

地球規模課題対応国際科学技術協力 (SATREPS)

環境・エネルギー分野「低炭素社会の実現に向けたエネルギーシステムに関する研究」領域

課題名「新バイオディーゼルの合成法の開発」
(相手国：タイ王国)

終了報告書

期間 平成 23年 3月～平成 27年 3月

代表者氏名：朝見 賢二
(公立大学法人 北九州市立大学
国際環境工学部エネルギー
循環化学科・教授)

§ 1 プロジェクト実施の概要

1) 触媒技術および高効率プロセスの基盤の確立

まず、日本の実験室小型装置による検討で、タイでの HiBD 製造に適した触媒の選定を行い、水処理用活性炭と酸化マグネシウムの物理混合触媒を反応器内で調製することとした。反応器形式については、ベンチ装置（タイー横型攪拌式、日本一縦型流動式）をそれぞれ製作し検討した結果、パイロット装置設計時点（H24 年度半ば）での操業の安定性から、横型攪拌式を選定した。

反応機構の解明については、モデル化合物による検討から、トリグリセリドがまず遊離脂肪酸に分解し、その酸が、直接脱炭酸して炭化水素が生成するルートと、2 量化して長鎖のケトンを生成し、それが分解して炭化水素になるという 2 つの経路があることが分かった。また、この長鎖ケトン類は分解しないで反応器外に排出されるとワックスとなり、製品の収率や性状を著しく低下させることが明らかとなった。そこで、高品質な生成油を得るための条件探索を進め、還流塔の設置、酸触媒の使用などでワックス生成を抑制することに成功し、廃食油から効率的に HiBD 油を得られるようになった。また、「EFB 搾り油」（P31 参照）の成分分析や、プラントでの原料供給法を検討し、良質の油が得られることを確認した。

生成油の更なる品質向上の取り組みとして 2 次処理を検討した。色調や透明度を改善し、酸価値を大幅に低減する吸着剤処理法の開発に成功し、酸価安定性を高める水素化処理法についても有効な触媒を見出した。

2) パイロット装置

H24 年度末からの初期運転に続き、25 年 5 月にタイ側への引渡式が実施された。その後、運転により明らかとなった問題点（温度制御、ワックス生成やコーキング、また製品や廃触媒の回収操作性、安全性）を解決するための改造を数度行った。その後マイナーなチューニングを数回行いながら、エンジンテスト用のサンプル製造を実施した。プラントの改修作業については、反政府デモ等の影響もあり当初計画よりも遅れ気味であった。

廃食油および EFB 搾り油を原料として HiBD 試料を製造し、エンジンテスト、実車テストに使用し、良好な結果を得た。

3) LCA 解析

(1) 新しいバイオディーゼルの合成法 (2) タイの石油系軽油の製造法 (3) 従来型のバイオディーゼル、の 3 項目についてインベントリデータ（原料使用量、エネルギー、環境負荷）の基礎となるデータの収集・整理を行った。最終報告では LCA とコスト解析を含めてレポートを作成した。また、LCA レポート内においては HiBD ライフサイクルに占める装置機械の製造に係るエネルギー・環境負荷の寄与について、プロセス前提条件と既存の LCA データベースを用いて算定した。装置機械の製造に係るエネルギー・環境負荷は、大き目に見積もった場合でも、原料油調達から HiBD の製造・輸送に係るエネルギー・環境負荷の 3 % 以下で、全体に占める割合は非常に小さいことを確認している。

4) 知的財産

競合先願特許の調査と新規有効特許の創出へ向けた知財ポジションを把握するとともに、タイの特許制度・特許の有効性に関する調査を行った。また MOU を補完するためタイのチュラロンコン大学との共同研究契約書 (MOU 付加条項) を作成、締結した。

また、P J を通じて 2 件の特許出願を行ったほか、「HiBD」の商標を国内で取得した。

更に、HiBD に関する特許としては、SATREPS 実施以前に出願した基本特許について、P J の研究成果を反映した拒絶理由通知への対応を行い、これまでに国内で 2 件、海外で 2 件が特許査定となったほか、その成立した特許の権利範囲を拡大し、P J の実施形態に則した権利を保護すべく、平成 25 年に 1 件の分割出願を行った。

なお、HiBDに関する技術移転活動としては、展示会への出展、セミナーの実施等に積極的に取り組み、これまで国内18社と秘密保持契約を締結したほか、国内1社と実施許諾契約を締結した。

5) 油脂収集システム

タイを訪問して廃食用油・パーム油・ヤトロファ油等の活用状況を調査し、エネルギー省代替エネルギー開発・効率化局を始めとする省庁への聞き取り調査を行った。タイでは、近年、外国（韓国）への輸出急増のため廃食用油の価格高騰が著しく、これをHiBDの製造原料に用いることはコスト上困難であることが明らかとなった。廃食用油以外の原料として、あらたに「EFB搾り油」が有望であることが分かった。これは、パーム油を製造する際に大量に廃棄される空果房（Empty Fruit Bunch, EFB）から抽出される油であり、基本的には油脂であるが、遊離脂肪酸や固形分、水分を多く含むため、パーム油としての利用はできず、重油代替燃料として使用されているものである。

§ 2. プロジェクト構想（および構想計画に対する達成状況）

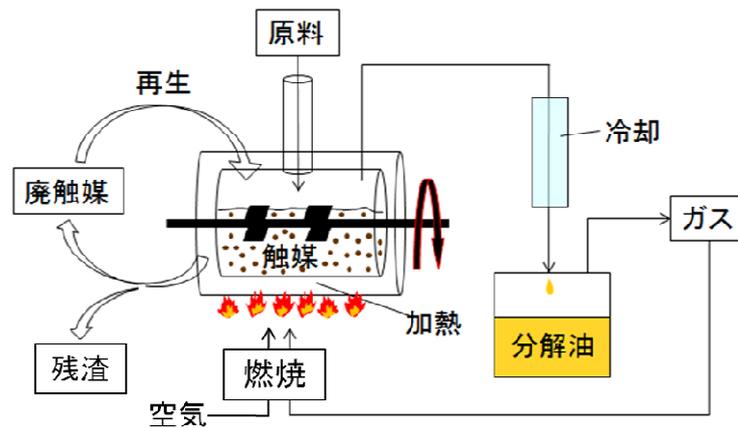
（1）当初のプロジェクト構想

本研究の目的は、高品質のディーゼル油（バイオディーゼルおよび合成ディーゼル）をパーム油、ヤトロファ油あるいは廃食用油などの植物性油脂・動物性油脂から高収率、高効率かつ低コストで得る簡素なプロセスを開発、実証化することである。

下図に示すように、加熱した粉末状の触媒を攪拌しつつ、常圧下で原料（油脂または油脂原料等）を投入することにより、触媒の作用によって低分子化し、C10～C22の炭化水素（パラフィンおよびオレフィン類）を得る触媒技術および高効率プロセスを確立し、日産処理能力200L程度の実証プラントにより技術を実証する。同時に廃食用油を収集、分別、処理するためのシステムをタイと共同で検討し、システムの確立を目指す。

今回の接触分解技術は、搾油原料あるいは残渣等も分解し、ディーゼル用燃料を得ることが可能であり、本研究をベースに実用化を進める中、将来的には原料の幅を広げ、フレキシブルな燃料製造が可能となると考えられる。さらに本生産物は搾油の際、多量に副生するセルロース系の廃材を、ガス化経路の液化により得られる油分（BTL、第三世代バイオディーゼル）と化学構造がほとんど同じであるため、容易に混合使用し得る。また、現在、国内外で研究が進められつつある油脂生産藻類などの技術と組み合わせることにより、地域分散型～集約型と幅広く対応可能な燃料で、カーボンニュートラルな燃料製造を可能とする。

さらに本申請者らによって活性化された炭素が有効な触媒になりえることも見出されており（特願2008-282143）、触媒を反応残渣より製造できる可能性が高い。



反応条件下において原料は液体であり、生成物が気体であることを利用して蒸留分離を行いつつ高品質油を得る。

図 プロセスの概要

タイでは既にバイオディーゼルの開発を進めているが、品質や効率など必ずしも十分な成果は得られていない。そこで現地に、比較的運転が容易な 200L/day の装置を設置し、本国際共同研究を通じて得られた知識・経験・技術を生かして、現地産の油脂（パーム油）あるいは廃油などの原料調達から運転に至るまでのトータルなシステムの確立を目指す。より具体的には以下の 3 項目を成果目標とする。

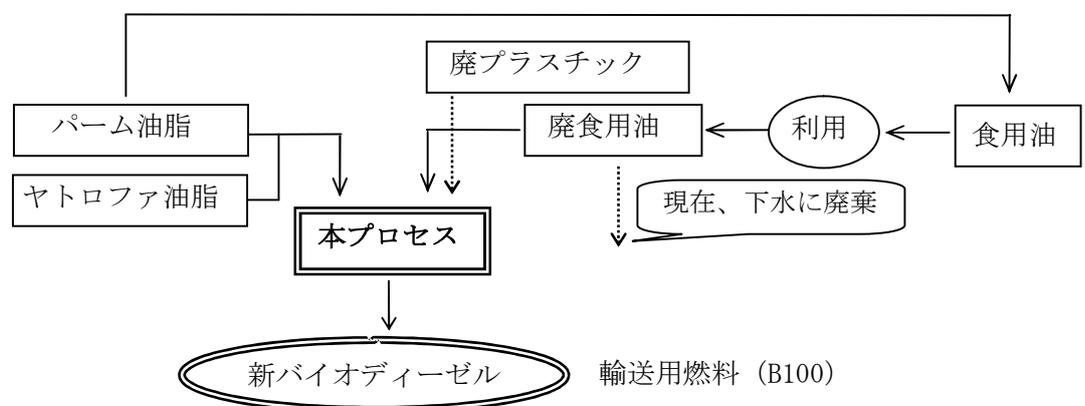
1) 実証プラントにより廃食油、パーム油等の油脂からディーゼル燃料として使用し得る燃料油を 60～70% のエネルギー収率で安定的に得る技術を確認する。さらに油脂原料から直接ディーゼル油を同程度の効率で得る技術の確立に挑戦する。

2) 北九州市などの後援のもと、ベンチプラントの運転、タイ研究員の開発・運転技術等の研修およびスキルアップを行い、実証化、工業化を進める。

3) 上記結果に基づき、プラントを自主的に設計・製作し、廃油や残渣等の原料を集荷して運転するトータルシステムを構築する。

実用化イメージは下図のとおりである。

<タイにおける本技術の実用化イメージ>



(2) 新たに追加・修正など変更したプロジェクト構想

1) パイロットプラント

当初計画では、実証試験用のパイロットプラントを日本、タイ双方に1基ずつ設置の予定であったが、日本側の機材については、設置場所や運転員の確保問題、予算執行時期の調整などの理由により製作を中止した。これに代わって「分解反応装置」を製作し、タイのプラントに付設することで反応の効率化を図った。

2) 原料収集システム

本研究計画では、食用油との競合を避けるため、廃食油を原料とすることを想定し、その収集システムの確立を目標としていた。平成25年度までの調査で、廃食油の収集システムはタイにおいてすでにかなり確立されたものとなっているが、近年廃食油の価格が著しく高騰しており、本プロセスの実用化に対してコスト面で難しいことが判明した。しかし、パーム油製造時に大量に発生する廃棄物の空果房 (Empty Fruit Bunch, EFB) から抽出される「EFB 搾り油」が本プロセスの原料として有望であることが明らかとなった。そこで、廃食油を原料とする製造技術の確立を行ったうえで、この「EFB 搾り油」を原料とする HiBD の製造技術への応用をはかることとし、その性状や市場性などを調査することとした。さらにこの原料からパイロットプラントで製造した HiBD 油を用いてエンジンテストや車両走行試験を実施することとした。

3) 製品の2次改質

本製造法で得られた HiBD 油は、暗褐色であり、時間が経過すると徐々に黒色に変化し透明度も著しく低下する。さらに、ディーゼル燃料としての酸価のニート規格をわずかに満たさないことが分かった。そこで、製品の商品価値を高めるため、色調、透明度の改善と酸価の低減を目的とする吸着剤処理法の開発を目標に加えた。

(3) 活動実施スケジュール (実績)

↔ (上段): 計画
 ⇨ (下段): 実績

Activities	FY2011				FY2012				FY2013				FY2014			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1 新バイオディーゼルを生産する触媒技術および高効率プロセスの基盤が確立される。																
1-1 現有技術の解析, 新技術と現技術のマッチングに関する調査を実施する。					↔ (計画)											
					⇨ (実績)											
1-2 触媒の改良と反応機構の解明を行う。					↔											
					⇨											
1-3 ミニプラントの操作条件(反応条件, 運転手法, 触媒の再生, 生成物の品質解析など)を確立し, 小型ベンチプラントを製作, 運転する。					↔											
					⇨											
1-4 上記データを解析し, パイロットプラント設計データを確立する。					↔											
					⇨											
2 新バイオディーゼル合成プロセスがパイロットプラントレベルで確立される。																
2-1 日本でパイロットプラント分解反応装置を設計, 製作し試運転を行う。					↔											
					⇨											
2-2 日本で合成されたバイオディーゼルの品質テスト(テスト含む)をタイ分解反応装置をタイに移設する。					↔											
					⇨											
2-3 タイC/PIに対しパイロットプラントの運転に関する技術移転を行う。					↔											
					⇨											
2-4 タイC/PIに対し日本で触媒の製造技術に関する技術移転を行う。					↔											
					⇨											
2-5 タイでパイロットプラントを設置する。					↔											
					⇨											
2-6 タイで実証試験(エンジンテストまで)を行う。					↔											
					⇨											
2-7 タイで民間企業等を対象に, 研究成果の発表セミナーを開催する。					↔											
					⇨											
3 新合成技術により製造されたバイオディーゼル油がタイ国内外へ普及するための環境が整備される。																
3-1 LCA解析を行うためのベースライン調査を行う(石油系の軽油, 従来のバイオディーゼル等)					↔											
					⇨											
3-2 新バイオディーゼルに係るLCA解析を実施し, 従来の値と比較する。					↔											
					⇨											
3-3 パイロットプラントの結果を踏まえ商用化のためのコスト解析を実施する。					↔											
					⇨											
4 バイオディーゼル合成用の油脂収集システムにおける供給源, 方法が提案される。																
4-1 現行の油脂収集システムに関する情報確認・調査を行う。					↔											
					⇨											
4-2 実証試験レベルでの(廃食油, パーム空果房油などの)油脂供給源および収集方法を特定化し, 油脂収集を行う。					↔											
					⇨											
4-3 油脂供給源となる団体・企業を含む油脂収集システムを検討する。					↔											
					⇨											

§ 3 プロジェクト実施体制・投入実績

3. 1. 実施体制

(1) 「北九州市立大学」グループ

① 研究参加者

【日本側】

グループ リーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	朝見 賢二	北九州市立大学	教授	22	6	27	3	
	藤元 薫	北九州市立大学	特任教授	22	6	27	3	
	山本 勝俊	北九州市立大学	准教授	22	6	23	3	研究体制の変更に伴い離脱
	谷 春樹	北九州市立大学	特任研究員	22	6	27	3	
	村上 陽子	北九州市立大学	研究補助員	22	6	27	3	
	高田 弘	北九州市立大学	研究補助員	23	4	27	3	
	村上 弥生	北九州市立大学	特任研究員	24	3	27	3	
	李 聡明	北九州市立大学	研究補助員	24	3	24	3	研究体制の変更に伴い離脱
	山崎 千春	業務委託	研究補助員	24	5	26	3	退職
	込山和樹	北九州市立大学	院生	25	4	26	3	
	清水将之	北九州市立大学	院生	25	4	26	3	
	久保山 弘規	北九州市立大学	院生	26	4	27	3	
	河井 栄一	アジア科学教育経済発展機構	プロジェクト開発・推進部長	22	6	27	3	

【相手国側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	Tharapong Vitidsant	Chulalongkorn University	Prof. Dr.	23	4	27	3	
	Somkiat Ngamprasertsith	Chulalongkorn University	Assoc. Prof. Dr.	23	4	27	3	
	Prasert Reabroycharoen	Chulalongkorn University	Assist. Prof. Dr.	23	4	27	3	
	Prapan Kuchonthara	Chulalongkorn University	Assist. Prof. Dr.	23	4	27	3	
	Chawalit Ngamcharussrivichai	Chulalongkorn University	Assist. Prof. Dr.	23	4	27	3	
	Sirilux Poompradub	Chulalongkorn University	Assist. Prof. Dr.	23	4	27	3	
	Napida Hinchiranan	Chulalongkorn University	Assist. Prof. Dr.	23	4	27	3	
	Kunakorn Poochinda	Chulalongkorn University	Dr.	23	4	27	3	
	Kanit Wattanavichien	Chulalongkorn University	Assoc. Prof. Dr.	23	4	27	3	
	Jumluck Srinakruang	MetChem Technology Co.Ltd	Dr.	23	4	27	3	
	Anawat Ketcong	Team Consultant Engineering and Management	Dr.	23	4	24	3	
	Abhidech Popanperng	MetChem Technology Co.Ltd	Mr.	23	4	24	3	
	Chisanupong Dilokwongwattanan	MetChem Technology Co.Ltd	Mr.	23	4	24	3	
	Adulyapong Pokhaw	MetChem Technology Co.Ltd	Mr.	23	4	24	3	
	Supote Puttawong	Chulalongkorn University	Mr.	23	4	27	3	

	Dawjai Kaew-akahad	Chulalongkorn University	Ms.	23	4	24	3	
	Kitima Pinkaew	Chulalongkorn University	Ms.	23	4	25	9	
	Kantana Klaikaew	Chulalongkorn University	student/Ms. (D4)	23	4	27	3	
	Rungravee Phienluphon	Chulalongkorn University	student/Ms. (D3)	23	4	27	3	
	Supachita Krerkkriwan	Chulalongkorn University	Post-doc/Ms.	23	4	25	9	
	Sakdinun Nuntang	Chulalongkorn University	student/Mr. (D3)	23	4	25	9	
	Natthawan Thakonkiattikun	Chulalongkorn University	student/Ms. (D1)	25	1	27	3	
	Paweesuda Natewong	Chulalongkorn University	student/Ms.	25	1	25	9	H25.10～ 国費留 学(北九 大)
	Wittawat ratanathavorn	Chulalongkorn University	student/Ms. (D1)	25	1	27	3	
	Noppadon Khuhaudomlap	Chulalongkorn University	student/Ms. (M2)	25	1	25	5	
	Chettha Phatkun	Chulalongkorn University	student/Ms. (M2)	25	1	25	5	
	Panya Watthanapaphawong	Chulalongkorn University	student/Ms. (D1)	25	1	27	3	
	Phatcharaporn Polae	Chulalongkorn University	student/Ms. (M2)	25	1	25	5	
	Kitiya Lertskulbanlue	Chulalongkorn University	student/Ms. (M2)	25	1	25	5	
	Jaru Natakaranakul	Chulalongkorn University	research assistance/Mr.	26	1	27	3	
	Siwat Poorahong	Chulalongkorn University	research assistance/Mr.	26	1	27	3	

② 研究項目

・新バイオディーゼルの合成法の開発

(2) 「(公財)北九州産業学術推進機構」グループ

① 研究参加者

【日本側】

グループリーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
	村上 恵美子	(公財)北九州産業学術推進機構	産学連携センター事業推進課長	22	6	23	3	23.3異動に伴い離脱
	二見 昌太郎	(公財)北九州産業学術推進機構	産学連携統括センター事業企画担当課長	23	4	24	3	24.3異動に伴い離脱
○	北井 三正	(公財)北九州産業学術推進機構	産学連携統括センター 参与(チーフコーディネータ)	24	4	27	3	24.4着任(二見の後任)
	佐藤 禎一	(公財)北九州産業学術推進機構	産学連携統括センター事業企画担当課長	24	4	27	3	
	宮川 晋	(公財)北九州産業学術推進機構	産学連携統括センター知的財産部知財移転スペシャリスト	23	4	25	3	25.3異動に伴い離脱
	高田 正日出	(公財)北九州産業学術推進機構	産学連携統括センター知的財産部知的財産プロデューサー	24	4	25	3	25.3異動に伴い離脱
	森田 高広	(公財)北九州産業学術推進機構	産学連携統括センター知的財産部知的財産課 担当主任	25	4	26	10	退職
	木下 信博	(公財)北九州産業学術推進機構	産学連携統括センター知的財産部知的財産プロデューサー	25	4	27	3	
	岩本 浩幸	(公財)北九州産業学術推進機構	産学連携統括センター知的財産部知的財産課長	25	4	27	3	

② 研究項目

- ・ 新バイオディーゼル合成実証実施に係る検討・支援

(3) 「(公財)北九州国際技術協力協会K I T A環境協力センター」グループ

① 研究参加者

【日本側】

グループ リーダー	氏名	所属	役職 (身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
	堀 俊孝	(公財)北九州国際技術協力協会 KITA環境協力センター	次長	22	6	23	3	23.3 異動に伴い離脱
	中菌 哲	(公財)北九州国際技術協力協会 KITA環境協力センター	所長	23	4	24	3	24.3 異動に伴い離脱
	中村 尚夫	(公財)北九州国際技術協力協会 KITA環境協力センター	課長	22	6	23	3	23.3 異動に伴い離脱
	永石 昌也	(公財)北九州国際技術協力協会 KITA環境協力センター	人材育成担当 課長	23	4	25	3	23.4 着任(中村の後任)
○	藤本 研一	(公財)北九州国際技術協力協会 KITA環境協力センター	技術協力部長	25	4	26	3	26.3 KITA 組織改編により離脱

