

平成 15 年度 CDM/JI 事業調査

ひまわりを資源作物としたバイオディーゼル油製造
に関するタイでの調査

報告概要書

平成 16 年 3 月

株式会社パウワウプール

報告書概要

1. プロジェクトの目的

本プロジェクトは、タイ東北部ロエイ(Loei)県で契約農家に依頼してひまわりを資源作物として栽培し、そこで収穫されるひまわり油からバイオディーゼル(BDF)を製造し、提携したガソリンスタンドや運送会社で販売するものである。バイオディーゼルは、軽油の代替燃料として利用され、軽油消費量が減少する事により温室効果ガスの削減が期待される。

本報告書は、本プロジェクトをCDMプロジェクトとして事業化を行うため、PDDの作成を念頭に行ったフィジビリティ調査をまとめたものである。

2. プロジェクトの背景

事前調査及び現地調査により、ホスト国であるタイの農業・エネルギー事情、地球温暖化対策やCDMの方針、及びひまわり栽培とバイオディーゼル事情等、本プロジェクトの実施計画や評価を立案する為に必要な情報を得た。

農業事情

農業はタイの国民経済を支える主要な産業の一つであり、就業人口の約 5 割が農業に従事している。主要作物は米で、その輸出量は全世界の米輸出の 3 割近くを占め世界一である。

中央平野部は灌漑の進んだ豊かな穀倉地帯であり、南部は天然ゴムやパームの栽培が盛んである。一方、北部や東北部では、水資源が乏しい上に土壌浸食等の悪条件の為、農業が主要産業にも関わらず、農業生産性が低く農業所得も低い。

よって、農村の雇用創出及び所得向上への政策が、国全体の経済政策に重要な意味を持つ。現タクシン政権は、第 9 次国家経済社会開発計画(2002 ~ 2006)の農業政策として、農産物の品質向上や生産拡大、一村一品運動による農産物の付加価値の向上、雇用創出等を発表している。

エネルギー事情

タイのエネルギー消費は年々増加し、総エネルギー消費量の 60 %以上を輸入が占める輸入依存型である。特に原油の国内供給量の内、90 %を輸入が占める。エネルギー供給の 30 %を占める天然ガスは、75 %以上をタイ国内で産出している。

原油はタイ国内で精製し、石油製品として国内で使用される。その 45 %は軽油で、運輸用燃料として利用されている。運輸用燃料の内、80 %近くは軽油が占め、タイではディーゼル車が最も普及している事が分かる。また、農業部門でも農業機械用燃料の 90 %を軽油が占めている。

タイの主要な国産エネルギー源である天然ガスは、エネルギー輸入依存型を抑制する為の

政策として、その消費促進がうたわれている。主に発電用として利用され、発電量の 60 %以上を天然ガスに依存している。

再生可能エネルギーは、主にサービス業等の商業用、産業用として利用され、2002 年には最終エネルギー消費量の 2 割近くを占めるまでになった。そのエネルギー源は、70 %を木材燃料が占め、バガス、籾殻と続く。

持続可能な経済発展を行う為には、エネルギーを適切な価格で安定的に供給し、環境への配慮を欠かさない事が必須である。そこで、第 9 次国家経済社会開発計画では、エネルギーの効率的・経済的な利用促進や再生可能エネルギーの利用促進、エネルギー安定供給の促進等が挙げられている。また、この政策により、2011 年には一次エネルギーにおける再生可能エネルギーの利用率を現在の 0.5 %から 8 %にまで増加させる事が可能であると見込んでいる。

地球温暖化対策に関わる取り組み

タイは、1992 年 6 月に気候変動枠組条約 (UNFCCC) に署名し、1994 年 12 月に批准、翌 1995 年 3 月に発効された。タイ最初の国別報告書 (Initial National Communication) は、2000 年 11 月に UNFCCC に提出され、1994 年の温室効果ガス (GHG) インベントリーが示された。また、1992 年 2 月に京都議定書に署名し、2002 年 8 月に批准した。タイは非附属書 I 国であり、温室効果ガス削減義務を負わない。CDM については、国家戦略スタディが終了し、現在 CDM 制度の作成が行われているところである。

