

平成 20 年度 CDM／JI 事業調査

タイ・キャッサバ粕利用エタノール製造 プログラム CDM 事業調査

報告書

平成 21 年 2 月

株式会社前川製作所

タイ・キャッサバ粕利用エタノール製造プログラム CDM 事業調査

報告書目次

○報告書概要版（全 14 ページ）

○略語・専門用語等一覧

○事業概要参考写真一覧

第 1 章プロジェクトに関わる基本事項

1-1	プロジェクトの概要	P1-1
1-2	ホスト国の CDM に関する政策・状況等	P1-3
1-3	ホスト国の持続可能な開発への貢献	P1-3
1-4	提案プロジェクトの技術移転の側面に関して	P1-5

第 2 章調査課題と調査内容

2-1	調査課題と成果	P2-1
2-1-1	タイにおける燃料用エタノール業界の動向とキャッサバ系原料への期待	P2-1
2-1-2	タイにおけるキャッサバ産業の動向とスターチ工場概要	P2-4
2-1-3	キャッサバ粕利用エタノールプラントのビジネスモデル検討	P2-15
2-1-4	エタノール製造の技術情報収集と各種キャッサバ粕予備試験	P2-19
2-1-5	エタノールプラントシステム検討概要	P2-26
2-1-6	標準規模プラントにおける GHG 削減量検討	P2-28
2-1-7	事業推進のためのプログラム CDM 化の検討	P2-37
2-1-8	タイにおける CDM 事業の各国の動向	P2-39
2-2	調査実施体制と調査スケジュール	P2-41
2-2-1	調査実施体制	P2-41
2-2-2	調査スケジュール	P2-42
◆	第 2 章関連添付資料リスト、主要参考文献・出典リスト	P2-43

第 3 章 CDM プロジェクトの検討

3-1	固有のモデル CPA と PoA の概要	P3-1
3-1-1	固有のモデル CDM 事業概要	P3-1
3-1-2	プログラム CDM の概要	P3-1
3-2	固有の CPA の内容	P3-4
3-3	プログラム CDM(PoA)の全体概要	P3-17
◆	第 3 章関連添付資料リスト	P3-22

第4章 プロジェクトの事業性

4-1	プロジェクトの実施体制	P4-1
4-2	プロジェクトの概算費用試算	P4-2
4-3	資金計画及び経済性分析	P4-6
4-4	事業化に向けての見込み・課題と今後のスケジュール	P4-7
4-5	ホスト国におけるコベネフィットの実現	P4-10
◆	第4章関連添付資料リスト	P4-10

○おわりに

○各章別添付資料

添付2-1	タイのエタノール工場分布図およびリスト
添付2-2	キャッサバスターチ工場のエリア別リスト
添付2-3	各種文献よりキャッサバ粕の成分分析一覧
添付2-4	リグノセルロースの前処理技術一覧
添付3-1	CER 計算シート
添付4-1	経済性分析（IRR 試算）資料

○PDD 関連添付資料

- ・ PoA-DD
- ・ Completed CPA-DD
- ・ PoA Specific CPA-DD

○ 略語・専門用語等一覧

本報告書で使用されている代表的な略語を示す。CDM 事業の一般用語は省略している。

【タイの組織固有名詞、頻出地名、通貨略号】

BOI	投資委員会。Bureau of Investment タイへの投資奨励政策などの決定機関。
Chachoengsao 県	チョセンサオ県。キャッサバ生産量第 5 位。バンコクより東に約 100km。 東部地域に位置する。
Chon Buri 県	チョンブリ県。キャッサバ生産量第 6 位。バンコクより南東に約 100km。 チョセンサオ県の南で東部地域に位置する。
DEDE	エネルギー省 代替エネルギー局。Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy タイの自動車燃料用エタノール促進政策などの監督局
Kamphaeng Phet 県	カンペンペット県。キャッサバ生産量第 2 位。バンコクより北北西に約 300km、 北部地域に位置する。
KAPI	カセサート大学農業・農産工芸品改良研究所。Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute 本調査におけるタイ側調査のカウンターパート。
Nakhon Ratchasima 県	ナコンラチャシマ県。キャッサバ生産量 1 位。バンコクより北東へ約 250km。 東北部地域に位置する。
NETTA	東北タイタピオカ貿易協会。North Eastern Tapioca Trade Association タイ東北部を中心としたキャッサバ製品を取り扱う企業の業界団体。スターチ工場 だけでなく、チップやペレット工場も加盟しているのが TTSA との違い。 Nakhon Ratchasima 県の中心部に拠点を持つ。
SWI	サングアン・ウォン・インダストリーズ。Sanguan Wongse Industries Co., Ltd. 本調査の固有の CPA 検討サイト。
TGO	タイ温室効果ガス管理機構。Thailand Greenhouse Gas Management Organization。タイの DNA 組織
TTSA	タイタピオカスターチ協会。Thai Tapioca Starch Association タイのキャッサバスターチの業界団体。スターチ会社 61 社、その他のスターチ関 連企業が賛助会員として加盟している。本調査における活動プログラム (PoA) の 調整管理組織 (Coordinating/managing entity) の候補。バンコク市内に拠点をか まえている。
Uthai Thani 県	ウタイタニ県。キャッサバ生産量第 12 位。バンコクより北東に約 200km。中部地 域に位置する。ウタイタニ県をさらに北上するとカンペンペット県となる。
THB	タイバーツ。 本報告書では、1THB=3JPY(日本円)として算出している。

【キャッサバおよびエタノール製造関連】

キャッサバ Cassava	キャッサバ。トウダイグサ科イモノキ属イモノキに属する。塊根にデンプン(Starch)を蓄える草丈 2～3m の植物で、乾燥に強く土壌条件の厳しい土地でも比較的容易に栽培できる。別名タピオカ (Tapioca)。本報告書では、キャッサバと表記。 キャッサバ粕(Cassava Pulp)、チップ (Chip)、ペレット (Pellet)				
モラセス Molasses	製糖工場でケーンジュースを煮詰めて砂糖を析出させたのち最後に残る廃糖蜜。糖分約 40%の黒い液体。良質のエタノール原料。				
スターチ デンプン Starch	分子式 $(C_6H_{10}O_5)_n$ の炭水化物（多糖類）で、多数の α -グルコース分子がグリコシド結合によって重合した天然高分子である。種子や球根などに多く含まれる。 分子量は数万～数百万。				
エタノール Ethanol	分子式 C_2H_5OH 、分子量 46.07、比重(15℃)0.794、沸点（1 気圧）78.3℃ 比熱 0.577kcal/kg エタノール発酵反応式 $C_6H_{10}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$ 分子量 180 2×46 2×44				
物質名 (日・英表記)	グルコース Glucose $C_6H_{10}O_6$ 分子量 180	セルロース Cellulose	ヘミセルロース Hemicellulose	リグニン lignin	
エタノール 製造工程 (日・英表記)	前処理 Preparation	液化 Liquefaction	糖化 Saccharification	発酵 Fermentation	蒸留 Distillation
エタノール 製造設備他 (日・英表記)	モロミ塔 Rectification Column	精留塔 Distillation Column	糊化（こか） Gelatinazation	酵母 Yeast	酵素 Enzyme

【活動プログラム(PoA)関連など】

Coordinating /managing entity	調整管理組織
CPA	CDM プログラム活動。CDM programme activity
PoA	活動プログラム。Programme of activities
SPC	特別目的会社 Special Purpose Company

○事業概要参考写真一覧



写真1 キャッサバ畑



写真2 キャッサバイモ (チップ工場にて)



写真3 SWI 社におけるトラック受入風景
(最盛期は常時 100 台のトラックが計量待ち)



写真4 スターチ工場内イモ受け入れ工程
(チョセンサオ県スターチ工場にて)



写真5 キャッサバ粕搬出ヤード (コンベアから
落ちてくる粕をトラックで貯留エリアまで搬出)



写真6 キャッサバ粕の荷おろし



写真7 キャッサバ粕拡大



写真8 キャッサバ粕貯留エリア (見えている範囲
が全てキャッサバ粕、メタンガスの発生を確認)



写真 9 キャッサバ粕の乾燥開始作業（乾期）



写真 10 薄く敷き詰められたキャッサバ粕



写真 10（参考）キャッサバチップ工場
（クラッシュして天日乾燥するのみ）



写真 11 ペレット工場での乾燥キャッサバ粕保管



写真 13 左/キャッサバ粕、右/ペレット



写真 14 キャッサバの茎（Stem）バイオマス燃料として検討中、通常は畑に放置される



写真 15 バンコク市内でみかけた E85 車
（エタノール会社保有のもの）



写真 16 TTSA における事業説明
（関係者約 30 名出席、2008 年 12 月）

第1章 プロジェクトに関わる基本事項

1-1 プロジェクトの概要

1) ホスト国、地域

タイ王国（タイ全域のキャッサバスターチ工場を対象としたプログラム CDM 調査）

2) プロジェクトの概要

本調査ではタイ王国（以下、タイ）のキャッサバスターチ工場にてスターチ製造の副生物（廃棄物）であるキャッサバ粕を用いてバイオエタノールを製造する「キャッサバ粕利用エタノール製造事業（以下、本事業）」のプログラム CDM 事業化の実現可能性を調査する。

本事業では、スターチ工場に併設して「キャッサバ粕（注：乾物重量のうちスターチを 50 ～60%含有）」を原料としたエタノール工場を建設し、50～75%程度の「中濃度粗留エタノール」を製造することにより、従前は野積み放置中に腐敗が進みメタンガスを発生していたものが抑制される。なお、エタノール製造のための蒸気等のプロジェクト実施により消費するエネルギーは、極力、廃棄バイオマス（繊維粕やキャッサバの外皮・茎など）を使用して生成することで、化石燃料消費をできるだけ抑えた製造プロセスとなるように配慮する。

本事業で製造した中濃度粗留エタノールは、近郊の既存（あるいは既にエタノール製造ライセンス取得済み案件）の自動車燃料用エタノール工場で精製し、99.5%以上の濃度の自動車燃料用エタノールを製造することで、先行する燃料用エタノール工場と競合することのない事業化を目指す。このような、「キャッサバ粕利用エタノール工場」をタイの各所で複数建設する「プログラム CDM 活動（PoA）」を計画している。本事業の1件あたりの CER 取得量はさほど多くないために単独の事業を CDM 化するには諸手続き費用の負担が大きいため、タイ全域を対象とした PoA として行うことで1件あたりの手続き費用負担の削減と、多くのスターチ工場が事業参加しやすい枠組の形成を狙っている。

CPA(CDM プログラム活動)の一件目のモデルの候補として、バンコクより北東に約 250km のナコンラチャシマ県に位置する Sanguan Wongse Industries 社（SWI 社）を選定し、事業計画を策定した。PoA の調整管理組織としては、スターチメーカーの業界団体であるタイタピオカスターチ協会(TTSA)との協議を進めている。



図 1-1 ナコンラチャシマ県



写真 1-1 キャッサバ畑

本調査ではカセサート大学農業・農産工芸品改良研究所（KAPI）にプログラム CDM 化のための基本情報収集やベースライン設定およびモニタリング計画のための各種分析作業などの協力を得ている。

3) 企画立案の背景

参考までに、調査委託先である株式会社前川製作所が本事業調査を提案するに到った経緯を概説する。

前川製作所は産業用冷凍機の製造・販売を主たる業務として行っているが、1980年代に「石油代替補助金」を受けて、産業用スクリーコンプレッサを改良して産業分野の排蒸気の回収再利用を行う「スクリー式スチームコンプレッサ」の開発を行った。その開発技術を用いて「エタノール蒸留塔の熱回収ヒートポンプシステム（エタノール蒸留 VRC システム）」を国内の大手エタノールプラントに計4ヶ所（工業用、飲料用双方あり）に導入しており、その省エネルギー効果を高く評価していただいている。

このような国内での省エネルギー設備導入経験を東南アジアに展開するため、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）のスキームである「国際エネルギー消費効率化等モデル事業実施可能性調査」を活用して平成19年度に「エタノール工場省エネルギー化モデル事業実施可能性調査（タイ）」を実施した。その際にタイの自動車燃料用エタノールに関する情報収集を幅広く実施した結果、今後予想される問題点として、以下の点が挙げられることが判明した。

まず1点目は、エタノール原料調達である。現在は多くのエタノール工場がモラセス（製糖工場の副産物、糖分を40%程度含有）を使用しているが、エタノール生産量の増加とともにモラセスが不足すると見込まれている。第二のエタノール原料としてはキャッサバが考えられるが、良質のデンプン原料であるキャッサバは世界の穀物市場やデンプン市場に左右され、価格変動リスクが高い。近年の穀物市場の高騰で既に悪影響が出ており、「キャッサバを主原料としたエタノール工場」が2008年時点で3工場完工しているが、うち、2工場はキャッサバの価格高騰により工場が完成しているにも関わらず試運転を開始することなくプロジェクトを中断しているといった状況となっている。

2点目の問題として、キャッサバを「自動車燃料用エタノール」原料とすることは、米国におけるトウモロコシ原料エタノールと同様に「食糧と競合」することになるという点である。

価格競争力に関してさらに述べると、「キャッサバ生イモ、もしくは、キャッサバチップ（乾燥品）」を原料としてエタノールを製造する工場は、キャッサバ生産過剰が続いた2002年～2003年頃のキャッサバ価格が非常に安価であった頃に計画されたものであり、2004年以降は事情（キャッサバ価格動向）がかなり違ってきている。キャッサバ生イモは現在の価格1.5～2 THB/kgであり、6 kg/L-エタノールを使用するので原料原価だけで9～12 THB/Lであり、これに酵素代などが加算される。第一のエタノール原料であるモラセスも原料原価はおよそ12 THB/Lであるが酵素が不要であることから、モラセスからのエタノール生産のほうが価格競争の面で有利である。

製品エタノールの公定価格はブラジル産エタノールの価格と連動して3ヶ月毎に更新されるが、2007～2008年の平均的な価格である17～19 THB-etha/Lではキャッサバを用いた場合は採算が取れない。その結果として、前述のような完工しても操業開始しない工場に加えて複数のキャッサバ原料のエタノール工場が着工後のプロジェクト延期を余儀なくされているという現状である。

以上のように、近い将来には第一のエタノール原料のモラセスが不足するが、第二のエタノール原料と考えられていたキャッサバ原料のエタノール工場は採算が取れないことがタイの自動車燃料用エタノール促進政策の上の問題となっている。キャッサバ商務協会（キャッサバ生イモの仲買人の団体）は、キャッサバ農家の収入を安定化させるにはキャッサバをチップ、ペレット、スターチなどの一次加工品とするだけでない新規市場として「エタノール原料化」に大いに期待していたが、予想に反した状況であることから、現状のエタノール公定価格の計算方法（ブラジル産エタノール価格連動方式）の改定を強く要求している。

他方で日本国内での情報収集を行った結果、キャッサバスターチ工場の副産物である「キャッサバ粕」を利用したエタノール製造に関しての有効性が、複数の調査レポートで発表されていることが判った。平成 17 年度に国際農林水産業研究センター(以下、JIRCAS と略号表記)が実施した「タイにおけるソフトバイオマスからの効率的燃料エタノール変換技術の調査」(スキーム名：NEDO/国際共同研究先導調査事業。以下、H17-JIRCAS 調査と略す))がその一例である。さらに調査した結果、日本では 1985 年から 86 年にかけて工業用エタノール原料として「キャッサバ粕」を輸入してエタノール製造(商用規模)を行っていた実績があったことが判明した。

これらの情報を取りまとめた結果、「キャッサバ粕を用いてエタノール製造」を行うことはタイには実績がないが実現可能な事案であること、またキャッサバ粕の処理にはスターチ工場の多くが問題を抱えており、特に臭気などは以前には問題になっていなくても工場の周辺の都市化/住居地域化が進むとともに苦情が増えていることが判り、CDM のスキームを活用して「タイにおけるキャッサバ粕利用エタノール製造」を推進する目的で本調査事業の提案に到った。



写真 1-2 キャッサバ生イモ集荷風景



写真 1-3 キャッサバ粕(オカラ状。水分 80%)

1-2 ホスト国の CDM/JI に関する政策・状況等

タイは 2002 年 8 月 28 日に京都議定書に批准しており、2007 年 7 月 6 日に DNA としてタイ温室効果ガス管理機構(TGO)委員会を設置した。

2009 年 1 月末時点で、ホスト国承認は 57 案件あり、うち 13 件が CDM 理事会承認済みとなっている。理事会承認済みプロジェクトは全てバイオマスあるいはバイオガス利用の案件である。

CDM 事業の受け入れ条件は、A. 環境及び天然資源、B. 経済、C. 社会、D. 技術の 4 つのクライテリアで評価される。各クライテリアの合計がプラスとなることが条件である。

TGO の Web ページによれば、「キャッサバスターチ工場における排水処理からのバイオガス利用の CDM 事業」は非常に案件数が多く、タイ国内の典型的な CDM 事業の一つと認識されていることが判る。

1-3 ホスト国の持続可能な開発への貢献

タイでは自動車燃料用エタノール促進政策を「化石燃料消費の削減、エネルギー自給率の向上、農業分野の新規市場開拓」の 3 つの目的から推進しており、本事業は 3 つのエタノール促進政策のテーマに

合致しているといえる。

その他に、本事業は以下のような点からホスト国の持続可能な開発に貢献する。

1) スターチ工場の経営の安定化・農業分野の収入の安定化

キャッサバスターチ工場の副産物（廃棄物）であるキャッサバ粕をエタノール原料という新たな市場で利用できることで、キャッサバスターチ工場の経営の安定化につながり、結果、それがキャッサバ農家の収入の安定化にも寄与する。

2) 食料と競合しない原料からの自動車燃料用エタノール製造

キャッサバ生イモ（またはチップ）を用いてエタノール製造を行うことは、食料と競合してしまうために問題視されている。本提案ではスターチ工場の副産物であるキャッサバ粕を用いることで、食料と競合せずに自動車燃料用エタノールを製造できることが特徴である。

3) 年間安定供給できるエタノール原料の確保

第一のエタノール原料であるモラセスはサトウキビの収穫シーズンは11月から4月（タイの乾期）であり、製糖工場の稼働もシーズン中のみに副生するものである。残りの5月から10月の間は、製糖工場が貯留しているモラセスを用いてエタノール製造を行っているが、需給バランスがくずれたり、モラセスそのものの輸出量が増えたりすると、次の製糖期を待たずにモラセスが不足する事態となる（2008年10月の時点でもモラセス不足の傾向がみられ、生産調整を行っているエタノール工場があるとの報道）。

キャッサバ系の原料の場合は、基本的には12ヶ月間、原料調達が可能である。「スターチ工場」の稼働の季節特性を挙げると、12ヶ月間のうち雨期の最盛期（9月～10月）にはキャッサバ農家が収穫を控える傾向があるためにキャッサバ収穫量が若干減るが、タイ国内70工場あるスターチ工場が一斉に操業を停止する時期はないため、「キャッサバ粕」は年間を通じて安定的に得られるエタノール原料といえる。

4) 既存エタノール工場で精製を行うことによる共存

タイでは自動車燃料用エタノール工場のライセンスを所得済みの案件が45件あり、現在12工場が稼働を始めている。キャッサバ生産量第一位のナコンラチャシマ県を例に挙げると、1工場（K. I. Ethanol、製糖工場併設型）が稼働しており、2009年末までに比較的規模の大きい2工場（TPK Ethanol、Buenok）が稼働予定である。仮に、キャッサバスターチ工場のオンサイトで99.5%エタノールを製造した場合はこれらの先行しているエタノール工場と激しい競合関係に発展することが予想される。そのような点に配慮して、本提案では「キャッサバ粕を用いたエタノール製造では、75%濃度のエタノール製造」までに留めて、ビジネスとしての棲み分けを行う（注：スターチ工場のうち、既に99.5%エタノール製造ライセンスを取得している工場が複数ある。それらのライセンス取得済み工場に関しては、75%に拘らず、キャッサバ粕から99.5%エタノール製造を行うという選択肢もある）。

5) 熟練した技術者の雇用の創出

キャッサバ粕からエタノール製造を行うには、糖化・発酵工程（バイオテクノロジー）や蒸留工程（ケミカルエンジニアリング）など専門性を要する工程が多い。本事業の実施により熟練した技術者の雇用の創出につながる。

1-4 提案プロジェクトの技術移転の側面

図 1-2 に世界の主要エタノール生産国を示す。世界的にみても「自動車燃料用エタノール」の原料としてイモ類を採用する例は今のところ少ない。先行しているのは中国であるが、その量はさほど多くない。

キャッサバ起源の原料を用いたエタノール製造は、繊維の存在が生産性を阻害する要因となるため、同じスターチ原料である麦やトウモロコシなどに比べても取扱いが難しい。このような、「繊維が多い」という原料特性からいうとサツマイモを用いた我が国の「イモ焼酎」や「サツマイモ原料からの工業用エタノール」の製造ノウハウが活用できる可能性が高いといえよう。

前述のように、我が国では短期間ではあるが 1985～1986 年にかけて工業用アルコール工場で「輸入キャッサバ粕ペレット」を原料としてエタノール製造を行っていた実績があり、これらの経験が活用できる可能性がある。

