための解毒化技術が開発される。
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の高品質 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。

【Task 4】 高品質 BDF の自動車燃料適合性評価に係る活動

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

【Task 2】 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. 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。

【Task 3】 バイオオイルの改質及び LCA に係る活動

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 CO₂ 削減効果が LCA によって明らかにされる。

【Task 4】 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

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。

【Task 5】 人材育成・技術移転、BDF 製造技術の実用化

12. バイオ燃料製造及び利用に係る研究者が育成される。
13. BDF 製造技術の実用化に向けての準備が整う。

(4) 投入 (2016 年 2 月末時点)

1) 日本側：総投入額 2 億 7,000 万円

- ・ 専門家派遣：短期専門家 18 名 (28.0 人/月) 及び長期専門家 (業務調整) 延べ 2 名
- ・ カウンターパート (Counterpart : C/P) の本邦研修：延べ 36 名
- ・ 供与機材：高品質バイオディーゼル製造試験装置、触媒反応実験標準装置、リアルタイム PM アナライザー、高速液体クロマトグラフィー等

2) タイ側

- ・ C/P 配置：95 名
- ・ 施設・資機材：プロジェクト事務所 (NSTDA、TISTR、KMUTNB 内)、ラボラトリー

資機材及びラボラトリー拡張、パイロットプラント設置場所の確保等
 ・現地業務費：車両走行試験（1回目）、パイロットプラント改造費、ラボラトリー消耗品、C/P旅費、事務所光熱費等

2. 評価調査団の概要

調査者	担当分野	氏名	所属
	総括/団長	鈴木 薫	JICA 産業開発・公共政策部 参事役
	評価計画	川俣 大和	JICA 産業開発・公共政策部 資源・エネルギーグループ 第一チーム調査役
	評価分析	十津川 淳	佐野総合企画株式会社 海外事業部 部長
	研究評価 (オブザーバー)	佐藤 雅之	JST 国際科学技術部 SATREPS グループ 上席主任調査員
調査期間	2016年1月31日～2016年2月13日		評価種類：終了時評価

3. 評価結果の概要

3-1 実績の確認 (注：本稿の H-FAME とは、特に注記のない限り、高品質 BDF と同意とみなして記載している)

3-1-1 成果の達成状況

研究成果 1：ジェッ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

達成状況：達成

【Task 1】ジェッ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. 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。

達成状況：達成

ジェットロファ油中のホルボールエステルは水素化脂肪酸メチルエステル (Hydro Fatty Acid Methyl Ester : H-FAME) 化する際に、検出限界以下に低減できており、解毒化技術は開発されたと判断できる。

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。

達成状況：達成

ジェットロファ BDF を解毒化し、酸化安定性を向上させた H-FAME を製造する H-FAME 製造用パイロットプラントを開発し、科学技術研究所 (Thailand Institute of Scientific and Technological Research : TISTR) に設置された。

3. ジェットロファ BDF の改質のための触媒利用技術が開発される。

達成状況：達成

プロジェクトの成果である、H-FAME は東アジアサミット (East Asia Summit : EAS) 推奨品質及び世界燃料憲章バイオディーゼルラインの要求品質を満たしており、触媒利用技術は開発されたと見える。

4. ジェットロファオイル留分からの高品質 BDF 製造の CO₂ 削減効果が LCA によって明らかにされる。

達成状況：達成

ジェットロファ脂肪酸メチルエステル (Fatty Acid Methyl Ester : FAME) 製造工程、及びジェットロファ H-FAME への部分水素化工程での GHG (Greenhouse Gas : 温室効果ガス) 排出量が、それぞれ 0.42 kg CO₂eq/kg FAME 及び 0.18 kg CO₂eq/kg H-FAME と算出された。

【Task 4】 高品質 BDF の自動車燃料適合性評価に係る活動

5. 高品質 BDF の自動車燃料適合性が実証される。

達成状況：達成

エンジン燃焼特性評価及び車両走行試験を実施し、自動車燃料の適合性が実証された。また、材料適合試験においても、H-FAME は従来の BDF 混合軽油と材料腐食やエラストマー膨潤等について同等であることが実証された。

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

達成状況：一部未達成

【Task 2】 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. 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。

達成状況：達成

USY ゼオライト触媒及び Beta ゼオライト触媒等を用いることにより、ジャトロファバイオオイルの酸素低減が可能であることが判明した。また、プロトタイプ循環流動層型熱分解炉を開発し、TISTR に設置した。

7. バイオオイル分離・安定化技術が開発される。

達成状況：達成

水抽出法を用いて、生成バイオオイル中の固体微小粒子や水溶性分を分離する技術が開発された。また、バイオオイルを水溶性成分と非水溶性成分とに分離するための、プロトタイプ型水抽出分離装置を開発し、国家科学技術開発庁（National Science and Technology Development Agency：NSTDA）に設置した。

【Task 3】 バイオオイルの改質及び LCA に係る活動

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。

達成状況：達成

硫化ニッケルモリブデンアルミナ触媒を用いて、水素化脱酸素処理を行い、酸素分が 9～12%まで低減することに成功した。

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。

達成状況：達成

硫黄分 6.3～16ppm、酸素分 0.1%以下の石油系ガソリンや軽油品質を満たす、炭化水素燃料を製造することに成功した。

10. バイオ燃料製造の CO₂ 削減効果が LCA によって明らかにされる。

達成状況：達成

ジャトロファ残渣の熱分解によるバイオオイル製造及び輸送燃料向け改質のプロセスにおける CO₂ 排出量が LCA によって算出された。

【Task 4】 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

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。

達成状況：一部未達成

自動車燃料適合性について、材料適合性評価による実証はなされたが、エンジン燃焼特性評価については未実施である。エンジン燃焼特性評価は、評価試験に使用するバイオオイルのストック量が不足したため、プロジェクト期間中に検証することがで

きなかった。

【Task 5】人材育成・技術移転、BDF 製造技術の実用化

12. バイオ燃料製造及び利用に係る研究者が育成される。

達成状況：達成

プロジェクト実施を通して、C/P 機関である NSTDA、TISTR、モンクット王工科大学ノースバンコク (King Mongkut's University of Technology North Bangkok : KMUTNB) の研究者による論文発表等が増加した。

13. BDF 製造技術の実用化に向けての準備が整う。

達成状況：達成

BDF 製造技術の実用化に向けての重要な課題：1) 原材料の安定確保、2) H-FAME の品質、3) 経済性の検証を進める必要性が再認識された。この共通認識のもと、既にプロジェクト関係者によって次ステップにあたるデモンストレーションプロジェクトの準備が進められている。

3-1-2 プロジェクト目標の達成状況

プロジェクト目標：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

終了時評価時点において、プロジェクト目標は達成されている。

プロジェクトはジャトロファから高品質 BDF (H-FAME) を 1t/日規模で製造できる技術を構築した。この品質は EAS 推奨品質のスタンダードを満たしている。(指標 1)

また、バイオオイルを水素化精製処理によって改質することにより、石油製品品質 (硫黄分 10ppm 未満、酸素分 0.1 質量%未満) を満たす改質燃料 (硫黄分 6.3ppm、酸素分 0.1 質量%未満) が製造できるようになった。(指標 2)

3-2 評価結果の要約

評価結果は「高い」「おおむね高い」「中程度」「やや低い」「低い」の 5 段階とした。

(1) 妥当性：高い

本プロジェクトは、タイの政策・開発計画並びに日本の対タイ支援政策に整合した取り組みである。タイ政府は、「第 11 次国家社会経済開発計画 (2012~2016 年)」においてバイオ燃料の生産・利用を促進するための研究開発の重要性をうたっている。また、「代替エネルギー開発計画 (Alternative Energy Development Plan : AEDP) 2012~2021 年」並びに同計画の 2015 年更新版においても、バイオ燃料活用の重要性が強調されている。

また、本プロジェクトによる研究活動は、同国のバイオ燃料研究をリードする研究機関及び大学のニーズにも整合している。これら観点から、本プロジェクトの妥当性は「高い」と判断できる。

(2) 有効性：高い

プロジェクト目標である、「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開発」は達成されたと評価できる。ジャトロファを用いて、プロジェクトは高品質な FAME、つまり部分水素化技術による H-FAME の製造技術を開発することに成功した。ジャトロファ残渣から製造するバイオオイルも、プロジェクトが定めた品質基準を達成している。成果とプロジェクト目標間のロジックは適切であり、総じて、プロジェク

トが掲げた輸送用燃料化の基盤技術は開発されたと判断できる。

(3) 効率性：高い

日本・タイ国側双方ともに成果達成に適正な人的投入及び施設・資機材の物的投入が適切な時期になされた。特に、H-FAME 製造及びバイオオイル製造にかかるパイロットプラントの設置は、本プロジェクトの目標達成に大きく寄与する投入であった。加えて、本プロジェクトでは、日本側のみならず、タイ側からも適宜必要な予算配分がなされたことも特記される。プロジェクトの重要コンポーネントであった車両走行試験なども、タイ側による予算で実施することができた。

(4) インパクト：高い

H-FAME 技術は食糧系バイオマス及び非食糧系バイオマスにかかわらず、双方に適用することが可能な技術であり、既にパームを対象に本プロジェクトの次段階への取り組み(デモンストレーションプロジェクト)が準備され始めている。また、C/P 組織である NSTDA、TISTR、及び KMUTNB は、それぞれ組織の通常の機能として対外的な研修コースを随時実施しており、今後もこれらの研修体制を利用して、H-FAME 技術の普及を国内外の関係者に進めていくことは十分に可能と考えられ、上位目標が達成される見込みは十分に存する。

本プロジェクトでは政策面や組織面、技術面でインパクトが発現している。本プロジェクトの最大成果の1つである H-FAME が、今後利用を促進すべき技術として、2015 年に改訂された AEDP 2015～2036 年に記載された。組織面では、C/P 組織のみならず、エネルギー省や民間会社（自動車メーカー、石油会社）といった多様なステークホルダーの関係強化を促す効果があった。加えて、プロジェクトの活動は若手研究者の育成にも貢献した。技術面では、H-FAME 製造技術がジェットロファのみならず、その他の非食糧系作物や食糧系作物にも適用が可能であるため、今後、さまざまな原料の選択肢を柔軟に検討できることとなった。以上から、総合的なインパクトは「高い」と評価できる。

(5) 持続性：おおむね高い

1) 政策面

AEDP において、バイオ燃料の重要性及び研究の必要性が述べられているとともに、H-FAME の将来利用に向けた研究促進の必要性が記載されている。この観点からは、政策面での持続性は高い。他方、昨今の原油価格の低迷が長期間にわたった場合は、政策的意思にも負の影響が生じる可能性がある。

2) 技術面

C/P 組織である NSTDA、TISTR は、及び KMUTNB は関連技術の本プロジェクトを通して獲得したことに加え、本プロジェクトで培ったネットワークを活用して日本側研究機関と今後も協力体制を築くことが確認されており、技術面において、持続性の観点で大きな懸念はない。

3) 組織・財政面

本プロジェクトに参画した各ステークホルダー組織は、予算も継続的に配分されていることが確認できており、人員も十分に配置されていることから、今後も継続的に研究及びフィールドでの各種活動を行うに十分な組織体制を有している。

本プロジェクトのパイロットプラントに比して、さらに大規模なプラントによる

H-FAME 製造デモンストレーションプロジェクトを実施することが計画されている。日本側の政府系ファンドもしくはタイ側の民間企業のファンドを利用できる可能性は存するものの、終了時評価時点においてまだ確約されていない。そのため、財務面の持続性は高いとはいえない。

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

・活発なコミュニケーションとタイ側 C/P と日本人専門家の信頼関係

本プロジェクトは、C/P と日本人専門家間のコミュニケーションのみならず、エネルギー省など、政策反映の観点で鍵となる政府関係者とのコミュニケーションにも特段の注意を払ってきた。2 カ月おきのステアリング・コミッティなど、頻繁なコミュニケーションが、AEDP の改訂版に H-FAME を反映させた要因の 1 つと考えられる。また、これらのコミュニケーションを通じて両国関係者で育まれた相互の信頼関係が、プロジェクトの活動を支えた貢献要因の 1 つといえる。

・C/P 組織上層部の理解

C/P 組織の方針と本プロジェクト内容が合致していたこともあり、C/P 組織上層部が本プロジェクトの意義に高い関心と理解を寄せており、プロジェクト実施のサポーターとなってきた。この関心と理解及び組織の予算が増加していたことがプロジェクト活動の予算確保に大きく貢献しており、日常的な研究活動予算のみならず、プロジェクト実施の過程で生じた、予期していなかった予算配分についても柔軟に対応することを可能とさせた。

・民間会社による協力

民間の自動車会社からの協力を得て、車両走行試験を実施することができた。同試験は H-FAME の信頼性をプロジェクト内部で確認する効果があっただけでなく、対外的に H-FAME の有効性をアピールする効果も生んだ。

・広報活動

プロジェクト実施中は、日本・タイ国側双方が協力して広報活動に積極的に取り組んだことも特筆できる。具体的には、科学博や関連するブース出展、広報パンフレット、広報映像の作成を行い、関係政府機関、民間企業等への普及に努めた。

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

・2011 年に生じた大洪水の影響

2011 年の大洪水のために H-FAME 製造プラント等が浸水被害に遭い、またバイオオイル製造に必要な循環流動層型熱分解炉の設置も延期されることとなった。同装置の設置の遅れは、結果的にバイオオイル生産量の不足を招き、プロジェクト期間内のエンジンテスト実施に影響を与えることとなった。

この洪水の影響にかんがみ、プロジェクトは 1 年間延長された。このことによって、

H-FAME の効果をさらに時間をかけて検証することが可能となり、その結果をエネルギー省に対して継続的にアピールすることにつながった。結果として、エネルギー省が本研究成果を把握することにつながり、H-FAME の AEDP2015 年改訂版への反映を促進する効果を生んだと分析できる。つまり、本論点については、マイナスのみならず、プラスの効果も生んだことが特筆できる。

3-5 結論

本プロジェクトは期待された成果をほぼ達成できたことを確認した。本プロジェクトの重要成果の1つである H-FAME は、2015 年に改訂された AEDP のなかで今後の有望なバイオディーゼルとして特記されるといったインパクトも生じた。これは民間会社との協力関係を成功裏に構築できたことや、エネルギー省への情報共有を意識的に進めてきたことなどによるものである。以上のことから、本プロジェクトは、プロジェクト期間内にプロジェクト目標を達成する見込みは高いと判断される。

3-6 提言

・プロジェクトの今後に向けた提言

(1) デモンストレーションプロジェクトの着実な実施

社会実装に向けて、本プロジェクトの次のステップとなる H-FAME にかかるデモンストレーションプロジェクトを着実に実施するよう提言する。プロジェクト関係者は必要な支援を得るためのプロポーザル作成を既に進めているが、今後は関係組織間の役割分担、特に事務局機能をどの組織が有し、どのように関係組織の調整を進めていくか等々について、議論を進める必要がある。

(2) コミュニケーションネットワークの保持及び拡大・発展

本プロジェクトで構築したネットワークを保持するとともに、今後は原料供給サイドのステークホルダーである農業省や、ユーザーサイドのプレーヤーである石油会社、自動車会社等とのコミュニケーションを密に行い、ネットワークをさらに発展させることを提言する。

(3) バイオオイル及び非食糧系バイオマス燃料の研究継続

ジャトロファをはじめとした非食糧系バイオマスの利用について、中長期的な視点で社会実装に向けた研究を継続するよう提言する。

(4) ASEAN 諸国に対するプロジェクト成果の普及

タイが H-FAME 技術の域内リーダーとして、ASEAN 諸国及び、Asian and Pacific Centre for Transfer of Technology (APCTT) や国際再生可能エネルギー機構 (IRENA) などを通じて国際社会に同技術を普及することを提言する。

3-7 教訓

(1) コミュニケーションの重要性

ステアリング・コミッティに C/P 組織のみならず、重要な政策決定機関としてエネルギー省を招待したことによって、プロジェクト成果の政策反映を後押しした効果が生まれた。プロジェクト成果の政策反映を実現させるためには、仮に C/P ではなくても、折々に触れ

て政策決定機関と情報共有を積極的に行い、定期会合にも出席を呼びかけるなどの対応をとることが重要である。

(2) 民間企業との早い段階からの連携構築

本プロジェクトは研究者のみで閉じたプロジェクトとせず、産官学が連携し、研究開発結果が民間企業とともに実証され、さらには行政関係者の政策ロードマップ、民間企業のビジネス展開に結びつく好事例となった。特に、研究成果が出そう前から民間会社と早い段階からの連携が行われ、車両走行試験を複数回実施したことは関係省庁への説明時に説得力を増し、AEDP 反映のための重要なエビデンスとなったと考えられる。

他案件においても、プロジェクト終了後を見据え、可能な限りプロジェクト開始段階で民間企業を巻き込むこと、もしくは中間段階に入る前までに民間企業との連携を始める努力を行うことが望ましい。

3-8 フォローアップ状況

なし

Summary of Terminal Evaluation

I. Outline of the Project		
Country : Thailand	Project title : Innovation on Production and Automotive Utilization of Biofuels from Non-Food Biomass	
Issue/Sector : Energy and Mining	Cooperation scheme : Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development	
Division in charge: Industrial Development and Public Policy Department	Total cost : about 480 million Yen	
Period of Cooperation	Cooperation period: (R/D): 16 May 2010 to 31 March 2015 (Extension): 16 May 2010 to 31 March 2016	Partner Country's Implementing Organization : <ul style="list-style-type: none"> • National Science and Technology Development Agency (NSTDA), • Thailand Institute of Science and Technological Research (TISTR), • King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB)
		Supporting Organization in Japan : <ul style="list-style-type: none"> • National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), • Waseda University (WU)
1. Background of the Project		
<p>Research on alternative energy has a long history in the Kingdom of Thailand. Development of bioethanol and biodiesel have been addressed as parts of the Royal Projects since around 1970 and energy generated from food biomass such as oil palm and sugarcane are currently the mainstream. On the other hand, it is preferable to avoid utilizing food biomass for generating fuels; thus, examination on this method is required. Due to this background, there have been growing needs for clarification of development mechanism of non-food biofuels and standardization of tests on these biofuels in Thailand. Although Jatropha oils and surplus agriculture residues are listed as potential feedstock for production of non-food biofuels, Jatropha contain toxic materials such as phorbol ester, so their detoxification is needed for utilization as biofuels. Development of fundamental technologies for upgrading biofuels as automotive utilization is essential and technical problems are required to be overcome.</p> <p>Considering these situations, the Government of the Kingdom of Thailand requested support of the Government of Japan under the form of scientific technical cooperation (SATREPS) with aiming at innovating technologies of biofuels production from non-food biomass. In response to this request, detailed planning survey was conducted in September 2009 and the record of discussion (R/D) on</p>		

technical cooperation project “Innovation on Production and Automotive Utilization of Biofuels from Non-Food Biomass” with the period from May 2010 to March 2015 was signed in February 2010. The Project was extended one year up to March 2016 in consideration of the influence caused by the heavy flood in 2011. Therefore, the Project period is six years, which has another additional one year on the original schedule.

2. Project Overview

(1) Overall Goal

The Improved technologies for biofuels from non-food biomass by the Project are disseminated in Thailand.

(2) Project Purpose

Fundamental technologies to produce biofuels from non-food biomass for automotive utilization are developed.

(3) Outputs

(For Research Achievement 1) Establishment of technologies to produce high quality and safe BDF from Jatropha oil

【Task 1】

1. Detoxification conversion technology for production of non-toxic BDF is developed.
2. Standardized production technology of high-quality BDF in a pilot-scale is developed.
3. Catalyst utilization technology for upgrading Jatropha BDF is developed.
4. CO₂ reduction effect of high quality BDF from Jatropha oil is clarified by the Life Cycle Assessment (LCA).

【Task 4】

5. Automobile fuel compatibility of high quality BDF produced by the Project is proven.

(For Research Achievement 2) Establishment of production technology of bio-oil and high quality automobile fuel from Jatropha residue

【Task 2】

6. Production technology of bio-oil from Jatropha residues by thermal/ catalytic conversion is developed.
7. Separation and stabilization technologies of bio-oil are developed.

【Task 3】

8. Deoxygenation and catalytic hydrotreating technologies for upgrading of bio-oils to the quality of petroleum gasoline and diesel oil are developed.
9. Co-processing technology of deoxygenated bio-oils and conventional petroleum, which can be utilized at a conventional petroleum refinery, is developed.
10. CO₂ reduction effect for using Jatropha derived oils as transportation fuels is clarified by the Life

Cycle Assessment (LCA).

【Task 4】

11. Automobile fuel compatibility of bio-oils from Jatropha residues, including bio-oils upgraded with conventional petroleum, is proven.

(For human resources development/technology transfer, practical application of BDF production technologies)

【Task 5】

12. Researchers involved with biofuels production and utilization are nurtured.

13. Preparations for practical application of BDF production technologies are done.

(4) Inputs

Japanese side : Total cost about 270 million Yen

- 1) Experts 18 short term expert (28 MM), long term expert as Project Coordinator (2 in total) 2) Persons who participated in trainings in Japan 36 persons
- 3) Equipment

Pilot Plant for high quality biodiesel fuel production, Standard apparatus for catalytic reaction test, Real-time PM analyzer, Liquid chromatograph, etc.

Thai Side :

- 1) Counterparts: 95 counterparts
- 2) Facilities (Project office at NSTDA, TISTR, KMUTNB) and equipment for analysis
- 3) Local cost for daily local activities and automobile running test, conversion cost of pilot plant at TISTR, and maintenance cost for the laboratory at KMUTNB, etc.

II. Evaluation Team

Members of Evaluation Team	No.	Name	Position	Organization
	1	Mr. Kaoru Suzuki	Team Leader	Senior Advisor to the Director General (Energy), Industrial Development and Public Policy Department, JICA
	2	Mr. Yamato Kawamata	Planning and Coordination	Assistant Director, Team 1, Energy and Mining Group, Industrial Development and Public Policy Department, JICA
	3	Mr. Jun Totsukawa	Evaluation Analysis	Director, Sano Planning Co., Ltd
	4	Mr. Masayuki Sato	Observer	Principal Associate Research Supervisor, Department of International Affairs (SATREPS Group), JST

Period of Evaluation	31/January/2016-13/February/2016	Type of Evaluation : Terminal Evaluation
III. Results of Evaluation		
<p>3-1 Accomplishment of the Project (note: The word of H-FAME in this paper has the same meaning as high quality BDF)</p> <p>3-1-1 Achievement of the Outputs</p> <p>(For Research Achievement 1) Establishment of technologies to produce high quality and safe BDF from Jatropha oil</p> <p>【Task 1】 Production of high quality BDF from Jatropha oil</p> <p><u>1. Detoxification conversion technology for production of non-toxic BDF is developed.</u></p> <p>Achieved: The phorbol ester was reduced below its detection limit, which satisfies the safety level.</p> <p><u>2. Standardized production technology of high-quality BDF in a pilot-scale is developed.</u></p> <p>Achieved: A high quality BDF production plant with detoxification and oxidation stabilization units was already installed at TISTR.</p> <p><u>3. Catalyst utilization technology for upgrading Jatropha BDF is developed.</u></p> <p>Achieved: The Project's output, H-FAME, satisfies the quality requirement of EAS-ERIA Biodiesel Fuel Standards, EEBS:2008 as well as the Bio-Diesel Guidelines of the World Wide Fuel Charter.</p> <p><u>4. CO₂ reduction effect of high quality BDF from Jatropha oil is clarified by the Life Cycle Assessment (LCA).</u></p> <p>Achieved: In the process of FAME production, the emission amount of CO₂ was calculated as approximately 0.42 kgCO_{2,eq}/kg FAME, and the one during the transition process to H-FAME was approximately 0.18 kgCO_{2,eq}/kg H-FAME.</p> <p>【Task 4】 Evaluation of automobile fuel compatibilities of high quality BDF</p> <p><u>5. Automobile fuel compatibility of high quality BDF produced by the Project is proven.</u></p> <p>Achieved: Engine bench test and automobile running test of mixed oil confirmed the compatibility with the automobile fuel. Material compatibility evaluation results showed that H-FAME has the same quality of existing BDF in terms of material corrosion and elastomer swelling.</p> <p>(For Research Achievement 2) Establishment of production technology of bio-oil and high quality automobile fuel from Jatropha residue</p> <p>【Task 2】 Production and upgrading of bio-oil from Jatropha residues</p> <p><u>6. Production technology of bio-oil from Jatropha residues by thermal/ catalytic conversion is developed.</u></p> <p>Achieved: By use of Ultra Stable Y zeolite and Beta zeolite, the residual oxygen in the Jatropha bio-oil reduced below 5wt%.</p> <p>A prototyped circulating fluidized bed pyrolyzer was developed and installed at TISTR. It started operation at the end of 2014 and treats Jatropha residue between 300kg and 500 kg per day.</p>		

7. Separation and stabilization technologies of bio-oil are developed.

Achieved: The Project successfully developed technologies for bio-oil separation and stabilization. A prototyped water extraction separator that enables to separate bio-oil into water-soluble fractions and water-insoluble ones was also developed and installed at NSTDA.

【Task 3】 Upgrading Bio-oils and Life Cycle Assessment

8. Deoxygenation and catalytic hydrotreating technologies for upgrading of bio-oils to the quality of petroleum gasoline and diesel oil are developed.

Achieved: By use of sulfide NiMo/Al₂O₃, the oxygen content of bio-oil from Jatropha residue was reduced from 23wt% to between 9 and 12wt%.

9. Co-processing technology of deoxygenated bio-oils and conventional petroleum, which can be utilized at a conventional petroleum refinery, is developed.

Achieved: The Project developed co-processing technology of deoxygenated bio-oil and conventional petroleum. The quality of fuel satisfies the indicator's requirements as follows: the figure of sulfur, between 6.3 and 16 ppm, and oxygen content, below 0.1wt%.

10. CO₂ reduction effect for using Jatropha derived oils as transportation fuels is clarified by the Life Cycle Assessment (LCA).

Achieved: CO₂ emission in the process of Jatropha residues pyrolysis to bio-oil and its upgrading was clarified.

【Task 4】 Evaluation of automobile fuel compatibilities of biofuels from Jatropha residues

11. Automobile fuel compatibility of bio-oils from Jatropha residues, including bio-oils upgraded with conventional petroleum, is proven.

Partly not achieved: Automobile fuel compatibility of biofuels was confirmed by the evaluations on material compatibility, but not yet by engine combustion performance. Engine combustion performance evaluation has not been conducted yet mainly because of insufficiency of biofuels volume for implementation of the engine bench test.

【Task 5】 Human resources development/technology transfer, practical application of BDF production technologies

12. Researchers involved with biofuels production and utilization are nurtured.

Achieved: In the course of the Project implementation, the Project related personnel elaborated many of research papers and presentations.

13. Preparations for practical application of BDF production technologies are done.

Achieved: Through implementation of the Project along with discussion between Thai and Japanese sides, the followings are identified as necessary issues to tackle: 1) Stable procurement of raw material, 2) Quality of H-FAME, and 3) Business feasibility. In this line, the Project has already started

preparation of making proposals for the next phase.

3-1-2 Achievement of the Project Purpose

Project Purpose: Fundamental technologies to produce biofuels from non-food biomass for automotive utilization are developed.

The Project has been achieved as of the Terminal evaluation.

The Project produced H-FAME from Jatropha, which satisfies the 'EAS-ERIA Bio-Diesel Fuel Standards'. The H-FAME produced by the Project showed 15.1 hours oxidation stability while the EAS-ERIA standard's minimum requirement is 10 hours. (Indicator 1)

The quality of biofuels from Jatropha residues by the Project also satisfies the quality standards of petroleum gasoline and diesel oil through its upgrading process. (Indicator 2)

3-2 Summary of Evaluation

* Five categories are evaluated by five ranks: high, relatively high, moderate, relatively lower, and low.