1990 ~ 1998 年の温室効果ガス排出量は、年々増加しており、特にエネルギー分野の排出量が 50 %を占める。一方、1990 年には 50 %を占めていた土地利用や林業からの排出量は徐々に減少し、1998 年では 20 %程度になった。

エネルギー分野からの CO₂ 排出量の内、エネルギー変換 (発電プラント) と運輸がそれぞれ 3 分の 1 ずつ占めている。その他、20 %を産業・鉱業・建設が、7 %をその他がそれぞれ占めている。

タイは、熱帯地域の発展途上国であり、人口の半分以上が農業に従事している事から、気候変動に対して非常に影響を受けやすい。上記の温室効果ガス排出量の推移をふまえ、温暖化対策として、エネルギー効率の改善、代替燃料と再生可能エネルギーの開発、運輸部門の効率化、植林と森林保護が挙げられている。

CDM の方針

2003 年 1 月、タイ政府は CDM に関する方針を発表した。その中で、CDM を行うにあたり十分考慮しなければいけない点として、持続可能な開発が十分に守られる事、真の技術移転である事、市場指向型である事が挙げられている。

また、持続的な開発を確実にする為には、以下の 3 点の留意点を挙げている。

- 持続可能な再生可能エネルギー開発のニーズと分野の明確化
- ニーズに適應するような共同開発体制作り
- 京都議定書に示されている目的達成確認が可能なモニタリングシステムの開発

持続可能な開発、規制問題、ユニットコスト、国際的ニーズ、投資の可能性等の条件から、タイでの CDM として成功の可能性が高い事業が幾つか挙げられている。その中で、経済的にも持続可能な開発という点に於いて、エネルギー分野が最も実行の可能性が高い、としている。特に、バイオマスを利用した再生可能エネルギーは、持続可能な開発への貢献度が高いとして、筆頭に位置付けられている。

ひまわり栽培事情

ひまわりは、中央部や北部の 8 県で栽培されており、農産物の多様化を図る為政府が積極的に取り組んでいる作物の一つである。ひまわりは 9 月から 1 月まで栽培され、豆類やトウモロコシとの二毛作(又は三毛作)が行われている。

タイで栽培されているひまわりはハイブリッド種で、収穫された種は主に食用や食用油として利用されている。特にひまわり油は、輸出用魚介類の缶詰用の油としての需要が大きく、不足分が米国やアルゼンチン等から輸入されている。

現地調査を行った PACIFIC SEEDS (THAI) LTD.は、1975 年からロップリ・サラブリ県でひまわりの栽培試験を開始し、農業協同組合省農業促進局と協力しながら栽培地域を拡大した。PACIFIC SEEDS 社は、ひまわりへの転作を促進する為に、農家や農業試験場と契約し収穫した種を全て買い取る事で農家の収入を保証する、という促進策を実施した。その結果、ロップリ・サラブリ県一帯で 10 万ヘクタールのひまわり畑が広がり、花の最盛期の 11 ~ 12 月には一大観光地となっている。その観光収入も 10 億万バーツに達し、農村・農家の収入を支えている。

PACIFIC SEEDS 社と契約農家との種の売買価格等を以下にまとめる。

農家への種の売却価格	220 ~ 260 バーツ/kg
農家からの種の買い取り最低価格	8.5 バーツ/kg
種 1 kg から収穫される種の平均収量	200 kg
1 ha 当たりの種の収量	0.65 ~ 1.5 t/ha
農家一戸当たりの耕地面積	平均 4 ha
ひまわり栽培による農家一戸当たりの収入	年間 30,000 バーツ/ha

バイオディーゼル事情

2000 年 11 月に国王の命に従い biodiesel の調査・研究が王室プロジェクトとして進められ、これを機にタイでも biodiesel への関心が高まった。タイでは、100 % 軽油の代替燃料として使用出来るメチル及びエチルエステルを「biofuel」(本プロジェクトで BDF と呼び、製造を計画しているもの)、植物油やエタノールを軽油と混合したものを「biodiesel」と定義している。