③ 研究項目

- ・ 廃食油を中心とする油脂の収集システムの調査及び検討

(4)「日本工業大学」グループ

①研究参加者

【日本側】

グループリーダー	氏名	所属	役職(身分)	研究参加期間				備考
				開始		終了		
				年	月	年	月	
○	八木田 浩史	日本工業大学	教授	22	6	27	3	
	小島 直之	日本工業大学	大学院	23	4	25	3	
	上田翔	日本工業大学	大学院	23	4	25	3	
	甲斐正也	日本工業大学	大学院	23	4	25	3	

②研究項目

- ・新バイオディーゼル合成法の LCA 解析

§ 4 プロジェクト実施内容及び成果

4. 0 プロジェクト全体

(1)グループを統合した全体の成果

接触改質により廃食油から高品位の炭化水素ディーゼル燃料 (HiBD) を製造するプロセスを、タイにおいて実用化するための研究開発を行い、以下の成果を得た。

○ 製造技術の開発

ラボ装置からベンチ装置、パイロット装置の製作、運転を通して、触媒、反応形式、製品回収、アップグレーディングなど様々な面で製造技術をほぼ確立することができた。この際のエネルギー収率は約 80%と見積られる。またその製品は、従来の FAME 法では得られないコモンレールエンジン対応の高品質な自動車燃料として使用可能であることを実証した。

○ 原料収集システムの構築

PJ の当初目標では、廃食油を原料としてタイにおける収集、製造システムの確立を目指したが、現地調査により廃食油価格の高騰、供給の不安定性などが明らかとなった。原料転換の必要性が新たな課題として浮上したところで、タイ側より、これに代わる「EFB 搾り油」という原料の提案を受けた。従来ほとんど利用法がなく、また現在主流である FAME 法プロセスでは全く利用できない EFB 搾り油も十分有用な原料とし得、本プロセスの優位性を明らかにした。さらに、パーム油廃液 (Palm Oil Mill Effluent: POME) などの副生物も原料として考慮し得る。

○ 知的財産の管理

HiBD 製造に関わる知的財産の出願、管理を適切に行った。

○ LCA 解析

HiBD 法が従来法に対して廃食用油、パーム油いずれの原料を想定した場合も、一次エネルギー消費、化石資源消費、温室効果ガス排出量のいずれも優位性を有する可能性が高いことを確認した。

○ 人材育成

PJ 期間中トータルでチュラロンコン大学よりのべ 14 名の研修生を受け入れ、北九州市立大学において技術研修を実施した。触媒調製技術、反応試験操作、解析手法の習得のみならず、研究生のみで触媒調製から運転の終了処理まで行えるよう、自立性・自主性にも配慮した。また、生成油に含まれるワックス成分の組成、構造解析をするための実験にも重点を置き、元素分析、IR, NMR 等、機器分析を実施した。さらに、タイに設置したベンチプラントや、分析装置の使用法についても指導を行った。

このほか、平成 25 年 10 月より 3 年間の予定で国費留学生（地球環境枠 SATREPS）1 名を受け入れ、教育研究交流の促進および人的交流の構築を図っている。

日本側から若手研究者 2 名を数度にわたってプラントサイトへ派遣し、ベンチプラント、パイロットプラントの設置、立ち上げから運転を行い、タイ側研究者への技術指導も実施した。

○ 技術の普及活動

タイおよび日本でそれぞれセミナーを開催し、HiBD の、広く普及を図るためのアピールを行った。

○ 日本への貢献

HiBD の製造技術はタイに特化したものではなく、国内への対応も十分に可能である。原料としては、当面廃食油が有望であり、製造された製品が高品質の自動車燃料になり得ることを実証した。本 PJ の技術開発は日本のプラントメーカーと共同でしており、その技術力の発展に大きく貢献できたと考えられる。また、知的財産の適切な管理も国益にかなったものといえる。

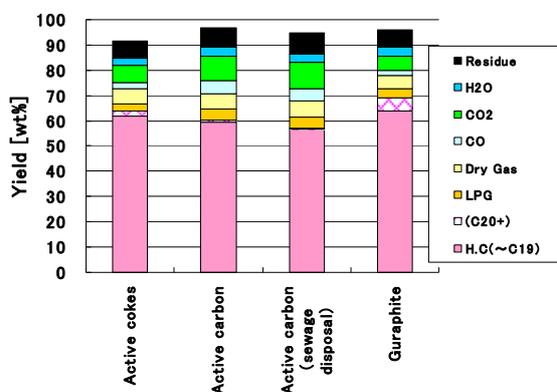
(2) 今後期待される効果

本 PJ により、HiBD の基本的な製造技術は確立した。次は実用化、商用プロセスの実現である。そのためには、さらにスケールアップした実証機的设计、製作、運転を行う必要があり、タイ国内ではその速やかな実施が望まれている。日本政府（JICA）からの支援も期待されている。またこの技術はタイのみで有効なものではなく、パームを産出するより多くの諸国で転用可能な技術である。それらへの技術輸出も重要な課題である。ここで開発された触媒や反応システムをさらに詳細に解析することにより、新たな学術の創成につながるものと考えられる。

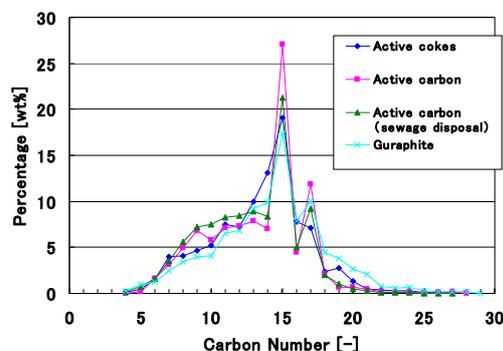
4. 1 新バイオディーゼルの合成法の開発（北九州市立大学グループ）

(1) 研究実施内容及び成果

① 触媒開発



(a) 物質収支



(b) 炭素数分布

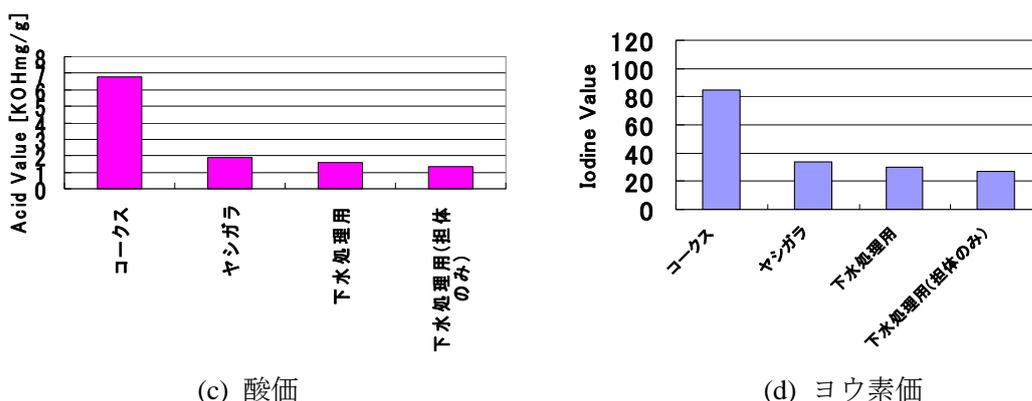


図 4.1.1 各種カーボン担体に担持した MgO 触媒によるパーム油からの改質反応結果

申請時までの研究で、SiO₂や活性炭に担持した MgO 触媒が、本 HiBD 製造反応に有効な触媒であることが明らかとなっている。本研究では、タイでの実用化技術の確立を図るため、現地で入手しやすい炭素（活性炭）担体の適用可能性を探るため、各種炭素担体を用い、ラボ装置で特性を調べた。結果を図 4.1.1 に示す。いずれの炭素担体を用いた場合も分解油収率、生成油の炭素数分布に大きな違いはなく、酸価は活性コークスを除きいずれも 2 [KOH-mg/g-oil]以下、ヨウ素価はすべて 100 [I-g/100 g-oil]以下と低い値であった。また条件が若干異なり図には示していないが、タイで入手した活性炭もこれらと同等の性能を示した。このように、様々な活性炭の利用可能性が示された。本 PJ では、下水処理用活性炭を担体に用いてベンチ装置、パイロット装置の検討を行うこととし、担持触媒(MgO/C)の調製法としては、もっとも簡便な物理混合法を採用することとした。

後述するように、ベンチ装置による試験では多量のワックスが生成し、ラボ装置と比べて炭化水素収率が大きく低下した。そこで、前述の MgO/C 触媒に少量の FCC 廃触媒を混合したハイブリッド触媒を用いることにより、この問題を解決した。

このほか、本 PJ のベンチ装置、パイロット装置では用いないが、次世代触媒の開発のため、SiO₂担持触媒系や C 担持触媒系における物性の影響、添加物の効果などの検討を実施した。

② 反応機構解明

油脂（脂肪酸トリグリセリド）が HiBD（炭化水素）へ転化する過程を、油脂モデル化合物を用いて接触時間の影響を調べ検討した。その結果、以下のルートで反応が進行することが明らかとなった。まず、トリグリセリドのエステル結合が熱分解あるいは加水分解を受け、脂肪酸とグリセリン部分に分解し、後者は C₁~C₃の軽質炭化水素へ転化する。



生成した脂肪酸は、塩基触媒(MgO)の脱炭酸作用により炭化水素あるいは 2 量化して長鎖のケトンを生じる。



ケトンが分解して炭化水素を生成する。



また生成した炭化水素は、分解、異性化反応（おそらく触媒の酸点上で）を起こし、分岐体を含む種々の炭素数の炭化水素を生成する。この分解、異性化は、脂肪酸やケトンのアルキル基でも生じると考えられ、種々の炭素数の脂肪酸類やケトン類が副生する。以上の反応のネットワークを図示すると図 4.1.2 のようになる。

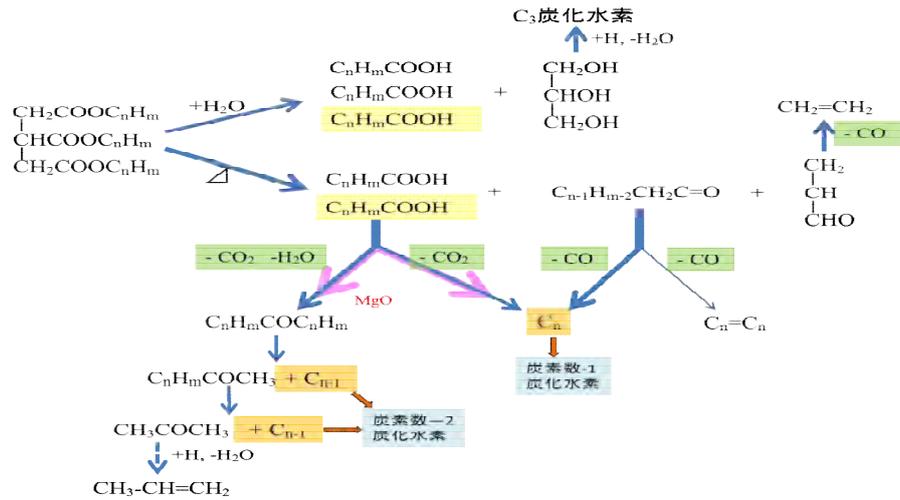


図 4.1.2 油脂からの HiBD (炭化水素油) 生成の反応ネットワーク

③ 反応方式の検討

ラボ装置での反応方式は、攪拌層（横型、縦型）、固定床（下降流式、上昇流式）などを検討してきたが、スケールアップのモデル機としてのベンチ装置として、タイに攪拌層横型、日本に流動床型のプラントを製作設置した。それぞれの外観と概要を図 4.1.3 に示す。これらのベンチ装置の結果をもとに、パイロット装置の反応方式の選定を行った。



(a) ベンチプラントータイ (TB)
内部攪拌式、原料供給速度 2 L/h,
反応器容量 3 L



(b) ベンチプラントー日本 (JB)
流動層式、原料供給速度 0.5 L/h,
反応器容量 4 L

図 4.1.3 ベンチプラントの外観と概要

ラボ装置とベンチ装置の反応結果の比較を図 4.1.4 に示す。タイのベンチ装置 (TB) では、多量のワックス分が含まれているものの、分解油収率は高かった。日本のベンチ装置 (JB) では、ラボ機と同等の分解油収率が得られた。両者それぞれに長所、短所があるが、この時点では安定な運転操作が行いやすいという観点から、パイロットプラントでは横型の内部攪拌方式を採用することとした。

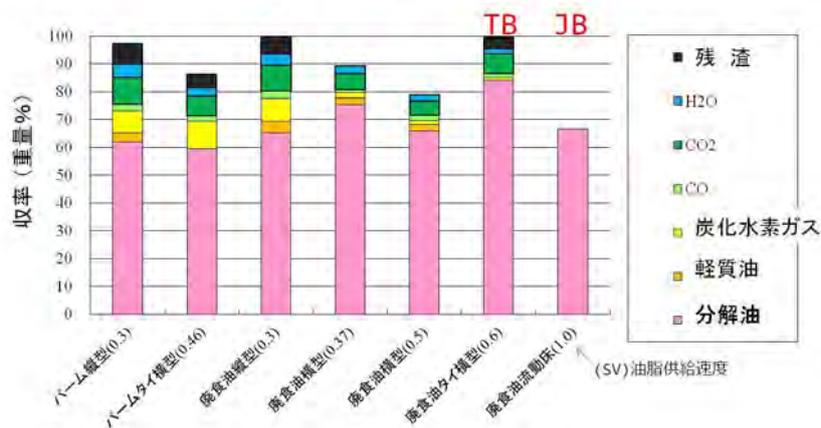


図 4.1.4 ラボ装置およびベンチ装置で得られた生成物収率

④ ベンチ装置による製品改善

タイのベンチプラント運転における多量のワックス生成への対応で、反応器上部に還流塔を設置し、高沸点成分であるケトンの還流および再分解を促したところ分解油中のワックス分が大幅に低減された。また、北九大ラボ機において FCC 廃触媒を活性炭+MgO の系に添加したところ、同様にワックス分の減少が見られたが、添加量が多くなるにつれ過分解が起り、灯軽油には不適となった。ワックス分の少ない分解油を安定的に得るために、北九大ラボ機に温度制御可能な還流塔を設置し、その効果を確認することに加え、FCC 廃触媒を一部添加した系を用いて運転を行うことを試みた。

還流塔を設置した結果、温度制御をしなくても従来法の分解油よりワックス分が減少し、さらに温度制御を行うと、ワックス生成が大幅に低減され、高沸点成分の系外への流出を抑制できた。また、FCC 廃触媒を 20%程度添加すると、還流温度を高くしてもワックス分はより減少しており、FCC 廃触媒によりワックス分であるケトンの分解が促進された可能性を示唆している。図 4.1.5 に生成物分布を示す。還流塔の設置により軽質のガス成分の収率が増加した。これは、還流塔の効果により高沸点成分が還流され再分解されることによって生成物が全体的に軽質化したためと考えられる。また、FCC 廃触媒を添加した系では、分解油収率が向上した。これは、固体酸触媒の作用によって高沸点成分であるケトン類の分解が促進され、炭化水素として多く回収できたためであると考えられる。また、酸価も還流により低下した (図 4.1.6)。FCC 廃触媒を添加すると、還流温度がやや高くても酸価値は低い値で安定しており、効果的であることが明らかとなった。

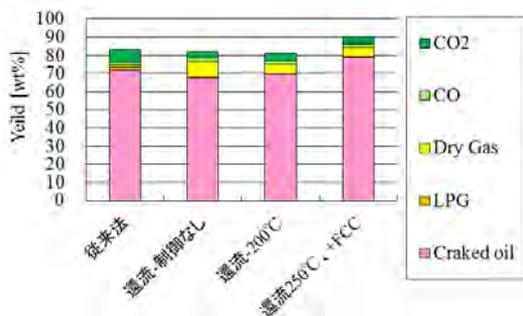


図 4.1.5 生成物分布

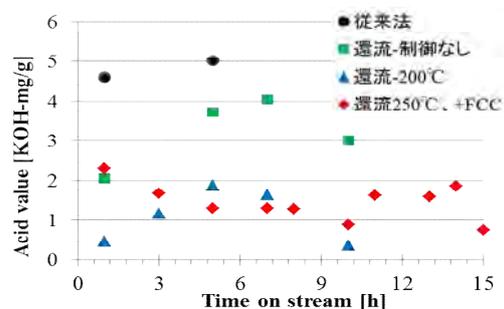


図 4.1.6 生成油の酸価

高沸点成分の分析結果から、ワックス分の主成分である高分子量ケトンが還流塔を設置した系から得られた分解油にはほとんど含まれていなかった。特に、FCC 廃触媒を添加し

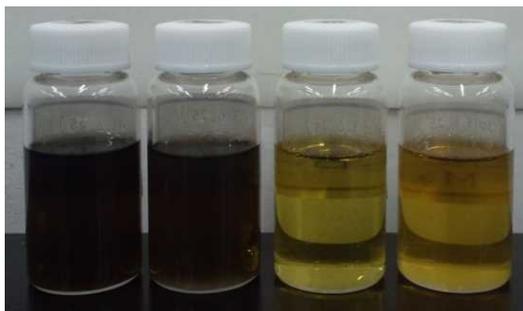
た系では、炭素鎖の短いケトン類の含有量も少なくなっており、ケトン類の分解に効果があることが明らかとなった。

しかしながら、反応時間が長くなるにつれ反応器内に高沸点成分が残留・蓄積し、これがコーキングを引き起こし、攪拌停止などのトラブルを引き起こすことが明らかとなった。特に反応操作終了後、残留オイルを反応層から除去しないと、コーキングした触媒が強固に固化してしまい、再度の運転起動は不可能であった。FCC 廃触媒を添加した系では、コーキングの程度が軽かったことから、触媒の作用によって分解が促進されたことによる効果があったと思われるが、原料供給終了後の追い出しを行うことにより、未反応物を系外へ排出することが重要であることが示唆された。

⑤ 製品油のアップグレード

1) 吸着剤処理

分解油の酸価値の低減と外観（色調および透明度）の向上を目的とし、分解油中の残留脂肪酸の吸着除去及び分解油の脱色の手法を開発した。数種類の処理剤を用い、ラボ装置で製造した HiBD 油の処理を行った。その結果、酸価値の低減、脱色にそれぞれ有効な処理剤 A および B を見出した。これらを組み合わせると、きれいなディーゼル油（図 4.1.7）が得られ、しかも脱酸に関しては、両者の複合効果も大きく、国内のノート使用規格を十分にクリアすることに成功した。このような吸着処理により、分解油の脱色及び脱酸が行えることが明らかとなり、処理後の分解油は、長期間経過した後も未処理のものとは違い、ほとんど黒へ変色することはないことが分かった。



未処理 処理剤 A 処理剤 B 処理剤 A+B
図 4.1.7 吸着剤処理による分解油の色調変化

2) 水素化処理

分解油の酸化安定性の向上のため、分解油を水素化して油中に含まれる二重結合を減少させる水素化処理を検討した。

調製法および担持量の異なる数種の Pt/Al₂O₃ および Pd/Carbon 触媒を用い、反応温度 150℃、反応圧力 0.8MPa の条件下で分解油の液相水素化を行った。GC 分析の結果から、いずれの触媒でも油中にはオレフィン類がほとんど含有されず（芳香族炭化水素は除く）、対応するパラフィン類に変化しており、水素化の進行が確認できた。色調は淡黄色で、1 年経過してもほとんど変化せず、酸化安定性も著しく向上した。これらの触媒は、活性化のための事前の還元処理が不要であることから、タイでの簡便な処理操作に有効であると考えられる。今後、繰り返し使用と再生法についての検討が必要である。

⑥ パイロットプラントの運転と改良

1) 初期運転（H25 年 3 月～6 月）

ベンチプラントの結果を踏まえ、横型内部攪拌式のパイロットプラントを設計、製作し、日本での予備テストを行った後、H24 年度末にタイ（チュラロンコン大学サラブリキャンパス）に設置した。プラントの外観と概要を図 4.1.8 に示す。



内部攪拌式、原料供給速度 10 L/h、反応器容量 30 L
 図 4.1.8 パイロットプラントの外観と概要

初期の運転では、原料供給開始後の触媒層の温度低下が著しく、反応器内の温度分布が大きいという問題が起こった。反応器の両サイドには、ヒーターが入っておらず断熱も不十分であったため放熱が大きいことも問題であったが、反応器本体のヒーターが切れているということが明らかとなり、急きょ処置を施し運転を可能にした。タイ側へのプラントの引渡式(図 4.1.9)では、その場のデモンストレーションで生成油を回収することに成功した。



