

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

(生物資源分野「生物資源の持続可能な利用に資する研究」領域)

「非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術」

(タイ王国)

国際共同研究期間*1

平成 22 年 5 月 16 日から平成 28 年 3 月 31 日まで

JST 側研究期間*2

平成 21 年 6 月 1 日から平成 28 年 3 月 31 日まで

(正式契約移行日 平成 22 年 4 月 1 日)

*1 R/D に記載の協力期間

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=R/D に記載の協力期間終了日又は当該年度末

平成 26 年度実施報告書

代表者： 葭村雄二

(独) 産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 名誉リサーチャー
＜平成 21 年度採択＞

I. 国際共同研究の内容（公開）

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

当該国際共同研究では、非食糧系バイオマスであるジャトロファに着目し、従来まで燃料原料の対象とされているジャトロファオイル分（ジャトロファ果実の約 20%）のみならず、約 80%を占めるジャトロファ残渣の輸送用燃料化を目指し、ジャトロファ全体の利用効率を高めることにより、輸送用燃料源としての社会実装を支援しようとするものである。具体的には、次の Task 1～Task5 の研究を行う（図 1）。

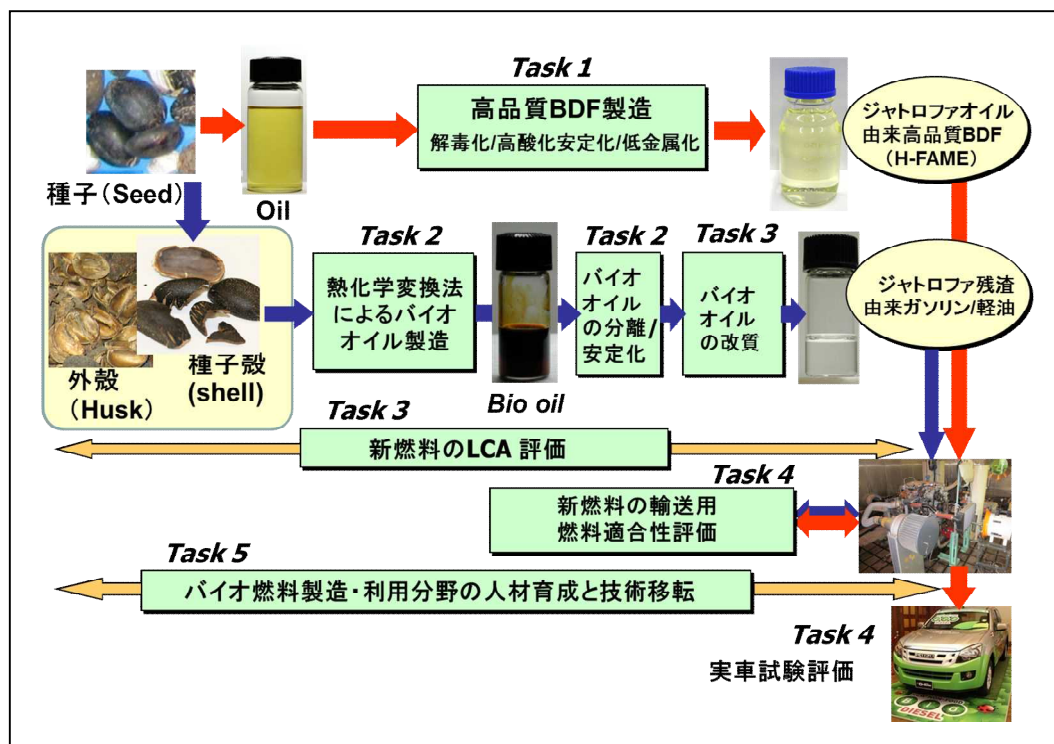


図 1 各研究課題の位置づけ

研究題目・活動	H21年度 (10ヶ月)	H22年度	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度
1. 研究題目1：ジェトロファオイルからの高品質バイオディーゼルの製造技術 1-1 研究活動：ジェトロファオイルからのBDF製造技術(Task1) 1-1-1 BDF製造のための解毒化技術開発 (NSTDA) 1-1-2 パイロットスケールの標準化BDF装置の設計開発。(NSTDA/TISTR/産総研) 1-1-3 エンジン試験/実車試験用BDF製造・提供 (TISTR/産総研) 1-2 研究活動：BDFの高品質化技術 (H-FAME技術) (Task 2) 1-2-1 エステル交換用固体触媒の開発 (産総研/NSTDA/TISTR) 1-2-2 酸化安定性向上のための水素化技術の開発 1-2-3 BDF低金属化のための脱金属技術の開発 (産総研/TISTR) 1-2-4 エンジン試験/実車試験用高品質BDF製造・提供 (TISTR/産総研) 1-3 研究活動：燃料詳細分析技術(Task 1) 1-3-1 BDF及びバイオオイルの詳細分析技術の開発 (産総研/TISTR) 1-4 研究活動：LCA等による環境評価(Task 3) 1-4-1 高品質BDFのLCA評価 (早稲田大/産総研/NSTDA/TISTR)	安全な BDF の実現 (PDM 活動 No. 1-1) BDF/H-FAME 製造用パイロットプラント技術の確立 (PDM 活動 No.2-1) BDF の自動車燃料適合性実証 (PDM 活動 No.2-2) 新規 BDF 製造技術の提示 (PDM 活動 No.3-1) H-FAME 技術の構築 (PDM 活動 No.3-2) H-FAME 支援技術の構築 (PDM 活動 No.3-3) H-FAME の自動車適合性実証 (PDM 活動 No.2-2) 燃料分析技術の提示 (PDM 活動 No.3-4, No.8-3) H-FAME の環境影響評価 (PDM 活動 No.4-1)						
2. 研究題目2：ジェトロファ残渣からのバイオオイル製造技術 2-1 研究活動：熱化学変換法によるバイオオイル製造技術 (Task 2) 2-1-1 急速熱分解用触媒の探索と開発 (産総研/NSTDA/TISTR) 2-1-2 バイオオイル製造用急速熱分解炉の研究開発 (TISTR/産総研) 2-1-3 バイオオイルの大量製造・NSTDAへの提供 (TISTR)	急速熱分解用触媒の開発 (PDM 活動 No.6-1) 循環流動層型パイロラザーの開発 (PDM 活動 No.6-2) バイオオイルの大量製造 (PDM 活動 No.6-2-2)						

2-2 研究活動：バイオオイルの分離・安定化技術 (Task 2) 2-2-1 バイオオイルの分離装置の設計と開発 (NSTDA) 2-2-2 バイオオイルの安定化技術の研究開発 (NSTDA) 2-2-3 分離・安定化処理バイオオイルの大量製造・AISTへの提供 (NSTDA)	
3. 研究題目3：バイオオイルの高品質輸送用燃料化技術 3-1 研究活動：バイオオイルの品質改善技術 (Task 3) 3-1-1 バイオオイルの脱酸素化技術の研究開発 (産総研/KMUTNB) 3-1-2 バイオオイルのアップグレード用触媒技術の研究開発 (産総研/KMUTNB) 3-1-3 脱酸素処理バイオオイルと石油留分の混合処理技術の研究開発 (産総研/KMUTNB) 3-1-4 エンジン試験用アップグレードバイオオイルの製造・提供 (産総研) 3-2 研究活動：LCA等による環境評価(Task 3) 3-2-1 バイオオイル経由で製造された新燃料のLCA評価(産総研/NSTDA/TISTR)	
4. 研究題目4：新燃料の燃焼特性及びエンジン特性評価技術 4-1 研究活動：新燃料の材料適合性評価(Task 4) 4-1-1 高品質BDFの材料適合性評価 (産総研/NSTDA) 4-1-2 バイオオイル経由で製造された新燃料 (混合処理油を含む) の材料適合性評価 (産総研/NSTDA) 4-2 研究活動：新燃料の燃焼特性評価(Task 4) 4-2-1 BDFの燃焼特性評価 (過渡モード試験) (産総研/NSTDA) 4-2-2 バイオオイル経由で製造された新燃料 (混合処理油を含む) の燃焼特性評価 (過渡モード試験) (産総研/NSTDA)	

4-3 研究活動：新燃料のエンジン特性評価 (Task 4) 4-3-1 BDFのエンジン特性評価(早稲田大/NSTDA) 4-3-2 BDFの燃焼特性シミュレーション (早稲田大/NSTDA) 4-4 研究活動：BDFを用いた実車試験 (Task 4) (産総研/早稲田大/NSTDA/TISTR)							
5. 研究題目5：人材育成と技術移転 (Task 5) 5-1 研究活動：バイオ燃料製造及び利用に係る研究者の育成 (早稲田大/産総研) 5-2 研究活動：BDF製造技術の社会実装に向けた戦略構築 (早稲田大/産総研)							
研究題目・活動	H21年度 (10ヶ月)	H22年度	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度

* 2011 年のタイ大洪水により研究開発機器及び実験棟が被害を受けたため、被害機器の復旧作業や実験棟インフラの復旧作業に時間を要し、更に当初設置予定の開発機器の実験棟内への搬入・設置が遅延したため、研究再開が遅れた。

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト

(1) プロジェクト全体

・プロジェクト全体のねらい、当該年度の成果の達成状況とインパクト等

本プロジェクトの目的： 運輸部門におけるバイオ燃料の導入は気候変動緩和対策として有効であり、食糧と競合しないバイオマス資源を用いた輸送用燃料製造技術の確立が喫緊の課題となっている。そこで、バイオマス資源を有し、かつ自動車産業の拠点を有するタイと協働し、非食糧系バイオマスからの輸送用燃料の製造技術、バイオ燃料の社会実装のためのエンジン評価・利用技術、及びライフサイクルアセスメント(LCA)等を用いた評価技術を構築し、環境・エネルギーに関わる地球規模課題の解決に資する。

本プロジェクトの概要： 非食糧系バイオマスとして注目されている *Jatropha* 果実の総合利用効率を高めるため、オイル留分からの高品質バイオディーゼル(BDF)製造技術、並びにオイル抽出残渣の熱分解から得られるバイオオイルの輸送用燃料化技術の開発を行う。次いで、各種バイオ燃料の燃焼特性、エンジン特性、排ガス特性等から新燃料の社会実装に向けた基盤を構築する。更に、LCA等の手法により、開発技術のCO₂低減効果を明らかにする。これら一連の共同研究の中で、タイ国研究者の能力開発も併せて推進する。

プロジェクト全体の進捗状況： 当該プロジェクトは次の5つの要素課題から成り、日タイ研究参加機関の研究内容及び役割分担を再確認すると共に連携強化を図り、各研究を実施した：①ジャトロファオイルからの高品質バイオディーゼルの製造技術(LCA評価技術を含む)、②ジャトロファ残渣からのバイオオイル製造技術、③バイオオイルの高品質輸送用燃料化技術開発(LCA評価技術を含む)、④新燃料の燃焼特性及びエンジ

ン特性評価技術、⑤人材育成及び技術移転。特に、①に関しては、ジャトロファオイルから高品質バイオディーゼル製造用に開発した部分水素化技術(H-FAME 技術、得られた製品を H-FAME と呼称)を、タイ国エネルギー省エネ・効率化局から要望のあったパーム FAME の高品化に適用し、H-FAME 技術の汎用性を確認した。部分水素化条件の最適化を産総研で行い、タイ科学技術研究院(TISTR)で、バッチ反応装置を用いて実車試験用のパーム H-FAME を 2,500L 製造した。また、H-FAME 技術の実用化を目指し、連続流通式反応用の触媒について候補触媒を開発した。②のジャトロファ残渣からバイオオイル製造では、産総研の小型流動層型熱分解炉から製造されるバイオオイルと同等のバイオオイルを、タイ科学技術研究院(TISTR)に設置された循環流動層型熱分解炉パイロットプラント(20kg-バイオマス/h)で大量に製造することに注力した。当該パイロットプラントの安定運転のため装置改造を行い、数十 L 規模でのバイオオイルの製造に成功したが、当初計画の量のバイオオイル製造には至らなかった。③に関しては、タイ側のパイロットプラントを用いてジャトロファ残渣から製造されたバイオオイルを入手し、その詳細分析を行った結果、産総研の熱分解炉から製造されたバイオオイルと、ほぼ同等の生成物が得られらことを確認した。また、入手バイオオイルの改質反応実験を行い、既に開発している候補触媒が利用可能であることを確認した。④に関しては、TISTR で製造されたパーム H-FAME を石油系軽油に 20vol%混合した混合燃料(B20)を用いた実車試験をタイ国内で開始した。走行距離は、前回のジャトロファ H-FAME を用いた B10 燃料による実車試験と同様に、50,000km を予定している。⑤に関しては、JICA 専門家派遣及びタイ研究員の産総研への招聘を通し、各要素課題の研究促進・連携を加速できた。また、高品質 BDF 製造用に開発された H-FAME 技術の技術移転に向け、タイ政府機関や国内外企業へ当該事業成果の広報活動を行った。タイ国エネルギー省エネ・効率化局はタイ政府の代替エネルギー活動計画を策定している原課であり、当該事業で開発した新規のバイオディーゼル H-FAME に強い関心を示しており、今後も連携を図る予定である。当該事業に係る H26 年度合同調整委員会を H27 年 2 月 10 日にバンコクで開催し、本プロジェクトの進捗状況の評価、今後の研究計画の確認をおこなった。

(2) 研究題目 1

ジャトロファオイルからの高品質バイオディーゼルの製造技術

① 研究題目 1 の研究のねらい

産業技術研究所グループ

(JICA 活動計画:No.2-1, 2-2, 3-1,3-2,3-3, 3-4)

H26 年度は、高品質バイオディーゼル(FAME)中に含まれ、エンジン排出ガス処理触媒の永久被毒要因物質となるリンの低減を目指し、ジャトロファ粗油から簡便にリン脂質を取り除くための脱ガム手法を検討する。また、これまでの KOH 等のアルカリ触媒(均一系触媒)に代わる安価で高活性、高耐久性のエステル交換用固体触媒の開発に取り組む。更に、ジャトロファ BDF の高品質化用に開発した部分水素化技術を、タイ国エネルギー省エネ・効率化局からの要望に基づき、タイ市場で実際使用されているパーム油 FAME の H-FAME 化に展開すると共に、実用の際に想定される固定床流通式反応装置を用いて、これまで開発した部分水素化触媒の触媒性能評価及び更なる触媒の高活性化・高安定性を試みる。一方、急速熱分解パイロットプラントで製造したバイオオイル中の成分の詳細分析を行い、小型実験装置で得られたバイオオイルとの比較検討を行うとともに、水素化精製により得られる生成油の用途について検討する。更に、当該 BDF の LCA によるライフサイクルでの温室効果ガス(LCGHG)排出量評価を行うため、現地でのライフサイクルインベントリデータ収集、解釈を支援する。

② 研究題目 1 の研究実施方法

パイロットスケールの標準化 BDF 装置の設計開発では、ジャトロファ H-FAME 用に最適化された製造条件をパーム H-FAME 用に変更し、従来用いてきた水素化深度の指標（H-FAME 中の残存多価不飽和 FAME 量で評価）が使えるかどうか確認した。産総研で最適化された条件を基に、タイ科学技術研究院内に設置されたパイロットプラント規模の部分水素化装置（回分式、反応器容量＝100L）を用いて、反応条件の最適化を行った。脱ガム条件の検討では、脱ガムで使用する添加材や温度条件について検討した。また、エステル交換用固体触媒の開発では、活性種と考えられる四配位のチタニアを有した炭素含有 3Ti-SBA-15 を調製し、固定床流通式反応器にて活性及び耐久性の検討を行った。更に、得られた FAME が規格をクリアしているかの物性測定（Na, K, Ca and Mg の不純物量等）に加え、反応前後のメソポーラス構造や活性種である Ti 種の構造変化を観察した。一方、FAME の酸化安定性向上のための水素化技術の開発では、主にパーム油 FAME を原料とし、固定床流通式反応器において、活性及び寿命の評価を行った。更に高耐久性化のため、パーム油 FAME 中に含まれる不純物（飽和脂肪酸メチル（SMG）やステロールグリコシド（SG）等）を除去するための、除去剤の検討を行った。

パーム H-FAME を用いたエンジン試験及び実車試験（タイ国内での路上走行試験）が本年度実施予定であり、タイ科学技術研究院（TISTR）内に設置されたパイロットプラント規模の部分水素化装置を用いて、パーム H-FAME を製造し、各実験に供した。BDF 及びバイオオイルの詳細分析技術の開発では、本年度、タイに設置した急速熱分解パイロットプラントの運転で得られたジャトロファ残渣からのバイオオイルを、捕集箇所別に GC/GC-MS 分析により成分比較を行うとともに、産総研設置の小型急速熱分解装置での無触媒および触媒併用急速熱分解による生成バイオオイルとの成分比較を行い、小型実験装置生成物とパイロットプラント生成物の整合性について検証した。

これまで、高品質 BDF の LCA 評価に関しては、原料となるバイオマス調達時（耕作段階）の負荷が状況によっては大きなことが示唆されてきた。本年度は、バイオマス資源耕作段階で生じる負荷の目的農産物との配分、その推定に必要な投入データ、経済価値の推計、土地利用評価の方法につき現地対応機関の支援を行った。

③ 研究題目 1 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

ジャトロファ油からの H-FAME 製造と同様に、パーム油を入手し、TISTR に設置されたパイロットプラント（脱ガム装置、BDF 製造装置）で BDF を製造し、その後、TISTR に設置されたパイロット規模の部分水素化装置で H-FAME を製造するケースと、市販のパーム FAME（添加剤なし）を入手し、その後、TISTR に設置されたパイロット規模の部分水素化装置で H-FAME を製造するケースの検討を行った結果、社会実装に向けた説得力を考慮し、後者のケースでパーム H-FAME を製造した。ジャトロファ H-FAME の製造に用いた貴金属触媒と同一触媒を用い、多価不飽和 FAME 量を所定の量に制御し、約 2,500L のパーム H-FAME を製造した。製造されたパーム H-FAME(B100) の酸化安定性は極めて高く（Rancimat 測定で、30h 以上）、また、同 H-FAME を軽油に 20vol% 混合した混合油(B20)では、強制酸化試験（混合油量＝20g、酸化温度＝135℃、純酸素供給量＝100cc/min、酸化時間＝16h）後でもスラッジの生成は見られなかった。

ジャトロファ BDF の製造では、エステル交換反応に先立ちリン脂質除去のために脱ガム処理が

不可欠であるが、0.025wt%のリン酸および2%の水を60℃で30分間攪拌した後、30℃で30-60分静置し、最後にテフロン製のフィルターで濾過することにより、リンのみならず、アルカリ金属、アルカリ土類金属も低減できることを見出した。現在のTISTRのBDF製造用パイロットプラントでは、殆どの商業プラントで用いられている均一系触媒（KOH等）が用いられているが、触媒を除去するためのFAMEの水洗処理や廃グリセリンの精製処理等、製造コストアップにつながっている。このため、均一系触媒の固体触媒代替の可能性を検討するため、この脱ガムしたジャトロファ油を用いてエステル交換用の固体触媒について検討した。この結果、四配位のチタニアを有した炭素含有3Ti-SBA-15触媒を用いることにより、SiやTiの流出なく、高品質なBDF(FAME)へと転換可能であることを見出した。一方、H-FAME技術の開発では、本年度は主にパーム油FAMEを原料としたところ、これまでのジャトロファ油FAMEを原料とした場合に比べ触媒活性・寿命ともに低下することが分かった(図2)。これはパーム油FAME中に多く含まれる不純物(ステリルグリコシド等)によるものと示唆されるが、部分水素化触媒の前段にガードカラムを用いることによりこれら不純物を除去し、失活抑制が可能となった。ガードカラムの種類について種々検討した結果、アルミナで対応できることが分かった(図2)。