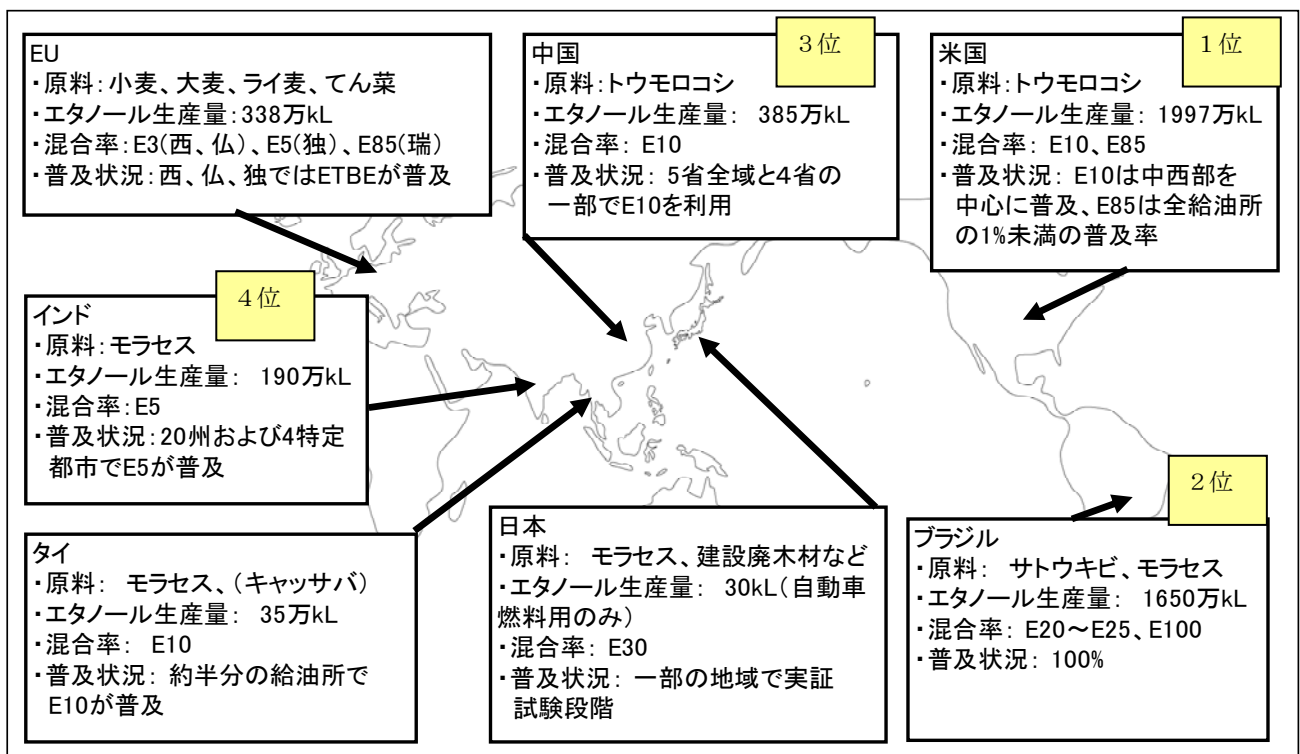


図 1-2 世界の主要エタノール生産国(出典: F. O. Licht 他、各種情報から抜粋)

参考までに、図 1-3 と図 1-4 に日本の工業用アルコールの原料別製造量の推移を示す。このデータから 1960 年代の前半までは、サツマイモからのエタノール生産が盛んであったことが判る。サツマイモ（生甘藷）の場合は収穫後、即座に劣化がはじまるため貯蔵が出来ないことから、収穫期の 3～4 ヶ月の間だけ、イモの産地である九州地区で複数の工場で製造していた。その点、モラセス（廃糖蜜）は糖分を 40%含有する液体であり保管可能な原料であることと、糖質原料ゆえにエタノール製造が簡易に行えるという優位性があり 1950 年代から台湾からのモラセス輸入を増強して生産を伸ばしてきた。しかし、1975 年に発効したロンドン条約（廃棄物その他のものの投棄による海洋汚染の防止に関する条約）

により蒸留廃液に対する規制が厳しくなり、1970 年代後半から日本国内における発酵エタノール（モラセス、サツマイモ原料双方）の生産量は激減することとなり、代わって粗留エタノール（95%）を輸入し日本国内で再蒸留・精製する方式に転換してきた。2008 年時点では発酵から工業用アルコールを製造しているのは九州の 1 工場だけであり、原料はモラセスのみである。しかしながら、イモ類のからのエタノール製造のノウハウは、当時の経験者と現在も残るエタノールプラントの設計に生きている。

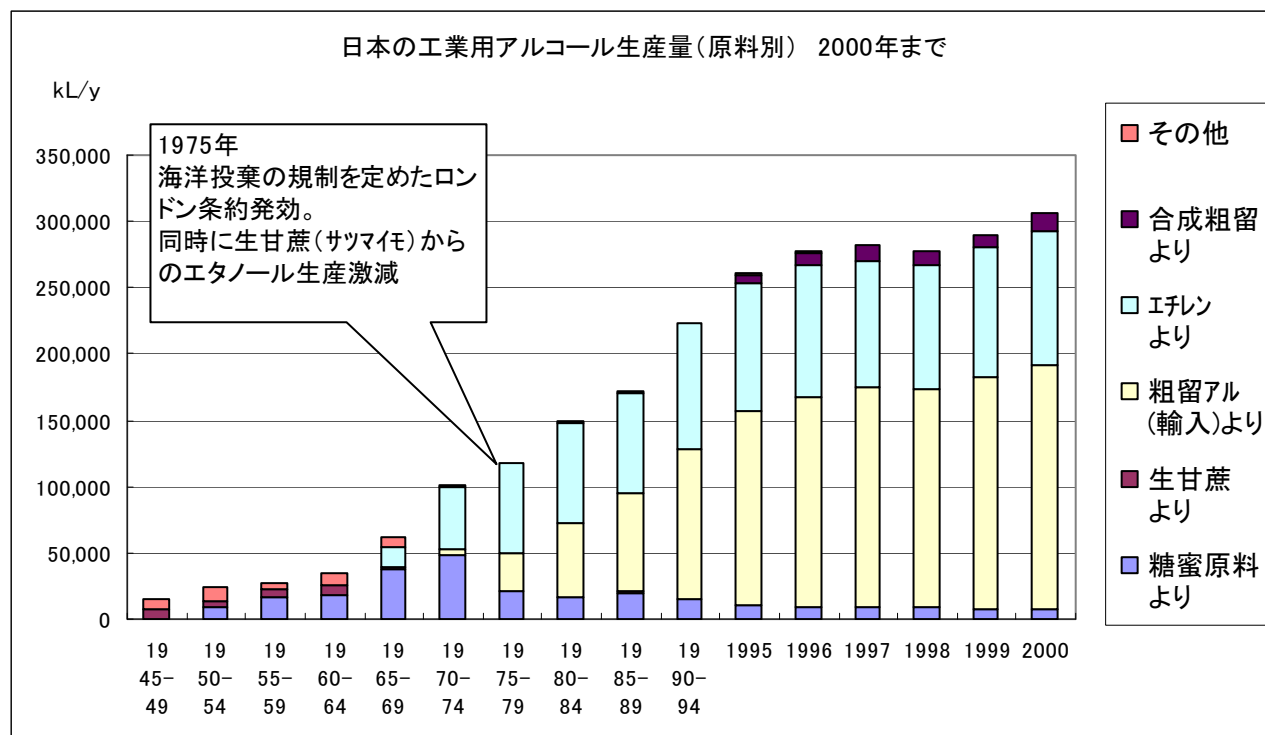


図 1-3 日本の工業用アルコール生産量（原料別）推移 （1945～1994 年のデータは 5 年毎の平均）
（出典：アルコール協会統計データ）

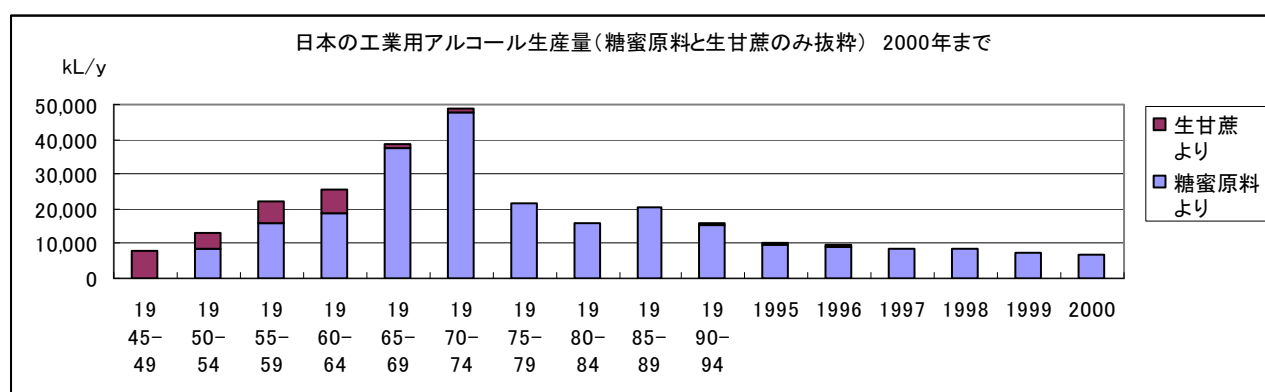


図 1-4 日本の工業用アルコール生産量（糖蜜・生甘蔗抜粋）推移（'45～'94 年のデータは 5 年平均）

第2章 調査課題と調査内容

2-1 調査課題と成果

本 CDM 事業調査（以下、本調査）実施前の時点では、先行して調査済みであった NEDO の平成 17 年度「H17-JIRCAS 調査」にてキャッサバ粕からのエタノール製造のポテンシャルが高いがまだタイ国内では実施例が無いこと、キャッサバ粕は特に雨期における処理には非常に困っており、天日乾燥できないと飼料として販売することが出来ないために工場内敷地に野積みで保管し、乾期を待って天日乾燥して販売（需給状況によっては限りなく無償に近く販売）していることなどが判明していた。

これらの事項を踏まえ、本調査実施時に以下の点に重点をおいて調査を行った。

- ①タイにおける燃料用エタノール業界の動向とキャッサバ系原料への期待
- ②タイにおけるキャッサバ産業の動向とスターチ工場概要
- ③キャッサバ粕利用エタノールプラントのビジネスモデル検討
- ④エタノール製造の技術情報収集と各種キャッサバ粕予備試験
- ⑤エタノールプラントシステム検討概要
- ⑥標準規模プラントにおける GHG 削減量検討
- ⑦事業推進のためのプログラム CDM 化の検討
- ⑧タイにおける CDM 事業の各国の動向

次項に各調査内容別に、調査結果を報告する。

2-1-1 タイにおける燃料用エタノール業界の動向とキャッサバ系原料への期待

タイは日本と同様に化石燃料のほとんどを輸入しており、石油製品を例に挙げるとその 7 割以上を輸入に頼っていることから、1970 年代からエネルギー自給率を高めるための燃料用エタノール製造に着目していた。2000 年より王室主導のもとで、「化石燃料消費の削減、エネルギー自給率の向上、農業分野の新規市場開拓」の 3 つの目標を掲げた自動車燃料用エタノール促進政策が本格的にスタートし、2003 年 10 月よりガソリン混合用の 99.5%無水エタノールが製造されるようになった。直近の自動車燃料用エタノール消費量は約 35,000kL/Month（年換算 420,000kL/y）であり、今後も順調に伸びるものと予想される。

【エタノール製造促進策とエタノール工場数】

タイ政府は自動車燃料用エタノールプラントの投資を促すため、投資委員会（BOI）の定める特別重要業種に認定し様々な促進策を行っている。例えば、8 年間の法人税免除や原材料・必要資材の輸入税免除などである。これらの優遇策を受けるには、まず自動車燃料用エタノール製造ライセンスを取得する必要がある。現在、エタノール製造ライセンスを取得しているプロジェクトは 45 件あり、12 件が操業開始、9 件が建設中である。

【自動車燃料用エタノール需給状況】

図 2-1 は直近 3 年間のタイにおける自動車燃料用エタノール需給状況である。2006 年はエタノール生産量・消費量ともにほぼ横ばいであったが、2007 年よりともに順調に増えてきている。タイにおけるエタノール原料は、第一がモラセス、第二がキャッサバ系の原料であるが、生産量が時折減少するのは、

モラセス原料不足あるいは生産量調整などのために、一時的に工場を休止するためである。

自動車燃料用としてのエタノール輸出は 2007 年第 4 四半期からシンガポール、EU、台湾などに向け生産過剰分に限定した輸出が始まったが、直近データではエタノール消費量の伸びにともない、輸出余力がなくなり 2008 年下半年以降は、輸出量はほぼゼロである。2008 年 12 月より 2008/09 年度の製糖期が始まりモラセスの供給が再開したので、2009 年 1 月以降は生産量が回復する見込みである。

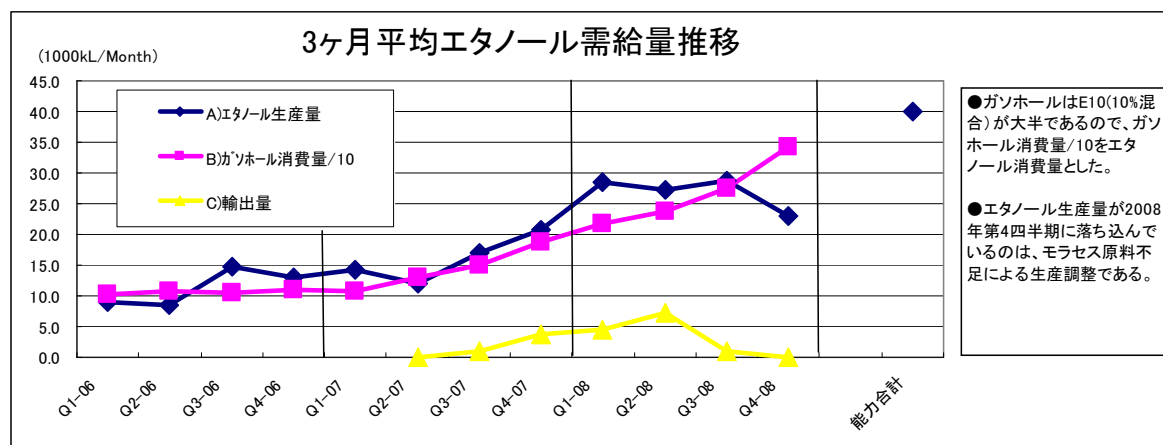


図 2-1 タイにおけるエタノール需給推移 (四半期別平均値、2006 年～2008 年)

【キャッサバ原料のエタノール工場状況】

エタノール工場数と需給状況、エタノール公定価格を表した「概況図」を図 2-2 に示す。キャッサバ原料のみを用いる工場で稼働しているのは 1 工場のみ、モラセスとキャッサバのマルチ原料工場が 1 工場、その他 8 工場のキャッサバ原料工場 (生イモまたはチップ) が建設中である。これらの建設中のキャッサバ原料工場は、全て当初の完工予定を順延している。キャッサバ価格の変動リスクとエタノール公定価格が低い設定 (18THB/L 前後) で推移しているため採算が取れないためである。

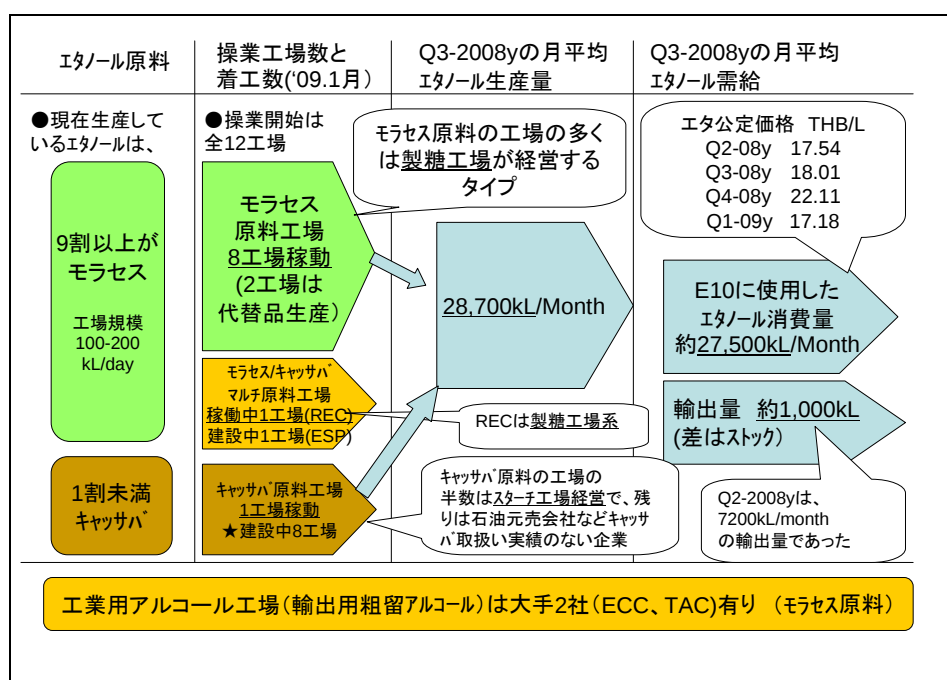


図 2-2 タイにおける自動車燃料用エタノール市場の概況

【エタノール原料別の工場の特徴】

モラセスを使用する工場全 11 工場のうち 8 工場は製糖工場が自社の工場敷地内にエタノール工場を併設したものである。これはブラジルのエタノール工場に倣ったスタイルのビジネスである。但し、ブラジルのエタノール工場は完全に製糖期のみの稼働とすることで、必要なエネルギー（蒸気・電力とも）の全てはサトウキビの絞り粕であるバガスを燃料で賄うことが出来るのに対し、タイの製糖期は 11 月から翌 4 月であるが「製糖工場併設型エタノール工場」は 12 ヶ月間の稼働を想定しているため、通年稼働できるモラセス原料と燃料（バガス）を確保することが高い稼働率と高収益を維持するために重要となる。

一方、キャッサバの場合は、基本的に 12 ヶ月間生産可能であること、キャッサバチップ（砕いて天日乾燥したもの）にすれば、固体の形で長期間の貯蔵ができることが、保管に大型タンクを必要とするモラセスに比した利点である。その為、「製糖工場以外の投資家」がエタノール製造を検討する場合には、「キャッサバ系原料」が好まれたのである。

図 2-3 はタイにおけるエタノール生産量の原料別実績と、'09 年 1 月末時点および'09 年第 2 四半期末時点のエタノール原料別の生産能力の合計で 2009 年中には、モラセスとキャッサバがちょうど半々となる見込みである。エタノールの安定供給に向けてキャッサバに対する期待感が大きいことが伺える。

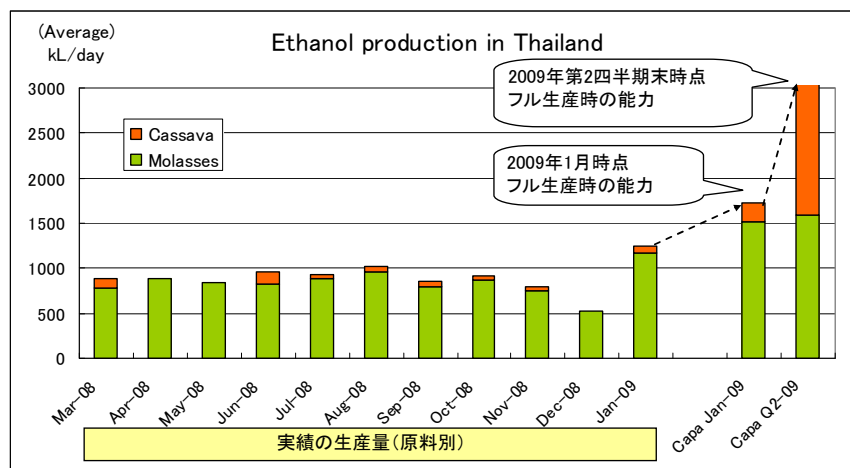


図 2-3 タイにおけるエタノール生産量（月別日平均生産量、原料別）

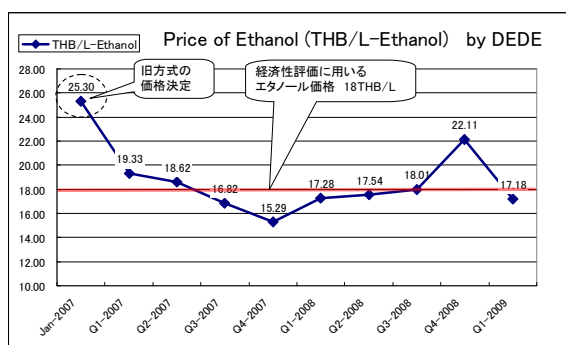


図 2-4 タイのエタノール公定価格の推移(2006～2008 年)