図 4.1.9 パイロットプラントの引渡式 (2013.5.23)

しかしながら、タイ側メンバーによる運転を続けていくとすぐに同様の断線が起こり加熱不能となった。また、バルブやコンデンサー、フレアへの配管等に不具合が認められた。

2) 第1次改造 (H25年7月～9月)

改造前半(7月下旬～8月上旬)では、ヒーター部分をマントルヒーターから電気炉へ変更した。放熱の制御、原料の予熱器の導入、還流塔の温度制御およびコンデンサー増設、安全対策などの改造を行った。また、2次処理(水素化処理)装置の予備調整も実施した。後半(8月下旬～9月上旬)では、コンデンサー周りおよび2次処理装置との連携調整のための流路変更を行った。その際、還流塔に損傷がみられ、ガスの漏えいがあったため、該当箇所を修理した。

3) タイ側メンバーによる運転 (H25年9～10月)

第1次改造によって、運転中の温度分布や温度の低下が改善され、建設当初に比べ安定した運転が可能となった。また、還流塔の温度制御によってワックス分の流出は減少したが、還流塔の温度は200℃以下であるにも関わらずワックス分が流出するという現象が起こった。コンデンサー4の設置によって凝縮は改善されたが、依然として一部の凝縮が見られ、湿式ガスメーターが破損したほか、ガス流量が使用範囲を超えていることが分り、ガス流量の測定法の改善が必要となった。

4) 第2次改造 (平成25年12月～26年2月)

分解油の品質向上のための2次処理装置の設置とワックス分の低減のための還流塔の改良、ガス流量計の設置が主な改良点であった。12月の改造は、反政府デモの影響により機材が到着せず一部作業のみとなった。還流塔の改良のため反応器を開けたところ、厚さ数センチの強固なコーキングの層が全体に形成され、ドリル等を用いた除去作業に4日を要した。この現象は、残留油の追い出し不十分による現象の極端な例と思われ、パイロットプラントでも強制追い出しが必要であることが明らかとなった。

2月の改造では、強制追い出し用のバイパスラインを設置したほか、デモの影響で遅れていた還流塔の交換及び2次処理装置の設置と立ち上げを行った。還流塔の制御温度を調節するなど運転条件を見直し、FCC 廃触媒を用いることで、ワックス分が少なく、色が薄く透明度の非常に高い製品をコンデンサー2で得ることに成功した(図4.1.10)。分解油の収率(図4.1.11)から、コンデンサー1の部分反応器へリサイクルすると、製品の収率は60-70%と想定でき、おおむねラボ機と同等の性能が得られていることが明らかとなった。



図4.1.10 パイロットプラントの製品油

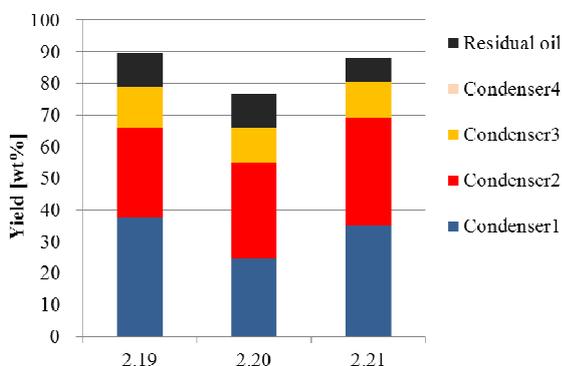


図4.1.11 分解油の収率

2次処理(吸着剤処理)装置の写真を図4.1.12に示す。



図 4.1.12 吸着剤処理装置

5) コーキングとその対策 (平成 26 年 7 月～26 年 9 月)

反応中に反応器内壁の一部および触媒そのものにコーキングが認められた。長期運転を行うと運転が不可能になる可能性があり、内部攪拌の構造および運転方法に改良の必要が生じた。反応器内部に可動式の素子を設け、内壁にコークが蓄積しにくい構造とするとともに、デッドスペースを少なくするよう改良した。これにより、廃食油からの HiBD 製造法の確立にほぼめどが立ったと考えられ、新たな原料としての「EFB 搾り油」からの製造法が確立できた。

⑦ EFB 搾り油からの HiBD 製造とエンジンテスト (平成 26 年 9 月～27 年 1 月)

廃食油に代わる新たな原料としての「EFB 搾り油」からの HiBD 製造を行い、2 次処理まで含めた製品油約 60 L を得た。この油試料を用いて性状分析と最新式コモンレールタイプのディーゼルエンジンによる運転試験を行った。本試験は北九州市立大学環境技術研究所の資金援助を受け、(独)交通安全環境研究所にて実施した。また、国内の廃食油から製造した HiBD 油試料(製造協力 (株)フチガミ、(株)エコ・エナジー、環境エネルギー(株))も同時にテストし、結果の比較を行った。表 4.1.1 に示す。いずれの試料も硫黄分が多いことを除けば、軽油の規格をクリアあるいは製造条件やエンジンの軽微なチューニングにより対応可能であることが示された。

表 4.1.1 燃料性状分析結果

試験項目	単位	HiBD (タイ) (原料: パーム油) EFBデカントオイル	HiBD (日本) (原料: 廃食用油)	(参考) 2号軽油 JIS 規格
密度@15℃	g/cm ³	0.8172 ○	0.8245 ○	0.86 以下
動粘度@30℃	mm ² /s	2.812 ○	1.870 △	2.5 以上
引火点 (タケ密閉法)	℃	49.5 △	47.5 △	50 以上
硫黄分 (紫外蛍光法)	mass ppm	26 ※	34 ※	10 以下
セタン価	-	61.4	55.4	-
セタン指数	-	59.5 ○	46.6 ○	45 以上
流動点	℃	-7.5 ○	-15.0 ○	-7.5 以下
目詰まり点	℃	11 △	-17 ○	-5 以下
10%残留炭素分	-	0.65 △	0.14 △	0.1 以下

○ 規格クリア
△ 蒸留条件、エンジンチューニング等で対処可
※ 改善のための技術開発が必要

表 4.1.2 および図 4.1.13 に、テストに用いたエンジンの概要と写真を示す。

表 4.1.2 エンジンの規格概要

エンジン形式	直列4気筒インタークーラターボディーゼルエンジン
総排気量	2999 cm ³
過給システム	2 段過給
EGR システム	クーールド EGR
燃料供給システム	コモンレール
後処理装置	酸化触媒, DPF
排出ガス規制適合	ポスト新長期排出ガス規制適合
最高出力/回転数	110 kW/2800 rpm
最大トルク/回転数	375 Nm/1400-2800 rpm
アイドル回転数	600 rpm
最高エンジン回転数	3950 rpm

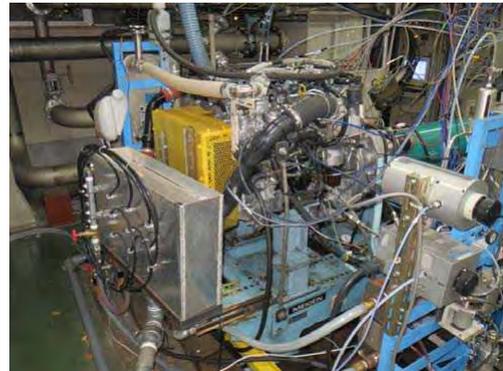


図 4.1.13 テストエンジン

これを用い、JE05 モードでの試験を行った結果、エンジンの運転性能には全く問題がないことが示された。排出ガスや燃費についても特に問題はなく、軽油の結果と同等と評価された。試験結果の例として、図 4.1.14 に CO 排出量を、図 4.1.15 に燃費の比較をそれぞれ示す。

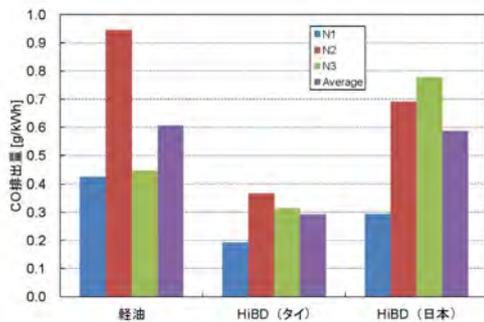


図 4.1.14 CO 排出量

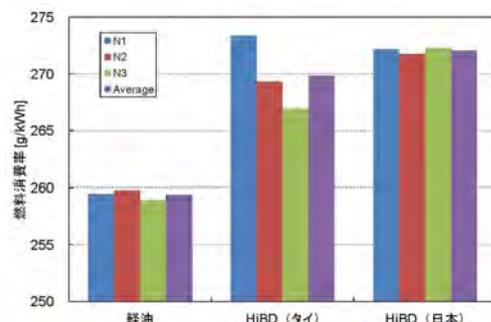


図 4.1.15 燃料消費率

(2) 日本側若手研究員のタイでの活動と今後について
谷、村上両特任研究員は、朝見 PL、藤元 DL の指導のもと、HiBD 製造用ベンチプラント、

パイロットプラントによる技術開発に従事した。多くの業務に対して両名は協力して実施にあたってきた。主に主導的に携わってきた活動を以下に示す。

○谷春樹特任研究員

・ベンチプラント関連

反応装置、分析装置の設置、立ち上げ
ベンチプラント用触媒製造 反応装置での触媒製造法の確立
廃食油による運転 → 触媒性能、生成物解析
ワックストラブル対策 触媒改良 (FCC 廃触媒添加)
操作マニュアルの作成、タイ側研究者への技術指導

・パイロットプラント関連

反応装置、分析装置の設置、立ち上げ
パイロットプラント用触媒製造
廃食油による運転 → 触媒性能、生成物解析 → 触媒・装置改良
ワックストラブル、コーキング対策 装置改良 (還流システム、コーキング防止)
EFB デカント油による運転 → エンジンテスト試料製造
操作マニュアルの作成、タイ側研究者への技術指導

○村上弥生特任研究員

・ベンチプラント関連

廃食油による運転 → 触媒性能、生成物解析
ワックストラブル対策 装置改良 (還流システム)
操作マニュアルの作成、タイ側研究者への技術指導

・パイロットプラント関連

反応装置、分析装置の設置、立ち上げ
パイロットプラント用触媒製造
廃食油による運転 → 触媒性能、生成物解析 → 触媒・装置改良
二次処理装置の設置、立ち上げ
廃食油、EFB デカント油からの HiBD の二次処理 → エンジンテスト試料製造
操作マニュアルの作成、タイ側研究者への技術指導

両名は、PJ 終了後国内の他の公的研究機関あるいは後述の HiBD 研究所において研究開発に従事する予定である。

(3) 研究成果の今後期待される効果

本 HiBD プロセスの特徴は、(1) 単純で比較的穏和な条件下で運転されるため、プラントコストが安価となること (2) 安価で使い捨て可能な触媒の使用により、ほとんど炭化水素より成る高品質なディーゼル油が得られるため、石油系の軽油と任意の割合で混合使用できること (3) FAME 法では全く利用が不可能なダーク油などの高酸価、高水分、高不純物濃度の原料油も容易に処理して、高収率で灯・軽油を与えること等であり、あらゆる種類の油脂含有物質を原料とし得る。HiBD 製造技術開発は、バイオマス資源の有効活用、再生可能エネルギーの製造の面で非常にインパクトの大きいものであり、タイサイドより速やかな実用化研究の実施が求められている。このような品質を有する燃料は、農機具や船舶の燃料、発電など利用法は多岐にわたる。

本 PJ の調査で明らかとなった「EFB 搾り油」は、HiBD の新たな製造原料として非常に有望である。タイのみならず、マレーシアなど近隣の東南アジア諸国で廃棄処理が問題となっている EFB の効果的な利用法であり、これらの国への技術輸出も大いに考えられる。また、HiBD の製造原料としては動物油脂の利用も考えられる。

本技術開発で触媒技術開発、プラント設計、製作、運転など、主導的役割を務めた藤元特任教授と環境エネルギー(株)、(株)野田修護商店が中心となり、(一社) HiBD 研究所を設立した。今後実用化へ向けての核となる組織として、本 PJ のメンバーと連携しながら活動し

ていく予定である。

4. 2 新バイオディーゼル合成実証実施に係る検討・支援（（公財）北九州産業学術推進機構グループ）

(1)研究実施内容及び成果

(1)-1 パイロットプラント発注/製作に関する支援

サラブリサイトへのパイロットプラントの設置、試運転を行った。その結果、設備面での不具合がいくつか見つかかり、急きょ手直しを行った後、タイ側への設備の引き渡しを完了した。その後の実証運転の中でも設備面の不具合（反応温度の維持、凝縮系の温度制御等）が発生し、都度手直しを実施することで、本格的な実証運転が可能な状況まで改善できた。今後、実証試験によるデータ採取を行うとともに、生成油の燃料油としての評価も実施していく予定である。

(1)-2 知的財産管理業務

①知的財産戦略の策定

バイオディーゼル燃料の製造法について、競合他社の先行技術及び特許調査を実施した上で、本技術における特許戦略を策定し、それに基づき特許出願及び権利化を図った。

具体的には、触媒を用いた接触分解法に関する他社の出願動向を国内の公開公報特許を中心に調査し、同技術関連特許のマクロ動向を分析した上で、特に製造方法に近い特許に関しては、詳細技術につき本技術との強み・弱み分析を行った。

これをもとに特許マップを作成し、本技術の特許網構築の方向性を確認した。

②国内出願中特許の成立

SATREPS 実施以前の技術であるが、HiBD に関する基本特許として出願中の特許

i) 「油脂の接触分解方法」(特願 2008-86034 号)

ii) 「バイオディーゼル燃料の製造方法及びその製造装置、その方法に用いる油脂脱炭酸分解触媒」(特願 2010-535661 号)

について、i) が平成 25 年 4 月 5 日、ii) が平成 25 年 9 月 6 日に登録となった。これにより、HiBD の製造技術に関する中心的な権利が保護されることになる。

また、上記 ii) を基礎とする PCT 出願に関して、韓国で平成 26 年 4 月に、中国で平成 27 年 1 月に登録となった。

③新規特許出願

接触分解触媒に脱炭酸触媒と水素化触媒を担持した技術について、「バイオマスの接触分解方法及びそれに用いる脱炭酸・水素化接触分解触媒」(特願 2011-173363 号) を平成 23 年 8 月 8 日に出願した。

また、上記①の知的財産戦略に基づき、②- ii) の特許について、使用する触媒の範囲を拡大した特許

「バイオディーゼル燃料の製造方法及びその製造装置、その方法に用いる油脂脱炭酸分解触媒」(特願 2013-149190 号)

を、平成 25 年 7 月 18 日に分割出願した。

これにより、HiBD が用いる触媒について、更に広い権利範囲の保護を進めることになる。

さらに、HiBD の事業化に必須となる生成油の品質向上に関し、新たに得られた知見の権利化に向け、「炭化水素油の精製方法」(特願 2014-207519 号)

を、平成 26 年 10 月 8 日に出願した。

④海外出願特許の権利化推進

上記②- ii) 特許の PCT 出願に関して、中国及び韓国の拒絶理由通知に対応

し、権利化の推進を図った。その結果、韓国で平成26年4月に登録となった。
更に、新たな触媒を用いた特許である

「接触分解触媒及びその製造方法並びにそれを用いて得られたバイオディーゼル燃料」(PCT/J P 2012/079001)

に関し、平成26年5月にマレーシア、インドネシア、タイに移行した。

⑤HiBDの技術移転活動の実施

HiBDの事業化を促進するため、平成24年度及び平成26年度に本技術を紹介するセミナーを開催したほか、各種の展示会に出展し、本技術のPRを積極的に実施した。

その結果、これまでに18社とNDAを締結したほか、国内1社に対し通常実施権許諾契約を締結している。

(2)研究成果の今後期待される効果

現在、国内においては従来型のバイオディーゼル燃料製造法が一定程度普及しているが、廃食用油の回収方法や製造コスト、副生物であるグリセリンの処分や燃料噴射装置内での詰まりなど多くの課題を有しており、大規模な商業化には至っていない。

また、EUを始めとする諸外国では、バイオディーゼル燃料の使用義務付け等の政策により普及は進んでいるが、日本国内においては未だバイオディーゼル燃料の使用は一般的に行われていない。

このため、本研究の成果に関しては、まずタイをはじめとするアジア各国において、実用化を促進するとともに、今後の国内でのエネルギー政策を注視しながら国内での普及を目指す。

また、接触分解法によるバイオディーゼル燃料の製造を目指す企業も数社あるため、この様な競合他社に対し、知的財産面から本技術の保護を図っていく。

4. 3 廃食用油を中心とする油脂の収集システムの調査及び検討 ((公財)北九州国際技術協力協会 KITA環境協力センターグループ、H26年度～北九州市立大学)

(1)研究実施内容及び成果

1. タイにおけるエネルギー政策

タイ国はバイオ燃料の生産と使用に関し、アジアの先駆者である。つまり、インド、中国、インドネシア、マレーシア²⁾と並んで、アジアにおけるバイオ燃料の主要生産国である。記録によると最初のバイオ燃料の研究は Chittalada Dardens における王立プロジェクトによって1985年、開始された³⁾。

タイ国はタピオカ、コメの最大の輸出国であるとともに、砂糖に関しても世界第二位の輸出国であるので、農産物を原料にするバイオ燃料の潜在製造能力がある。更に、タイ国の国民総生産に対するエネルギー消費率は1980年代以後着実に増加しており、比率は1.4:1である。この数字の意味はGDPの成長に伴って、エネルギーの消費量が毎年1.4%増加する事を意味している⁴⁾。

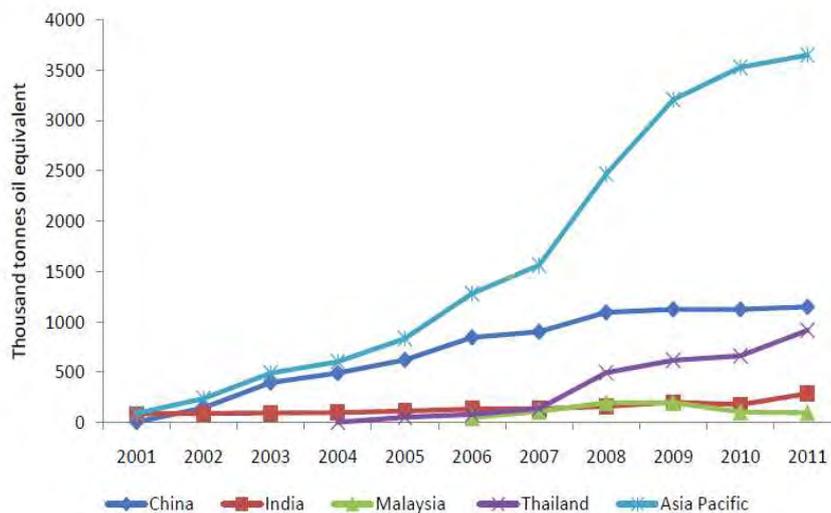
エネルギーを消費する主な分野は輸送部門が37%、工業部門が36%である。過去10年間、タイ国はGDPの10%に相当する金額を支出して原油を輸入した。原油使用量の内72%はディーゼル油であり、主に、大・中型トラック、ディーゼル機関車および農業機械に使用されている⁵⁾。

原油価格は大きく変動するので、エネルギー確保を多元化する意味でバイオ燃料を活用する事はエネルギー安全保障の観点からも意味がある。

このように、原油依存を減らし、農産物の有効活用を増やすという観点から、タイ

国はバイオ燃料利用を推進している。

タイ国におけるバイオ燃料の生産は2005年から2010年の5年間で10倍に増加した。また、アジア太平洋地域におけるシェアは2005年の6%から2010年の19%にまで上昇した⁶⁾。



Kumar, S., et al. (2013) による

図 4.3.1 タイ及び東南アジア諸国のバイオ燃料生産量

²⁾ Kumar S., Abdul Salam P., Shrestha P., and Kofi Ackom E. (2013): An Assessment of Thailand's Biofuel Development, Sustainability, 5, 1577-1597

³⁾ Morgera E., Kulovesi K., and Gobena A. (2009): Case studies on bioenergy policy and law: options for sustainability, FAO, Rome

⁴⁾ Morgera E., Kulovesi K., and Gobena A. (2009): Case studies on bioenergy policy and law: options for sustainability, FAO, Rome

⁵⁾ DEDE (2007): Thailand Energy Situation 2006, Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Thailand

⁶⁾ BP Statistic Review (2012): Review of World Energy, British Petroleum Company, London, UK

1.1 代替エネルギー開発計画

2009年2月、タイ国は代替エネルギー開発計画(AEDP)(2008-2022)を採択した。計画は15年計画であり、2022年までに国の総エネルギー需要量の20%を代替エネルギーで賄う計画になっている。その内のバイオ燃料の比率は4.1%と計画されている。2011年、政府は15年計画を一部修正した。