3-2-1 Relevance: High

The Project is in accordance with the priority of development policies of Thai government and with Japan's Assistance policy.

The Eleventh National Economic and Social Development Plan 2012-2016 stresses the importance on research and development to increase the productivity and utilization of bio-energy. In addition, the Alternative Energy Development Plan 2012-2021 as well as the revised one in 2015 declared further promotion of bio-energy use along with research and development.

The Project's contents meet with such policies' direction and technical needs of the counterpart organizations including research institutes and university. In this line, the relevance of the Project is evaluated high.

3-2-2 Effectiveness: High

The Project purpose, which is to produce biofuels from non-food biomass for automotive utilization, has been satisfactorily achieved as of the Terminal evaluation. By use of Jatropha, the Project developed the technologies to produce H-FAME, which is the upgraded product of FAME, through hydrotreating process. The technologies to upgrade bio-oil from Jatropha residue were also successfully developed.

3-2-3 Efficiency: High

Manpower inputs from both Japanese and Thai side and material inputs contributed to achievement of outputs. Facility/material inputs as pilot plant for H-FAME and bio-oil production also gave a great impact on the Project's achievement. Flexible budget allocation by Thai side also enhanced efficiency of the Project activities such as automobile running test.

3-2-4 Impact: High

Impacts on policy, organizational and technical aspects are observed. One of the remarkable outputs by the Project, H-FAME, is reflected as one of prospective biodiesels in the revised Alternative Energy Development Plan (AEDP) 2015-2036. As to the organizational aspect, the Project promoted tighter relationship among stakeholders in line with research institutes, university, Ministry of Energy, and private companies. Also, the Project activities contributed to enhancing the technical knowledge of young researchers, and increased the number of academic reports/papers. Moreover, as the technical aspect, the H-FAME technology can be applied to both no-biomass and biomass materials.

3-2-5 Sustainability: Relatively High

1) Policy aspect

Thai government's Alternative Energy Development Plan towards the year of 2036, which shows the strong will of the government to enhance research and development of H-FAME and its utilization to the target year. It is evaluated that the sustainability of policy aspect is basically high. However, the global market of the oil price can be a risk factor to influence on the future of the policy intension.

2) Organizational and technical aspect

All the organizations who participated in the Project have solid and sustainable organizational structure and technical expertise, serious concerns on their sustainability are not observed.

3) Financial aspect

As of the Terminal evaluation period, the Project has already prepared several proposal options in order to continue the studies with larger scale plants of H-FAME production. The options of the budget sources are fund from Japan and another from Thai private companies'. Both options have a certain level of possibilities to successfully receive the budget, though, it is not assured yet.

3-3 Contribution factors

- Effective use of assets on personal relation and infrastructure between Japan and Thailand

Japan and Thailand has kept long and good relationship for long time not only by the JICA project but also collaborative research works. The Project was able to proceed on the basis of such historical assets not only on laboratory infrastructure but also personal relationship. It helped both sides to work in harmonized manner all the time.

- Recognition of management strata personnel of counterpart organizations

The management strata personnel's high recognition led to securement of the budget for not only the daily works at the Project activities but also relatively large amount of budget such as automobile running test by NSTDA.

- Cooperation by a private company

The Project received cooperation from a private company on automobile running test. Its cooperation

contributed to achievement of the Project purpose.

- Frequent communication among the Project personnel

The Project paid attention on frequent and close communication not only within the researchers but also with government officials including Ministry of Energy. Such elaborated communication environment led to reflection of the Project's outputs on policy document of the Thai energy sector.

- Active implementation of public relations

Public relations were also actively and effectively conducted in the Project to disseminate the Project's outputs to relevant stakeholders through exhibition at science expo, distribution of brochures, making PR video, etc.

3-4 Inhibition factors

- Heavy flood in the year of 2011

Heavy flood in 2011 caused the damage of the pilot plant for H-FAME production, and also put off installation timing of another pilot plant for bio-oil production at TISTR. The postponement of installation of bio-oil production plant accordingly caused the delay in bio-oil production. Vice versa, the one-year extension arrangement produced positive effects. The most representative example is reflection of the Project's output, H-FAME, on the newly revised Alternative Energy Development Plan in 2015.

3-5 Conclusion

A series of the Project activities and its purpose were consistent with the Thai governmental policy and the needs of the government as well as the counterpart organizations including NSTDA, TISTR and KMUTNB.

The Project achieved successfully the purpose as originally expected. The highlighted output as H-FAME technology was reflected in the newly revised Alternative Energy Development Plan to 2036 since the Ministry of Energy recognized the potential through a variety of events in particular of the automobile running test. It should be noted as a great impact produced by the Project.

All the Project related organizations together have already prepared the next phase actions, demonstration project. Sustainability towards the social application stage is almost ensured along with this preparation effort. The remaining issue is to finalize the budget source for implementation of the demonstration project.

3-6 Recommendations

- (1) Implementation of demonstration project

It is recommended that demonstration project on H-FAME with larger scale plant be implemented as the next stage towards social application stage. It is necessary to start discussion regarding which organization to take what roles in the demonstration project including the secretariat role for coordination of the stakeholders.

(2) Keeping and/or developing communication network

It is recommended to sustain the communication network that the Project established, and to develop further with supply side players such as Ministry of Agriculture, and user side players as oil makers and automobile makers.

(3) Continuous studies of bio-oil, and biofuel from non-food biomass

It is recommended to continue the study of bio-oil, and biofuel from non-food biomass including Jatropha from the viewpoint of business and reliable supply chain for the future.

(4) Dissemination of the research outputs to ASEAN countries and others

It is recommended for Thailand to disseminate H-FAME technology to ASEAN countries as a technical leader of H-FAME in the region through Asian and Pacific Centre for Transfer of Technology, International Renewable Energy Agency, etc.

3-7 Lessons learned

- Effectiveness of communication platform

The Steering Committee effectively functioned to enhance communication among the counterpart organizations and the government officials including Ministry of Energy. With an eye to policy reflection, key ministries should be invited in communication events even if they are not official counterparts.

- Effectiveness of earlier contacts with private companies

The Project has been paying attention on the importance of collaboration with private companies. Therefore, the Project had started making contacts even before the Project's research produced tangible outputs. Such earlier contacts accordingly formulated mutual consensus, and resulted in receiving cooperation from a private company. The lesson in here is to make earlier contacts with private companies towards not only for enhancement of the Project activities but also for the future actions to social application stage.

3-8 Follow up

Nil

第1章 調査の概要

1-1 終了時評価調査の背景

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可能な限り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。

このような背景から、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油並びに余剰農業廃棄物が挙げられている。しかしながら、ジャトロファには毒性物質（発ガン誘発性のあるホルボールエステルなど）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。

このようななか、タイ政府から地球規模課題別対応国際科学技術協力（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development : SATREPS）プロジェクトとして、非食糧系バイオ燃料に関する要請を受け、2009年9月の事前調査を経て、2010年2月に討議議事録（Record of Discussions : R/D）署名を行った。

本プロジェクトでは、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に取り組むとともに、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む方針である。さらには、タイ国内で本技術を実用化するためにジャトロファオイルのみならずパームオイルによる実用化試験も本プロジェクトで取り組んでいる。これらの成果を踏まえ、2015年にはタイのエネルギー省代替エネルギー開発局（Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy : DEDE）が主導する石油代替エネルギー開発計画（Alternative Energy Development Plan : AEDP）改定案が採択され、本プロジェクトによって開発されたH-FAMEが取り入れられることとなった。

上記の研究はタイの国家科学技術開発庁（National Science and Technology Development Agency : NSTDA）、科学技術研究所（Thailand Institute of Scientific and Technological Research : TISTR）、モンクット王工科大学ノースバンコク（King Mongkut's University of Technology North Bangkok : KMUTNB）をカウンターパート（Counterpart : C/P）機関として、わが国の産業技術総合研究所、早稲田大学等が共同し、日本側実施機関として実施中である。

なお、協力期間について、当初2015年5月から2015年3月までの予定であったが、2011年に発生した洪水の影響により供与機材が被害を受けたことから期間を1年間延長し、2010年5月から2016年3月までとしている。

今回実施する終了時評価調査は、2016年3月の事業終了を控え、事業活動の実績、成果をタイ側関係機関と合同で評価、確認するとともに、今後の事業活動に対する提言及び今後の類似事業の実施にあたっての教訓を導くことを目的とする。

1-2 事業の概要

1-2-1 プロジェクト名

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」

1-2-2 プロジェクト期間

2010年5月16日～2016年3月31日

1-2-3 専門家・派遣分野

(1) 独立行政法人産業技術総合研究所 (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology : AIST)

(2) 早稲田大学

1-2-4 カウンターパート機関

(1) 国家科学技術開発庁 (NSTDA)¹

(2) 科学技術研究所 (TISTR)

(3) モンクット王工科大学ノースバンコク (KMUTNB)

1-2-5 プロジェクト枠組み

(1) プロジェクト目標

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

(2) 成果

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

【Task 1】 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. 毒性懸念のないバイオディーゼル燃料 (BDF) 製造のための解毒化技術が開発される。
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の高品質 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。

【Task 4】 高品質 BDF の自動車燃料適合性評価に係る活動

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

【Task 2】 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. 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。

¹ NSTDA 傘下にある4国家センターのうち、国家金属材料技術センター (National Metal and Materials Technology Center: MTEC) が本プロジェクトの実施にかかわっている。

7. バイオオイル分離・安定化技術が開発される。

【Task 3】 バイオオイルの改質及び LCA に係る活動

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 CO₂ 削減効果が LCA によって明らかにされる。

【Task 4】 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

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。

【Task 5】 人材育成・技術移転、BDF 製造技術の実用化

12. バイオ燃料製造及び利用に係る研究者が育成される。

13. BDF 製造技術の実用化に向けての準備が整う。

1-3 調査団派遣の目的

本終了時評価調査の主な目的は次のとおりである。

- (1) プロジェクト・デザイン・マトリックス（Project Design Matrix : PDM）とその他関連書類に示される事業の計画の進捗状況、実績の検証
- (2) 評価 5 項目による事業の評価分析
- (3) 事業の改善事項にかかる提言の作成
- (4) 類似案件への教訓の導出

1-4 終了時評価調査団の構成

表 1-1 終了時評価調査団の構成

担当分野	氏名	所属
総括/団長	鈴木 薫	JICA 産業開発・公共政策部 参事役
評価計画	川俣 大和	JICA 産業開発・公共政策部 資源・エネルギーグループ 第一チーム 調査役
評価分析	十津川 淳	佐野総合企画株式会社 海外事業部 部長
研究評価 (オブザーバー)	佐藤 雅之	JST 国際科学技術部 SATREPS グループ 上席主任調査員

1-5 終了時評価調査日程

本調査は2016年1月31日から2月13日まで14日間実施された。調査日程は表1-2のとおりである。

表1-2 終了時評価調査日程

日 程			鈴木（総括/団長） 川俣（評価計画） 佐藤（研究評価）	十津川（評価分析）
1月 31日	日	午前		TG 641（バンコク着 15:45）
2月 1日	月	9:00～13:30		・C/P（TISTR）聞き取り調査 ・プロジェクトダイレクター聞き取り調査
		15:00～16:00		・前 TISTR 長官聞き取り調査
2日	火	9:30～15:00		・C/P（NSTDA）聞き取り調査 ・前 MTEC 所長聞き取り調査
3日	水	8:00～ 9:30		・エネルギー省聞き取り調査
		11:00～12:00		・いすゞ株式会社聞き取り調査
		15:30～16:30		・MTEC 所長・副所長聞き取り調査
4日	木	9:00～14:00		・C/P（KMUTNB）聞き取り調査 ・KMUTNB 学長表敬
5日	金	-		・報告書作成
6日	土	-		・報告書作成
7日	日	午前	JL 031（バンコク着 16:00）	・報告書作成
		午後	団内協議	
8日	月	9:00～10:30	・合同評価団協議（タイ側:プロジェクトダイレクター、日本側チーム全員）	
		14:00～15:00	・NSTDA 副長官表敬 ・MOST 事務次官補表敬	
9日	火	9:00～10:30	・パイロットプラント視察（TISTR）	
		13:00～17:00	・評価レポート協議	
10日	水	9:00～15:00	・評価結果説明（プロジェクト関係者） ・ラボラトリー・車両走行試験使用車両視察（NSTDA）	
11日	木	9:00～12:00	・JCC 会議	
		13:00～17:00	・バイオオイルセミナー	
12日	金	10:00～11:00	・JICA タイ事務所報告	
		午後	・JL034（22:25 発）	・TG640（22:30 発）
13日	土	午前	・羽田着	・成田着

1-6 主要面談者

(1) タイ側関係者

1) プロジェクトダイレクター

Dr. Paritud Bhandhubanyong Project Director

2) NSTDA

Dr. Chadamas Thuvasethakul Executive Vice President

3) NASTDA (MTEC)

Dr. Julathep Kajornchaiyakul Executive Director

Dr. Aree Thanaboonsombut Project Manager/Deputy Executive Director

Asso. Prof. Siriluck Nivitchanyong The former Project Manager

Dr. Weresak Udomkichdecha The former MTEC Executive Director

Dr. Duangduen Atong Principal Researcher

Dr. Nuwong Chollacoop MTEC Research Leader

Dr. Sumittra Charojrochkul Electrochemical Materials and System Lab

4) TISTR

Dr. Aparat Mahakhant Project Deputy Manager/ Deputy Governor

Dr. Siriporn Larpkiattaworn Research Leader

Mr. Yongvut Saovapruk The former governor of TISTR

Dr. Thanee Utistham Director, Energy Technology Department

Dr. Yoothana Thanmongkhon Research officer

5) KMUTNB

Dr. Teravuti Boonyasopon President

Dr. Sabaithip Tungkamani KMUTNB Research Leader

Dr. Surin Laosooksathit The former Deputy Project Manager

Dr. Thankorn Ratana Associate Dean for Academic Affairs

6) エネルギー省

Mr. Yongyuth Sawatdisawanee DEDE Director

Ms. Sutharee Kiatman DEDE Engineer

7) 科学技術省

Mr. Somchai Tiamboonprasert Deputy Permanent Secretary

8) トリペッチいすゞ

Mr. Kyoya Kondo Senior Vice President

Mr. Hiroaki Hamamatsu Assistant General Manager

Mr. Vichai Sinananpat
Mr. Siamnat Panassorn

Director
Manager

(2) 日本側関係者

1) プロジェクト専門家/研究者

葭村 雄二

プロジェクトリーダー 産業技術総合研究所

名誉リサーチャー

西嶋 昭生

プロジェクト専門家 早稲田大学大学院 客員教授

ラッセル 加恵

プロジェクト業務調整員

2) JICA タイ事務所

池田 修一

所長

樽見 正子

所員

第2章 プロジェクトの実績

2-1 投入実績

日本・タイ国側双方の投入の概要は、表2-1のとおりである。

表2-1 日本側及びタイ側による投入実績一覧 (2016年2月時点)

項目		概要
タイ側	人材	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクトダイレクター (1名) プロジェクトマネジャー (1名)、副マネジャー 上記に加え、主たる C/P として延べ 95 名が配置された。
	施設・設備・機材	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクト事務所 (NSTDA、TISTR、KMUTNB 内) ラボラトリー拡張、パイロットプラント設置場所の確保 ラボラトリー資機材 活動実施に必要な一般事務用資機材、消耗品等
	事業費	<ul style="list-style-type: none"> 車両走行試験 (1 回目)、パイロットプラント改造、ラボラトリー維持管理 C/P 旅費、事務所光熱費
日本側	人材	<ul style="list-style-type: none"> 専門家派遣 (短期専門家) 計 28 人/月 (18 名) (長期専門家) 計 延べ 2 名 (常駐)
	施設・設備・機材	<ul style="list-style-type: none"> 高品質バイオディーゼル製造試験装置 触媒反応実験標準装置 リアルタイム PM アナライザー 高速液体クロマトグラフィー 等
	本邦研修	<ul style="list-style-type: none"> 延べ 36 名

2-2 アウトプットの達成度

アウトプット (成果) の達成状況は以下のとおりである。

2-2-1 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

Task 1: ジャトロファオイル留分から高品質 BDF の製造に係る活動		
1. 毒性懸念のないバイオディーゼル燃料 (BDF) 製造のための解毒化技術が開発される。	指標	達成状況
	1. 2012 年までに、BDF に含まれる毒性 (ホルボールエステル) の含有量が安全なレベルまで低下する。	指標は終了時評価時点において既に達成されている。ジャトロファ油中のホルボールエステルは水素化脂肪酸メチルエステル (Hydro Fatty Acid Methyl Ester: H-FAME) 化する際に、検出限界以下 (ppm レベル) に低減できた。また、液体クロマトグラフを用いたホルボールエステル分析法についても開発を行った。残留毒性評価試験において、ジャトロファ H-FAME は無毒であることが確認できている。

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。	<p style="text-align: center;">指 標</p> <p>2. 2012 年までに、解毒化対策及び酸化安定性向上対策を組み込んだ BDF 製造プラント（1 日 1t 規模）が、タイのジャトロファオイル留分を使って連続運転が可能になる。</p>	<p style="text-align: center;">達成状況</p> <p>指標は終了時評価時点において既に達成されている。ジャトロファ BDF を解毒化し、酸化安定性を向上させた H-FAME を製造する H-FAME 製造用パイロットプラントが TISTR に設置された。同プラントは 1 日 1t の生産が可能であり、その運転技術も定着している。</p>
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。	<p style="text-align: center;">指 標</p> <p>3. 2014 年までに、BDF の品質が東アジアサミット（East Asia Summit：EAS）推奨品質及び世界燃料憲章バイオディーゼルラインをクリアする。</p>	<p style="text-align: center;">達成状況</p> <p>指標は終了時評価時点において既に達成されている。プロジェクトの成果である、H-FAME は指標が示す、EAS 推奨品質及び世界燃料憲章バイオディーゼルラインの要求品質を満たしている。</p>
4. ジャトロファオイル留分からの高品質 BDF 製造の CO ₂ 削減効果がライフサイクルアセスメント（LCA）によって明らかにされる。	<p style="text-align: center;">指 標</p> <p>4. 2014 年までに、プロジェクトで提案された高品質 BDF 製造プロセスの CO₂ 排出量が LCA によって算出される。</p>	<p style="text-align: center;">達成状況</p> <p>指標は終了時評価時点において既に達成されている。TISTR におけるジャトロファ FAME 製造工程、及びジャトロファ FAME からジャトロファ H-FAME への部分水素化工程での GHG（温室効果ガス）排出量について、それぞれ 0.42 kg CO₂eq/kg FAME 及び 0.18 kg CO₂eq/kg H-FAME であることが算出された。</p>
Task 4：高品質 BDF の自動車燃料適合性評価に係る活動		
5. 高品質 BDF の自動車燃料適合性が実証される。	<p style="text-align: center;">指 標</p> <p>5. 2013 年までに、材料適合性評価、エンジン燃焼特性評価により、BDF 混合軽油の自動車燃料適合性が実証される。</p>	<p style="text-align: center;">達成状況</p> <p>指標は終了時評価時点において既に達成されている。エンジン燃焼特性評価及び車両走行試験を実施し、自動車燃料の適合性が実証された。H-FAME と軽油の混合軽油を用いたエンジンベンチ試験及び車両走行試験において、石油系軽油に比べて、NO_x 排出量は微増するものの、総炭化水素量や CO 等は低減することが判明した。</p> <p>また、材料適合試験（金属、エラストマー材料）を実施し、H-FAME は従来の BDF 混合軽油と材料腐食やエラストマー膨潤等については同等であることが実証された。</p>

2-2-2 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

Task 2：ジャトロファ残渣からのバイオオイル製造に係る活動		
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。	指 標	達成状況
	6.1 2012 年までに、酸素分が 40 質量%以下になる脱酸素化用急速熱分解触媒が開発される。	指標は終了時評価時点において既に達成されている。USY ゼオライト触媒及び Beta ゼオライト触媒等を用いることにより、ジャトロファバイオオイルの酸素低減が可能であることが判明した（残留酸素分 5%以下、酸価 5-7mgKOH/g）。
	6.2 2014 年までに、1 日当たり処理量 500kg の触媒を利用したプロトタイプ急速熱分解炉が開発される。	指標は終了時評価時点において既に達成されている。1 日当たりのジャトロファ残渣処理量が 300kg/日～500kg/日であるプロトタイプ循環流動層型熱分解炉を開発し、TISTR に設置した。
7. バイオオイル分離・安定化技術が開発される。	指 標	達成状況
	7.1 2013 年までに、生成バイオオイル中の固体微小粒子や水溶性分を分離し、輸送燃料原料となる非水溶性燃料を選択的に分離するバイオオイル分離・安定化技術が構築される。	指標は終了時評価時点において既に達成されている。水抽出法を用いて、生成バイオオイル中の固体微小粒子や水溶性分を分離する技術が開発された。また、酸化防止剤を添加して酸化重合等を抑制する安定化技術を構築した。
	7.2 2014 年までに、プロトタイプ型の分離・安定化処理装置が開発される。	指標は終了時評価時点において既に達成されている。バイオオイルを水溶性成分と非水溶性成分とに分離するための、プロトタイプ型水抽出分離装置を開発し、NSTDA に設置した。
Task 3：バイオオイルの改質及び LCA に係る活動		
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。	指 標	達成状況
	8. 2012 年までに、ジャトロファ残渣由来バイオオイルの酸素分が 10~20 質量%に低減される。	指標は終了時評価時点において既に達成されている。ジャトロファ残渣由来のバイオオイル（酸素分 23%）を硫化ニッケルモリブデンアルミナ触媒を用いて、水素化脱酸素処理を行い、酸素分を 9~12%まで低減させることに成功した。

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。	指 標	達成状況
	9. 2014 年までに、石油精製条件下で混合処理された、脱酸素バイオオイルと石油留分による高品質ガソリン及び軽油の品質が石油系ガソリン及び軽油の品質基準を満たす。(硫黄分 10-50ppm 未満、酸素分 0.1 質量%未満)	指標は終了時評価時点において既に達成されている。上記のとおり、水素化脱酸素処理して得られた脱酸素バイオオイル（酸素分 9～12%）を石油系軽油と混合処理し、反応温度や反応圧力を調整することにより、硫黄分 6.3～16ppm、酸素分 0.1%以下の石油系ガソリンや軽油品質を満たす、炭化水素燃料を製造することに成功した。
10. バイオ燃料製造の CO ₂ 削減効果が LCA によって明らかにされる。	指 標	達成状況
	10. 2014 年までに、ジェットロファ残渣の熱分解によるバイオオイル製造及び輸送燃料向け改質のプロセスにおける CO ₂ 排出量が LCA によって算出される。	指標は終了時評価時点において既に達成されている。バイオオイル製造にかかる GHG 排出量は、約 3.3kgCO ₂ eq/kg bio-oil と算出された。また、バイオオイルをスタンドアロン型設備で水素化精製した場合には、水素化精製で排出される GHG は約 9.0kg CO ₂ eq/kg biofuel と算出された。
Task 4 : ジェッ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		
11. ジェッ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。	指 標	達成状況
	11. 2014 年までに、材料適合性評価、エンジン燃焼特性評価により、ジェットロファ残渣由来のバイオ燃料（石油混合油を含む）の自動車燃料適合性が実証される。	指標は終了時評価時点において、一部達成されていない。 自動車燃料適合性について、材料適合性評価による実証は為されたが、エンジン燃焼特性評価については未実施である。 バイオオイルを水素化精製して得られる新バイオ燃料の材料適合性を評価した結果、低硫黄（硫黄分 10ppm 以下）、低酸素（酸素分 0.1%以下）の炭化水素系燃料まで改質することにより、材料適合性について問題はないことが分かった。 他方、エンジン燃焼特性評価は、評価試験に使用するバイオオイルのストック量が不足したため、プロジェクト期間中に検証することができなかった。これは 2011 年の洪水によって TISTR でのバイオオイル製造パイロットプラントの設置が遅れたこと等に起因するものである。

2-2-3 人材育成・技術移転、BDF 製造技術の実用化

Task 5 : 人材育成・技術移転及び BDF 製造技術の実用化		
	指 標	達成状況
12. バイオ燃料製造及び利用に係る研究者が育成される。	12. C/P 機関の研究者の学会発表、論文等の実績が増加する。	指標は終了時評価時点において既に達成されている。プロジェクト実施を通して、C/P 機関である NSTDA、TISTR、KMUTNB の研究者による論文発表等は増加した。詳細は付属資料 1. 合同終了時評価調査報告書の Annex5 のとおり。
	13. BDF 製造技術の実用化に向けての準備が整う。	13.1 BDF 製造技術の実用化に向けた課題（出発原料、技術・経済性・環境負荷等）、今後の方向性が明らかにされる。
	13.2 BDF 製造技術の実用化に向けてのアクション（一次産業・企業さらには周辺諸国との連携強化等）がとられる。	指標は終了時評価時点において既に達成されている。本プロジェクトの次段階として、デモンストレーションプロジェクトの実施に向けて、日本側及びタイ側のプロジェクト関係者が準備を進めている。また、H-FAME の普及及び技術移転を進めるために、JICA による第三国研修の実施も申請済みである（承認の判断は終了時評価時点では不明）。

2-3 プロジェクト目標の達成度

プロジェクト目標にかかる達成状況は以下のとおりである。

プロジェクト目標：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。	
指 標	指標達成状況
1. EAS 推奨品質〔従来の EU 規格 (EN14214) の酸化安定性 6 時間を 10 時間以上に強化〕を確保した、BDF を 1 日 1t 規模で製造できるようになる。	指標は終了時評価時点において既に達成されている。 プロジェクトは高品質 BDF (H-FAME) を 1t/日規模で製造できる技術を構築した。H-FAME は、部分水素化処理を行うことによって酸化安定性 15.1 時間を確保できるものである。プロジェクト期間中には同 H-FAME を 1 日当たり 1t 規模で製造できるパイロットプラント技術を構築した。
2. 研究で適用された技術によりジャトロファ残渣から製造・改質されたバイオ燃料の品質が石油系ガソリンや軽油品質 (硫黄分 10ppm 未満、酸素分 0.1 質量% 未満) をクリアする。	指標は終了時評価時点において既に達成されている。 バイオオイルを水素化精製処理によって改質することにより、石油製品品質を満たす改質燃料 (硫黄分 6.3ppm、酸素分 0.1% 以下) が製造できるようになった。

2-4 上位目標の達成の見込み

上位目標：本プロジェクトにより改良された非食糧系バイオマスによるバイオ燃料製造技術がタイで普及する。
指 標
本プロジェクトにより改良された非食糧系バイオマスによるバイオ燃料製造技術が、本プロジェクトのタイ側研究機関の活動 (セミナー、研修コース、技術サービス等) を通じて、2019 年までにタイの研究者及びエンジニアリング会社に普及する。
見込み： 上位目標が達成される見込みは十分に存する。 上位目標が示すバイオ燃料製造技術とは、本プロジェクトが構築した H-FAME 技術を指すものと解釈できる。H-FAME 技術は食糧系バイオマス及び非食糧系バイオマスにかかわらず、両者に適用することが可能な技術であり、既にパームを対象に本プロジェクトの次段階への取り組み (デモンストラーションプロジェクト) が準備され始めている。 他方、C/P 組織である NSTDA、TISTR 及び KMUTNB は、それぞれ組織の通常の機能として対外的な研修コースを随時実施しており、今後もこれらの研修体制を利用して、H-FAME 技術の普及を国内外の関係者に進めていくことは十分に可能と考えられる。