＜公定価格計算方式(06 年 2 月より)＞

エタノール価格＝ブラジル価格＋
フレート＋保険＋ロス＋調査費

ブラジル 価格： ブラジルの
Brazilian Commodity Exchange Sao
Paulo (Reuters, Alcohol Fuel-Front
Month Condition) における各四半期
前 1-80 日の平均 FOB 価格。

タイのエタノール公定価格の推移を図 2-4 に示す。直近 3 年間の価格変動のうちのほぼ中間値に当たる 18THB/L-ethanol を本事業の経済性評価のための参考値としている。

本文巻末添付資料に、「タイのエタノール工場分布図およびリスト」を挙げる。

2-1-2 タイにおけるキャッサバ産業の動向とスターチ工場概要

タイは世界第3位のキャッサバ生産国であり、生産～一次加工～流通までの従事者の数が多い。タイ全体でスターチ工場は約70工場あり、製糖業やパームオイル加工に並びタイの重要な農産加工業であるといえる。

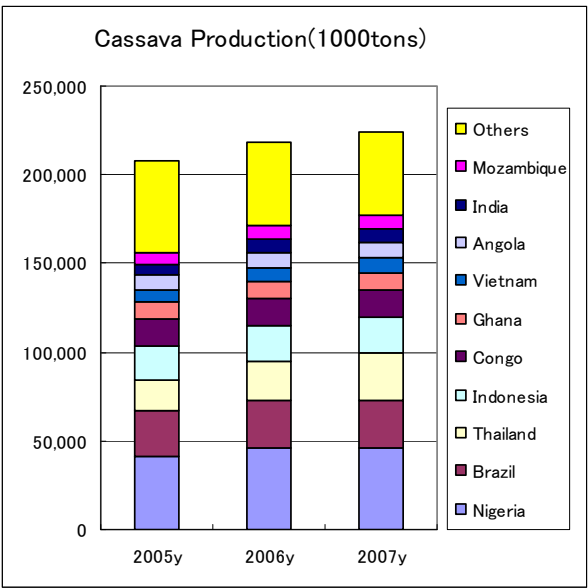
【キャッサバとは（概要）】

キャッサバ（Cassava）は、トウダイグサ科イモノキ属イモノキに属する。塊根にデンプン（Starch）を蓄える草丈2～3mの植物で乾燥に強く、土壌条件の厳しい土地でも、比較的容易に栽培することが出来る。サツマイモのような形状であるが、長さ30～40cmと若干大きく、皮はサツマイモより薄い。

タイにおいて商業ベースでのキャッサバ栽培が開始されたのは、第二次世界大戦後の1948年に日本が食糧不足を補うためにタイからのタピオカフラワー（キャッサバを生成したスターチ）の輸入を開始したのが始まりといわれている。その後、米国などの他国もタイからのタピオカフラワーの輸入を開始し、タイにおけるタピオカフラワー生産技術も近代的なものへと進化した。このように需要が伸びるに従い、タイ国内でのキャッサバ生産も急速に広がった。キャッサバは土壌条件の厳しい土地でも栽培が可能であり、当時、かんがい用水の整備が進んでいなかったタイにとって魅力的な作物であったと推測される。なお、キャッサバとタピオカは同義であるが、本報告書では団体名などの固有名詞以外はキャッサバを用いる。

【世界のキャッサバ生産量】

2007年の世界のキャッサバ収穫量は2.2億トンであり、前年比で2.7%増である。全体の20%にあたる4575万トンを生産するナイジェリアが圧倒的に多く、第二位がブラジル、タイは第三位、次いでインドネシアである。ナイジェリア（人口1.4億人）、ブラジル（1.8億人）、インドネシア（2.3億人）は自国内の消費も多いため、キャッサバ加工品の輸出国としてはタイが世界一位である。



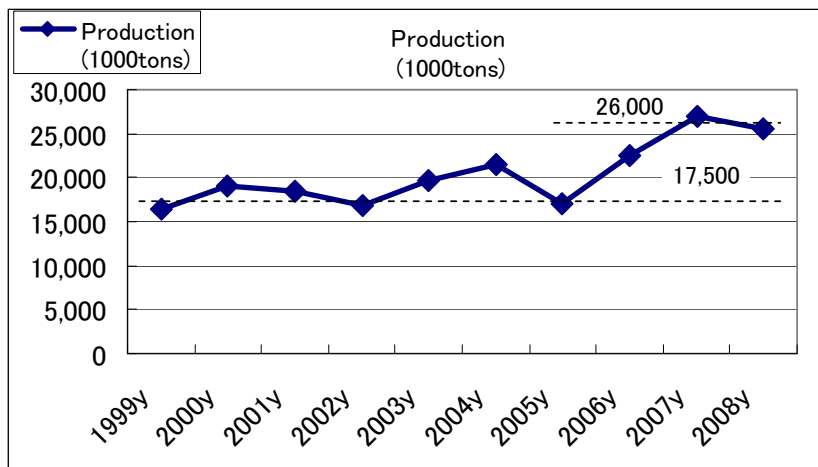
データ出典： タイ農業統計

		Production(1000ton)		
	Country	2005y	2006y	2007y
1	Nigeria	41,565	45,721	45,750
2	Brazil	25,872	26,639	27,313
3	Thailand	16,938	22,584	26,916
4	Indonesia	19,321	19,928	19,610
5	Congo	14,974	14,989	15,000
6	Ghana	9,567	9,638	9,650
7	Vietnam	6,646	7,714	8,900
8	Angola	8,606	8,810	8,800
9	India	5,855	7,620	7,600
10	Mozambique	6,500	7,500	7,350
	Others	51,603	47,097	47,384
	Total	207,447	218,240	224,273

図(表)2-5 世界のキャッサバ生産国データ

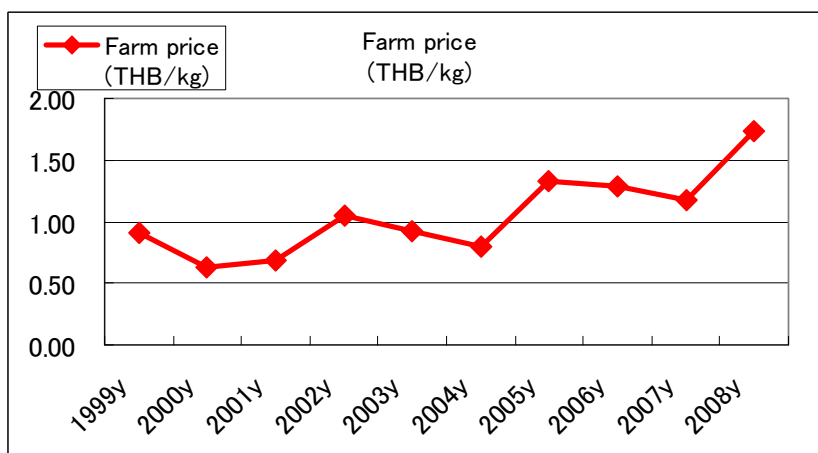
【キャッサバ生産量・価格推移】

図 2-6～2-8 にタイにおけるキャッサバ生産量推移、生イモ単価推移、農家の収益の推移を挙げる。
2007 年は世界的な飼料不足により EU へのペレットの輸出が再開したために生産量が増加した。



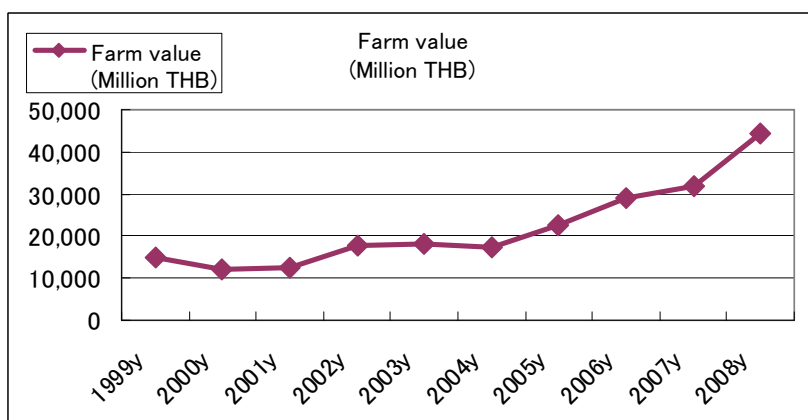
(2005 年→2007 年の間に
1.5 倍)

図 2-6 タイにおける
キャッサバ生産量推移



(2000→2008 年の間で
約 3 倍)

図 2-7 タイにおける
キャッサバ生イモ単価推移



(2000→2008 年の間で
約 4 倍)

図 2-8 タイにおける
キャッサバ農家収益推移

タイにおけるキャッサバの過去 10 年間の生産量は概ね 1999～2002 年の 4 年間の平均が 1750 万トン、直近 2 年間 2007～2008 年が 2600 万トンであり、およそ 1.5 倍に増えている。

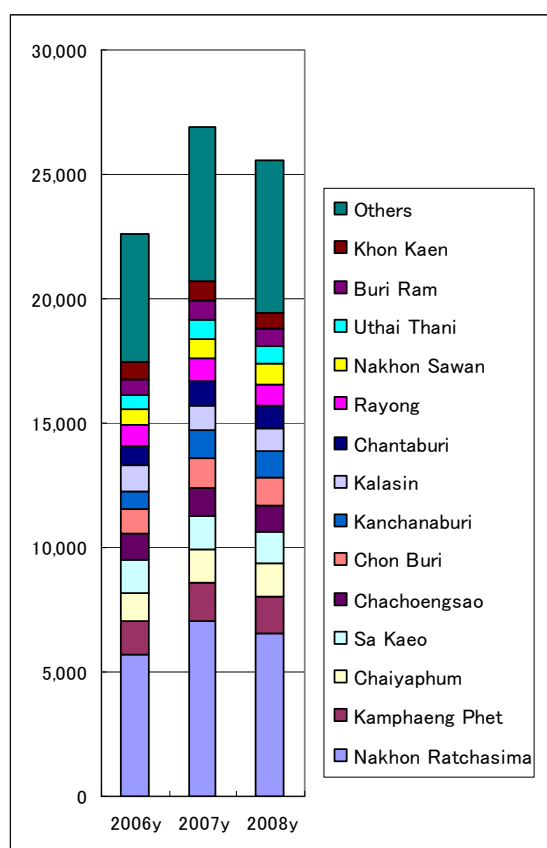
キャッサバは収穫した直後から劣化が始まるためすぐに一次加工を行う。キャッサバを 3cm 角以下の

大きさに砕いて天日乾燥させたものがキャッサバチップ、キャッサバチップをさらに粉砕した後に 5cm くらいのチョーク状に整形したキャッサバペレット、でん粉質を抽出したスターチ、スターチを加工して用途に応じて機能を強化した化工でん粉などである。キャッサバ全量のうち、チップおよびペレットへの加工が約 50%、スターチ及び加工でん粉（Modified Starch）が約 30%、その他の製品への加工が約 20%である。キャッサバ生イモの総売上額としては、10 年前の水準と直近の 2 年間の平均では、およそ 3 倍に増加している。

キャッサバ製品の主な輸出先は、まずチップやペレットなどの簡易加工品は EU と中国に、スターチはインドネシア、台湾、中国、マレーシア、日本である。EU におけるペレットの用途は家畜飼料用であるが、2001 年以降は EU の政策転換のため激減し、その後 2007 年から 2008 年にかけては EU における穀物不足のために輸出量が一時的に増加した。チップ輸出のほぼ全量が中国向けで、用途は飲料用及び燃料用エタノールである。タイ-中国間の FTA により 2003 年から関税が引き下げられたので輸出が増えたものである。

【県別キャッサバ生産量】

キャッサバの県別の生産量を以下に示す。東北部のナコンラチャシマ県（Nakhon Ratchasima）が全国の 25%にあたる 651 万トンを生産している。次いで、北部のカンペンペット県（Kamphaeng Phet）、東北部のチャイヤブーム県（Chaiyaphum）、東部のカンボジア国境に位置するサケオ県（Sa Kaeo）である。図 2-10 に主なキャッサバ生産県を示す。



		Production(1000ton)			08y Share
	Province	2006y	2007y	2008y	
1	Nakhon Ratchasima	5,704	7,017	6,516	25%
2	Kamphaeng Phet	1,335	1,550	1,513	6%
3	Chaiyaphum	1,136	1,345	1,305	5%
4	Sa Kaeo	1,344	1,356	1,288	5%
5	Chachoengsao	1,028	1,138	1,098	4%
6	Chon Buri	970	1,202	1,084	4%
7	Kanchanaburi	760	1,114	1,065	4%
8	Kalasin	1,050	989	924	4%
9	Chantaburi	784	950	916	4%
10	Rayong	808	937	860	3%
11	Nakhon Sawan	644	801	793	3%
12	Uthai Thani	584	759	724	3%
13	Buri Ram	589	751	710	3%
14	Khon Kaen	695	779	671	3%
	Others	5,153	6,228	6,098	24%
	Thai Total	22,584	26,916	25,565	

Northern	3,208	3,894	3,815
Northeastern	12,152	14,577	13,714
Central Plain	7,223	8,443	8,035

図（表） 2-9 タイの県別キャッサバ生産量

【キャッサバスターチ工場概要と分布】

キャッサバスターチ工場はキャッサバ生産量の多い地域を中心に全国に約 70 工場が存在する。本調査において、調査カウンターパートであるカセサート大学（KAPI）と共同でスターチ工場リストをもとに分布を分析し、工場訪問前に複数の工場に事前アンケートを行い処理量、操業日数などを調査した。

図 2-10 に主スターチ工場が存在する主要な県（2 工場以上あり）の分布を表す。スターチ工場が集中している地域を便宜的に A～D の 4 つのブロックで表現している。

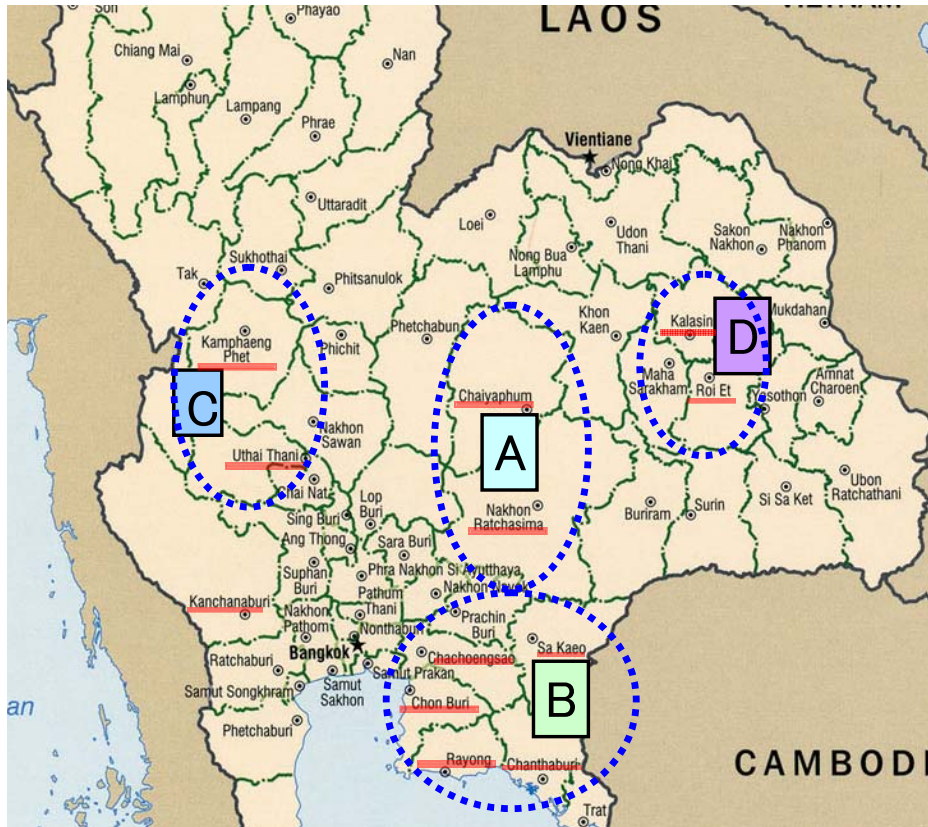


図 2-10 キャッサバスターチ工場分布図（主なキャッサバ生産地を赤字下線で示す）

表 2-1 スターチ工場の分布の分類

	県名	スターチ工場総数	当該エリアの既存または 建設中エタノール工場数
A 地区 東北部	Nakhonratchasima Chaiyaphum	20	4 プラント (キャッサバ原料 2)
B 地区 南東部	Chachoengsao Chonburi, Rayong、他 2 県	20	5 プラント (キャッサバ原料 5)
C 地区 北西部	Kamphaeng Phet Uthai Thani	8	0 (Uthai Thani 県の南の Suphanburi 県にエタノール工場あり)
D 地区 東北部	Kalasin, Roi Et	9	1 プラント

以上のような A～D 地区に整理すると、A 地区（Nakhonratchasima と Chaiyaphum）、B 地区（Chachoengsao、Chonburi 他）がそれぞれ 20 工場と集中していると共に、エタノールプラントも複数あるため、限定したエリア内、すなわち輸送距離の短い範囲で「キャッサバ粕利用粗留エタノール製造と精製の一貫生産」を行うビジネスモデルを構成しやすいといえよう。

KAPI が実施した任意の工場への事前アンケートなどの結果から、工場の規模の分布をまとめたものを図 2-11 に示す。全数約 70 工場のうち、24 工場分のキャッサバ生イモ受入量の情報を入手することができ、最も数の多いのは 800～1200ton/day の工場であることが判った。それ以上の規模の工場の場合、例えば 3000ton/day の工場の場合は、1000ton 処理ラインを 3 ライン保有するような設備構成となっている。なお、1600ton/day 以上の大規模工場は、ナコンラチャシマ県、カラシン県、カンペンペット県といった首都バンコクから 250km 以遠に位置し、バンコクに比較的近いエリア（B 地区）チョセンサオ県、チョンブリ県には規模の小さい工場が多いことが判明した。

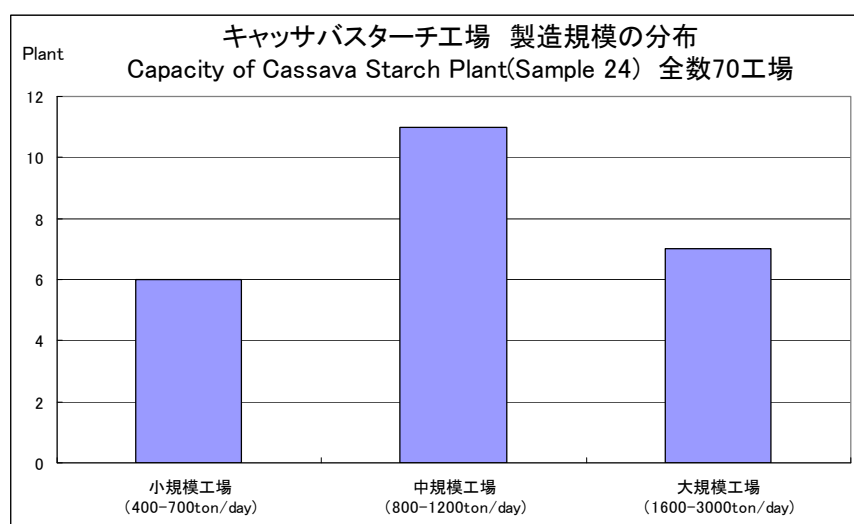


図 2-11 キャッサバスターチ工場の製造規模分布

キャッサバスターチの製造方法は、①キャッサバ生イモ受入、②ルートホッパーによる土砂の分離、③ロータリースクリーンによる洗浄、④テイルカット、⑤チョッパーによるチップ化、⑥ルーターによるチップの微粉碎、⑦スターチの抽出、⑧圧縮、⑨セパレーター（遠心分離）、⑩ウェットケーキ乾燥、⑪ミキシング粉碎、⑫梱包である。キャッサバ粕はセパレーターで分離されてコンベアにてキャッサバ粕一次貯留ヤードへ搬出される。キャッサバ生イモ 100kg からスターチが 25kg、キャッサバ粕（Wet）40kg が生成される。

表 2-2 にアンケート票に記載を頂いた工場の情報（抜粋）を挙げる。キャッサバ粕の取扱いに関して、問題を抱えているかという問いに対し、「雨期に乾燥させることが出来ない。買い手がない。腐敗して臭う。価格が安い。」といった回答であった。

表 2-2 キャッサバスターチ工場に対するアンケート調査結果概要(製造能力、操業日数、粕取扱い)