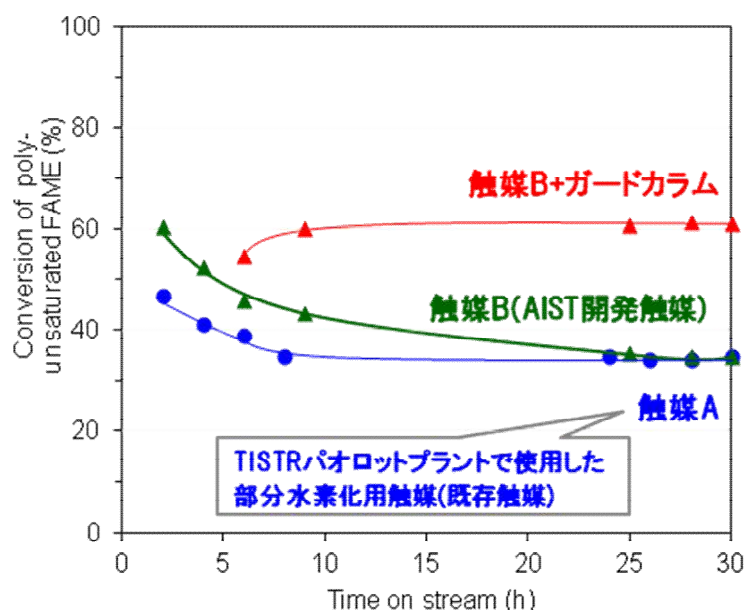


図2 パーム油の部分水素化触媒の劣化挙動

BDF及びバイオオイルの詳細分析技術の開発に関しては、本年度、TISTRに設置された急速熱分解パイロットプラントで得られたバイオオイルを用いて、以下の検討を行った。パイロットプラントの3つの捕集器(コンデンサー1、コンデンサー2、パラフィントラップ)(後述)で得られた生成油(図3)をそれぞれGC/GC-MS分析を行い、成分を比較した。コンデンサー1のバイオオイルは水が多く含まれていたため、ジエチルエーテルで有機物を抽出して分析に供した。パラフィントラップの捕集油は2層に分かれていたため、それぞれを個別に分析した。小型急速熱分解装置のバイオオイルは、触媒を用いずにジャトロファ残渣の急速熱分解を行い得られた生成油を分析した。

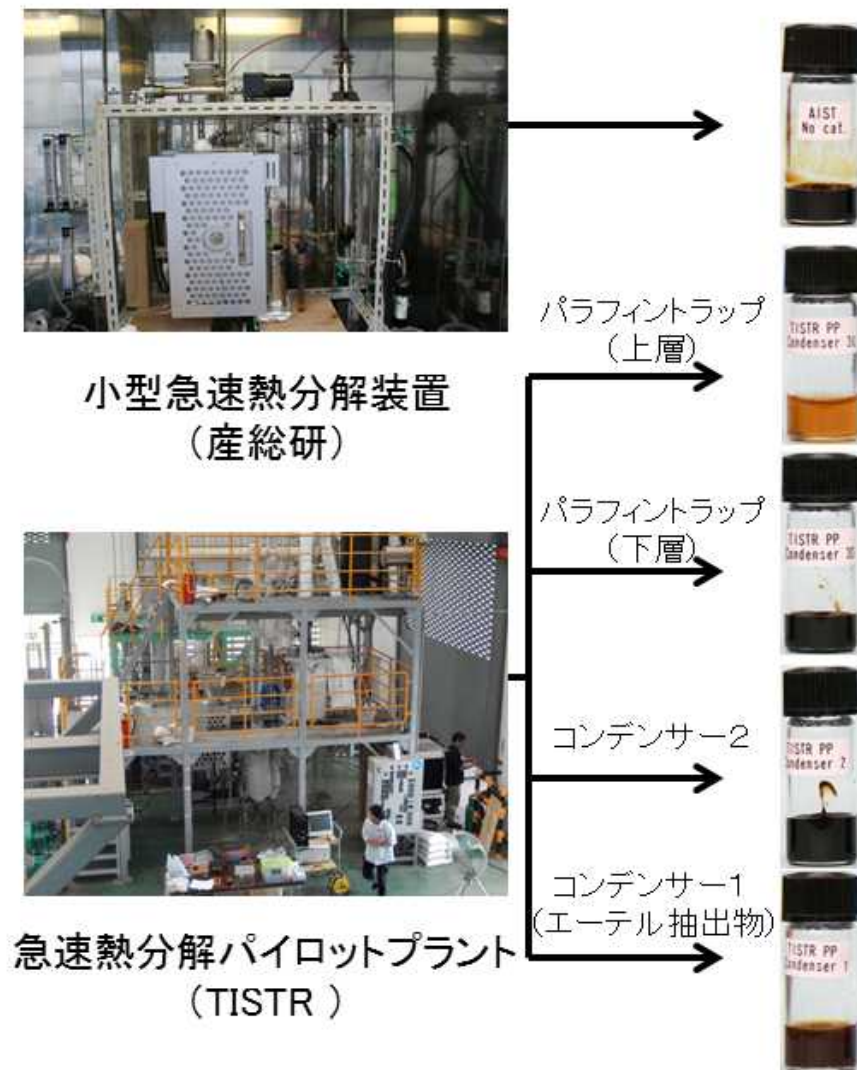


図3 急速熱分解装置とバイオオイル

パラフィントラップ上層を除くいずれのバイオオイルにも、低沸点成分と高沸点成分が含まれ、前者はフェノール類や環状ケトン類が多く、セルロースないしリグニン由来成分由来、後者は遊離脂肪酸が大部分を占めていたため、油脂由来成分であるとそれぞれ推定された。また、パラフィントラップ上層は、バイオオイル捕集に用いた流動パラフィンのみで、バイオオイル成分とはほぼ完全に分離しており、バイオオイルの捕集率を上げるために、パラフィントラップを用いることができたことがわかった。バイオオイル中の成分をさらに詳細に分析するため、カラムクロマトグラフィーによるタイプ別分離を行った。コンデンサー2捕集油の分析を行ったところ、小型実験装置ではほとんどなかったトルエンやキシレン等の芳香族炭化水素が生成しており、軽度の脱酸素反応が進行していることがわかった。低沸点の含酸素化合物のほとんどは1価アルキルフェノールで、特に炭化水素系基材との混和しない2価フェノールのカテコールの含有量が、小型実験装置生成油に比べて少ないことがわかった。ジャトロファバイオオイルに多く含まれる窒素分は、低沸点化合物ではアルキルピリジン類、アニリン、ピリドン等が、高沸点化合物では脂肪酸のアミドが多く見られた。

高品質 BDF の LCA 評価に関しては、高度化された品質がどのように機能に影響するか、多くの議論、検討を行った。輸送燃料の機能は、一定の積載物を一定の距離運搬することであり、トン・km

を機能単位とする例が多いが、高度化された品質はその機能単位に影響がないことが推定された。高品質化により、石油起源の軽油と同機能になり、温室効果ガス削減は、石油起源の軽油による排出との対比になる。タイ国カウンターパートによる試算では、原料調達は経済性に基づく環境負荷の配分に合理性が認められた。しかし、地域性、利用バイオマス物性により、不確実性が高いことが試算の結果明らかになっている。ISO の LCA に関する企画では重量配分が基本とされており、経済配分との得失を検討した。未利用資源利活用の基本から、経済性による配分がふさわしい点で現地機関との意見の一致を見ているが、結果の不確実性要素もあり、目的に応じた選択が必要である。経済性に基づく配分では、ジャトロファを原料とする場合、非食品で主産物の機能が「ゼロ」とみなされることから、排出はすべてバイオマス原料が担うことになる。そのため、耕作時には投入を最適化した、「Best Practice」が必要になる。また、水素調達の方法による負荷の変化も大きいことが認められ、高品質 BDF の浸透による水素需要を満たす水素製造法の低環境負荷化、経済性を追求する必要性が明らかになっている。

④ 研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

TISTR の BDF 製造パイロットプラントを用いたジャトロファ H-FAME 製造運転研究では、専門家派遣による現地での技術指導を通し、カウンターパート研究者・技術者のみで H-FAME が製造できるレベルに達していた。本年度は、専門家派遣による現地での技術指導を通し、同パイロットプラントを用いたパーム H-FAME 製造運転研究を行い、運転条件の最適化法等の指導を行った。この結果、TISTR のパイロットプラントで、約 2,500L のパーム H-FAME の製造に成功した。BDF の品質向上に資する脱ガムの研究では、簡便で低コストで処理可能な脱ガム手法を開発し、本手法を TISTR 研修者らに指導した。又、BDF の詳細分析技術関連では、ガスクロマトグラフを用いたバイオディーゼル中に含まれる不純物(モノグリセリド、ステリルグリコシド)の測定法および、これら不純物の除去方法についても検討し、除去手法も合わせて指導した。一方、H-FAME 技術関連では、2 名の研修生を受け入れ、バイオディーゼル中の不純物除去手法、固定床流通式反応装置を用いた流通実験手法、各種物性測定手法、触媒の調製方法等を指導した。更に、タイ側研究者にバイオオイルのアップグレーディング用担持硫化物触媒について、ガス吸着法による活性点評価法について指導するとともに、バイオオイルのカラム分離による成分の詳細分析法について指導を行った。

高品質 BDF の LCA 評価に関しては、タイ国カウンターパートが精力的にデータ収集、解析を実施している。カウンターパートとの交流機会を捉え、これまでの知見を集約し、必要な追加調査などを議論してきている。カウンターパートの経験、データも集積度を増し、ASEAN 地域の LCA 拠点としての実績が伴ってきている。同国を中心とした ASEAN 地域内の情報ネットワーク、コンサルタント機能、政策制度支援など行える段階と思料され、望ましい限りである。

⑤ 研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

ジャトロファ H-FAME を用いたタイ国内での実車走行試験用の燃料製造に引き続き、本年度はパーム H-FAME を用いたタイ国内での実車走行試験用の燃料を製造した。この間、H-FAME 製造方式をバッチ反応方式から流通式反応方式へと変更してきたが、FAME 中の微量成分(硫黄やステロールグリコシド類等)が触媒寿命に影響を及ぼすことが明らかとなってきた。触媒劣化防止対策にも目途が立ちつつあり、今後、H-FAME 技術の実用化に向けては、触媒の長寿命化に向けた検討が必要である。

(3) 研究題目 2

ジャトロファ残渣からのバイオオイル製造技術

① 研究題目 2 の研究のねらい

産業技術研究所グループ

(JICA 活動計画:No.6-1, 6-2)

パイロットプラント規模の循環流動層型急速熱分解炉(基準条件は無触媒条件下)の運転研究を行い、ジャトロファ残渣からバイオオイルを製造し、その後のバイオオイルの改質実験用の原料を提供する。また、触媒存在下の熱分解技術を構築するため、非貴金属系の安価な触媒探索、得られた有望触媒でのニートバイオオイル(有機層)製造と、特性評価を行う。また、ジャトロファバイオオイル中に含まれる窒素分が後段のアップグレーディング触媒の活性を大幅に失活することから、前段階のバイオオイル製造段階で酸素分と合わせて低減可能な、安価な急速熱分解用触媒の探索を行う。更に、TISTR に設置されたパイロットプラント規模の電気集塵器の安定運転のため、パイロットプラント規模でも安定に動作可能なように電気集塵器の改良を行う。

② 研究題目 2 の研究実施方法

タイ科学技術研究院(TISTR)に設置されたパイロットプラント規模の循環流動層型急速熱分解炉を用いたジャトロファ残渣からのバイオオイル製造を確実にし、バイオオイル回収率を高めるため、専門家派遣による技術指導を通し、当該装置の改造を行った。急速熱分解用触媒の探索と開発では、本年度は、貴金属系より安価な非貴金属系を探索した。担体はこれまでの ZSM-5、Beta、USY を用いた。得られた非貴金属系の有望触媒を用いて、これまでの数倍規模での熱分解を行い、溶媒を使用しないで、ニートのバイオオイル(有機相)の収率、選択率と、特性評価を行い、循環型流動床などに適用できる触媒設計を目指した。また、触媒探索をより効率的に行うため、まず急速熱分解炉装備 GC/MS により触媒性能を簡易的に評価し、良好な結果を得られた触媒を小型の流動層反応装置(20g/h 規模)で実際のバイオオイル製造を試みた。更に、電気集塵器では、パイロットプラントに設置された電気集塵器と同型(サイズは小型)の電気集塵器を製造し、TISTR で見られた問題点の対策法を検討した。

バイオオイルの分離装置の設計と開発では、TISTR で製造されたバイオオイルを原料に、タイ科学技術開発庁(NSTDA)/金属材料研究所(MTEC)内に設置された分離装置で水溶性成分と非水溶性成分とに分離する予定であったが、提供バイオオイルの量が十分でなく、予備実験しか行えなかった。

③ 研究題目 2 の当初の計画(全体計画)に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

タイ TISTR に設置されたパイロットプラント規模の循環流動層型急速熱分解炉(図 4)では、ジャトロファ残渣の供給時のスクリーフィーダー内のコーキングや生成したバイオオイル蒸気の低凝縮回収率等の問題があり、トラブルシューティングに終始していたが、本年度、専門家派遣による技術指導により、次の3か所の装置改造を行った。①スクリーフィーダー内のコーキング防止のための水冷ジャケットの設置、②バイオオイル蒸気回収のためのパラフィンスクラバーの設置、③凝結性の低いバイオオイル蒸気の回収のための電気集塵機の設置。この結果、バイオオイルの安定な製造に目途が立った。

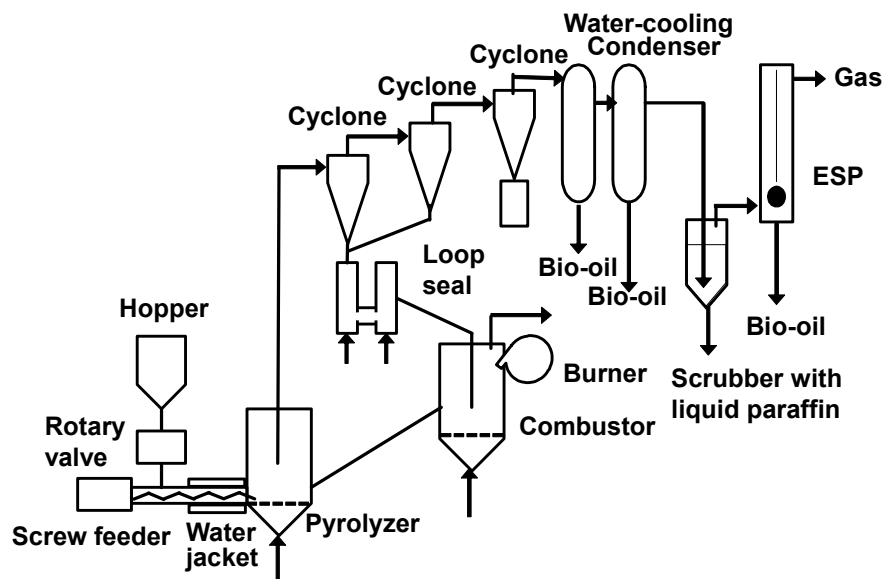


図 4 タイ TISTR に設置されたパイロットプラント規模の循環流動層型急速熱分解炉

当該熱分解炉で製造された最新のバイオオイルの写真を図 5 に示す。図 4 中の第二段目のコンデンサー、パラフィンスクラバー、電気集塵器 (ESP) で回収されたバイオオイルが約 9kg、第一コンデンサーで回収された木酢液を主とするバイオオイルが約 11kg である(図 5)。しかしながら、当初計画のバイオオイル量(約 400L)の製造には至らなかった。



図 5 ジャトロファ残渣から製造されたバイオオイル(TISTR)

急速熱分解用触媒の探索と開発では、本年度は、非貴金属担持触媒では、熱分解 GC/MS、600°C の反応により、炭化水素選択率が担体により、ZSM(78%) > USY(57%) > Beta(46%)となり、貴金属系の場合と同様に、Beta は炭素析出が多く、炭化水素選択率が最も低かった。しかし3つの担体とも、無触媒(炭化水素選択率 5%以下)に比べて有効であった。そこで、これらの触媒とジャトロファ残渣 10g をステンレス反応管に投入して、有機層の収率や炭化水素選択率を調べた。600°C では、3つの担体の有機層の収率は 9.5-10.7%で差はなかったが、500°C では、Beta(20.5%) > ZSM(15.8%) > USY(13.7%)となり、幾分の差が見られた。炭化水素選択率は、600°C では、USY(71.7%) > Beta(63.9%) > ZSM(60.1%)、500°C では、USY(51.7%) > ZSM(42.6%) > Beta(14.7%)となり、

USY は、見かけの有機層収率は低めであるが、その分炭化水素選択率は高く、脱酸素は起こりやすいという傾向であった(JICA 活動計画 No. 6-1)。

50g 規模のジャトロファ残渣の熱分解を、非貴金属/USY 触媒を用いて 500°C で行ったところ、有機層及び水層の収率はそれぞれ 21.3%、28.6% となり、合計で 49.9% の液体収率を得ることができた(図 6)。

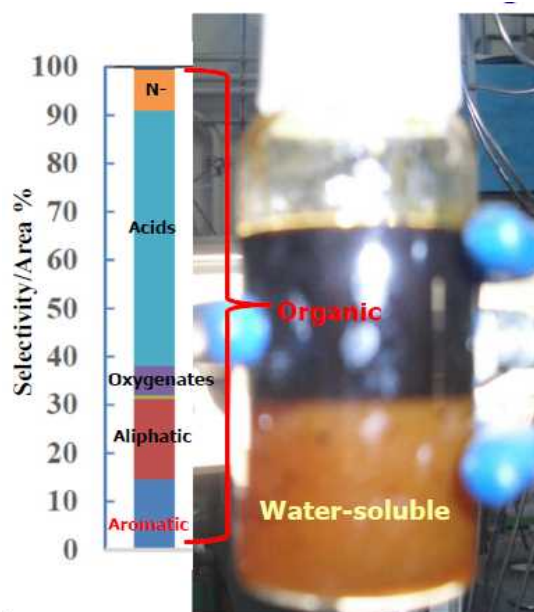


図 6 50g のジャトロファ残渣から得られた液体 (産総研)

なお、500°C のため炭化水素選択率は 31.6% で、酸の選択率は 53% であった。生成有機層の評価として、酸価は、5-7mg-KOH/kg であり、無触媒で得られた有機層の 28.2mg/kg より明らかに低かった。ただし、元素分析から計算した高位発熱量(HHV)は 32-33MJ/kg であり、無触媒での値(32MJ/kg)と差はなく、密度も 0.88-0.89g/cm³ で、無触媒の場合(0.85g/cm³)より少し高い程度であった。こうして、非貴金属系触媒による熱分解では、触媒により担体の種類にかかわらず、カルボン酸量は低下するが、他のフェノールなどの含酸素化合物は残存し、熱量、比重も無触媒の場合と大差なく、また窒素や硫黄も除去されていない、などが明らかとなり、安価な非貴金属系触媒の限界を明らかにすることができた(JICA 活動計画 No. 6-2)。

タイ国内でも入手可能な安価なドロマイトに着目し、急速熱分解性能を検討した。ドロマイトは通常炭酸塩の状態であるが、800°C 程度で焼成処理することで酸化物となり、急速熱分解に活性を示すことが分かった。しかし、ドロマイトのみではオレフィンが多く生成し、これらオレフィンは酸化安定性に乏しいことから、鉄系触媒をドロマイトと共存させることでオレフィン量を低減することが可能となった。これらを実際のバイオオイル製造に用いたところ、ドロマイトを用いると酸素分の低減だけでなく窒素分の低減にも有効であることが見出された。

一方、電気集塵器では、バイオオイルの凝集に伴いバイオオイルを介したスパーク現象が問題とされていたが、接地している SUS 管の長さおよび位置を最適化することによりスパークを抑制し安定に運転できることが分かった(図 7)。