2-5 実施プロセスにおける特記事項

2-5-1 コミュニケーション

日本及びタイの両国関係者間の情報交換及び共有は、円滑に進んできた。日本人専門家がタイを訪問できる機会・時間は比較的限られていたが、その他にも、頻りにメール等を通じたやり取りを行っており、プロジェクト活動に必要な情報は共有できていた。また、コミュニケーション

の対象は、日本人専門家と C/P 間だけに限らず、エネルギー省といった政策の側面からの重要なステークホルダーとも逐次連絡を取り合ってきたことも特筆される。

なお、本プロジェクトでは長期専門家として業務調整専門家を配置しており、両国関係者のコミュニケーションの促進に大きな貢献をしてきた。

2-5-2 モニタリング

本プロジェクトでは技術課題ごとに構成されるテクニカルチームによって、それぞれの活動がモニタリングされてきた。活動進捗は JCC やステアリング・コミッティ会議、日本やタイで開催される学会・シンポジウム等の場で、随時報告する体制をとってきた。これらのなかでも、特に2カ月おきに実施してきたステアリング・コミッティ会議の効果が特筆される。同会議には各 C/P 組織の主要メンバーが参加するとともに、エネルギー省からの参加も受け、プロジェクトの進捗、今後の計画及び課題を共有した。2カ月という、比較的インターバルの短い会議設定であったが、関係者は等しく積極的に会議に参加しており、プロジェクト活動を円滑に進めることに寄与した。

また、日本側の専門家は毎年活動進捗にかかる報告書を作成し、タイ側も各 C/P 組織が進捗報告を四半期ごとに作成している。これら進捗報告書の作成も、活動モニタリングの1つの形態として機能している。

2-5-3 プロジェクトデザイン（プロジェクト期間）の変更

2011年の大洪水によってプロジェクト関連の施設・機材が浸水被害等を受けたために、予定していたプロジェクト活動が延期を余儀なくされた。そのため、本プロジェクトは1年間の期間延長を行っている。洪水は不可避の天災であるとともに、仮に延長しなかった場合には、プロジェクト成果は中途のままで終了していた可能性が高い。この点にかんがみれば、本延長は妥当であったと判断できる。この詳細については、後述の「3-2-3 プロジェクト目標・成果達成にかかる阻害要因」においても触れる。

第3章 評価結果²

3-1 妥当性：高い

本プロジェクトは、タイの政策や開発戦略並びに日本の対タイ支援政策に整合した取り組みである。また、一連の活動やめざす方向性は、関係機関のニーズに整合しており、かつプロジェクト活動においては主たるステークホルダーが一様に参画している。これら観点から、本プロジェクトの妥当性は「高い」。

3-1-1 タイ政府の政策・開発計画との整合性

タイ政府は、国家の根幹的な開発政策である「第11次国家社会経済開発計画(2012～2016年)」において、「持続的な天然資源管理及び環境」を7つの重要開発戦略の1つに挙げている。同戦略では、バイオ燃料の生産増大及び製造業やサービスセクターで幅広い活用を促すため、バイオ燃料の効率性を高める研究開発の必要性を掲げている。

また、エネルギー省による「代替エネルギー開発計画 2012～2021年(AEDP)」では、再生エネルギーにかかる利用及び研究開発の促進をうたっている。同計画は2015年に更新版が策定されており、2036年をターゲット年にとらえ直したが、更新版のAEDPにおいてもこれまで同様にバイオ燃料活用の重要性を強調している³。

以上より、バイオ燃料生産の基盤技術開発をめざす本プロジェクトは、タイ政府の開発計画及び戦略に合致した取り組みといえる。

3-1-2 日本国政府の支援政策との整合性

わが国の対タイ国別援助方針(2012年)では、「戦略的パートナーシップに基づく双方の利益増進及び地域発展への貢献の推進」を基本方針としながら、重点支援分野の1つとして「持続的な経済の発展と成熟する社会への対応」を掲げている。同分野においては、「日タイ連携による研究能力向上、研究機関や研究者間のネットワーク強化の支援を行う」ことをうたっている。本プロジェクトは同目的に向けた「研究能力向上・ネットワーク強化プログラム」の根幹をなすプロジェクトの1つに位置づけられており、わが国政府の支援政策との整合性を確認できる。

またさらに、本プロジェクトは環境・気候変動対策セクターとしての側面も有している。同セクター支援も日本の援助方針に掲げられた重要な支援分野であり、この観点からも本プロジェクトは支援政策に整合している。

3-1-3 ニーズとの整合性

バイオ燃料にかかる研究実績を有していた、本プロジェクトのC/P組織NSTDA、TISTR及びKMUTNBは、上記のAEDPにおける政策目標を達成するため、研究開発の側面から貢献することが求められていた。しかしながら、それぞれの組織はバイオディーゼルのFAMEについては製造技術について知見を有していたが、バイオマスの残渣からバイオオイルを製造することや、FAMEの品質向上(高品質FAME製造)については、研究実績が極めて限定的であった。

² 評価は「高い」「おおむね高い」「中程度」「やや低い」「低い」の5段階とした。

³ バイオディーゼルにおいては、2021年に720万リットル/日(利用量)、2036年に1,400万リットル/日を掲げている。なお、2015年(1月～11月)の利用量実績は332万リットル/日である(エネルギー省によるAEDP 2015～2036プレゼンテーション資料より)。

本プロジェクトは政策目標実現のための研究成果を求められていた、C/P 組織のニーズに即したプロジェクト内容である。

3-1-4 プロジェクトデザインの適切性～ステークホルダー関与の有無

プロジェクト実施において必要なステークホルダーが関与しており、成果達成を促進してきた。ステークホルダーとして NSTDA や TISTR といった政府系研究機関と大学から KMUTNB が参加し、それぞれが有する知見を提示することによって、プロジェクトの成果達成に貢献した。また、エネルギー省も政策策定・実施の側面から積極的に参加し、プロジェクト成果の今後の普及に促進する役割を担ってきた。総じて、主要な関係者が良好な関係を維持しながら、これまでプロジェクトを進めてきたと評価できる。

3-2 有効性：高い

3-2-1 プロジェクト目標の達成度

プロジェクト目標である、「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開発」は達成されたと評価できる。ジャトロファを用いて、プロジェクトは高品質な FAME、つまり部分水素化技術による H-FAME の製造技術を開発することに成功した。ジャトロファ残渣から製造するバイオオイルも製造技術開発についても、プロジェクトが定めた品質基準は達成しており、成功したといえる。

プロジェクトが定めた各種成果についても、ほぼすべての成果項目を達成した。唯一、バイオオイルにかかるエンジン燃焼評価がエンジンテストに用いるバイオオイル量の不足のため、プロジェクト期間中には実施できない見込みが高くなった。これは 2011 年の大洪水によってバイオオイルプラントの製造が遅れたことが背景にある。

このように成果のうち 1 点のみ未達成な状況があるものの、その他は達成しており、総じてプロジェクトは順調に進捗し、当初の目的を達成したといえる。

3-2-2 プロジェクト目標・成果達成にかかる貢献要因

本プロジェクトの成果及びプロジェクト目標の進捗に対して、下記の点が主たる貢献要因として挙げられる。

(1) 日本とタイの人的・物的資産の活用

日本とタイは、JICA による技術協力プロジェクトや日本・タイ研究機関同士の MOU に基づく共同研究など、さまざまなチャンネルを通して良好な協力関係を維持してきた。本プロジェクトは、この長年にわたって培った人的な信頼関係及びラボラトリー等に供与してきた分析資機材等を有効活用しながら、プロジェクト活動を円滑に進めた。

(2) C/P 組織上層部の理解

C/P 組織の方針と本プロジェクト内容が合致していたこともあり、C/P 組織のトップマネジメントである、長官や学長などが本プロジェクトの意義に高い関心と理解を寄せており、プロジェクト実施のサポーターとなってきた。トップマネジメントの理解はプロジェクト活動のための予算確保に大きく貢献しており、日常的な研究活動予算のみならず、プロジェク

ト実施の過程で生じた、予期していなかった予算配分についても柔軟に対応することを可能とした。一例としては、NSTDA による第 1 回目の車両走行試験費用や TISTR におけるパイロットプラントの改造費用、KMUTNB におけるラボラトリーの維持管理費用などが挙げられる。

(3) 民間会社による協力

本プロジェクトでは車両走行試験において、民間の自動車会社からの協力を得ることに成功した。H-FAME の品質を実証するためにも走行試験は重要な意味を有しており、プロジェクトの成果である H-FAME の信頼性をプロジェクト内部で確認する効果があったとともに、対外的にも H-FAME の有効性をアピールする効果を生んだ。

(4) 活発なコミュニケーション

本プロジェクトは C/P と日本人専門家間のコミュニケーションのみならず、エネルギー省など、政策反映の観点で鍵となる政府関係者とのコミュニケーションにも特段の注意を払ってきた。2 カ月おきのステアリング・コミッティにエネルギー省を招待するとともに、各種活動での成果があるたびに足繁くエネルギー省に結果報告を行ってきた。このような頻繁なコミュニケーションが、AEDP の改訂版に H-FAME を反映させた要因の 1 つと考えられる。

(5) 広報活動

プロジェクトでは対外的な PR 活動にも日本・タイ国側双方が協力して注力してきた。科学博や関連するブース出展、広報パンフレット、広報映像の作成を行い、関係政府機関、民間企業等への普及に努めたことも、プロジェクト成果を支えた要因の 1 つといえる。

3-2-3 プロジェクト目標・成果達成にかかる阻害要因

(1) 2011 年に生じた大洪水の影響

2011 年の大洪水のために H-FAME 製造プラントをはじめとした機材や各種施設が浸水被害にあった。また、洪水の影響が長期間にわたったため、TISTR の基本インフラが復旧するまでに多くの時間を要し、循環流動層型熱分解炉の設置も延期されることとなった。循環流動層型熱分解炉の設置の遅れは、結果的にバイオオイル生産量の不足を招き、プロジェクト期間内のエンジンテスト実施ができない等の影響を与えることとなった。

他方、この天災である洪水の影響にかんがみ、プロジェクト期間は 1 年間延長された。この延長によってプロジェクト目標の達成が担保された点のみならず、予期せぬ効果があったことも特記される。最たる例は、本プロジェクトの成果である H-FAME が 2015 年改訂版の AEDP に反映された点である。仮に、プロジェクトが本来のプロジェクト期間どおりに終了していれば、AEDP の更新タイミングに合わず、エネルギー省に対する H-FAME のアピール活動は不足していた可能性がある。折しも、プロジェクト延長期間と AEDP 更新時期が重複したために、プロジェクト側と頻繁なコミュニケーションをもつことが可能となり、H-FAME の AEDP への反映を促進したと分析できる。

つまり、阻害要因として天災の洪水による影響について記載したものの、実際には延長がなされ、かつ予期せぬ効果もあったため、本論点は阻害要因と貢献要因の両面性を有してい

ると解釈できる。

3-3 効率性：高い

日本・タイ国側双方ともに成果達成に適正な人的投入が適切な時期になされてきた。また、H-FAME 製造及びバイオオイル製造パイロットプラントの設置に代表されるように、各種の施設及び分析機材が投入され、研究の質を支えることに貢献した。予算面では日本のみならず、タイ側も適宜柔軟な予算投入を行い、プロジェクト活動を効果的に促進した。

3-3-1 人的投入

(1) 日本側投入

日本側は、技術課題ごとに高い専門性を有した短期専門家を研究機関及び大学から投入した。また、短期専門家に加えて、長期専門家である業務調整専門家の投入も行われた。投入分野並びに投入量ともに、終了時評価時点においては適切な人的投入と考えられる。

(2) タイ側投入

タイ側も各 C/P 組織の NSTDA、TISTR、KMUTNB をはじめとして、各分野の知見を豊富に有した人材を配置しており、効果的であった。また、それぞれの C/P はプロジェクトでの研究活動のみならず、PR 活動等にも積極的に参加しており、活動従事度は総じて高かった。

3-3-2 物的投入

本プロジェクトでは H-FAME 及びバイオオイル製造にかかるパイロットプラントを TISTR に設置した。また、各種分析に必要な資機材であるガスクロマトグラフィや高速液体クロマトグラフィ、リアルタイム PM アナライザー等々、高度な分析を可能とする機材を投入したことにより、研究・分析の質も向上した。

3-3-3 本邦研修

C/P は本邦研修の機会を利用して、各種の分析手法や資機材の使用及び維持管理の方法を学んだ。効果の一例としては、バイオオイル製造に用いる循環流動層型熱分解炉の安定稼働を促進したことが挙げられる。同装置の設置当初はタイの C/P が類似装置の使用経験をほとんど有していなかったため、装置を計画どおりに使用することができない状況が続いていた。しかしながら、本邦研修を通して装置の特性を理解した後は、安定的に稼働させることができるようになった。

3-3-4 投入（予算）

日本・タイ国側双方から、プロジェクト活動のための予算が適宜支出された。貢献要因に記載のとおり、タイ側 C/P 組織から通常予算の他にも、適宜柔軟な予算投入をもって、パイロットプラントの改造や車両走行試験などが実現できた点は特筆される。

3-4 インパクト：高い

本プロジェクトでは政策面や組織面、技術面でインパクトが発現している。また、上位目標達成の可能性も見込まれる。総合的なインパクトは「高い」と評価できる。

(1) 波及効果

これまで下記の波及効果を確認できる。

1) 政策面

- ・プロジェクト成果の政策への反映

本プロジェクトの最大成果の1つである H-FAME が、今後利用を促進すべき技術として、2015 年に改訂された AEDP 2015～2036 年に記載された。同計画では、H-FAME をバイオディーゼルとしてのポテンシャルが期待できる製品として、今後実用化に向けた研究、実証活動を進めることが記載された。

2) 組織面

- ・ステークホルダー組織間の連携強化

本プロジェクトは C/P 組織である NSTDA、TISTR 及び KMUTNB 内のみならず、エネルギー省や民間会社（自動車メーカー、石油会社）といった多様なステークホルダーの関係強化を促す効果があった。緊密なコミュニケーションによって生まれた、組織間の良好な関係は、プロジェクト終了後も継続することが期待できる。

- ・若手研究者の人材育成

プロジェクトの活動は若手研究者の育成にも貢献した。経験・知見の豊富なタイ人研究者及び日本人研究者から技術移転を受け、本分野にかかる技術・知見を蓄積するとともに、論文作成などアカデミックな側面でも成果を上げた。

3) 技術面

- ・H-FAME 製造技術の適用性

プロジェクトがジャトロファを用いて構築した、H-FAME 製造技術はジャトロファのみならず、その他の非食糧系作物や食糧系作物にも適用が可能である。既にプロジェクトでは、ジャトロファだけでなく、食糧系作物であるパーム H-FAME も製造しており、社会実装に向けた取り組みが開始されている。

なお、終了時評価時点において負のインパクトはみられない。

3-5 持続性：おおむね高い

(1) 政策・法規制面

1) 政策面

タイ政府の国家開発計画及び AEDP において、バイオ燃料の重要性及び研究の必要性が述べられている。特に、2015 年に改訂された AEDP では、プロジェクト成果の H-FAME に焦点を当てた記載があり、同技術の将来利用に向けた研究促進の必要性が記載されている。この観点からは、政策面での持続性は高い。

しかしながら、昨今の原油価格の低迷が長期間にわたったり、さらに価格が下がり続けた場合には、バイオ燃料の経済性メリットが希薄となるため、H-FAME の研究及び利用を促進させる政策的意にも負の影響が生じる可能性が指摘される。

2) 法規制面

H-FAME が一般市場で使用されるにあたり、利用促進を促すインセンティブメカニズムを構築することが求められる。既に政府は税制面でのインセンティブメカニズム構築の重要性を十分認識しており、AEDP の戦略スケジュール内でも H-FAME の技術検証を進めな

がら、同時に税制などのインセンティブ構築を進めることが計画されている。

(2) 技術面

C/P 組織である NSTDA、TISTR は、及び KMUTNB は関連技術を本プロジェクトを通して獲得したことに加え、本プロジェクトで培ったネットワークを活用して日本側研究機関と今後も協力体制を築くことが確認されており、技術面において、持続性の観点で大きな懸念はない。

(3) 組織・財政面

本プロジェクトに参画した各ステークホルダー組織は、予算も継続的に配分されていることが確認できており、人員も十分に配置されていることから、今後も継続的に研究及びフィールドでの各種活動を行うに十分な組織体制を有している。

終了時評価調査の現在、本プロジェクトのパイロットプラントに比して、さらに大規模なプラントによる H-FAME 製造デモンストレーションプロジェクトを実施することが計画されている。ただし、同デモンストレーションプロジェクトの予算はまだ決定されてはおらず、今後、日本側の政府系ファンドもしくはタイ側の民間企業のファンドを利用するためにプロポーザル等を作成するステップに進む予定である。プロジェクト関係者からの聞き取りによれば、予算獲得の可能性も決して低くはないものの、その必要予算は 1,000 万 USドル規模になることが想定されるため、その可能性を楽観することはできない。以上から、財務面の持続性については、終了時評価時点においては高いとはいえない。

3-6 結論

本プロジェクトは期待された成果をほぼ達成できたことを確認した。本プロジェクトの重要成果の 1 つである H-FAME は、2015 年に改訂された AEDP のなかで今後の有望なバイオディーゼルの 1 つとして特記されるといったインパクトも生じた。これは民間会社との協力関係を成功裏に構築できたことや、エネルギー省への情報共有を意識的に進めてきたことなどによるものである。以上のことから、本プロジェクトは、プロジェクト期間内にプロジェクト目標を達成する見込みは高いと判断される。

プロジェクトは次のステップである、デモンストレーションプロジェクトの準備を既に開始しており、社会実装への道程を既に進み始めている。今後は組織間の役割を明確に定めるとともに、必要な予算を確実に獲得できるよう、プロポーザル作成を進めることが求められている。

第4章 提言と教訓

4-1 提言

本プロジェクトの成果を今後さらに普及、発展させるために、本終了時評価調査団はタイ側に対して以下の提言を行った。

(1) デモンストレーションプロジェクトの着実な実施

社会実装に向けて、本プロジェクトの次ステップとなる H-FAME にかかるデモンストレーションプロジェクトを着実に実施するよう提言する。プロジェクト関係者は必要な支援を得るためのプロポーザル作成を既に進めているが、今後は関係組織間の役割分担、特に事務局機能をどの組織が有し、どのように関係組織の調整を進めていくか等々について、議論を進める必要がある。

(2) コミュニケーションネットワークの保持及び拡大・発展

デモンストレーションプロジェクトをはじめ、今後社会実装への取り組みを進めるためには、ステークホルダー組織間のコミュニケーションが重要である。本プロジェクトで構築したネットワークを保持するとともに、今後はさらに原料供給サイドのステークホルダーである農業省や、ユーザーサイドのプレーヤーである石油会社、自動車会社等とのコミュニケーションを密に行い、ネットワークをさらに発展させることを提言する。

(3) バイオオイル及び非食糧系バイオマス燃料の研究継続

残渣から製造するバイオオイルは、プロジェクトの PDM が規定していた品質を満たすことには成功したものの、その経済性などの観点から、社会実装に至るまでにはまだ時間が必要と結論されている。短期的な社会実装は困難である可能性もあるものの、中長期的な視点から同研究を継続することを提言する。

また同様に、ジャトロファをはじめ、非食糧系バイオマスの利用についても中長期的な視点で社会実装に向けた研究を継続するよう提言する。

(4) ASEAN 諸国に対するプロジェクト成果の普及

タイが H-FAME 技術の域内リーダーとして、ASEAN 諸国及び、Asian and Pacific Centre for Transfer of Technology や国際再生可能エネルギー機構などを通じて国際社会に同技術を普及することを提言する。既にプロジェクトは TISTR に設置したパイロットプラントの有効利用も視野に入れて、ASEAN 諸国を対象とした第三国研修の実施も検討している。今後、このような研修の取り組みなどを通して、H-FAME 技術を普及するリーダー的役割をタイが担うことが望ましい。

4-2 教訓

(1) コミュニケーションの重要性

本プロジェクトでは年に1度開催する JCC や、2カ月おきのステアリング・コミッティ、その他各種のワークショップ、セミナーなど、頻繁に情報交換が可能な体制を整備してきた。

特にステアリング・コミッティには C/P 組織のみならず、重要な政策決定機関としてエネルギー省も招待したことによって、プロジェクト成果の政策反映を後押しした効果があった。

プロジェクト成果の政策反映を実現させるためには、仮に C/P ではなくても、折々に触れて政策決定機関と情報共有を積極的に行い、定期会合にも出席を呼びかけるなどの対応をとることが重要である。

(2) 民間会社との早い段階からの連携構築

本プロジェクトは民間会社との早い段階からの連携が行われ、車両走行試験を複数回実施した。プロジェクト研究者の個人的なつながりから連携が始まった側面があるが、研究成果が出そう前から早めの連携を行い、技術の実証を行えたことは関係省庁への説明時にも説得力を増し、AEDP 反映のための重要なエビデンスとなったと考えられる。

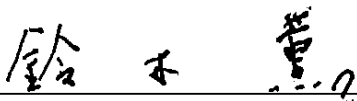
このことから、プロジェクト終了後を見据え、可能な限りプロジェクト開始段階で民間会社を巻き込むこと、もしくは中間段階に入る前までに民間会社との連携を始める努力を行うことが望ましい。

付 属 資 料

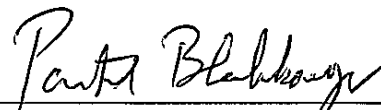
1. 合同終了時評価調査報告書（英文）
2. PDM（和文、仮訳）
3. 終了時評価調査面談メモ

Joint Terminal Evaluation Report
on
Innovation on Production and Automotive Utilization of Biofuels from
Non-Food Biomass

Bangkok, Thailand
11 February, 2016



Mr. Kaoru Suzuki
Leader
Japanese side Joint Terminal Evaluation
Team
Senior Advisor to the Director General,
Industrial Development and Public Policy
Department
Japan International Cooperation Agency
(JICA)
Japan



Dr. Paritud Bhandhubanyong
Leader
Thai side Joint Terminal Evaluation Team
Project Director
Kingdom of Thailand

TABLE OF CONTENTS

ABBREVIATIONS.....	3
1. Outline of the Evaluation	4
1-1. Background	4
1-2. Objectives	4
1-3. Outline of the Project	4
1-4. Methodology.....	5
1-5. Members of the Joint Terminal evaluation Team.....	7
1-6. Schedule of the Joint Terminal evaluation	8
2. Achievements of the Project.....	8
2-1. Records of Inputs.....	8
2-2. Results of the Activities and Achievement of the Outputs	9
2-3. Achievement of Project Purpose.....	14
2-4. Prospect of Achievement of Overall Goal.....	15
2-5. Implementation Process of the Project	15
3. Evaluation by Five Criteria.....	16
3-1. Relevance.....	16
3-2. Effectiveness	18
3-3. Efficiency.....	19
3-4. Impact.....	20
3-5. Sustainability.....	21
3-6. Conclusions.....	22
4. Recommendations.....	23

ANNEXES

- Annex 1. Inputs for the Project (Japanese side)
- Annex 2. Inputs for the Project (Thai side)
- Annex 3. Project Design Matrix (PDM)
- Annex 4. Plan of Operation (PO)
- Annex 5. Research Papers and Presentation at Academic Conferences

ABBREVIATIONS

Abbreviation	Formal title
AEDP	Alternative Energy Development Plan
AIST	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
APCTT	Asian and Pacific Centre for Transfer of Technology
ASEAN	Association of Southeast Asian Nations
BDF	Biodiesel Fuel
C/P	Counterpart
DEDE	Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy
EAS	East Asia Summit
ERIA	Economic Research Institute for ASEAN and East Asia
FAME	Fatty Acid Methyl Ester
H-FAME	Partially Hydrogenated Fatty Acid Methyl Ester
IRENA	International Renewable Energy Agency
JCC	Joint Coordinating Committee
JICA	Japan International Cooperation Agency
JST	Japan Science and Technology Agency
KMUTNB	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
LCA	Life Cycle Assessment
M/M	Minutes of Meetings
MTEC	National Metal and Materials Technology Center
MOST	Ministry of Science and Technology
NSTDA	National Science and Technology Development Agency
PDM	Project Design Matrix
PO	Plan of Operation
R/D	Record of Discussions
SATREPS	Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development
TISTR	Thailand Institute of Scientific and Technological Research

- 267

Putra

1. Outline of the Evaluation

1-1. Background

Research on alternative energy has a long history in the Kingdom of Thailand. Development of bioethanol and biodiesel have been addressed as parts of the Royal Projects since around 1970 and energy generated from food biomass such as oil palm and sugarcane are currently the mainstream. On the other hand, it is preferable to avoid utilizing food biomass for generating fuels; thus, examination on this method is required. Due to this background, there have been growing needs for clarification of development mechanism of non-food biofuels and standardization of tests on these biofuels in Thailand. Although *Jatropha* oils and surplus agriculture residues are listed as potential feedstock for production of non-food biofuels, *Jatropha* contain toxic materials such as phorbol ester, so their detoxification is needed for utilization as biofuels. Development of fundamental technologies for upgrading biofuels as automotive utilization is essential and technical problems are required to be overcome.

Considering these situations, the Government of the Kingdom of Thailand requested support of the Government of Japan under the form of scientific technical cooperation (SATREPS) with aiming at innovating technologies of biofuels production from non-food biomass. In response to this request, detailed planning survey was conducted in September 2009 and the record of discussion (R/D) on technical cooperation project "Innovation on Production and Automotive Utilization of Biofuels from Non-Food Biomass" with the period from May 2010 to March 2015 was signed in February 2010. The Project was extended one year up to March 2016 in consideration of the influence caused by the heavy flood in 2011. Therefore, the Project period is six years, which has another additional one year on the original schedule.

1-2. Objectives

- (1) To evaluate the activities of the project and its process of implementation based on the Record of Discussions (R/D).
- (2) To analyze and discuss the achievement of the project in terms of five evaluation criteria (relevance, effectiveness, efficiency, impact and sustainability).
- (3) To identify and recommend measures for solving problems on the project operation to related organizations of the Kingdom of Thailand and Japan based on the result of (1) and (2), and to discuss the activities of the project for the rest of the cooperation period and post project period.
- (4) To propose to revise the Project Design Matrix (PDM) and Plan of Operation (PO) based on the results of discussions, if necessary.
- (5) To prepare and agree on the Terminal evaluation Report with the Government of the Kingdom of Thailand and Japan, and to exchange the Minutes of Meetings (M/M).

1-3. Outline of the Project

The outline of the Project is shown as follows:



Project Purpose:

Fundamental technologies to produce biofuels from non-food biomass for automotive utilization are developed.

Outputs:

(For Research Achievement 1)

【Task 1】

1. Detoxification conversion technology for production of non-toxic BDF is developed.
2. Standardized production technology of high-quality BDF in a pilot-scale is developed.
3. Catalyst utilization technology for upgrading Jatropha BDF is developed.
4. CO₂ reduction effect of high quality BDF from Jatropha oil is clarified by the Life Cycle Assessment (LCA).

【Task 4】

5. Automobile fuel compatibility of high quality BDF produced by the Project is proven.

(For Research Achievement 2)

【Task 2】

6. Production technology of bio-oil from Jatropha residues by thermal/ catalytic conversion is developed.
7. Separation and stabilization technologies of bio-oil are developed.

【Task 3】

8. Deoxygenation and catalytic hydrotreating technologies for upgrading of bio-oils to the quality of petroleum gasoline and diesel oil are developed.
9. Co-processing technology of deoxygenated bio-oils and conventional petroleum, which can be utilized at a conventional petroleum refinery, is developed.
10. CO₂ reduction effect for using Jatropha derived oils as transportation fuels is clarified by the Life Cycle Assessment (LCA).