	工場名	所在地(県と町/郡)		創業年	製造能力 (イモ受入量)	年間操業 日数	休業期間	キャッサバ粕取扱いに関する問題
	Name of the plant	Location (City, Prefec.)	XXXkm from BKK	estab lished	ton-roots /day	Operation days/year	Non operation period	Problem for Cassava Pulp
A	【Nakoenrachasima-北東向】							
5	Sanguan Wongse Industries	Muang, Nakornratchasima	250	1974	3,000	350	None	sale 100% for animal feed - problem : The pulp is usually overloaded in the rainy season, therefore leading to lack of storage.
11	Chaodee Starch (2004)	Dankhundet, Nakhonratchasima	340	2004	1,200	286	Sep to Oct	sale 100% for animal feed - problem : If maximum capacity production, the pulp is overloaded and can not sell all
6	Northeastern Starch (1987)	Muang, Nakornratchasima	260	1987	800	300		sale 100% for production of the compressed cassava pulp pellet - problem : Need large area for storage
9	T.H. Pellet Company	Sikhiu, Nakornratchasima	245		800	4 to 6 Month	May to Aug	sale 100 % for animal feed / citric acid - problem : spend long time to dry
B	【Chachoengsao-東方向】							
12	Sima Inter Product	Panomrakham, Chachoengsao	150	2002	1,000	240		In the rainy season, the number of customer is small
B	【Chonburi-南東方向】							
4	Chol Charoen	Banbung, Chonburi	100	1974	960	300	May to Jun	Sometimes, the area is not enough to dry the overloaded pulp, therefore causing the fermentation of moist pulp with foul smell
2	Chorchaiwit Company	Banglamung, Chonburi	200	1989	580	330	April	In rainy season, it is impossible to dry the pulp, therefore the overloaded pulp causes the problem to wastewater treatment : Sometimes, the dry cassava pulp is not wated and cannot be sold
C	【Kamphaengphet-北北西向】							
3	Thanawat Tapioca Industry	Khanuvoralakburi, Kamphaengphet	280	1976	1,600	200	May to Sep	sale 70% for animal feed (domestic consumption) and 30% (export) - problem : in rainy season could not dry and no buyer sometime
1	T.C.S.Tapioca Starch Industry	Thanuworalakburi, Kamphaengphet	290	2001	800-1,000	250	June to September	depends on the weather, sometimes the pulp contain high moisture
7	Charoensuk Starch (2005)	Kosumpeenakorn, Kamphaengphet	370	2006	800 -1,000	365		
C	【U-Thaitani-北西向】							
8	Chok Chai Starch	Banrai, U-Thaitanee	200	2001	1,000			sale 80 % for animal feed - problem : Rainy season
10	S.W. Multi Tech Starch	.Banrai, U-thaitani	250	2003	900	300	Aug to Sep	sale 100% for animal feed - problem : The price is too low; the cassava pulp is not needed in rainy season

これらのアンケート結果を元に、キャッサバ粕の取扱いに関して問題を抱えている工場を中心に訪問しインタビューを実施した。以下に現地調査を実施した工場とその結果一覧を挙げる。FS 調査期間中に 5 工場、FS 実施前の事前調査で訪問した工場 1 工場の合計 6 工場の概要である。

表 2-3 調査期間中に訪問したスターチ工場概要 (A～C の分布順、SWI 社以外は企業名を略号表記)

1) Sanguan Wongse Industries (SWI 社) 訪問日 10 月 3 日 (A 地区の工場) 所在地: Muang, Nakornratchasima、バンコク市内より東北へ 250 km、車にて約 3 時間半 生産量/年間操業日数: 3,000ton-Cassava/day、350days/year キャッサバ粕排出量: 1,200ton/day (1,200/3,000=40%) ※その後に貰った粕販売量データは <u>24%</u> キャッサバ粕処理方法と問題点: キャッサバ粕は広大な敷地で天日乾燥後、飼料工場に販売。特に雨期はキャッサバ粕が乾燥できず、出荷できないため工場内貯留量が増える。価格は 0.2THB/kg。量が多いため積極的に乾燥はしておらず、天気任せである。キャッサバ粕貯留エリアでのメタン発生を確認した。 過去にインドのエンジニアリング会社がキャッサバ粕からのエタノール製造をオファーしてきたが、実効性に不安があったため投資検討までに到らなかったとのこと。 その他: 英国のコンサルタント会社が案件形成した CDM 事業を実施済み。SPC を立ててスターチ工場排水からバイオガスと電力を製造し、SWI 社に販売するプロジェクト。タイ国内の CDM 案件のうち、CDM 理事会承認を取得した第一号案件である。 #CDM1717 Korat Waste To Energy, Date of Registration 16-Jun-2007 クレジット購入者(国): イギリス、スイス PDD 作成者: Eco Securities
2) N.S 社 訪問日 10 月 25 日 (A 地区の工場) 所在地: Muang, Nakornratchasima、バンコク市内より東北へ 260 km、車にて約 3 時間半 生産量/年間操業日数: 800t/day, 300days/y キャッサバ粕排出量: 200t/day キャッサバ粕処理方法と問題点: キャッサバ粕を乾燥させるのに広いスペースが必要。 現在は他のビジネスも同一敷地内で行っているため、乾燥させることに手間をかけたくないため、キャッサバ粕は水分の多いまま出荷している。 自社でも過去にキャッサバ粕からのエタノール製造の簡易試験に取り組んでみたが、非常に困難であったとのこと。 備考: キャッサバ受入量は 800t/day と中堅規模であるが、11 年前より副業として活性炭製造工場を併設し、現在はそちらのほうの利益率が高く本業となっている様子。従って、キャッサバ粕に関しては、工程から排出されてから 48 時間以内程度で複数のキャッサバ粕乾燥/飼料工場へ輸送している。メタン発生量の点で言えば、そちらの飼料工場で発生する分が多いであろうということであった。排水は「嫌気性排水処理+バイオガス利用(ボイラ)」を CDM 化手続き中である。スターチ工場における排水バイオガス CDM 事業は、タイ国内全体で既に広く定着している様子であった。 #CDM2810 Northeastern Starch (1987)Co., Ltd.-LPG Fuel Switching Project(タイ国内承認取得済み、at Validation) クレジット購入者(国): デンマーク PDD 作成者: Danish Energy Management

3) CCC 社 訪問日 10 月 2 日 (B 地区の工場)

所在地: Bangbung, Chonburi、バンコク市内より東南へ 100km、車にて約 1 時間

生産量/年間操業日数: 960ton-Cassava/day、300days/year

キャッサバ粕排出量: 336ton/day (336/960=35%)

キャッサバ粕処理方法と問題点: キャッサバ粕は敷地内で天日乾燥し、水分を 17%未満まで抑えてから飼料として販売する。価格はウェットが 0.3THB/kg のものが乾燥品は 2.7THB/kg となる。トラクタにてキャッサバ粕を常に切り返し、積極的に乾燥するように配慮している。雨期には乾燥が間に合わず、敷地内に広げることが出来ないため、一時的に貯留するピット (屋根付) があるが、そこでのメタン発生を確認した。

その他: ヨーロッパのコンサルタントにより排水からのメタンガス利用の CDM 事業化を検討中。設備は完成、稼働している。(タイ国内承認リストにはリストアップされていない)

4) SIP 社 訪問日 12 月 18 日 (B 地区の工場)

所在地: Panamsarakham, Chachengsao、バンコクより 150 km (車で 2 時間程度)

生産量/年間操業日数: 1000t/day、240days/y キャッサバ粕排出量: 500t/day

キャッサバ粕処理方法と問題点: 雨期はキャッサバ粕の購入量が激減する

その他: デンマークのコンサルタントと排水メタンの CDM 化を実施中。

#CDM1645 Waste Treatment with Biogas System in a Starch Plant for Energy and Environment Conservation in Chachengsao(タイ国内承認は取得済み、at Validation)

クレジット購入者(国): デンマーク PDD 作成者: BNB Intergroup

スターチ工場であるとともに、キャッサバ生イモ原料のエタノール工場 (建設中) を併設していることから、エタノールプラント側の見学も目的として訪問。「粗留エタノールの精製プラント」としての役割を担える可能性先として、プロジェクトの全体概要と、エタノールプラントの建設の進捗を確認した。キャッサバの受入からスターチの粉碎までを既存のスターチプラントの設備で行い、それ以降は新設したエタノールプラント設備で処理する。

DEDE が公表しているデータでは 2009 年第一四半期に操業開始予定ということであったが、現状は主要機器が設置されているだけで配管や電装工事は未着手。キャッサバ価格とエタノール価格動向を勘案して、早急にエタノールプラントを建設することは得策ではないため計画を延期している。エタノールプラントのエンジニアリング会社はインドの P 社。液化/糖化酵素は N 社のものを購入予定 (P 社の推奨スペック)。

エタノール製造プラントは、いくつか気になる点 (エタノール製造上、問題となる可能性のある) があり、本格的な試運転が始まる頃に再び状況の確認をしたい旨を伝える。

(参考)

午後 Chonburi 県にある輸出専用の 95%粗留エタノール工場訪問。ここは、過去にキャッサバチップからエタノール生産を行っていた経験があるので、ここでも酵素剤の使用に関してインタビュー。SIP と同様に N 社のものを使用していた。

5) SWMTS 社 訪問日 10 月 4 日 (C 地区の工場)

所在地: A. Bagrai, Uthaithani、バンコク市内より 250km、車にて約 2 時間半

生産量/年間操業日数: 900ton-Cassava/day、300days/year

キャッサバ粕排出量: 200ton/day (200/900=22%)

キャッサバ粕処理方法と問題点:

敷地面積が十分ではないため、キャッサバ粕が出てきたらその日のうちに高含水率の状態のまま飼料工場に販売している。価格は 0.2THB/kg であるが飼料工場側のキャッサバ受け入れ能力がない(オーバーロード)時には無償で引き取ってもらっている。幹線道路に面しており、工場の奥行きがないため、仮に一日以上キャッサバ粕を保有していたとするとすぐに臭気で苦情が来ると予想されるとのこと。多くのキャッサバ粕はすぐに運び出されるが、それでもキャッサバ粕の出荷エリアは粕が飛び散っており、臭気がある。水溜りとなっている所からメタンが発生していることを確認。その他: ヨーロッパのコンサルタントにより排水からのメタンガス利用の CDM 事業化を検討中。設備は完成、稼動している。(タイ国内承認リストにはリストアップされていない)

6) TTI 社 訪問日 2008 年 7 月 (FS 実施前の事前調査、C 地区の工場)

所在地: Khanuvoraluxaburi, Kamphaengphet

生産量/年間操業日数: 1600ton/day、200days/y

キャッサバ粕排出量: 570ton/day

キャッサバ粕処理方法と問題点:

キャッサバ粕の多くは 100km 以上離れた大規模飼料工場に販売しているが、雨期は買い上げてくれないために、スターチの生産自体も乾期を中心に行っている。

その他: 燃料には、バイオガスと籾殻を用いている。バイオガスの CDM を検討している旨であったが、タイ国内承認申請のリストにないことから手続きは遅れている様子である。

以上の訪問先のいずれも本事業に関心が高かった。なかでも SWI 社が最も協力的で有り、また CDM 事業などに関する理解も豊富であること、スターチ工場の規模としては最大クラスでありキャッサバ粕の処理の問題で最も苦慮しているために、固有の CPA サイトとして SWI 社を選定し重点をおいた調査を行うこととした。

次に、アンケート結果のサマリーとしてキャッサバの価格および工場のマテリアルバランスを表 2-4 に示す。

表 2-4 キャッサバスターチ工場基本情報（アンケート結果まとめ。2008 年 9 月時点）

	項目	回答
1	キャッサバ生イモ受入量	最少クラス 580t/day ～最大クラス 3,000t/day
2	キャッサバスターチ量	生イモ量×25%重量 1,000t-生イモ/day→250t-スターチ/day
3	キャッサバ粕量	生イモ量×40%重量=キャッサバ粕量(wet、水分 80%程度) 1,000t-生イモ/day→400t-粕/day
4	キャッサバ生イモ買取価格	1.3～2.0THB/kg (最多回答 1.6THB/kg)
5	キャッサバスターチ価格	8～11THB/kg (最多回答 9THB/kg)
6	キャッサバ粕価格	Wet 品 0.2～0.5THB/kg ※ 0.2 THB/kg とは 10 トントラックに満載して、 2,000THB(約 6 千円)の価値に相当する。
		Dry 品(水分 15%未満) 1.3～3.2THB/kg
7	キャッサバ粕中のスターチ含有量	乾燥重量の 50～55%（インタビューおよび 3 工場分の分析による）
	※ スターチのマテリアルバランス計算 A. スターチ製品側のスターチ量 0.25kg/kg-生イモ B. キャッサバ粕側のスターチ量 $0.4 \times 0.2 \times 0.55 = 0.044\text{kg/kg-生イモ}$ $0.044 / (0.25 + 0.044) = 15\%$ →生イモに含有するスターチのうち <u>15%</u> をキャッサバ粕に包含している。	
8	CDM に対する関心	アンケートに回答した 12 工場の半数以上が、既に嫌気性排水処理によるバイオガスの利用の CDM 事業化手続きに入っている。(多くは、先に設備が導入済みであり、理事会承認が遅れている)

アンケート調査及びタイの DNA である TGO が公表している情報と CDM 理事会のプロジェクト情報により、タイのスターチ工場におけるバイオガス利用の CDM 事業が非常に盛んであり、16 件ものプロジェクトが CDM 事業化の手続きに入っていることが判った。その 16 案件のうち、スターチ工場のサイトが判明している案件を表 2-5 示す（いくつかの案件は、タイトルだけではスターチ工場のサイトが特定できない。特別目的会社化している場合は、スターチ工場名が PDD のタイトルにも本文にも出ていない場合があるため）。

なお、本事業との関係性について述べると、同一工場の敷地内で実施している先行 CDM 案件がある場合には、本調査で実施しようとする CDM 事業とは別の事業であることをバウンダリやダブルカウントにならないことを示して説明する必要がある。しかし、スターチ工場内におけるエタノール製造プラントは、税制優遇を受けるために別会社組織にするためにバウンダリが明確となることから、先行のバイ

オガス利用案件があるために本事業の CDM 化の妨げになることはない。

表 2-5 タイにおけるスターチ工場での CDM 案件リスト（主に排水処理メタン利用）

出典： UNDP-CDM/JI Pipeline

ID	Ref. (Project site)	Title	Host country	Province / State/Region	Status	Sub-type	Methodology	1st period ktCO ₂ e/y	Credit buyer	PDD Consultant	Start comment
CDM1717	1040 SWI	Korat Waste To Energy	Thailand	Nakhon Ratchasima	Registered	Biogas power	AM22	311	United K. (Trading Emissions), Switzerland	EcoSecurities	7-Sep-05
CDM2810		Northeastern Starch (1987) Co., Ltd. -- LPG Fuel Switching Project	Thailand	Nakhon Ratchasima	At Validation	Biogas power	AMS-I.C.+AMS - I.D.+AMS	27	Denmark (Danish Ministry of Climate & Energy)	Danish Energy Management	11-Oct-07
CDM2840		CYY Biopower Wastewater treatment plant including biogas reuse for thermal oil replacement and electricity generation Project	Thailand	Nakhon Ratchasima	At Validation	Biogas power	AM22	100	Switzerland(South Pole Carbon Asset Management), Austria (Kommunalkredit)	South Pole Carbon Asset Management	18-Oct-07
CDM3061		C.P.A.T tapioca processing wastewater biogas extraction and utilization project, Nakhonratchasima Province	Thailand	Nakhon Ratchasima	At Validation	Biogas power	AM22	150	Japan (Sumitomo)	Mitsubishi UFJ Securities	13-Dec-07
CDM4147		Wastewater Treatment with Biogas Technology in a Tapioca Processing Plant at P.V.D. International Company Limited	Thailand	Nakhon Ratchasima	At Validation	Biogas power	AMS-I.D.+AMS -III.H.	51	Denmark (Danish Ministry of Climate & Energy)	Danish Energy Management	6-Sep-08
CDM4251		T.H. Pellet Wastewater Treatment and Heat and Electricity Generation in Nakhon Ratchasima	Thailand	Nakhon Ratchasima	At Validation	Biogas power	AMS-I.C.+AMS - I.D.+AMS	43	Japan (Marubeni)	Mitsubishi UFJ Securities	26-Sep-08
CDM4265		N.E. Biotech Co. Ltd. Wastewater Treatment and Power Production Project	Thailand	Nakhon Ratchasima	At Validation	Biogas power	AMS-I.C.+AMS - I.D.+AMS -III.H.	31	Switzerland (South Pole Carbon Asset Management), Austria (Kommunalkredit)	South Pole Carbon Asset Management	27-Sep-08
CDM1836		Cassava Waste To Energy Project, Kalasin, Thailand (CWTE project)	Thailand	Kalasin	At Validation	Biogas power	AM22	82	Japan (Toyota+Tokyo Electric)	Environmental Resources Management	23-Mar-07
CDM1602		Kalasin Wastewater Treatment to Energy	Thailand	Kalasin	At Validation	Biogas power	AMS-I.D.+AMS - I.C.+AMS	40	United K. (Trading Emissions)	EEA Fund Management	30-Jan-07
CDM4262		Bangna Starch wastewater treatment and biogas utilization project	Thailand	Kalasin	At Validation	Biogas power	AMS-I.D.+AMS -III.H.	40	Switzerland (South Pole Carbon Asset Management)	South Pole Carbon Asset Management	27-Sep-08
CDM2718		Siam Quality Starch Wastewater Treatment and Energy Generation Project in Chaiyaphum	Thailand	Chaiyaphum	At Validation	Biogas flaring	AM13+AMS-I.C.	99	Japan (Mitsubishi UFJ Securities)	Mitsubishi UFJ Securities	26-Sep-07
CDM4304		Sangpetch Tapioca Flour Wastewater Treatment and Energy Generation Project	Thailand	Chaiyaphum	At Validation	Biogas power	AMS-I.C.+AMS - I.D.+AMS	56	Japan (J-Power)	Mitsubishi UFJ Securities	9-Oct-08
CDM4308		Chaiyaphum Starch Plant W	Thailand	Chaiyaphum	At Validation	Biogas power	AMS-I.C.+AMS - I.D.+AMS	57	Japan (J-Power)	Mitsubishi UFJ Securities	9-Oct-08
CDM4150		Wastewater Treatment with Biogas Technology in a Tapioca Processing Plant at Roi Et Flour Company Limited	Thailand	Roi Et	At Validation	Biogas power	AMS-I.D.+AMS -III.H.	41	Denmark (Danish Ministry of Climate & Energy)	Danish Energy Management	6-Sep-08
CDM3066		Eiamburapa Company Ltd. Tapioca starch wastewater biogas extraction and utilization project, Sakaeo Province	Thailand	Sa Kaeo	At Validation	Biogas power	AM22	114	Japan (Sumitomo)	Mitsubishi UFJ Securities	13-Dec-07
CDM3988		Chok Chai Starch Wastewater Treatment and Energy Generation Project in Uthai Thani	Thailand	Uthai Thani	At Validation	Biogas power	ACM14	58	Japan (Mitsubishi UFJ Securities)	Mitsubishi UFJ Securities	31-Jul-08

本文巻末添付資料に、「キャッサバスターチ工場のエリア別リスト」を添付する。

2-1-3 スターチ工場におけるキャッサバ粕利用エタノールプラントのビジネスモデル検討

タイにおいては「キャッサバ粕」からのエタノール製造の有用性が複数の機関から提案あるいは検討されているが、本調査を開始した 2008 年 8 月時点で商用プラントでの実績がない。本項では、その理由（主に投資バリアと技術バリア）とそれを克服するためのビジネスモデルに関して検討する。

キャッサバ粕利用エタノールプラントが商業化されていないのは、技術的完成度、投資対効果の 2 点から分析すると、次のような理由による。まず、技術的完成度の面では「キャッサバ生イモ」、「キャッサバチップ」を用いた工場であれば、タイ、中国、韓国（飲料用）などで実績がある。「キャッサバ粕」の場合は、生イモ・チップに比べ繊維含有量が非常に多くなるため、実験室レベルでは「可能」であっても、商用レベルとなると液化・糖化工程でのハンドリングが非常に難しい。それが克服できないために、採用されない。

次に、「技術的な問題」が解消できたとして、投資対効果の面で検討すると、「キャッサバ粕」は他のスターチ原料に比べたら非常に安価ではあるが、スターチ工場の副産物であるがゆえにその供給量はスターチ生産量次第である。また、特に雨期には非常に腐りやすいということから、他工場からの購入を考えずに自社スターチ工場のキャッサバ粕だけで「自動車燃料エタノール(99.5%以上)」を製造するには、生産量が限定されてしまう。スターチ工場の最大工場の規模でも概ね 85kL-etha/day(SWI 社のキャッサバ粕を全量使用した場合)の生産量程度であり、これはタイの一般的な自動車燃料用エタノール工場の平均規模である 100~200kL-etha/day と比較すると非常に小規模といえる。すなわち、キャッサバ粕原料から一貫して無水エタノールプラントを製造するには絶対量が足りず、投資対効果が低い。

そこで、本調査提案では、「75%粗留エタノール製造」とすることで、蒸留設備と脱水設備の部分の投資額を抑え、精製工程は既存エタノールプラントで行うこととした。これによりキャッサバスターチ工場とエタノール工場とが競合せず、互いに利益が生まれるようなビジネスモデルを構築できる。