図 7 改良型電気集塵機によるバイオオイルの回収状況

バイオオイルの分離装置の設計と開発では、TISTR で製造されたバイオオイルを原料に、タイ科学技術開発庁（NSTDA）/金属材料研究所（MTEC）内に設置された分離装置で水溶性成分と非水溶性成分とに分離する予定であったが、提供バイオオイルの量が十分でなく、予備実験しか行えなかった。

④ 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

TISTR 設置の循環流動層型熱分解炉は産総研の参加メンバーである鈴木により基本設計が行われたものであり、TISTR で改良が加えられたものである。当初、当該装置の運転に問題もあったが、専門家派遣による技術指導等を通して、ジャトロファ種子の搾油時に残留する油分を含んだジャトロファ残渣に対応できるように各種の改良が加えられ、バイオオイルを 10L レベルで製造できるに至った。

急速熱分解用触媒の探索と開発では、本年度、ラボスケールではあるが（産総研装置）、非貴金属系触媒を用いて、50g 規模の熱分解により、バイオオイル有機相（溶媒使用無し）収率 21.3%、水相と併せた液体収率が 49.9%となることを、タイ側研究者と共に確認できた。触媒存在下では、熱分解反応時に脱酸素反応が進行するため、バイオオイルの収量は触媒を使用しない場合に比べ減少するが、バイオオイルは低酸素・低酸性であり、後段の水素化脱酸素反応の負荷低減には有効であった。

この急速熱分解用触媒の探索と開発では、MTEC から 2 名および TISTR から 1 名（主に鈴木グループで研修）の研修生を受け入れ、急速熱分解用触媒の探索方法、バイオオイルの分析手法、流動層型反応器の運転方法および電気集塵機の操作方法等を指導した。更に TISTR において JICA 専門家として実際に指導および装置の改良等を行った。

⑤ 研究題目 2 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

当初計画では、TISTR に設置された循環流動層型熱分解炉を用いてジャトロファからバイオオ

イルを製造し（約 400L）、そのバイオオイルを MTEC の分離装置で分離し、得られる非水溶性成分をモンクット王工科大学ノースバンコク（KMTUNB）に送付すると共に産総研に空輸する計画であった。その後、産総研でバイオオイルの改質を行い、得られる改質油の JIS 適合性を確認した後、シャーシダイナモ試験を行い、バイオオイル由来燃料の自動車適合性を検証する予定であった。しかしながら、TISTR の循環流動層型熱分解炉の設置、試運転、更なる改造等の作業が、2011 年のタイ洪水の影響で遅れたため、本年度になってやっと約 10L レベルでの製造に至った。このため、バイオオイル製造遅れを取り戻すべく、循環流動層型熱分解炉を用いた炎天研究に中了しているところである。

（４） 研究題目 3

バイオオイルの高品質輸送用燃料化技術

① 研究題目 3 の研究のねらい

産業技術総合研究所グループ

(JICA 活動計画:No.8-1, 8-2, 9-1)

急速熱分解で得られたバイオオイルの高品質化のために、水素化脱酸素用触媒の開発を行うとともに、触媒を併用して急速熱分解を行った生成油のアップグレーディングを行うことにより、熱分解のみで得られたバイオオイルを用いた反応と比較して、生成油や水素化精製の反応性に及ぼす影響を検討した。また、バイオオイルのライフサイクルでの環境負荷を評価するのに必要なデータ収集、手法につき、カウンターパートの調査、開発を支援する。

② 研究題目 3 の研究実施方法

バイオオイルのアップグレーディング用触媒技術の研究開発では、本年度はジャトロファ残渣の急速熱分解により得られたバイオオイルを軽油と混合した実油を用いて、担持硫化物触媒の調製、前処理条件の反応に及ぼす影響について検討した。触媒種としては、アルミナ担持 NiMo、NiMoP、CoMo、CoMoP 触媒を用い、モデルバイオオイルおよびモデル軽油を用い、水素化脱酸素 (HDO) 性能を評価した。NiMo/Al₂O₃ 触媒と CoMo/Al₂O₃ 触媒の活性の差異を検討するため、NO をプローブ分子とした in-situ IR 測定を行った。

バイオオイルと石油留分の混合処理技術の研究開発では、本年度は、バイオオイルの混合率が脱硫、脱窒素活性に及ぼす影響を検討するとともに、触媒を併用して急速熱分解を行った生成油の共処理を行うことにより、熱分解のみで得られたバイオオイルを用いた場合と比較して、生成油や水素化精製の反応性に及ぼす影響を検討した。

バイオオイル経由で製造された新燃料の LCA 評価に関し、これまでに収集されてきたデータの質を吟味し、結果の信頼性に対する定量的な評価を行う。カウンターパートによる同検定への支援、情報提供を行う。

③ 研究題目 3 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

バイオオイルのアップグレーディング用触媒技術の研究開発では、実油を用いて担持硫化物触媒の調製、前処理条件の反応に及ぼす影響について検討した。基準触媒として、有機配位子を用いて調製したコバルト-モリブデン混合溶液をアルミナ担体に含浸、乾燥して得た担持 CoMo 触媒

を用い、触媒の焼成、金属担持量、触媒の硫化温度、反応温度、担体種の脱酸素活性、脱硫活性および脱窒素活性に及ぼす影響を検討した。バイオオイルは、ジャトロファ残渣を小型反応装置での急速熱分解により得られたものを用い、10wt%バイオオイル／軽油混合物を原料油とした。バイオオイルは軽油と混和しないため、それぞれの硫黄濃度、窒素濃度から算出した 10wt%バイオオイル／軽油混合物の硫黄濃度、窒素濃度は、それぞれ $S=2917\text{massppm}$ 、 $N=1233\mu\text{g/ml}$ であった。バッチ式反応装置を用い、反応温度 330°C 、水素圧（初圧） 7MPa 、反応時間 3 時間の条件で反応を行ったところ、含酸素化合物はほぼ全て脱酸素されていた。一方、図 8 に示すように、窒素濃度の高いジャトロファ残渣バイオオイルを添加することにより、脱硫活性、脱窒素活性は大幅に低下した。触媒効果を見ると、反応温度を 350°C に上げた場合、CoMo 触媒に変えて水素化活性の高い NiMo 触媒を用いた場合に、残存硫黄および窒素濃度が低下し、脱硫、脱窒素活性が向上した。反対に硫化前に触媒を焼成したり、高い温度で硫化したりすると活性が低下することがわかった。以上の結果から、ジャトロファ残渣バイオオイルのアップグレードでは、通常の軽油脱硫よりも高い温度で反応を行い、より水素化活性の高い触媒を用いることが必要である。なお、芳香族水素化を抑制できるシリカや SBA-15 のようなシリカ系担体に担持した触媒は、アルミナ担持触媒に比べて、活性が低かった。ジャトロファ残渣バイオオイルには杉等の木質系バイオオイルに比べてフェノール類の含有量が少ないため、製品は軽油指向で、芳香族水素化抑制よりも脱硫や脱窒素活性に重点を置いた触媒を用いるべきであると考えられる。

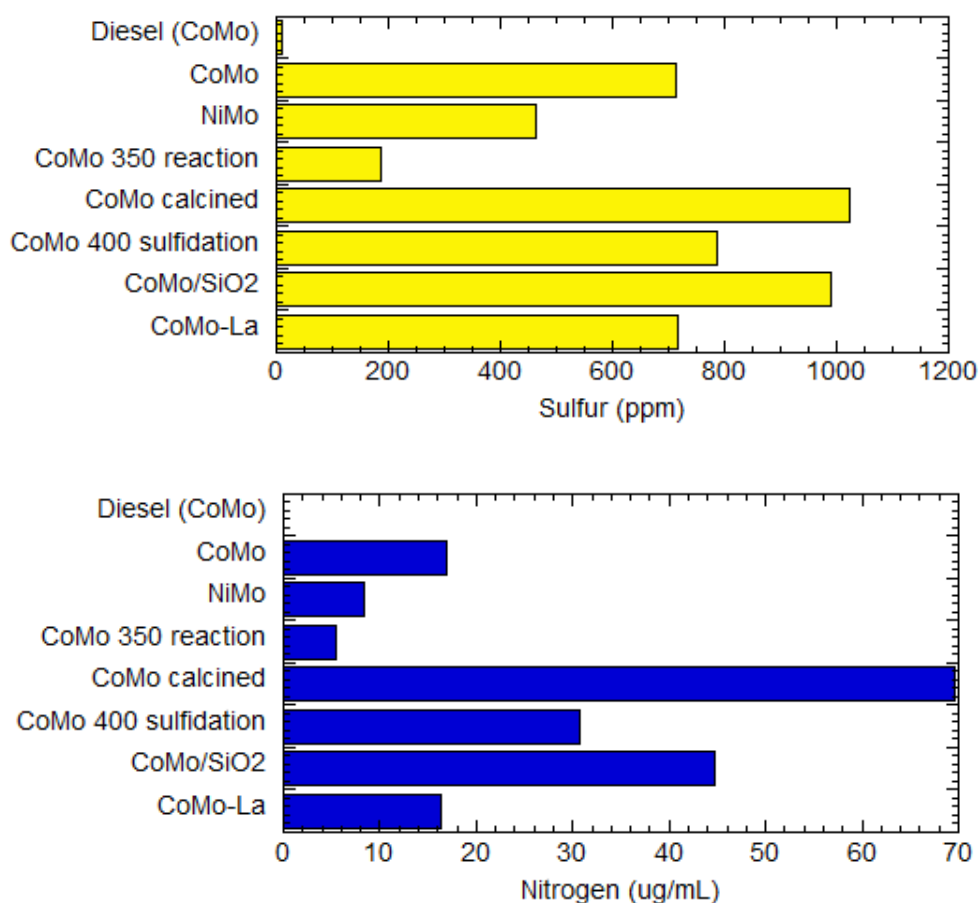
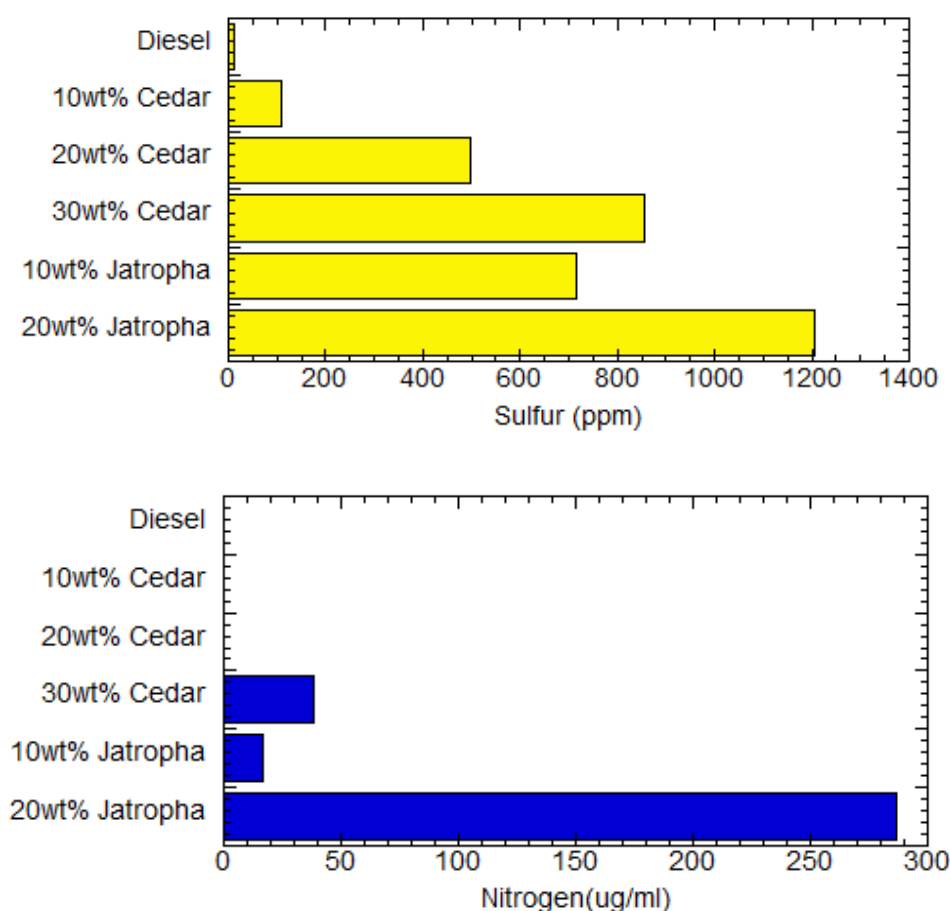


図 8 触媒の調製、前処理条件の脱硫、脱窒素活性に及ぼす影響

ジャトロファ残渣バイオオイルを軽油に 10～20wt%混合した原料を用い、バイオオイルの混合率が脱硫、脱窒素活性に及ぼす影響を検討した。フェノール類の含有量が多く、窒素分や油脂由来成分の少ない杉のバイオオイルを用いた場合も比較検討した。図 9 に示すように、ジャトロファ、杉いずれの場合も、バイオオイルの混合率が上がると、脱硫活性や脱窒素活性が低下した。特に、窒素分の多いジャトロファ残渣バイオオイルの方が、影響が大きかった。含酸素化合物は、杉バイオオイル 30wt%混合の場合を除き、脱酸素されていた。生成油の組成をガス（炭素数 3～4）、ガソリン（炭素数 5～10）および軽油（炭素数 11 以上）に分類した場合、油脂由来の脂肪酸の多いジャトロファ残渣バイオオイルの場合は、ややガス成分が増える以外は、もとの軽油の組成割合と大きな違いはないが、フェノール類から軽質炭化水素が多く生成する杉バイオオイルを添加した場合は、混合率が増すとともに、ガソリン分が増加することがわかった。



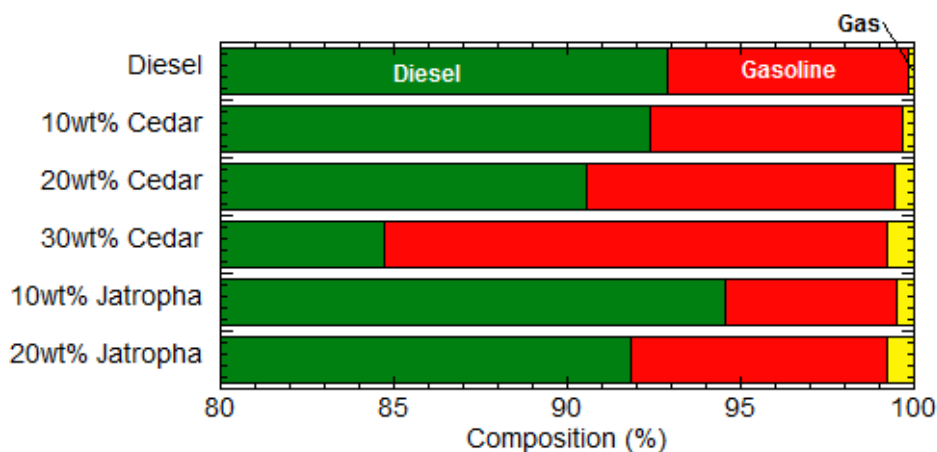
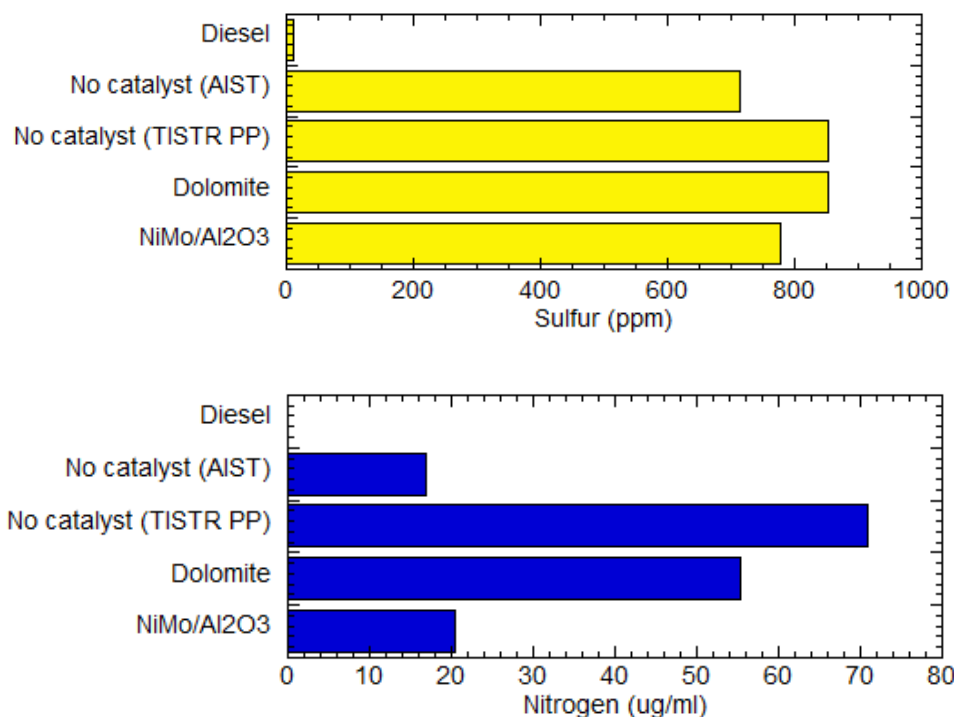


図9 バイオオイル混合率の脱硫活性、脱窒素活性及び生成油組成に及ぼす影響

触媒を併用して急速熱分解を行った生成油の共処理を行うことにより、熱分解のみで得られたバイオオイルを用いた場合と比較して、生成油や水素化精製の反応性に及ぼす影響を検討した。触媒としてタイ産のドロマイト及び市販のアルミナ担持 NiMo 硫化物触媒を用いて、小型急速熱分解装置で熱分解を行った生成油を、軽油に混合して反応を行った。水素化精製触媒には、基準触媒であるアルミナ担持 CoMo 触媒を用いた。図 10 に示すように、異なる熱分解触媒を用いることによりバイオオイルの組成が変化し、脱硫活性、脱窒素活性及び生成油組成に影響を与えることがわかった。熱分解触媒と生成するバイオオイル組成については系統だった検討が十分でなく、本年度は水素化精製に関しては、数例の検討を行うのみにとどまった。



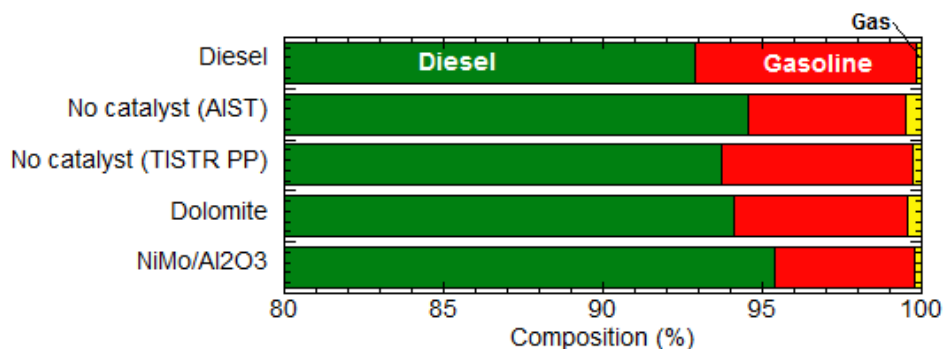


図 10 異なる熱分解触媒により得られたバイオオイルを添加した場合の脱硫活性、脱窒素活性及び生成油組成に及ぼす影響

ライフサイクルでの環境負荷評価については、ISO による LCA 規格に加え、EU を中心として PEF (Product Environmental Footprint) が欧州を中心に試行されている。そのデータ品質評価手法を当プロジェクトで推定、取得したライフサイクルインベントリデータに適用してみることをカウンターパートに促した。その結果、バックグラウンドの基幹となる投入・排出は高い質が推定されたが、実際にプロセスに投入される投入・排出（フォアグラウンドデータ）については低い評価結果となっている。実データの不在が原因であることは明らかである。実データの取得を心がけることに加え、プロセスシミュレータの導入、運用経験を披露した。