【Task 4】

11. Automobile fuel compatibility of bio-oils from Jatropha residues, including bio-oils upgraded with conventional petroleum, is proven.

(For human resources development/technology transfer, practical application of BDF production technologies)

【Task 5】

12. Researchers involved with biofuels production and utilization are nurtured.
13. Preparations for practical application of BDF production technologies are done.

1-4. Methodology

1-4-1. Method of Evaluation

The Terminal evaluation was conducted in accordance with the latest "JICA Guidelines for Project

Evaluations” issued in May 2014. Current project status and outcomes were assessed from the aspects of the five criteria of relevance, effectiveness, efficiency, impact, and sustainability.

The Terminal evaluation Team conducted surveys at the project sites through the interviews and questionnaires to the counterpart personnel, other related organizations, and the Japanese experts involved in the Project to evaluation the Project.

1-4-2. Five Evaluation Criteria

Description of the five evaluation criteria that were applied in the analysis for the Terminal evaluation is given in Table 1 below. The relationship between the five evaluation criteria and PDM (Project Purpose, Outputs and Inputs) are also described in the following (Figure 1).

Table 1: Description of Five Evaluation Criteria

Criteria	Definitions
Relevance	Degree of compatibility between the development assistance and priority of policy of the target group, the recipient, and the donor.
Effectiveness	A measure of the extent to which an aid activity attains its objectives.
Efficiency	Efficiency measures the outputs -- qualitative and quantitative – in relation to the inputs.
Impact	The positive and negative changes produced by a development intervention, directly or indirectly, intended or unintended. This involves the main impacts and effects resulting from the activity on the social, economic, environmental and other development indicators.
Sustainability	Sustainability is concerned with measuring whether the benefits of an activity are likely to continue after donor funding has been withdrawn Projects need to be environmentally as well as financially sustainable.

Source: “JICA Guidelines for Project Evaluations”, May 2014

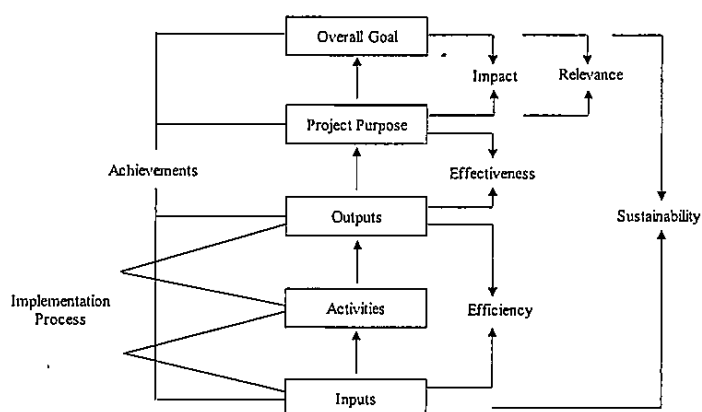


Figure 1: Relationship between the Five Criteria and PDM

Patrol

1-4-3. Collection Methods and Data Sources

The specific methods and sources are described below.

- Documents related to the Project
Progress reports
- Answers for the questionnaire
Japanese experts and counterparts
- Record of Inputs from both sides and Activities of the Project
- Interviews with the Project counterpart personnel, experts, and personnel in related organizations
- Field Survey

1-5. Members of the Joint Terminal evaluation Team

The evaluation was conducted jointly by Japanese side and Thai side. The members of the joint evaluation team are shown below.

<Japanese Side>

Name	Title	Position and Organization
Mr. Kaoru Suzuki	Team Leader	Senior Advisor to the Director General (Energy), Industrial Development and Public Policy Department, JICA
Mr. Yamato Kawamata	Planning and Coordination	Assistant Director, Team 1, Energy and Mining Group, Industrial Development and Public Policy Department, JICA
Mr. Jun Totsukawa	Evaluation Analysis	Director, Sano Planning Co., Ltd
Mr. Masayuki Sato	Observer	Principal Associate Research Supervisor, Department of International Affairs (SATREPS Group), JST

<Thai Side>

Name	Position	Position and Organization
Dr. Paritad Bhandhubanyong	Team Leader	Executive Director of Education and Special Project Development, Panyapiwat Institute of Management
Dr. Aree Thanaboonsombut	Member	Deputy Executive Director, MTEC
Dr. Aparat Mahakhant	Member	Deputy Governor, TISTR

Dr. Sabaithip Tungkamani	Member	Dean, Faculty of Science Energy and Environment, KMUTNB
--------------------------	--------	---

1-6. Schedule of the Joint Terminal evaluation

The Terminal evaluation was conducted during the period between 1st of February and 11th of February, 2016.

2. Achievements of the Project

2-1. Records of Inputs

The following are the achievements of inputs by the time of the Terminal evaluation by both Japanese side and Thai side.

2-1-1 Japanese Side

1) Assignment of Experts

Research leader and experts in the field of biomass energy were dispatched to the Project in total of 18 personnel as of Terminal evaluation.

2) Training in Japan

Total number of 36 Thai counterparts received for trainings at AIST and Waseda University in Japan.

3) Provision of Equipment

Equipment equivalent to approximately 269 million JPY (100 million Baht) was procured.

4) Local cost

The total amount of project cost on the activities as local cost are estimated approximately 9.4 million JPY (3.4 million Baht) by JICA at the date of Terminal evaluation.

2-1-2 Thai Side

1) Thai counterpart and other staff

95 Thai counterparts have been assigned to the Project as Project Director, Project Manager, Project vice manager and members from NSTDA, TISTR, and KMUTNB.

2) Provision of facilities

Office spaces with electricity, water, sewerage system and furniture necessary for the Project activities at NSTDA and TISTR have been provided for the performance of duties by the Japanese Experts.

Expansion of the laboratory space was made at NSTDA, TISTR, and KMUTNB for the Project activities. Workshop site for pilot plant installation was also secured at TISTR.

3) Provision of Equipment

All the counterpart organizations have been providing necessary equipment for the Project activities at laboratories and pilot plants. The cost provided was approximately 7.5 million Baht in total.

4) Operational cost

Measurable cost incurred by the Project activities are summarized 47 million Baht, in which cost allocated for preparation and operation of laboratory, pilot plant, automobile on-road test, and other daily research activities.

2-2. Results of the Activities and Achievement of the Outputs

Achievement status of the each output is as follows:

Research Achievement 1

Task 1: High quality BDF production		
1. Detoxification conversion technology for production of non-toxic BDF is developed.	Indicators	Activities and Achievement Level
	1. By 2012, toxic content (phorbol ester) in BDF is reduced to the safety level.	The indicator was already fulfilled as of the Terminal evaluation. It was confirmed that the phorbol ester was reduced below its detection limit, which satisfies the safety level. The Project also developed a new analysis method of phorbol ester by use of liquid chromatography in this Task 1. The innocuousness was confirmed by the newly developed analysis method as well.
2. Standardized production technology of high-quality BDF in a pilot-scale is developed.	Indicators	Activities and Achievement Level
	2. By 2012, a high quality BDF production plant with detoxification and oxidation stabilization units is operated continuously for processing Jatropha oil in Thailand on a one-ton per day basis	The indicator was already fulfilled as of the Terminal evaluation. A high quality BDF production plant with detoxification and oxidation stabilization units was already installed at TISTR and has been operated. The plant is now able to produce 1 ton per day.
3. Catalyst utilization	Indicators	Activities and Achievement Level
	3. By 2014, the	The indicator was already fulfilled as of the Terminal

14
" 109

Patte

technology for upgrading Jatropha BDF is developed.	quality of BDF satisfies the 'EAS-ERIA Biodiesel Fuel Standards' as well as the Bio-Diesel Guidelines of the World Wide Fuel Charter.	evaluation. The Project's output, H-FAME, satisfies the quality requirement of EAS-ERIA Biodiesel Fuel Standards, EEBS:2008 as well as the Bio-Diesel Guidelines of the World Wide Fuel Charter.
4. CO ₂ reduction effect of high quality BDF from Jatropha oil is clarified by the Life Cycle Assessment (LCA).	Indicators	Activities and Achievement Level
	4. By 2014, CO ₂ emission in the processes of high quality BDF production proposed by the Project is clarified by the Life Cycle Assessment (LCA).	The indicator was already fulfilled as of the Terminal evaluation. CO ₂ emission in the process of FAME production and H-FAME production was clarified. In the process of FAME production, the emission amount of CO ₂ was calculated as approximately 0.42 kgCO _{2,eq} /kg FAME, and the one during the transition process to H-FAME was approximately 0.18 kgCO _{2,eq} /kg H-FAME .
Task 4: Automobile fuel compatibility		
5. Automobile fuel compatibility of high quality BDF produced by the Project is proven.	Indicators	Activities and Achievement Level
	5. By 2013, automobile fuel compatibility of BDF blended with diesel oil is proved by material compatibility evaluation and engine combustion performance evaluation.	The indicator was already fulfilled as of the Terminal evaluation. Automobile fuel compatibility of H-FAME was already confirmed through the evaluations on material compatibility and engine combustion performance. Engine bench test and on-road test of mixed oil, which is composed of diesel oil and H-FAME, confirmed the compatibility with the automobile fuel. The test revealed the mixed oil had a slight increase in NOx emission, though, reduction in CO, hydrocarbon and particulate matter. Material compatibility evaluation results showed that the mixed oil with diesel oil and H-FAME has the same quality of existing BDF in terms of material corrosion and elastomer swelling.

Research Achievement 2

Task 2: Bio-oil production

kh

Patrol

6. Production technology of bio-oil from Jatropha residues by thermal/ catalytic conversion is developed.	Indicators	Activities and Achievement Level
	6.1 By 2012, fast pyrolysis catalyst for hydro deoxygenation which makes oxygen contents less than 40wt% is developed.	The indicator was already fulfilled as of the Terminal evaluation. By use of Ultra Stable Y zeolite and Beta zeolite, the residual oxygen in the Jatropha bio-oil reduced below 5wt%.
7. Separation and stabilization technologies of bio-oil are developed.	Indicators	Activities and Achievement Level
	7.1 By 2013, technologies for bio-oil separation and stabilization which separate solid sediment and water-soluble fractions in bio-oil and selectively recover water-insoluble fractions for further upgrading to transportation fuel, is developed.	The indicator was already fulfilled as of the Terminal evaluation. The Project successfully developed technologies for bio-oil separation and stabilization. Bio-oil can be separated by application of water extraction method. As for stabilization, water-insoluble bio-oil is to be stabilized by use of oxidation inhibitor such as Butylated Hydrotoluene (BHT).
	7.2 By 2014, a prototyped separator cum stabilizer of bio-oil in a pilot-scale is developed	The indicator was already fulfilled as of the Terminal evaluation. A prototyped water extraction separator that enables to separate bio-oil into water-soluble fractions and water-insoluble ones was developed and installed at NSTDA.
Task 3: Upgrading Bio-oils and Life Cycle Assessment		
8. Deoxygenation and catalytic	Indicators	Activities and Achievement Level
	8. By 2012, oxygen	The indicator was already fulfilled as of the Terminal

hydrotreating technologies for upgrading of bio-oils to the quality of petroleum gasoline and diesel oil are developed.	content of bio-oil from Jatropha residues is reduced by 10-20wt%.	evaluation. By use of sulfided NiMo/Al ₂ O ₃ , the oxygen content of bio-oil from Jatropha residue was reduced from 23wt% to between 9 and 12wt%.
9. Co-processing technology of deoxygenated bio-oils and conventional petroleum, which can be utilized at a conventional petroleum refinery, is developed.	Indicators	Activities and Achievement Level
	9. By 2014, the quality of the blended deoxygenated bio-oil with petroleum fractions and further upgraded under the conventional petroleum refining conditions meets the quality standard of petroleum gasoline and diesel oil. (sulfur content < 10-50ppm, oxygen content < 0.1wt%)	The indicator was already fulfilled as of the Terminal evaluation. The Project developed co-processing technology of deoxygenated bio-oil and conventional petroleum. By mixing petroleum-based diesel and deoxygenated bio-oil, which was obtained through hydrodeoxygenation process in the framework of Task 8, the Project successfully produced hydrocarbon fuel. The quality of fuel satisfies the indicator's requirements as follows: the figure of sulfur, between 6.3 and 16 ppm, and oxygen content, below 0.1wt%.
10. CO ₂ reduction effect for using Jatropha derived oils as transportation fuels is clarified by the Life Cycle Assessment (LCA).	Indicators	Activities and Achievement Level
	10. By 2014, CO ₂ emission in the processes of biomass residues pyrolysis to bio-oils and following upgrading of bio-oils to transportation fuels is clarified by the Life Cycle Assessment (LCA).	The indicator was already fulfilled as of the Terminal evaluation. CO ₂ emission in the process of Jatropha residues pyrolysis to bio-oil and its upgrading was clarified. In the process of bio-oil production, the emission of CO ₂ was calculated as approximately 3.3 kg CO ₂ eq/kg bio-oil. CO ₂ emission while hydroprocessing for upgrading bio-oil was approximately 9.0 kg CO ₂ eq/kg bio fuel.
Task 4: Automobile fuel compatibility		
11. Automobile fuel compatibility	Indicators	Activities and Achievement Level
	11. By 2014,	The indicator is partly not fulfilled yet as of the

4 1-7

Part 4

<p>of biofuels from Jatropha residues, including bio-oils upgraded with conventional petroleum, is proven.</p>	<p>automobile fuel compatibility of biofuels derived from Jatropha residues (including bio-oil blended with petroleum) is proved by material compatibility evaluation and engine combustion performance evaluation.</p>	<p>Terminal evaluation.</p> <p>Automobile fuel compatibility of biofuels obtained after upgrading bio-oils from Jatropha residues was confirmed by the evaluations on material compatibility, but not yet by engine combustion performance.</p> <p>Material compatibility evaluation showed that the biofuels can be improved as lower sulfur rate, below 10 ppm, and lower oxygen content, below 0.1%. It indicates that the biofuels is compatible with automobile fuel.</p> <p>On the other hand, engine combustion performance evaluation has not been conducted yet mainly because of insufficiency of biofuels volume for implementation of the engine bench test. The reason of insufficiency is derived from the delay in full operation of bio-oil plant at TISTR due to heavy flood in 2011, and delay in the subsequent upgrading of the TISTR's bio-oils.</p>
--	---	---

Human resources development/technology transfer, practical application of BDF production technologies

Task 5: Human resources development/technology transfer		
<p>12. Researchers involved with biofuels production and utilization are nurtured.</p>	<p>Indicators</p> <p>12. Number of research papers and presentations at academic conferences is increased.</p>	<p>Activities and Achievement Level</p> <p>The indicator was already fulfilled as of the Terminal evaluation.</p> <p>In the course of the Project implementation, the Project related personnel elaborated many of research papers and presentations.</p>
<p>13. Preparations for practical application of BDF production technologies are done.</p>	<p>Indicators</p> <p>13.1 Issues (e.g. raw materials, technical/economic/environmental aspects, etc.) and future directions relating to practical application of BDF production technologies are clarified.</p>	<p>Activities and Achievement Level</p> <p>The indicator was already fulfilled as of the Terminal evaluation.</p> <p>Through implementation of the Project along with discussion between Thai and Japanese sides, the followings are identified as necessary issues to tackle in order to realize dissemination and application of BDF production technologies.</p> <p>1) Stable procurement of raw materials</p> <p>In the short run, major target of H-FAME material would be palm. Although the Thai government plans to increase production of palm for BDF purpose apart from</p>

		<p>food sector purpose, it is necessary to ensure the increase of its production.</p> <p>2) Quality of H-FAME It is necessary to continue testing the quality of H-FAME for its credibility. Production of H-FAME under larger scale than the pilot plant is required.</p> <p>3) Business feasibility It is estimated that the cost for making H-FAME requires additional around 1 Baht to FAME as of the Terminal evaluation. It is necessary to keep studying the cost cutting from the business viewpoints.</p> <p>The Project related personnel and organizations are now planning to conduct consecutive studies including these aspects. The studies will involve not only research institutes but also private companies with an eye to realize future application of H-FAME.</p>
	13.2 Actions for practical application of BDF production technologies are taken (e.g. strengthening collaboration with primary industries, business enterprises, neighboring countries).	<p>The indicator was already fulfilled as of the Terminal evaluation.</p> <p>As abovementioned, the following study project is now under consideration together with Thai government, research institutes from Japan and Thailand, and private companies.</p> <p>In addition, another scheme such as the third country training is also considered to promote dissemination as well as technical transfer on H-FAME technologies.</p>

2-3. Achievement of Project Purpose

Project Purpose: Fundamental technologies to produce biofuels from non-food biomass for automotive utilization are developed.	
Indicators	Activities and Achievement Level
1. It is possible to produce Biodiesel fuel (BDF) which meets the 'EAS-ERIA	<p>The indicator was already fulfilled as of the Terminal evaluation.</p> <p>The Project produced H-FAME from Jatropha, which satisfies the 'EAS-ERIA Bio-Diesel Fuel Standards'. The H-FAME produced</p>

Bio-Diesel Fuel Standards' (10.0 hours oxidation stability which is higher than the EU standard EN 14214 of 6.0 hours) on a one (1) ton per day basis.	by the Project showed 15.1 hours oxidation stability while the EAS-ERIA standard's minimum requirement is 10 hours.
2. The quality of biofuels from Jatropha residues produced and upgraded by the Project satisfies the quality standards of petroleum gasoline and diesel oil (sulfur contents < 10ppm, oxygen < 0.1wt%) at laboratory level.	The indicator was already fulfilled as of the Terminal evaluation. The quality of biofuels from Jatropha residues by the Project satisfies the quality standards of petroleum gasoline and diesel oil through its upgrading process. The quality of the fuel satisfies the indicator's requirements as follows: the figure of sulfur, between 6.3 and 16 ppm, and oxygen content, below 0.1wt%.

2-4. Prospect of Achievement of Overall Goal

Overall Goal: The improved technologies for biofuels from non-food biomass by the Project are disseminated in Thailand.
Indicators
By 2019, the improved technologies for biofuels from non-food biomass by the Project disseminated to researchers and engineering firms in Thailand through actions by the Thai research institutions engaged in the Project, including seminars, training courses, technical services, and so on.
Prospect: It is possible for the Overall Goal to be achieved by the target year of the goal. H-FAME technology can be applied not only to non-food biomass but also food biomass. The counterpart organizations including NSTDA, TISTR and KMUTNB have functions to conduct trainings and seminars on renewable energy including BDF to the public. By use of their training platforms, it can be expected the H-FAME technology is to be disseminated.

2-5. Implementation Process of the Project

2-5-1 Communication

Sharing and exchange of information on the progress of the Project are satisfactory between Japanese and Thai side. Internet communication such as teleconference and e-mail also helped information sharing in addition to face to face communication.

Communication targets are not only within researchers but also government officials including Ministry of Energy. Close communication was one of the contribution factors of the Project's achievement as described later.

107

The Project coordinator stationed at NSTDA, TISTR and KMUTNB has also contributed a lot to enhancing smooth communication sharing between Japanese side and Thai side during the whole Project period.

2-5-2 Monitoring

Monitoring has been conducted basically by the working groups, which were established on the basis of their technical topics. Information on the progresses are shared among all the Project related persons in Japan and Thailand, and reported at the timing of JCC, Steering Committee, academic conferences, seminars and other events held in Japan and Thailand.

Among the several monitoring platforms, the Steering Committee should be specially noted as a strong and effective monitoring platform in the Project. The committee meeting every two months functioned as a close monitoring mechanism which avoided the delay in taking counteractions for whatever challenging issues.

Each counterpart organization, NSTDA, TISTR, and KMUTNB has also elaborated progress reports quarterly basis and reported the Project's progress and outputs to relevant ministries and key stakeholders including JICA office. These reporting also functioned as a monitoring tool of the Project's progresses.

2-5-3 Modification of the Project design

The Project extended one year of the Project period because the heavy flood disaster in 2011 made the series of activities paused for about one year. Without its extension, the Project's outputs would be possibly terminated in half-way achievement status. It is evaluated the appropriate modification in this context. The details are shown in the following "Inhibition factors".

3. Evaluation by Five Criteria

Each criterion is evaluated using the following five rankings: "high", "relatively high", "moderate", "relatively low", and "low".

3-1. Relevance

Relevance of the Project is high.

The Project is consistent with the priority of development policies of Thailand, the needs of the key stakeholders/counterparts, and Japan's Official Development Assistance (ODA) policy.

3-1-1 Consistency with the development policy of the government

The Eleventh National Economic and Social Development Plan 2012-2016, which is regarded as the most fundamental national development policy of Thailand, sets the seven development strategies. One of them is the "managing natural resources and environment towards sustainability", and it stresses the importance on research and development to increase the productivity and utilization of bio-energy.

In addition, the Alternative Energy Development Plan 2012-2021 issued by Ministry of Energy declared further promotion of renewable energy use along with research and development.

As noted in the following chapter as Impact, the Alternative Energy Development Plan was revised in 2015, and reset the goal year to 2036. The revised plan places more importance on renewable energy as well as bio-energy¹.

Since the primary purpose of this Project is to develop fundamental technologies on bio-energy production, it is confirmed that the Project is consistent with the Thai governmental development policy and strategies.

3-1-2 Consistency with Japanese ODA policy/plan

The Country Assistance Policy for Thailand sets three priority areas of assistance, one of which is to focus on “Sustainable development of economy and coping with maturing society”. In this priority area, the Policy stresses the importance to assist in advancement of research capabilities and networking through Thailand-Japan collaboration towards the mutual benefit of economy and society in Thailand and Japan. The Project is placed as one of the important projects in the Rolling plan as “Advancement of research capabilities and networking” program.

The Project has also another feature as environment and climate change sector. This category is also another priority area of Japanese assistance to Thailand.

The consistency with the Japanese assistance policy of the Project is confirmed in these lines.

3-1-3 Consistency with the needs

The counterpart organizations including NSTDA, TISTR and KMUTNB, who have rich research experiences on bio-energy, owed important mission to contribute to achieving the policy targets declared at the Alternative Energy Development Plan.

Although they had many research achievements on FAME production, the researches on bio fuel making by biomass residue were relatively limited. To upgrade FAME by hydrotreating process was also rather limited at the time of the Project commencement. In this line, the co-research works in the Project framework by the Japanese and Thai researchers are to satisfy the needs of the Thai counterpart organizations. It is evaluated that the Project met with the needs of the counterpart organizations.

3-1-4 Appropriateness of the Project design: involvement of stakeholders

The Project involves key stakeholders not only from the research organizations and universities such as NSTDA, TISTR and KMUTNB, but also the line governmental organizations including Ministry of Energy. Looking at the social application of the Project’s outputs in the future, this stakeholders’ line up is considered to be effective. The project design from the viewpoint of stakeholders’ involvement is evaluated appropriate.

¹ The previous plan set the ratio of renewable energy as 25% among total energy consumption by 2021, while the revised plan set 30% by 2036. As to biodiesel, the previous plan sets 7.2 ML/day usage by 2021 and current plan sets 14 ML/day by 2036.

107

3-2. Effectiveness

Effectiveness of the Project is high.

3-2-1 Progress of Project purpose and outputs

The Project purpose, which is to produce biofuels from non-food biomass for automotive utilization, has been satisfactorily achieved as of the Terminal evaluation. By use of Jatropha, the Project developed the technologies to produce H-FAME, which is the upgraded product of FAME, through hydrotreating process. The technologies to upgrade bio-oil from Jatropha residue were also successfully developed. Both products of Jatropha H-FAME and bio-oil from Jatropha residue are satisfying the targeted quality, which is 'EAS-ERIA Bio-Diesel Fuel Standards' and the standards of petroleum gasoline and diesel oil, respectively.

Looking at the achievement status of each Output, nearly all the Outputs were achieved as originally expected. Only the combustion performance evaluation in the framework of the Output 11 was not in time mainly because of insufficiency of biofuels volume for implementation of the engine bench test. The reason of insufficiency is derived from the delay in full operation of bio-oil plant at TISTR due to heavy flood events in 2011, and delay in the subsequent upgrading of the TISTR's bio-oils.

Although there is only one issue to be left in the Output 11, overall, it is evaluated that the Project has implemented a series of planned activities steadily and produced tangible outputs, which resulted in achievement of the Project purpose.

3-2-2 Contribution factors

1) Effective use of assets on personal relation and infrastructure between Japan and Thailand

Japan and Thailand has kept long and good relationship for long time not only by the JICA project but also collaborative research works. The Project was able to proceed on the basis of such historical assets not only on laboratory infrastructure but also personal relationship. It helped both sides to work in harmonized manner all the time.

2) Recognition of management strata personnel of counterpart organizations

The management strata personnel including presidents of the counterpart organizations have been the strong supporters of the Project with high recognition of the importance of the Project activities. Their high recognition led to securement of the budget for not only the daily works at the Project activities but also relatively large amount of budget such as automobile running test by NSTDA, conversion works of circulating fluidized bed pyrolyzer at TISTR, and laboratory maintenance at KMUTNB.

3) Cooperation by a private company

The Project received cooperation from a private company on automobile running test. Since this kind of test is indispensable to ensure the engine compatibility of H-FAME, its cooperation contributed to achievement of the Project purpose.

4) Frequent communication among the Project personnel and active implementation of public relations
The Project paid attention on frequent and close communication not only within the researchers but also with government officials including Ministry of Energy. Such elaborated communication environment led to better performance of the Project activities and to reflect the Project's outputs on policy document of the Thai energy sector.

In this line, public relations were also actively and effectively conducted in the Project to disseminate the Project's outputs to relevant stakeholders. The Project utilized various tools effectively such as PR video, posters, TV, and conducted public relations by use of events such as science and technology fair. These efforts also made the base of stakeholders' recognition of H-FAME by the Project.

3-2-3 Inhibition factors

1) Heavy flood in the year of 2011

Heavy flood in 2011 caused the damage of the pilot plant for H-FAME production, and also put off installation timing of another pilot plant for bio-oil production, circulating fluidized bed pyrolyzer, at TISTR. The postponement of installation of bio-oil production plant accordingly caused the delay in bio-oil production. The Project confirmed the quality of improved bio-oil through material compatibility evaluation, but could not finish engine combustion performance evaluation as originally planned.

Vice versa, the counteractions taken by the Project for this challenge should be noted in hereto. Firstly, owing to efforts by Thai counterpart organizations and Japanese researchers with JICA office, all the facilities were repaired completely. Then, secondly, the Project extended the project period for one year through discussion and coordination efforts among relevant organizations in Japan and Thailand. The one-year extension arrangement produced positive effects. The most representative example is reflection of the Project's output, H-FAME, on the newly revised Alternative Energy Development Plan in 2015. If the Project had terminated as originally scheduled one year before, the Project may have missed the right timing to let the government officials to know the Project's outputs, and might be slightly difficult to reflect H-FAME on the revised Plan.

3-3. Efficiency

Efficiency of the Project is high.

Manpower inputs from both Japanese and Thai side and facility/material inputs contributed to achievement of outputs. Facility/material inputs as pilot plant for H-FAME and bio-oil production were also giving a great impact on the Project's achievement.

3-3-1 Manpower inputs

1) Japanese manpower input

Japanese side dispatched short term experts in the relevant technical fields and long term experts stationed in Thailand as a project coordinator. Short term experts with abundant experiences and knowledge on bio-energy from various perspectives have been dispatched from research institutes as well as universities.

The manpower input is evaluated appropriate for achievement of the expected outputs and the Project purpose.

2) Thai manpower input

It is evaluated that Thai side has made effective manpower inputs towards achievement of the Project purpose until the Terminal evaluation. In addition to their own knowledge and skills, many of researchers have continuously engaged in the Project activities without frequent job rotation. This arrangement of personal inputs also contributed to efficiency of the works during the entire project period.