特に、自給できるパーム油と軽油を混合した biodiesel、「パーム diesel」が注目され、2001 年に国王名義でパーム diesel に関する特許が申請されると、その製造技術や性能についての実用化試験が実施された。また、タイ各地で biodiesel やパーム diesel を製造・販売する業者が現れ、バイオディーゼルブームともいえる状況が作り出された。しかし、一部粗悪品も流通したためパーム diesel の使用によるオイルフィルターやエンジントラブルが報告され、バイオディーゼルの

普及に歯止めがかかった。

一時的なブームは下火となったが、政府は biodiesel の実用化に向けた取り組みを実行している。2003 年 5 月、エネルギー省は海軍と共同で、海軍施設において biodiesel の使用についてのフィジビリティスタディを行う為に、400 万パーツの予算を計上した事を発表した。2006 年までに軽油消費量の 2 % を biodiesel で賄う事を目標としている。また同時期に農業協同組合省は、2007 年までにパーム油の生産量を 2 倍以上に増やし、代替燃料としての利用を促進させる案を発表した。今後も、政府は biodiesel 実用化に向けた取り組みを継続していく事を明らかにしている。

Biofuel に関しては、biodiesel より高品質の為タイ政府も非常に有効と考えているが、コスト高であるので製造技術の改善とコストダウンが必須であり、未だ販売には至っていない。

3. プロジェクト実施計画

プロジェクト概要

本プロジェクトは、タイ東北部ロエイ県のラオス難民の居留区に有る遊休農地でひまわりを資源作物として栽培し、バイオディーゼル(BDF)の製造を行うものである。ひまわりの栽培は、農家と契約しプランテーションとして行う。

ひまわりは資源作物であり、「バイオ・リファイナリー」の発想から、BDF だけでなく、蜂蜜(生理活性物質)、パルプ、飼料、肥料等を生産する計画である。この様に様々な製品を得る事で、相乗効果によりそれぞれの販売価格を低く設定することが可能であると考えられる。

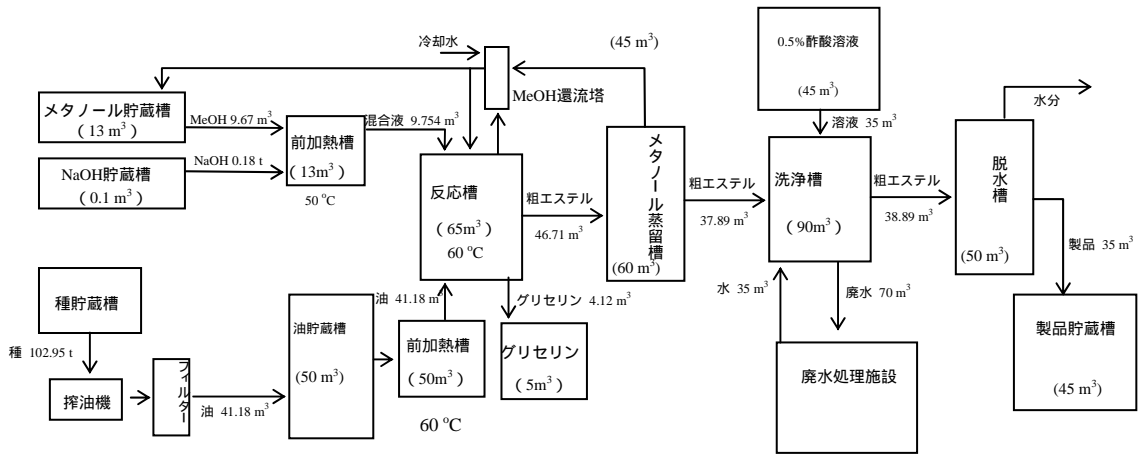
プロジェクト立案

・バイオディーゼル製造

本プロジェクトでの BDF 製造は、欧米で標準化されているエステル交換反応を基礎とした製造方法を用いる。製造工程は以下の様になる。

種	搾油	エステル化反応	グリセリン分離	洗浄	脱水	BDF
---	----	---------	---------	----	----	-----

製造プラントは、1 日の生産量 35 m³、年間 9,240 m³ の BDF 製造能力を有し、月 22 日、年 264 日稼働させる計画である。そのプラントフローは以下の様になる。