④ 研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

平成 23～25 年度にタイ側研究者にアップグレード用触媒調製法と小型流通式反応装置を用いたモデルバイオオイル混合油の高圧水素化精製反応を指導しており、本年度は特に技術移転は行わなかった。バイオオイル経由で製造された新燃料の LCA 評価に必要な手法、データにつき議論を Mail を中心に行った。その成果は前掲のとおりである。

⑤ 研究題目 3 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

当初計画では、TISTR に設置された循環流動層型熱分解炉を用いてジャトロファからバイオオイルを製造し（約 400L）、そのバイオオイルを MTEC の分離装置で分離し、得られる非水溶性成分入手し、その後、産総研でバイオオイルの改質実験を行う予定であった。産総研では、モデル化合物や木質タール（木質系バイオマスの緩速熱分解生成物、炭焼き工程での副生物）を行いて、水素化脱酸素触媒や石油留分との Co-processing 触媒を開発を行っており、これらの開発触媒を産総研製のバイオオイルに適用し、最終的に TISTR 性のバイオオイルに適用し、性能確認とともに更なる触媒改良を予定していたところである。しかし、TISTR での大量のバイオオイル製造に至っておらず、シャーシダイナモ試験用の燃料を製造することはできなかった。

(5) 研究題目 4

新燃料の燃焼特性及びエンジン特性評価技術

① 研究題目 4 の研究のねらい

4-1: 新燃料の材料適合性評価

「バイオオイル経由で製造された新燃料(混合処理油を含む)の材料適合性評価」 (JICA 活動計画 No. 11-1)

産業技術総合研究所グループ

Task 2 で製造されるジャトロファ残渣由来のバイオオイルを更に精製して得られる新燃料の金属材料等への適合性評価として、金属材料やゴム材料の浸漬試験を行う。これらによって、新燃料が金属材料等の腐食に及ぼす影響を評価する。

② 研究題目 4-1 の研究実施方法

TISTR の循環流動層型熱分解炉で製造し、その後、産総研で改質処理して得られた新燃料について金属材料やゴム材料の浸漬試験を行う。具体的には、アルミ板、バインゴム片を浸漬したサンプルを、それぞれインキューバータ中で 80℃のもと 1.5 か月間に亘り貯蔵し、この間、一定の期間ごとに基材への影響を表面形状及び重量変動をチェックする。基材を接触させることによる燃料への影響を、水分値、酸価、密度、酸化安定度等の分析項目から追跡し、基材を浸漬しない場合との比較を行う。

③ 研究題目 4-1 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

当初計画では、TISTR のバイオオイルを改質して得られる新燃料を用いて、シャーシダイナモ試験と材料浸漬試験を予定していたが、TISTR で的大量のバイオオイル製造に至っておらず、その結果、産総研で新燃料を製造することができなかつたため、材料浸漬試験を実施できなかった。

④ 研究題目 4-1 のカウンターパートへの技術移転の状況

バイオオイル由来新燃料の材料適合性を評価するための金属材料浸漬試験方については、昨年度、疑似バイオオイル(木質タール)由来の改質燃料に対しての評価法についてタイ側カウンターパートである MTEC にも技術移転したが、TISTR 製のバイオオイル由来の新燃料評価法については、技術移転は実施できなかった。

① 研究題目 4 の研究のねらい

4-2: 新燃料の燃焼特性及びエンジン特性評価技術

「バイオオイル経由で製造された新燃料(混合処理油を含む)の燃焼特性評価」

(JICA 活動計画 No. 11-2)

産業技術総合研究所グループ

TISTR 製バイオオイル由来のガソリン基材の自動車燃料適合性を、シャーシダイナモ試験により評価する。

② 研究題目 4-2 の研究実施方法

TISTR製バイオオイル由来のガソリン基材の自動車燃料適合性を評価するため、同ガソリン基材をレギュラーガソリンに10%混合したB10燃料を用い、日本車両検査協会でシャーシダイナモ試験を実施する。

③ 研究題目 4-2 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

TISTR製バイオオイル由来のガソリン基材をレギュラーガソリンに混合し(B10燃料)、日本車両検査協会でシャーシダイナモ試験を行うべく、試験車輛(日産マーチ)の整備を行った。しかしながら、TISTRで

十分な量のバイオオイル製造ができなかったため、最終的なバイオオイル由来のガソリン基材が入手できず、シャーシダイナモ試験を行うことができなかった。

④ 研究題目 4-2 のカウンターパートへの技術移転の状況

バイオオイル由来のガソリン基材の自動車燃料適合性を、シャーシダイナモ試験から評価できなかったため、タイ研修生や専門家派遣をとおしてタイ側に技術移転できなかった。

① 研究題目 4 の研究のねらい

4-3: BDF を用いた実車試験

(JICA 活動計画 No. 5-5)

産業技術総合研究所グループ

ジャトロファ H-FAME 製造用に開発した部分水素化技術を用いて製造されるパーム H-FAME の自動車燃料適合性を評価するため、TISTR のパイロットプラントで製造されたパーム H-FAME を石油系軽油に 20vol%混合した混合油を用い、タイ国内で実車試験(路上耐久性走行試験)を行う。

② 研究題目 4-3 の研究実施方法

パームH-FAMEを軽油(EURO IV、硫黄分<50ppm)を軽油に20vol%混合した混合燃料をMTECで調製し、実車試験の実施先であるいすゞアジアテクニカルセンターに実車試験用燃料として提供した。試験車両は、トリペッチいすゞ社から無償提供されたいすゞ製のピックアップトラック(Isuzu D-Max、Super Daylight、図11)で、EURO 4対応車両を用いた。実車走行試験は、一昨年度実施したジャトロファH-FAMEを用いた実車試験と同様に、いすゞアジアテクニカルセンターのプロトコールに従い実施し、走行距離は50,000kmとした。

③ 研究題目 4-3 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

タイ国内での路上走行試験は、2015. 1.5 から開始されており、現在実施中である。途中段階である25,000km 後の車両をシャーシダイナモメーター試験で評価した結果、排出ガス特性(THC,NO_x、CO,CO₂)やエンジン特性等も順調に進捗している。



図 11 B20 燃料を用いた実車試験に用いたピックアップトラック

④ 研究題目 4-3 のカウンターパートへの技術移転の状況

当該実車試験は、カウンターパートである MTEC/NSDTA、TISTR に加え、車輛側からトリペッチいすゞ社、いすゞテクニカルアジアセンター等のいすゞタイランドグループが参加しており、また、燃料側から、PTT 社、Bangchak 社、Thaioil 社が参加している。更に、タイ政府機関からは、エネルギー省代エネ・効率化局が参加している。これらの連携は、カウンターパートである MTEC/NSDTA、TISTR にとっても初めての経験であり、また、H-FAME の社会実装に向けて、タイ国内での連携強化に多大に貢献している。

(6) 研究題目 5

人材育成と技術移転

① 研究題目 5 の研究のねらい

「人材育成・技術移転」 (JICA 活動計画 No. 4-1、5-1～5-4、10-1、11-1～11-4)

産業技術総合研究所グループ

当該事業では、専門家派遣による技術指導と本邦研修を通し、タイ国若手研究者の自立研究能力や研究成果発信能力の開発を行なう。また、当該事業で得られたバイオマス燃料製造・利用技術の成果、特に高品質バイオディーゼルの製造につながる H-FAME 技術をタイは元より、ASEAN へ広く技術移転することにより、運輸部門からの CO2 排出抑制にも貢献する。

② 研究題目 5 の研究実施方法

本年度は、タイ国若手研究者を招聘し本邦研修を行った。また、カウンターパートの現場で技術指導を行うため、JICA 専門家を TISTR、MTEC、及び KMUTNB に派遣した。

一方、当該事業で開発した高品質バイオディーゼル製造技術(H-FAME 技術)に関しては、タイ国エネルギー省の代替エネルギー開発計画の中の新バイオディーゼルとして反映されていないものの、同省代エネ・効率化局はパームH-FAMEに強い関心を示しているため、成果の技術移転に向け、積極的な広報活動を行う。

③ 研究題目 5 の当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

カウンターパートから 9 名(タイ科学技術開発庁/金属材料研究所(MTEC)、4 名:タイ科学技術研究院(TISTR)、3 名:モンクット大生工科大学ノースバンコク(KMUTNB)、2 名)の研修生を招聘し、研究題目 1、2、3、4 に係る課題について本邦研修を行った。また、専門家派遣では、12 人回の産総研職員を派遣し、カウンターパートの現場での技術指導を行った。特に、TISTR では、循環流動層型熱分解炉の改造指導、バイオオイル回収用の電気集塵器の運転指導、ジャトロファ油からのリン脂質除去用の脱ガム装置の運転最適化方法、FAME 中に含まれる微量成分であるステロールグリセリド類のガスクロマトグラフによる定量分析法等の技術指導を行った。、カウンターパート研究者のみでこれらの運転・操作・分析等ができることを確認した。

タイ国エネルギー省の代エネ・効率化局はパームH-FAMEに強い関心を示しており、特に、タイでの将来のバイオディーゼル高濃度利用(B20 等)に対する H-FAME 技術の適用可能性に強い関心を有しており、パーム H-FAME を用いた B20 燃料による実車試験実施の要望があった。このため、専門家派遣と通して、パーム油 H-FAME を TISTR のパイロットプラントで製造するための技術指導を行い、約 2,500L のパーム h-FAME の製造を行い、実車試験に供した。今回の実車走行試験には、タイ国エ

エネルギー省の代エネ・効率化局も積極的に連携しており、試験車輦には、同省同局のロゴが入ったステッカーが貼付された。

④ 研究題目 5 のカウンターパートへの技術移転の状況

循環流動層型熱分解炉の改造後の運転、バイオオイル回収用の電気集塵器の運転、 ジャトロファ油からのリン脂質除去用の脱ガム装置の最適化運転、FAME中に含まれる微量成分であるステロールグリセリド類のガスクロマトグラフによる定量分析等については、カウンターパート研究者のみでこれらの運転・操作・分析等ができることを確認した。

早稲田大学グループ

(1) 研究題目 1

LCA 等による環境評価

「高品質 BDF の LCA 等環境評価」 (JICA 活動計画 No. 4-1)

早稲田大学グループ

① 研究題目 1 の研究のねらい

H26 年度もジャトロファからの輸送用燃料製造技術の LCA 等環境評価を行い、その環境負荷・経済性の側面から総合的な評価を行うことを目的とする。特に、H26 年度はジャトロファ高品質 BDF の社会実装に必要な不可欠な入口戦略(安価な出発原料の安定的確保)に焦点を絞り、社会性分析評価、経済性分析評価、エネルギー分析評価をカウンターパートの NSTDA・MTEC と協働して行う。

そのほか、CO₂ 削減ポテンシャル、CO₂ 削減コスト、エネルギー収支等の観点からの評価も加えることにより、その課題抽出を行うことを試みる。

② 研究題目 1 の研究実施方法

タイ側と協力して、ジャトロファ BDF に関わる社会面・経済面からの LCA を行った。具体的には、ELP (Environmental Load Point) 手法を用い、タイ現地でジャトロファ栽培手法のケース・スタディーを行い、まず、タイの生産現地におけるジャトロファ BDF の社会的インパクト(現地での仕事量や収入具合)を明らかにすることを試みた。ついで、エネルギー面からの評価やコスト分析を含む経済性評価を行った。

③ 研究題目 1 の当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

平成 26 年度は、非食糧系バイオマスからの燃料製造プロセスにおける LCA 評価の実施項目として、ジャトロファ由来の BDF 製造に掛かる「社会性分析評価」、「経済性分析評価」ならびに「エネルギー分析評価」を実施した。評価範囲を図 12 に示す。

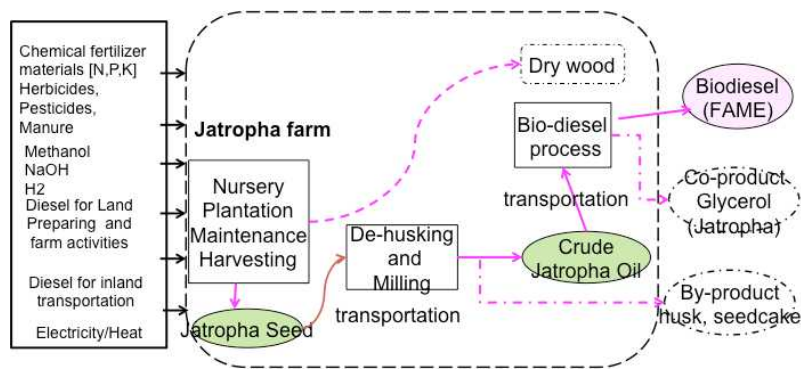


図 12 Scope of Social and Economic Analysis

・ 社会性分析評価

Fig.1 に示す範囲での地域社会へのインパクト項目として、「新規労働の創出」を評価軸として分析をおこなった。その結果を Fig.13 に示す。結果、ジャトロファ由来の BDF 製造に係る製造システムの導入によって、1ha あたり、5 年間で 600 人・日の労働機会を創出・提供できることが分かった。また、図 14 はそれぞれのプロセスにおいて創出される労働機会の割合を示しており、農場整備と施肥の過程で過半数の労働提供となる。

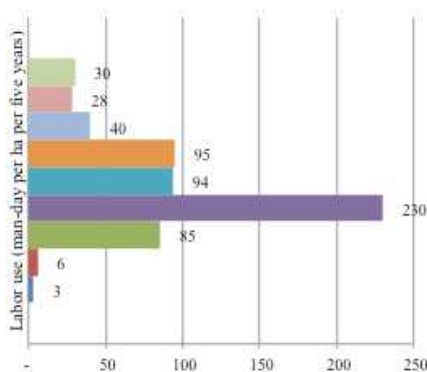


図 13 Number of jobs created 5 years after the start of biodiesel production.

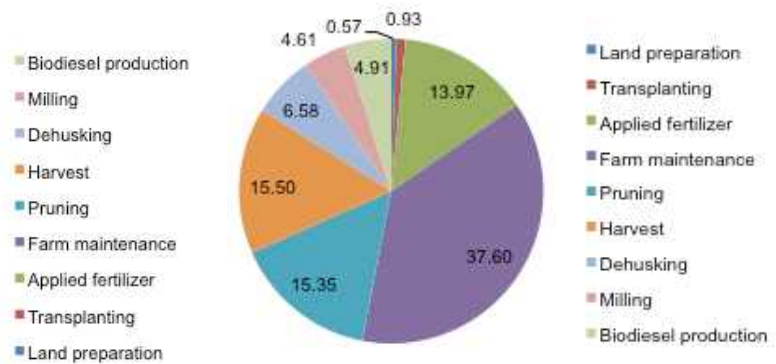


図 14 Contribution of labor required for activity in the Jatropha biofuel system

・ 経済性分析評価

経済性の分析評価として、ジャトロファ農園におけるジャトロファ栽培による原料販売の収益性、ならびに BDF 製造プロセスにおける採算性を JCO の価格の変動を考慮した場合について行った。ジャトロファ農家の収益性の分析評価結果を図 15 ならびに図 16 に示す。栽培初年度は農地整備コストが嵩む一方で、ドライフルーツの販売利益が小さいことから収支は良くないが、5 年間トータルでの収益については、1ha あたり約 22,000TBH の利益を上げることが出来る可能性があることが示された。

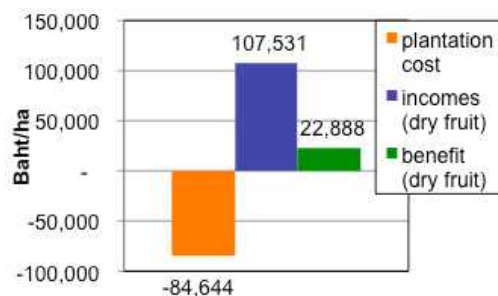


図 15 Benefit of Jatropha farmer

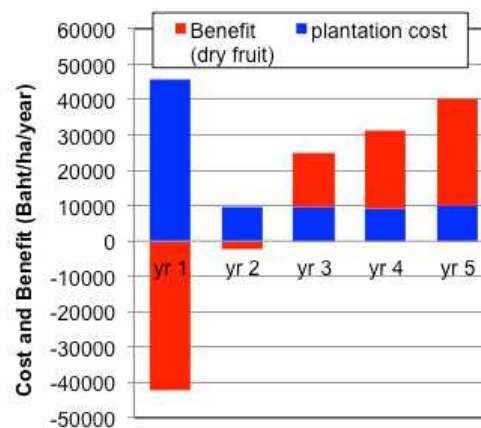


図 16 The cost and benefit from JCL cultivation in the first five years

一方、小規模 BDF 製造プロセスにおける収益性の検討結果を Fig.6 ならびに Fig.7 に示す。原料として用いる JCO の価格によって収益性が変化することが予想されることから、JCO 価格を 20TBH/L~30TBH/L と変化させ、損益分岐点を探索した。結果、JCO が 25TBH/L が損益分岐点となり、それよりも価格が低ければ製造プロセスにおける収益性が確保されうることが示された。なお、プランテーション評価期間と同じ 5 年間全体の収支で評価をすると、年を経る毎に収益性が向上することがわかる。

・ エネルギー分析評価

最後に、エネルギー収支面を NEB(Net Energy Balance)および NER(Net Energy Ratio)にて評価をした。評価対象はパームオイルとした。結果を、表 1 ならびに図 17 に示す。

表 1 Comparison of NEB and NER

between JME and PME

	Jatropha	Palm oil*
Input Energy MJ/kg-JME or PME	21.67	25.48
Cultivation	9.05	7.44
Jatropha crude oil production	1.22	2.31
Biodiesel Production	11.41	15.73
Output Energy MJ/kg-JME or PME	135.04	56.3
Jatropha based biodiesel	37.30	38.07
Glycerol	3.25	3.42
By product(seed cake and husk)	94.49	14.81
Net Energy Ratio		
Only biodiesel	1.72	1.49
Utilization of all products	6.23	2.21

* Citation of Energy input and output of Oil Palm biodiesel production is from Pleanjai et al. (2009)

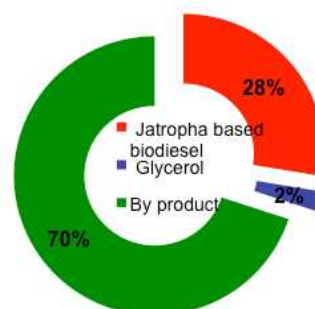


図 17 Portion of Jatropha's output energy

分析評価結果より、NER においてはジャトロファ由来の BDF のほうがパーム由来の BDF よりも良好な結果となると共に、残渣物・副生物なども有効利用した場合には、さらにジャトロファ利用のほうがエネルギー収支比面で向上することが示された。

以上、H26 年度はジャトロファ高品質 BDF の社会実装に向けて最も重要な入口戦略（安価な出発原料の安定的確保）を中心に、タイの NSTDA・MTEC と協働して検討を行い、良好な結果が得られた。

④ 研究題目1のカウンターパートへの技術移転の状況

H26年度もカウンターパートであるタイの NSTDA・MTEC と協働で研究題目1を行い、社会性分析評価、経済性分析評価、およびエネルギー分析評価を行った。特に当該研究題目で、NSTDA・MTEC から若手研究者が早稲田大学の博士課程に留学しており、両研究機関が連携強化を進め、技術移転も順調に進んだことが特筆できる。また、26年度にタイの若手研究者が早稲田大学で学位(H26年度9月)を取り、NSTDA・MTEC に研究リーダーとして復帰したことにより、カウンターパートへの技術移転がより順調に進みつつある。

⑤ 研究題目1の当初計画では想定されていなかった新たな展開

上述したように、当該研究題目1では、当初計画と比べ、タイの NSTDA・MTEC と早稲田大学がより一体となって形態で本研究を推進している。また、非食糧系バイオマスのジャトロファは現時点では社会実装が難しい(時期早々)との調査研究が得られており(早稲田大学、社会実装調査委員会報告)、今後、米国・インド・オーストラリアで精力的に検討がなされ始めているポンガミア等についての検討も必要になると考えられる。