3-3-2 Facility and Equipment

The Project installed the pilot plant for H-FAME production and bio-oil production from biomass residue at TISTR. Considering the Project purpose, it is evaluated reasonable and indispensable inputs for the Project implementation.

3-3-3 Training in Japan

Visiting Japan was an effective event for counterparts to observe the research methodologies in Japan and how to operate and maintain the facilities related to the Project activities. One of the representative examples of its effectiveness is that learning the mechanism of circulating fluidized bed pyrolyzer helped the counterparts to start stable operation of the plant at TISTR.

3-3-4 Budget

The amount of budget was satisfactory with the Project activities from Japanese side as well as Thai side. As already noted in the Contribution factors, Thai counterpart organizations allocated necessary budget in flexible manner in addition to the fixed budget allocation. Owing to such flexible allocation, necessary repairs and conversion works for pilot plant facility, and automobile running test were realized.

3-4. Impact

Impact of the Project is high.

Impacts on policy, organizational, technical, and social aspects are observed as of the Terminal evaluation.

3-4-1 Positive impact

Policy aspect:

1) Policy reflection

One of the remarkable outputs by the Project, H-FAME, is reflected as one of prospective biodiesels in the revised Alternative Energy Development Plan (AEDP) 2015-2036. Ministry of Energy was convinced the potential of H-FAME by the positive result of the automobile running test which was carried out by cooperation of an automobile company. The running test successfully triggered the attention of Ministry of Energy and led to reflection of the revised AEDP

Technical aspect:

1) Application potentials of H-FAME

The technologies to produce H-FAME can be applied not only to Jatropha but also many types of biomass and non-biomass materials. As of the Terminal evaluation, the Project has been applying the technologies to Jatropha and palm. It is expected to promote H-FAME production of palm for the time being along with the Alternative Energy Development Plan².

Organizational aspect:

1) Stronger relationship among stakeholders

The Project promoted tighter relationship among counterpart organizations including NSTDA, TISTR, KMUTNB, and other stakeholders such as Ministry of Energy and private companies on biodiesel production. Frequency of communication and consultation processes in the framework of the Project contributed to tightening the relationship, which expectedly lead to seamless cooperation even after the Project.

2) Capacity development of younger researchers

The Project activities contributed to enhancing the technical knowledge of young researchers, and increased the number of academic reports/papers among the counterpart organizations.

3-4-2 Negative impact

There are no negative impacts observed.

3-5. Sustainability

Sustainability of the Project is relatively high.

Sustainability of policy aspect as well as organizational/technical aspect is confirmed. Regarding financial sustainability, although it is prospective that the next phase demonstration project receives the necessary budget either from funds of Japan or Thailand, it is not yet secured as of the Terminal evaluation. Considering the current situation, the sustainability is evaluated relatively high.

3-5-1 Policy aspect

1) Prospects of policy direction

Thai government has the national plan for alternative energy, namely, Alternative Energy Development Plan towards the year of 2036, which shows the government's strong will to enhance research and development of H-FAME and its utilization to the target year. Since the plan clearly mentions such future direction of H-FAME promotion, it is evaluated that the sustainability of policy aspect is basically high. 167

² Responding to the requests from Thai government, the Project may put more promotion effort on palm H-FAME than Jatropha H-FAME for the time being because the palm H-FAME has more feasibility in terms of the stability of its oil quality and the easiness of material procurement than Jatropha.

However, the global market of the oil price has remained in the low range recently. It should be noted that it can be a risk factor to influence on the future of the policy intension from the global market viewpoint if the oil price continuously goes lower than the current level.

2) Legal/regulation aspect

In order for H-FAME to be accepted by public in the market, setup of incentive mechanism is necessary. At this moment Thai government has already concerned its necessity from the tax incentive viewpoint. It can be expected that the government would complete preparation of such incentive mechanism while the research and development efforts on H-FAME continue.

3-5-2 Organizational and Technical aspect

In order to promote and disseminate H-FAME technologies in Thailand in the context of social application, collaborative works by the counterpart organizations are required in the same manner basically as the Project period. Since all the organizations have solid and sustainable organizational structure and technical expertise, there are no serious concerns on their sustainability in the organizational and technical aspect as of the Terminal evaluation. The remaining challenge is how to continuously work in the collaborative manner under whose organizational initiatives and coordination efforts.

As to the facilities and equipment that the Project provided, there are no negative concerns on the technical aspect of their use and maintenance, it is necessary for TISTR to ascertain how to procure spare parts when necessary along with a short-mid-long term maintenance/renewal plan.

3-5-3 Financial aspect

As of the Terminal evaluation period, the Project has already prepared several proposal options in order to continue the studies with larger scale plants of H-FAME production, because such demonstration project with scale up infrastructure is indispensable towards social application process. The options of the budget sources are the project fund from Japanese side and another from Thai private companies' as of the Terminal evaluation. Both options have a certain level of possibilities to successfully receive the budget, though, it is not assured yet.

Considering that the necessary budget may require more than 10 million USD, it should be considered whatever unexpected events may occur. In this line, the financial sustainability is evaluated uncertain as of the Terminal evaluation, although there are possibilities to be solved out in months after the Terminal evaluation.

3-6. Conclusions

A series of the Project activities and its purpose were consistent with the Thai governmental policy and the needs of the government as well as the counterpart organizations including NSTDA, TISTR and KMUTNB. sen

The Project achieved successfully the purpose as originally expected. The highlighted output as H-FAME technology was reflected in the newly revised Alternative Energy Development Plan to 2036 since the

Ministry of Energy recognized the potential through a variety of events in particular of the automobile running test. It should be noted as a great impact produced by the Project.

All the Project related organizations together have already prepared the next phase actions, demonstration project. Sustainability towards the social application stage is almost ensured along with this preparation effort. The remaining issue is to finalize the budget source for implementation of the demonstration project.

4. Recommendations

Based on the analysis of the Project, the Team put the following recommendations to Thai side towards enhancement of the Project's outputs within/after the Project period.

(1) Implementation of demonstration project

It is recommended that demonstration project on H-FAME with larger scale plant be implemented as the next stage towards social application stage. The team acknowledges that the all the Project relevant organizations started to prepare proposals to realize the project. The team recommends to accelerate its preparation and to ensure the implementation with necessary funding sources.

In this line, it is necessary to start discussion regarding which organization to take what roles in the demonstration project including the secretariat role for coordination of the stakeholders.

(2) Keeping and/or developing communication network

During the social application stage, communication with various stakeholders will be as important as during the Project period, or will be much more important. It is recommended to sustain the communication network that the Project established among counterpart organizations and government officials, and to develop further with supply side players such as Ministry of Agriculture, and user side players as oil makers and automobile makers.

(3) Continuous studies of bio-oil, and biofuel from non-food biomass

Although the bio-oil development was carried out in the Project framework successfully in terms of the indicator's fulfillment, further studies are necessary towards transferring to the social application stage in the mid-long run. It is recommended to continue the study with collaboration of the counterpart organizations.

The study in the long run perspective on production of biofuel from non-food biomass including *Jatropha* is also recommended from economic viewpoint and reliable supply chain for the future.

(4) Dissemination of the research outputs to ASEAN countries and others

It is recommended for Thailand to disseminate H-FAME technology to ASEAN countries as a technical leader of H-FAME in the region. In this line, it is also expected for the pilot plant installed by the Project to be effectively utilized for such training purposes as well.

It is also recommended for Thailand to continuously contribute and collaborate on the related academies



and related events such as ASEAN Biofuel Flagship and international workshop with APCTT and IRENA, which is a crucial factor for the sustainability.

167



Annex 1: INPUTS FOR THE PROJECT (JAPANESE SIDE)**(1) LIST OF JAPANESE EXPERTS**

1)	Dr. Yuji Yoshimura	AIST (Leader/Research Director, Catalyst Technology for BDF production and Upgrading, Implementation Strategy)
2)	Dr. Makoto Toba	AIST (Catalyst Technology for Upgrading of Bio-oil)
3)	Dr. Takehisa Mochizuki	AIST (Catalyst Technology for Pyrolysis and Upgrading of Bio-oil)
4)	Dr. Shinichi Goto	AIST (Automobile Fuel Comaptibility Evaluation)
5)	Dr. Mitsuharu Oguma	AIST (Automobile Fuel Comaptibility Evaluation)
6)	Dr. Kazuhisa Murata	AIST (Catalyst Technology for Catalytic Pyrolysis)
6)	Dr. Yoshikazu Sugimoto	AIST (Deoxygenation Technology for Bio-oil)
8)	Dr. Yoshizo Suzuki	AIST (Technology for Bio-oil production)
9)	Dr. Shih-yuan Chen	AIST (Catalyst Technology for BDF production)
10)	Dr. Masayuki Sagisaka	AIST (Life Cycle Assessment Technology)
11)	Prof. Akio Nishijima	WU (Diputy Research Director, Capacity building and Impremmentation Technology)
12)	Prof. Yasuhiro Daisho	WU (Fuels combustion Behavior Simulation)
13)	Prof. Masafumi Katsuta	WU (Capacity building)
14)	Prof. Jin Kusaka	WU (Fuels combustion Behavior Simulation)
15)	Prof. Hiroshi Onoda	WU (Life Cycle Assessment Technology)
16)	Prof. Makoto Nohtomi	WU (Life Cycle Assessment Technology)
17)	Dr. Hideo Samura	WU (Implementation Strategy)
18)	Dr. XiaoDan Cui	WU (Fuels combustion Behavior Simulation)
<Withdrawal>		
	Dr. Hideaki Hamada	AIST (Automobile Fuel Comaptibility Evaluation)
	Mr. Yukichi Horie	AIST (Deoxygenation Technology for Bio-oil)
	Ms. Yohko Abe	AIST (Catalyst Technology for BDF Upgrading)
	Prof. Junichi Watanabe	WU (Implementation Strategy)
	Prof. Takao Nakagaki	WU (Fuels combustion Behavior Simulation)
	Prof. Takuya Kirikawa	WU (Life Cycle Assessment Technology)
	Prof. Katsuya Nagata	WU (Life Cycle Assessment Technology)
	Prof. Tsukasa Ohkawa	WU (Implementation Strategy)

Annex 1: INPUTS FOR THE PROJECT (JAPANESE SIDE)
(2) Provision of Equipment

No.	Name	Details	Location	Cost (THB)	Cost (JPY)	Installation Date
1	Pilot Plant for high quality biodiesel fuel production	Custom made/Production Unit, Upgrading Unit	TISTR	(44,280,442.80)	120,000,000	19 Mar. 2011
2	Standard apparatus for catalytic reaction test	BEL-REA micro reactor, Micro GC	MTEC	5,181,000.00	(14,040,510)	7 Mar. 2011
3	Homogenizer	Thermo Fisher Scientific, T25 Digital	MTEC	72,000.00	(195,120)	7 Mar. 2011
4	Rotary evaporator	Buchi Rotary Evaporation Unit, Heating Bath, Vacuum Pump	MTEC	434,600.00	(1,177,766)	7 Mar. 2011
5	Canopy Hood	Custom made	MTEC	570,000.00	(1,510,500)	13 Mar. 2012
6	Autoclave	PARR High Temperature/High Pressure Reactor, Head and Cylinder and Internal Wetted Components	MTEC	1,177,000.00	(3,189,670)	7 Mar. 2011
7	Lab-scale pyrolyzer	Frontier Lab Double Shot Pyrolyzer, Auto Shot Sampler, Auto-shot Gas Reservoir	MTEC	1,540,000.00	(4,173,400)	7 Mar. 2011
8	Bio-oil Separator	Custom made	MTEC	3,948,000.00	(10,699,080)	31 Jul. 2013
9	CHNOS Analyzer	TruSpec CHN Elemental Determinator Package, Sulfur Module for TruSpec, TruSpec Oxygen Add-on Module	MTEC	4,077,000.00	(10,804,050)	6 Mar. 2012
10	Pyrolyzer link with GC-MS	Frontier Lab Double Shot Pyrolyzer, Agilent GC, MS, Auto injector	TISTR	3,704,000.00	(9,926,720)	9 Feb. 2011
11	Pilot-scale extruded-type fast pyrolyzer	Custom made	TISTR	792,000.00	(2,114,640)	7 Jun. 2011
12	ICP	PerkinElmer ICP-Optical Emission Spectrometer Optima 8000	TISTR	2,900,000.00	(7,221,000)	10 Jan. 2012
13	A set of high pressure micro-reactor	PARR Micro Reactor 100 mL (Fixed Head), T316 Stainless Steel Magnetic Drive	KMUTNB	955,000.00	(2,588,050)	7 Mar. 2011
14	GC-MS	Agilent GC 7890A, MSD 5975C, Auto Sampler	KMUTNB	3,216,000.00	(8,715,360)	7 Mar. 2011
15	Chemisorptions analyzer	BELCAT - B (x2)	KMUTNB/ TISTR	7,100,000.00	(18,815,000)	29 Mar. 2012
16	Fluidized bed pyrolyzer	Custom made	TISTR	3,120,000.00	(7,862,400)	28 Sep. 2012
17	HPLC	Agilent FC-AS, DAD VL, TCC, ALS, Quat Pump VL, Solvent Cabinet	MTEC	2,084,000.00	(5,647,640)	7 Mar. 2011
18	Viscosity Meter	Brookfield LVDV-II+Pro Extra, Refrigerated Bath	MTEC	592,500.00	(1,475,325)	22 Dec. 2011
19	Vacuum oven	MEMERT / MEM-E-VO500, Pump Module	MTEC	693,000.00	(1,878,030)	7 Mar. 2011
20	Tubular furnace	Carbolite HST12/400/3216P1	MTEC	500,000.00	(1,340,000)	21 Feb. 2011
21	Vacuum jet dehydrator	Oil Pure System VJ-50, Turbine Jet Centrifuge, Oil Water Separation, Oil Strainer Element	TISTR	1,682,243.00	(4,155,140)	10 Feb. 2012
22	Peristaltic pump	Reglo Analog MS-4/8-100	KMUTNB	80,600.00	(218,426)	7 Mar. 2011
23	Dual line vacuum manifold	Manifold, Vacuum Trap, Direct Drive Pump	KMUTNB	272,000.00	(737,120)	7 Mar. 2011
24	Realtime PM Analyser	SPC 472, EURO5-MK2, UKAS	MTEC	7,600,000.00	(20,596,000)	14 Nov. 2013
25	CFPP analyzer	Tanaka MPC-102A	TISTR	775,000.00	(2,100,250)	10 Oct. 2013
26	Degumming Equipment	Custom made	TISTR	(3,480,000.00)	8,700,000	31 Jul. 2012
Total				100,826,385.80	269,881,197	

* Exchange rate used in () : 1baht=2.71yen

Annex 1: INPUTS FOR THE PROJECT (JAPANESE SIDE)

(3) Local Cost Expenditure

Details of use	JFY 2010 (2010.7-2011.3)	JFY 2011 (2011.4-2012.3)	JFY 2012 (2012.4-2013.3)	JFY 2013 (2013.4-2014.3)	JFY 2014 (2014.4-2015.3)	JFY 2015 (2015.4-2016.1)	Total
Purchase cost							
Materials (Jatoropha Oil, Jatoropha Residues)	1,027,200.00	428,000.00	267,447.50	300,822.97	402,075.64	1,110.00	2,425,546.11
Materials and apparatus for research activities	53,714.00	26,696.00					80,410.00
Office miscellaneous	24,044.00	5,760.00		1,400.00	980.00	300.00	32,184.00
Transportation and trip (include air ticket and car rental)	130,547.00	292,347.00	11,780.00	115,940.00	1,059,279.00	328,107.75	1,609,893.00
Communication and conveyance	47,866.00	60,650.00			21,854.00	40,782.00	108,516.00
Seminar, training, and conference	19,300.00	121,400.00	359,297.00	158,000.00	67,648.00	211,005.00	725,645.00
Dissemination (Printing and event)	-	29,960.00	21,916.00	31,244.00	205,879.10	255,927.50	288,999.10
Rental (Equipment for research)	132,252.00	-	-	-	-	-	132,252.00
Employment (Project assistant and translator)	283,421.00	88,121.00	165,190.00	100,542.00	133,482.00	117,365.00	770,756.00
Contract	-	-	-	-	3,234,500.00	-	3,234,500.00
Others	-	-	-	-	-	-	-
Total	1,718,344.00	1,052,934.00	825,630.50	707,948.97	5,125,697.74	954,597.25	9,430,555.21

Annex 2: INPUTS FOR THE PROJECT (THAI SIDE)

(1) Assignment of C/P Personnel

No	Project Position	Name	Organization	Group Division	Leader	Responsibility	Assignment Period*					
							2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Project Director	Dr. Paritud Bhandhubanyong	NSTDA			Project Management Steering Committee						
2	Project Manager	Dr. Siriluck Nitichanyong Deputy Executive Director in Research and Development	NSTDA-MTEC			Project Management Steering Committee						
2	Project Manager	Dr. Aree Thanaboonsombut Deputy Executive Director in Research and Development	NSTDA-MTEC			Project Management Steering Committee						
3	Deputy Project Manager	Dr. Aparat Mahakhant Deputy Governor Research and Development for Sustainable Development	TISTR			Project Management (Capacity Development) Steering Committee						
3	Deputy Project Manager	Dr. Suriya Sasananarakit Deputy Governor Research and Development for Sustainable Development	TISTR			Project Management Steering Committee						
3	Deputy Project Manager	Dr. Sutiporn Chewasatn Deputy Governor Research and Development for Sustainable Development	TISTR			Project Management Steering Committee						
4	Deputy Project Manager	Dr. Sabathip Tungkamani Dean, Faculty of Science Energy and Environment	KMUTNB			Project Management Steering Committee						
4	Deputy Project Manager	Dr. Surin Laosooksathit Dean of Faculty of Applied Science	KMUTNB			Project Management Steering Committee						
5	Senior Research Supervisor	Ms. Peesamal Jenvanitpanjakul	NSTDA			Project Management Steering Committee						
6	C/P	Dr. Werasak Udemkitchdecha	NSTDA-MTEC	MTEC Director								
7	C/P	Dr. Thumrongrut Mungcharoen	NSTDA-MTEC	CPMO Director Energy cluster								
8	Research Leader	Dr. Nuwong Chollasoop	NSTDA-MTEC	Renewable Energy Lab (formerly Bioenergy Lab), MTEC	Dr. Sumittra	MTEC coordinator/ Detoxification Fractionation/ Engine testing						
9	C/P	Mr. Atomo Yukimune	NSTDA-MTEC	MTEC Coordinator								
10	C/P	Dr. Ekkarut Vlyanit	NSTDA-MTEC	Failure Analysis and Materials Corrosion Lab, MTEC	Ms. Siriluck	Fractionation						
11	C/P	Dr. Sittha Sukkasi	NSTDA-MTEC	Materials Technology for Hazardous Substances Free Products Lab, MTEC	Ms. Siriluck	Fractionation						
12	C/P	Mr. Nirut Bunchoo	NSTDA-MTEC	Failure Analysis and Materials Corrosion Lab, MTEC	Dr. Ekkarut	Fractionation						
13	C/P	Mr. Wisanupong Khonraeng	NSTDA-MTEC	Failure Analysis and Materials Corrosion Lab, MTEC	Dr. Ekkarut	Fractionation						
14	C/P	Ms. Vituruch Goodwin	NSTDA-MTEC	Renewable Energy Lab, MTEC	Dr. Nuwong	Solid catalyst Fractionation						
15	C/P	Ms. Parncheewa Udomsap	NSTDA-MTEC	Renewable Energy Lab, MTEC	Dr. Nuwong	Detoxification Solid catalyst for BDF, Fractionation of bio-oil						
16	C/P	Dr. Boonyawan Yoosuk	NSTDA-MTEC	Renewable Energy Lab, MTEC	Dr. Nuwong	Solid catalyst for BDF, Fractionation of bio-oil						
17	C/P	Ms. Buppa Shomchoaro	NSTDA-MTEC	Renewable Energy Lab, MTEC	Dr. Nuwong	Solid catalyst for BDF						
18	C/P	Dr. Duangduen Atong	NSTDA-MTEC	Applied Ceramics Lab, MTEC	Ms. Siriluck	Catalytic fast pyrolysis						
19	C/P	Dr. Viboon Sricharoenchaikul	NSTDA-MTEC	Applied Ceramics Lab, MTEC	Ms. Siriluck	Catalytic fast pyrolysis						
20	C/P	Mr. Teerapong Baitiang	NSTDA-MTEC	Bioenergy Lab, MTEC	Dr. Nuwong	Engine testing						
21	C/P	Mr. Kitkong Suwannakij	NSTDA-MTEC	Electrochemical Materials and System Lab, MTEC	Dr. Sumittra	Engine testing						
22	C/P	Dr. Manida Tongroon	NSTDA-MTEC	Renewable Energy Lab, MTEC	Dr. Nuwong	Engine testing						
23	C/P	Mr. Mongkon Kananont	NSTDA-MTEC	Renewable Energy Lab, MTEC	Dr. Nuwong	Engine testing						
24	C/P	Mr. Amornpeth Suebwong	NSTDA-MTEC	Renewable Energy Lab, MTEC	Dr. Nuwong	Engine testing						
25	C/P	Dr. Jitti Mungkalasiri	NSTDA-MTEC	LCA lab, MTEC	Ms. Siriluck	LCA						
26	C/P	Ms. Porapimom Boonkum	NSTDA-MTEC	LCA lab, MTEC	Dr. Jiti	LCA						
27	C/P	Mr. Athiwat Jirajarjyavech	NSTDA-MTEC	LCA lab, MTEC	Dr. Jiti	LCA						
28	C/P	Dr. Sumittra Charojoekkul	NSTDA-MTEC	Electrochemical Materials and System Lab, MTEC	Ms. Siriluck	MTEC coordinator						
29	C/P	Dr. Peerawat Saisirirat	NSTDA-MTEC	Renewable Energy Lab, MTEC	Dr. Nuwong	Engine testing						
30	C/P	Ms. Thitimporn Duangmanee	NSTDA-MTEC	Bioenergy Lab, MTEC	Dr. Nuwong	Solid catalyst for BDF production Fractionation of bio-oil						
31	C/P	Ms. Jiraporn Boonpo	NSTDA-MTEC	Bioenergy Lab, MTEC	Dr. Nuwong	Fractionation of bio-oil						
32	C/P	Ms. Wanwisa Thanungkano	NSTDA-MTEC	LCA lab, MTEC	Dr. Jiti	LCA						
33	C/P	Ms. Ruthairat Wisansuwannako	NSTDA-MTEC	LCA lab, MTEC	Dr. Jiti	LCA						
34	C/P	Dr. Yatika Somrang	NSTDA-MTEC	Renewable Energy Lab, MTEC	Dr. Nuwong	Fractionation of bio-oil						
35	C/P	Dr. Supawan Vichaphund	NSTDA-MTEC	Ceramics Processing Lab, MTEC	Dr. Duangduan	Catalytic fast pyrolysis						
36	C/P	Dr. Subongkol Topalbooi	NSTDA-MTEC	Bioenergy Lab, MTEC	Dr. Nuwong	Engine testing						
37	C/P	Ms. Chamalporn Sukjamsri	NSTDA-MTEC	Bioenergy Lab, MTEC	Dr. Nuwong	Engine testing						
38	C/P	Mr. Tanakorn Doungmukpanao	NSTDA-MTEC	Bioenergy Lab, MTEC	Dr. Nuwong	Engine testing						
39	C/P	Ms. Noramon Intaranont	NSTDA-MTEC	Failure Analysis and Materials Corrosion Lab, MTEC	Dr. Ekkarut	Fractionation						
40	C/P	Mr. Ukrit Sahapatsombut	NSTDA-MTEC	Bioenergy Lab, MTEC	Dr. Nuwong	Solid catalyst for BDF						

Annex 2: INPUTS FOR THE PROJECT (THAI SIDE)

(2) Equipment and Facilities Prepared by Thai side

Equipment

Equipment	Institute	Year	Budget (Baht)
Networked GC with FPD/TCD detector	MTEC	2011	2,000,000
Balance	MTEC	2011	30,000
Temperature controlled chamber	MTEC	2011	24,000
Volumetric KF tritator unit	MTEC	2011	155,000
Air compressor	MTEC	2012	50,000
Oven (Model FD53)	MTEC	2012	50,125
Rancimat Compressor	MTEC	2012	45,000
GPC unit for HPLC	MTEC	2012	625,000
AVL smoke meter	MTEC	2012	1,440,000
Hot plate	MTEC	2012	41,000
Air Compressor	TISTR	2011.01.27	52,430
Air Dryer with Air Receiver	TISTR	2011.01.27	71,112.20
Hand lift	TISTR	2011.02.14	26,750
Mobile of Methoxide	TISTR	2011.01.24	79,180
Pump for Cooling tower	TISTR	2011.01.24	20,865
Hand pump and Hand Pump with Battery	TISTR	2011.01.24	95,230
RO system	TISTR	2011.02.14	25,145
Electric Boiler	TISTR	2011 June	850,714
Balance	TISTR	2011 Sep.	16,778
Prototype of Fluidized bed fast pyrolyser	TISTR	2012 Jan.	75,000
Pump for the lab of separation bio oil	TISTR	2012	15,000
Pressure Gauge	TISTR	2012	21,935
Reparation of Rancimat	TISTR	2012	61,729
Peroxide value measurement equipment	TISTR	2012	59,547
Parr reactor	TISTR	2012	700,000
Automatic Titator Set for TAN & TBN	KMUTNB	2011	500,000
GC column	KMUTNB	2012	22,005
Reactive distillation unit	KMUTNB	2012	300,000
Syringe filter	KMUTNB	2012	24,026
Weight balance	KMUTNB	2012	60,000

Facilities

Laboratory for the project	MTEC
Working space for Project Coordinator	MTEC
Additional laboratory space for the project	MTEC

Workshop for the BDF Pilot Plant	TISTR
Workshop for the bench scale Pyrolyzers	TISTR
Laboratory for the project	TISTR
Room for the JICA expert	TISTR
Workshop for the project	KMUTNB
Room for the JICA expert	KMUTNB

Annex 2: INPUTS FOR THE PROJECT (THAI SIDE)

(3) Local Cost Expenditures

(THB)

Year 2010 (2010.5-2011.3)							
Description	NSTDA/MTEC *1a	NSTDA/CPMO*1b	NSTDA/IC *1c	TISTR*2	KMUTNB *3	Total	
1 Employment of Research assistant (not include permanent staff and researchers)	157,460	55,000		312,000	-	524,460	
2 Equipment for analysis and testing	376,855	500,000		370,712	-	1,247,567	
3 Materials (Jatoropha Oil, Jatoropha Residues)	366,855	-		-	250,000	616,855	
4 Materials (Chemicals, Gas, and etc.) and apparatus	644,553	177,800		380,228	250,000	1,452,581	
5 Construction and installation (include materials)	550,282	800,000		537,676	-	1,887,958	
6 Modification and repair of equipment	-			-	-	0	
7 Transportation (Trip, shipping, and to carry)	4,355			51,425	-	55,780	
8 Dissemination (Printing and event)	-			-	-	0	
9 Training	-			-	-	0	
10 Others (including budget for steering committee)	103,951		638,000	-		741,951	
Total	2,204,312	1,532,800	638,000	1,652,041	500,000	6,527,153	