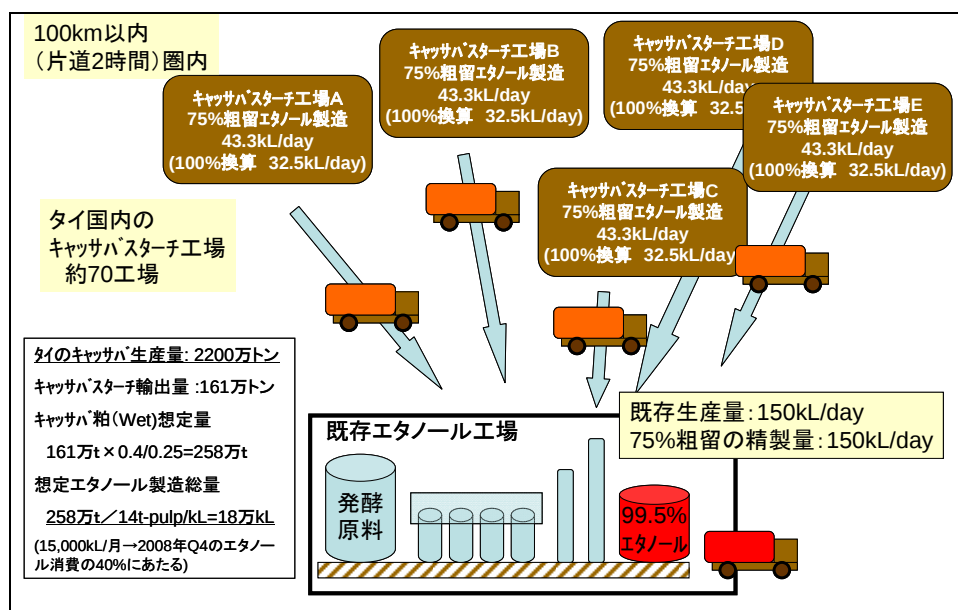


図 2-12 中濃度粗留エタノール（75%）工場と精製プラントのロケーションイメージ図

【標準設備容量の設定】

「2-1-2項」の調査結果にあるように、タイのスターチ工場の中規模クラスが800～1200ton/dayのキャッサバ受入量である。キャッサバ受入量を確認出来た範囲では、2000ton/dayを超える超大型工場はサイト候補として選定したSWI社を含め5工場ある。SWI社によると、年間を通じて3000ton/dayのキャッサバを集荷できるかという、そのほかのキャッサバ簡易加工品（キャッサバチップ、ペレット）の市場との兼ね合いでキャッサバ受入量が一時的に減ることもあるとのことであった。

これらの状況から、「キャッサバ粕利用エタノール工場」の適正な標準規模を検討し、1250ton/dayのキャッサバ受入能力（キャッサバ粕量で500ton-wet/day）とすることとした。SWI社の場合は、キャッサバ生イモ受入能力3000ton/dayであるので、「標準規模のキャッサバ粕エタノールプラント」を、当初は1ライン設置し状況に応じて、2ライン、3ラインと増設していくことも可能である。「標準規模」を若干控えめな能力とすることで、イニシャルコストを抑え、年間を通じて稼動することで事業採算性を確保する。

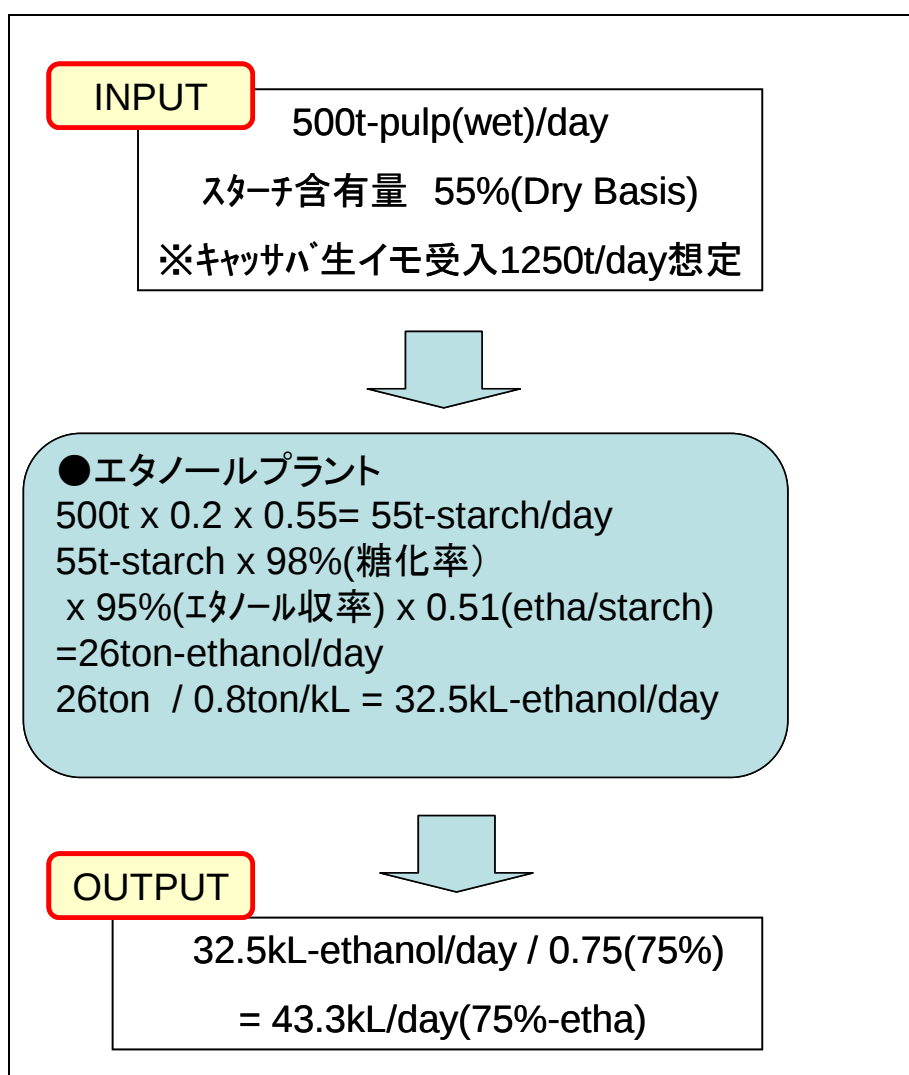


図 2-13 キャッサバ粕利用エタノールプラントの容量基本設計

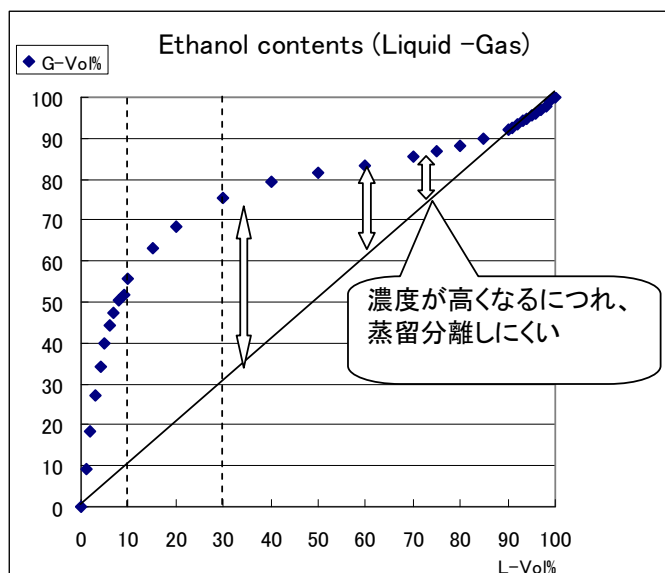


図 2-14 水-エタノール二成分系の液体と気体の組成

【中濃度粗留エタノールのコンセプトに関して】

一般的には、「粗留エタノール」として国際的にも流通しているのは、エタノール-水系の共沸による常圧蒸留プロセスでの限界値に近い「95%エタノール」である。

しかし本事業では、中濃度粗留エタノール（75vol%）を製造することを計画している。水-エタノールの二成分の物性の特性から、高濃度エタノールを得ようとするほど蒸留の効率が悪くなる（蒸留塔の段数もしくは高さが増える）ために蒸留塔コストが高くなる。燃料用エタノールの蒸留設備は通常は2塔式（もろみ塔と精留塔の2段階で蒸留）であるが、75%濃度のエタノールを得るところまでであれば、もろみ塔（蒸留塔1塔目）のみで蒸留でき、製品濃度を設定範囲内に納めることも容易である。すなわち設備コストも安く、蒸留製品濃度のコントロール制御システムもシンプルであり、蒸留のための熱量も少なく済むことから「75%エタノール」とした。精製プラントでは、精留塔（蒸留塔の2塔目）に75%エタノールを投入することとなる。

【精製工程に関して】

「中濃度粗留エタノール」を受け入れる精製プラントではどのような運用方法に関して検討する。

既存エタノールプラントにおいて75%粗留エタノールの精製を併用するには、プラントの運用方法は大きく3通り想定される。

a. 発酵モロミ ＋粗留常時併用運転	常時、安定的に粗留エタノールが消費される
b. 切り替えて粗留エタノール精製の専用運転	モラセス原料が途絶えたときなどに粗留エタノール利用されるといったパターン。粗留エタノールの需要は不安定。
c. 既存エタノールプラントに「第二蒸留プラント（精製塔）」を設けて精製専用とする	粗留エタノールが安定的に利用されるが、精製プラントにおいての投資が必要となる。

以上の3方式のうち、最も現実的でありスターチ工場粗留エタノールプラント側にとって安定需要を得るには、a.の「発酵モロミと粗留エタノールの併用運転」が望ましい。参考までに、「韓国の飲料用エタノール」（いわゆる韓国焼酎）では95%エタノールを投入する方式ではあるがこのような形態に近い常時併用運転をしており、エタノールプラントの運用方法としては粗留エタノールの供給ラインの増設と、軽微な制御システム変更で運用ができる方案であり、受け入れやすいものと見込まれる。

2-1-4 エタノール製造の技術情報収集と各種キャッサバ粕予備試験

キャッサバ粕を原料としたエタノール製造を具体化するため、キャッサバ粕サンプルの各種分析、前処理～糖化～エタノール製造のビーカーレベルの試験を行った。

本調査実施前に既知であった事項は、国内外の研究機関で実験室レベルではキャッサバ粕からのエタノール製造に成功していること、日本では「乾燥キャッサバ粕ペレット」を原料にした商用運転に実績があるという点である。この二つはいずれも「キャッサバ粕乾燥物」を用いた結果である。

本提案では、「キャッサバスターチ工場のオンサイトにエタノールプラントを建設する」ため、あえてキャッサバ粕を「流通可能な含水率、十数%程度」までに乾燥する必要がない。そこで、キャッサバ粕の乾燥のための手間とエネルギーを省くため、ある程度の含水量は残したまま液化・糖化处理を開始するとして、どのようなシステム構成が最適かを検討するため各種予備試験を行った。

【キャッサバ粕の概要・用途】

キャッサバ粕はキャッサバからスターチ（デンプン）を抽出した絞り粕である。前述のように、キャッサバ粕には乾燥重量で 50～60%のスターチを含む。残り（乾燥重量で 40～50%）はキャッサバの食物繊維（維管束、ファイバー）であり、この繊維分の中にスターチを包含（包み込んで）している分があり、スターチ工場の標準的な設備ではこれ以上はスターチ抽出が出来ないために、キャッサバ粕にスターチが多く残る。

通常はキャッサバ粕を乾燥させて、家畜飼料（主に牛や鳥）とする。タイにおける乾燥キャッサバ粕の用途は量的な関係は把握できていないが、天日乾燥させただけの粉体状のものは国内向け、乾燥させたものをペレット状に成型したものは輸出向け（輸出先は韓国が多い）などがある。「キャッサバチップ」主原料のペレットと「キャッサバ粕」のそれとは、スターチの含有量の規定値が違い、「キャッサバ粕」のほうが繊維が多い分、相対的にスターチ含有が低くなるために価格も大幅に安い。

【キャッサバ粕からのエタノール製造に関して】

キャッサバ粕からのエタノール製造に関しては、あまり知られていないが日本国内での実績がある。九州の工業用エタノール工場で 1985 年からの 2 年間だけ商用ベースで輸入キャッサバ粕ペレットからのエタノール製造を行っていた。これは、エタノール原料の多様化を図り、需給安定を狙ったものであるが、蒸留廃液の処理が難しかったため、本格化せずに 2 年間で終了した。

また、中国ではキャッサバチップとキャッサバ粕（いずれもタイからの輸入）を用いてエタノール製造を行っている。これはタイ・中国間の FTA が発効された 2003 年以降に増えた市場である。しかし、エタノール原料としてはあくまでも主原料がキャッサバチップであり、キャッサバ粕は増量材的な目的である。いずれにしても、日本と中国において「キャッサバ粕からのエタノール製造」は実績のある技術であるといえよう。

キャッサバ生イモあるいはキャッサバチップを用いたエタノール製造は、タイ国内でも実績がある。一つは、2006 年稼働の Thai Nguan Ethanol は、キャッサバ生イモを原料としたタイ国内初の本格的な燃料用エタノール工場、二つ目は日系の輸出用エタノール専用工場でキャッサバチップを用いたエタノール製造を 2005 年前後に行っていた（現在は実施していない）。しかし、キャッサバ生イモ、キャッサバチップのいずれも、糖質原料であるモラセス原料のエタノール製造に比べ製造工程が複雑である。スターチ系の原料であるキャッサバ由来の原料は、前処理と液化・糖化の大きく二つの工程が加わる上、糖化のための酵素代の費用が決して安くない。総じて、モラセス原料のほうがキャッサバ原料の工場に

比べ「原料コストを除く製造コスト」が非常に安く取扱いが楽であるので、タイではモラセス原料の工場が先行することとなった。

「キャッサバ粕」となると、生イモやチップに比べ繊維分の比率が高く、前処理～糖化工程におけるハンドリングが非常に難しい。糖化のために熱をかけると、スターチ原料全般は「糊化（こか）」し非常に粘性が高くなるが、粕の場合は繊維の多さがその困難さをさらに助長する。スターチ工場の複数でインタビューしたところ、過去に中国やインドの企業からの「キャッサバ粕原料エタノール製造」のオファーがあったとのことであるが、自社で簡易試験をしてみても芳しい結果が出なかったこと、タイ国内でのベンチプラント規模でも成功している事例がないことなどの理由から投資判断まで到らなかったとのことであった。

今回の調査では、日本国内の研究機関が先行して調査している結果から、「キャッサバ粕からのエタノール製造」に関して有望であるという反面、先行している実施例がない事に関しても実際にキャッサバ粕からのエタノール製造のピーカースケールの試験を行い、プラント設計のための諸検討材料としている。

各種原料ごとのエタノール原料としての技術的な難易度を簡単に示したものが、以下の図である。

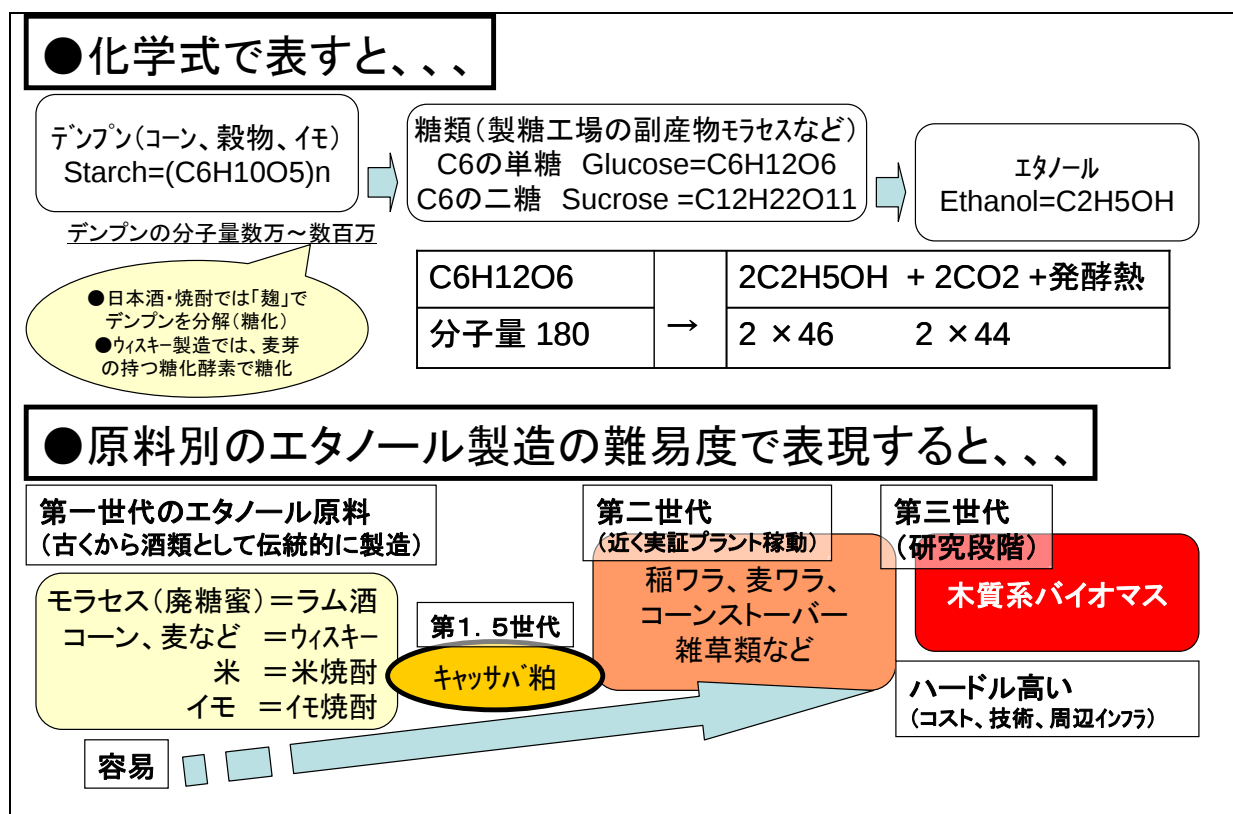


図 2-15 各種エタノール原料のエタノール製造難易度

伝統的な酒類用のエタノール（アルコール）の原料であるモラセス、コーン、麦、米、イモなどは第一世代のエタノール原料と言えよう。第二世代（近く実証プラントが出来ることが予想される）は稲ワラ・麦わら・コーンストーバーなどのいわゆる「ソフトセルロース」、第三世代（研究段階）が木質系バイオマスである。「キャッサバ粕」は第一世代の原材料に比べると、若干の技術的なハードルがある「第1.5世代」のエタノール原料といえる。

【イモ類原料のエタノール製造方法一覧】

イモ類の原料からのエタノール製造方法は、前処理（生イモあるいは乾燥品など原料に応じて違いあり）→液化・糖化→発酵→蒸留という工程を経て、自動車燃料用の場合はさらに脱水工程が追加される。

次表に簡単にイモ類原料からの製造方法のうち発酵までの工程を挙げる。

表 2-6 イモ類原料からのエタノール製造方法

①芋焼酎（九州）		
前処理	液化・糖化	発酵
・ 生イモ受入→洗浄→カット →スチーマーにて蒸煮 →冷却→粉砕	一次モロミに粉砕したイモを添加→二次モロミ生成（1 日間） →三次モロミ生成（8 日間） 【冷却方法】 タンク内の冷却チューブにより冷却（粘性が高いためポンプを使わない）	
・ 米を原料として製麴→酵母を添加→6 日間後一次モロミ生成	【最終エタノール濃度】 14～15% 【タンク容量】 発酵タンクの最大のもので 200kL	
②サツマイモ原料工業用エタノール（九州にて 1960 年代まで盛んに作られていたが、現在はサツマイモ原料の工業用エタノールは日本国内では生産されていない）		
・ 生イモ受入→洗浄→ハンマーマイルで粉砕→球型加圧蒸煮釜にて直接蒸気吹き込みより蒸煮→加圧釜の圧力解除と同時に、下部の液化・糖化槽へ圧送	80℃まで冷却後、酵素剤にて液化・糖化	モラセスにて製造した増殖酵母を添加し、発酵。120 時間（5 日間）。 【冷却方法】 タンク内に冷却チューブにより冷却（粘性が高いためポンプを使わない） 【最終エタノール濃度】 7～8% 【標準タンク容量】 100kL
③キャッサバ粕原料（九州にて 1985 年頃に稼動）		
・ 輸入キャッサバ粕ペレットに塩酸添加し釜へ投入→加圧釜にて直接蒸気吹き込みより蒸煮（水を若干添加し、攪拌しながら蒸煮する。イモ焼酎より粘性高い）→加圧釜の圧力解除と同時に、下部の液化・糖化槽へ圧送（サツマイモ原料処理の従来法の設備を使用）	80℃まで冷却後、酵素剤にて液化・糖化	モラセスにて製造した増殖酵母を添加し、発酵。120 時間（5 日間）。 【冷却方法】 タンク内に冷却チューブにより冷却（粘性が高いためポンプを使わない） 【最終エタノール濃度】 5% 【標準タンク容量】 100kL
④キャッサバ生イモ（タイ/コンケン県、燃料用、中国エンジ会社設計、「H17-JIRCAS 報告」より）		
キャッサバ生イモを乾燥ドラムにかけ小さい芋と皮を取り除く→細断→粉砕（注：乾燥ドラムという表記なのでここで、加熱も兼ねている？）	発酵一回目（50～60 時間）→蒸留一回目 →発酵二回目（50～60 時間）→蒸留二回目 （注：酵素剤にて液化・糖化を行っている模様） 【エタノール生産能力】 130kL/day 【発酵タンク容量】 不明（インド/P 社設計の場合 800kL）	
【備考】 モラセスやケーンジュースなどの糖質系原料の場合は、既に「糖」であるので、前処理というのは濃度調整程度であり、液化・糖化工程は不要で、すぐに発酵工程となる。発酵時間は 24～36 時間程度であり、イモ類原料より発酵速度が速い。		