直近の10年計画(2012-2022年)では再生可能・代替エネルギーの割合を現状の20%から2021年時点で25%に増加する計画にした。

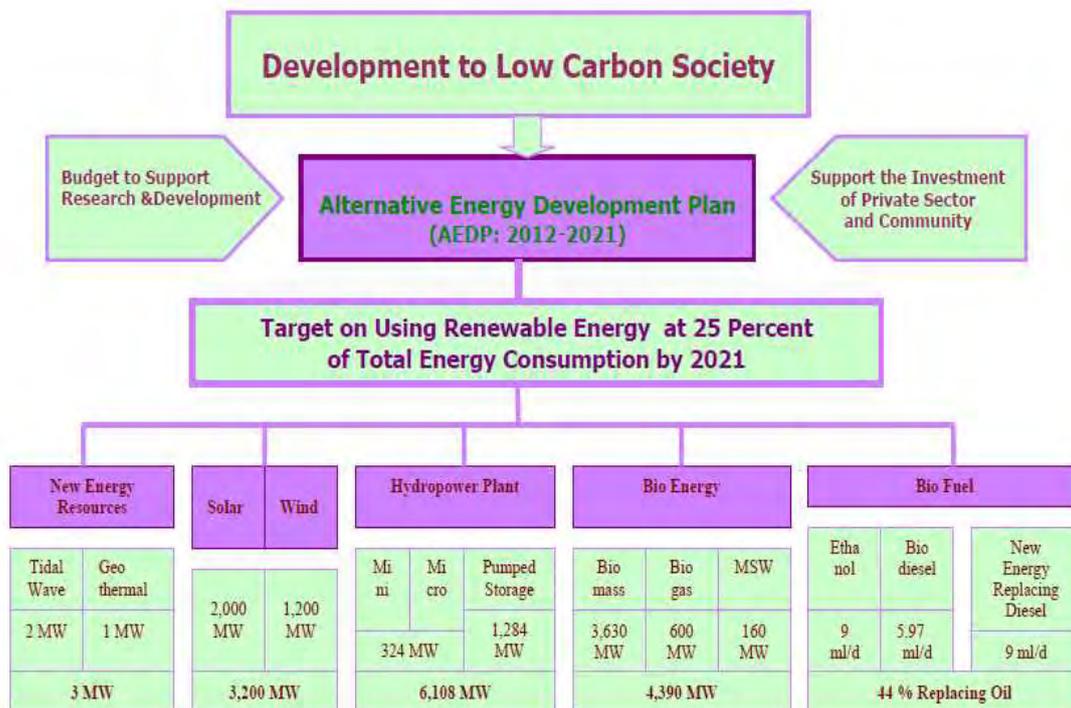


図 4.3.2 タイにおける代替エネルギー開発プラン（2008－2022）

引用：DEDEAEDP http://www.dede.go.th/dede/images/stories/dede_aedp_2012_2021.pdf

(2014年1月12日 アクセス)

新規計画には次の項目が含まれる：

- ① 輸入原油に代わる代替エネルギーの活用を推進する。
- ② エネルギー完全保障を確立する。
- ③ 地域社会にグリーン・エネルギーの活用を推進する。
- ④ 代替エネルギー製造産業の育成を図る。
- ⑤ 代替エネルギー原料の研究開発を推進する。

この計画は次の3段階で実施される。

- ・短期計画(2008-2011)： バイオ燃料、バイオマス、バイオガス等の原料から実用可能な代替エネルギーを製造する技術開発に焦点を当てる。
- ・中期計画（2012-2016）： 代替エネルギー産業の育成。経済的に実行可能な代替エネルギー製造技術の開発支援。持続可能な社会構築に向けたグリーン・シティ構想モデルの導入。
- ・長期計画（2017-2022）： 新代替エネルギーの活用法の向上。水素、水素化バイオディーゼル油等を活用し、タイ国内及び ASEAN 諸国にグリーン・シティ構想を広げる。
- ・AEDP の指導でエタノール開発計画がスタートした。これによると、バイオエタノールの生産目標は：

3.0 百万 L/日(2011 年まで)、6.2 百万 L/日(2016 年まで)、9.0 百万 L/日(2022 年まで)。

・同様に、バイオディーゼル油開発計画の生産目標は：

3.0 百万 L/日(2011 年まで)、3.6 百万 L/日(2016 年まで)、4.5 百万 L/日(2022 年まで)。

バイオディーゼル油開発計画を図 4.3.3 に示す。

Biodiesel Development Plan: 2008-2022

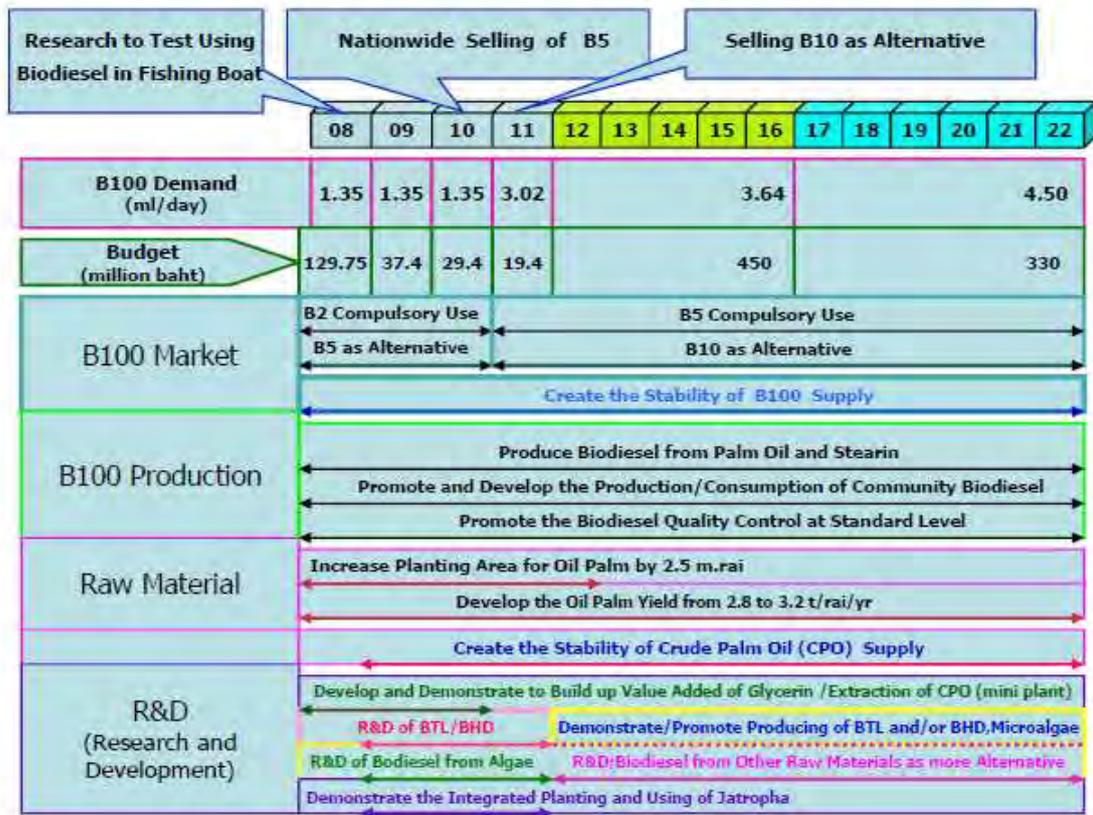


図 4.3.3 タイにおけるバイオディーゼル油開発計画 (2008-2022)

*BTL: Biomass To Liquid, BHD: Bio Hydrogenated Diesel

Source: Adopted from:

http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/upload/pictures_eng/pdf/Biodiesel_Development.pdf

(2014年1月12日アクセス)

1.2 バイオディーゼル油開発計画

2005年以後、タイ国は化石燃料の依存率を下げるため、バイオディーゼル油生産推進運動を展開した。政府によるバイオディーゼル油開発15ヶ年計画(2008-2022年)の採択を受け、2008年までバイオディーゼル油の生産は増加した。新10ヶ年計画(2012-2022年)でバイオディーゼル油開発計画が見直され、バイオディーゼル油の生産消費の目標を4.5百万L/日から2022年までに5.97百万L/日に変更した。

この政策変更により、B2(ディーゼル油に2wt%のバイオディーゼル油を混合)が義務付けられた。また、2008年にはB5バイオディーゼル油の使用も任意で行えるようになった。計画ではB5の使用義務が2011年に開始され、B10の任意使用も可能になった。

1.2.1 生産

タイ国におけるバイオディーゼル油の生産は2種類に分類される。つまり、①商業ベースで操業されているプラント、②地域密着型(コミュニティ型)で操業されているプラントである。前者は自動車用燃料を生産している。表4.3.1にタイ国における商業規模のバイオディーゼル油プラントを示す。

これらのプラントでは廃食用油あるいはオイルパーム(Oil Palm)、ココナッツ(Coconut)、

大豆(Soybean)、ハマビシ (Ground nut)、ゴマ (Sesame)、ひまわり(Sunflower)、ヤトロファ (Jatropha)、とうごま(Castor) 等から抽出した油を原料にしてバイオディーゼル油を製造している。

表 4.3.1 タイのバイオディーゼル油製造プラント一覧

プラント名	原料	生産能力 (L/日)	2009年の平均生産実績 (L/日)
1. Bangchak Petroleum Public Co. Ltd.	UCO, CPO	50,000	2,967
2. Bio Energy Plus	ST, RBDPO	100,000	-
3. Patum Vegetable Oil Co. Ltd.	CPO, RBDPO	1,400,000	576,989
4. Green Power Corporation	ST	200,000	90,203
5. AI Energy	ST, CPO, RBDPO	250,000	41,173
6. Weera Suwan Co. Ltd.	ST, RBDPO	200,000	11,185
7. Thai Oleochemical Co. Ltd	CPO	685,000	307,000
8. New Biodiesel	RBDPO	220,000	93,162
9. Pure Biodiesel	CPO, ST	300,000	111,787
10. Siam Gulf Petro Chemical	ST	1,200,000	-
11. Bangchak Biofuel	CPO, ST	300,000	-
12. Bio Energy Plus 2	ST, RBDPO	250,000	-
総生産能力		5,155,800	

引用資料：DEDE, Thailand (As of 2013)

略号：UCO: Used Cooking Oil, CPO: Crude Palm Oil, ST: Stearin, RBDPO: Refined Bleached Deodorized Palm Oil

http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biodiesel%20Demand%20and%20Supply%20Outlook_Bangkok_Thailand_5-26-2010.pdf

最近、タイ国には 12 の商業プラントがある。合計の生産能力は 5,155,800 L/日である。これらのプラントは認可をもらって操業している。その品質は DOEB(Department of Energy Business)からの要求に応じ、Fatty Acid Methyl Ester Biodiesel (B.E.2552)(2009) に適合した品質でなければならない

上記 DOEB の品質を満足しないバイオディーゼル油を貯蔵・販売した場合、1 年未満の懲役か 100,000 バーツ (Baht) 未満罰金又はその両方の科料が課せられる。

タイ国で Biodiesel Development and Promotion Strategy (2005)が開始された当初、主な原料はパーム油であった。表で分かるように、バイオディーゼル油製造の原料として UCO(Used Cooking Oil)(廃食油)を使用しているのは 1 工場しかない。今回の面談により、UCO の価格が高くなり、経済的に原料として適していないことが分かった。

(a) The Bangkok Petroleum Public Co. Ltd

同社は 50,000 L/日の生産能力がある。このプラントはバンコクで初めて 2007 年に操業を開始した。

原料の UCO は家庭や商業施設から収集した。この会社の 12 の施設では 13-15 Baht/L で UCO を購入している。一方、一般家庭は訪問してくる業者に UCO を 5-7 Baht/L 売ることができる。責任者によると、UCO の価格は益々上昇しており、20 Baht/L で買う業者もいる。従って、経済合理性は全くなくなったが、会社は社会的責任 (CSR) として操業を続けている。

パイロットプラントには 2 つの反応器があるが、実際の生産量は能力の 25%以下である。副生物のグリセリンは化粧品原料用として販売できる。

(b) The UBG-Buckthai Industry Co. Ltd, Bangkok

同社は最大で最も古い会社の一つである。この会社はバンコクで UCO ビジネスに関

わっている。

この会社は 30-40 年の実績を持つ。業者が家庭、商業施設で UCO を収集し、プラントに持ち込む。この会社のオーナーによると事業を始めた当初、UCO は全く価値のないものであったので、当時、彼らは無料で UCO を収集できた。しかし、最近では価格が高騰し、10-15 Baht/L になった。このプラントでは毎日 20 トンの UCO を受入れている。この会社では UCO を精製し、食用として国内外へ販売している。最近では韓国が得意先になった（80%以上の製品が韓国向けである）。彼の悩みは原料の UCO 不足で、政府の優遇策を期待している。

UCO が不足しているため、CPO がバイオディーゼル油の原料として注目されている。パーム油は原料としての競争力が高い。その理由はエネルギー収支比(net energy ratio)（産出エネルギー/投入エネルギー）が高く、かつ生産コストが低いためである。最近では大豆、ハマビシ、とうごま、ゴマ、ひまわり、ヤトロファ等の植物を原料にする事も考えられている。

オイルパームのエネルギー収支比は約 3.92 で最大である。また、ココナツは二番目に生産量が多く、エネルギー収支比も 3.85 と大きい。大豆、ピーナツ、ひまわり等のエネルギー収支比はほぼ同じ範囲にあり、3.2-3.6、トウゴマ、ゴマのエネルギー収支比は小さく、1.99-1.51 である。

以上の状況から、タイ国ではバイオディーゼル油製造の原料としてパーム油の使用を推進している。世界のパーム油生産の内、タイ国の割合は 2006 年において 3.7%と少ない。生産量はマレーシアが 1 位、インドネシアが 2 位でタイの 10 倍以上である。増加する需要に応えるため、農業協同省は植林を計画し、400,000 ヘクタール(ha)の土地を主に、北部及び北東部に展開した。

国家パーム油開発計画(National palm oil Development Plan (2008-2022))によると、2012 年までに 1ha 当たりのパーム油の生産量を現在の 19 トンから 22 トンに増やすこと、パーム油の収量を現在の 17%から 18.5%に増加させることを目標にしている。農業協同省によるとパーム油の生産量を促進するためには、更に 800,000 ha (5 百ライ (rai)) の土地が必要である。

エネルギー省代替エネルギー開発エネルギー効率化局 (The Department of Alternative Energy Development and Efficiency) によると、タイ国内に 640,000 ha (4 百万 rai) と近隣諸国 (カンボジア、ラオス、ミャンマー) から 160,000 ha (1 百万 rai)を借地する計画を持っている。しかし、この計画が環境に及ぼす影響を検証しなければならない。環境を考慮しないタイ国のオイルパーム植林拡大計画は周辺諸国から批判されている。

エタノール (現状は需要量より供給量が多い) の場合と異なり、通常のディーゼル油を B2 バイオディーゼル油に置き換えるには十分な生産能力が国内にない。

生産性に関し、政府はパーム油の生産性を 2.7 トン/rai/年から 3.3 トン/rai/年に、ヤトロファ油の生産性を 0.4 トン/rai/年から 1.2 トン/rai/年に増加させる計画を持っている。ヤトロファは北部及び東北部に主に植林されている。ヤトロファの実には毒があるため家畜の被害がなく、成長が早い。また、干ばつにも強い。更に、ヤトロファのエネルギー比は 3.74 と高いので、エネルギーを確保する植物としては適している。しかし、まだ商業的に植林されるまでに至っていないので、ヤトロファ由来の油の生産量はまだ非常に少ない。また、搾油コストが高いため、普及が進んでいない。東南アジア諸国は収量を増加させる努力をしている。その一環として、政府は補助作物としてヤトロファを栽培し、種子をバイオディーゼル油の原料として販売する政策を立案している⁷⁾。

7) Suksri P, Moriizumi Y, Hondo H, and Wake Y (2008) An Introduction of Biodiesel to Thai Economy- Community Biodiesel and Oil Palm Biodiesel Complex

1.2.2 バイオディーゼル油開発促進政策

タイ国はバイオディーゼル油の使用、原料植物の生産を促進する色々な政策と手段を導入している。概要は次の通り。

- ・バイオディーゼル油への政府の刺激策

エネルギー省 (MOE)、農業銀行及び農業協同組合はオイルパーム生産農家へ投資資金として 70 億 Baht (2 億 4 百万 USD) の資金を準備した。それ以外に 12 億 Baht (34 百万 USD) を商業規模のバイオディーゼル油製造設備資金としてエネルギー省 (MOE) が設定した。

- ・研究開発

エネルギー政策計画室 (the Energy Policy Planning Office) によると、MOE は他の省と協働でいろいろな観点からバイオディーゼル油の研究開発を行う計画を持っている。研究の主題は“植物油および動物油脂からのバイオディーゼル油の生産と使用法の研究”、“地域密着型バイオディーゼル油パイロットプラントの設計と設置”等である。更に、MOE はチェンマイでバイオディーゼル油生産と乗用車での活用の研究を支援している。このバイオディーゼル油生産の実証プロジェクトはアジアで初めての例である。

- ・地域密着型バイオディーゼル油の生産

非営利のバイオディーゼル油の開発がタイの地域社会で進められている。2006 年、タイ国政府は 1 億 Baht (280 万 USD) の予算措置をし、72 地域を対象に、地域密着型バイオディーゼル油生産計画を立ち上げた。この計画の目的は廃食用油等から製造したバイオディーゼル油を通常のディーゼル油代替として使用する事により地域からの支出を減らすことを意図していた。このプロジェクトのもう一つの目的は共同でのバイオディーゼル油製造・供給を通して地域を自覚させ、エネルギー供給面で自立を促すことであった。更に、この政策には地域密着型バイオディーゼル油製造と利用を啓蒙する目的もあった。

第二段階では地域の数が 400 箇所に拡大し、追加予算は 1 億 5500 万 Baht (430 万 USD) で、油の搾油機と加工機に当てられた。

- ・パーム油の輸入

2008 年 1 月、廃食用油及びバイオディーゼル油用のパーム油が突然不足する事態になった。そのため、MOE は商務省 (MOC) に対し、例外的にパーム油の輸入量を増やすよう要請した。粗パーム油の輸出入は燃料取引法 (Fuel Trade Act (2000)) により厳しく制限されている。世界貿易機関 (World Trade Organization) によると、タイ国はパーム油の輸入に関して低関税率割当国である。

- ・情報の流布

バイオディーゼル油の使用、地域密着型バイオディーゼル油プロジェクトは色々なメディア、例えば政府機関がスポンサーとなってテレビ、ラジオを通して宣伝されている。

2. バイオディーゼル油生産の課題

タイ国はあらゆる政策、計画、戦略を総動員してバイオディーゼル油の生産・利用を促進しようとしている。つまり、意欲的な短期、中期、長期目標が立案され、各種の刺激策が執行されると共に、各種の財政援助あるいは非財政援助がバイオディーゼル油の生産、消費に対して行われている。

各地域社会内で消費するエネルギーは地域内で生産すべきであるという考え方に基づき、地域密着型バイオディーゼル油生産のパイロットプラントが建設されている。

しかし、タイ国ではバイオディーゼル油の生産、原料の開発にもう少しの時間と努力が必要である。つまり、バイオディーゼル油市場への進出と原料確保に時間がかかる見込みである。

以下はバイオディーゼル推進、生産、利用面での現状の集約である。

・現在国内で貯蔵されている純バイオディーゼル油（B100）量では2008年2月1日までに必須条件であった全国レベルでB2を製造するには量不足である。（内閣がパーム油30,000トンの輸入を許可したにも拘わらず）

・2006年から2008年の間に発表されたMOEの見解では、工業向け、地域向けバイオディーゼル油の規格が確定された。また、この規格は内閣により承認されている。

・政府はバイオディーゼルの促進、生産、使用に関し、下記の問題点があることを認識している。

➤ 粗パーム油の価格上昇

➤ バイオディーゼル油の生産に見合う原料パーム油不足

➤ バイオディーゼル油生産時の原料性状の不均一性

・このため、タイ政府はエネルギー政策と開発計画の中で、バイオディーゼル油生産に関連する諸課題を解決するため、次の対策を推進している。

バイオディーゼル油に関する各種政策を担当する各省庁が統合した考え方で、引き続き実行するために：

➤ MOEはMOC、MOAと協働しバイオディーゼル油の生産に必要な原料の購買や管理メカニズムを確立する。

➤ MOEは農業銀行や農業協同組合と共同でパーム油の生産拡大を促進するため、農家への融資を加速する。

➤ MOEはバイオディーゼル油の品質を保証するため、厳しい品質基準を設定し、販売前に品質試験を行う。

バイオディーゼル油技術の開発に加え、研究開発、実証、原料の多様化への更なる投資が必要である。

3. 新たな原料の可能性 -EFB搾り油-

3.1 EFB搾り油とは



空果房（Empty Fruit Bunch, EFB）

EFB搾り油とは、EFBの茎と繊維質にある残留油を抽出したもので、FFB含有油の重量換算で、大よそ2~3%程度のEFB搾り油が搾取できる。CPOとEFB搾り油とで1つのFruit Bunchから採取できる量は、CPO:EFB比10:1の割合という。油を搾り取られた後の残りかすは、発電、肥料に使用される。