Year 2011 (2011.4-2012.3)							
Description	NSTDA/MTEC *1a	NSTDA/CPMO*1b	NSTDA/IC *1c	TISTR*2	KMUTNB *3	Total	
1 Employment of Research assistant (not include permanent staff and researchers)	592,285	180,000		312,000	-	1,084,285	
2 Equipment for analysis and testing	841,018			942,491	-	1,783,509	
3 Materials (Jatoropha Oil, Jatoropha Residues)	400,205	2,060,000		-	250,000	2,710,205	
4 Materials (Chemicals, Gas, and etc.) and apparatus	874,363	550,000		361,430	-	1,785,793	
5 Construction and installation (include materials)	600,308			-	250,000	850,308	
6 Modification and repair of equipment				728,900	-	728,900	
7 Transportation (Trip, shipping, and to carry)	45,527			14,700	-	60,227	
8 Dissemination (Printing and event)	-			166,164	-	166,164	
9 Training				55,000	-	55,000	
10 Others (including budget for steering committee)	163,726		580,000	-		743,726	
Total	3,517,432	2,790,000	580,000	2,580,685	500,000	9,968,117	

Year 2012 (2012.4-2012.9)

Description	NSTDA/MTEC *1a	NSTDA/CPMO*1b	NSTDA/IC *1c	TISTR*2	KMUTNB *3	Total
1 Employment of Research assistant (not include permanent staff and researchers)	685,816	252,200		208,314		1,146,330
2 Equipment for analysis and testing	2,487,727	415,500		796,482		3,699,709
3 Materials (Jatoropha Oil, Jatoropha Residues)	166,752	1,030,000		1,048,270		2,245,022
4 Materials (Chemicals, Gas, and etc.) and apparatus	576,908	100,000		639,640	250,000	1,566,548
5 Construction and installation (include materials)	250,128			201,000		451,128
6 Modification and repair of equipment				270,729		270,729
7 Transportation (Trip, shipping, and to carry)	18,371			55,095		73,466
8 Dissemination (Printing and event)						0
9 Training						0
10 Others (including budget for steering committee)	297,590		291,600			589,190
Total	4,483,293	1,797,700	291,600	3,219,530	250,000	10,042,123

Year 2012 (2012.10-2013.9)

Description	NSTDA/MTEC *1a	NSTDA/CPMO*1b	NSTDA/IC *1c	TISTR*2	KMUTNB *3	Total
1 Employment of Research assistant (not include permanent staff and researchers)	567,748					567,748
2 Equipment for analysis and testing	321,550					321,550
3 Materials (Jatoropha Oil, Jatoropha Residues)	6,000	2,060,000				2,066,000
4 Materials (Chemicals, Gas, and etc.) and apparatus	547,222	210,500		264,895	197,840	1,220,458
5 Construction and installation (include materials)	1,918,159					1,918,159
6 Modification and repair of equipment				388,500		388,500
7 Transportation (Trip, shipping, and to carry)	437,768					437,768
8 Dissemination (Printing and event)						0
9 Training						0
10 Others (Expenses for steering committees meeting, Vehicle/engine testing)	3,351,404		583,200	9,100	52,160	3,995,864
Total	7,149,851	2,270,500	583,200	662,495	250,000	10,916,046

Year 2013 (2013.10-2014.9)

Description	NSTDA/MTEC *1a	NSTDA/CPMO*1b	NSTDA/IC *1c	TISTR*2	KMUTNB *3	Total
1 Employment of Research assistant (not include permanent staff and researchers)	221,442			530,000		751,442
2 Equipment for analysis and testing						0
3 Materials (Jatoropha Oil, Jatoropha Residues)	519,018			134,000		653,018
4 Materials (Chemicals, Gas, and etc.) and apparatus	537,945			27,400		27,400
5 Construction and installation (include materials)				933,427	321,000	1,792,372
6 Modification and repair of equipment	4,000			1,527,424		1,531,424
7 Transportation (Trip, shipping, and to carry)	347,563			26,281		373,844
8 Dissemination (Printing and event)						0
9 Training						0
10 Others (Expenses for steering committees meeting,			291,600	600,000	25,000	916,600
Total	1,629,968	0	291,600	3,778,532	346,000	6,046,100

Year 2014 (2014.10-2015.9)

Description	NSTDA/MTEC *1a	NSTDA/CPMO*1b	NSTDA/IC *1c	TISTR*2	KMUTNB *3	Total
1 Employment of Research assistant (not include permanent staff and researchers)	16,000	123,680		771,200		910,880
2 Equipment for analysis and testing						0
3 Materials (Jatoropha Oil, Jatoropha Residues)	51,290	174,439		135,500		361,229
4 Materials (Chemicals, Gas, and etc.) and apparatus	230,432	203,726		410,000		410,000
5 Construction and installation (include materials)				891,234	250,000	1,575,393
6 Modification and repair of equipment				856,578		856,578
7 Transportation (Trip, shipping, and to carry)						0
8 Dissemination (Printing and event)						0
9 Training						0
10 Others (Expenses for steering committees meeting,				300,000	25,000	325,000
Total	297,722	501,845	0	3,364,512	275,000	4,439,079

* 1: NSTDA contribution in 3 parts:

(1a) Internal research funding by CPMO (Cluster Project Management Office) to MTEC,

(1b) External research funding by CPMO to TISTR & KMUTNB and

(1c) Internal funding by IC (International Corporation) for Project Director

* 2: Figures exclude budgets from CPMO of NSTDA

* 3: Figures supported by Thai government (Government budget 250,000 THB for 2012.12-2013.9).

No	Project funded by NSTDA\CPMO	To	Duration (yrs)	Starting	Ending	Approved budget (THB)	budget/month
1	Jatropha detox	MTEC		3.5 2010.06.25	2013.12.25	1,984,000	47,238
2	Fractionation and stabilization of bio-oil	MTEC		3.5 2010.06.25	2013.12.25	1,944,000	46,286
3	Catalytic pyrolysis	MTEC		4 2010.06.25	2014.06.25	1,996,680	41,598
4	LCA	MTEC		3.5 2010.06.25	2013.12.25	1,328,500	31,631
5	On-road test with B10	MTEC		1.5 2012.09.25	2014.03.24	3,350,000	186,111
6	H-FAME production	TISTR		3 2011.09.05	2014.09.04	6,180,000	171,667
7	Bio-oil upgrading by hydrotreatment	KMUTNB		2.25 2010.09.01	2012.11.30	1,622,000	60,074
8	Bio-oil upgrading by deoxygenation	KMUTNB		2.25 2010.09.01	2012.11.30	1,619,000	59,963
						20,024,180	

No	Expense covered by NSTDA\IC	Duration (months)	Starting	Ending	Paid expense (THB)	Monthly rate	Remark
1	Project director honorarium	6	2010.04.01	2010.09.30	348,000	58,000	Contract through TPA
2	Project director honorarium	12	2010.10.19	2011.10.18	696,000	58,000	(Technology Promotion Association)
3	Project director honorarium	3	2012.01.01	2012.03.31	174,000	58,000	Association
4	Project director honorarium	12	2012.04.01	2013.03.31	583,200	48,600	Contract as individual
5	Project director honorarium	12	2013.04.01	2014.03.31	583,200	48,600	Contract as individual

Annex 3: Project Design Matrix

Project Name: Innovation on Production and Automotive Utilization of Biofuels from Non-Food Biomass in Thailand
Target Group: National Science and Technology Development Agency (NSTDA)
 Thailand Institute of Science and Technological Research (TISTR)
 King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB)
 Thailand
Project Area: Researchers, Engineering Firms and Policy Makers related to Development of Biofuels in Thailand
Final Beneficiaries: Researchers, Engineering Firms and Policy Makers related to Development of Biofuels in Thailand

Duration: 16 May 2010 ~ 31 March 2016
Date: December 4, 2012
Version No.: PDM 01

Narrative Summary	Objectively Verification Indicators	Means of Verification	Important Assumption
Overall Goal The improved technologies for biofuels from non-food biomass by the Project are disseminated in Thailand.	By 2019, the improved technologies for biofuels from non-food biomass by the Project disseminated to researchers and engineering firms in Thailand through actions by the Thai research institutions engaged in the Project, including seminars, training courses, technical services, and so on.	Data from questionnaire for the participants of seminars, training courses, technical services by the research institutes engaged in the Project.	<ul style="list-style-type: none"> - The current policies on biofuels of Thailand are not changed. - The crude oil price does not go down from the current level. - The budgets for dissemination activities are provided.
Project Purpose Fundamental technologies to produce biofuels from non-food biomass for automotive utilization are developed.	<ol style="list-style-type: none"> 1. It is possible to produce Biodiesel fuel (BDF) which meets the 'EAS-ERIA Bio-Diesel Fuel Standards' (10.0 hours oxidation stability which is higher than the EU standard EN 14214 of 6.0 hours) on a one (1) ton per day basis. 2. The quality of biofuels from Jatropha residues produced and upgraded by the Project satisfies the quality standards of petroleum gasoline and diesel oil (sulfur contents < 10ppm, oxygen < 0.1wt%) at laboratory level. 	<ul style="list-style-type: none"> - Report of working group meeting by Task. - Quarterly Progress Report - Annual report - Annual report of Joint Meeting by AIST-NSTDA/MTEC-TISTR-KMUTNB 	<ul style="list-style-type: none"> - In accordance with the Action Plan for bio-diesel promotion in Thailand, Jatropha production increases by the sufficient level. - A sufficient research budget for practical use of high quality BDF is obtained.
Output (For Research Achievement 1) [Task 1] <ol style="list-style-type: none"> 1. Detoxification conversion technology for production of non-toxic BDF is developed. 2. Standardized production technology of high-quality BDF in a pilot-scale is developed. 3. Catalyst utilization technology for upgrading Jatropha BDF is developed. 4. CO2 reduction effect of high quality BDF from Jatropha oil is clarified by the Life Cycle Assessment (LCA). [Task 4] <ol style="list-style-type: none"> 5. Automobile fuel compatibility of high quality BDF produced by the Project is proven. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. By 2012, toxic content (phorbol ester) in BDF is reduced to the safety level. 2. By 2012, a high quality BDF production plant with detoxification and oxidation stabilization units is operated continuously for processing Jatropha oil in Thailand on a one-ton per day basis. 3. By 2014, the quality of BDF satisfies the 'EAS-ERIA Bio-Diesel Fuel Standards' as well as the Bio-Diesel Guidelines of the World Wide Fuel Charter. 4. By 2014, CO2 emission in the processes of high quality BDF production proposed by the Project is clarified by the Life Cycle Assessment (LCA). 5. By 2013, automobile fuel compatibility of BDF blended with diesel oil is proved by material compatibility evaluation and engine combustion performance evaluation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Report of working group meeting by Task. - Quarterly Progress Report - Annual report - Annual report of Joint Meeting by AIST-NSTDA/MTEC-TISTR-KMUTNB 	There is no substantial reformation in automobile engine technology.

<p>(For Research Achievement 2)</p> <p>【Task 2】 6. Production technology of bio-oil from Jatropha residues by thermal/ catalytic conversion is developed. 7. Separation and stabilization technologies of bio-oil are developed. 【Task 3】 8. Deoxygenation and catalytic hydrotreating technologies for upgrading of bio-oils to the quality of petroleum gasoline and diesel oil are developed. 9. Co-processing technology of deoxygenated bio-oils and conventional petroleum, which can be utilized at a conventional petroleum refinery, is developed. 10. CO2 reduction effect for using Jatropha derived oils as transportation fuels is clarified by the Life Cycle Assessment (LCA). 【Task 4】 11. Automobile fuel compatibility of bio-oils from Jatropha residues, including bio-oils upgraded with conventional petroleum, is proven.</p>	<p>6.1 By 2012, fast pyrolysis catalyst for hydrodeoxygenation which make oxygen contents less than 40wt% is developed. 6.2 By 2014, a prototyped pyrolysis reactor for catalytic fast pyrolyzer, which can treat 500kg of biomass residues per day, is developed. 7.1 By 2013, technologies for bio-oil separation and stabilization which separate solid sediment and water-soluble fractions in bio-oil and selectively recover water-insoluble fractions for further upgrading to transportation fuel, is developed. 7.2 By 2014, a prototyped separator cum stabilizer of bio-oil in a pilot-scale is developed. 8. By 2012, oxygen content of bio-oil from Jatropha residues is reduced by 10-20wt%. 9. By 2014, the quality of the blended deoxygenated bio-oil with petroleum fractions and further upgraded under the conventional petroleum refining conditions meets the quality standard of petroleum gasoline and diesel oil. (sulfur content < 10-50ppm, oxygen content < 0.1wt%) 10. By 2014, CO2 emission in the processes of biomass residues pyrolysis to bio-oils and following upgrading of bio-oils to transportation fuels is clarified by the Life Cycle Assessment (LCA). 11. By 2014, automobile fuel compatibility of biofuels derived from Jatropha residues (including bio-oil blended with petroleum) is proved by material compatibility evaluation and engine combustion performance evaluation.</p>	<p>- Report of working group meeting by Task. - Quarterly Progress Report - Annual report - Annual report of Joint Meeting by AIST-NSTDA/MTEC-TISTR-KMUTNB</p>	
<p>(For human resources development/technology transfer, practical application of BDF production technologies)</p> <p>【Task 5】 12. Researchers involved with biofuels production and utilization are nurtured. 13. Preparations for practical application of BDF production technologies are done.</p>	<p>12. Number of research papers and presentations at academic conferences is increased. 13.1 Issues (e.g. raw materials, technical/economic/environmental aspects, etc.) and future directions relating to practical application of BDF production technologies are clarified. 13.2 Actions for practical application of BDF production technologies are taken (e.g. strengthening collaboration with primary industries, business enterprises, neighboring countries).</p>	<p>- Above-mentioned reports - Research papers, and presentations at academic conferences - Clarified issues and future directions/approaches - Actions for practical application of BDF production technologies</p>	

<p>Activities</p> <p>[Task 1] Production of high quality BDF from Jatropha oil</p> <p>1.1 To research and develop detoxification technology for BDF production.</p> <p>2.1 To design and develop pilot-scale standardized BDF production process, including the use of local available feedstock.</p> <p>2.2 To produce BDF for engine and on-road tests.</p> <p>3.1 To identify heterogeneous catalysts for transesterification.</p> <p>3.2 To develop hydrotreating technologies for oxidation stability.</p> <p>3.3 To develop demineralization technology of BDF.</p> <p>3.4 To develop detailed analytical methods of BDF.</p> <p>4.1 To conduct Life Cycle Assessment on high quality BDF production by the Project.</p> <p>[Task 2] Production and upgrading of bio-oil from Jatropha residues</p> <p>6.1 To develop catalysts for catalytic fast pyrolysis.</p> <p>6.2 To research and develop pyrolysis reactor for catalytic fast pyrolyzer.</p> <p>7.1 To design and develop separation technologies of bio-oils from Jatropha residues.</p> <p>7.2 To research and develop technologies for increasing stability of bio-oils.</p> <p>[Task 3] Upgrading Bio-oils and Life Cycle Assessment</p> <p>8.1 To research and develop deoxygenation technology of bio-oils.</p> <p>8.2 To research and develop catalytic technology for upgrading bio-oils.</p> <p>8.3 To develop detailed analytical methods of bio-oils.</p> <p>9.1 To research and develop co-processing technologies of deoxygenated bio-oils with conventional petroleum.</p> <p>10.1 To conduct Life Cycle Assessment on biofuels production via. Pyrolysis-hydrotreating and upgrading process.</p> <p>[Task 4] Evaluation of automobile fuel compatibilities of high quality BDF and biofuels from Jatropha residues</p> <p>5.1 To evaluate material compatibilities of high quality BDF produced by the Project.</p> <p>5.2 To evaluate combustion behavior of the BDF.</p> <p>5.3 To evaluate engine performance of the BDF.</p> <p>5.4 To simulate combustion behavior of the BDF.</p> <p>5.5 To conduct on-road tests of the BDF.</p> <p>11.1 To evaluate material compatibilities of biofuels derived from the bio-oils produced by the Project, including biofuels derived from co-processing bio-oils from Jatropha residues with conventional petroleum.</p> <p>11.2 To evaluate combustion behavior of the biofuels.</p>	<p>Japanese side</p> <p>[Dispatch of Japanese Experts]</p> <ul style="list-style-type: none"> •Long-term Expert: Project Coordinator •Short-term Expert: <ul style="list-style-type: none"> ➢ Research Director/ Catalyst Technology for Upgrading of Bio-oil ➢ Vice Research Director/ Automobile Fuel Compatibility Evaluation ➢ Catalyst Technology for BDF Production and Upgrading ➢ Catalyst Technology for Bio-oil production ➢ Deoxygenation Technology for Bio-oil ➢ Life Cycle Assessment Technology ➢ Automobile Fuel Compatibility Evaluation ➢ Combustion Behavior Simulation ➢ Implementation Strategy targeting real application <p>[Machinery and Equipment]</p> <p><NSTDA/MTEC></p> <p>Standard Apparatus for Catalytic Reaction Test, Homogenizer, Rotary Evaporator, HPLC, Canopy, Autoclave, Lab-scale Pyrolyzer, Bio-oil Separator, CHNOS Analyzer, Oven, Vacuum Oven Tubular Furnace</p> <p><TISTR></p> <p>BDF Production Pilot Plant, Pyrolyzer link with GC-MS, Pilot-scale Extruded-type Pyrolyzer, ICP, Fluidized Bed Pyrolyzer, Vacuum Jet Dehydrator</p> <p><KMUTNB></p> <p>A set of High Pressure Micro-reactor, GC-MS, Chemisorption Analyzer, Peristaltic Pump, Dual Line Vacuum Manifold</p> <p>[Training in Japan]</p> <ul style="list-style-type: none"> •BDF upgrading technologies •Detailed Analysis of BDF •Production technologies for bio-oils from Jatropha residues •Bio-oil upgrading technologies •Life Cycle Assessment •Evaluation of automobile fuel compatibility <p>[Other Expenses]</p>	<p>Thai side</p> <p>[Counterpart Personnel]</p> <ul style="list-style-type: none"> •Project Director •Project Manager •Project Co-manager •Project Coordinator •Research Staff: <ul style="list-style-type: none"> <NSTDA/MTEC> <TISTR> <KMUTNB> <p>[Land, Facilities, and Equipment]</p> <p><NSTDA/MTEC></p> <ul style="list-style-type: none"> •Office space for Japanese experts •Laboratories •Necessary Equipments <p><TISTR></p> <ul style="list-style-type: none"> •Office for Japanese Experts (Office in Energy Department) •Laboratories •Equipments <p><KMUTNB></p> <ul style="list-style-type: none"> •Office space for Japanese Experts (Office in Industrial Chemistry Department/ Faculty of Applied Science or Science and Technology Research Institute for Energy Department) •Laboratories •Equipments <p>[Other Expenses]</p> <ul style="list-style-type: none"> •Expendable expenses •Payroll cost for project staff (e.g. secretary) •Other necessary expenses 	<p>Preconditions</p> <p>A sufficient research budget for the counterpart institutions are obtained.</p> <p>Necessary budgets for examining practical application of BDF production technologies are ensured both in Thai and Japanese sides.</p>
--	--	---	---

<p>【Task 5】 Human resources development/technology transfer, and practical application of BDF production technologies</p> <p>12.1 To conduct technical services, training courses and seminars for researchers of counterpart organizations.</p> <p>13.1 To examine strategies for practical application of BDF production technologies.</p> <p>13.2 To exchange information and discuss for strengthening collaborations among concerned parties (e.g. primary industries, business enterprises, universities, government, neighboring countries, etc.) for practical application of BDF production technologies.</p>			
--	--	--	--

Annex 4: Plan of Operation

Outputs		Activities		Institutes	JFY2010	JFY2011	JFY2012	JFY2013	JFY2014	JFY2015
[[Task1]] 1. Detoxification conversion technology for production of non-toxic BDF is developed. 2. Standardized production technology of high-quality BDF in a pilot-scale is developed.	1.1 To research and develop detoxification technology for BDF production.	Plan Actual	AIST NSTDA	↓ ↑	↓ ↑		↑			
	3.1 To identify heterogeneous catalysts for transesterification. 3.2 To develop hydrotreating technologies for oxidation stability. 3.3 To develop demineralization technology of BDF. 3.4 To develop detailed analytical methods of BDF.	Plan Actual	AIST NSTDA TISTR	↓ ↑	↓ ↑		↑			
[[Task2]] 6. Production technology of bio-oil from Jatropha residues by thermal/catalytic conversion is developed. 7. Separation and stabilization technologies of bio-oil are developed.	6.1 To develop catalysis for catalytic fast pyrolysis. 6.2 To research and develop pyrolysis reactor for catalytic fast pyrolyzer.	Plan Actual	AIST NSTDA TISTR	↓ ↑	↓ ↑		↑			
	8.1 To research and develop deoxygenation technology of bio-oils. 8.2 To research and develop catalytic technology for upgrading bio-oils. 8.3 To develop detailed analytical methods of bio-oils.	Plan Actual	AIST KMUTNB	↓ ↑	↓ ↑		↑			
[[Task3]] 8. Deoxygenation and catalytic hydrotreating technologies for upgrading of bio-oils to the quality of petroleum gasoline and diesel oil are developed.	6.1 To develop catalysis for catalytic fast pyrolysis. 6.2 To research and develop pyrolysis reactor for catalytic fast pyrolyzer.	Plan Actual	AIST NSTDA TISTR	↓ ↑	↓ ↑		↑			
	8.1 To research and develop deoxygenation technology of bio-oils. 8.2 To research and develop catalytic technology for upgrading bio-oils. 8.3 To develop detailed analytical methods of bio-oils.	Plan Actual	AIST KMUTNB	↓ ↑	↓ ↑		↑			

9. Co-processing technology of deoxygenated bio-oils and conventional petroleum, which can be utilized at a conventional petroleum refinery, is developed.	9.1 To research and develop co-processing technologies of deoxygenated bio-oils with conventional petroleum.	AIST KMUTNB	Plan Actual	↓ ↓					
10. CO2 reduction effect for using Jatropa derived oils as transportation fuels is clarified by LCA.	10.1 To conduct Life Cycle Assessment on biofuels production via. Pyrolysis-hydrotreating and upgrading process.	AIST NSTDA TISTR	Plan Actual	↓ ↓					
[Task4]									
5. Automobile fuel compatibility of high quality BDF produced by the Project is proven.	5.1 To evaluate material compatibilities of high quality BDF produced by the Project. 5.2 To evaluate combustion behavior of the BDF. 5.3 To evaluate engine performance of the BDF. 5.4 To simulate combustion behavior of the BDF. 5.5 To conduct on-road tests of the BDF.	AIST NSTDA WU NSTDA WU NSTDA AIST WU NSTDA TISTR	Plan Actual Plan Actual Plan Actual Plan Actual Plan Actual	↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓					
11. Automobile fuel compatibility of bio-oils from Jatropa residues, including bio-oils upgraded with conventional petroleum, is proven.	11.1 To evaluate material compatibilities of biofuels derived from the bio-oils produced by the Project, including biofuels derived from co-processing bio-oils from Jatropa residues with conventional petroleum. 11.2 To evaluate combustion behavior of the biofuels.	AIST NSTDA	Plan Actual	↓ ↓					
[Task5]									
12. Researchers involved with biofuels production and utilization are nurtured.	12.1 To conduct technical services, training courses and seminars for researchers of counterpart organizations.	AIST WU	Plan Actual	↓ ↓					
13. Preparations for practical application of BDF production technologies are done.	13.1 To examine strategies for practical application of BDF production technologies. 13.2 To exchange information and discuss for strengthening collaborations among concerned parties for practical application of BDF production technologies.	AIST WU NSTDA TISTR	Plan Actual	↓ ↓					

Annex 5: Research Papers and Presentation at Academic Conferences

Research Papers Published under Innovation on Production and Automotive Utilization of Biofuels from Non-Food Biomass Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS)

International Journal

MTEC/ NSTDA

Detoxification

- ✓ B. Yoosuk, P. Udomsap and B. Puttasawat (2011), "Hydration-dehydration technique for property and activity improvement of calcined natural dolomite in heterogeneous biodiesel production: Structural transformation aspect," *Applied Catalysis A: General* 395, 87-94
- ✓ P. Udomsap, T. Duangmanee and N. Chollacoop (2011), "Investigation of the Phorbol Ester Content in High Quality Biodiesel Production Process," IEEE publications, 1-4, doi: 10.1109/ICUEPES.2011.6497719
- ✓ S.S. Leng, T.M. Kiat, P. Udomsap, N. Chollacoop and S. Yusuf (2013), "Detoxification of Jatropha Residue via Methanol Extraction, *The Journal of Interdisciplinary Networks*, 2(1), 137-143

Biodiesel production and utilization

- ✓ N. Numwong, A. Luengnaruemitchai, N. Chollacoop and Y. Yoshimura (2012), "Effect of Support Acidic Properties on Sulfur Tolerance of Pd Catalysts for Partial Hydrogenation of Rapeseed Oil-Derived FAME," *J. Am Oil Chem Soc*, 89, 2117-2120
- ✓ N. Numwong, A. Luengnaruemitchai, N. Chollacoop and Y. Yoshimura (2012), "Partial hydrogenation of polyunsaturated fatty acid methyl esters over Pd/activated carbon: Effect of type of reactor," *Chemical Engineering Journal*, 210, 173-181
- ✓ N. Numwong, A. Luengnaruemitchai, N. Chollacoop and Y. Yoshimura (2012), "Effect of SiO₂ Pore Size on Partial Hydrogenation of Rapeseed Oil-Derived FAMES," *Applied Catalysis A: General*, 441-442, 72-78
- ✓ N. Numwong, A. Luengnaruemitchai, N. Chollacoop and Y. Yoshimura (2013), "Effect of Metal Type on Partial Hydrogenation of Rapeseed Oil-Derived FAME," *J. Am Oil Chem Soc*, 90, 1431-1438
- ✓ M. Borhanipour, P. Karin, M. Tongroon, N. Chollacoop and K. Hanamura (2014), "Comparison Study on Fuel Properties of Biodiesel from Jatropha, Palm and Petroleum Based Diesel Fuel, SAE Technical Paper 2014-01-2017
- ✓ N. Chollacoop, M. Tongroon, M. Kananont, A. Suebwong, S. Panassorn, P. Bhandhubanyong (2015), "50,000km On-Road Durability Test of Common-Rail Vehicle with 10% Blend of High Quality Biodiesel (H-FAME) from Jatropha," SAE Technical Paper 2015-01-0115, doi: 10.4271/2015-01-0115
- ✓ C. Thunyaratchatanon, A. Luengnaruemitchai, N. Chollacoop and Y. Yoshimura (2016), "Catalytic Upgrading of Soybean Oil Methyl Esters by Partial Hydrogenation using Pd Catalysts," *Fuel*, 163, 8-16
- ✓ N. Chollacoop, M. Tongroon, M. Kananont, A. Suebwong, S. Panassorn, P. Bhandhubanyong (2016), "50,000km On-Road Durability Test of Common-Rail Vehicle with 20% Blend of High Quality Palm Biodiesel (H-FAME)," (submitted)

Fractionation and stabilization

- ✓ Boonyawan Yoosuk, Dusadee Tumnantong and Pattarapan Prasassarakich (2012), "Amorphous unsupported Ni-Mo sulfide prepared by one step hydrothermal method for phenol hydrodeoxygenation," *Fuel*, 91, 246-252.
- ✓ B. Pidtasang, P Udomsap, S. Sukkasi, N. Chollacoop and A. Pattiya (2013), "Influence of alcohol addition on properties of bio-oil produced from fast pyrolysis of eucalyptus bark in a free-fall reactor," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 19, 1851-1857
- ✓ Boonyawan Yoosuk, Jiraporn Boonpo, Parncheewa Udomsap and Sittha Sukkasi (2014), "Investigation of operating parameters of water extraction processes for improving bio-oil quality," *Korean Journal of Chemical Engineering*, 31(12), 2229-2236