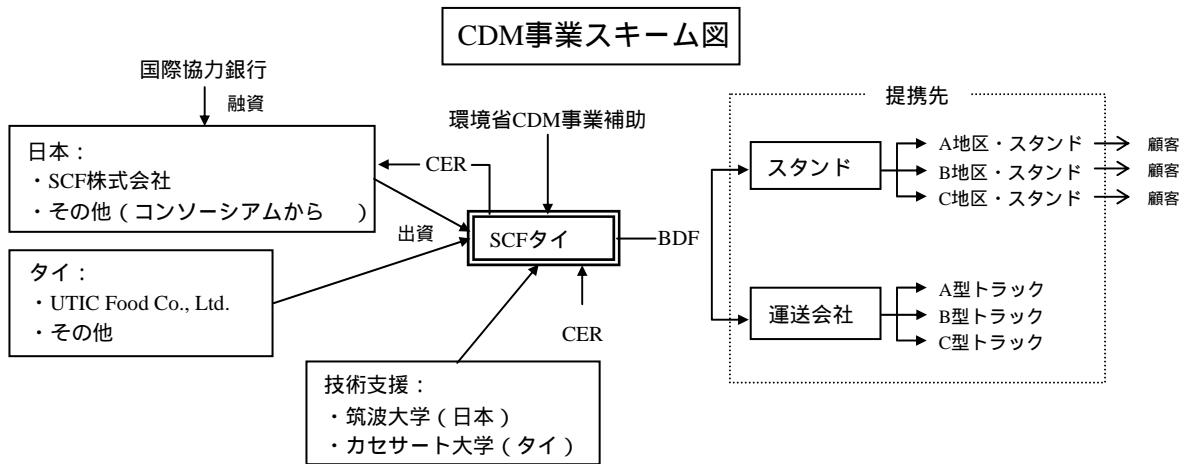


BDF 製造施設プラントフロー

本方法は、煩雑な操作を伴わないので、技術導入に時間がかからず、コストも低く抑える事ができ、現地へ導入する技術として最も適していると判断した。

・プロジェクト実施体制

現地に日タイ共同出資の現地法人、仮称「サンケアフューエルズ タイ株式会社 (SCF・タイ)」を設立し、この法人に対して日本からの技術供与、指導を行う予定である。製造した BDF は、提携するガソリンスタンドや運送会社に供給される予定である。



: SCF = サン・ケア・フューエルズ株式会社
 : 日本立地センターが中心となりコンソーシアムを企画
 : SCFタイ = サン・ケア・フューエルズ・タイ株式会社

・生産計画及び収支

プロジェクト実施初年度は、会社設立とプラント設計・施工、PDD 作成に関する追加調査及び PDD 作成を行う予定である。プラントの設計は主に日本で、施工は日本側の指導の下地元

の業者が進めていく。2年目の2006年から本格的にプラントを稼働し、BDFの製造を開始する予定である。

本プロジェクトの事業収支試算は次の様になる。プラント建設費用を101,150,000円と見積もり、売り上げにはBDFの他、グリセリン、肥料の売却も入っている。

事業収支 (千円)

	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
売上高	0	927,135	1,001,306	1,081,410	1,167,923
売上原価	0	893,775	965,277	1,042,499	1,125,899
売上総利益	0	33,360	36,029	38,911	42,024
販売費・一般管理費	20,000	20,000	21,400	22,898	24,501
営業利益	-20,000	13,360	14,629	16,013	17,523
営業外収益		0	0	0	0
営業外費用		100,000	0	0	0
経常利益	-20,000	-88,640	14,629	16,013	17,523
特別利益					
特別損失					
税引前当期利益	-20,000	-88,640	14,629	16,013	17,523
法人税・住民税					
税引後当期利益	-20,000	-88,640	14,629	16,013	17,523

会社への出資は、2004年5月設立予定の筑波大学発ベンチャー企業「サン・ケア・フューエル株式会社」が行う。また、財団法人日本立地センターが中心となり、CER獲得に興味のある企業を中心としたコンソーシアムの設立を現在進めており、そこからの出資を併せて予定している。タイ側の出資は、現地カウンターパートのUTIC Food Co., Ltd.からとその他企業からを予定している。またプラント建設費は、一部資本金、現地企業の出資および、国際協力銀行の海外投資金融を使用する予定である。