最初的水分を含んだ状態のEFB搾り油を、“Sludge Oil”と呼ぶ。このSludge Oilは、水

分、不純物、リン脂質、ガム質を多く含んでいるため、遠心分離機で油分を取り出す必要がある。取り出した油を“Decanted Oil”と呼ぶ。パーム栽培地として有名なスラタニにある Southern Palm (1978) CO., LTD には毎日 900 トンの FFB が運ばれ、30 トン/日の Decanted Oil が生産されている。ここで生産された Decanted Oil の多くは、現在マレーシアに輸出し、工業用石鹸などに使用されている。

<参考>EFB 搾り油に関する調査実績

- *2013年12月6日 スラタニ県 The Southern Palm (1978) Co., Ltd.訪問
(パームオイル製造工程の確認)
- *2014年5月14日 チュラロンコン大学にて The Southern Palm(1978) Co., Ltd. Thanarak 社長らと面会 (EFB 搾り油に関する初めての会合)
- *2014年7月7日 チュラロンコン大学にて The Southern Palm(1978) Co., Ltd. Thanarak 社長らと面会 (EFB 搾り油の有効利用の提案)
- *2014年9月5日 スラタニ県 The Southern Palm (1978) Co., Ltd.訪問
(EFB 搾り油の製造工程確認)
- *2014年12月3日 スラタニ県 The Southern Palm (1978) Co., Ltd.訪問
(EFB 搾り油の LCA データ収集)
- *2015年1月21日 サラブリサイトにて The Southern Palm (1978) Co., Ltd.と会議
(EFB 搾り油のパイロットプラント検討)
- *2015年2月26日 チュラロンコン大学にて The Southern Palm(1978) Co., Ltd. Thanarak 社長らと面会 (EFB 搾り油の LCA 解析報告、実証プラント製造の検討)

3.2 HiBD 原料としての EFB 搾り油

本研究の原料として、当初は主に廃食油を想定していたが、これまでの調査結果から、タイにおける廃食油の安定的確保が困難であること、また、経済性に乏しいことが明らかとなった。中小業者を通じてバンコクでの収集ルートがある程度出来上がっていることは認識していたが、本調査により、国内全体にそのシステムが広がっていることが判明した。

一方、タイではパームが増産されるにつれ多量の EFB が排出され、2 百万トン以上あると言われている。60%を超える水分の事前除去、裁断の必要性、ボイラー燃焼時のカリウム対策、臭気、輸送コストなどが課題となり、EFB を利用した発電事業の経済性は低いとされ、ほとんど有効利用されていない。EFB に含まれる油 (Sludge Oil) は、パーム全体の 0.5%に上るため、この再生可能エネルギーの効果的な利用が強く望まれている。

このような状況を踏まえ、本研究の原料にパーム Sludge Oil や、遠心分離して不純物を取り除いた Decanted Oil を加え、HiBD 油を製造して性状分析する方針を固めた。原料の EFB はパーム油の搾油工場で大量に排出されるため、あらためて収集システムを構築する必要はない。また、タイの政府機関等へもこれを用いる HiBD 製造の優位性をうったえ、エネルギー政策に取り入れてもらえるよう働きかけを行っている。今後、民間のパーム油製造会社との連携に発展する可能性がある。

4. 4 新バイオディーゼル合成法の LCA 解析 (日本工業大学グループ)

(1)研究実施内容及び成果

①EFB 搾り油

EFB 搾り油については、2014年12月3日に訪問した Natura One 社 (Southern Palm Oil のグループ会社) からプラント見学と製造プロセスの説明を受けた。また、その後同社の担当者からマスバランス、エネルギー消費、製造コストに関する資料及びデータの提供を受

け、EFB 搾り油に関して提供されたデータをもとに LCA レポートに掲載するとともに、LCA とコスト解析に反映した。

通常、EFB 搾り油の原料であるスラッジ油は大量の水を含むため、廃水として適正処理されるか、高度な精製過程を経て原料化されている。一方 HiBD の原料油となる Decanted Oil は、このスラッジ油に対してシンプルな遠心分離を行うだけで原料油として使用することができ、環境側面とコストの両面においてリーズナブルであることを確認している。

②HiBD の LCA

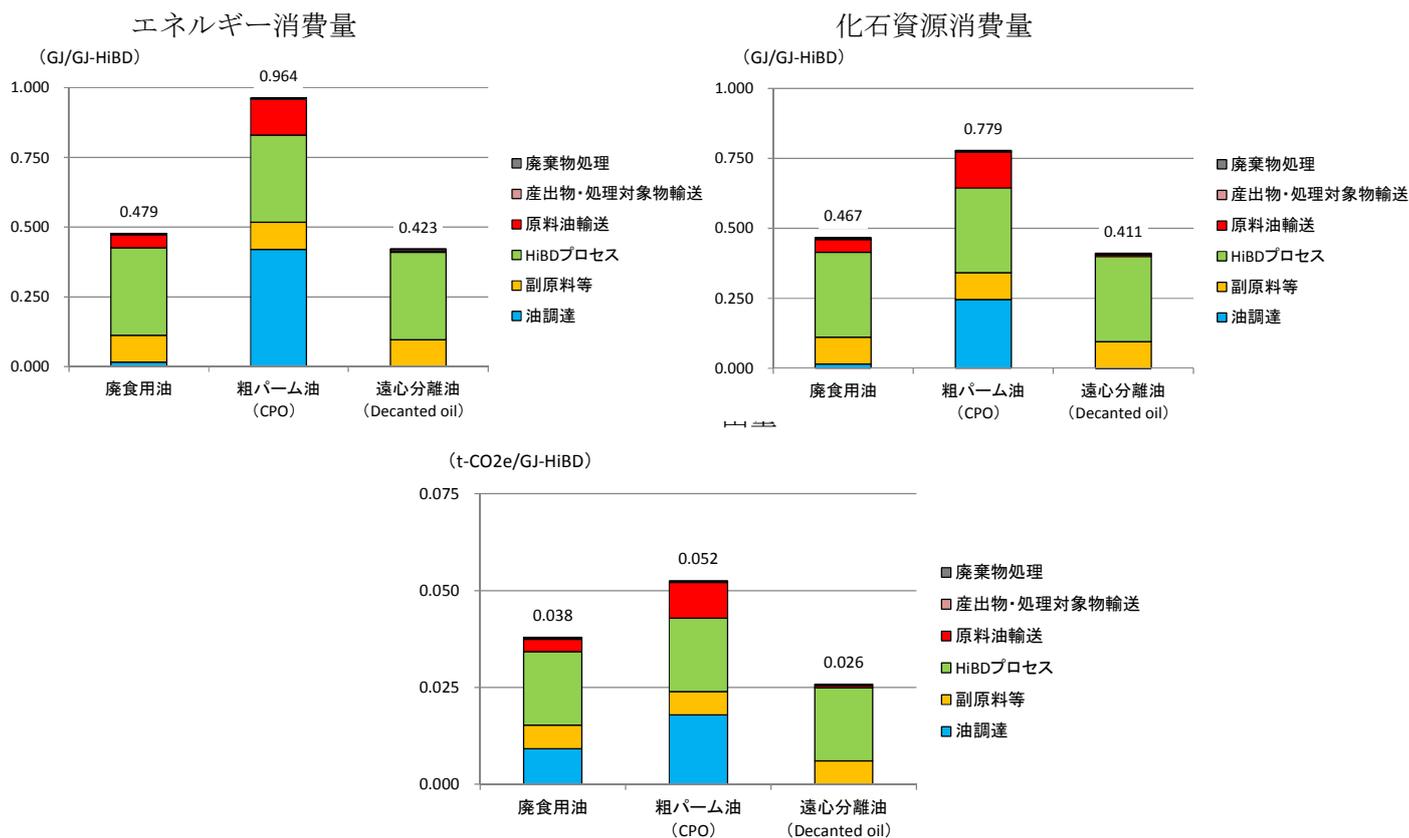
実証プラントの実稼働に基づき、エネルギー消費量、化石資源消費量、GHG 排出量のライフサイクルインベントリ (LCI) 分析を実施した。また、商用プラントの想定条件をパイロットプラントの消費電力 (3,000kWh/l-oil) の 1 / 3 として LCI 分析を実施した。

原料油の調達段階に関して、廃食用油の精製プロセス、遠心分離油の製造プロセス、CPO 製造会社へのヒヤリング調査とデータ収集調査を行い LCI 分析に反映した。

HiBD 生成時に発生する副生ガスの有効利用についても、熱回収と電力回収の可能性を熱効率・発電効率等を考慮して LCI 分析に反映した。

表 4.4.1 HiBD の LCI 分析結果

評価項目	原料油	実証プラント yield 69.3% (Result)	商用プラント yield 50% (Bad)	商用プラント yield 70% (Average)	商用プラント yield 75% (Better)	商用プラント yield 80% (Best)	
エネルギー消費量 (GJ/GJ-HiBD)	廃食用油	1.516	0.668	0.479	0.447	0.419	
	粗パーム油	2.007	1.348	0.964	0.900	0.844	
	遠心分離油	実態	1.459	0.590	0.423	0.395	0.370
		一般	1.757	1.002	0.717	0.669	0.628
化石資源消費量 (GJ/GJ-HiBD)	廃食用油	1.478	0.652	0.467	0.436	0.409	
	粗パーム油	1.793	1.088	0.779	0.727	0.682	
	遠心分離油	実態	1.422	0.574	0.411	0.384	0.360
		一般	1.719	0.986	0.705	0.658	0.618
GHG排出量 (t-CO2e/GJ-HiBD)	廃食用油	0.101	0.053	0.038	0.035	0.033	
	粗パーム油	0.116	0.073	0.052	0.049	0.046	
	遠心分離油	実態	0.089	0.036	0.026	0.024	0.023
		一般	0.111	0.066	0.047	0.044	0.041



(商用プラント収率 70%、原料調達から HiBD 製造まで)
 図 4.4.1 HiBD1GJ 製造する際のエネルギー消費量、化石資源消費量、GHG 排出量

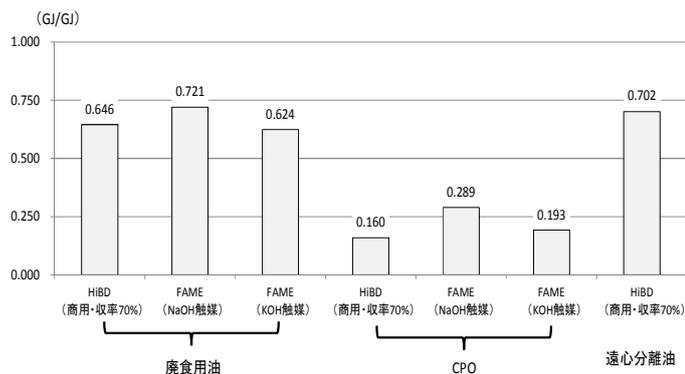
③軽油・FAME との比較

HiBD の LCI 分析結果を元に、エネルギー消費量、化石資源消費量、GHG 排出量について軽油及び FAME との比較を行い、軽油に対する HiBD と FAME のエネルギー削減量、化石資源削減量、GHG 削減量を算出した。

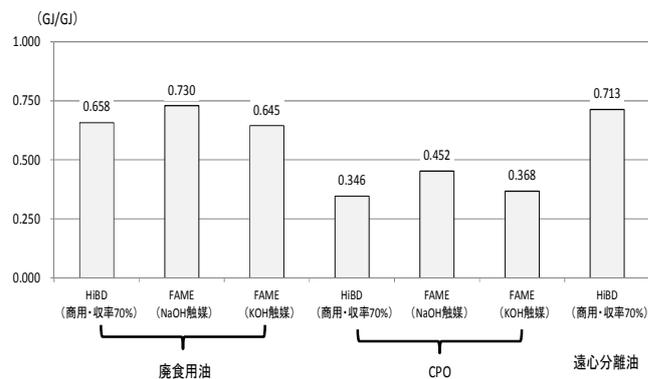
HiBD と FAME の各削減効果はそれほど大きな違いがないことがわかった。

HiBD における軽油に対する各削減効果は、廃食用油と CPO では廃食用油の各削減効果の方が大きく、さらに遠心分離油の方が大きい。

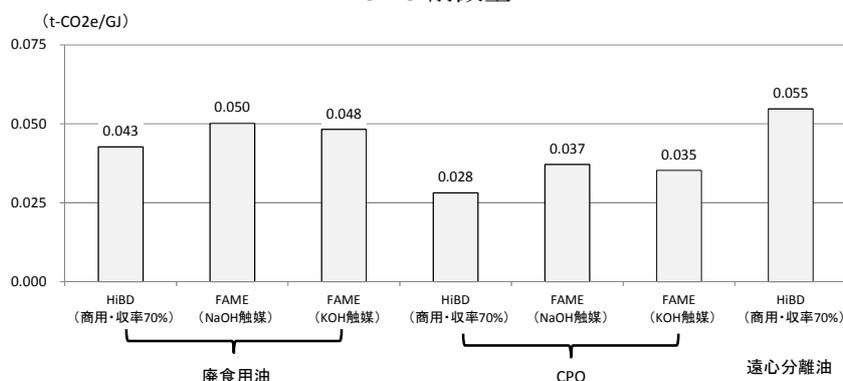
エネルギー削減量



化石資源削減量



GHG 削減量



(商用プラント収率 70%、原料調達から HiBD 製造まで)

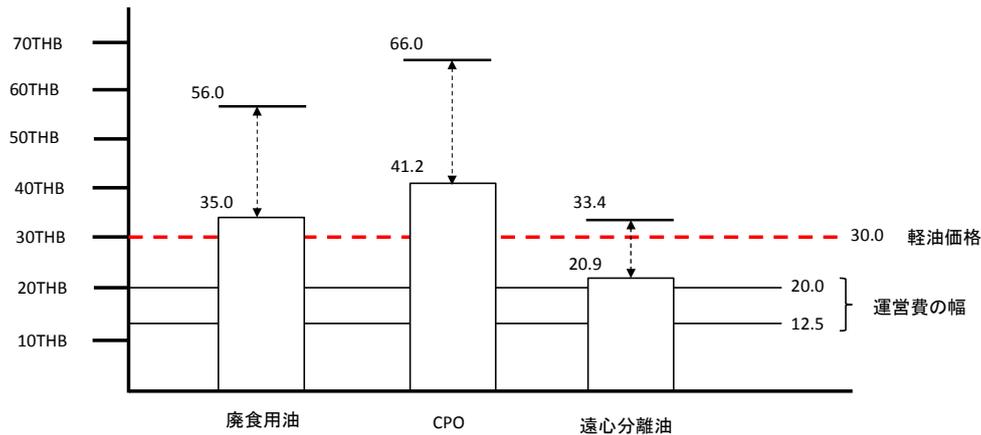
図 4.4.2 軽油に対する HiBD・FAME のエネルギー削減量、化石資源削減量、GHG 削減量

④コスト分析

原料油処理能力 10,000ℓ/年、年間 300 日稼働、要員 35 名を想定した見積をもとに、年間コストを積算して HiBD 生成見込み量で割り返して推定したところ、運営費は 12.5～20.0THB/ℓ-HiBD となった。

運営費を含めた HiBD のコストは、廃食用油を原料とした場合に HiBD1ℓあたり 35.0～56.0THB、CPO は 41.2～66.0THB、遠心分離油は 20.9～33.4THB という推算結果を得た。

軽油の小売価格は 30THB/ℓ、FAME も一般的には 30THB/ℓ であり、遠心分離油を原料とした場合は、廃食用油や CPO を原料とするよりもコストを抑えることができ、HiBD のトータルコストを 30THB/ℓ 以下に抑えることが可能であり、軽油や FAME との競争力を得られることがわかった。



(生成された HiBD の輸送コストを含む)
 図 4.4.3 HiBD コスト解析結果と軽油価格

⑤ CDM 検討

HiBD (遠心分離油、商用プラント収率 70%) の GHG 排出量は 0.0258t-CO₂e/GJ、バイオディーゼル普及率 7% (軽油 93%、FAME 等 7%) における GHG 排出量は 0.0769t-CO₂e/GJ であることから、HiBD の GHG 削減量は 0.0510 t-CO₂e/GJ である。GHG 削減の販売額を 1t-CO₂e あたり 1,500 円としたケースをみると、遠心分離油を原料とした場合の総販売金額は 1 年間 (10,000 トン処理) で 1843 万円に相当する。

(2) 研究成果の今後期待される効果

全世界で収穫されるパーム (Fresh Fruit Bunch) は 2 億 7 千万トン (2013, 国際連合食糧農業機関 FAO) であり、タイは 5%、マレーシア 36%、インドネシア 45%、合計で 86% を占めている。タイの搾油事業者からのヒヤリングによれば、Empty Fruit Bunch (EFB) 搾り油の原料となる残存油 (スラッジ油) は FFB の 0.5% 存在し、このスラッジ油の世界における潜在量は 135 万トンにのぼる。
 $270,000,000 \text{ トン} \times 0.005 = 1,350,000 \text{ トン}$

EFB 搾り油は、このスラッジ油を簡単な遠心分離処理によって得ることができ、その量は約 130 万トン見込むことができる。HiBD の収率を 70% とみれば、EFB 搾り油から得られる HiBD は世界で約 90 万トンになる。
 $1,300,000 \text{ トン} \times 0.7 = 910,000 \text{ トン} \approx 900,000 \text{ トン}$

すなわち世界規模で考えた場合、EFB 搾り油から HiBD (発熱量 42.1MJ/kg) 3800 万 GJ を生産することが可能となる。
 $900,000 \text{ トン} \times 42.1 \text{ GJ/トン} = 37,890,000 \text{ GJ} \approx 38,000,000 \text{ GJ}$

この 3800 万 GJ の HiBD は、軽油 (発熱量 37.7MJ/L) の約 100 万キロリットルに相当する量であり、タイ全土ではこのうちの 5% である 50,000kL が相当する量である。
 $38,000,000 \text{ GJ} \div 38.2 \text{ GJ/kL} = 1,007,958 \text{ kL} \approx 1,000,000 \text{ kL}$

また、LCA によって得られた HiBD の軽油に対する GHG 削減量 0.055t-CO₂e/GJ-HiBD を用いて簡易的に計算すると、3800 万 GJ の HiBD 生産による GHG 削減量は 210 万 t-CO₂ となる。タイ全土を想定した場合の GHG 削減量は 11 万 t-CO₂ である。
 $38,000,000 \text{ GJ} \times 0.055 \text{ t-CO}_2\text{e/GJ} = 2,090,000 \text{ t-CO}_2\text{e} \approx 2,100,000 \text{ t-CO}_2\text{e}$

こうした HiBD 生産による直接的な効果のほかにも間接的な効果も見込める。EFB を適正処理せずに放置した場合には有機成分が分解する過程でメタンが発生する。メタンは

地球温暖化係数（GWP:Global Warming Potential）が CO₂ の 25 倍（IPCC-AR4,2007）である。FFB から生成されるパーム油は 2 割程度であるため、世界における EFB の発生量は年間で約 2 億トンにも上る。もし約 2 億トンの EFB が放置された場合は大量のメタンが発生することになりかねず、温暖化への影響が大きいことは容易に想像することができる。EFB を放置せずに何らかの方法で有効利用することはメタン発生を抑止につながることから、EFB を有効利用して得られる搾り油を原料として HiBD を製造することは、EFB から大気中に放出されるメタンを抑制するという間接的な効果も期待できる。

4. 5 チュラロンコン大学グループ

(1)研究実施内容及び成果

①パイロットプラントの運転状況

ワックスの生成、コーキング、温度調節機能の不具合、製品の高酸価値、製品の色調や透明度の変化等の問題が浮上した。しかし、パイロットプラントの改良・改造を行い、H26 年 12 月以降なんとかタイ側で運転可能な状況となっている。現在は、学生 3 名で実際の運転・研究、技術者 3 名で保守管理を行っている。電気系統の改良は難しいが、装置の材料などの補強、簡単な改造はタイ側でできるとしており、実際スクリー関連の修理も自分たちで行い、運転を続けている。また、ベンチプラント（30/experiment(3~4 時間程度)）においては、3 名の修士学生が論文を執筆して卒業、現在は 2 名の学生がベンチプラントを使用して実験中である。

②エンジンテスト

実験室でのクボタ製エンジンでの廃食油を用いた HiBD のテストを行い、結果を出している。さらに実装試験に移ろうとしている段階にある。EFB の残渣油での試験が今後開始される。H26 年 12 月より 500 時間連続の長時間エンジンテストと走行テストを行い、2 月までにはすべての活動が終了する予定。エンジンテストには、7 名の学生が携わっている。

③タイ側セミナーの開催

H27 年 1 月 21 日にタイ向けのセミナーが開催され、エネルギー省や燃料関連会社等、官民から約 30 名が参加した。フォークリフト、ピックアップトラックの実装も披露された。

④研究成果の発表

HiBD 関連 6 件、エンジンテスト関連 5 件を学会で発表した。特に 7th ATRANS SYMPOSIUM: Young Researcher's Forum では、Best Paper Award を受賞している。