(2) 研究題目4

新燃料の燃焼特性及びエンジン特性評価

「新燃料(BDF)のエンジン特性評価」 (JICA 活動計画 No. 5-3)

「新燃料(BDF)の燃焼特性シミュレーション」 (JICA 活動計画 No. 5-4)

早稲田大学グループ

① 研究題目4の研究のねらい

・ 新燃料(BDF)のエンジン特性評価

自動車用ディーゼルエンジンにおいて、バイオディーゼル(BDF、脂肪酸メチルエステル)を軽油に混合して利用する場合、エンジンの運転・設計因子に関わる多くのパラメータを最適に組み合わせて燃焼を制御し、本来の良好な熱効率を維持しながら、排出ガスを抑制する必要がある。

そこで本研究では、まずバイオディーゼル混合燃料の適用可能性を明確にするため、エンジン実験によりエンジン回転速度や負荷、さらには噴射形態が燃焼特性と窒素酸化物(NOx)、粒子状物質(PM)、一酸化炭素(CO)、全炭化水素等に排出ガス特性に及ぼす影響について調査することをねらいとしている。(JICA活動計画 No. 5-3)

・ 新燃料(BDF)の燃焼特性シミュレーション

また、エンジン内のガス流動とともに燃焼反応と排出ガス成分の生成反応を予測する数値シミュレーションモデルを開発し、バイオ燃料を使った場合の燃焼の現象解明、適正なエンジン制御、排出ガスの生成機構の解明とその抑制方法を探ることを目的としている。(JICA 活動計画 No. 5-4)

② 研究題目4の研究実施方法

・ 新燃料(BDF)のエンジン特性評価

H26年度はセタン価向上剤が一般的に1%未満の程度で混合され、着火を促進することにより、BDFの混合率が少なくし、セタン価向上することを検証した。また、BDFの中の主成分は4つがあるので、オレ

イン酸メチル以外の主成分であるパラミチン酸メチルの混合による影響をエンジン実験により調査した。

- 新燃料(BDF)の燃焼特性シミュレーション

また、BDFにより噴霧及び燃焼に与える影響は明らかにするため、前年度改良した数値計算モデルに新たな乱流モデルであるLESモデルを導入し、計算を行い、BDFの噴霧及び燃焼の特徴を解明した。

③ 研究題目 4 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

- 新燃料(BDF)のエンジン特性評価

H26 年度は BDF (MO) がセタン価向上剤としての応用・検証研究を行い、結果を以下に示す。

ここで CN45 は低セタン価燃料として使用する。図 18 に示すように、どちらの条件においても MO は 5%でも燃焼が促進され、混合割合は燃焼への影響にさほどの作用がないという結果が得られた。図 19 に示すように、Soot の排出において 2 条件とも D100 より低く 5%時に高かったが、混合割合の増加につれ減少する結果となった。

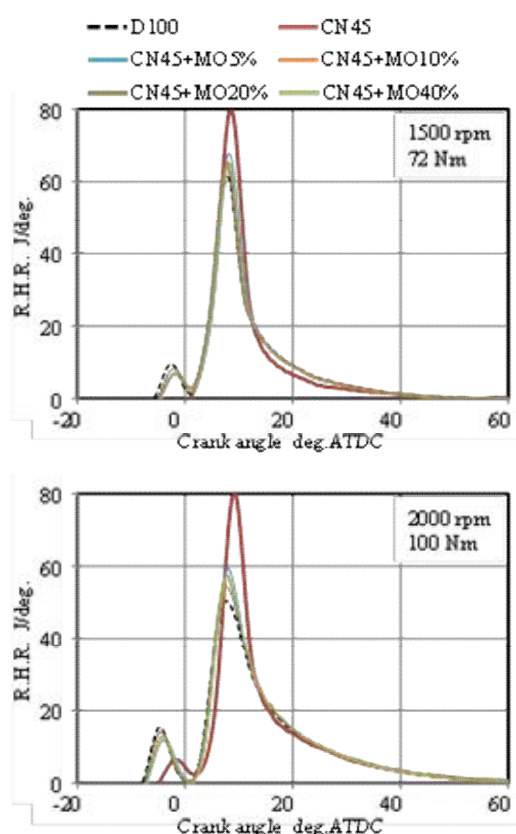


図 18 燃料性状が熱発生率に及ぼす影響

NO_x について、2 つの条件とも D100 と同じ程度で、混合割合を増やすにつれ減少する結果となった。MO 燃料は酸化反応の促進により、混合割合の増加につれ未燃焼ガスも減少する傾向が見られた。図 20 に示すように、BSEC と最大圧力上昇率は混合割合に応じた変化というものがあり見られなかった。つまり、MO は 5%でも着火遅れを短縮し燃焼促進でき、また Soot、NO_x、未燃焼ガスと最大圧力上昇率が低減することも可能である。

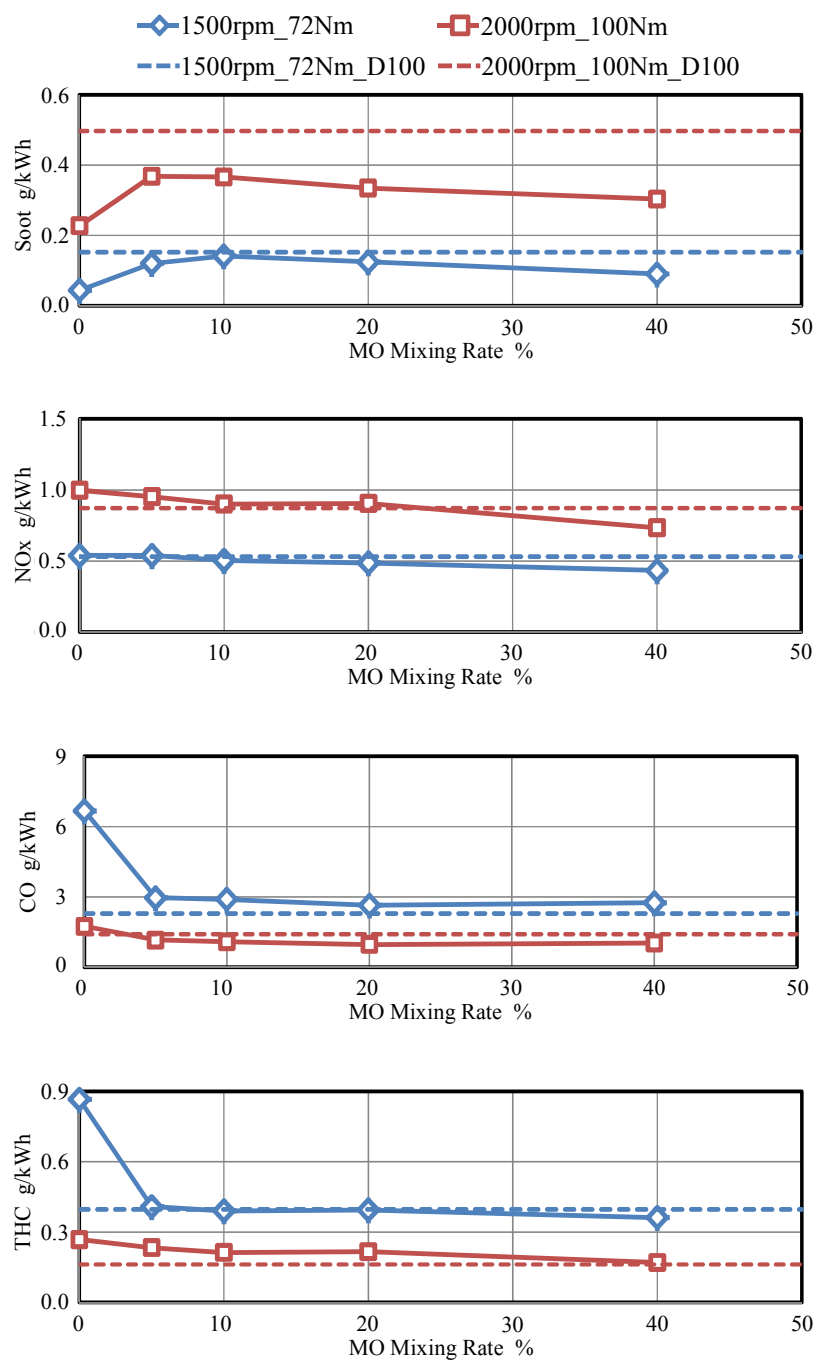
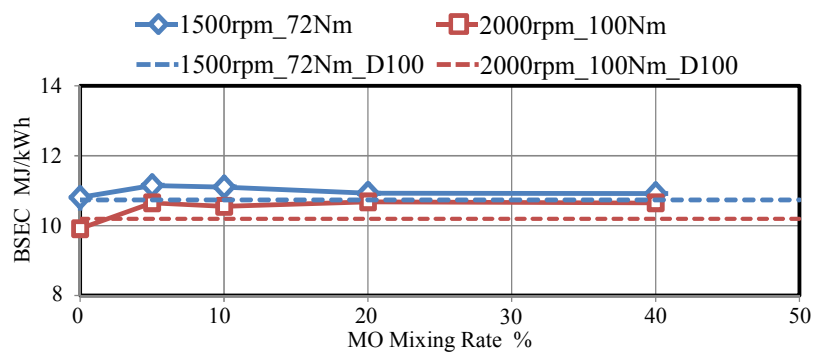


図 19 燃料性状が排出ガスに及ぼす影響



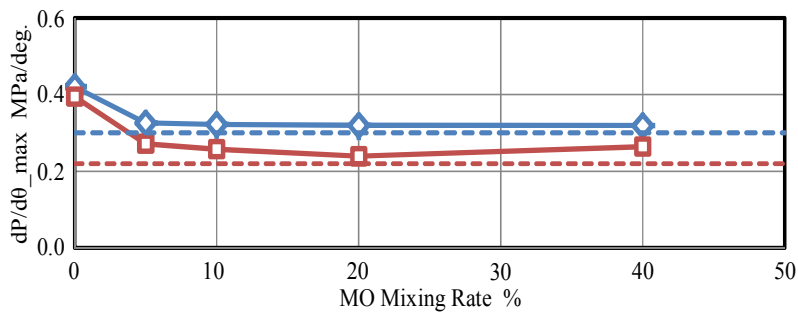


図 20 燃料性状が BSEC, $dP/d\theta_{\max}$ に及ぼす影響

また、今年度において軽油 (D100) と軽油にパルミチン酸メチルを 20%混合させた燃料 (MP20) を比較することで、BDF の燃焼・排ガ斯特性の影響について明らかにした。オレイン酸メチルと同様な傾向になり、低負荷の条件では、MP20 が D100 に比べて、着火が早いことがわかる。これは BDF が軽油に比べてセタン価が高いため自己着火しやすく、また低温酸化反応による影響もあるため、着火が促進されたからである。高回転・高負荷の条件では、多段噴射から単段噴射に変わり、D100, MP20 のどちらの燃料でもほぼ同じ燃焼過程を示した。図 21, 22 により、MP20 の方が Soot の排出量が少ないことがわかる。これは BDF がアロマ分（芳香族炭化水素）を含まないためであると考えられる。また、NO_x の排出量が多くなっているのは、着火の促進により燃焼温度が高くなることが原因であると考えられる。未燃焼成分については、MP20 が全体的に低くなっていることがわかる。これは MP20 のパイロット時の燃焼温度が軽油に比べて高くなっているからであると考えられる。エネルギー消費率については、MP20 の方が全体的に大きくなっているが、これは BDF が低温酸化反応を促進し、熱発生が小さくなったためであると考えられる。最大圧力上昇率については、MP20 の方が全体的に小さくなっており、BDF 混合により低騒音化できていると考えられる。

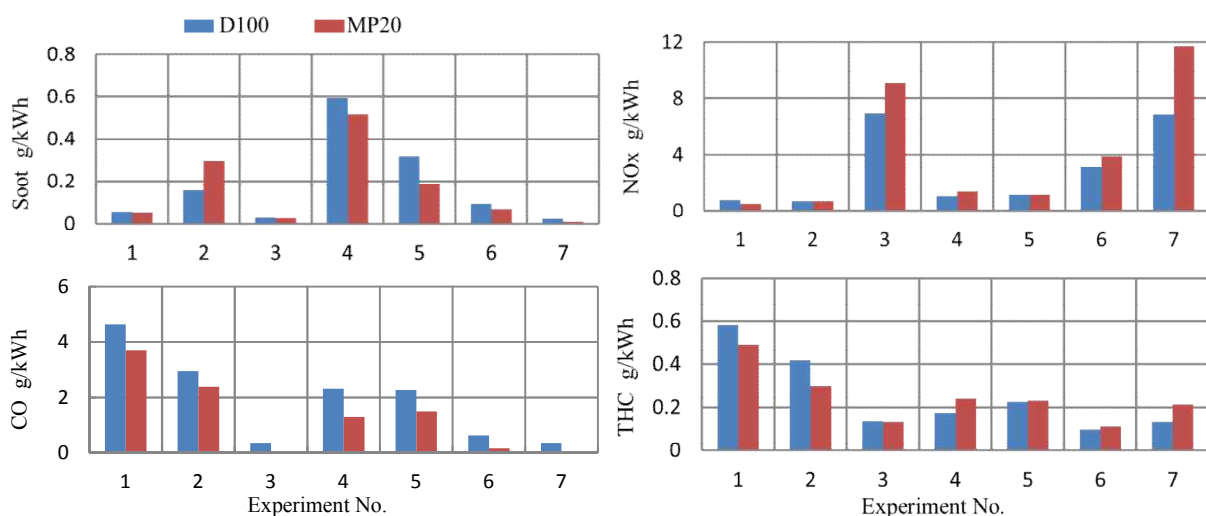


図 21 燃料性状が排出ガスに及ぼす影響

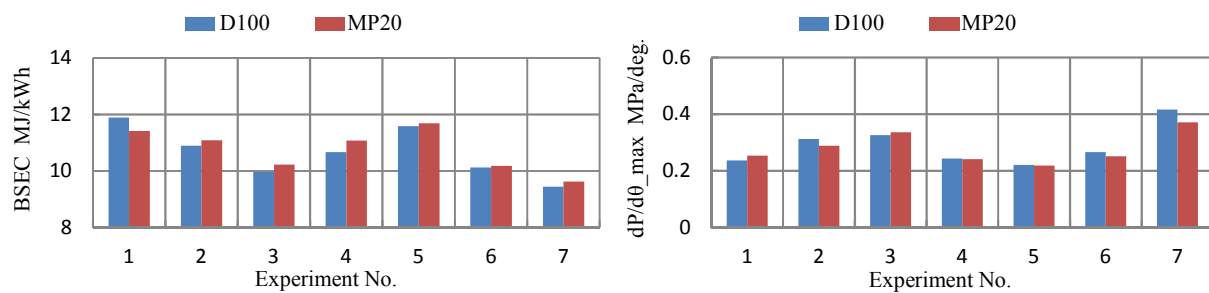


図 22 燃料性状が BSEC, $dP/d\theta_{max}$ に及ぼす影響

- 新燃料(BDF)の燃焼特性シミュレーション

また、数値シミュレーションを行う際に、前年度に構築したオレイン酸メチルのサロゲート反応機構と本学に開発した現象論的 Soot モデルを導入した計算モデルに新たな乱流モデルである LES モデルを導入し、計算を行った。その噴霧の結果は図 23 に示し、燃焼温度の結果は図 24 に示し、Soot 生成の結果は図 25 に示す。

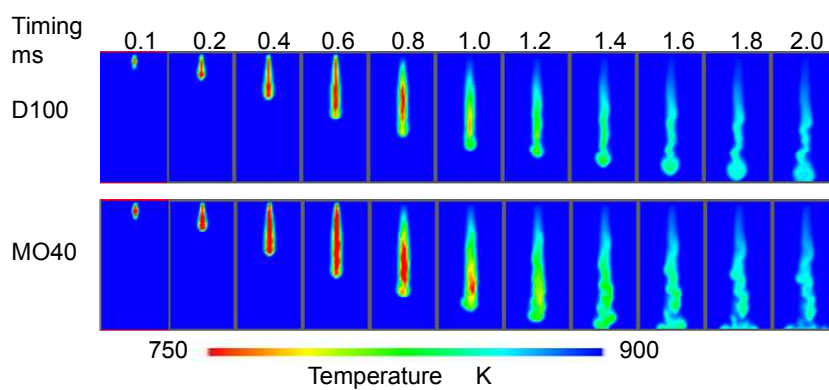


図 23 噴霧温度分布

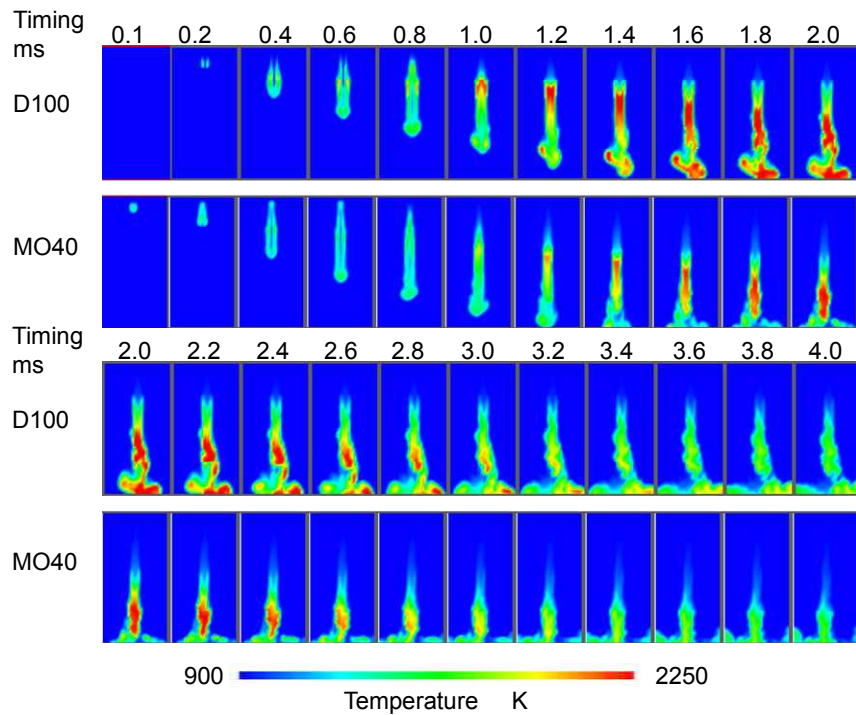


図 24 燃焼温度分布

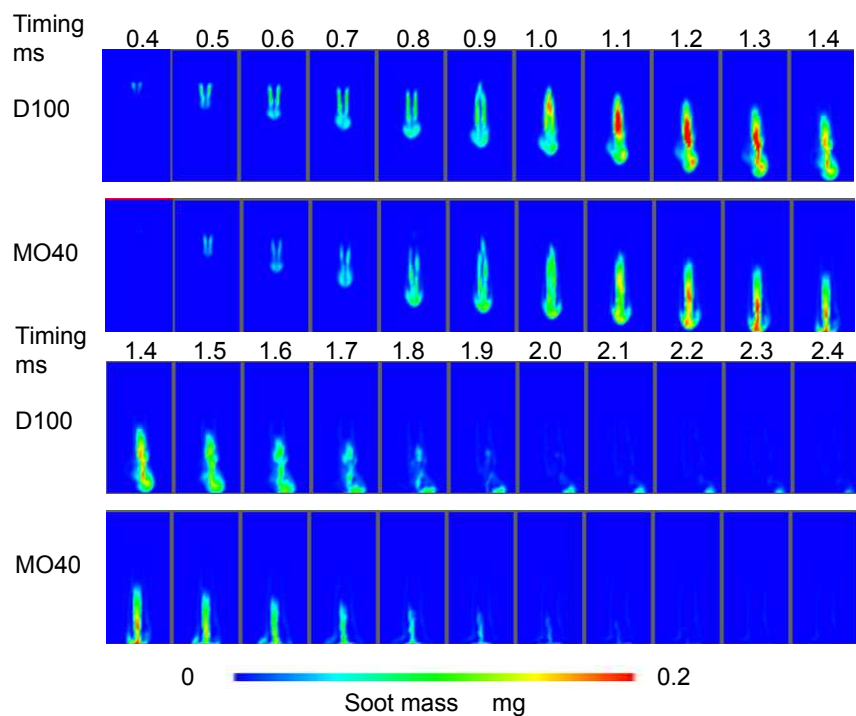


図 25 Soot 生成分布

④ 研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

H26 年度もカウンターパートであるタイの NSTDA・MTEC と協働で研究題目 4「新燃料(BDF)のエンジン特性評価」を行い、シミュレーションにより燃焼解析を併せて行った。特に当該研究題目で、