LCA

- ✓ W. Thanungkano, P. Boonkum, R. Wisarnsuwannakorn, J. Mungkalasiri (2015), "Sufficiency Economy for Local Energy Security: A Case Study in Wiang Sa Jatropa Municipality," *Energy Procedia*, Volume 79, November 2015, Pages 465-470

Catalyzed Pyrolysis

- ✓ K.Murata, V. Srichareanchaikul, Y. Liu, M. Inaba, M., and I. Takahara (2013), "Effect of metal-modified carbon catalysts on fast pyrolysis of Jatropha waste," *Journal of the Japan Petroleum Institute*, 56: 371-380.
- ✓ T. Mochizuki, D. Atong, S.-Y. Chen, M. Toba, and Y. Yoshimura (2013), "Effect of SiO₂ pore size on catalytic fast pyrolysis of Jatropha residues by using pyrolyzer-GC/MS," *Catalysis Communications*, 36: 1-4.
- ✓ S.Vichaphund, D. Aht-Ong, V. Srichareanchaikul, V., and D. Atong (2013), "Synthesis Characterization and Catalytic Fast Pyrolysis of Jatropha Waste over Synthesized NaZSM-5 and HZSM-5 zeolites," *Advanced Science Letters*, 19: 651-655.
- ✓ S.Vichaphund, D. Aht-Ong, V. Srichareanchaikul, V., and D. Atong (2013), "Catalytic Upgrading of Jatropha Waste Fast Pyrolysis Vapors over Synthesized HZSM-5 Using Analytical Py-GC/MS," *Journal of Biobased Materials and Bioenergy* 7: 252-258.
- ✓ P. Kaewpengkrow, D. Atong and V. Srichareanchaikul (2014), "Catalytic Upgrading Of Pyrolysis Vapors From Jatropha Wastes Using Alumina, Zirconia And Titania Based Catalysts," *Bioresource Technology*, 163: 262-269.
- ✓ P. Kaewpengkrow, D. Atong and V. Srichareanchaikul (2014), "Upgrading Of Bio-Oil From Fast Pyrolysis Of Jatropha Residue With Alumina And Zirconia Supported Pd, Ru, And Ni Catalyst," *Renewable Energy*, 65: 92-101.
- ✓ S.Vichaphund, D. Aht-Ong, V. Srichareanchaikul, V., and D. Atong, (2014), "Catalytic upgrading pyrolysis vapors of Jatropha waste using metal promoted ZSM-5 catalysts: An analytical PY-GC/MS," *Renewable Energy*, 65: 70-77.
- ✓ S.Vichaphund, D. Aht-Ong, V. Srichareanchaikul, V., and D. Atong (2014), "Characteristic of fly ash derived-zeolite and its catalytic performance for fast pyrolysis of Jatropha waste," *Environmental technology* 35: 2254-2261.
- ✓ S.Vichaphund, D. Aht-Ong, V. Srichareanchaikul, V., and D. Atong (2014), "Effect of synthesis time on physical properties and catalytic activities of synthesized HZSM-5 on the fast pyrolysis of Jatropha waste. *Research on Chemical Intermediates*", 40: 2395-2406.
- ✓ S.Vichaphund, D. Aht-Ong, V. Srichareanchaikul, V., and D. Atong (2014), "Effect of crystallization temperature on the in situ valorization of physic nut (*Jatropha curcus* L.) wastes using synthetic HZSM-5 catalyst," *Chemical Engineering Research and Design*, 92: 1883-1890.
- ✓ S.Vichaphund, D. Aht-Ong, V. Srichareanchaikul, V., and D. Atong (2015), "Production of aromatic compounds from catalytic fast pyrolysis of Jatropha residues using metal/HZSM-5 prepared by ion-exchange and impregnation methods," *Renewable Energy*, 79:28-37

- ✓ P. Kaewpengkrow, D. Atong, and V. Srichareochaikul (2016), "Selective Fast Pyrolysis of Jatropha Residue with Impregnated Alumina and Activated Carbon Based Catalysts for Bio-oil Upgrading: Analytical Py-GC/MS," *Applied Catalysis A* (submitted)
- ✓ S.Vichaphund, V. Srichareanchaikul, V., and D.Atong (2016), "Production And Characterization Of Bio-Oil And Bio-Char From Catalytic Pyrolysis Of Jatropha Residues Using H₂sm-5, Ni/H₂sm-5 And Fly Ash Derived -H₂sm-5 Catalysts," *Environmental technology* (submitted)

Academic conferences

MTEC/ NSTDA

Detoxification

- ✓ P. Udomsap, T. Duangmanee and N. Chollacoop, "Investigation of the Phorbol Ester Content in High Quality Biodiesel Production Process," *International Conference and Utility Exhibition 2011*, 28-30 Sep 2011, Pattaya, Thailand
- ✓ P. Udomsap, Y. Abe, N. Chollacoop, M. Toba and Y. Yoshimura, "The Phorbol Ester Content in Jatropha Oil Subjected to Batch and Continuous Biodiesel Production Processes of the Same Condition," *Pure and Applied Chemistry International Conference 2012 (PACCON 2012)*, 11-13 Jan 2012, Chiang Mai, Thailand
- ✓ S.S. Leng, T.M. Kiat, P. Udomsap, N. Chollacoop and S. Yusuf, "Detoxification of Jatropha Residue via Methanol Extraction," *International Conference on Interdisciplinary Research and Development in ASEAN Universities (ICIRD)*, 8-10 August 2013, Chiang Mai, Thailand (with Best Paper Award)

Biodiesel production and utilization

- ✓ M. Tongroon, A. Suebwong, M. Kananont, T. Singsom and N. Chollacoop (2015), "Compatibility of Elastomeric Parts with High Quality Jatropha Biodiesel (H-FAME)," *The 6th TSME International Conference on Mechanical Engineering (TSME-ICoME)*, 16-18 December 2015, Prachubkirikan, Thailand
- ✓ M. Tongroon, A. Suebwong, M. Kananont, J. Aunchaisri and N. Chollacoop (2016), "The Effects of High Quality Jatropha Biodiesel (H-FAME) on the Compatibility of Nitrile Butadiene Rubber (NBR)," *The 2nd International Conference on Engineering Science and Innovative Technology (ESIT2016)*, 21-23 April 2016, Phuket, Thailand
- ✓ M. Tongroon, A. Suebwong, M. Kananont, J. Aunchaisri and N. Chollacoop (2016), "Durability of a Diesel Common Rail Engine with High Quality Jatropha Biodiesel (H-FAME) Fuel," *The 2nd International Conference on Engineering Science and Innovative Technology (ESIT2016)*, 21-23 April 2016, Phuket, Thailand

Fractionation and stabilization

- ✓ Parncheewa Udomsap, Yapp Hionk Yeinn, Johnny Tiong Hok Hui, Boonyawan Yoosuk, Suzana Bt Yusuf and Sittha Sukkasi. *Towards Stabilization of Bio-oil by Addition of Antioxidants and Solvents, and Emulsification with Conventional Hydrocarbon Fuels. The International Conference and Utility Exhibition 2011*, 28-30 September 2011, Pattaya City, Thailand.
- ✓ Jiraporn Boonpo, Parncheewa Udomsap, Boonyawan Yoosuk and Sittha Sukkasi. *Towards Commercialization of Alternative Biofuel: Improving the Stability of Pyrolysis Liquid by Physical Fractionation. The Second TSME International Conference on Mechanical Engineering*, 19-21 October 2011, Krabi, Thailand.

LCA

- ✓ P. Boonkum W. Thanungkano, R. Wisarnsuwannakorn, J. Mungkalasiri, M. Nohtomi (2012), "Impacts of Jatropha biodiesel and by products use for local community; A case study in North of Thailand," Ecobalance 2012, Yokohama (Japan)
- ✓ P. Boonkum W. Thanungkano, R. Wisarnsuwannakorn, J. Mungkalasiri, M. Nohtomi (2013), "The Impact of Different Farm Management Systems on Jatropha Cultivation for Biodiesel Feedstock: A Case Study in Thailand," The 3rd International Australian LCA 2013, Sydney.
- ✓ P. Boonkum W. Thanungkano, R. Wisarnsuwannakorn, J. Mungkalasiri, M. Nohtomi (2014), "Economic assessment of biodiesel production from non-food feedstock: A case study of rural community in Thailand," selected as an oral presentation in The 1st Asian Conference on Biomass Science, 14th January 2014, Kochi city, Japan.
- ✓ P. Boonkum W. Thanungkano, R. Wisarnsuwannakorn, J. Mungkalasiri, M. Nohtomi (2014), "Environmental and Social Impacts of Jatropha-based Biodiesel: A Case Study in Thailand," selected as an oral presentation in The 2014 International Conference and Utility Exhibition on: Green Energy for Sustainable Development, 19-21 March 2014, Pattaya City, Thailand.
- ✓ W. Thanungkano, R. Wisansuwannakorn, J. Mungkalasiri, P. Boonkum, M. Sagisaka (2015), "Assessing the environmental impact of biofuel from Jatropha curcas: A case study in Thailand," The 2nd Asian Conference on Biomass Science, 13th January 2015, Tsukuba, Japan.
- ✓ R. Wisansuwannakorn, J. Mungkalasiri, P. Boonkum, W. Thanungkano, M. Sagisaka (2015), "Comparison Greenhouse Gas Emission of non-food Biomass to Bio-oil via Difference of Pyrolysis System Efficiency," The 2nd Asian Conference on Biomass Science, 13th January 2015, Tsukuba, Japan.
- ✓ R. Wisansuwannakorn, J. Mungkalasiri, P. Boonkum, W. Thanungkano, M. Sagisaka (2015), "Bio-oil and Biofuels Derived from Jatropha Residue via Pyrolysis and Hydroprocessing Technology: Potential and Environmental Perspective in case of Thailand," The 21st International Symposium on Alcohol Fuels (ISAF). 2015. Gwangju, Republic of Korea

Catalyzed Pyrolysis

- ✓ S.Vichaphund, D. Aht-Ong, V. Srichareanchaikul, V., and D.Atong. Catalytic fast pyrolysis of physic nut (*Jatropha Curcus L.*) waste with hydrothermally treated HZSM-5 zeolite. Oral presentation. 3rd International Congress on Green Process Engineering (GPE 2011), 6-8 December 2011, Kuala Lumpur, Malaysia.
- ✓ S.Vichaphund, D. Aht-Ong, V. Srichareanchaikul, V., and D.Atong. Catalytic upgrading pyrolysis vapors of Jatropha waste using metal promoted ZSM-5 catalyst: An analytical Py-GC/MS. Oral presentation. Asia -Pacific Forum on Renewable Energy 2012 (AFORE 2012), November 26-29, 2012, Jeju, Korea.
- ✓ S.Vichaphund, D. Aht-Ong, V. Srichareanchaikul, V., and D.Atong. Synthesis Characterization and Catalytic Fast Pyrolysis of Jatropha Waste over Synthesized NaZSM-5 and HZSM-5 zeolites. Oral presentation. 2012 International Conference on Advances in Materials Science and Engineering (AMSE 2012), September 27-28, 2012, Bangkok, Thailand.
- ✓ S.Vichaphund, D. Aht-Ong, V. Srichareanchaikul, V., and D.Atong. Catalytic Upgrading of Jatropha Waste Fast Pyrolysis Vapors over Synthesized HZSM-5 using Analytical Py-GC/MS. Oral presentation. International Conference on Agricultural, Food and Biological Engineering (ICAFBE 2012), May, 11-13, 2012, Guangzhou, China.
- ✓ S.Vichaphund, D. Aht-Ong, V. Srichareanchaikul, V., and D.Atong. Synthesis of Mesoporous ZSM-5 Zeolites: The effect of Temperature and Synthesis times on Physical Properties and Catalytic Cracking of Biomass Pyrolysis Products. Poster presentation. 12th International Symposium on Novel and Nanomaterials (ISNNM 2012). August 26-30, 2012, Istanbul, Turkey.

- ✓ P. Kaewpengkrow, D. Atong and V. Sricharoenchaikul. V. (2012). Upgrading of Bio-Oil from Fast Pyrolysis of Jatropha Residue with Alumina and Zirconia Supported Pd, Ru, and Ni Catalysts. Asia-Pacific Forum on Renewable Energy 2012, Jeju, Korea, Nov. 26-29.
- ✓ P. Kaewpengkrow, D. Atong and V. Sricharoenchaikul. (2012). Selective Fast Pyrolysis of Jatropha Residue with Alumina Based Catalysts using Gas Chromatography/Mass Spectrometry (Py-GC/MS). 10th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium 2012, Ubon ratchathani, Thailand, December 5-8.
- ✓ S. Vichaphund, D. Aht-Ong, V. Srichareanchaikul, V., and D. Atong. Production of aromatic compounds from catalytic fast pyrolysis of jatropha residues using metal/HZSM-5 prepared by ion-exchange and impregnation methods. Poster presentation. Asia-Pacific Forum on Renewable Energy 2013 (AFORE 2013), November 4-7, 2013, Jeju, Korea.
- ✓ S. Vichaphund, D. Aht-Ong, V. Srichareanchaikul, V., and D. Atong. Characteristic of fly ash derived-zeolite and its catalytic performance for fast pyrolysis of Jatropha waste. Oral presentation. International Conference on Solid Waste 2013 (ICSW 2013), May 5-9, 2013, Hong kong.
- ✓ P. Kaewpengkrow, D. Atong and V. Sricharoenchaikul. (2013). Catalytic Upgrading of Pyrolysis Vapors from Jatropha Wastes using Alumina, Zirconia and Titania Based Catalysts. International Conference on Solid Waste 2013, Hong Kong SAR, P.R. China, May 5th-9th.
- ✓ P. Kaewpengkrow, D. Atong and V. Sricharoenchaikul.. (2013). Selective Fast Pyrolysis of Jatropha Residue with Impregnated Alumina and Activated Carbon Based Catalysts for Bio-oil Upgrading: Analytical Py-GC/MS. International Congress on Materials and Renewable Energy 2013, Athens, July 1st-3rd.
- ✓ P. Kaewpengkrow, D. Atong and V. Sricharoenchaikul.. (2013). Hydrocarbon Selectivity In Transition Metal Catalytic Deoxygenation Of Pyrolysis Vapors From Jatropha Residues. 3rd Asia-Pacific Forum on Renewable Energy , Jeju, Korea, Nov. 4th -7th. (with Excellence Paper Award)
- ✓ S. Vichaphund, D. Aht-Ong, V. Srichareanchaikul, V., and D. Atong. In situ catalytic upgrading of Jatropha pyrolysis vapors in a fixed-bed reactor using HZSM-5: Influence of pyrolysis temperatures. Poster presentation. 4th Asia-Pacific Forum on Renewable Energy 2014 (AFORE 2014), November 17-20, 2014, Yeosu, Korea.
- ✓ P. Kaewpengkrow, D. Atong and V. Sricharoenchaikul.. (2014). Bio-oil production from Jatropha wastes by fast pyrolysis: Yield optimization and bio-oil characterization. Poster presentation. 4th Asia-Pacific Forum on Renewable Energy 2014 (AFORE 2014), November 17-20, 2014, Yeosu, Korea.

TISTR

Upgrading Jatropha BDF

- Lalita Attanatho, Chiraphat Kumpidet “Improvement of oxidation stability of Jatropha oil biodiesel” 10th Biomass Asia Workshop Program, August 5-6, 2013, Centara Grand at Central World Hotel, Bangkok.
- Nattawee Teerananont, Chanakan Puenchalad, Lalita Attanatho, Piyanun Srisiri “Upgrading oxidation stability of biodiesel from jatropha oil by Partial Hydrogenation” 11th Conference On Energy Network of Thailand (E-NETT) June 17-19, 2015, Bangsaen, Thailand.

Production of Pyrolysis Bio-oil

- Phannapa Somchuewiang, Apinya Duangchan, Sujinna Karnasuta, Wirachai Soontornrangson “Bio-oil Production from Palm Shell via Extrude-screw Fast Pyrolyzer”, 1st ASEAN Plus Three Graduate Research Congress, March 1-2, 2012, Chiang Mai, Thailand.
- Tachasit Chookaew, Kaokanya Sudaprasert, Suneerat Pipatmanomai, Thanee Utisthum, Sophon Promhsuwan, Manoo Boonsae “Hydrodynamics of Particle in Twin Fluidized Bed”, 8th

Conference on Energy Technology Network of Thailand (E-NETT), May 2-4, 2012, Mahasarakham, Thailand.

- Chatchawan Tiaprapangkoon, Thanit Swasdisevi, Wirachai Soontornrangson, Sapon Promhsuwan, Apichat Junsod, Manoo Boonsae “Study Effect of Distributor, Fluidizing Velocity and Bed Weight of Particles Inside Pilot-Scale Fluidized Bed Reactor” 9th Conference on Energy Technology Network of Thailand (E-NETT), May 8-10, 2013, Nakhon Nayok, Thailand.
- Thaya Choothin, Mana Amornkitbamrung, Wirachai Soontornrangson, Thanet Utistham, Geerapong Srivicha “Bio-Oil Production from Jatropha Cake by Fast Pyrolysis in a Screw Reactor Using of Induction Heating Technique” The 1st National Conference of Science and Technology, May 23, 2014, Chiang Mai, Thailand.
- Dittita Sawaengsub, Mana Amornkitbamrung, Monpilai Narasingha, Thanet Utistham “Effects of Surfactant on The Viscosity of Emulsion Fuels from Fuel Oil, Model of Bio-oil and Water” The 8th Thailand Renewable Energy for Community Conference, November 4-6, 2015, Pathum Thani, Thailand.
- Yoothana Thanmongkhon, Thanet Utistham, Wirachai Soontornrangson, Sapon Promhsuwan, Apichat Junsod, Rujira Jitrwung, Manoo Boonsae, Teerawit Laosombat, Chiraphat Kumpidate, Yoshizo Suzuki, Takehisa Mochizuki, Yuji Yoshimura “A study of pilot plant for production of bio-oil using fluidized bed reactors” Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON2016), February 9-11, 2016, Bangkok, Thailand.

Catalyst for Pyrolysis

- Wasana Khongwong*, Siriporn Larпкиattaworn, Kazuhisa Murata “Catalytic Fast Pyrolysis of Jatropha Residues using Zeolite Based Catalysts” 10th Biomass Asia Workshop Program, August 5-6, 2013 Centara Grand at Central World Hotel, Bangkok, Thailand.
- Sirirak Jariyaphinyo, Saniporn Chanchaturaphan, Siriporn Larпкиattaworn, Orapin Chienthavorn “Comparison between Offline- and Online-pyrolysis of Jatropha Cake with Zeolite” 10th Biomass Asia Workshop Program, August 5-6, 2013 Centara Grand at Central World Hotel, Bangkok, Thailand.
- Saniporn Chanchaturaphan, Siriporn Larпкиattaworn, Wasana Khongwong, Orapin Chienthavorn “Characterisation of Bio-Oil Product from Pyrolysis of Jatropha Cake” Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON2013), January 23-25, 2013, Bangsaen, Thailand.

LCA

- Panida Thepkhun and Masayuki Sagisaka “Environment impact assessment on high quality biodiesel from jatropha oil” 1st Management and Innovation Technology International Conference (MITICON 2014) December 18, 2014 Pattaya, Thailand.

KMUTNB

- Suriyawech Boonthalarath, Sabaithip Tungkamani, Thanakorn Ratana, Samitthichai Seeyangnok, Monrudee Pongaksorn, “Hydrodeoxygenation of m-Cresol over modified CoMo sulfide catalyst”, In the Proceeding of Pure and Applied Chemical International Conference 2013, 1153-1156.
- Natchalee Rattana, Sabaithip Tungkamani; Thanakorn Ratana; Monrudee Phongaksorn, Samitthichai Seeyangnok, “Esterification of water Soluble Bio-oil model compound over basic solid catalyst”, In the Proceeding of Pure and Applied Chemical International Conference 2013, 1138-1140.

- Chutikan Jaikwang, Oranut Asairat, Sabaithip Tungkamani; Thanakorn Ratana; Monrudee Phongaksorn, Samitthichai Seeyangnok, “Decarboxylation/Decarbonylation Reaction of Palmitic acid to fuel-like Hydrocarbons over Ni/Al₂O₃ catalyst”, In the Proceeding of Pure and Applied Chemical International Conference 2014, 246.
- Parinya Jitreewas, Sabaithip Tungkamani; Thanakorn Ratana; Monrudee Phongaksorn, Samitthichai Seeyangnok, “Production of Bio-hydrogenated Diesel via The Hydrogenation of Model Palm Oil over Sulfided NiMo/Al₂O₃-TiO₂ Catalysts”, In the Proceeding of Pure and Applied Chemical International Conference 2014, 252.
- C. Yotkamchonkun, S. Panjatharakul, C. Prapainainar, P. Narataruksa, T. Ratana, S. Seeyangnok, “Deoxygenation of acetic acid via semi-batch reactive distillation for pyrolysis oil upgrading: experimental approach”, In a Conference Proceeding of 2013 International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies (AEDCEE), pp. 190-194, Bangkok, Thailand, 2013
- S. Panjatharakul, T. Ratana, P. Narataruksa, S. Seeyangnok and C. Yoonoo, “Upgrading Bio-oil by Reactive Distillation Process with Acid Catalyst”, 4th International Conference for Young Chemist 2013 (ICYC 2013), Penang, Malaysia, 2013
- Rungsima Yeetsorn, Sabaithip Tungkamani, and Sugimoto Yoshikazu, “Potential Activity Evaluation of CoMo/Al₂O₃-TiO₂ Catalysts for Hydrodesulfurization of Coprocessing Bio-oil” KMUTNB International Journal of Applied Science and Technology, 2014, Vol.7, No.4, pp. 35-45.
- T. Rodseanglung, T. Ratana, M. Phongaksorn and S. Tungkamani. “Effect of TiO₂ Incorporated with Al₂O₃ on the Hydrodeoxygenation and Hydrodenitrogenation CoMo Sulfide Catalysts”. Energy Procedia 79 (2015) 378 – 384.
- V. Goodwin, B. Yoosuk, T. Ratana and S. Tungkamani. “Hydrotreating of Free Fatty Acid and Bio-Oil Model Compounds: Effect of Catalyst Support”. Energy Procedia 79 (2015) 486 – 491.

2. PDM (和文、仮訳)

付属資料-2

Project Design Matrix

プロジェクト名: 非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術
 対象機関: 国家科学技術開発庁 (NSTDA)
 科学技術研究所 (TISTR)
 モンクット王工科大学ノースバンコク (KMUTNB)
 対象国: タイ国
 受益者: タイ国においてバイオ燃料開発に関係する、研究者、エンジニアリング会社、政策立案者

プロジェクト期間: 2010年5月16日～2015年3月31日
 日付: 2012年12月4日
 Version No.: PDM 01

上位目標	プロジェクト要約	指標	入手手段	外部条件
<p>上位目標 本プロジェクトにより改良された非食糧系バイオマスによるバイオ燃料製造技術がタイで普及する。</p>	<p>プロジェクト要約 本プロジェクトにより改良された非食糧系バイオマスによるバイオ燃料製造技術がタイで普及する。</p>	<p>指標 本プロジェクトにより改良された非食糧系バイオマスによるバイオ燃料製造技術が、本プロジェクトのタイ側研究機関の活動(セミナー、研修コース、技術サービス等)を通じて、2019年までにタイの研究者及びエンジニアリング会社に普及する。</p>	<p>入手手段 本プロジェクトのタイ側研究機関によるセミナー、研修コース、技術サービスへの参加者への質問票からの情報</p>	<p>外部条件 -バイオ燃料に関するタイ政府政策が変更されない。 -原油価格が現在のレベルから下落しない。 -普及のための予算が提供される。</p>
<p>プロジェクト目標 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>プロジェクト目標 1. 東アジアサミット推奨品質(従来の EU 規格 (EN14214) の酸化安定性 6 時間を 10 時間以上に強化)を確保した、BDF を 1 日 1t 規模で製造できるようになる。 2. 研究で適用された技術によりジャトロファ残渣から製造・改質されたバイオ燃料の品質が石油系ガソリンや軽油品質(硫黄分 10ppm 未満、酸素分 0.1 質量%未満)をクリアする。</p>	<p>指標 1. 東アジアサミット推奨品質(従来の EU 規格 (EN14214) の酸化安定性 6 時間を 10 時間以上に強化)を確保した、BDF を 1 日 1t 規模で製造できるようになる。 2. 研究で適用された技術によりジャトロファ残渣から製造・改質されたバイオ燃料の品質が石油系ガソリンや軽油品質(硫黄分 10ppm 未満、酸素分 0.1 質量%未満)をクリアする。</p>	<p>入手手段 -各 Task 課題に係るワーキンググループ会議の報告書 -四半期進捗報告書 -年報 -AIST-NSTDA/MTEC-TISTR-KMUTNB 合同会議報告書</p>	<p>外部条件 -タイにおけるバイオディーゼルの興に依るアクションプランに従い、ジャトロファが十分に増産される。 -高品質 BDF 実用化のための研究費が確保される。</p>
<p>アウトプット(成果) (研究成果 1) ジャトロファからの安全で高品質な BDF の製造技術の構築 【Task 1】ジャトロファからの高品質 BDF の製造に係る活動 1. 毒性懸念のないバイオディーゼル燃料 (BDF) 製造のための解毒化技術が開発される。 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. ジャトロファからの高品質 BDF 製造の CO₂ 削減効果がライフサイクルアセスメント (LCA) によって明らかにされる。 【Task 4】高品質 BDF の自動車燃料適合性評価に係る活動 5. 高品質 BDF の自動車燃料適合性が実証される。</p>	<p>プロジェクト要約 1. 2012 年までに、BDF に含まれる毒性 (ホルポールエステルの含有量が安全なレベルまで低下する。 2. 2012 年までに、解毒化対策及び酸化安定性向上対策を組み込んだ BDF 製造プラント (1 日 1t 規模) が、タイのジャトロファオイル留分を使って連続運転が可能になる。 3. 2014 年までに、BDF の品質が東アジアサミット推奨品質及び世界燃料憲章バイオディーゼルの品質をクリアする。 4. 2014 年までに、プロジェクトで提案された高品質 BDF 製造プロセスの CO₂ 排出量が LCA によって算出される。 5. 2013 年までに、材料適合性評価、エンジン燃焼特性評価により、BDF 混合軽油の自動車燃料適合性が実証される。</p>	<p>指標 1. 2012 年までに、BDF に含まれる毒性 (ホルポールエステルの含有量が安全なレベルまで低下する。 2. 2012 年までに、解毒化対策及び酸化安定性向上対策を組み込んだ BDF 製造プラント (1 日 1t 規模) が、タイのジャトロファオイル留分を使って連続運転が可能になる。 3. 2014 年までに、BDF の品質が東アジアサミット推奨品質及び世界燃料憲章バイオディーゼルの品質をクリアする。 4. 2014 年までに、プロジェクトで提案された高品質 BDF 製造プロセスの CO₂ 排出量が LCA によって算出される。 5. 2013 年までに、材料適合性評価、エンジン燃焼特性評価により、BDF 混合軽油の自動車燃料適合性が実証される。</p>	<p>入手手段 -各 Task 課題に係るワーキンググループ会議の報告書 -四半期進捗報告書 -年報 -AIST-NSTDA/MTEC-TISTR-KMUTNB 合同会議報告書</p>	<p>外部条件 自動車エンジン技術に大幅な革新がない。</p>