⑤今後の見通し

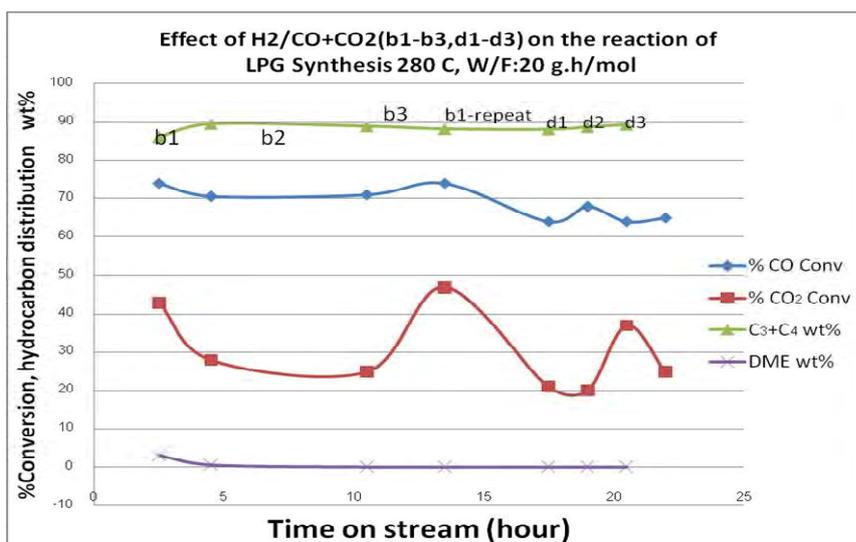
実用化に関して、The Southern Palm(1979)社が自社の EFB 残渣油を用いた HiBD 製造に興味を示している。今後大容量へのパイロットプラントの改造、特許の問題などが解決されれば、同社は HiBD をまず自家用としてトラック、発電に使用するべく、日・タイの企業連合（JV）により 30 トン/日級の商用プラントを建設することが検討されている。また、チュラロンコン大学を中心として 2,000—6,000ℓ/日級の実証プラントを来年度建設することが計画されている。タイ側は地元で入手できるドロマイト入りの触媒を使用できないか検討している。

The main activity of this research cooperation between Kitakyushu University and Chulalongkorn University during fiscal year 2014 was 5 main parts as follow,

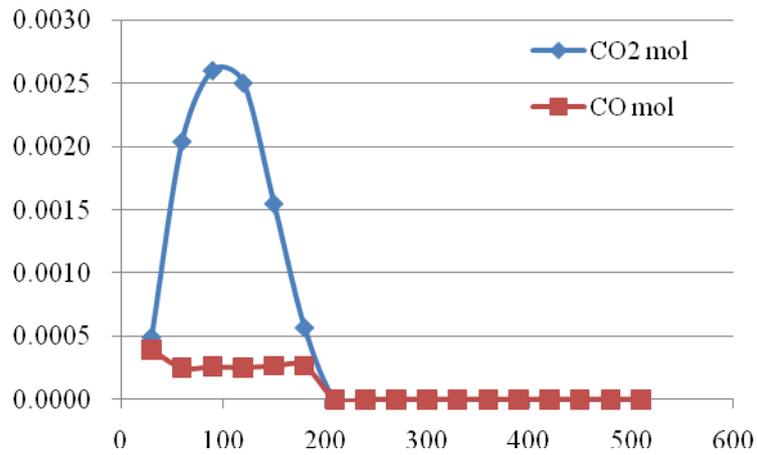
- Training in Kitakyushu University
- Preliminary operation on pilot plant at Saraburi campus, Chulalongkorn University
- Production of HiBD at 1200 L using pilot pyrolyzer of Chulalongkorn University
- Experiments batch and bench scale of used cooking oil and waste oil from palm empty fruit bunch
- CI Engine fuel with HiBD fuel

- 1) Training during 3 months of Dr. Jumluck Srinagruang and Mr. Wittawat Ratanathavorn on Course Title: Study on base and application for catalytic technology and establishment of high efficient process in order to produce new biodiesel.

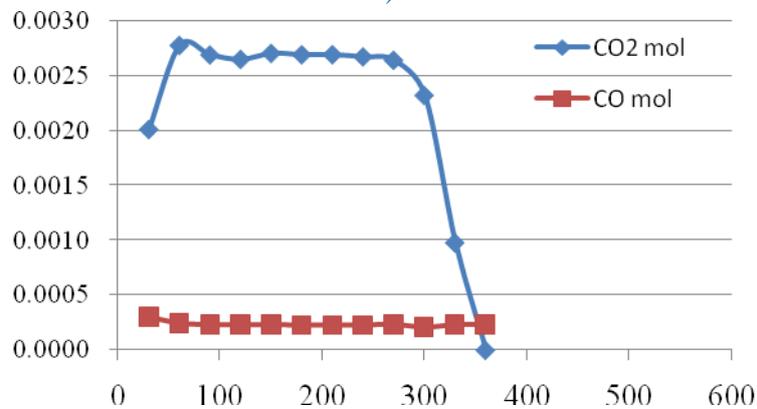
Dr. Jumluck Srinagruang reported in her training that the hybrid catalyst expressed the high activity and high hydrocarbon distribution of LPG (C_3+C_4) nearly 90 % by weight for all synthesis gas composition even at high CO_2 content in the synthesis gas. In addition, DME was found only in the initial stage and become 0 for long time operation. However, the catalyst activity decreased with time on stream after 14 hours operation. It is interesting phenomena that the activity for this hybrid catalyst was not only for CO conversion but also for CO_2 conversion. The suggestion for this experiment should be done for each gas composition in order to investigate the activity of the hybrid catalyst.



Mr. Wittawat Ratanathavorn reported in his training that the waste cooking oil cracking over $MgO-SiO_2$ and $MgO-C$ catalyst were studied. The carbon oxide yield of waste cooking oil over $MgO-C$ was higher than $MgO-SiO_2$. It shows that the activated carbon supported promote the CO_2 formation of the reaction. Raw product was slightly colored oil, whose main component was hydrocarbons (>99 wt%), gaseous product which contain C_1-C_4 hydrocarbon and carbon oxides. The yield of hydrocarbon product was around 71.4%. Residue was higher boiling products or coke which didn't come out of the reaction vessel (about 6.8 wt%). Another characteristic feature of the product was that the carbon number of the hydrocarbons distributed widely C_5-C_{25} . The acid value and iodine value of the product from $MgO-SiO_2$ were 1.2 mg KOH/g and 90 g I/100g, respectively.



a)



b)

Figure Carbon oxide yield of waste cooking oil on a) MgO-SiO₂ and b) MgO-C

2) Preliminary operation and modification of 200 liters/d pilot plant.

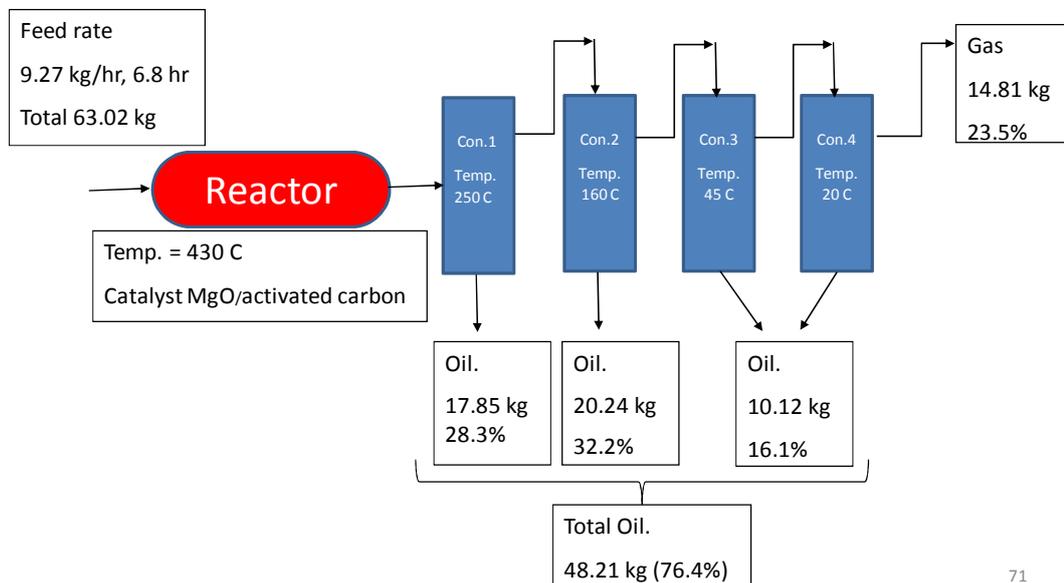
Preliminary operation of pilot plant of used cooking oil pyrolysis on MgO and activated carbon was carried out during 2 months. It found some wax as product, which is normally not in the oil product. After verification by group researchers we modify by put some part in order to recycle wax to the reactor. The full operation will be started again in May, 2014, for 3 months.

Conditions of 1st run

Temperature	430 °C
Oil feed rate	9.27 l/h
N ₂ flow rate	0 l/h
Catalyst	45 %vol.of reactor
Total feed oil	63.02 kg
Oil use rate	9.27 kg/h
Operation time	6 Hr

Used Electrical **113.66 KW-h**

Flow chart of 1st run



71

Oil products.



Condenser No.1



Condenser No.2



Condenser No.3+4

Temperature	430 °C
Oil feed rate	5 L/h
N ₂ flow rate	0 ml/min
Catalyst	45 %vol. of reactor

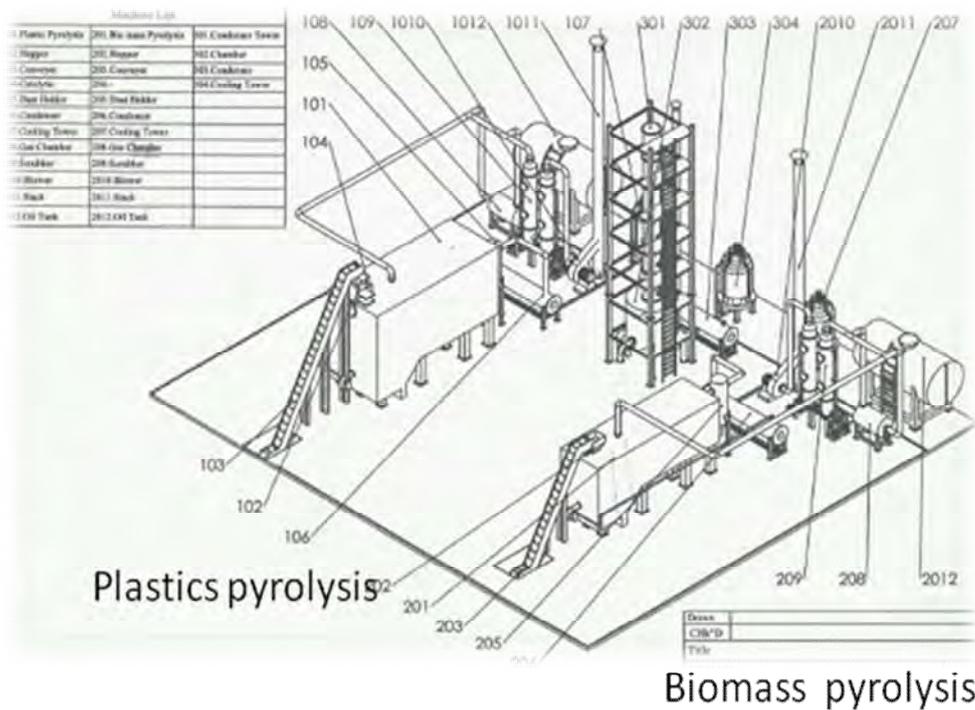


Comp.	Condenser 1	Condenser 2	Condenser 3+4
	%Vol.	%Vol.	%Vol.
Naphtha	0%	0%	65%
Kerosene	4%	15%	30%
Diesel	31%	80%	5%
Residue (Wax)	65%	5%	0%
Total	100%	100%	100%

- 3) Production of HiBD at 1200 liter from used cooking oil by pilot pyrolyzer (waster plastic pyrolyzer) of Chulalongkorn University

Beside the HiBD reactor designed by Kitakyshu University, Chulalongkorn University also has a similar reactor “Pyrolyzer for production of diesel from waste plastic” with the production rate of 1200 L/day. The pyrolyzer was applied for HiBD production at 1200 L (mixed oil), and will be distilled in the distillation column for high purity diesel.

Pyrolysis plant



- 4) Experiments batch and bench scale of used cooking oil and waste oil from palm empty fruit bunch on calcined dolomite were studied by 3 topics and presented in “Petrochemical and materials conference 2014”

4.1 EFFECTS OF DOLOMITE CALCINATION ON USED COOKING OIL PYROLYSIS

This work tries to use dolomite to replace pure MgO, which give high conversion used cooking oil to diesel fraction. Used cooking oil is one of the attractive renewable resource and widely available feedstock. Pyrolysis of used cooking oil is an alternative method to produce renewable and friendly environmental fuel. The aim of this work was to study the catalytic activity of calcined dolomite on used cooking oil pyrolysis. The effect of calcination temperature (700-1000°C) and heating time (2 and 3 hours) on the yield and composition of pyrolytic oil were investigated. The results showed that the maximum liquid yield was obtained with the dolomite calcined at 700°C for 3 hours. The calcined dolomite as a catalyst gave a pyrolytic oil product with lower acid number in comparison with thermal cracking (non-catalyst) at the same condition. Gas Chromatograph-Mass Spectrometry

analysis provided the evidence that the absence of acid compound in pyrolytic oil product resulted from the effect of dolomite catalyst.

INTRODUCTION

Interest in renewable resource has increased due to rising in fuel price, growing demand for petroleum consumption and environmental concern over the combustion of fossil fuel. Used cooking oil is one of the attractive renewable resource and widely available feedstock since the large amount of used cooking oil disposal annually and not diverts food supply chain. Pyrolysis of used cooking oil is an alternative method to produce renewable and friendly environmental fuel. Niken and co-worker (2011) studied the catalytic cracking of waste cooking palm oil to biofuel over nanocrystalline zeolite catalyst. It was found that the optimum conversion of waste cooking palm oil varied in the range of 87.5-92.29 wt% with 33.61-37.05%wt yield of gasoline fraction at the reaction temperature of 455-463°C. Thermal cracking promotes the conversion of waste cooking oil into a biofuel which is similar to gasoline (light-naphtha) but the product obtained has a high acid value effect on corrosion(V.R.Wiggers et al.,2013). Xu Junming and co-worker (2010) found that a basic catalyst gave a product with relatively low acid number. Compared with an Al_2O_3 catalyst which one of the cracking catalyst used in pyrolysis reaction, the acid number of the pyrolytic product decreased from 104.5 to 36.9 mg KOH/g using K_2CO_3 as the basic catalyst. After that in 2011, Tani and co-worker found that MgO supported catalyst promoted the di-carboxylation of triglyceride or free fatty acid. The product showed lower acid value and iodine value which was successfully used for diesel engine. Dolomite, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ is a carbonate mineral which mixture of calcium carbonate(CaCO_3) and magnesium carbonate (MgCO_3). The dolomite decomposition by calcination produces the mixture of CaO and MgO. It can be used as a heterogeneous catalyst in biodiesel production (Oguzhan, 2011), catalyst for tar decomposition of biomass pyrolysis (Carin Myren et al.,2002) and use to water treatment and borate sorption (Keiko Sasaki et al.,2013). In this work, effect of calcination temperature and heating time were investigated over the yield and composition of pyrolytic oil. The aim of this work was to optimize calcination conditions to maximum oil yield.

EXPERIMENTAL

Catalyst preparation: The dolomite specimen was purchased from Kanchanaburi, Thailand. Thermal decomposition of specimen was analyzed by Netzsch 409 simultaneous thermal analyzer and the elemental analysis was performed by Bruker axs S4 PIONEER X-ray fluorescence spectrometer. The specimen was calcined in air at 700, 800, 900 and 1000°C for 2 and 3 hours. Calcined dolomites were store in desiccator prior to use.

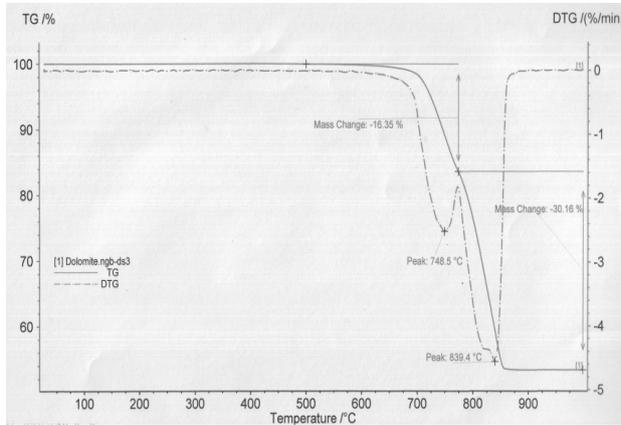
Catalyst characterization: X-ray diffraction (XRD) was used to verify the composition of catalyst by Bruker D8-Discover X-ray Diffractometer using Cu K α radiation. Surface morphology of catalysts was performed by JEOL JSM-6400 Scanning Electron Microscope (SEM).

Catalytic activity: Pyrolysis of used cooking oil experiments were carried out in a 70 ml batch reactor at 450 °C for 40 minutes in 1 bar of hydrogen pressure with 20 g of used cooking oil and 1 g of calcined dolomite. After that the reactor was cooled down to 30°C. The solid products were separated by vacuum filtration. Liquid products were analyzed by gas chromatography technique. The acid value of pyrolytic oil was measured by potentiometric titration according to ASTM D664.

RESULTS AND DISCUSSION

Properties of dolomite and calcined products

Dolomite used in present study is composed of 48.7% CaO, 12.08% MgO, 0.303 SiO₂, 0.192% Al₂O₃ and CO₂ balance. The thermal decomposition of dolomite is shown in Fig.1. The dolomite specimen shows 46.51 wt.% loss around 650-875 °C. The DTG curve represents the thermal decomposition of dolomite structure in two steps. According to prior studied, dolomite decomposed in air in two steps, as follows:



First peak:



Second peak:



Fig.1. The thermal decomposition of dolomite.

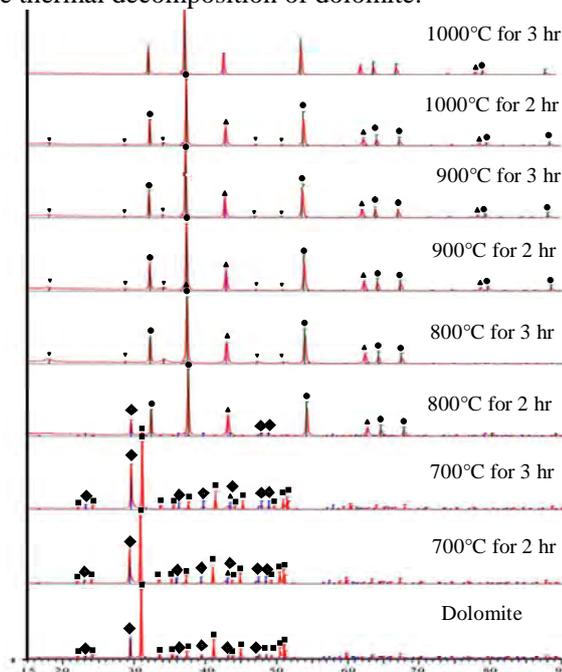


Fig.2. XRD patterns of dolomite and its calcined products at 700-1000 °C for 2-3 hours in air. Symbols: ■ CaMg(CO₃)₂, ◆ CaCO₃, ▲ MgO, ● CaO

Fig.2 shows the XRD patterns of dolomite and its calcined products. The dolomite showed peaks assigned to CaMg(CO₃)₂ and CaCO₃. Calcination at 700 °C is led to transformation of dolomite into CaCO₃ and MgO, the structure of dolomite is slightly changed the appearance of peak of low intensity of MgO and the peak of CaCO₃ still increasing moreover the peak intensities of CaCO₃ increased relatively with increase in calcination time, the corresponding was shown in the first peak of DTG curve. Calcined product at 800 °C for 2 hours composes of CaO and MgO with small amount of CaCO₃ when increases the calcination time to 3 hours disappearance the peak assigned to CaCO₃. Calcination of dolomite at 800 °C, CaCO₃ decomposes as shown in the second peak of DTG curve. Dolomite

calcined at 900°C complete decomposition, its constituted of MgO and CaO , the results related to TG and DTG curve in Fig.1.

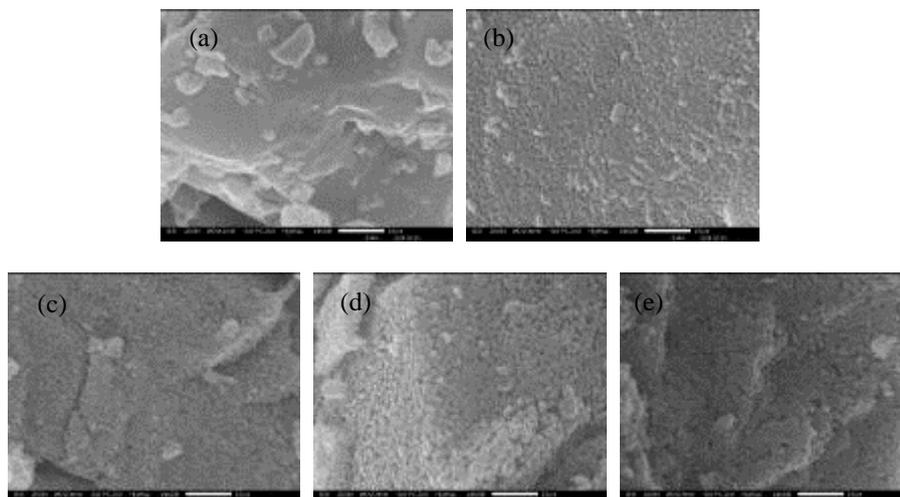


Fig.3 SEM images of (a)dolomite and calcined products in air at (b)700°C, (c) 800°C, (d) 900°C and (e) 1000°C

Calcination at high temperature changed the surface morphology of dolomite.