NSTDA・MTEC から若手研究者が早稲田大学に短期滞在しており、両研究機関が連携強化を進め、技術移転も順調に進んだことが特筆できる。

⑤研究題目 4 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

- ・ 新燃料(BDF)のエンジン特性評価

H26 年度は低回転・低負荷において、低セタン価軽油では燃焼・排出ガス特性の改善にはセタン価向上剤が必要とされ、その場合でも EHN より BDF の方が燃焼・排ガス特性の観点からいえば有用であることが確認された。BDF は 5%の混合割合でも着火遅れを短縮して燃焼が促進された。また混合割合の増加につれ、排出ガスが低減されると同時に最大圧力上昇率も抑えられることが可能であった。

- ・ 新燃料(BDF)の燃焼特性シミュレーション

H26 年度は数値シミュレーションを行う際に、前年度に構築したオレイン酸メチルのサロゲート反応機構と本学に開発した現象論的 Soot モデルを導入した計算モデルに新たな乱流モデルである LES モデルを導入し、計算を行った。

(3) 研究題目 5

人材育成・技術移転

「人材育成・技術移転」 (JICA 活動計画 No. 4-1、5-1～5-4、10-1、11-1～11-4)

早稲田大学グループ

① 研究題目 5 の研究のねらい

- ・ 人材育成

当該事業では、気候変動緩和対策および科学技術水準の向上に繋がる新たな知見を集積する中で、タイ国若手研究者の自立研究能力や研究成果発信能力の開発を、産業技術総合研究所と早稲田大学が協働で行なうことを一つの目的としている。

- ・ 技術移転・社会実装

当該事業で得られたバイオマス燃料製造・利用技術の成果をアジア地域へ広く技術移転(社会実装)することにより、運輸部門からの CO2 排出抑制、低炭素社会構築に貢献することを目指している。当該技術移転・社会実装も産業技術総合研究所と早稲田大学が協働し、タイ研究機関と連携して推進する。

② 研究課題 5 の研究実施方法

- ・ 人材育成

人材育成については JICA 研修や博士課程留学で来日したカウンターパートの若手研究者を中心に、タイ若手研究者の自律研究能力と研究成果発表能力、さらには研究開発提案能力の推進を図る。また、JICA 専門家派遣等の制度を積極的に活用し、日本側研究リーダーがカウンターパートのタイ研究機関を訪問し、タイ側若手研究者の能力開発に資する。

- ・ 技術移転・社会実装

当該事業に関わるバイオマス燃料製造技術の社会実装に関しては、産業技術総合研究所と協力して「高品質ジャトロファ BDF 製造技術の社会実装に向けた可能性調査」の委員会(大聖委員長)を学内に設置している。調査委員会にはエンジニアリング会社、商社、調査会社等から有識者が参加し、当該技術

の社会実装に向けた可能性調査(関連技術との比較、今後の課題)を試みている。

H26 年度は担当者がタイ国を訪問し、タイ側関係者とタイおよびアジア地域での社会実装に向けた検討・打ち合わせを行う。

また、今後の技術移転、社会実装を目指して、他の日タイバイオマス SATREPS 事業 (3 件)、JSPS 事業 (1 件) との横連携を図るとともに、高品質 BDF の社会実装に関心が高い他のアセアン諸国 (ベトナム、インドネシア、ラオス、ミャンマー等) との連携強化を図る。

③ 研究課題 5 の当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

・ 人材育成

H26 年度も引き続き、H25 年度までの活動成果を踏まえ、タイ若手研究者の人材育成を試みた。具体的には、NSTDA・MTEC から早稲田大学の博士課程に留学した若手研究者や早稲田大学の若手研究者 (当該事業に参画している助教等) を中心に、日タイ両国の若手研究者が交流を深めている。

また、日本側およびタイ側の研究リーダーが積極的に討論等に参加することにより、NSTDA・MTEC の若手研究者を中心に、研究推進能力・研究発表能力等の能力開発を図ることができた。さらに、JICA 専門家派遣で研究リーダーがタイ研究機関を訪問し、タイ若手研究者の人材育成を推進した。H26 年度の 9 月には、タイから博士課程に留学した若手研究者が早稲田大学で学位を取得し、若い研究リーダーとして NSTDA・MTEC に復帰し、当該分野における日タイ連携強化を加速的に推進する環境も整備された。

さらに、本年度は、今後の日タイ研究協力の推進に向けて、若手研究者が自ら研究開発提案ができるよう、若手研究者の能力開発に努めた。

・ 技術移転・社会実装

高品質 BDF 製造のパイロットプラントで得られた成果の社会実装に関しては、当初計画にはなかったより具体的な検討が進みつつあり、日タイ両国に他のアセアン諸国を加え、産学官による検討が加速している。H26 年度は駐日タイ大使館 (大使および工業と農業担当のお二人の公使・参事官) の全面支援の下に両国の産学官の有識者による検討が始まった。

日本側では日本工学アカデミー (EAJ) にバイオマス・アジアの産官学プロジェクトチームを設立しオール・ジャパンとしての高品質 BDF の社会実装に向けた検討を開始した。タイ側でもオール・タイランドのチーム作りが進んでおり、タイの農業研究開発庁 (ARDA) も積極的な支援を表明している (H26 年度 6 月に大使館のアレンジで ARDA を訪問)。

○入口戦略

社会実装に向けては、入口戦略、出口戦略、および技術戦略の 3 つのアプローチが必要不可欠であり、まずは社会実装に向けて最も重要な入口戦略 (安価な出発原料の安定確保) について LCA 研究グループ (早稲田大学 + NSTDA・MTEC) とも連携し、解決すべき課題 (社会性分析、経済性分析、エネルギー分析他) を明らかにすることができた。

現時点では、非食糧系出発原料としてジャトロファの導入はまだ解決すべき課題が多く、ポンガミア (高いオイル収率、同時期に収穫、窒素肥料が不必要、耐酸化性に優れたオレフィン成分を多く含む等) が出発原料として有力と考えられる。

もちろん、今後、ジャトロファについてもさらなる検討 (品種改良他) が必要であり、H26 年度にタイ研究機関からジャトロファ BDF の 5 件の提案がなされている (ポンガミア BDF に関しては 9 件の提案)。

○ 出口戦略

出口戦略についても、H23 年度以降、引き続き検討を進めており、今後、より具体的な、入口戦略・技術戦略を踏まえた、プロセス全体の環境影響負荷評価、経済性評価、ビジネスプランの作成等が必要となっている。

また、現状では企業の独自努力による社会実装は、まだ、経済面から難しい状況にあり、低炭素社会構築に向けて、当初、しばらくの間は国のより積極的な支援が必要と考えられる。

○ 技術戦略

技術戦略としては入口から出口までのプロセスの最適化が求められ、当該 SATREPS 事業の成果を踏まえ、プロセスの最適化に関わる検討が行われた。今後の社会実装に向けた全体プロセスの最適化には、個別プロセスである収穫・搾油・BDF 製造技術・高品質化（アップグレーディング）技術等の最適化が必要であり、SATREPS 事業のみではなく NEDO 事業など我が国の他の事業成果を積極的に取り入れることが必要になる（場合によっては欧米の技術も）。たとえば BDF 製造技術では、固体触媒の導入が、今後、求められており（排水処理がなく、高純度の複製グリセリンが得られる）、NEDO の次世代 BDF 製造技術などの成果の導入が期待される。

以上、当該事業成果の社会実装に向けた検討は、当初計画にはなかった状況まで進展した。来年度も両国の産官学関係者（オール・ジャパン、オール・タイランド体制）を中心に社会実装に向けた検討が進むことが期待でき、そのインパクトは極めて高いと考えられる。一方、社会実装に向けて、解決すべき多くの課題がまだ残されており、社会実装を担う産業界を中核とした実証プラントへのより具体的な検討が望まれている。

④ 研究題目 5 のカウンターパートへの技術移転の状況

・ 人材育成

上述したように、カウンターパート研究機関の若手研究者の人材育成は順調に進んでおり、他の大学や関連研究機関の若手研究者育成も、一部、始まりつつある。

また、日本側では若手研究者の人材育成と技術移転・社会実装を同時に推進しており、若手研究者も研究成果の技術移転（タイ企業等へ）や、社会実装に関わる調査・検討などに積極的に参加している。

・ 技術移転・社会実装

既に述べたように、当該事業成果の社会実装に向けて、両国の産官学関係者を中心に精力的に検討が進んでおり、カウンターパート研究機関への技術移転は当初計画の範疇を超えて極めて順調に進んでいる。

さらに、当該事業のタイ側カウンターパートの他に、カセサート大学（KU）、チュラロンコン大学（CU）、キングモンクット大学・トンブリ（KMUTT）、企業（SCG 他）、タイ政府機関など、オール・タイランド体制で BDF（バイオマス利活用）の社会実装（連携強化）に向けた検討が始まっている。

⑤ 研究題目 5 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

・ 人材育成

当初計画では我が国の若手研究者の育成が想定されていなかったが、早稲田大学では我が国の若手研究者のタイ(アセアン)若手研究者との交流を進めている。我が国の若手研究者育成(若手研究者の東アジアへの派遣、若手研究者のアジア大での交流・若手の頭脳循環)は、我が国にとって僅々の課題

であり、今後とも加速的に推進することがぜひ必要と考えられる。

- ・ 技術移転・社会実装

高品質 BDF 製造のパイロットプラントで得られた成果の社会実装に関しては、当初計画より具体的な検討が進みつつあり、日タイ両国に他のアセアン諸国を加え、日タイ関連機関による産学官による検討が加速している。H26 年度は駐日タイ大使館の全面支援の下に、日タイ両国の関連機関との連携強化を進め、今後の両国の共同研究、さらにはアセアンとの広域共同研究に向けて検討を加速度的に進めることができた。

具体的には、国際政策対話(科学技術に関わる東アジア広域連携、JST・JICA・EAJ・GRIPS・大学・産業界他が参加、アセアン諸国から各国のリーダーを招聘)で、アジアのバイオマス研究センターをタイに設立する提言がなされており(文科省、大蔵省等とも打ち合わせ)、前述した EAJ での今後の技術移転・社会実装に関わる議論も進んでいる。

また、JST は e-ASIA(科学技術に関わる東アジア広域連携)プログラムを進めており、バイオマス利活用の社会実装に向けた検討が、日タイ両国、複数のアセアン諸国とも話が進みつつある。

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し (公開)

本案件の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が開発される」に対し、「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」と「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」という 2 つの研究課題を設定しプロジェクトを実施中である。前者の課題 1 については、従来のエステル交換反応で製造されるジャトロファオイル BDF の酸化安定性等が低く、東アジアサミット推奨品質や世界燃料憲章ガイドライン品質を満たすことが難しく、そのジャトロファ BDF の全国燃料化は難しかった。しかし、等事業で開発した BDF の部分水素化により(部分水素化製品を H-FAME と呼称)、両規格への適合が確実となり、また、ジャトロファ H-FAME は軽油に 10%まで混合して全国燃料として利用できることが、タイ国内での実車走行試験で確認できている。タイ国エネルギー省は現在パーム BDF を軽油に 7vol%混合した B7 燃料を強制規格化しており、将来の B10~B20 等の高濃度利用の可能性に向けた検討を行っており、当該事業で開発した H-FAME 技術を現行のパームに適用し、製造されたパーム H-FAME の B20 への利用可能性について実証して欲しい旨、同省代替エネ・効率化局から要望があった。このため、現在、当該事業のパイロットプラントで製造したパーム H-FAME を石油系軽油に混合した B20 燃料を用いた実車走行試験をタイ国内で実施中である(試験開始日:平成 27 年1月5日、3月中に 50,000km の走行試験を終了予定)。試験車輛は、タイで昨年12月に導入された EURO4 対応のいすゞ製ピックアップトラックである。パーム H-FAME の B20 への利用可能性が、実車試験を通して実証されつつあり、タイ国エネルギー省代替エネ・効率化局で現在改定中の石油代替エネルギーアクションプラン(Alternative Energy Development Plan)の中に、H-FAME が新バイオディーゼルとして認知され反映されることを期待したい。

一方、タイ国エネルギー省代替エネ・効率化局は、H-FAME 技術を実用化レベルまで高めるため、H-FAME 製造デモンストレーションプラント事業のタイ国内での実施を要望している。このため、本年度は、H-FAME 製造デモンストレーションプラント事業の NEDO 海外実証事業への来年度応募を想定し、タイ国エネルギー省、同省代替エネ・効率化局等の政府機関、タイ国企業、日本国内企業等との協議を

開始した。

一方、課題 2 及び 3 のジャトロファ残渣等からの高品質輸送用燃料の製造では、(1) TISTR 設置の循環流動層型熱分解炉パイロットプラントを用いたジャトロファ残渣からのバイオオイル(木酢液留分を除く)製造が約 10L/8h 規模で可能になった。今後、(2)バイオオイルからリグニン由来成分の分離精製(MTEC/NSTDA 設置のバイオオイル分離器を使用)、(3)リグニン由来バイオオイルの水素化精製による低酸素炭化水素燃料の製造(産総研設置のパイロットプラントを使用)を行うためには、木酢液留分を除くバイオオイルで約 100L(木酢液を含むバイオオイル全体で約 300L)のバイオオイルが必要となるが、(1)の TISTR での等のバイオオイル製造が軌道に乗りつつあるものの、当初計画のバイオオイル量を本年度に製造することはできなかった。TISTR でのバイオオイル製造が終了次第、当初計画の(2)と(3)を実施予定である。

当該事業でジャトロファ自体に加え、ジャトロファオイル由来の H-FAME やジャトロファ残渣由来の新燃料については LCA 評価を行っており、栽培面での課題(土地利用変化の影響、灌漑をした方がジャトロファ油の単位栽培面積当たりの収率の面では好ましいこと、設肥、特に肥料の使用、が CO2 排出の面で影響大であること等)が明らかになっており、また、ジャトロファの栽培・刈取り・農園管理等が労働者雇用創出面では有利となること等が明らかとなったものの、ジャトロファ種子の買取価格が低いため、経済的な優位性が見いだせず、ジャトロファ種子の販売網を通した流通には至っていない。ジャトロファオイルの利用に関しては、H-FAME 化することにより、全国燃料としての利用が可能になるため、H-FAME 化は用途開発面で有利であることが分かった。一方、ジャトロファ残渣の利用は、ジャトロファの総合利用効率の向上面では極めて重要であるが、当該事業で対象とするバイオオイルの輸送用燃料化では、過度の水素化分解処理による燃料改質は LCA 的には好ましくないことが分かった。このため、液状バーナー燃料等への用途では、水素化精製度合いを極端に抑えることができるため、液状バーナー燃料/ボイラー燃料等に係る LCA 評価も今後の用途開発を行う際の参照データとして興味深い。

当該事業で期待されるインパクトとしては、次を想定している。

・バイオ燃料の研究開発分野における組織能力向上及び人材育成

バイオ燃料製造技術及び燃料の自動車燃料適合性評価や LCA 評価技術に実績及び知見のある日本及びタイの研究機関との連携を通し、タイ側の研究参加機関・大学の研究開発に関する組織能力及びタイの若手研究者の能力向上が期待される。

・ジャトロファオイル BDF 及び残渣由来バイオ燃料の実用化

当該事業ではジャトロファ BDF を高品質な自動車燃料まで仕上げる技術として H-FAME 技術を開発し、ジャトロファ H-FAME を用いた B10 燃料は石油系軽油と同等に利用可能であることが実車走行試験を通して実証された。更に、パーム H-FAME を用いた B20 燃料の自動車燃料適合性も実証されつつある。当該 H-FAME は、水素化脱酸素法で製造される燃料(HVO,BHD 等)より品質面では劣るものの、世界燃料憲章ガイドライン品質を満たしており、またコストアップが僅か(経済性の面から有利)という特徴を有している。今後、NEDO 事業等を通して H-FAME 技術の完成度を高めることができれば、H-FAME の社会実装に繋がると期待できる。一方、バイオオイル由来の燃料に関しては、バイオオイル製造工程とバイオオイル改質工程とからなるが、依然として研究段階である。しかし、バイオオイル製造に用いている TISTR 設置の循環流動層熱分解理(20kg/h)はタイ国最大規模の試験プラントであり、今後、バイオオイル製造技術としての利用・展開も期待できる。

・他のバイオマスへの適用可能性

バイオマスの急速熱分解による製造されるバイオオイルは、多様なバイオマス原料(森林廃棄物。農業廃棄物、有機系都市廃棄物等)から製造可能であるため、原料多様性という切り口からの利用が今後期待できる。

・輸送燃料以外への適用可能性

ジャトロファ残渣由来のバイオオイルは、輸送用燃料基材のほか、ボイラー用燃料などとしても利用可能であり、その他原材料など幅広い用途が期待されるものであり、実用可能性がある。特に、TISTR は地場に展開可能な技術開発及びその普及による地場産業振興への支援を組織使命としており、ジャトロファ残渣由来バイオオイルの地場産業における活用が図られることが期待される。

Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

(1) プロジェクト全体

・プロジェクト全体の現状と課題

当該プロジェクトは、研究題目1(Task1)：ジャトロファオイルからの高品質バイオディーゼルの製造技術（LCA 評価技術を含む）、研究題目(Task2)：ジャトロファ残渣からのバイオオイル製造技術、研究題目(Task3)：バイオオイルの高品質輸送用燃料化技術開発（LCA 評価技術を含む）、研究題目(Task4)：新燃料の燃焼特性及びエンジン特性評価技術、研究題目(Task5)：人材育成及び技術移転、の5つの主要研究課題から構成されている。上記研究課題(Task1,2及び3)では、産総研/タイ科学技術開発庁(NSTDA)/タイ科学技術研究院(TISTR)/モンクット王工科大ノースバンコク(KMUTNB)が連携し、研究課題(Task4)では、産総研/早稲田大/タイ科学技術開発庁(NSTDA)が連携し、研究課題(Task3)の LCA 評価では、早稲田大/タイ科学技術開発庁(NSTDA)/タイ科学技術研究院(TISTR)/産総研が連携して研究開発を実施している。更に、研究課題(Task5)では、全ての参加機関が連携している。各研究課題ごとに研究責任者がおり、また、3か月に1回の割合で、Steering 会議を開催し、しかも、カウンターパート3機関の持ち回りで開催しており、日タイ間の連携も良好に進捗している。