設立後5年間の資金収支を以下に示す。

資金収支 (千円)

	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
減価償却費					
キャッシュフロー	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
長・短期借入金	-11,000	-77,640	23,629	25,013	26,523
借入金元本返済		13,000	12,700	12,400	12,100
株主配当金	0	0	0	0	0
ネットキャッシュフロー	119,000	-90,640	10,929	12,613	14,423

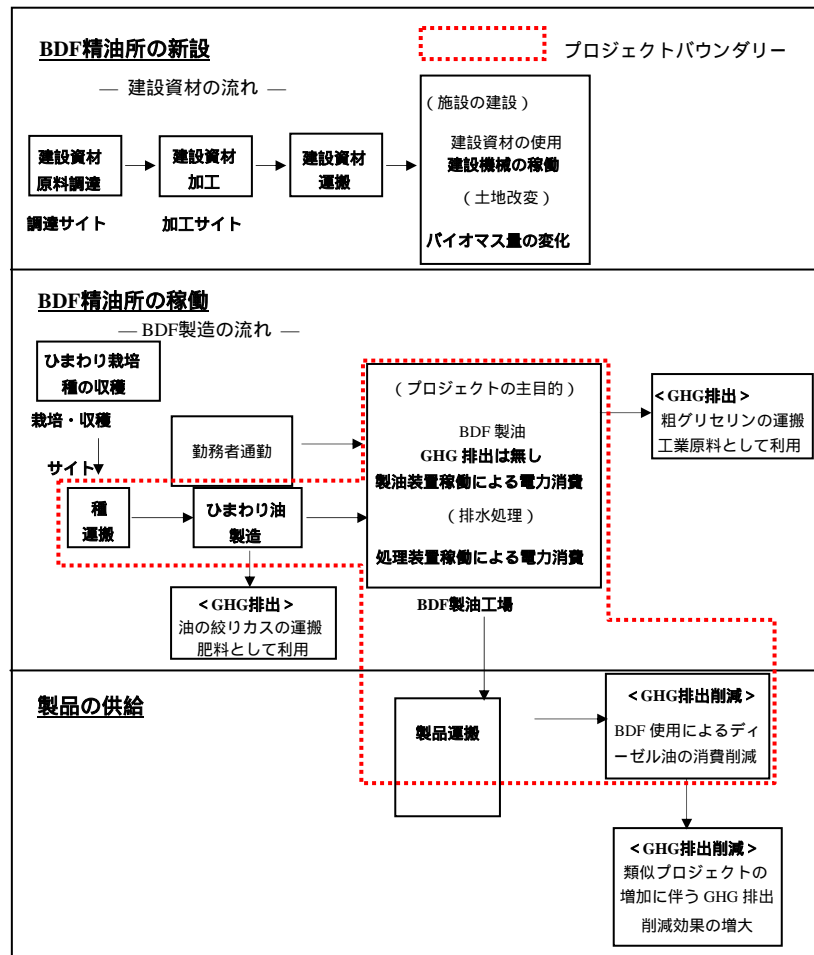
4. プロジェクトの評価

タイのCDM関係者 Dr. Asdaporn Krairapanond 及び Dr. Vute Wangwacharakul に、本プロジェクトを説明したところ、「持続可能な開発に貢献し、特に問題を感じない。むしろタイ国として歓

迎されるプロジェクトに当たるとの意見を頂いた。以下、CDM プロジェクトとしての評価について示す。

プロジェクトバウンダリーの検討

設定したプロジェクトバウンダリーを以下に示す。



ベースラインシナリオの検討

BDF は軽油の代替燃料として利用し温室効果ガスを削減する事が出来る。よって、タイ国内で本プロジェクトで製造された BDF により代替される軽油量がベースラインとなる。

ベースライン方法論として、BDF と軽油の燃費や燃焼効率の違いをどう設定するかが鍵となる。本プロジェクトでは、BDF と軽油の発熱量の比が燃費の差に、燃焼効率はほぼ同一と設定してベースラインを検討した。

そこで 1 m^3 の BDF を使用する事で削減される軽油量を求めた。BDF と軽油の発熱量及び比重から、 1 m^3 の BDF に相当するエネルギーを得るのに必要な軽油量は、 $0.889 \text{ m}^3 (0.776 \text{ t})$ となった。