Catalytic activities

Table 1 Product yield and product distribution over all calcined dolomite catalysts

Catalyst	Product yield			Product distribution			
	Liquid	Gas	Solid	Naphtha	Kerosene	Diesel	Long residue
700-3	57.17	39.08	3.75	46.80	21.65	28.95	2.60
800-3	46.77	44.19	9.04	38.85	23.05	33.65	4.45
900-3	55.65	35.71	8.65	43.95	22.10	30.65	3.30
1000-3	50.77	39.29	9.94	42.90	22.20	31.40	3.50
700-2	53.19	41.86	4.95	48.60	21.10	27.35	2.95
800-2	48.73	42.85	8.42	43.20	22.45	30.95	3.40
900-2	50.62	40.88	8.50	45.80	21.75	30.10	2.35
1000-2	50.14	43.06	6.80	41.75	22.80	31.95	3.50

Remark: 700-3 is a calcined product at 700°C for 3 hours.

Table.1 illustrates the product yield, product distribution of used cooking oil pyrolysis.

Using 700-3 Catalyst achieved the maximum liquid yield and calcined dolomite at 700°C obtained the highest naphtha fraction. The results exhibit that calcined dolomite at 700°C promoted cracking ability to crack long chain into short chain hydrocarbon. Calcined dolomite at 800, 900 and 1000°C gave higher fraction in diesel. This phenomehon suggests that the high amount in MgO and CaO is composed in this catalysts promote the decarboxylation of triglyceride and free fatty acid.

Table 2. Product yields and product properties of thermal and catalytic used cooking oil pyrolysis.

Catalyst	Product yield			Product distribution				Acid number
	Liquid	Gas	Solid	Naphtha	Kerosene	Diesel	Long residue	(mg KOH/g)
no	76.29	21.64	2.07	46.63	18.85	31.80	2.73	49.57
700-3	57.17	39.08	3.75	46.80	21.65	28.95	2.60	1.64

Table.2 illustrates the product yield, product distribution and acid number of used cooking oil pyrolysis using calcined dolomite catalyst as compared to non-catalyst (thermal cracking). Using 5%wt 700-3 catalyst, the gas yield increased while the liquid yield decreased due to heavy molecules cracking into lighter molecules. The decreased in kerosene, diesel and long residue and increased in naphtha resulted from cracking ability. In term of acid number 700-3 catalyst gave a product with low acid number. Compared with thermal cracking, the acid number decreased from 49.57 to 1.64 mg KOH/g.

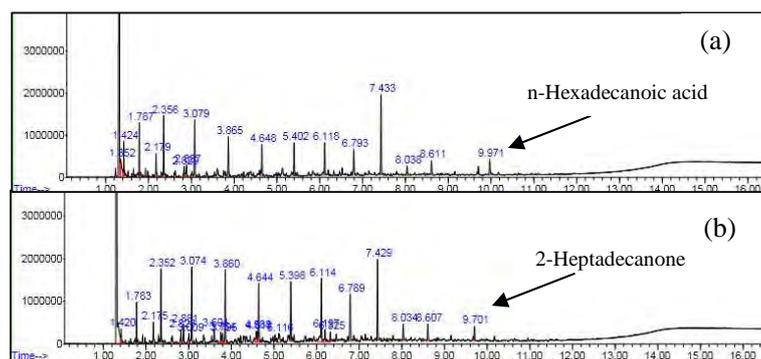


Fig.4 GC-MS Chromatogram of used cooking oil pyrolysis (a) without catalyst and (b) with calcined dolomite

Gas Chromatograph-Mass Spectrometry analysis was used to identify pyrolysis product. The yield of carboxylic was absence when calcined dolomite was used.

CONCLUSION

The effects of dolomite calcination on the quantity and quality of pyrolytic oils were investigated. The results show that the calcination dolomite at 700°C for 3 hours can preserve the valuable pyrolytic oil, which high naphtha in maximum oil fraction. Moreover, calcined dolomite on this condition has lower acid number than without catalyst.

REFERENCES

- Sasaki, K.; Qiu, X.; Hosomomi, Y.; Moriyama, S.; Hirajima, T. (2013). *Microporous and Mesoporous Material*. (171), 1-8.
- Staszczuk, P.; Stefaniak, E.; Bilinski, B.; Szymanski, E.; Dobrowolski, R.; Jayaweera, S.A.A. (1997). *Powder Technology*. (92), 253-257.
- Taufiqurrahmi, N.; Mohamed, A., Bhatia, S. (2011). *Bioresource Technology*. (102), 10686-10694.
- Wiggers, V.R.; Meier, H.F.; Wisniewski, Jr.; Chivanga Brros, A.A.; Wolf Maciel, M.R. (2009). *Bioresource Technology*. (100), 6570-6577.
- Junming, X.; Jianchun, J., Yunjuan, S. (2010). *Bioresource technology*. (101), 9803-9806.
- Tani, H.; Hasegawa, T.; Asami, K.; Fujimoto, K. (2011). *Catalysis Today*. (164), 410-414.

4.2 CONTINUOUS PYROLYSIS OF CRUDE PALM OIL TO LIQUID FUELS ON DOLOMITE CATALYST

After using dolomite to replace MgO being operated in batch, this work tries to operate in continuous. It found the optimum operating condition and good property of oil product. Pyrolysis of crude palm oil was taken place through de-carboxylation reaction to become liquid fuels which can be used as transportation fuels. In this study was interested in 4 parameters of pyrolysis condition such as reaction temperature, oil feed rate, N₂ flow rate and amount of catalyst. This study used 2^k factorial design to investigate parameters, which influence on liquid yield and fraction of diesel in liquid product (including naphtha, kerosene and long residue) and determine the optimum condition to produce maximum diesel fraction in liquid fuel. The results showed that reaction temperature and oil feed rate affected to liquid yield, whereas diesel fraction yield was influenced by reaction temperature, oil feed rate and amount of catalyst. Finally, the mathematical simulation shown optimum condition was at 400 °C of reaction temperature, 3 ml/min of oil feed rate, 102.51 ml/min of N₂ flow rate and 48.22 %v/v of catalyst. That gave 70 vol. % of diesel fraction yield.

4.3 PYROLYSIS OF WASTE OIL FROM PALM EMPTY FRUIT BUNCH TO LIQUID BIOFUELS ON MAGNESIUM OXIDE AND ACTIVATED CARBON

This work tries to use waste oil from palm empty fruit bunch as raw material on MgO and activated carbon. This waste oil cannot be converted by trans-esterification method because high sugar content. The liquid oil product has good quality. In the production of crude palm oil, there are many empty fruit bunches left that have oil remaining as by product. This waste oil cannot be transesterified due to its high sugar concentration. Pyrolysis was chosen to convert directly this waste oil to diesel. The aim of this research was to study the pyrolysis of waste palm oil from empty fruit bunch on magnesium oxide and activated carbon in a batch reactor of volume 70 ml. Magnesium oxide and activated carbon promoted decarboxylation of triglyceride. It was found that temperature of 430°C, reaction time 60 minutes, initial hydrogen pressure 5 bars and using 5%wt catalyst gave the highest yield of liquid product. The product was shown in 66.68 %wt oil, 21.73%wt gas, 11.59% of solid and 93.94% of conversion. This liquid product was analyzed by Simulated Distillation Gas Chromatography which was composed of 22.50% of naphtha, 17.50% of kerosene, 55.00% of diesel and 5.00% of long residue.

5) CI ENGINE FUELED WITH WASTE COOKING OIL HiBD FUEL

This research is aimed to evaluate the influence of HiBD fuel on the performance and emissions of a conventional direct-injection single cylinder diesel engine comparing with CD as base line. Test bench experiments (constant speed steady state) were conducted with a single cylinder DI CI engine, either along full load range or selected part load at 1400, 1700 and 2100 rpm. The acquired data included basic engine performance, exhaust emissions; in-cylinder pressure and engine operating conditions. The results indicate that, at all engine speed characteristic, the engine with HiBD shows comparable performance to CD. Brake Specific Fuel Consumption (BSFC) of the HiBD fuel are slightly higher, while brake thermal efficiency of HiBD fuel is higher than that of CD at lower load and lower at higher load.

(2)研究成果の今後期待される効果

- 1000 Liter of HiBD produced from Pilot plant (designed by Kitakyushu University)
- 1000 Liter of HiBD produced from Pilot plant (designed by Chulalongkorn University)

- Mini bus performance on road test running from Chulalongkorn University Bangkok – Saraburi Campus (Round trip in week day).
- Commercial project for HiBD production from waste oil derived from palm empty fruit bunch is now under discussion between Kitakyushu University-Chulalongkorn University-Noda company-Thaksin palm, 2014.
- Development of diesel grad liquid fuels production from waste animal fats by pyrolysis, Budget 9,659,350 THB submitted to The Federation of Thai Industrial (FTI) and Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, Royal Thai Government, under reviewing 2014.
- Development of liquid fuels production from waste oil derived from palm empty fruit bunch, Budget 9,000,000 THB submitted to Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, Royal Thai Government, under reviewing 2014.
- Non-commercial biomass, sugarcane shoots and leaves conversion to bio-oil by pyrolysis for efficient utilization in industry, Budget 8,000,000 THB submitted to Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, Royal Thai Government, under reviewing 2014.
- Commercial scale for liquid fuels production from crude palm oil at 10,000 LPD, submitted to EGAT, Thailand
- Equipment and instruments of the project will be used for Master and PhD. Students for their research works.
- Future plan for opening the training course of HiBD production for investor.

§ 5 成果発表等

(1) 原著論文発表 (国内 (和文) 誌 0 件、国際 (欧文) 誌 2 件)

(1)-1 Haruki Tani, Makoto Shimouchi, Hiroyuki Haga, Kaoru Fujimoto, Development of Direct Production Process of Diesel Fuel from Vegetable oils, Journal of the Japan Institute of Energy, 90, 466-470 (2011)

(1)-2 H. Tani, T. Hasegawa, M. Shimouchi, K. Asami, K. Fujimoto, Selective Catalytic Decarboxy-Cracking of Triglyceride to Middle Distillate Hydrocarbon, Catalysis Today, 164 (2011) 410-414

(2) 研修コースや開発されたマニュアル等

① 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

概要：JICA 招へい外国人研究員 (研修員) 受入れ

平成 23 年度課題別研修「BDF 生成にかかる高効率生産技術と触媒技術」

平成 24 年度課題別研修「BDF 生成にかかる高効率生産技術と触媒技術」

平成 25 年度課題別研修「新 BDF 製造法のパイロットプラント用オペレーションと解析法の高度トレーニング」

実施回数：8 回

修了者数：のべ 14 名

② 開発したテキスト・マニュアル類

相手国研究機関や研究者に対する配布物：

②-1. ワックス化の要因の検討

・反応結果とワックス含有量の関係性の検討

(これまでの実験結果をチェックし、ワックス化の指標となるパラメータがないかを検討)

・機器分析による、ワックス成分の特定(GC-MS,IR,NMR など)

②-2. ワックス化抑制のための触媒の検討

・ 固体酸触媒を用いての実験

②-3. パイロットプラント運転マニュアル

(3) その他の著作物 (総説、書籍など)

(3)-1 「次世代パワートレイン開発と燃料技術」監修：山根浩二、(株)シーエムシー出版
「高品位バイオディーゼル燃料の製造技術—HiBD プロセスの開発」、藤元薫、谷春樹
(2013 年)

(3)-2 総説：代替ジェット燃料最前線

「高品位バイオディーゼル燃料の製造技術-HiBD プロセスとその製品」、谷春樹、藤元薫、
Journal of the Japan Institute of Energy, 93, 62-68 (2014 年)

(4) 国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 0 件、国際会議 0 件)

② 口頭発表 (国内会議 19 件、国際会議 8 件)

②-1 再生可能エネルギー2010/国際、横浜 (H22 年 6 月 27 日～7 月 2 日)、○谷
春樹 (北九州市立大学)、「Development of direct production process for bio-diesel fuel”

②-2 第 19 回日本エネルギー学会大会、東京 (H22 年 8 月 2～3 日)、○谷春樹 (北
九州市立大学)、「油脂類の接触分解によるバイオディーゼル製造プロセス用触媒
の開発」

②-3 石油学会神戸大会 (第 40 回石油・石油化学討論会)、神戸 (H22 年 11 月 25
～26 日)、○谷春樹 (北九州市立大学)、「油脂からの接触分解を用いたバイオデ
ィーゼル製造プロセスの開発」

②-4 第 20 回日本エネルギー学会大会、大阪 (H23 年 8 月 9～10 日)、○長谷川 毅、
谷 春樹、藤元 薫、朝見 賢二 (北九州市立大学)、「油脂類の接触分解触媒の
添加物の効果」

②-5 The 242nd American Chemical Society National Meeting & Exposition/国際、
米デンバー (H23 年 8 月 28 日～9 月 1 日)、○T.Hasegawa, H. Tani, K.Fujimoto and K.
Asami (The University of Kitakyushu)、「Effect of additive on the catalytic performance
for the decarboxy-cracking of palm”

②-6 石油学会山口大会 (第 41 回石油・石油化学討論会)、山口 (H23 年 11 月 10
～11 日)、○長谷川 毅、谷 春樹、藤元 薫、朝見 賢二 (北九州市立大学)、「油
脂類の接触分解触媒の添加金属の担持量効果」

②-7 石油学会山口大会 (第 41 回石油・石油化学討論会)、山口 (H23 年 11 月 10
～11 日)、○谷 春樹、長谷川 毅、村上 弥生、田中 文昭、朝見 賢二、藤元
薫 (北九州市立大学)、「油脂の接触分解における触媒の作用」

②-8 石油学会第 61 回研究発表会、東京 (H24 年 5 月 2 日)、○谷 春樹 (北九州
市立大学)、「油脂の接触分解における触媒担体の影響」

②-9 第 21 回日本エネルギー学会大会、東京 (H24 年 8 月 6～7 日)、○谷 春樹
(北九州市立大学)、「油脂の接触分解における触媒担体の影響」

- ②-10 石油学会第 42 回石油・石油化学討論会、秋田 (H24 年 10 月 11～12 日)、
○谷 春樹 (北九州市立大学)、「炭素系触媒を用いた油脂の接触分解プロセスの開
発」
- ②-11 アジア学術会議、2013/5/7, Bangkok, Kaoru Fujimoto (The University of
Kitakyushu), ” Next Generation Bio-Diesel (HiBD) Production Process”
- ②-12 第 22 回エネルギー学会大会、東京 (H25 年 8 月 6 日)、○谷 春樹、村上
弥生、朝見 賢二、藤元 薫 (北九州市立大学)、「油脂の接触分解におけるワッ
クス生成とその低減についての検討」
- ②-13 第 22 回エネルギー学会大会、東京 (H25 年 8 月 6 日)、○村上弥生、谷 春
樹、朝見 賢二、藤元 薫 (北九州市立大学)、「触媒接触分解によるバイオディ
ーゼル製造技術における触媒開発」
- ②-14 6th AUN/SEED-Net Regional conference on Energy Engineering, Sep.6-7, 2013,
Indonesia, "Effects of synthetic diesel fuels on performance and emissions of a single
cylinder DI diesel engine", Kanit Wattanavichien (Chulalongkorn University), Mansour
Nagib Elhemri
- ②-15 Postgraduate Conference and Workshop, Oct. 17-19, 2013, Bangkok, "CI engine
fueled with waste cooking oil synthetic diesel", Kanit Wattanavichien, Nguyen Viet
Thanh (Chulalongkorn University)
- ②-16 石油学会第 43 回石油・石油化学討論会、北九州 (H25 年 11 月 14～16 日)、
○谷 春樹、村上弥生、朝見賢二、藤元 薫 (北九州市立大学)、「油脂の接触分解
におけるワックス生成とその低減についての検討」
- ②-17 石油学会第 43 回石油・石油化学討論会、北九州 (H25 年 11 月 14～16 日)、
○村上 弥生、谷 春樹、朝見賢二、藤元 薫 (北九州市立大学)、「接触分解によ
るバイオディーゼル製造技術における触媒開発」
- ②-18 The Seventh Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology
(TOCAT7), 2014/6/1-6, Kyoto, “Production of Hydrocarbons of Diesel Fraction from Oils
and Fats through the Decarboxylation over Solid Base Catalysts”, Haruki Tani, Yayoi
Murakami, Kenji Asami, Kaoru Fujimoto (The University of Kitakyushu)
- ②-19 第 23 回日本エネルギー学会大会、福岡 (H26 年 7 月 19-20 日)、○村上弥
生、谷 春樹、朝見 賢二、藤元 薫 (北九州市立大学)、「接触分解によるバイ
オディーゼル製造技術の改良」
- ②-20 第 23 回日本エネルギー学会大会、福岡 (H26 年 7 月 19-20 日)、○八木田
浩史 (日本工業大学)、山下将国 (エテューサ研究所)、朝見 賢二、藤元 薫 (北
九州市立大学)、「HiBD 法によるバイオディーゼル燃料製造の LCA に基づく環境
側面の評価」
- ②-21 ATRANS Young Researcher's Forum 2014, Aug. 22, 2014, Bangkok, "Effects of
pyrolyzed waste cooking synthetic diesel fuels on performance of a multi-cylinder DI
diesel engine", Kanit Wattanavichien, Prasobchok Pothikul, Teerawut Rakyhao
(Chulalongkorn University): Best Paper Award
- ②-22 セミナー「新世代バイオディーゼル燃料「HiBD」の実用化に向けて～

SATREPS 事業の取り組みとこれまでの成果～」福岡 (H26 年 10 月 8 日)、○八木田浩史 (日本工業大学)、「HiBD の LCA 解析とコスト分析による事業化への展望」

②-23 セミナー「新世代バイオディーゼル燃料「HiBD」の実用化に向けて～SATREPS 事業の取り組みとこれまでの成果～」福岡 (H26 年 10 月 8 日)、○藤元薫、○谷春樹「SATREPS 事業の紹介と日本での事業展開可能性について」

②-24 RCMME 2014, Oct. 9-10, 2014, Hanoi/Vietnam, "Effect of pyrolyzed waste cooking diesel on performance and combustion of a multi-cylinder engine"
Kanit Wattanavichien, Prasobchok Pothikul, Teerawut Rakyhao (Chulalongkorn University)

②-25 石油学会第 44 回石油・石油化学討論会、旭川 (H26 年 10 月 16～17 日)、○村上弥生、谷春樹、朝見賢二、藤元 薫 (北九州市立大学)、R. Prasert, T. Vitidsant (Chulalongkorn Univ.)、「パイロットプラントによる新バイオディーゼル (HiBD) の製造」

②-26 石油学会第 44 回石油・石油化学討論会、旭川 (H26 年 10 月 16～17 日)、○久保山弘規、村上弥生、谷 春樹、朝見賢二、藤元 薫 (北九州市立大学)、「吸着剤処理による HiBD 油の品質向上」

②-27 第 10 回バイオマス科学会議、つくば (H27 年 1 月 14～15 日)、○久保山弘規、村上弥生、谷 春樹、朝見賢二、藤元 薫 (北九州市立大学)、「新バイオディーゼル燃料 (HiBD) の色調改善とその評価法の開発」

③ ポスター発表 (国内会議 1 件、国際会議 10 件)

③-1 日本エネルギー学会 第 7 回バイオマス科学会議、盛岡 (H23 年 1 月 18～19 日)、○長谷川 毅、谷 春樹、朝見 賢二、藤元 薫 (北九州市立大学)、「Carbon 触媒を用いた油脂の接触分解」

③-2 7th International Symposium on Acid-Base Catalysis(ABC-7), 2013/5/12-15, Tokyo, Title: Production of Hydrocarbons of Diesel Fraction from Oils and Fats through the Decarboxylation over Solid Base Catalyst, H Tani, Y. Murakami, K. Asami, K. Fujimoto

③-3 7th International Symposium on Acid-Base Catalysis(ABC-7), 2013/5/12-15, Tokyo,
Title: Development of Hydrolysis catalyst for Diesel Fraction Hydrocarbon Production from Oils and Fats Using Decarboxylation Reaction, Y. Murakami, H Tani, K. Asami, K. Fujimoto

③-4 10th Biomass-Asia Workshop, 2013/8/5-6, Bangkok
Title: Combined System for the Total Utilization of Palm Resources -Production of High Quality Diesel Fuel and Clean Home Fuel-, Kaoru Fujimoto, Tomoko Ogi, Tharapong Vitidsant