【キャッサバ粕からのエタノール製造の課題】

キャッサバ系原料からのエタノール製造が糖質原料（モラセス）に比べ価格競争面から評価して不利なのは、前処理と液化・糖化の工程が多く、さらに発酵時間がかかなり長いタンク設備容量も大きくなることで設備投資が増えること、液化・糖化に酵素剤を必要とすること、それに加えて工程が多い・長いということはユーティリティーコストも増えるためである。さらにキャッサバ粕となると、繊維分が多いために、ハンドリング状の問題も追加される。

そこで本調査においては、日本におけるキャッサバ粕ペレットからのエタノール製造の実績に加えて、最新のエタノール製造技術研究などからこれらの問題を克服し、糖質原料からのエタノール製造の簡便さに近いシステム構成と酵素コストの低減化を検討するために、各種予備試験を行った。主な課題としては、液化・糖化後に繊維の除去が可能となるような前処理方法の検討と、酵素剤に替えて麹の自家培養による酵素の供給の可能性である。特に前処理工程に関しては、発酵工程を繊維分のない清澄な糖液（グルコース）で行うことが出来るようになれば、発酵速度および発酵エタノール濃度をモラセス原料と同様なレベルにでき、発酵時間が短縮されることでタンク本数を少なく出来る。発酵熱の冷却装置における問題（熱交換器が繊維で汚れる、閉塞する）も回避される。

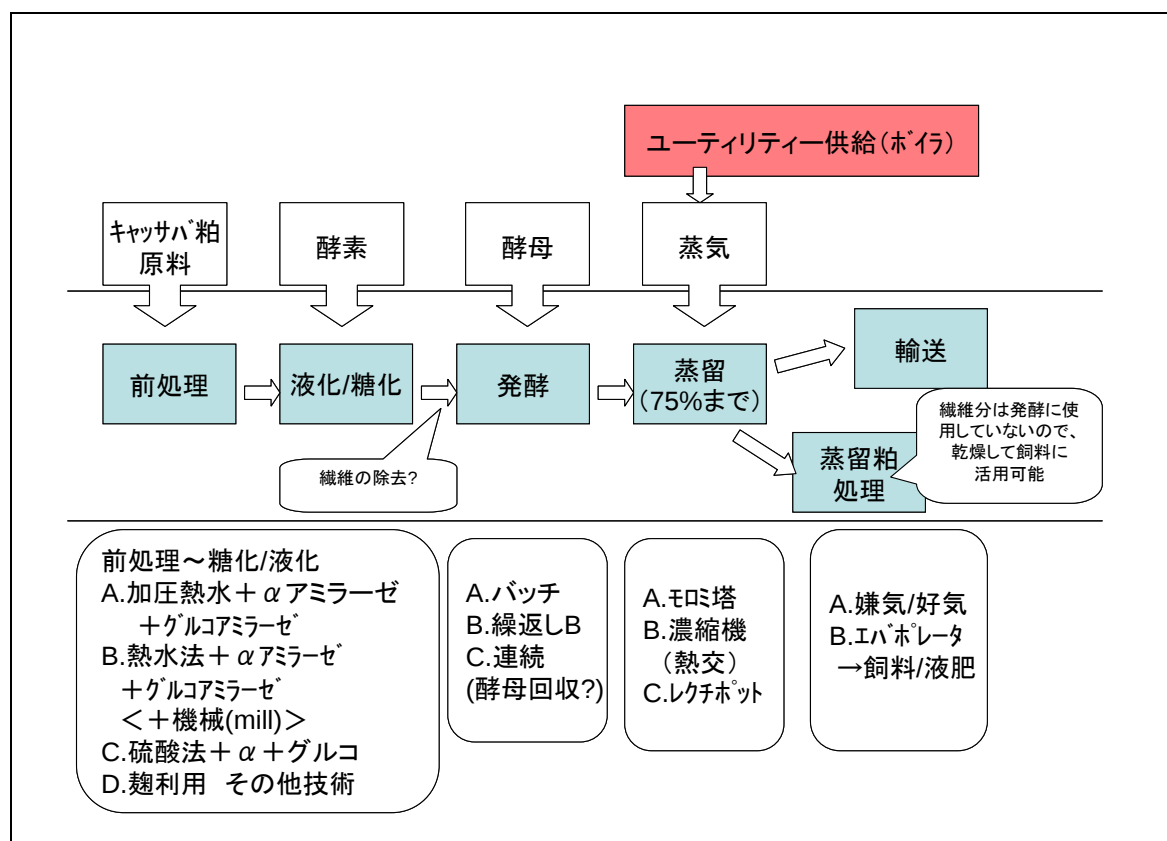


図 2-16 キャッサバ粕からのエタノール製造の各工程別の技術一覧



写真 2-1-A カセサート大学における試験
(キャッサバ粕液化・糖化試験)



写真 2-1-B カセサート大学における試験
(キャッサバ粕液化・糖化後のろ過試験)

【キャッサバ粕糖化～エタノール製造試験概要】

前述のように乾燥したキャッサバ粕からエタノールを製造する技術は我が国において実用化されており、高粘性や発酵モロミ濃度が低い（約 5%）等、若干の問題があるものの適用可能と考えられた。ただし、本プロジェクトではスターチ工場から排出される生キャッサバ粕（水分 80%）を原料として受け入れるところからスタートする為、システム技術的には異なった問題が想定された。

大きな問題としては、以下の 2 つが考えられた。

- キャッサバ粕を乾燥させることを前提としてシステム設計する場合、乾燥用エネルギーが多量であり、乾燥装置の費用も多額である。
- バイオエタノールの付加価値は工業用エタノールもしくは飲料用エタノールのそれと比較して小さいため、日本でのキャッサバ粕からの製造事例以上に設備と運転にかかる費用を抑えることが要求される。

そこで、最新のエタノール製造技術も視野に入れて、エネルギーを少なく、設備コストも押さえる経済的なシステムの検討を行った。

検討は予備試験と並行して行った。予備試験は以下の 2 つをポイントに行った。

- KAPI と共同で行った生キャッサバを原料とした糖化、発酵試験とキャッサバ粕麹製造試験。
- 産業技術総合研究所に委託した水熱法によるキャッサバ粕からのエタノール製造試験。

カセサート大学における共同の試験では、以下の知見が得られた。

1. 生キャッサバを 120℃まで加熱しただけでは、酵素（アルファアミラーゼ+グルコアミラーゼ）は糊化（こか）しているはずのスターチを糖化出来ない（糖化効率が非常に低かった）。
2. アンモニアもしくは苛性ソーダを加える事によって糖化が可能になった。→キャッサバ粕の繊維質の細胞壁のリグニンを一部壊す事によって酵素がスターチに触れ、糖化が可能になったとの解釈。
3. 糊化後のキャッサバ粕は粘度が非常に高く、機械的な攪拌は困難であると考えられる。→細胞によって構成されるスポンジ上の構造と糊化したスターチにより粘性が強化されていると考えた。
4. キャッサバ粕にアンモニア水添加、糖化・発酵を行った糖化液のろ過性能試験を行った。結果は良好であり、プラント規模でも「発酵処理前の固形物ろ過」の可能性が確認された。（補足： 日本国内におけるイモ焼酎の製造などの事例では、固形物のろ過は行わずに発酵・蒸留を行うが、今回は発酵前に固形物除去を行い清澄な糖液を発酵させることで、発酵スピードの向上と蒸留塔の汚れ

の回避を狙ったもの)

5. 黒麹菌によりキャッサバ粕麴を製造出来る事、またそれからエタノールが製造出来る事を確認した。
→高価な酵素の代替として自家製造麴の可能性が確認されるとともに麴製造時に発生するクエン酸により後工程の制菌が容易になることが確認された。

産業技術総合研究所における水熱法による試験では以下の事が確認された。

1. 乾燥キャッサバ粕を粉碎した原料を用いて水熱法予備試験を行った結果、高温（サンプルの到達温度 220℃以上）においてはスターチが過分解して処理後の乾燥重量が低下したことから「分解によるガス化」が起こったことが伺えたが、到達温度 150℃以下の条件では、処理後の乾燥重量は 100% の回収率であることが確認された。
2. キャッサバ粕は通常のセルロース系バイオマスに比べ、昇温がスムーズでない。糊化により温度上昇が阻害されることから、昇温時には攪拌が必要である。
3. 水熱法処理後のキャッサバ粕の酵素活性を調べたところ、 α アミラーゼとグルコアミラーゼを加えたものよりグルコアミラーゼのみの時の方が収率がよく、より経済的な方向性が確認された（水熱反応処理を行うことで、 α アミラーゼ添加を省いてグルコアミラーゼのみを添加で糖化が可能という方向性が確認された）。
また、水熱反応温度は 150℃～290℃の範囲で行ったが、170℃, 60 秒が最もグルコース収率の高い結果 (0.48g-グルコース/g-乾燥キャッサバ粕) となった。
(注： 水熱法の本来目的であるリグノセルロースの分解はもう少し高い温度帯が至適温度といわれている)
4. 発酵においては、6 時間で全量のグルコース（初期濃度 2.4%）がエタノールに変換された。

【試験結果まとめ】

KAPI における予備試験によって、強度の粘性を解消する為には、生キャッサバ粕の構造をより細かくする技術が必要である事、またアルカリが細胞壁を緩めるのに効果がある事がわかった。一方で産業技術総合研究所における水熱法試験では 210℃以上の高温においてはスターチが過分解される事、キャッサバ粕中のスターチの糖化を促進するためには 170℃前後が至適温度であることがわかった。

これらを勘案して合理的な前処理方法（キャッサバ粕の繊維中のスターチの留出方法）を検討した結果、最適な技術として「アンモニア爆砕法」が浮かび上がった。アンモニア爆砕法 (Ammonia Fiber Explosion: AFEX) 法は、米国において先行研究が進んでいる技術であるが、我が国の有する「布繊維のアンモニア処理技術」を転用・改善することで、対応可能な技術である。本プロジェクトにおいてアンモニア爆砕法がもつメリットとしては以下のものが考えられる。

- 水熱法（または水蒸気爆砕法）に比較して低温にて反応が行われる→スターチ成分の過分解が緩和される。
- アンモニアのアルカリによりリグニンを緩める効果がある→スターチの繊維質中からの流出が容易となる。固液ろ過しやすくなる。
- 他のアルカリ剤である水酸化ナトリウムなどと比較するとアンモニアは回収再利用が容易であり、工夫次第では省エネルギーも可能である。

(補足：布のアンモニア処理においてアンモニア回収再利用は 15 年の実績あり)

アンモニア爆砕法によりキャッサバ粕の繊維素構造を「アルカリ処理効果と爆砕効果」により分断することで、キャッサバ粕の糖化・液化工程における最大の問題である強度の粘性を回避し、糖化時間の

短縮と糖化後の固形分ろ過が容易となり、発酵タンクにおいて清澄な糖液からエタノール発酵を行うことが出来ることで、エタノール収率向上が期待できる。

以下、次項 2-1-5 に全体システム設計を示す。

本文巻末添付資料に、「各種文献よりキャッサバ粕の成分分析一覧」、「リグノセルロースの前処理技術一覧」を添付する。

2-1-5 エタノールプラントシステム検討概要

日本の「キャッサバ粕ペレットからのエタノール製造経験」と本調査で実施した試験結果などから、本事業におけるエタノール製造の設備構成の検討を行った。

まず、スターチ工場から排出されるキャッサバ粕を遠心分離機でまず脱水し、脱水後のキャッサバ粕をアンモニア爆砕法で処理し、繊維質の構造を緩めスターチの留出を促す。処理したキャッサバ粕に加水し酵素を加え糖化を行う。糖化後に固液分離器（フィルタプレス）を用いて清浄な糖液とパルプに分離する（パルプから熱加水法等によりエタノールを作る方向性もある）。清澄糖液にする事によって発酵工程の時間短縮と雑菌繁殖等のリスクを減らす事が出来る。発酵もろみ（発酵液、エタノール濃度 10% 前後）はもろみ蒸留塔に送られ最終的に 75vol% の粗留アルコールを得る。「75vol%」はもろみ蒸留塔における還流比少なく（エネルギー消費少なく）得られるエタノール濃度の最適範囲から導き出している。

まず、キャッサバ粕原料エタノールプラントの設備構成概要を以下に示す。

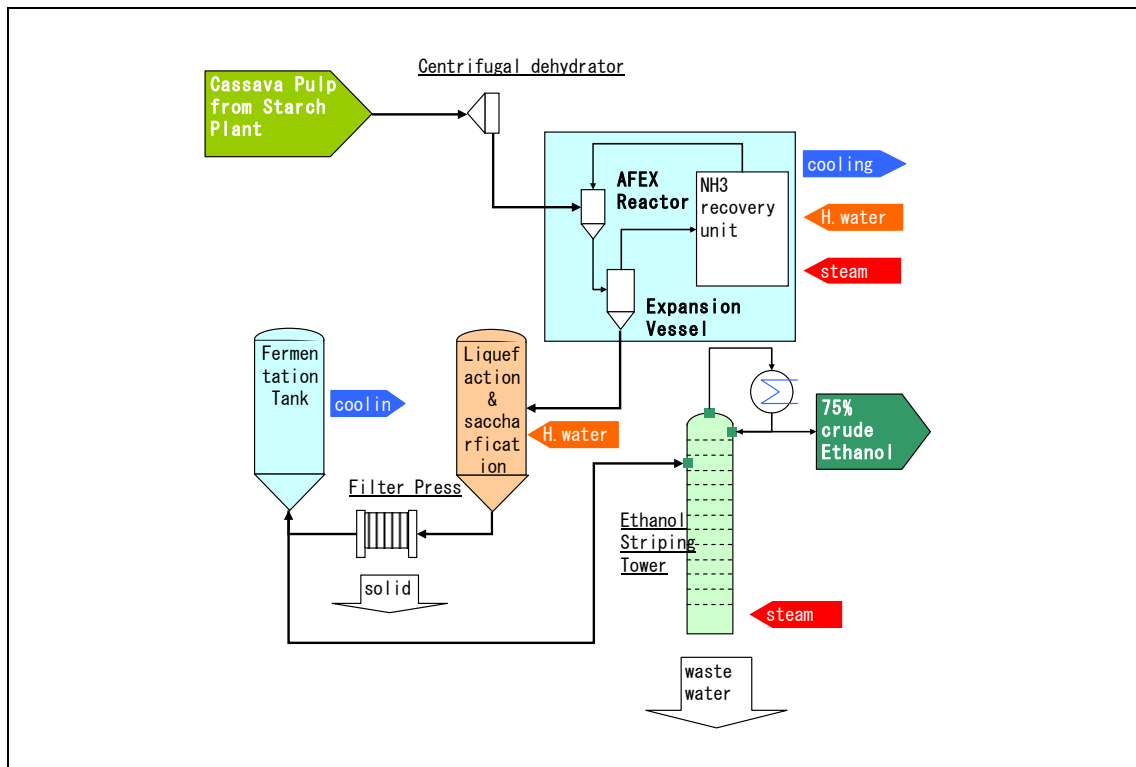


図 2-17 キャッサバ粕エタノール製造プロセスフロー

その他、設備構成のリストは第 4 章に示す。

本調査で対象としているのは「キャッサバ粕のうちのスターチ」をエタノール原料とするものであるが、参考までに第二世代（ソフトセルロース）と第三世代（木質バイオマス）を用いた日本の「バイオ燃料技術革新計画」にある技術革新ケース（40 円/L-etha）で掲げられている開発ベンチマークの一覧とともに、キャッサバ粕利用エタノール製造の評価を参考までに挙げる。

表 2-7 バイオエタノール製造の開発ベンチマークとキャッサバ粕原料の評価一覧

		開発ベンチマーク（2015 年） ※40 円/L-etha に向けて個別技術の達成度を表す指標	キャッサバ粕利用 エタノールの評価 （参考値）
原料	乾物収量	草本系：50t/ha・年（ソフトセルロース） 木質系：17t/ha・年（木質セルロース）	キャッサバ芋の単収は、 21.6t/ha、キャッサバ芋の 40% 重量がキャッサバ粕(Wet) 21.6x0.4x0.2=1.7t/ha
製造	一貫プロセスとして	エネルギー使用量 6MJ/kg バイオマス以内（バイオマスで自立）、エタノール収率 0.3L/kg バイオマス以上 エネルギー回収率 35%以上	（想定） 熱 6.14MJ/L-etha 電力 0.28kWh/L-etha
	前処理	酵素糖化効率 80%以上となる前処理	（想定） スターチの糖化効率 98%
	酵素糖化	酵素使用量 1mg/g 生成糖以下、酵素コスト 4 円/L-etha 以下、糖収量 500g/kg バイオマス以上	（想定）酵素・酵母・薬剤等 4.5 円/L-etha
	エタノール発酵	エタノール収率 95%以上	エタノール収率 95%以上
	濃縮脱水	エネルギー使用量 2.5MJ/L-etha 以下 （10%エタノール水溶液→無水エタノール分離回収）	1.97MJ/L-etha （うち化石燃料使用は 1 割程度）
	廃液処理	エタノール回収分を除いた処理コスト 5 円/L-etha 以下	スターチ工場設備共用
環境・社会評価		・ライフサイクルを通じた CO2 の排出量やエネルギー収支の評価 ・食糧との競合、生態系への影響等環境・社会・経済的な持続可能性に関する評価	キャッサバ粕繊維粕やその他のキャッサババイオマスにて蒸気製造

（開発ベンチマーク出典： バイオ燃料技術革新協議会発表「バイオ燃料技術革新計画（案）」
2008 年 3 月）

本事業は、キャッサバ粕のスターチ成分のみを用いてエタノール製造を行うものであるので、「セルロース原料からのエタノール製造」と併記している表 2-7 での比較は必ずしも適正な評価ではないが、キャッサバ粕原料エタノール製造は我が国の 2015 年のベンチマーク（セルロース原料期限）をほぼクリア出来るものと見込まれる。なお、本事業が最も優位なのは、キャッサバスターチ工場に既に原料が大量にあるので新たに原料を収集する必要が無い、すなわち収集のための人件費や輸送費が必要ないという点である。

2-1-6 標準規模プラントにおける GHG 削減量検討

本項では、タイにおける標準規模の「キャッサバスターチ工場オンサイト型エタノールプラント」における GHG 削減量の可能性を検討する。

【GHG 削減の概要】

本事業提案では GHG の削減可能性として以下の 3 つのカテゴリーが考えられる。

表 2-8 GHG 削減の可能性一覧

カテゴリー	方法論の有無及び CER 取得の可能性
1. キャッサバ粕の貯留中の腐敗によるメタンガス発生抑制	「AMS. II. E. 管理燃焼、ガス化又は機械処理・熱処理によるバイオマス腐敗からのメタン生成抑制」の方法論適用可能
2. エタノール工場の省エネルギーによる GHG 削減	既存エタノールプラントの省エネルギーではないので追加性の証明が困難
3. バイオエタノールのガソリン代替効果	バイオエタノールのガソリン代替による化石燃料燃焼の削減に類する承認方法論がない

以上の 3 つのうち、承認済み方法論が適用可能な「キャッサバ粕の貯留中の腐敗によるメタンガスの発生抑制」を CER としてクレームする CDM 事業を本調査での主題とする。

【ガソリン代替の CER 化に関して】

本調査ではエタノール製造による化石燃料の代替利用は CER としてクレームしないという方針でいる。これは、過去にバイオ燃料系の CDM が全く認められていないこと、承認された方法論もないためである。認められない理由としては、バイオ燃料の原料となる作物の吸収源としての評価の問題と、製造されたバイオ燃料が確実にホスト国内の化石燃料代替となったかをモニタリング可能かどうかというポイントである。本事業は、スターチ製造の余剰副産物からのエタノール製造であるので新たな農地の開拓は必要ないため一つ目の評価はクリアしている。2 点目の評価ポイントとして、エタノールを例えば「ナコンラチャシマ県に限定して自動車燃料に使用する」といったような地域限定や、「エタノール精製プラントもバウンダリに入れ、モニタリング範囲とする」といったモニタリングしやすいシナリオに限定した新方法論を開発すれば、ガソリン代替による GHG 削減事業を CDM 化できる可能性があるといえよう。従って、将来的には「ガソリン代替」を CER 化することも不可能ではないという見解である。

【SWI 社におけるキャッサバ粕からの GHG 排出のありかた】

SWI 社において、現状はどのようにキャッサバ粕が取扱いされているかを調査した。キャッサバ粕は、複数のキャッサバペレット工場が買取り、その他の原料と混合してキャッサバペレット（鉛筆ほどの太さで長さ 3～5cm 程度）に成型され、家畜飼料として輸出される。ペレット工場はキャッサバチップの工場を兼ねていることが多く、雨期にはペレット原料の天日乾燥が出来ないため、乾期のみの操業が多い。