BDF の製造開始は 2006 年からで、クレジット獲得期間は 8 年としている。よって、その間に

計画しているひまわりプランテーションの耕地面積及び BDF 生産量から、代替される軽油量及びその軽油消費によるベースライン CO₂ 排出量を求めた。なお、軽油からの CO₂ 排出量は、IPCC ガイドラインに従い計算した。

	BDF 生産量 [t/year]	代替される軽油量 [t/year]	ベースラインCO ₂ 排出量 [t-CO ₂ /year]
2006	8,811	7,832	24,884
2007	9,516	8,459	26,875
2008	10,277	9,135	29,025
2009	11,099	9,866	31,347
2010	11,987	10,655	33,854
2011	12,946	11,508	36,563
2012	13,982	12,428	39,488
2013	15,101	13,423	42,647
合計			264,681

モニタリング計画

・BDF の消費量

製造した BDF は、提携先のガソリンスタンドや運送会社で販売・利用される。モニタリング方法として以下の 2 つの方法が考えられる。

- BDF 製造工場から出荷された BDF 量を消費量としてモニタリングする。
- 提携先で販売・利用された BDF 量を消費量としてモニタリングする。

しかし、厳密にはディーゼルエンジンの種類や車種が違えばその燃費や燃焼効率も変わり、CO₂ 排出量が変わってくる可能性がある。BDF 消費量からどのように CO₂ 排出量を算定するかが重要であるが、今回の調査では決定するまでには至らなかった。今後、専門家もメンバーに加え、引き続き方法論を検討していく。

・BDF 製造施設内での消費電力及びメタノール使用量

BDF 製造施設は、動力源を電力に頼っている為、工場内の電力使用量をモニタリングする。生産工程で使用するメタノールは、未反応分は回収・再利用されるが、反応して BDF になった分は GHG 削減量から差し引かなければならない。よって、メタノールの使用量・反応量をモニタリングする。

温室効果ガス削減量の計算

ベースライン CO₂ 排出量からプロジェクトの実施によって排出される CO₂ 量を差し引いた値が、実際に削減される CO₂ 量となり炭素クレジットの対象となる。

BDF は、ひまわり油とメタノールの化学反応によって生成され、ひまわり油分の燃焼による CO₂ 排出量は、IPCC ガイドラインによりゼロとする。一方、メタノール分の燃焼による CO₂ 排出量は、考慮する必要がある。また、プロジェクトバウンダリー内の BDF 製造施設内で使用する電力、収穫したひまわりの種及び BDF の運搬によって排出される CO₂ 量も考慮しなければならない。

1 m³ の BDF に含まれるメタノール分の炭素は 2,964.3 モルで、その燃焼による CO₂ 排出量は、

0.130 [t-CO₂]となる。また、1 m³ のBDF 製造過程で消費される電力は 400 kWh で、CO₂ 排出量は 0.178 [t-CO₂]となった。種の運搬については、集積所から BDF 製造施設までの平均距離を 20 km として、積載重量 15 t のトラックを使用して行うと設定した。BDF の運搬については、提携先がまだ決定していないので、今後の調査課題とする。

計画している種の収穫量、BDF 製造量より、バウンダリー内の CO₂ 排出量を求めた結果を以下の表に示す。

バウンダリー外の CO₂ 排出量については、ひまわりの栽培によるバイオマス量の変化、トラクタの使用による燃料消費、種の収穫、搾油後の残渣及び粗グリセリンの運搬による燃料消費が挙げられる。

ひまわり栽培によるバイオマス量の変化は、遊休農地を利用する為、その影響は試算に含めないものとする。また、種の収穫も手摘みを行う事で、燃料を消費しない。ひまわり栽培中に利用するトラクタと、搾油後の残渣の運搬で利用するトラックの使用による CO₂ 排出量を算定したが、いずれも 30 ~ 150 [t/year]と GHG 削減量に比較して非常に小さな値であった。よってその影響は軽微であると判断し、バウンダリー外とした。粗グリセリンの運搬に関しては、今後の調査課題とする。