③-5 The 5th Research Symposium on Petrochemical and Materials Technology and The 20th PPC Symposium on Petroleum, Petrochemicals, and Polymers, 2014/4/22, Bangkok, "CONTINUOUS PYROLYSIS OF CRUDE PALM OIL TO LIQUID FUELS ON DOLOMITE CATALYST", Jaru Natakaranakul, Tharapong Vitidsant (Chulalongkorn University)

③-6 The 5th Research Symposium on Petrochemical and Materials Technology and The 20th PPC Symposium on Petroleum, Petrochemicals, and Polymers, 2014/4/22, Bangkok, "PYROLYSIS OF WASTE OIL FROM EMPTY FRUIT BUNCH TO LIQUID BIOFUELS ON MAGNESIUM OXIDE AND ACTIVATED CARBON", Yada Palakawong Na Ayuddhaya, Tharapong Vitidsant (Chulalongkorn University)

③-7 The 5th Research Symposium on Petrochemical and Materials Technology and The 20th PPC Symposium on Petroleum, Petrochemicals, and Polymers, 2014/4/22, Bangkok, "EFFECTS OF DOLOMITE CALCINATION ON USED COOKING OIL PYROLYSIS", Chatthita Oichai, Prasert Reubroycharoen, Tharapong Vitidsant (Chulalongkorn University)

③-8 The Seventh Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (TOCAT7), 2014/6/1-6, Kyoto, "Development of Hydrolysis Catalyst for The Production of Diesel Fraction Hydrocarbon from Oils and Fats", Yayoi Murakami, Haruki Tani, Kenji Asami, Kaoru Fujimoto (The University of Kitakyushu)

③-9 The Grand Renewable Energy 2014, 2014/7/27-8/1, Tokyo, "CI ENGINE FUELED WITH WASTE COOKING OIL HiBD FUEL", Kanit Wattanavichien, Viet Thanh Nguyen, Tharapong Vitidsant (Chulalongkorn University), Kaoru Fujimoto (The University of Kitakyushu)

③-10 The Grand Renewable Energy 2014, 2014/7/27-8/1, Tokyo, "DEVELOPMENT OF CATALYTIC CRACKING DECARBOXYLATION PROCESS OF WASTE COOKING OIL FOR NEW BIO-DIESEL (HiBD) PRODUCTION", Haruki Tani, Yayoi Murakami, Kenji Asami, Kaoru Fujimoto (The University of Kitakyushu), Prasert Reubroycharoen, Kanit Wattanavichien, Tharapong Vitidsant (Chulalongkorn University)

③-11 2nd Asian Conference on Biomass Science, 2015/1/13, Tsukuba, "Development of heterogeneous basic catalyst supported on silica for the synthesis of HiBD from waste cooking oil", Paweesuda Natewong, Yayoi Murakami, Haruki Tani, Kenji Asami (The University of Kitakyushu)

(5)知財出願

①国内出願 (3件)

- 1.名称：バイオマスの接触分解方法及びそれに用いる脱炭酸・水素化接触分解触媒、発明者：藤元薫・朝見賢二・谷春樹、出願人：(公財)北九州産業学術推進機構、出願日：2011/8/8、出願番号：特願 2011-173363
- 2.名称：バイオディーゼル燃料の製造方法及びその製造装置、その方法に用いる油脂脱炭酸分解触媒、発明者：藤元薫、出願人：(公財)北九州産業学術推進機構、出願日：2013/7/18、出願番号：2013-149190
- 3.名称：炭化水素油の精製方法、発明者：藤元薫・村上弥生・谷春樹・朝見賢二
出願人：(公財)北九州産業学術推進機構、出願日：2014/10/8、出願番号：特願 2014-207519

②海外出願 (0件)

(注) SATREPS実施期間中のプロジェクト成果としてはカウントできないが、SATREPSに関連した特許について、詳細は P23 参照。

③その他の知的財産権（1件）

1. 商標登録出願 商願 2011-050454
「HiBD」

(6)受賞・報道等

- ① 受賞
なし

- ② マスコミ（新聞・TV等）報道

- ②-1 化学工業日報、H26.6.30、4面

東南アジアでHiBDの早期実用化を目指すとして、北九大グループの技術やHiBDの特徴を紹介

- ②-2 PR of Project on newspaper “ตามไปดูจุฬาฯ เปลี่ยนน้ำมันเก่าเป็น “ไบโอดีเซล” ไม่พึ่งปิโตรเลียม-เคมีรอดได้”
<http://manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID=958000009988>, 2 Feb 2015 07:19 am.

- ②-3 PR of Project on Digital TV “จุฬาฯ ร่วมมือ ม.คิตะคิวชูจากญี่ปุ่น พัฒนาน้ำมันไบโอดีเซล”
<http://goo.gl/RS3HXC>, วันที่ 03 Feb 2015 2:54:57 PM

- ③ その他

(7)成果展開事例

①実用化に向けての展開

- ・ 本事業による成果を含むHiBD関連特許について、国内1社と特許権実施許諾契約を締結。
- ・ H26年度JST「A-STEP」フィージビリティスタディステージ（シーズ顕在化タイプ）に申請した。
- ・ 2014年度JICA「中小企業海外展開支援事業（普及・実証事業）」に申請した。

③ 社会実装（研究成果の社会還元）への展開活動

- ・ セミナー「第111回産学交流サロン「ひびきのサロン」次世代バイオディーゼル燃料として期待されるHiBDの開発状況報告」を開催、2012/7/27（北九州）
- ・ 2014NEW環境展(N-EXPO 2014 TOKYO)に出展、2014/5/27-30（東京）
- ・ 第9回再生可能エネルギー世界展示会に出展、2014/7/30-8/1（東京）
- ・ セミナー「新世代バイオディーゼル燃料『HiBD』の実用化に向けて」を開催、2014/10/8（北九州、北九州産業学術推進機構（FAIS）主催）
- ・ エコテクノ2014内の「エコ・ベンチャー・メッセ2014」に出展、2014/10/8～10（北九州）

§ 6 プロジェクト期間中の主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

①ワークショップ、シンポジウム、等

年月日	名称	場所 (開催国)	参加人数	概要
H23.5.13	JCC 事前打合せ (非公開)	北九州	10	国内キックオフミーティング
H23.5.31	JCC	チュラロンコン大学 (タイ)	22	プロジェクト協議、RD修正、合意文書作成
H23.5.31	Mini Seminar	チュラロンコン大学 (タイ)	23	タイ国におけるSATREPS 事業の紹介
H23.6.17	JCC 事後打合せ (非公開)	北九州	10	今後の活動計画、研究員短期受入と研修内容の確認
H23.9.15	JST 打合せ (非公開)	北九州	8	JST 事業進捗報告、確認
H23.10.4	JICA 打合せ (非公開)	北九州	9	JICA 事業進捗報告、確認
H24.2.8	進捗報告会 (非公開)	北九州	10	北九大、FAIS、KITA 進捗報告、次年度研究計画打合せ
H24.4.12	内部ミーティング (非公開)	北九州	6	進捗確認、分析専門の研究者配置について検討
H24.4.20	日本側プロジェクトミーティング (非公開)	北九州	15	北九大、FAIS、KITA、日工大進捗報告、研究計画打合せ
H24.7.27	第 111 回産学交流サロン	北九州	73	次世代バイオディーゼル燃料として期待される HiBD の開発状況報告
H24.8.3	内部ミーティング (非公開)	北九州	6	進捗報告、課題と考察
H24.10.15	日タイ プロジェクトミーティング	北九州	16	北九大、FAIS、KITA、日工大進捗報告、研究計画打合せ
H24.11.7	内部ミーティング (非公開)	北九州	6	進捗報告、課題と考察
H25.1.18	内部ミーティング (非公開)	北九州	6	進捗報告、課題と考察
H25.1.31	JCC 事前ミーティング (非公開)	北九州	6	進捗報告、課題と考察
H25.2.11	JCC	チュラロンコン大学 (タイ)	19	プロジェクト協議、合意文書作成、視察
H25.4.30	内部ミーティング (非公開)	北九州	5	進捗確認、パイロット改造・運転に係る打合せ
H25.5.9	JICA インタビュー (非公開)	北九州	7	中間レビューの事前インタビュー
H25.5.19-23	中間評価	チュラロンコン	22	プロジェクト協議、合意

		大学 (タイ)		文書作成、視察、パイロットプラント引渡し式
H25.6.4	内部ミーティング (非公開)	北九州	6	進捗報告、課題と今後の進め方について
H25.7.19	内部ミーティング (非公開)	北九州	4	JST 評価会事前打合せ
H25.8.21	内部ミーティング (非公開)	北九州	6	進捗報告、課題と今後の進め方について
H25.9.5	内部ミーティング (非公開)	北九州	5	タイ出張報告、課題と今後の進め方について
H25.10.7	内部ミーティング (非公開)	北九州	5 (1)	社会実装に向けた検討
H25.10.18	日タイ プロジェクトミーティング	北九州	10 (2)	進捗報告、油脂供給システム調査に係る打合せ
H25.11.27	内部ミーティング (非公開)	北九州	5	タイ実証試験前の情報共有 (役割分担、準備、予定)
H25.12.18	内部ミーティング (非公開)	北九州	5	タイ出張報告、課題と今後の進め方について
H25.12.26	日タイ プロジェクトミーティング	チュラロンコン大学 (タイ)	5 (3)	原料供給、エンジンテスト、セミナー開催等について
H26.1.9	内部ミーティング (非公開)	北九州	5	進捗報告、課題と今後の進め方について
H26.3.6	内部ミーティング (非公開)	北九州	6	タイ実証試験結果の検証、パイロット P 改良について
H26.3.19	内部ミーティング (非公開)	北九州	5	H25 年度成果報告、H26 年度研究計画について
H26.4.18	内部ミーティング (非公開)	北九州	9	北九大-FAIS、HiBD セミナーについて
H26.5.1	内部ミーティング (非公開)	北九州	5	タイ実証試験前の情報共有 (役割分担、準備他)
H26.5.10	内部ミーティング (非公開)	北九州	8	北九大-FAIS、HiBD セミナーについて
H26.6.11	内部ミーティング (非公開)	北九州	5	パイロットプラント改良について
H26.7.11	内部ミーティング (非公開)	北九州	6	パイロットプラント実証試験結果の検証、実用化に向けた検討
H26.8.22	内部ミーティング (非公開)	北九州	10	北九大-FAIS、HiBD セミナーおよび性状分析に係る打合せ、進捗確認
H26.9.8	JCC	チュラロンコン大学サラブリキャンパス (タイ)	6	活動報告、原料変更および製造油性状分析実施に対する承認、PDM 変更

H26.10.8	HiBD セミナー	北九州（西日本総合展示場）	60	HiBD の実用化に向け、成果の公知と積極的な技術移転を図るセミナー
H26.10.8	JST、JICA ミーティング（非公開）	北九州（西日本総合展示場）	8	LCA 解析とコスト分析、EFB 搾り油を原料とした HiBD 油の LCA について
H26.10.9	JST、JICA ミーティング（非公開）	北九州	7	終了報告書の内容確認、終了時評価についての情報共有
H27.1.21	タイ HiBD セミナー	チュラロンコン大学サラブリサイト	30	タイ関連省庁、企業を対象に研究成果を発表
H27.1.28	日本側最終ミーティング事前打合せ（非公開）	北九州	4	・最終ミーティングの議題、進行等について ・今後の実施事業
H27.2.4	日本側最終ミーティング（非公開）	北九州	10	進捗及び成果報告、終了報告書記載内容の確認

② 合同調整委員会開催記録

年月日	出席者	議題	概要
H23.5.31	チュラロンコン大学、MetChem Tech. Co.Ltd、北九大、FAIS、KITA、日本工業大、JICA、JST	研究計画、課題、供与機材に係る協議	研究者紹介、プロジェクト協議、合意文書作成
H25.2.11	チュラロンコン大学、北九大、JICA、JST	研究成果、計画、課題、供与機材に係る協議	プロジェクト協議、合意文書作成、プラント視察
H25.5.23	チュラロンコン大学、北九大、FAIS、JICA、JST	研究成果、計画、課題、供与機材に係る協議	プロジェクト協議、合意文書作成、パイロットプラント引渡し式
H26.9.8	チュラロンコン大学、北九大、JICA	・研究成果、計画、課題 ・原料変更および製造油性状分析実施に対する承認 ・PDM 変更	廃食用油に関する研究活動を中止し、代替としてパーム空果房を原料とすることで合意。HiBD 油の性状分析、エンジンテストの実施を決定

§ 7 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

(1) 共同研究全体

この化学反応の最初の発想から触媒開発、プロセス開発へと進めた研究員の献身的努力により、着実に技術の開発および実用化に向かって進んでおり、タイ国への技術移転、共同開発等、国境を越えたアクティビティも進展している。

高品質で次世代のディーゼルエンジンに対応可能な再生可能バイオディーゼルを容易に合成し得る、応用範囲の広い触媒とプロセスの確立が最大の目標であり、分岐および直鎖パラフィンの1段合成プロセスを開発している。この分子構造が最も優れたディーゼル燃料となることを認識し、開発を続けている。特にプラントサイトで自作可能な触媒の開発に目処をつけた。さらに、廃食油に代わる安定供給可能な原料も見出すことができた。

カウンターパートとのコミュニケーションは基本的に英語で行ったが、お互い母国語ではなく、国民性も異なることから、細かいニュアンスを直接伝えるのは難しかった。しかし本PJでは、タイに居住し、タイ語が堪能な河井博士がメンバーに参加したことにより、スムーズな意思疎通を図ることができた。

(2) 北九州市立大学（題目：新バイオディーゼルの合成法の開発）

タイ側研究者への技術指導やパイロットプラント、オンラインGCなどの研究設備の製作、購入、搬送、設置については、概ね予定通り進行したが、電源など現地インフラとの細かいミスマッチもみられた。また、PJ期間中に発生したタイ国での水害では、プラント等には直接的な被害はなかったが、技術研修のために来日していた研究員が帰国時期を早めるなどの対応が必要であった。また、大規模な反政府デモの発生により、輸出した研究設備等の通関業務が滞り、計画に遅れを生じた。このような事態に対する、時間的、人件費を含む金銭的なサポートが必要であると感じた。

PJの終盤に至るまでタイ側のプラント運転が学生によってのみ行われており、彼らが学ぶキャンパスとプラントサイトが離れているため、作業効率が非常に悪かった。現地で作業に専従できる技術者をプロジェクトの予算で雇用できるシステムを作ってほしい。

バイオディーゼルを対象とするプロジェクトがSATREPSをはじめ各所で進められている。互いに情報交換を行い、それぞれのプロジェクトへ生かしていけるよう、意見交換を行う場を広げてほしい。

(3) (公財) 北九州産業学術推進機構（題目：新バイオディーゼル合成実証実施に係る検討・支援）

北九州市立大学とチュラロンコン大学との既締結済みのJST-JICA版共同研究契約書では、「共同研究の開始以前またはその範囲外で一方の当事者に保持されており、共同研究の過程で他方当事者に提供される秘密情報は提供側当事者の所有であり続けるものとし、受領側当事者では秘密として保護される」と記載されている。

しかし、その範囲について定義が不明確だったため、共同研究以前および共同研究範囲外で独自に研究開発している北九大の秘密情報や先行研究成果の具体例を、CRA(COLLABORATIVE RESEARCH AGREEMENT)に補足条項として追加するCRA補足条項文書(CRA Supplement)を作成し、締結した。

(4) (公財) 北九州国際技術協力協会 K I T A環境協力センター、北九州市立大学(題

目：廃食油を中心とする油脂の収集システムの調査及び検討)

本調査研究により、廃食油に代わる新たな原料の可能性を見出した。今後タイの民間企業と協力して国際共同研究を実施する可能性があるが、知財に対する認識や慣習の違いがあり、慎重に進める必要がある。特許や商標、競業避止義務に関する条項を契約に明記するなど、知財保護に配慮した上で、双方の理念を理解し共有することが事業成功の鍵となる。

(5) 日本工業大学（題目：新バイオディーゼル合成法の LCA 解析）

- ・ 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。
共同研究に必要な情報を相手国側と日本側で共有することが難しい場合がある。プロジェクトチーム内に、現地に定期的に赴くメンバーがいることにより、有効な情報共有が図ることが可能になる場合がある。
- ・ 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。
新規プロジェクトでは、実験設備および周辺のインフラを含めて体制整備が整わない場合がある。既存の実験室・実験設備を活用することにより、運営組織面を含めて各種の周辺環境の体制整備を行うことができる場合がある。

§8 結び

油脂接触分解により高品質の炭化水素ディーゼル燃料（HiBD）を製造するプロセスをタイで実用化するために、暫定契約期間を含めて 5 年間の研究開発を実施した。触媒技術、製品分離回収システムなど、当初に定めた技術開発目標は概ね達成されたと考えられ、製品の品質向上のための技術についても開発できた。製品の性状分析と、最新式コモンレールタイプのディーゼルエンジンによる運転試験を行い、従来の FAME 法では得られないコモンレールエンジン対応の高品質な自動車燃料として使用可能であることを実証した。また、当初想定した廃食油の供給不安定が判明したが、新たな原料「EFB 搾り油」が本プロセスに有効なものであることが分かり、利用への実験的アプローチも行うことができた。LCA 解析結果からも有用性が実証され、タイでは実用化への要望が高まってきている。今後は、商業生産プロセスを開発するための、一段大きな実証プラントによる検討が 1 日も早く実施されることが望まれる。言葉はもとより、気候、文化の違いに加え、水害や反政府デモなど、種々の障害があったにもかかわらず、PJ メンバー（特に若手研究員）の熱意と頑張りによって、ここまでの成果が得られたものと考えている。

本プロジェクトの基本方針として『活動は極力担当者の自主性に委ねる』ことが示されており、実際ほとんどの活動に関し、JST および JICA からの援助は各グループにとって大変有効であったと感じられる。実施上の問題点としては、PDM の作成など大学の研究者としては初めて行うものであり戸惑ったこと、タイでの活動についての予算執行の制約から、例えば人件費などの支出ができなかったため、マンパワーを確保するのに苦労したこと、国の予算の関係から年度ごとの予算の均等化の必要が生じたこと、さらに管理法人、契約者である北九大の規則により、採択時の研究代表者が途中で交代を余儀なくされ、プロジェクトの実施遂行上大きなマイナスになったことなどがあげられる。今後の SATREPS においてこのような点が改善されることを期待する。

以上

§ 9 PDM の変遷 (該当する場合)

2014.9.8 改訂

① [プロジェクト目標]

原料にパーム空果房を追加

② [活動]

2-1 「日本で設置されたパイロットプラントで生産された油脂の品質テストを行う」を削除 (予算・時間・場所の問題で、国内での運転は困難と判明。タイ向けパイロットプラント建設のための予算執行時期を勘案し、H24 年度の研究計画では、この分解反応装置を「輸送機材」としてタイに移設し、運転するよう変更済)

③ 2-4 「製造された油の性状分析を実施する」を追加

④ 3-4 「タイで民間企業等を対象に、研究成果の発表セミナーを開催する」を追加

⑤ 4-2 「油脂供給源となる団体・企業を供給源として含む」部分を削除、「商業化に向け油脂収集システムを検討する」に変更

研究課題名	新バイオディーゼルの合成法の開発
研究代表者名 (所属機関)	朝見 賢二 (北九州市立大学 国際環境工学部 教授)
研究期間	H22採択 平成23年3月から平成27年3月 (4年間)
相手国名	タイ王国
主要相手国研究機関	チュロンコン大学理学部化学工学科

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 国内企業による、東南アジアでの商用化 動物系油脂廃棄物の燃料化(飲食店、宿泊施設、食肉加工場など) HiBD導入によるCO2排出削減クレジットの活用
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> 油脂系化合物の変換における触媒作用機構、表面化学の学術的進展 新技術により合成された油(HiBD油)のジェット燃料への応用 藻類からの油脂生産技術への応用
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> 新規有効特許の創出 商標権の取得(HiBD) タイ政府(東南アジア諸国)のバイオ燃料の導入目標達成への貢献 既存の軽油燃料との混合比率の向上
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成(国際会議への指導力、レビュー付雑誌への論文掲載など)
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> アジアにおけるバイオマス事業の展開 国際研究センターの設立(政府機関、民間、大学など) 国費留学生受入れによる研究交流
成果物(論文、マニュアル、data等)	<ul style="list-style-type: none"> 学術論文: 2件、国際学会: 口頭9件、ポスター7件、著作物: 2件 国内特許出願: 3件

上位目標

新合成技術により製造されたバイオディーゼル油が(タイ国内で)商用ベースでの製造が開始される

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

JSTプロジェクト目標

廃食油やパーム空果房(EFB)搾り油を用いて、高品質のバイオディーゼル生成のための低環境負荷の合成法(接触分解法)を実証試験レベルで確立する。

- | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| ①合成油が市販のディーゼル油に匹敵する燃料特性を示し、ニート規格を満たす | ②環境負荷を伴う副原料を必要とせず、また副産物も実質的に発生しない | ③エネルギー収率が従来法(FAME法: 60%程度)以上を達成 |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|