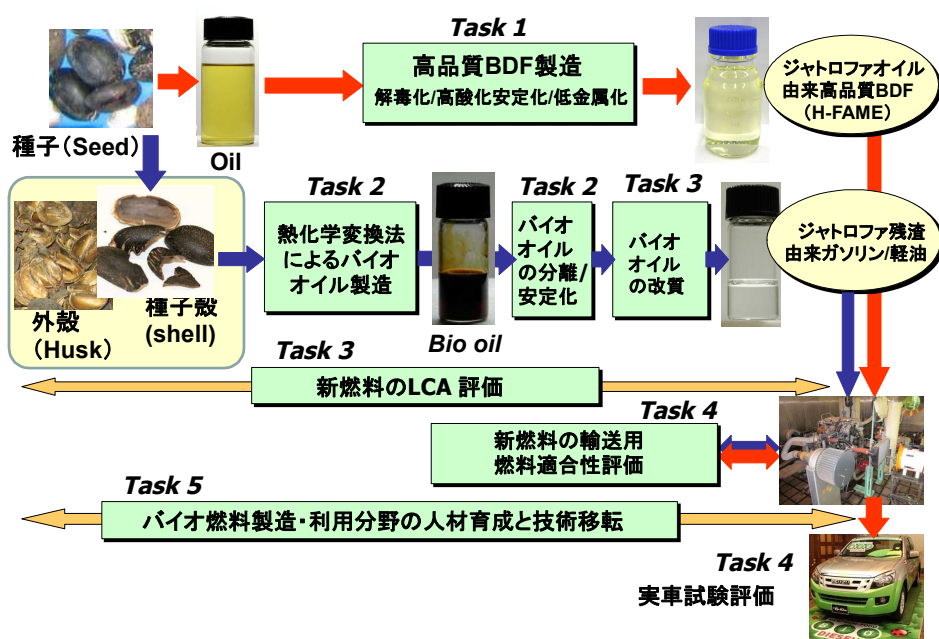


図 26 各研究課題の位置づけ

・各種課題を踏まえ、研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・自立発展性・インパクトを高めるために実際に行った工夫

本事業では、タイ科学技術開発庁(NSTDA)、タイ科学技術研究院(TISTR)、モンクット王工科大ノーสบangkok(KMUTNB)がそれぞれの得意分野で役割分担し研究参加しているが、R/Dのタイ側署名者がタイ科学技術省の次官であり、また、Joint Research Agreement(JRA)のタイ側署名者が各研究参加機関の所長、長官、学長であるため、当該事業に対する理解が深く、持続的な支援に繋がっている。

当該事業に係る第4回合同調整委員会(JCC)(H25年2月5日開催)以降、合同調整委員会には前述のカウンターパート機関に加え、タイ国のエネルギー省代替エネルギー開発・効率化局や実車試験用車輛を提供いただいたトリペッチいすゞ販売社、タイ国の石油会社等にも参加いただいております、当該事業で得られた社会実装のための連携を深めている。

・プロジェクトの自立発展性向上のために、今後相手国(研究機関・研究者)が取り組む必要のある事項

本事業では、基礎研究を実用研究に繋げるため、FAME製造用パイロットプラント技術(1ton/day)、H-FAME製造用パイロットプラント技術(100L/バッチ)、循環流動層パイロラーザー技術(20kg/h)等の、パイロット運転研究を実施している。これらの装置の一部はタイ国でも初めてのものであり、またASEAN諸国でも初めてのものである。カウンターパートでは各装置の保守点検や改造等に対し、自己資金を調達できる体制が組まれており、これらの装置を利用する研究の自立的継続が期待される。また、これらの供与機材を有効に利用し、カウンターパートが当該事業で蓄積してきた知見をASEAN諸国に移転するため、JICA制度による第三国研修に向けた準備がカウンターパートで進められている。ASEANのバイオマス研究者や政策担当者等をタイ国カウンターパート機関に所定期間招聘し、各パイロットプラントを用いた実地研修、また、各種燃料の分析技術、更にはバイオ燃料の標準化技術等を行う第三国研修は素晴らしい考えであり、カウンターパート機関の責任者も積極的に関与している。

(2)研究題目1(Task1): ジェットロファオイルから高品質バイオディーゼルの製造技術

産総研グループ

早稲田大学グループ(高品質BDFのLCA等環境評価)

・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

パ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(PDM活動No2-1): 本年度は、TISTR設置の部分水素化装置を用いてパームH-FAMEの製造を行った。産総研で最適化した水素化条件をTISTRの反応器(反応器容積: 100L/回分反応)でどのように再現するか等の研究を専門家派遣を通じた技術指導により行った。

エステル交換用触媒の開発(PDM活動No3-1): 均一系触媒の固体触媒代替の可能性を検討するため、エステル交換用の固体触媒について検討した結果、四配位のチタニアを有した炭素含有3Ti-SBA-15触媒を用いることにより、SiやTiの流出なく、高品質なBDF(FAME)へと転換可能であることを見出した。タイ研修生の本邦研修を通し、技術指導を行った。

エンジン試験/実車試験用BDF製造・提供(PDM活動No2-2): 所定の水素化深度に最適化された実車試験用のパームH-FAMEを、専門家立会いの下に2,500L製造できた。

酸化安定性向上のための水素化技術の開発(PDM活動No3-2,3-4): H-FAME中の微量成分(飽和脂肪酸モノグリセリド、ステロールグリセリド等)のガスクロマトグラフを用いた分析法は未構築であったが、産総研で分析法を新たに構築した。この方法を、専門家派遣を通し、カウンターパートに技術移転した。バ

バイオオイル構成成分のガスクロマトグラフによる分析を行うと共に、カウンターパートに技術移転した。

BDF 低金属のための脱金属技術の開発 (PDM 活動 No3-3) : ジャトロファ H-FAME 中に含まれるリン量を低減するため、ジャトロファ油の脱ガム試験を行い、所定のリン酸と水添加条件下で、リン脂質の減少が可能となった。日タイで同一サンプルを用い、同一条件下で脱ガム試験を負行い、データの整合性を図ると共に、専門家派遣により、カウンターパートでのデータの確認を行い、データの信頼性を高めることができた。

BDF 及びバイオオイルの詳細分析技術の開発 (PDM 活動 No8-3) : バイオオイル構成成分のガスクロマトグラフによる分析を行うと共に、カウンターパートに技術移転した。

高品質 BDF の LCA 評価 (PDM 活動 No4-1) : ジャトロファ H-FAME とパーム H-FAME の LCA 評価を行い、部分水素化に使用する水素製造のために CO₂ 量が増加するものに、パーム H-FAME の方が水素消費量が小さく、CO₂ 排出も少なかった。タイ研修生の本邦研修を通し、技術指導を行った。

以上、ほぼ全ての要素課題に対し、専門家派遣による現地での技術指導とタイ研修生の招聘による本邦研修を通し、技術・知識の移転を行った。

・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等

共同研究の実施内容や進捗状況の確認のため、また、知識移転や技術移転をより確実なものにするには、適宜の専門家派遣や研修生の本邦研修等の双方の実施が有効である。

(3) 研究題目 2 (Task2) : ジャトロファ残渣からのバイオオイル製造技術

産総研グループ

相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

急速熱分解用触媒の探索 (PDM 活動 No6-1) : 触媒存在下の急速熱分解では、無触媒下に比べ、バイオオイル収率が低下するものの、バイオオイルは低酸素で酸性も弱まる特徴がある。本年度は非貴金属系金属を担持した触媒を試作し、金属種と担体種がバイオオイル性状に及ぼす影響について検討した結果、本系の触媒はカルボン酸(バイオオイルの酸性の要因)量が低下するものに、フェノール類量(改質後のガソリン留分の原料)、硫黄量、窒素量は変化が少ないことが分かった。また、タイ産のドリマイト等の天然鉱物の触媒効果についても検討した。本研究では、タイ研修生の本邦研修を通して技術指導を行った。

2.2 バイオオイル製造用急速熱分解炉の研究開発 (PDM 活動 No6-2) : TISTR 説の循環流動層型熱分解炉は安定な運転操作面で問題があったが、専門家派遣による技術指導を通し、スクリーフィーダーへの水冷ジャケット設置、バイオオイル蒸気回収のためのパラフィンスクラバー設置、未回収のバイオオイル蒸気の回収用電気集塵器の最適化運転指導等により、安定的な運転が可能になった。木酢液分を除くバイオオイルで約 10L/8h であり、今後の運転習熟で、約 100L(木酢液分を除く)のバイオオイル製造を目指す。

バイオオイルの大量製造・NSTDA への提供 ((PDM 活動 No6-2-2) :

TISTR で大量(木酢液分を除くバイオオイルで約 100L)のバイオオイルを製造できなかったため、本要素課題については実施できなかった。

2.3 ジャトロファ残渣由来のバイオオイルの分離技術の設計・研究 (PDM 活動 No7-1) : TISTR で以前に製造したバイオオイルを用いて、バイオオイルをセルロースやヘミセルロース由来の水溶性成分(主とし

て木酢液分)とリグニンやトリグリセリド由来の遊離脂肪酸類等からなる非水溶性成分とに分ける分離運転を MTEC で行ったが、提供されたバイオオイルが木酢液を主成分とするバイオオイルであったため、非水溶性成分の回収量は仕込み量の約 10%と低かった。パイロラーザーも改造前の仕様であり、バイオオイルには流動熱媒体である砂も混入しており、分離操作に支障もあった。今後、TISTR から提供されるバイオオイル(木酢液分の大部分が除去されたもの)を用いて、分離条件の最適化を予定している。

2.4 バイオオイルの安定性向上のための技術の研究・開発(PDM 活動 No7-2): バイオオイルは含有される有機酸やアルデヒド類等により不安定分子の熱・酸化重合が起こりやすい。分離後に得られるバイオオイル非水溶性成分では酸化安定性が改善されるが、酸化防止剤の添加により更に安定性が高まること(MTEC/NSTDA)が見出された。このため、TISTR で製造されたバイオオイルを分離処理した場合、産総研に空輸する前に酸化防止剤添加が有効であるかどうか検討する予定である。

分離・安定化処理バイオオイルの大量製造・AIST への提供(PDM 活動 No6-2-2): TISTR で大量のバイオオイルを製造できなかったため、本要素課題については実施できなかった。

・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等

- ・ 共同研究の実施内容や進捗状況の確認のため、また、知識移転や技術移転をより確実なものにするには、適宜の専門家派遣や研修生の本邦研修等の双方の実施が有効である。

(4)研究題目 3(Task3): バイオオイル高品質輸送用燃料化技術

産総研グループ

相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

バイオオイルの脱酸素化技術の研究・開発(PDM 活動 No3-1): バイオオイル中の酸素量を約 10 質量%まで低減する軽度水素化脱酸素技術(後段のコプロセッシング処理の前処理技術)開発の中で、水素化脱酸素後に得られる各蒸留成分の酸素量と酸価との相関付けを、タイ研修生(KMUTNB)の本邦研修の中で行った。軽度の水素化脱酸素製品の中の軽質留分は酸価が高く、また酸素含有量も高くなっているため、この留分を蒸留分離することにより、脱酸素バイオオイルの酸価を4~6mgKOH/g 以下に抑えることができた。後段のコプロセッシングでは、反応装置の腐食性の問題から、供給原料の酸価は、0.8mgKOH/g が推奨されているため、脱酸素バイオオイルを石油留分に約 10~20%の割合で混合できることが分かった。

バイオオイルの改質のための触媒の研究・開発(PDM 活動 No8-2,9-1): 軽度に水素化脱酸素したバイオオイルのアップグレーディングは、バイオオイルの酸価の制約からバイオオイルと石油留分を混合して一括処理するコプロセッシング技術となる。現行の石油留分の脱硫工程でバイオオイルが同時に処理されるため、触媒には脱硫機能と脱酸素機能が必要となり、ジャトロファ残渣由来バイオオイルの場合には更に脱窒素機能(あるいは窒素化合物耐久性)も必要となる。このため、水素化脱酸素機能を有し、本来の脱硫活性が酸素化合物や窒素化合物で被毒を受けない触媒の検討を、タイ研修生(KMUTNB)の本邦研修の中で行った。フェノール類の含有量が低いバイオオイルでは NiMo 触媒が有効であり、芳香族の水素化を抑える場合(低オクタン価のロス)には、CoMo 触媒が有効であった。CoMo 触媒の活性は NiMo 触媒より劣るものの、反応温度を 350℃以上にすることにより対応できることが分かった。タイ研修生(KMUTNB)には各触媒の調製法についても技術指導を行った。

バイオオイルの詳細分析技術の開発(PDM活動 No8-3):TISTRの循環流動層型熱分解炉では、2個水冷コンデンサー、パラフィンスクラバー、電気集塵器(ESP)でバイオオイルが回収されている。このため、各分離器から得られたバイオオイルを入手し、ガスクロマトグラフ分析等を行った。産総研の流動層型熱分解炉から得られるバイオオイルとほぼ同様なバイオオイルがTISTRで得られたことを初めて確認できた。、急速熱分解で得られるバイオオイルの改質処理から製造される新燃料のLCA(PDM活動 No10-1):

TISTR設置の循環流動層型熱分解炉パイロットプラントが安定運転に至っておらず、またそのバイオオイルの改質実験も実施できていないため、LCAに耐える実験データが未取得の状況である。このため、予備実験データ及び文献データを基にLCA評価を行い、本邦研修の中でタイ研修生(MTEC)に技術指導を行った。改質反応としては、より高温反応が必要となり水素消費量も多くなる水素化分解指向の触媒反応より、よりマイルドな水素化精製反応指向の触媒がCO₂削減に繋がることが分かった。今後、TISTR、MTEC、産総研でのバイオオイル製造、バイオオイル分離、バイオオイル改質のデータを取り入れ、LCA精度を高める予定である。

・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等

- ・ 前2課題への取り組みと同様に、共同研究の実施内容や進捗状況の確認のため、また、知識移転や技術移転をより確実なものにするには、適宜の専門家派遣や研修生の本邦研修等の双方の実施が有効である。

(5)研究題目4(Task4):新燃料の燃焼特性及びエンジン特性評価技術

産総研グループ

早稲田大学グループ(BDFのエンジン特性評価、BDFの燃焼特性シミュレーション)

相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

バイオオイル経由で製造された燃料(石油との混合処理油を含む)の材料適合性評価(PDM活動 No.11-1)

TISTRの循環流動層型熱分解炉で十分な量のバイオオイルが製造できなかったため、本バイオオイルを産総研で改質して得られる新燃料に係る材料適合性評価は実施できなかった。本要素課題は来年度実施予定である。

バイオオイル経由で製造された燃料(石油との混合処理油を含む)の燃焼特性評価(PDM活動 No.11-2)

TISTRの循環流動層型熱分解炉で十分な量のバイオオイルが製造できなかったため、本バイオオイルを産総研で改質して得られる新燃料に係る燃焼特性評価は実施できなかった。本要素課題については、来年度、シャーシダイナモ試験を通し実施予定である。

BDFのエンジン特性評価(PDM活動 No.5-3)(早稲田大学):

H-FAMEの主成分であるオレイン酸メチルに着目し、その単味燃料や石油系軽油との混合燃料(最大混合率=40質量%)を用いてエンジン特性評価を行った。現行の自動車燃料へのBDF混合利用は直接的な石油代替効果があるが、オレイン酸メチル等の多不飽和結合量が低減したBDFは低セタン価の燃料に混合して利用する場合、セタン価向上剤として利用できることが分かった。本年度は、タイ研修生の本邦研修は実施しなかった。

BDFの燃焼特性シミュレーション(PDM活動 No.5-4)(早稲田大学):

オレイン酸メチル燃料のサロゲート反応機構を導入し、0次元モデルに適用することにより、BDF/軽油混合燃料の燃焼反応をモデル化した。BDFの着火特性が軽油のそれと類似しているものの、着火燃焼におけるPMの生成領域が回避されることが分かった。更に、エンジン内に3次元数値流体モデルを適用してBDFの燃焼反応モデルを組み込み、各熱物性値のシミュレーションを行った。本年度は、タイ研修生の本邦研修は実施しなかった。

BDFを用いた実車走行試験(PDM活動 No.5-5):

タイ国エネルギー省エネ・効率化局の要望に基づき、パーム H-FAME を軽油に 20vol%混合した混合燃料 (B20) を用いた実車走行試験をタイ国内で実施中である。試験車両には、いすゞピックアップトラック (EURO4 対応車、2500cc) であり、走行距離=約 50,000km の予定である。途中段階であるが、走行距離=25,000km の段階では、全く問題なく進捗中とのことである、本実車走行試験に先立ち、カウンターパートである MTEC で、パーム H-FAME を軽油に 20vol%混合した混合燃料 (B20) を用いたエンジンベンチ試験を実施し、B20 燃料でもエンジン特性・排出ガス特性でも問題がないことを確認している。

・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等

当該事業でジャトロファ BDF の高品質化用に開発した H-FAME 技術を本年度パーム BDF に適用し、更に実車走行試験を通して、H-FAME 技術の汎用性を実証しつつある。この展開に至るまでに、JST の関係者、JICA の関係者の理解は元より、タイカウンターパートの理解、更にはタイのエネルギー省の要望や期待、タイ現地のトリペッチいすゞ販売社をはじめとするいすゞ自動車グループの理解、タイ企業の参加等、多くの関係各位の理解・支援があつて社会実装に向けて動きつつある。関係機関との信頼関係を維持した連携が重要であろう。

(6)研究題目 5(Task5):人材育成・技術移転

産総研グループ

早稲田大学グループ

・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。

バイオ燃料製造及び利用に係る研究者の育成(PDM 活動 No12-1): タイ研究者招聘による本邦研修(於:産総研/早稲田大学)、並びに産総研/早稲田大学研究者の JICA 短期専門家派遣によるカウンターパートでの技術指導を実施中である。本年度は、MTEC/NSTDA から4名、TISTR から3名、KMUTNB から 2 名の研究者を産総研に受け入れ、本邦研修を行った。一方、専門家派遣を通し、現地での技術指導も併せて行った。本年度は、産総研から 10 人回、早稲田大学から4人回の専門家を派遣した。

BDF 製造技術の実用化に向けた戦略構築(PDM 活動 No13-1,13-2):

当該事業でジャトロファ BDF の高品質化用に開発した H-FAME 技術は、汎用性のある技術であり、また FS 調査「非食糧系バイオマスからの高品質 BDF 製造技術の実証化・実用化に向けた調査研究」(2011)を通して H-FAME 技術の経済性等も確認されている。本 H-FAME 技術に関しては、タイ国エネルギー省の代替エネルギーアクションプランを策定している同省代エネ・省エネ局が強い関心を示しており、連携を強化している。その一環として、同省代エネ・省エネ局から要望のあった、パーム H-FAME を用いた B20

燃料をもちいた実車走行試験をタイ国内で実施中である(H27年1月5日開始)。また、同省はH-FAMEの代替エネルギーアクションプランへの反映には、実車走行試験による実証に加えH-FAME技術のタイ国内でのデモンストレーションプラントによる実証も必要としている。このため、NEDOの海外実証事業に応募すべく、タイ国内の関係機関や日本国内の関係機関との調整を開始した。日タイの連携でNEDO事業開始される場合には、タイ国エネルギー省代エネ・省エネ局がタイ側の対応原課として参加していただける予定である。同省の理解の基に、タイ国内企業等との調整も開始しているところである。一方、H-FAME技術を用いれば、東アジアサミットバイオディーゼル品質のみならず世界燃料憲章ガイドライン品質をも満たすBDFが製造できるため、H-FAME技術のASEAN展開を目指し、東アジア・アセアン経済研究センター(ERIA)のバイオ燃料ワーキングでH-FAME技術を紹介する共に、JICA事業である第三国研修(TISTRに設置されたH-FAME製造プラントの実地研修を含む)を通して、H-FAME技術情報を発信しつつある。

・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等

本邦研修では、タイ研修生を産総研で42名、早稲田大学で6名受け入れ、技術指導等を行った。

内、早稲田大学の研修生は日本国政府の国費留学生として留学し、バイオ燃料に係るLCAで博士号を取得できた。産総研では、各研究課題に対応して、年間平均で約8名のタイ研修生を受け入れており、その研修生の多くが同一あるいは類似テーマでの研究を継続したり、新しい研究テーマの提案等と活躍しており、本邦研修による人材育成は極めて有効であると思われる。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