SWI 社では、広大な敷地の中に 2 ヶ所のキャッサバ粕貯留場を有し、その面積は合計 24,000m²（タイ

の面積の単位で 150rai) である。乾期である 11 月から 3 月にかけてはキャッサバ粕を天日乾燥し出荷する分と、高含水率のままペレット工場に販売する分がある。雨期となる 4 月から 10 月にかけては天日乾燥が出来ず、またペレット工場も操業していないために販売できないため、その広大な敷地に一日 1200ton ずつ排出されるキャッサバ粕が蓄積されていく。11 月の乾期が始まると同時に毎日新たに発生するキャッサバ粕と大量に貯留したキャッサバ粕とを並行して天日乾燥させて、2 月終わりまでには貯留分も完全に売り切る。従って、GHG 発生の年間のスケジュールを表現すると、4 月よりキャッサバ粕からのメタンガス発生がはじまり、キャッサバ粕貯留量のピーク、すなわちメタンガスの排出量としてのピークが 10 月末、11 月からは徐々にメタンガス発生量が減り始め、貯留したキャッサバ粕を捌き終える 2 月末でいったんメタンガス発生がほとんどなくなる。日々のキャッサバ粕の排出を一次的に受ける屋根付きのキャッサバ粕ヤードでもメタンガスの発生は微量ながら確認されているで、乾期に発生するキャッサバ粕からもメタンガスが発生しているといえるが、その場での発生量は短時間ゆえに総量としては少ないため CER としてカウントしない。

すなわち、AMS III.E. を用いる一般的な CDM 事業、例えばパームオイルの空果房 (EFB) の利用案件のように、廃棄されたバイオマスから数年にわたってメタンガスがゆっくり排出されるのではなく、1 年間ずつで完結するメタンガス発生である。

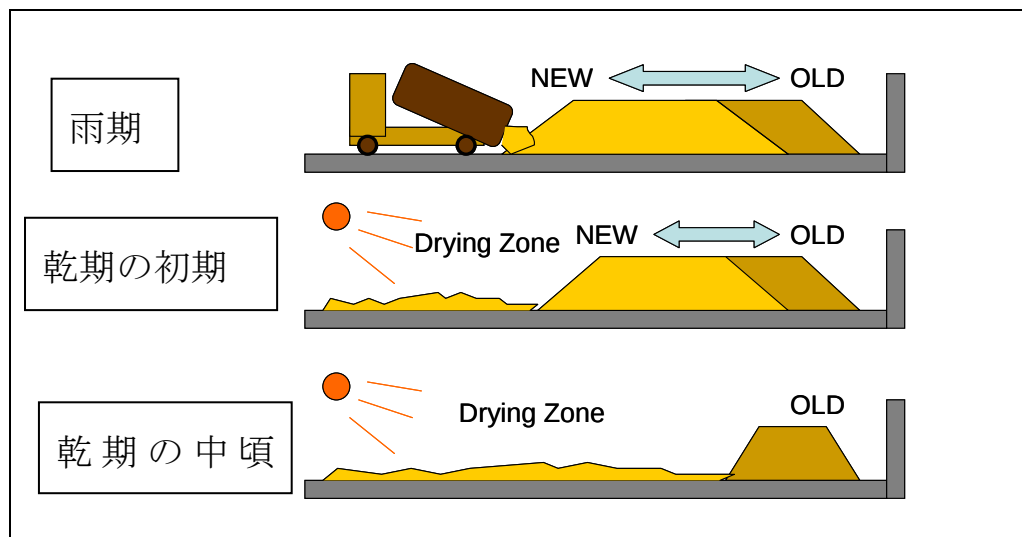


図 2-18 シーズン別のキャッサバ粕の保有量イメージ



写真 2-2 キャッサバ粕の貯留エリア



写真 2-3 キャッサバ粕搬入トラック

シーズン毎の経過を図示すると以下ようになる。SWI 社のキャッサバ粕発生のうち、500ton/day 分をエタノール生産に振り向けることで、雨期のキャッサバ粕貯蔵量を減らし、メタンガス発生を抑制する。

	Rainy Season Apr-Oct (7 months)							Dry Season Nov-Mar (5Months)				
	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Baseline Senario	1200t/day(水分80%)の キャッサバ粕を工場内に蓄積							1200t/day(水分80%)と雨期に蓄積した キャッサバ粕を天日乾燥し販売				
Project Case												
	500t/dayのキャッサバ粕のキャッサバ粕をエタノール製造に利用											
	700t/day(水分80%)の キャッサバ粕を工場内に蓄積							700t/day(水分80%)と雨期に蓄積した キャッサバ粕を天日乾燥し販売				
CER対象 となる 500t/dayの 粕の 蓄積量 推移	雨期の終わり 105,000ton(投入量基準) <21,000ton乾燥量基準>							2月末頃には雨期に蓄積 したキャッサバ粕を全て 販売し終える				

図 2-19 SWI 社におけるキャッサバ粕の貯留量の推移

「AMS. III. E. 管理燃焼、ガス化又は機械処理・熱処理によるバイオマス腐敗からのメタン生成抑制」では、バイオマスを数年間にわたって野積みすることで発生するメタンガスの発生量の算出を前提としているが、本事業では毎年 12 ヶ月間のうちで GHG の排出源が無くなるタイプのベースラインシナリオであるため、AMS. III. E. の GHG 算出は時間入力を 1 年未満の数値を代入する形で行った。第 3 章において GHG のベースライン発生量に関して詳述する。

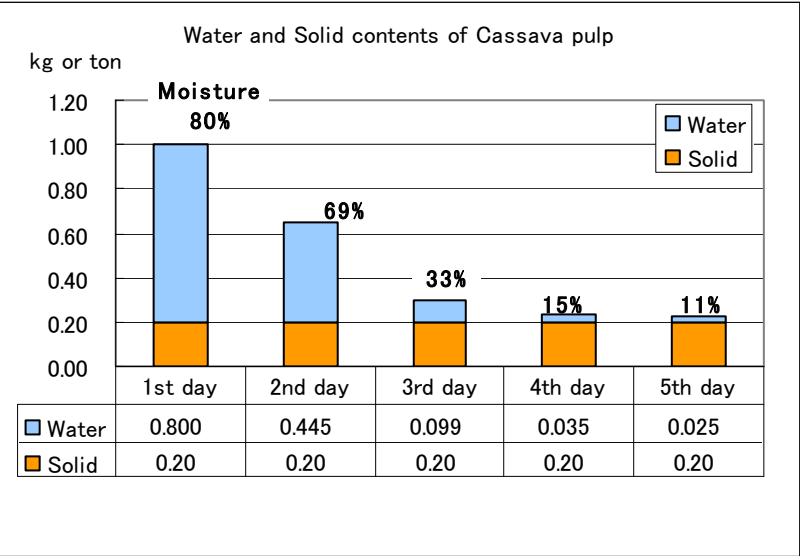


写真 2-4 透明チャンバー内のメタンガス測定



写真 2-5 キャッサバ粕からのメタンガス発生検知

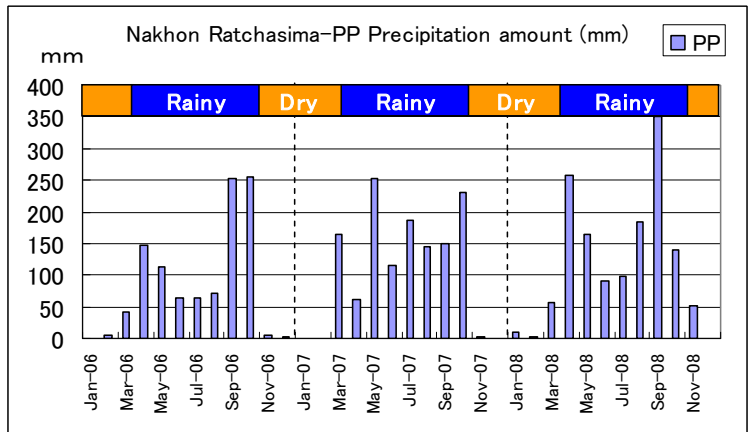
図 2-20 から 2-22 は、キャッサバ粕の天日乾燥に関連するデータである。



(乾期にはキャッサバ粕を 3cm 程度の厚みに広げ天日乾燥する。このような天日乾燥時には嫌気状態にはならないため、メタンは発生しない。)

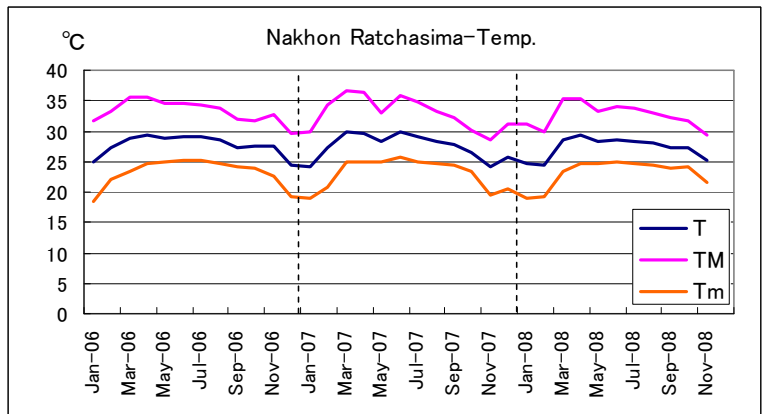
乾燥品を販売する場合は、水分 15%未満を標準にしている

図 2-20 乾期におけるキャッサバ粕の乾燥時の水分減衰推移



4 月－10 月が雨期にあたる

図 2-21 ナコンラチャシマ県の降雨量データ (2006—2008 年)



平均気温は年間を通じて 25℃以上である。

T : 平均気温

TM: 最高気温

Tm: 最低気温

図 2-22 ナコンラチャシマ県の気温データ (2006—2008 年)

【キャッサバ粕の搬送トラックの増減に関して】

ベースラインシナリオ、すなわち現状はキャッサバ粕を天日乾燥したものをトラックで納入先のキャッサバペレット工場まで輸送している。

本事業の実施後は、エタノール製品（75%）をエタノール精製プラント（既存エタノール工場）まで輸送する。キャッサバ繊維粕に関しては、SWI 社では工場内で焼却するので、トラック輸送の排出は無い。

表 2-9 プロジェクトの実施にかかる輸送量の増減に関して

	トラック輸送種別	年間輸送量 ／平均積載量 ＝トラック台数	平均輸送距離	年間輸送距離
ベースライン (粕 500t/day 分) →天日乾燥後 120t/day (水分 15%前後)	天日乾燥キャッサバ 粕のペレット工場 への輸送（乾燥後 120t/day ×330 日 ＝39,600t/y)	39,600t/y ／10ton ＝3,960 台/y (12 台/day)	50km	198,000km
プロジェクト ケース (エタノール 32.5kL/0.75 ＝43.3kL 粗留エタノール生産)	粗留エタノールの 精製工場への輸送 (43.3kL ×330 日 ＝14,300kL/y)	14,300kL/y ／10kL ＝1,430 台/y	30km	42,900km
	繊維粕の飼料工場 への輸送 (45ton/×330 日 ＝14850ton/y)	SWI では 工場内で燃焼		

第 3 章で AMS III.E. を用いた CER 計算を詳述する。

【バイオエタノールによるガソリン代替の CER 量の可能性】

前述のように本調査を実施した時点では、バイオエタノールによるガソリン代替事業の承認済み方法論はない。これまでに複数のプロジェクトディベロッパーが新方法論の申請を行っているが、全て却下されている。

以下に、主な新方法論申請を挙げる。

表 2-10 バイオエタノールに関連する新方法論申請

新方法論申請	結果
NM0185: Baseline methodology for the production of sugarcane-based anhydrous bioethanol for transportation using Life Cycle Assessment (LCA). (サトウキビ由来原料のバイオエタノール製造)	Withdrawn (取り消し) (Formerly NM0082, NM0082-rev →これは”C評価”)
NM0253:Baseline methodology for the production of starch based anhydrous bio-ethanol that comes from cultivating renewable biomass for transportation using Life Cycle Assessment (LCA). (スターチ系原料のバイオエタノール製造)	C 評価

これら 2 件の新方法論とも LCA 分析すなわち、サトウキビやスターチ原料の栽培時に発生する GHG をプロジェクト排出量として算出しているのが特徴である。これらが非承認の主な理由は、

- ・ 栽培時（特に土地の転換利用）の炭素放出を考慮していない
- ・ ダブルカウントの問題をクリアできていない

などである。特に、「スターチ原料」に関しては、コーンを用いたエタノール製造のイメージが強く、食糧との競合の問題もあり、方法論パネルとしても非常に保守的な判断をしている印象である。

タイのエタノール工場のうち、5 番目に操業を開始した Khon Kean Alcohol（製糖工場子会社、製糖工場隣接型エタノールプラント、モラセス原料、2006 年 1 月運転開始）では、プラントの着工前の 2004 年からイギリスのコンサルタントとともにガソリン代替の CDM 事業化を申請したが、新方法論の NM0082、NM0185 がともに承認まで到らなかったため、2006 年 7 月バージョンの PDD を最後に、その後の申請は取り下げている。

- ・ プロジェクト名 Khon Kaen fuel ethanol project, PDD Version 3, Completed 04/07/06

本事業で計画しているのは、キャッサバスターチ工場の副産物であるキャッサバ粕を原料にしたエタノール製造であり、エタノールをつくるが故に農地を拡大することはない。また、タイでは自動車燃料用のエタノールの流通・販売に関しては「物品税の免税」を受けるために、記録が残されるシステムになっている。

従って、「キャッサバ粕からのエタノール製造」に限定すれば、新方法論の承認を得ることは不可能ではないであろうと考えられる。参考までに、バイオエタノールのガソリン代替による CER の可能性を Khon Kean 案件の計算方法を参照し実施すると次式のようなになる。

$$\begin{array}{ccccccc} \text{BEy} & = & \text{AHy} & \cdot & Q & \cdot & \text{EFP} \\ (\text{t-CO2}) & & (\text{kL}) & & (-) & & (\text{tCO2e/kL}) \end{array}$$

表 2-11 ガソリン代替による GHG 削減見込量

パラメータ parameter	説明 explanation	備考 remarks
BEy (t-CO ₂)	ベースライン排出量 Baseline emissions	(計算結果) 23,863t-CO ₂ /y
AHy (kL)	輸送用燃料として使われたバイオエタノール量 Volume of anhydrous bio-ethanol produced by the project activity and used in transportation	モデルケースの場合 32.5kL/day ×330days/y =10,725kL/y
Q (-)	バイオエタノールによるガソリン代替量の係数 Relative fuel efficiency of anhydrous bio-ethanol compared to gasoline (0<Q<1)	0.89
EFP (tCO ₂ e/KL)	ガソリン単位量あたりのライフサイクルにおける CO ₂ 排出量 Gasoline lifecycle emission coefficient	2.5

以上のように本事業においてガソリン代替を CDM 事業化できた場合、約 24,000t-CO₂/y の CER 取得の可能性がある。一方の「キャッサバ粕からのメタン排出の抑制」による CER は 10,000 t-CO₂/y に満たない量であるため、ガソリン代替の CER 量のほうが魅力的である。しかも、小規模 CDM の TYPE-III の上限である 60,000t-CO₂/y を超えない量であるので、小規模 CDM の新方法論が出来れば、本事業の CDM 事業化による収益性が上がる。

【キャッサバ粕からのメタン発生量の傍証データの取得】

本事業では、AMSIII.E. の方法論のデフォルト値を用いて CER を算出するが、なんらかの形で実測データからその CER 量を定量的に傍証することができるかを検討した。

まずレーザーメタン検知器を用いてラフな計測を行ってみたが、検知器の指示が安定しないこと、天候、風量の条件で大きく変わるため総量を算出するための有効な数値データの取得に到らなかった。しかし、定性的には、全てのキャッサバ工場においてキャッサバ粕からメタンガスが発生していることを確認出来ている。

また、計量したキャッサバ粕を不織布の袋に入れて、キャッサバ粕の貯留地に埋めておき、調査の最終段階で掘り起こして計量をすることで、重量の低減量から CH₄ または CO₂ として放出した量の計測を試みた。この試験は、想像以上にキャッサバ粕の分解が進んだことがわかったが、平均で 1m の厚みで蓄積するキャッサバ粕に対する空気の触れ方（表面からの深さ）で大きく変わるため、全体を代表する結果ではない。

不織布袋に詰めた重量既知(1kg)キャッサバパルプを堆積キャッサバパルプ中に 1-3 ヶ月間埋設し、埋設期間中の固形分減少量を計測した。概ね表面から 30cm 程度の掘り下げた位置にサンプルを置き、キャッサバ粕を埋め戻した。結果を表 2-12 に示す。キャッサバパルプ組成は水 800g、デンプン 100g、繊維等 100g であることから、全デンプンと一部の繊維が分解・消失したと推定される。

表 2-12 キャッサバ粕堆積サンプル分析

サンプル	初期固形分(g)	堆積後の固形分 (g)	固形分減少量 (g)	状態
1ヶ月堆積サンプル 12月初旬～1月初旬	200	44	156	上半分が繊維の多い乾燥物、下半分は白色の“新鮮パルプ”状態
3ヶ月堆積サンプル 10月初旬～1月初旬	200	27	173	全体が繊維の多い乾燥物

それぞれの状態を写真 2-6、2-7 に示す。



写真 2-6 1ヶ月堆積後のキャッサバパルプ（上側は繊維分が多い乾燥物だが下側は未分解のように見える）



写真 2-7 3ヶ月堆積後のキャッサバパルプ（全体が繊維分の多い乾燥物）

堆積キャッサバパルプは上層(20～40cm)が繊維質の多い乾燥物となり、下層は蓄積有機酸による分解作用抑制のため新鮮に近い状態が保たれると推測される。写真 2-6 に示したサンプルは上層と下層との境界にあったと考えられる。このことから、メタンガス発生量推算には全キャッサバパルプ堆積量と上層の比率とが必要となるが、上層の比率を計測あるいは推定することは困難である。当初予想に反し、重量減少分からメタン発生量を推定するのは非常に困難であると認識した。

一方、予想よりもキャッサバ粕の繊維部分の分解が早いことが判り、このことはキャッサバ粕を野積

みで長期間放置することは家畜飼料としてのキャッサバ粕という観点からも、質の劣化（デンプン質、繊維質ともに分解）と量の低減という双方の面から価値が下がることが判った。

2-1-7 事業推進のためのプログラム CDM 化の検討

本事業における 1 案件あたりの CER は試算の結果 数千 t-CO₂/y 程度であり、CDM 事業としては CER 量が最も少ないレベルである。従って、1 案件毎に CDM 理事会承認を得る場合は、手続き費用の負担が大きい。そのような場合、小規模 CDM のバンドリングなどの手法があるが、今回の事業の場合は、「バンドリング」の条件である同時期にクレジット期間の開始は困難である。

その為、もうひとつの手法である「CDM プログラム活動 (CPA)」とすることで、複数の事業の CDM 化を容易にすることを検討した。

【プログラム活動(PoA)の概説】 (CDM/JI 調査事業者事業実施マニュアル 2007 より抜粋)

CDM プログラム活動 (CPA) は、プログラム活動 (PoA) の下でのプロジェクト活動と定義される。CPA は、GHG 排出削減、もしくは吸収源による GHG 吸収増大をもたらすために、ベースライン方法論で定義された指定地域内に適用される単一の手法、または一連の相互に関連する手法である。適用される承認方法論は、CPA が単一の施設・設備・土地で行われるものか、それとも複数の施設・設備・土地で行われるものを明確にしなければならない。個々のプロジェクトが小規模 CDM の上限を超えない CPA の場合、審理を受け、必要であれば CPA との関連におけるリーケージを説明する修正を行った上で、小規模 CDM の方法論を用いることができる。

PoA はその PoA がなかった場合に可能な GHG 排出削減、もしくは吸収増大を促す政策・手段もしくは規定された目標 (奨励制度や自発的プログラム等) を調整、導入する事業者及び公的機関により自発的に活動されるものである。PoA はプロジェクト数無制限の CPA を通じて構成される。

PoA を提案するのは、コミュニケーションの手順で規定されている、参加しているすべてのホスト国の指定国家機関 (DNA) によって、CER の配分などについて EB とコミュニケーションを取り合う期間として認定されたプロジェクト参加者であるコーディネーター (もしくは管理事業者) でなければならない。

PoA の各プロジェクト参加者は、コーディネーター (もしくは管理事業者) との間で、コミュニケーション、CER の分配、及びプロジェクト参加者の変更に関する取決めを行う。

PoA のコーディネーター (管理事業者) は、PoA の下でのすべての CPA が個々の登録済みの CDM プロジェクト活動のものでもなく、他の登録済み PoA に含まれるものでもないこと、CPA が PoA とみなされることを保証する手法を明確にしなければならない。このような手法は、DOE が有効審査と検証を行わなければならない。

ベースラインに関しては、PoA のすべての CPA が、1 つのタイプの技術または同じタイプの施設・設備・土地における相互に関連する一連の手法を含む、同一ベースライン・モニタリング承認方法論を適用しなければならない。