<p>(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</p> <p>【Task 2】 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</p> <p>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。</p> <p>7. バイオオイル分離・安定化技術が開発される。</p> <p>【Task 3】 バイオオイルの改質及びLCAに係る活動</p> <p>8. バイオオイルを石油系ガソリン及び軽油品質まで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。</p> <p>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。</p> <p>10. バイオ燃料製造のCO₂削減効果がLCAによって明らかになる。</p> <p>【Task 4】 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</p> <p>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。</p>	<p>6.1 2012年までに、酸素分が40質量%以下になる脱酸素化用急速熱分解触媒が開発される。</p> <p>6.2 2014年までに、1日当たり処理量500kgの触媒を利用したプロトタイプ急速熱分解炉が開発される。</p> <p>7.1 2013年までに、生成バイオオイル中の固体微小粒子や水溶性分を分離し、輸送燃料原料となる非水溶性燃料を選択的に分離するバイオオイル分離・安定化技術が構築される。</p> <p>7.2 2014年までに、プロトタイプ型の分離・安定化処理装置が開発される。</p> <p>8. 2012年までに、ジャトロファ残渣由来バイオオイルの酸素分が10~20質量%に低減される。</p> <p>9. 2014年までに、石油精製条件下で混合処理された、脱酸素バイオオイルと石油留分による高品質ガソリン及び軽油の品質が石油系ガソリン及び軽油の品質基準を満たす。(硫黄分10-50ppm未満、酸素分0.1質量%未満)</p> <p>10. 2014年までに、ジャトロファ残渣の熱分解によるバイオオイル製造及び輸送燃料向け改質のプロセスにおけるCO₂排出量がLCAによって算出される。</p> <p>11. 2014年までに、材料適合性評価、エンジン燃焼特性評価により、ジャトロファ残渣由来のバイオ燃料(石油混合油を含む)の自動車燃料適合性が実証される。</p>	<p>各Task課題に係るワーキンググループ会議の報告書</p> <p>-四半期進捗報告書</p> <p>-年報</p> <p>-AIST-NSTDA/MTEC-TISTR-KMUTNB合同会議報告書</p>	
<p>【Task 5】 人材育成・技術移転、BDF製造技術の実用化</p> <p>12. バイオ燃料製造及び利用に係る研究者が育成される。</p> <p>13. BDF製造技術の実用化に向けての準備が整う。</p>	<p>12.C/P 機関の研究者の学会発表、論文等の業績が増加する。</p> <p>13.1 BDF製造技術の実用化に向けた課題(出発原料、技術・経済性・環境負荷等)、今後の方向性が明らかにされる。</p> <p>13.2 BDF製造技術の実用化に向けてのアクション(二次産業・企業さらには周辺諸国との連携強化等)がとられる。</p>	<p>上記報告書</p> <p>-論文、学会発表実績</p> <p>-実用化に向けた課題及び今後のアプローチ</p> <p>-一斉案</p> <p>-実用化に向けてのアクション実績</p>	

投入		
<p>活動</p> <p>【Task 1】ジャトロフロアオイルからの高品質 BDF の製造</p> <p>1.1 BDF 製造のための解毒化技術の研究を行う。</p> <p>2.1 バイロットスケールでの標準化された高品質 BDF 製造プラント化技術の設計・開発を行う(ジャトロフロアに加えて他の入手可能な原料を用いる)。</p> <p>2.2 エンジンテスト・実車試験用 BDF を製造する。</p> <p>3.1 エステル交換用固体触媒を特定する。</p> <p>3.2 酸化安定性向上のための水素化技術を構築する。</p> <p>3.3 BDF 高品質化のための脱金属技術を構築する。</p> <p>3.4 BDF の詳細分析技術を開発する。</p> <p>4.1 プロジェクトで提案した高品質 BDF 製造の LCA を行う。</p> <p>【Task 2】ジャトロフロア残渣からのバイオオイル製造</p> <p>6.1 急速熱分解用触媒を探索する。</p> <p>6.2 バイオオイル製造用急速熱分解炉の研究・開発を行う。</p> <p>7.1 ジャトロフロア残渣由来バイオオイルの分離技術の設計・研究を行う。</p> <p>7.2 バイオオイルの安定化向上のための技術の研究・開発を行う。</p> <p>【Task 3】バイオオイル高品質輸送用燃料化・LCA 評価</p> <p>8.1 バイオオイルの脱酸素化技術の研究・開発を行う。</p> <p>8.2 バイオオイルの改質のための触媒の研究・開発を行う。</p> <p>8.3 バイオオイルの詳細分析技術を開発する。</p> <p>9.1 脱酸素化したバイオオイルと石油基材の混合処理技術の研究・開発を行う。</p> <p>10.1 急速熱分解・酸化安定化プロセスによるバイオ燃料製造・改質に関する LCA を行う。</p> <p>【Task 4】高品質 BDF 及びジャトロフロア残渣由来燃料の輸送用燃料適合性評価</p> <p>5.1 プロジェクトで製造した高品質 BDF の材料適合性評価を行う。</p> <p>5.2 高品質 BDF の燃焼特性評価を行う。</p> <p>5.3 高品質 BDF のエンジン特性評価を行う。</p> <p>5.4 高品質 BDF の燃焼特性シミュレーションを行う。</p> <p>5.5 高品質 BDF の実車走行試験を行う。</p> <p>11.1 ジャトロフロア残渣由来バイオ燃料(石油との混合油を含む)の材料適合性評価を行う。</p> <p>11.2 ジャトロフロア残渣由来バイオ燃料(石油との混合油を含む)の燃焼特性評価を行う。</p>	<p>Japanese side</p> <p>【Dispatch of Japanese Experts】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Long-term Expert: Project Coordinator ・Short-term Expert: <ul style="list-style-type: none"> ➢ Research Director/ Catalyst Technology for Upgrading of Bio-oil ➢ Vice Research Director/ Automobile Fuel Compatibility Evaluation ➢ Catalyst Technology for BDF Production and Upgrading ➢ Catalyst Technology for Bio-oil production ➢ Deoxygenation Technology for Bio-oil ➢ Life Cycle Assessment Technology ➢ Automobile Fuel Compatibility Evaluation ➢ Combustion Behavior Simulation ➢ Implementation Strategy targeting real application <p>【Machinery and Equipment】</p> <p><NSTDA/MTEC></p> <p>Standard Apparatus for Catalytic Reaction Test, Homogenizer, Rotary Evaporator, HPLC, Canopy, Autoclave, Lab-scale Pyrolyzer, Bio-oil Separator, CHNOS Analyzer, Oven, Vacuum Oven Tubular Furnace</p> <p><TISTR></p> <p>BDF Production Pilot Plant, Pyrolyzer link with GC-MS, Pilot-scale Extruded-type Pyrolyzer, ICP, Fluidized Bed Pyrolyzer, Vacuum Jet Dehydrator</p> <p>A set of High Pressure Micro-reactor, GC-MS, Chemisorption Analyzer, Peristaltic Pump, Dual Line Vacuum Manifold</p> <p>【Training in Japan】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・BDF upgrading technologies ・Detailed Analysis of BDF ・Production technologies for bio-oils from Jatropha residues ・Bio-oil upgrading technologies ・Life Cycle Assessment ・Evaluation of automobile fuel compatibility <p>【Other Expenses】</p>	<p>Thai side</p> <p>【Counterpart Personnel】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Project Director ・Project Manager ・Project Co-manager ・Project Coordinator ・Research Staff: <ul style="list-style-type: none"> <NSTDA/MTEC> <TISTR> <KMUTNB> <p>【Land, Facilities, and Equipment】</p> <p><NSTDA/MTEC></p> <ul style="list-style-type: none"> ・Office space for Japanese experts ・Laboratories ・Necessary Equipments <p><TISTR></p> <ul style="list-style-type: none"> ・Office for Japanese Experts (Office in Energy Department) ・Laboratories ・Equipments <p><KMUTNB></p> <ul style="list-style-type: none"> ・Office space for Japanese Experts (Office in Industrial Chemistry Department/ Faculty of Applied Science or Science and Technology Research Institute for Energy Department) ・Laboratories ・Equipments <p>【Other Expenses】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Expendable expenses ・Payroll cost for project staff (e.g. secretary) ・Other necessary expenses
		<p>前提条件</p> <p>C/P 機関の研究費が確保される。</p> <p>実用化に向けた検討促進のための予算措置が、日本・タイ側でなされる。</p>

<p>【Task 5】人材育成・技術移転及びBDF製造技術の実用化</p> <p>12.1 C/P 機関研究者に対する、技術指導、研修、セミナーを実施する。</p> <p>13.1 BDF 製造技術の実用化に向けた戦略を検討する。</p> <p>13.2 BDF 製造技術の実用化に向けて関連機関（一次産業・周辺諸国を含む産業界・大学・国）との情報交換・協議を行い、連携強化を図る。</p>			
---	--	--	--

3. 終了時評価調査面談メモ

日時	2016年2月1日(月)9時15分～10時30分
相手先	TISTR Project Deputy Manager/TISTR Deputy Governor: Dr. Aparat Mahakhant
場所	TISTR
参加者	葭村専門家、西嶋専門家、ラッセル専門家、樽見 JICA 所員、十津川
記録者	十津川
内容	<p>(プロジェクト成果・目標に対する達成状況の認識)</p> <ul style="list-style-type: none"> プロジェクトは非常に良い成果を上げている。成果は研究面だけでなく、人材開発、研究能力強化といったソフト面、プラント設置といったハード面にも現れている。 プロジェクトではジャトロファからパームに焦点が移った。ジャトロファの開発を完全に放棄したわけではないが、短期的にはパームに焦点を当てる。ジャトロファは供給の安定性という観点で課題がある。韓国がラオスでジャトロファを支援したが、同じ課題に直面したと聞いている。 <p>(貢献要因)</p> <ul style="list-style-type: none"> プロジェクト成功の要因としては、組織間の連携が良かったこと、各組織の役割が明確になってきたため、無駄がなかったことが挙げられる。 ステアリング・コミッティ(2カ月おき)をはじめ、頻繁に情報交換がなされた。素早い対応が可能となり、効果的な体制を築くことができた。 <p>(インパクト)</p> <ul style="list-style-type: none"> TISTR の職員は自分の研究に集中し過ぎてしまい、全体をみることが苦手なところがある。本プロジェクトを通して、さまざまな機関と触れあい、議論することによって視点が広がったと感じる。 政府関係者とのパイプも以前に比べれば太くなったが、まだ完全ではない。もっと改善する必要がある。 <p>(持続性及び今後の取り組み)</p> <ul style="list-style-type: none"> 原油価格が下がっていることは事実であるが、タイが原油輸入国の立場であることは今後も変わらないはず。そのため、将来に向けて研究を続ける必要がある。 TISTR に設置したプラントは、今後は Road test 用の H-FAME 製造と第三国研修で利用する予定。基本的に、プロジェクトなどがあつた時に利用することになる。→ H-FAME 及びバイオオイルが仮に生産されても、その生産物を利用する予定がなければ生産する必要はない(むしろ保管、処理に困る)ため、利用目的が明確である場合に稼働させることになる。 分析機器はこれからも常時利用する。 TISTR 自体の予算は増加している。特に過去 2～3 年は TISTR でのインフラ整備を行ったので、予算は倍増した。 今後の TISTR の方針は、「①プロジェクトの数を厳選し、②1つひとつのプロジェクトにより予算を充当し、そして、③より大きな効果を生む」ことである。本プロジェクトは、この方針にも即していた。 今後の懸念は原油価格の動向である。 バイオオイルについては、他の TISTR プロジェクトとリンクさせ、研究を続けることはできる。 他方、バイオオイルは改質に資金が必要であるため、ペイしない。基本的には、改質せず、ボイラー用燃料として利用することが短期的には、現実的な選択であろう。
入手書類	なし

日 時	2016年2月1日(月)10時45分～11時40分
相手先	TISTR TISTR Research Leader: Dr. Siriporn Larпкиattaworn 他6名
場 所	TISTR
参加者	葭村専門家、西嶋専門家、ラッセル専門家、樽見 JICA 所員、十津川
記録者	十津川
内 容	<p>(プロジェクト成果・目標に対する達成状況の認識)</p> <ul style="list-style-type: none"> • H-FAME の生産に成功した。バイオオイルもラボラトリーレベルでは成功したが、実用化に向けたテストは未実施の部分もあった。 • パイロットプラントについては、当初、安定稼働させるために技術的な苦勞が多かった。これまで木質系のバイオマスについては経験があったが、ジャトロファは木質系と異なり、油分が多かったため、技術的に苦勞した。しかし、最終的には安定稼働することにも成功した。現在は、オペレーションで4名が対応できる。 • これは本邦研修の効果でもある。本邦研修でプラントの基本的なシステムを学び、故障等への対策を知ることができた点が大きい。 <p>(インパクト)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 本プロジェクトの活動を通じて、論文や学会発表を行ってきた。論文数はプロジェクト前に比べて増加した。 • 組織間の連携も強化された。
入手書類	• なし

日 時	2016年2月1日(月)13時00分～14時00分
相手先	Project Director: Dr. Paritud Bhandhubanyong
場 所	TISTR
参加者	十津川
記録者	十津川
内 容	<p>(プロジェクト成果・目標に対する達成状況の認識)</p> <ul style="list-style-type: none"> • H-FAME の生産に成功した。バイオオイルもラボラトリーレベルでは成功したが、実用化までにはもう少し時間がかかるだろう。ただし、PDM 指標の観点からは求められているレベルは満たしたと考えている。 <p>(貢献要因)</p> <ul style="list-style-type: none"> • プロジェクト成功の要因としては、組織間のコミュニケーションが良かったこと。業務調整員の活躍も大きい。 • 各機関の上司の理解があったことも挙げられる。 <p>(阻害要因)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 洪水の影響。TISTR は特に影響が大きかった。 • 他方、車両走行試験の2回目ができたり、触媒の試験ができたりといったプラスも生まれた。

	<p>(持続性及び今後の取り組み)</p> <ul style="list-style-type: none"> • H-FAME 生産について、スケールアップした形でのパイロット事業を計画中である。現在は NEDO 事業を構想中であるが、タイの企業の関心も高い。仮に NEDO 事業の申請が却下されたとしても、タイ企業の資金でパイロット事業はできる可能性が高いとみている。 • タイ側の資金としては、地元石油会社のバンチャック、タイオイルの 2 社。PTT はトヨタと事業を実施しているため、協力関係を構築するにはやや距離がある。 • パームの国内生産は現在、余剰生産の状態にある。また、農業省も増産計画を立てているので、パームの入手については心配していない。 • H-FAME 生産パイロットでは、技術的な懸念はほとんどない。あえていえば、生産の効率性を高めることが計画どおりにできるかとの点である(バッチ式から連続式へ)。 • 同パイロットでは、これまでの 3 組織に加えて、農業大学の参加も構想している。サプライサイドの視点からかかわってもらいたい。また、大学の試験圃場等を利用して、原料を確保するという考えもある。 • コーディネータは NSTDA もしくは TISTR が候補となるが、この点は今後関係者で議論しなければならない。個人的にはパイロットプラントもあるので、TISTR が良いのではないかと考えている。 • ジャトロファは入手が不安定であるため、近々では対象にならないだろう。 • バイオオイルについても、研究を継続したい。タイ国内のファンド(Thailand Research Fund、National Research Fund、NSTDA/EGAT fund 等)を申請することで研究継続はできるはず。 • 今後の懸念事項としては 2 点。1 つめは、原油価格が下がり続けることによって、政府の関心が低くなること。2 つめは、電気自動車の進展。先般、首相が MOST に対して、電気自動車の進展を命令した。時間はかかるであろうが、その進展は H-FAME にも影響するだろう。ただし、仮に電気自動車の普及が進んだ場合は、本技術は発電に利用することができるので、技術が無意味になることはない。 <p>(その他)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 氏が本終了時評価のタイ側評価委員の代表となるため、評価手法及び今後のスケジュール等を説明。
入手書類	<ul style="list-style-type: none"> • なし

日 時	2016年2月2日(火)9時30分～11時30分
相手先	MTEC Director of Material for Energy Research Unit: Dr. Sumittra Charojrochkul The former Project Manager: Asso. Prof. Siriluck Nivitchanyong The former MTEC Executive Director: Dr. Werasak Udomkichdecha
場 所	MTEC
参加者	葭村専門家(西嶋専門家、ラッセル専門家)、十津川
記録者	十津川
内 容	<p>(プロジェクト成果・目標に対する達成状況の認識)</p> <ul style="list-style-type: none"> • H-FAME については成功したと認識。 • バイオオイルについてはラポレベルで成功。実用化に向けてはまだ継続的な研究が必要である。ジャトロファは供給の問題もあるため、ジャトロファ以外の材料で研究を続けたい。 • エネルギーの有効活用を促進することは MTEC としての重要ミッションであり、本プロジェクトは MTEC のニーズにも即したものであった。 <p>(貢献要因)</p> <ul style="list-style-type: none"> • プロジェクト成功の要因としては、研究機関の調整が効果的だったこと。 • ステアリング・コミッティ(2カ月おき)をはじめ、頻りに情報交換がなされた。素早い対応が可能となり、効果的な体制を築くことができた。共同責任の体制が構築されていたことも大きい。 <p>(効率性～投入について)</p> <ul style="list-style-type: none"> • MTEC の研究者を本プロジェクトに配置するにあたっては、まず研究者の意思を確認するとともに、政府及び MTEC としての方針を合わせて考え、人的投入を決定した。つまり、C/P アサインにおいては、ボトムアップとトップダウンの考え方を導入した。このことが良かった。 • 本邦研修によって急速熱分解炉の仕組みについて学ぶことができた。 <p>(インパクト)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 本プロジェクト期間内で 14 本の論文を執筆(触媒グループ)。 <p>(持続性及び今後の取り組み)</p> <ul style="list-style-type: none"> • NEDO による事業展開を第一優先として考えている。 • MTEC と TISTR が中心の役割を果たす。TISTR が FAME 生産、MTEC は市場への適応性を支援する。MTEC は本プロジェクト時と同様にコーディネーター役を果たす。ただし、この点については、まだ関係者間で議論は行っていないので、あくまでもテンタティブな考えである。 • KMUTNB については、これまでバイオオイルの分野で活動してきたので、NEDO 事業の内容となれば、あまり接点がない。しかし、参加したいということであれば、歓迎である。 • 今後の懸念としては、原油価格である。既に FAME はガソリンより高いので、この推移が影響を与える可能性はある。 • 今後は自動車会社とのコミュニケーションを密にする必要がある。インドネシアでは、このコミュニケーションが十分ではなかった。そのため、インドネシアではバイオディーゼルの利用(B10、B15など)を進めているが、現場では遵守されていないとの問題がある。 • パームは生産が増えているので供給には問題がないはず。タイ南部のゴム園が現在パームへ変わってきている。

	<ul style="list-style-type: none"> MTEC の研究者は増加してきた。本プロジェクトで中心的中かかわった Material for Energy Research Unit の PhD 保有研究者は 3 年前には 10 名だったが、現在は 20 名に倍増。今後 7 年程度で、30 名まで増員する予定である。
入手書類	<ul style="list-style-type: none"> なし

日 時	2016 年 2 月 2 日(火)13 時 00 分～14 時 40 分
相手先	MTEC Research Leader: Dr. Nuwong Chollacoop 他リサーチグループ CP(エンジングループ、化学グループ、LCA グループ)
場 所	TISTR
参加者	葭村専門家、西嶋専門家、十津川
記録者	十津川
内 容	<p>(プロジェクト成果・目標に対する達成状況の認識)</p> <ul style="list-style-type: none"> H-FAME の生産に成功。ジャトロファの解毒化にも成功した。 バイオオイルについては、分離技術を確立できた。 材料適合性評価も予定どおりに行うことができた。また、本プロジェクトでは民間会社の協力を得て、走行試験を実施することができたことも大きな成果である。 他方、ジャトロファについては調達コストが高くなり、技術としての適合性は確認できたものの、経済性の観点からは実現化に向けて、まだ研究が必要である。なお、ジャトロファの調達コストは、パームの約 3～4 倍であった。 LCA については、計算を行うことはできた。しかし、入手することが難しい情報もあり、LCA の計算・分析過程では苦労があった。 計算自体はソフトウェアがあるので、さほど難しいものではない。データの入手が最も難しい部分である。 社会インパクト調査も実施した。ジャトロファの植え付けによる農家への影響をコスト、就労機会、収入といった観点から分析した。結果としては、現状のシステムではジャトロファは農家にとってペイしづらいものとなった。 <p>(持続性及び今後の取り組み)</p> <ul style="list-style-type: none"> H-FAME にかかる技術については、さほどの問題はない。今後スケールアップしたときに品質を維持することなどが課題となる(ただし、この検証のためにパイロット事業を行うため、課題の存在は当然である)。 民間企業とのコミュニケーションが必要になるはず。民間会社に理解してもらうためには時間も必要であろうし、どのように効果的にコミュニケーションをとるかとの点も重要となる。 将来の原油価格が心配である。 バイオディーゼルの生産では原料の安定確保が重要。政府は方針を示しているものの、それでも不確定要素があることを想定しておく必要がある。 LCA については、より正確な情報入手が鍵となる。
入手書類	<ul style="list-style-type: none"> なし

日 時	2016年2月3日(水)9時30分～10時45分
相手先	DEDE Yongyuth Sawatdisawance, Director
場 所	DEDE
参加者	葭村専門家、西嶋専門家、ラッセル専門家、樽見 JICA 所員、十津川
記録者	十津川
内 容	<p>(プロジェクト成果・目標に対する達成状況の認識)</p> <ul style="list-style-type: none"> • H-FAME は非常にポテンシャルがあり、期待している。新 AEDP での目標である、バイオディーゼルの利用量 1,400 万リットル/日を達成するためには、現在の B7 では達成が難しい。B20 までを可能とするポテンシャルをもつ、H-FAME によって、達成することができると考えている。 • BHD はコスト面で引き合わないため、H-FAME が重要である。 • 今後、スケールアップした H-FAME 生産で、品質の安全性を確かめたい。 <p>(貢献要因)</p> <ul style="list-style-type: none"> • H-FAME の政策反映は、1) 頻繁なコミュニケーションがあったこと(C/P 機関・日本人専門家と DEDE 間)、2) ステアリングコミッティ(SC)会議に DEDE が 2013 年から参加し、H-FAME 開発にかかる進捗を常にアップデートできたことが要因であろう。 • H-FAME が AEDP に反映された背景には、DEDE によるステークホルダー会議で意見交換ができたことも挙げられる。 <p>(持続性及び今後の取り組み)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 現在、AEDP の詳細計画を詰めている段階にある。来週にはエネルギー省大臣に説明する予定である。 • パイロット事業(NEDO 等)によって、品質の安全性などが確認されれば、H-FAME の普及に対するワーキンググループをつくることも考えられる。 • 2019 年には走行試験を実施するための予算を申請する予定。 • パイロット事業を実施する際には、DEDE から特別の予算を支援する予定はないが、民間会社からの資金支援はあるだろう。 • タイ首相からパームの有効利用が命令されている。そのため、燃料としてパームの活用を促進することは重要なミッションと認識している。 • パームの増産計画は、農業省とも協調して計画したものであり、両省庁の意識としてギャップはない。
入手書類	• なし

日 時	2016年2月3日(水)11時10分～11時45分
相手先	トリペッチいすゞ 近藤副社長、浜松氏
場 所	トリペッチいすゞ
参加者	葭村専門家、西嶋専門家、ラッセル専門家、樽見 JICA 所員、十津川
記録者	十津川

内 容	<p>(協力の経緯)</p> <ul style="list-style-type: none"> 2009年に三菱商事が産総研のエネルギーセミナーに参加したことから、産総研とのコネクションを近藤氏がもつようになった。 その後、近藤氏がタイのトリペッチいすゞに赴任することとなり、本プロジェクトへの協力にかかる議論が始まった。 いすゞは社会貢献活動を重視しており、タイ社会に貢献したいとの意識を強くもっている。いすゞの自動車はすべてディーゼルカーであり、バイオディーゼルにかかる研究発展にはかかわりたいとの意思があった。 パーム生産を増産することは同時にタイの農家、地方経済にも寄与することとなる。同社の車の7~8割は地方での販売であり、地方への貢献という観点も重視していた。 実車試験への協力については、本社も含め内部調整はあったものの、さほど大きな反対意見はなかった。 今後、H-FAMEが社会に受け入れられていくためには、まずタイのエネルギー政策と環境政策が明確に折り合いをつけておくことも重要だろう。 他方、自工会としての動きも重要になる。タイのいすゞはH-FAMEを前向きにとらえているが、日本のいすゞはタイとは温度差がある。自工会のなかで、極めて突飛な動きをしたくないという意識もあるはず。 ただし、自工会の燃料部会では、H-FAMEについて技術的な検討を始める(議論を始める)という段階にまでは進んできた。まずは、2016年4月に何らかの議論がなされるはずである。 現在は、これまでだれも知らなかったH-FAMEが知られ始めたという段階。今後、技術検証を進めていくなかで、より認識されていくであろう。
入手書類	<ul style="list-style-type: none"> なし

日 時	2016年2月3日(水)13時30分~14時30分
相手先	<p>農業省 パームオイル担当、エコノミスト、国際局の計4名</p>
場 所	農業省
参加者	<p>葭村専門家、西嶋専門家、ラッセル専門家、樽見 JICA 所員、十津川</p>
記録者	十津川
内 容	<p>(パーム増産計画について)</p> <ul style="list-style-type: none"> 今後、毎年4,000haの作付面積増大を計画しており、2036年のAEDPのBDF増産計画に対応できるようになっている。 ただし、パームオイルの市況は常に変っており、将来不透明な部分もある。B10及びB20が計画どおりに生産できるようにならないと、結果的にはパームの余剰が生まれるため、上記の予定どおりの増産スピードとはならないだろう。 パーム増産は農家の意思、完全な市場原理に任せており、政府からの植えつけ奨励やインセンティブ付与は行っていない(今のところ、インセンティブ付与は計画していない)。 現在、ゴム市場が低迷しているため、更新時期を迎えたゴム園がパーム園に替わっている例は多く見られる。 他方、タイのパームオイル価格がマレーシアなどの競争に勝てないため、2015年については通常よりもストックが積み上がっている。

入手書類	・ なし

日 時	2016年2月4日(木)9時20分～11時15分
相手先	KMUTNB KMUTNB President: Dr. Teravuti Boonyasopon The former Deputy Project Manager: Dr. Surin Laosooksathit KMUTNB Research Leader: Dr. Sabaithip Tungkamani
場 所	KMUTNB
参加者	葭村専門家、西嶋専門家、ラッセル専門家、十津川
記録者	十津川
内 容	<p>(プロジェクト成果・目標に対する達成状況の認識)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ KMUTNB はバイオオイルの改質を担当した。当初の技術構築にかかる目的は達成した。 ・ しかしながら、ジャトロファの入手等にも時間を要したため、バイオオイルが足りないといった生産量での課題はあった。 ・ 若手研究者、学生の人材育成の効果もあった。 <p>(貢献要因)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ プロジェクト成果の達成については、関係機関の協調体制が整っていたこととPR活動の充実が挙げられる。 ・ KMUTNBとしてもプロジェクトの供与機材に関して、ランニングコスト、メンテナンスコストを負担してきた(約200～300万パーツ)。 <p>(持続性及び今後の取り組み)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマスにかかる研究は本大学としても重要視している。大学は Green University を掲げており、この観点からもバイオマス関連の研究は予算が増えている。 ・ 今後、JICA とも新たなプロジェクトが始まることを期待している(記録者注:特に具体的な提案があったわけではない)。 ・ バイオオイルの研究は継続する予定である。既に MTEC とともに新たな機材を試作した。プロジェクト後に MTEC とともに進める。 ・ ラボラトリーの機材は日進月歩であるため、一定の時期には更新する必要があるだろう。 ・ 機材の観点を除けば、将来の研究継続において大きな心配事項は現時点ではない。ただし、折々で日本人の研究者との交流を通して、必要なアドバイスは受けたい。
入手書類	・ なし