(2) 社会実装に向けた取り組み

【産総研】

当該事業では、タイ国政府の代替エネルギーアクションプランでジャトロファが将来のバイオディーゼル原料としてR&D課題の対象となっていること、また、タイ側からのODA申請等に基づき、ジャトロファオイルから製造されるBDFを全国自動車燃料品質まで高めるために、H-FAME技術を開発してきた。また、ジャトロファH-FAMEを軽油に10vol%混合したB10燃料を用いた実車走行試験を実施し、ジャトロファFAMEをH-FAME化することにより、全国自動車燃料として利用できることを実証した。しかし、ジャトロファH-FAMEがタイ国内で自動車燃料として利用されるには未だ時間を要する状況である。このような中でタイ国エネルギー省との連携を行う中、同省省エネ・代エネ局が、パーム油FAMEの高品質化更にはパームFAMEの高濃度利用(B20等)に繋がる新技術としてH-FAME技術に注目し、それに答える現在実施中のパームH-FAMEを用いた実車走行試験、そして今後のNEDO海外実証事業に向けた提案準備等、H-FAME技術の社会実装に向けてエネルギー省との連携を強化しつつある。

【早稲田大学】

高品質BDF製造のパイロットプラントで得られた成果の社会実装に関しては、当初計画より具体的な検討が進みつつあり、日タイ両国に他のアセアン諸国を加え、日タイ関連機関による産学官による検討が

加速している。H26 年度は駐日タイ大使館の全面支援の下に、日タイ両国の関連機関との連携強化を進め、今後の両国の共同研究、さらにはアセアンとの広域共同研究に向けて検討を加速度的に進めることができた。具体的には、国際政策対話(科学技術に関わる東アジア広域連携、JST・JICA・EAJ・GRIPS・大学・産業界他が参加、アセアン諸国から各国のリーダーを招聘)で、アジアのバイオマス研究センターをタイに設立する提言がなされており(文科省、大蔵省等とも打ち合わせ)、前述した EAJ での今後の技術移転・社会実装に関わる議論も進んでいる。また、JST は e-ASIA(科学技術に関わる東アジア広域連携)プログラムを進めており、バイオマス利活用の社会実装に向けた検討が、日タイ両国、複数のアセアン諸国とも話が進みつつある。

V. 日本のプレゼンスの向上 (公開)

チェンマイの国際コンベンション&エキシビジョンセンターで開催された科学技術博覧会(2014/8/12～2014/8/28)に参加し、日本パビリオンで当該 SATREPS 事業「非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術」の紹介パネルを展示すると共に、実車走行試験に用いたピックアップトラックを展示した。タイの国家平和維持評議会の幹部、科学技術省事務次官、チェンマイ副知事、在タイ日本大使館科学技術担当書記官、チェンマイ総領事を始めとする日タイ政府関係者、日タイのマスコミ、タイの学生や子供等、多くの参加者に対して、H-FAME(部分水素化し高品質化されたバイオディーゼル)の広報活動を行った。この展示内容については、2014/8/22 付の読売新聞(衛星版)でも紹介された。見出しは、タイ科学博「日本」人気 ―バイオ燃料、新幹線―となっている。

VI. 成果発表等 (公開)

VII. 投入実績 (非公開)

VIII. その他 (公開)

以上

VI(1)(公開)論文発表等

	国内	国際
原著論文 本プロジェクト期間累積件数	3	20

①原著論文(相手側研究チームとの共著論文)

著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ－おわりのページ	DOIコード	国内誌／ 国際誌の別	発表日 ・出版日	特記事項 (分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記く)
Kazuhiisa Murata*, Wasana Khongwong, Siriporn Larpmattaworn, Yanyong Liu, Megumu Inaba, Isao Takahara, "Role of Pt-Pd-modified zeolite catalysts in the pyrolysis of jatropha waste in a stainless steel reactor", J.Jap.Petro.Inst., 2014, 57 (3), 133-145.		国内誌	出版済み	
Shih-Yuan Chen,* Takehisa Mochizuki, Yohko Abe, Makoto Toba, Yuji Yoshimura, Ti-incorporated SBA-15 Mesoporous Silica as an Efficient and Robust Lewis Solid Acid for the Production of High-quality Biodiesel Fuels, Appl. Catal. B: Environ. 2014, 148-149, 344-356.	10.1016/j.apcatb.2013.11.009	国際誌	出版済み	
Shih-Yuan Chen,* Supranee Lao-ubol, Takehisa Mochizuki, Yohko Abe, Makoto Toba, Yuji Yoshimura, Production of Jatropha Biodiesel Fuel over Sulfonic Acid-based Solid Acids, Bioresour. Technol. 2014, 157, 346-350.	10.1016/j.biortech.2014.01.097	国際誌	出版済み	
Shih-Yuan Chen,* Supranee Lao-ubol, Takehisa Mochizuki, Yohko Abe, Makoto Toba, Yuji Yoshimura, Transformation of Non-edible Vegetable Oils into Biodiesel Fuels Catalyzed by Unconventional Sulfonic acid-functionalized SBA-15, Appl. Catal. A: Gen. 2014, 267, 107-114.	10.1016/j.apcata.2014.07.026	国際誌	出版済み	
Shih-Yuan Chen,* Nattawee Teerananont, Thanita Sonthisawate, Piyanan Sreesiri, Chanakan Puemchalad, Takahashi Mochizuki, Yohko Abe, Makoto Toba, Yuji Yoshimura, A Cost-effective Acid Degumming Process Produces High-quality Jatropha Oil in Tropical Monsoon Climates, Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2015, in press.	10.1002/ejlt.201400293	国際誌	in press	

論文数 5 件

うち国内誌 1 件

うち国際誌 4 件

公開すべきでない論文 件

②原著論文(相手側研究チームとの共著でない論文)

著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ－おわりのページ	DOIコード	国内誌／ 国際誌の別	発表日 ・出版日	特記事項 (分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
Shih-Yuan Chen, Takehisa Mochizuki, Yohko Abe, Makoto Toba, and Yuji Yoshimura, "Ti-incorporated SBA-15 mesoporous silica as an efficient and robust Lewis solid acid catalyst for the production of high-quality biodiesel fuels", Applied Catalysis B-Environmental, 2014, vol.148, pp.344-356.	10.1016/j.apcatb.2013.11.009	国際誌	出版済み	2014/4/27出版
Xiaodan Cui, Peng Lu, Hiroki Nakamura, Mitsuhiro Matsunaga, Akira Kikusato, Kusaka Jin, Yasuhiro Daisho, "Utilizing a Biodiesel Fuel as a Cetane Number Improver for a Light-duty Diesel Engine", SAE Technical Paper, 2014-01-1392	10.4271/2014-01-1392	国際誌	出版済み	
Xiaodan Cui, Beini Zhou, Hiroki Nakamura, Kusaka Jin, Yasuhiro Daisho, "A Numerical study on the effects of fame blends on diesel spray and soot formation by using kiva3v code including detailed kinetics and phenomenological soot formation models", SAE Technical Paper, 2014-01-2653	10.4271/2014-01-2653	国際誌	出版済み	

論文数 3 件

うち国内誌 0 件

うち国際誌 3 件

公開すべきでない論文 件

	国内	国際
その他の著作物 本プロジェクト期間累積件数	2	0

③その他の著作物(相手側研究チームとの共著のみ)(総説、書籍など)

著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年	出版物の 種類	発表日 ・出版日	特記事項

著作物数 公開すべきでない著作物	0 件			

④その他の著作物(相手側研究チームとの共著でないもの)(総説、書籍など)

著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	出版物の 種類	発表日 ・出版日	特記事項
村田和久, "次世代パワートレイン開発と燃料技術ーバイオマス原料液化技術(BTL)"、 (分担執筆)、CMCブック、2014、p.168-183、	書籍	出版済み	

著作物数
公開すべきでない著作物

1
件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項
JICA本邦研修: Research on catalysta for production/upgrading of bio oils and life cycle assessment 科学技術開発庁(NSTDA) 1名、モックト王工科大学ノースバンコク(KMUTNB) 2名		科学技術開発庁(NSTDA) 1名x2ヶ月研修、モックト王工科大学ノースバンコク(KMUTNB) 2名x2ヶ月研修
JICA本邦研修: Research on to develop catalysts for catalytic fast pyrolysis 科学技術開発庁(NSTDA) 1名		科学技術開発庁(NSTDA) 1名x3か月研修
JICA本邦研修: Research on catalysta for catalytioc fast pyrolysis タイ科学技術研究院(TISTR) 1名		タイ科学技術研究院(TISTR) 1名x3か月研修
JICA本邦研修: Research on catalysts for improving the stability of bio fuels タイ科学技術研究院(TISTR) 2名		タイ科学技術研究院(TISTR) 2名x2か月研修
JICA本邦研修: Research on bio fuels production and combustion evaluation タイ科学技術研究院(TISTR) 1名, 科学技術開発庁(NSTDA) 2名		タイ科学技術研究院(TISTR) 1名x2か月研修, 科学技術開発庁(NSTDA) 2名x2か月研修

VI(2) (公開)学会発表

	国内	国際
招待講演 本プロジェクト期間累積件数	6	4
口頭発表 本プロジェクト期間累積件数	20	15
ポスター発表 本プロジェクト期間累積件数	21	14

①学会発表(相手側研究チームと連名のもののみ)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演	口頭発表	ポスター発表
H26	国内学会	村田・ファンティニー・高原・稲葉・劉彦勇、"触媒的熱分解とゼオライト再生に関する検討", 石油学会第63回研究発表会(東京)、2014.05.28 高原・稲葉・劉彦勇、		口頭発表	
H26	国際学会	Shih-Yuan Chen*, Takehisa Mochizuki, Yohko Abe, Makoto Toba, Yuji Yoshimura, Chemisorption and Spectroscopy Studied on Catalytically Active Sites of Ti-SBA-15 Catalysts for the Production of High-quality Biodiesel Fuels (Oral), TOCAT7 Kyoto2014, June 1-6, Kyoto, Japan.		口頭発表	
H26	国際学会	Shih-Yuan Chen*, Takehisa Mochizuki, Yohko Abe, Makoto Toba, Yuji Yoshimura, Chemisorption and Spectroscopy Studied on Catalytically Active Sites of Ti-SBA-15 Catalysts for the Production of High-quality Biodiesel Fuels (Oral), Environmental Catalysis for Sustaining Clean Air and Water: ECSAW III, May 31, Nara, Japan.		口頭発表	
H26	国内学会	望月剛久、阿都容子、陳仕元、鳥羽誠、葭村雄二、部分水素化による高品質バイオディーゼル燃料の製造技術開発、日本エネルギー学会、福岡、平成26年7月20日		口頭発表	
			4	0	4 件

②学会発表(相手側研究チームと連名でないもの)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演	口頭発表	ポスター発表
2014	国際学会	S.-Y. chen, T. Mochizuki, Y. Abe, M. Toba, Y. Yoshimura, "Chemisorption and Spectroscopy Studied on Catalytically Active Sites of Ti-SBA-15 Catalysts for the Production of High-quality Biodiesel Fuels", The Seventh Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (TOCAT7), 京都.		○	
2014	国際学会	M. Toba, T. Mochizuki, S.-Y. chen, Y. Abe, Y. Yoshimura, "Hydrodeoxygenation of bio-oil over sulfided CoMo catalysts", The Seventh Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (TOCAT7), 京都, 6月3日			○
2014	国内学会	鳥羽 誠、望月剛久、陳 仕元、村田和久、葭村雄二、「バイオオイル／軽油混合油の水素化精製」、石油学会旭川大会(第44回石油・石油化学討論会)、旭川、10月16日		○	
2014	国内学会	鳥羽 誠、「高品質輸送用バイオ燃料製造技術の開発」、第33回播磨産業フォーラム(化学工学会姫路大会2014)、姫路、12月8日	○		
2014	国際学会	Xiaodan Cui, Peng Lu, Hiroki Nakamura, Mitsuhiro Matsunaga, Akira Kikusato, Kusaka Jin, Yasuhiro Daisho, "Utilizing a Biodiesel Fuel as a Cetane Number Improver for a Light-duty Diesel Engine", SAE 2014 World Congress & Exhibition, USA, 2014.4.9		○	
2014	国際学会	Xiaodan Cui, Beini Zhou, Hiroki Nakamura, Kusaka Jin, Yasuhiro Daisho, "A Numerical study on the effects of fame blends on diesel spray and soot formation by using kiva3v code including detailed kinetics and phenomenological soot formation models", SAE 2014 International Powertrains, Fuels & Lubricants Meeting, Birmingham, UK, October 20, 2014		○	
			6	1	4 件

VI(3)(特許出願した発明件数のみを公開し、他は非公開)特許出願

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する外国出願※
記載例	2012-123456	2012/4/1	〇〇〇〇						戦略太郎	〇〇大学 ◎◎研究 科△△専	PCT/JP2012/123456
No.1											
No.2											
No.3											
No.4											
No.5											
No.6											
No.7											
No.8											
No.9											
No.10											

※関連する外国出願があれば、その出願番号を記入ください。

国内特許出願数
公開すべきでない特許出願数

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する国内出願※
記載例	PCT/JP2012/123456	2012/9/20	〇〇〇〇						戦略太郎	〇〇大学 ◎◎研究 科△△専	特願2010-123456
No.1	PCT/JP2014/077636	2014/10/17	高品質バイオディーゼル燃料の製造方法	独立行政法人産業技術総合研究所	特許、移行国未定	無			鳥羽 誠、阿部容子、葭村雄二、望月剛久	独立行政法人産業技術総合研究所エネルギー技術研究	特願2013-217110
No.2	PCT/JP2015/056237	2015/3/3	バイオディーゼル燃料の水素化処理方法	独立行政法人産業技術総合研究所	特許、移行国未定	無			望月剛久、鳥羽 誠、葭村雄二、阿部容子、陳 仕元	独立行政法人産業技術総合研究所エネルギー技術研究	特願2014-040590
No.3	PCT/JP2013/070335	2014/7/26	エスデル交換反応用触媒およびその製造方法並びにこの触媒を用いたバイオディーゼル燃料の製造	独立行政法人産業技術総合研究所	アメリカ	無		10.1016/j.apcatb.2013.1	陳仕元、鳥羽誠、葭村雄二、望月剛久	産業技術総合研究所、エネルギー技術研究部門	特願2013-013720
No.5	PCT/JP2015/056237	2015/3/3	バイオディーゼル燃料の水素化処理方法	独立行政法人産業技術総合研究所	PCT	無			望月剛久、阿部容子、陳仕元、鳥羽誠、葭村雄二	産業技術総合研究所、エネルギー技術研究部門	特願2014-040590
No.6											
No.7											
No.8											
No.9											
No.10											

※関連する国内出願があれば、その出願番号を記入ください。

外国特許出願数
公開すべきでない特許出願数

2
0

VI(4) (公開)受賞等

①受賞

件

[illegible]

②マスコミ(新聞・TV等)報道(プレス発表をした場合にはその概要もお書き下さい)

件

[illegible]

Ⅵ(5) (公開) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2014.11.18	Innovation for sustainable society How new energy can innovate our economy and life ?	タイ	約100名	タイで実施中の持続的社會構築に向けた研究開発の状況紹介、並びにタイで実施中の3件のSATREPS事業の紹介、その後、ASEAN内でタイの科学技術のイノベーションをどのように展開するかについてパネルディスカッション
2015.2.9	タイ国エネルギー省省エネ・効率化局長官との面談	タイ	Mr.Thammayot SRICHUAI 長官初め、同局のバイオ燃料局長他3名	当該SATREPS事業で開発した新技術である、バイオディーゼルの部分水素化による高品質化技術(H-FAME技術)を紹介、並びにタイ国内で実施中の実車走行試験の進捗状況説明
2015.3.5	タイ国エネルギー省事務次官との面談	タイ	Mr. Areepong BHOOCHAROON 事務次官、Mr.Thammayot SRICHUAI 長官初め、同局のバイオ燃料局長他6名	当該SATREPS事業で開発した新技術である、バイオディーゼルの部分水素化による高品質化技術(H-FAME技術)の特徴や経済性を紹介、並びにタイ国内で実施中の実車走行試験の進捗状況説明

② 合同調整委員会開催記録(開催日、出席者、議題、協議概要等)

年月日	出席者	議題	概要
2015.2.10	合同調整委員会メンバー:14名;タイ国エネルギー省省エネ・効率化局から3名; タイ企業のPTTから2名; タイ企業のThai oilから1名; タイ企業のBangchakから1名; タイ企業のトリペッチいすゞから2名; TICAから2名; 他10名の合計35名	第5回JCC会議でのプロジェクト成果の審議等	本年度の日タイにおけるプロジェクト成果の報告・審議、プロジェクト期間延長に伴うR/Dの修正案の審議、来年度の研究計画の審議

研究課題名	非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術
研究代表者名 (所属機関)	葭村 雄二 (産業技術総合研究所招聘研究員/名誉リサーチャー)
研究期間	H21採択 平成22年4月から平成28年3月(6年間)
相手国名	タイ
主要相手国研究機関	タイ国家科学技術開発庁(NSTDA)

JST従たる評価項目

技術の普及	・東アジアサミット推奨品質を満たす高品質BDF製造技術を発信する ・現地や日本で、年度毎に日・タイの参加機関による合同ワークショップを開催し、多数の参加者を集める ・バイオマス資源及び自動車産業を有するタイでのフィールド研究が可能となり、将来の実用化に向けたシナリオ研究が可能 ・当該共同研究で得られるバイオ燃料製造・利用技術の成果は、技術指針として自動車産業等に展開することが可能であり、自動車産業のみならず農業機械産業への貢献も期待できる。 ・当該研究では、高品質BDFの製造技術の研究に加え、バイオマスから製造されるバイオオイルの輸送用燃料化に特化した研究を行うが、バイオリファイナリー用原料、水素製造用原料、ボイラー用燃料等、原材料として幅広い用途も期待されているため、化学産業やエネルギー産業分野への波及効果も期待できる
日本のプレゼンスの向上	・タイ国における科学技術ポテンシャルの向上に協力し、アジア科学技術外交に貢献 ・バイオマス転換技術に関わる科学技術の向上、及び地球規模課題対策への寄与 ・タイ国に拠点を置く我が国産業が参加した研究ネットワーク構築及び国際産学官連携の推進する。特にタイ国でのフィールド研究データ等はタイ国進出の我が国企業はもとより、アジア地域への展開を図る我が国産業、国内企業等の産業界にも有益 ・国際産学官連携ネットワークの構築、及び共同研究成果を広く社会に還元することにより、わが国の産業が環境・エネルギー等の関連分野で活動するための指針を得ることができる。
特許出願・知的財産管理	・共同研究を通じて得られた知的財産についての特許の取得数 ・関連する知的財産に関し守秘義務協定や技術移転協定等の知財管理を行う
レビュー付雑誌への掲載等	・査読付き論文誌への掲載数 ・プレス発表や政府機関出版物による情報発信件数
人材育成	・タイ側研究者の留学・研修によるスキルアップ ・日本側の若手研究者の人材育成
他国への展開	・本技術をアジア各国への適用性を示し、アジア諸国へ普及をめざす ・タイ国中核研究機関との緊密なネットワーク構築により、アジア規模での若手研究者の養成
CDM化	CDM事業化の可能性を検討し、必要条件等が明らかにされる

JST上位目標

食糧と競合しないバイオマス資源(ジャトロファ)を用いた輸送用燃料製造に関わる基盤技術の成果が広く社会に還元される。

研究内容、研究成果が政府機関、民間企業などに認められ、社会実装に向けた取り組みが着手される。

JST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からの輸送用燃料製造に必要な熱化学変換触媒技術、改質触媒技術、バイオ燃料のエンジン利用技術(エンジン特性評価、排ガス特性技術)、及びLCA等を用いたCO2低減評価技術を確立し、気候変動緩和対策及び科学技術水準の向上につながる新たな知見を集積する。特に、H-FAME技術については、タイ国代替エネルギー政策への反映及び社会実装を目指す。

①ジャトロファオイルからの安全・高品質なバイオディーゼル(脂肪酸メチルエステル型H-FAME)の製造技術が構築され、その燃料の社会実装に向けた基盤が構築される。

②未利用資源であるジャトロファ残渣の熱分解によるバイオオイルの生成技術が構築され、並びにバイオオイルの精製による高品位輸送用燃料化技術が構築され、そしてその燃料の社会実装に向けた基盤が構築される