リーケージについても、本プロジェクトを行う事で、温室効果ガスを排出する他の事業が起こる可能性はほとんど無いものと考えた。

よって、本プロジェクトの実施による CO₂ 排出量は、バウンダリー内から排出される量であり、ベースライン排出量から差し引いた値が、本プロジェクトによって削減される温室効果ガス量となる。

	ベースライン CO ₂ 排出量 [t- CO ₂ /year]	メタノール分の CO ₂ 排出量 [t- CO ₂ /year]	消費電力から のCO ₂ 排出量 [t- CO ₂ /year]	種の運搬によ るCO ₂ 排出量 [t- CO ₂ /year]	削減される GHG量 [t- CO ₂ /year]
2006	24,884	1,312	1,797	53	21,722
2007	26,875	1,417	1,940	57	23,460
2008	29,025	1,530	2,095	62	25,337
2009	31,347	1,653	2,263	67	27,364
2010	33,854	1,785	2,444	72	29,553
2011	36,563	1,928	2,640	78	31,917
2012	39,488	2,082	2,851	84	34,370
2013	42,647	2,249	3,079	91	37,228

利害関係者のコメント

ひまわり栽培に関しては、農家とタイ国営農業試験場の Dr. Manoon Pumklom にインタビューを行った。その結果、「バイオディーゼルの生産をひまわり油から行う事は、今後ひまわりの需要が高くなることも意味するので歓迎する。また、ひまわりを資源作物と捉えて色々な物を製造する計画は、農家の収入を上げるだけでなく、その生産技術や収穫高向上の為の技術習得

にもなるので歓迎したい」とのコメントをもらった。

また、PTT(タイ石油公社)の関係者からは、「バイオディーゼル製造の参入は歓迎する。特に新しい技術の導入や、新エネルギーの可能性を持っている点は興味深い」とのコメントをもらった。また、同社はパーム diesel の製造を行っているが、技術提携を積極的に進めたいとの申し出があった。

環境影響及び間接影響

・環境影響

BDF は、軽油の代替燃料として利用する事で、温室効果ガスの抑制効果だけでなく、ディーゼルエンジンの排気ガスによる大気汚染も改善し、排気ガス中の浮遊粉塵、多環芳香族炭化水素、一酸化炭素、硫黄酸化物を減少させる事が出来る。タイでは車両数の増加に伴い、その排気ガスによる大気汚染は深刻な問題となっており、その軽減が促進されると考えられる。

・間接影響

ひまわりを栽培し BDF を製造する事で、新たな産業を生み出し、農村の活性化や経済効果が期待できる。

5. まとめ

本プロジェクトは、タイ東北部ロエイ(Loei)県周辺に存在するラオス難民居留区でひまわりを資源作物として栽培し、そこで収穫されるひまわり油からバイオディーゼル油(BDF)を製造する計画である。

当初このプロジェクトは、バージン油を使用するということから、コストおよび耕作地等の問題があり、事業として妥当かと言う問題と共に、CDM事業としては、BDFとしてどれ程のGHG排出量が削減されるのかどうか、という議論があった。

今回の調査の結果、先ずバージン油を使用する際のコストの問題は、特別地域を利用するため低借地料と低労働コストという条件が揃った。そして我々が考えている“バイオ・リファイナリー”のコンセプトでひまわり(資源作物)から蜜・パルプ(茎)、肥料(葉)、漢方薬(花びら)、飼料(種)、生分解性プラスチックの原料等を生産する事により、タイで供給するBDFを市場適正価格で提供できる可能性が見えた。CDM事業としてもBDFの製造・普及がGHG削減効果を十分有する事が示唆され、プロジェクトとしての見通しが立った。また重要な点は、このプロジェクトはラオス難民居留区の方々へ雇用機会を提供するということである。そのため、地元難民居留区管理局からは、このプロジェクトを早急に進めてもらいたいとの伝言も戴いている。

今年度は、色々な問題点を抱えたままの調査終了となったが、来年度は日本側にPDD作成経験者と、Climate Expertsの代表・松尾直樹氏にも加わっていただき、PDD作成に向けて取り組んでいく予定である。またタイでは更に1社パートナーを加え、6月末に計画中の試験栽培の準備を行う一方、CDM事業の認証に向けて、引き続きタイ政府との交渉を続けていく。