【本事業におけるプログラムコーディネーター】

本事業の調整管理組織 (Coordinating/managing entity) としての要件は、キャッサバ粕からのエタノール製造のビジネスに関連がありこと、DOE や DNA とのコミュニケーションに支障のない事務管理能力

力を備えていることなどが挙げられる。さらに、タイ国内の全てのスターチ工場を PoA のバウンダリーにとするならば、そのような広域のスターチ工場と関連があるという組織であるタイのキャッサバスターチ工場に関連する業界団体が最適である。タイには、タイタピオカスターチ協会 (TTSA) と東北タイタピオカトレーディング協会 (NETTA) という大きく二つの組織がある。この 2 者のうち、スターチ工場 70 工場のほぼ全てが加入していることから、TTSA を本事業の調整管理組織として協議をすすめている。

TTSA は週に一度の定例会を開催しており、毎回、会員の半数以上の工場幹部が集まり業界の各種情報の交換を密に行っている。本調査中にその定例会の時間を頂き、本事業の概要をプレゼンテーションする機会を得た。結果、参加したどのスターチ工場からも高い関心が寄せられている。

TTSA の事務局自身は CDM 事業化の手続きに関与した経験はないが、スターチ工場の多くが排水処理のメタンガス利用を CDM 化あるいはその検討段階であることから、CDM に関する各種手続きの概要を把握しており、調整管理組織としての適格性を備えているといえよう。

2-1-8 タイにおける CDM 事業と投資国の動向

タイは 2002 年 8 月 28 日に京都議定書に批准しており、2007 年 7 月 6 日に DNA としてタイ温室効果ガス管理機構 (TGO) 委員会を設置した。

2008 年 8 月末時点で、ホスト国承認は 57 案件あり、うち 13 件が CDM 理事会承認済みとなっている。理事会承認済みプロジェクトは全てバイオマスあるいはバイオガス利用の案件である。

CDM 事業の受け入れ条件は、A. 環境及び天然資源、B. 経済、C. 社会、D. 技術の 4 つのクライテリアで評価される。各クライテリアの合計がプラスとなることが条件である。

タイにおける CDM 事業に関して、UNEP (国連環境計画) によるとりまとめデータをもとに投資国別の案件数概要を表 2-13 に示す。2009 年 1 月末までに CDM 理事会のパブリックコメントにアップされた案件は約 90 件である。

表 2-13 投資国別 (Credit buyer) CDM 案件一覧

投資国 (Credit buyer)	案件数	主なバイヤー企業 (件数)	主な CDM タイプ(件数)
日本	23	三菱 UFJ 証券(9) 丸紅 (3) 住友商事 (3) 農業技術マーケティング (2) 電源開発(2) 他	バイオガス利用(18) バイオマス利用 (3)
デンマーク	17	デンマーク気象省(11) Nordjysk Elhandel(5) 他	バイオガス利用(15) バイオマス利用 (2)
イギリス	14	Trading Emission(7) Eco Securities(4) Agrinergy(3)	バイオガス利用(11) バイオマス利用 (3)
スイス	7	South Pole Carbon(6) 他	バイオガス利用(7)
ドイツ	6	Pure Carbon(3) 他	バイオガス利用(4) バイオマス利用 (2)
その他、オーストラリア 2 件、カナダ・フランス・オランダが各 1 件			
ユニラテラル案件 (投資国なし)	19	(PDD コンサル) Environmental(10) Carbon Bridge(3)	セメント工場自家発電(8) バイオガス利用(5) 他

投資国別では、日本が 23 件で最多であり、次いでデンマークの 17 件である。デンマークは、気象省が直接案件形成に関与しているのが特徴的である。カテゴリー別ではバイオガス利用案件が圧倒的に多く、次いでバイオマス利用 (製糖工場、パームオイル工場、キャッサバスターチ工場など) の案件が多

い。「キャッサバスターチ工場における排水処理からのバイオガス利用の CDM 事業」は非常に案件数が多く、タイ国内の典型的な CDM 事業の一つと認識されていることが判る。

本事業の実施に際し、同一の工場内で先行してバイオガス利用などの CDM 事業が実施されていた場合、バウンダリを明確化し双方ともダブルカウントが無いように配慮する必要がある。幸い、「自動車燃料用エタノール製造事業」は税制優遇などを受けるためにはキャッサバスターチ工場内にプラント建設する場合であっても会計上は独立した会社組織にする必要があるため、バウンダリの明確化をしやすいといえる。PDD やその他のドキュメント上で、これらの情報を明示する必要がある。

2-2 調査実施体制と調査スケジュール

2-2-1 調査実施体制

本調査に係る可能性調査は提案会社である株式会社前川製作所が主体的に実施する。

タイ国側の調査カウンターパートはカセサート大学農業・農産工芸品改良研究所（KAPI）である。

KAPI は、独立行政法人国際農林水産業研究センターが平成 17 年度に実施した「タイにおけるソフトバイオマスからのエタノール変換技術の調査」の調査協力機関でもあったため、本調査における関連基礎情報を周知であることから協力を依頼したものである。表 2-14 に調査協力機関を示す。

表 2-14 本調査における調査協力機関

協力機関	担当業務
<タイ> カセサート大学農業・農産 工芸品改良研究所（KAPI）	キャッサバスターチ工場の情報収集、 現地調査時の調整業務、ベースライン設定のための分析などを担当
<タイ> MAYEKAWA（THAILAND）CO., LTD.	事業化のための各種規制・法制度及びタイ国内の エタノール市場の情報収集等。資金計画のための現地での投資コストの 情報収集等。 ※委託先である（株）前川製作所のタイ現地法人
<国内>（有）クライメー トエキスパーツ	小規模プログラム CDM の PoA-DD PoA Specific CPA-DD Completed CPA-DD の作成の補助作業を担当
<国内>（独）産業技術総 合研究所中国センター	事業化のためのシステム設計に必要なキャッサバ粕の水熱法による前 処理条件の予備試験を担当

上記の協力機関の他に本調査には関連技術に関しての知見を持つ多くの機関より情報収集及びご協力を頂いた。表 2-15 に公開を了承頂いた情報提供・協力機関を挙げる。

表 2-15 本調査における関連情報インタビュー先など（公開許可分のみ）

インタビュー先	備考（関連情報、協力内容など）
（独）国際農林水産業研究 センター 利用加工領域	平成 17 年度に「タイにおけるソフトバイオマスからのエタノール変換技 術の調査」を先行で調査しており、タイにおけるキャッサバ粕のポテン シャルに関しての情報交換
鹿児島大学焼酎学講座	イモ焼酎の製造方法ノウハウの、キャッサバ粕原料エタノール製造への 活用の可能性に関してアドバイスを頂いた
千葉大学大学院 園芸学 研究科 土壌学研究室	土壌からの発生ガスの測定方法をご教示頂き、キャッサバ粕からの発生 ガスの分析にご協力頂いた
東京ガス・エンジニアリン グ（株）	レーザー式ポータブル遠隔ガス検知器（メタンガス検知器）を貸与頂き、 キャッサバ粕貯留エリアからのメタンガスの発生を確認した

2-2-2 調査スケジュール

表 2-16 に調査スケジュール概要を示す。

表 2-16 調査実施概要

項目	実施期間	調査概要・現地調査訪問先
第一回出張前 国内調査(9月)	2008年 8月29日～	・ KAPI との事前情報収集作業・ ・ 燃料用エタノール製造各種情報収集
第一回現地調査 3名	9月30日 ～10月7日	・ KAPI にて現地調査内容協議・キャッサバ粕簡易試験 ・ チョンブリ県、ナコンラチャシマ県、ウタイタニ県の計3ヶ所のスターチ工場訪問
第一回現地調査 終了後(10月)	・ 国内エタノール工場関係者との情報交換 ・ CDM 化の方案検討他	
第二回現地調査 3名	10月21日 ～11月1日 (10月23日 ～30日)	・ KAPI にて現地調査内容./実験計画協議 ・ SWI 社にてキャッサバ粕からのメタンガス発生量計測(ポータブルセンサ) ・ スラナリ大学にてバイオマスガス化発電設備(サタケ社との共同研究)視察、他スターチ工場、飼料工場訪問 ・ KAPI にてキャッサバ粕エタノール製造試験
第二回現地調査 終了後(11月)	・ 九州方面焼酎製造メーカー/専門家訪問情報交換 ・ 産総研中国センター訪問、キャッサバ粕水熱方処理試験経過確認他	
第三回現地調査 1名	11月23日 ～12月5日	・ KAPI にて各種前処理条件によるキャッサバ粕エタノール製造試験 ・ SWI 社にてキャッサバ粕の年間運用方法インタビュー、メタンガス採取(持帰り分析用)
第三回現地調査 終了後(12月)	・ 国内エタノール製造専門家との情報交換 ・ 焼酎製造専門家との情報交換(キャッサバ粕の前処理・糖化関係)	
第四回現地調査 2名	12月14日 ～12月20日	・ バンコク市内での各種スターチ業界関係者訪問 ・ SWI、ペレット工場、キャッサバ生缶エタノール工場訪問インタビュー
第四回現地調査 終了後(1月)	・ キャッサバ粕利用エタノールプラントのコスト検討 ・ CER 量計算ロジック等協議	
第五回現地調査 3名	2009年1月11日 ～1月24日 (14日～22日)	・ KAPI にて現地調査内容./実験計画協議/キャッサバ粕の前処理・糖化試験 ・ TGO、DEDE、タイの焼酎メーカー、SWI 社他訪問
第五回現地調査 終了後(1月) ～2月13日	・ キャッサバ粕利用エタノールプラントのコスト最終検討 ・ 事業計画作成、PDD 作成、成果報告書作成	

第2章関連 本文巻末添付書類リスト

添付 2-1	タイのエタノール工場分布図およびリスト
添付 2-2	キャッサバスターチ工場のエリア別リスト
添付 2-3	各種文献よりキャッサバ粕の成分分析一覧
添付 2-4	リグノセルロースの前処理技術一覧

第2章関連 主要参考文献・出典

No.	「文書タイトル」・執筆者	発行時期	備考/参照情報
1	「タイにおけるソフトバイオマスからの効率的燃料エタノール変換技術の調査」 (独) 国際農林水産業研究センター	2006 年 3 月	キャッサバ粕のソフトバイオマス資源としての有用性、キャッサバ生イモからのエタノール製造など
2	「タイにおけるバイオエタノール導入への取り組み (I)、(II)」 慶応義塾大学 デジタルアジア地域戦略構想研究センター	2007 年 3 月	タイにおけるキャッサバや他のバイオマス資源の活用情報など
3	「タイのタピオカ加工製品の需給動向」	2008 年 2 月	タイにおけるキャッサバの需給状況情報など
	「タイにおけるキャッサバを利用したバイオエタノール生産の動き」	2008 年 5 月	
	「我が国のでん粉需要に大きな影響を与えているタイにおけるタピオカ産業の現状について (1)」	2007 年 10 月	
	(独) 農畜産振興機構 調査情報部		
4	「バガス・タピオカ利用エタノール製造モデル事業実施可能性調査」 丸紅株式会社	2003 年 3 月	タイにおける自動車燃料用エタノール製造促進政策など
5	「バイオ燃料技術革新計画 (案)」 バイオ燃料技術革新協議会	2008 年 3 月	エタノール製造開発ベンチマークなど
6	「プログラム方式二酸化炭素固定化・有効利用技術開発 研究評価 (技術戦略マップ)」 (財) 地球環境産業技術研究機構	2008 年 3 月	リグノセルロースからのエタノール製造の技術概要一覧など

7	www.tutiempo.net/en/Climate/	随時更新	タイの気象データのヒストリカルデータなど
8	www.dede.go.th	随時更新	タイの自動車燃料用エタノール統計情報
9	「Year Book」タイ農業組合省	2008 年 3 月	タイの農業統計情報
10	Khon Kaen fuel ethanol project, PDD Version 3, Completed 04/07/06	2006 年 7 月	ガソリン代替の CER 計算方法の参照など

第3章 プロジェクトの事業化

3-1 固有のモデル CPA と PoA の概要

タイの複数のキャッサバスターチ工場において副産物として発生するキャッサバ粕（Cassava Pulp）を原料として用いて、エタノールを製造する事業を実施し、キャッサバ粕の保管中に腐敗により生じるメタンガスを抑制することで温室効果ガスの削減を行う「プログラム CDM 事業」である。

なお、本事業で生産するエタノールはタイの国策に準じて「自動車燃料用エタノール」として利用されることを想定しているためバイオエタノールによるガソリン代替を CER としてクレームすることも可能性としてはあり得るが、2009 年 1 月時点ではバイオエタノールのガソリン代替分が CDM 事業として認められている事例がなく承認された方法論もないため、本 FS では承認済みの小規模方法論（AMS III. E.）メタンガス抑制効果のみを CER としてクレームしている。

3-1-1 固有のモデル CDM 事業概要

タイの東北部ナコンラチャシマ県に位置するキャッサバスターチ工場 Sanguan Wongse Industries Co., Ltd.（以下、SWI 社）において、スターチ製造の副産物として発生するキャッサバ粕を原料として用い、エタノール製造する事業を行う。本事業の実施によりキャッサバ粕の保管中に腐敗により生じるメタンガスを抑制されるため、そのメタンガス量を算定し温室効果ガスの削減とする。

キャッサバ粕はスターチ製造工程から排出された直後は 70～80%の水分を含み、また乾燥重量のうちの 50～60%がスターチ成分であるため、非常に腐敗しやすい。現在は、乾期は天日乾燥を行った上で飼料原料として近隣のキャッサバペレット工場へ販売している。しかし、雨期には天日乾燥ができないため、SWI 社の場合は広大な敷地に野積みして降雨の合間に天日乾燥を行うが、あまり効果的な乾燥はできず腐敗が進む。腐敗と同時に、メタンガスなどの温室効果ガスが発生しているのが現状である。雨期が終わり、乾期が始まると同時にこれまで蓄積したキャッサバ粕も天日乾燥し、飼料原料として販売する。

本事業の実施により、キャッサバ粕は腐敗が始まる前にスターチ工場内に建設されるエタノールプラントにてエタノール原料として活用されるため、メタンガスの発生が抑制される。

なお、本事業におけるキャッサバ粕利用エタノールプラントでは、エタノールの精製は 75%濃度までに留め、エタノール精製プラント（既存のエタノールプラント）へ輸送し自動車燃料として添加可能な 99.5%以上まで精製する。参考までに、本事業ではキャッサバ粕の「スターチ成分」のみをエタノール発酵することを計画しており、繊維成分である「リグノセルロース」をエタノール原料とすることは計画していない。

3-1-2 プログラム CDM の概要

固有のプロジェクトはキャッサバ粕利用エタノール製造を工場で行い、キャッサバ粕保管中のメタンガスの発生を抑制する CDM 事業である。このような事業をプログラム CDM のスキームを活用し、複数案件をとりまとめて CDM 化する。タイ全土の約 70 のスターチ工場の多くが加盟する業界団体であるタイキャッサバスターチ協会が PoA の運営主体（Coordinating/managing entity）の役割を担うことを想定している。

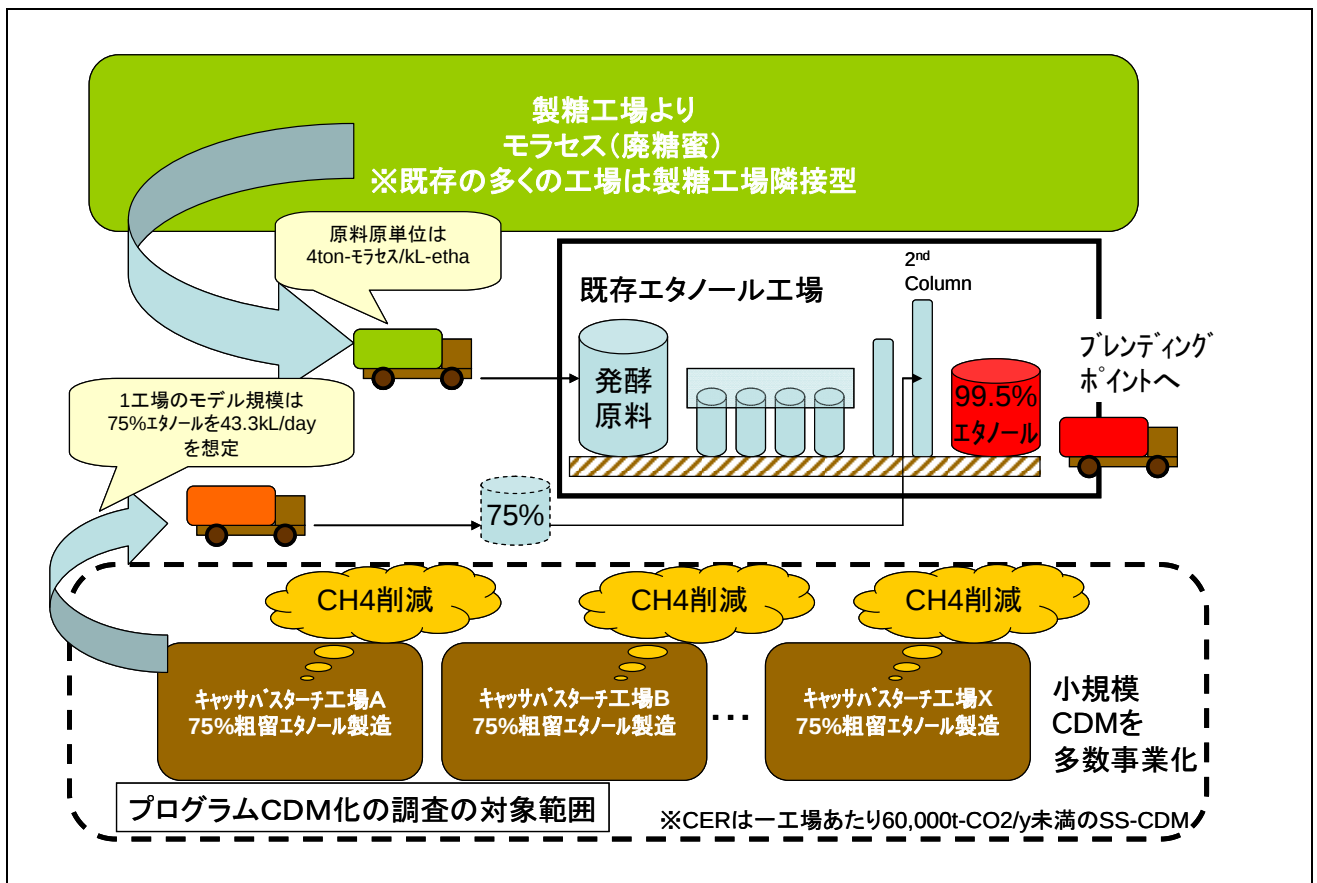


図 3-1 プロジェクト全体のイメージ図 (PoA とその周辺ビジネスを含む)

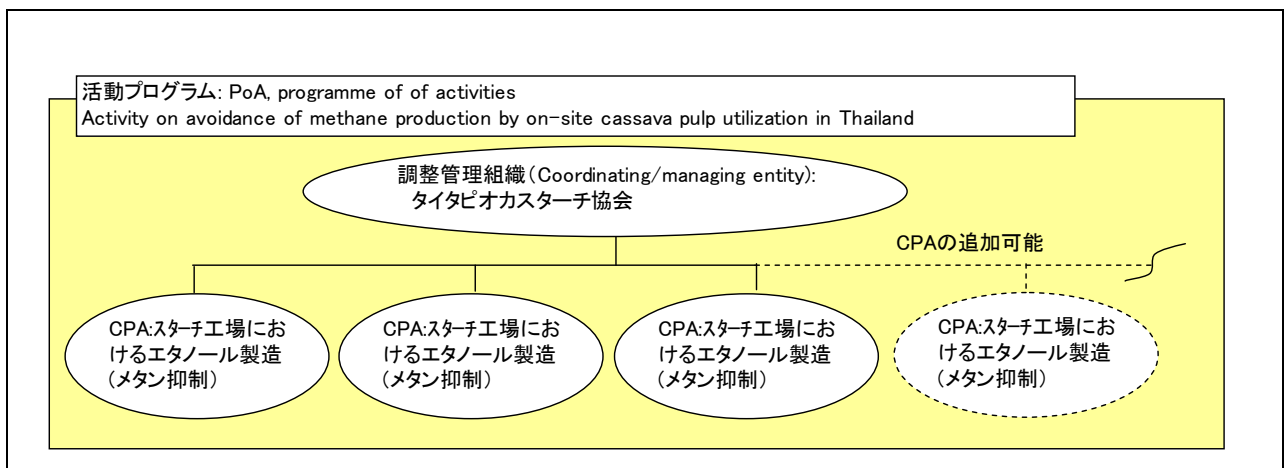


図 3-2 PoA の体制イメージ

本事業の全体ビジネスモデル概要としては、75%濃度の粗留エタノールをタイタピオカスターチ協会会員企業の無水エタノールプラントに輸送し、75%から 99.5%まで精留したのち、タイ国内のガソリン供給会社 (PPT、バンチャック、シェルなど) に販売する。

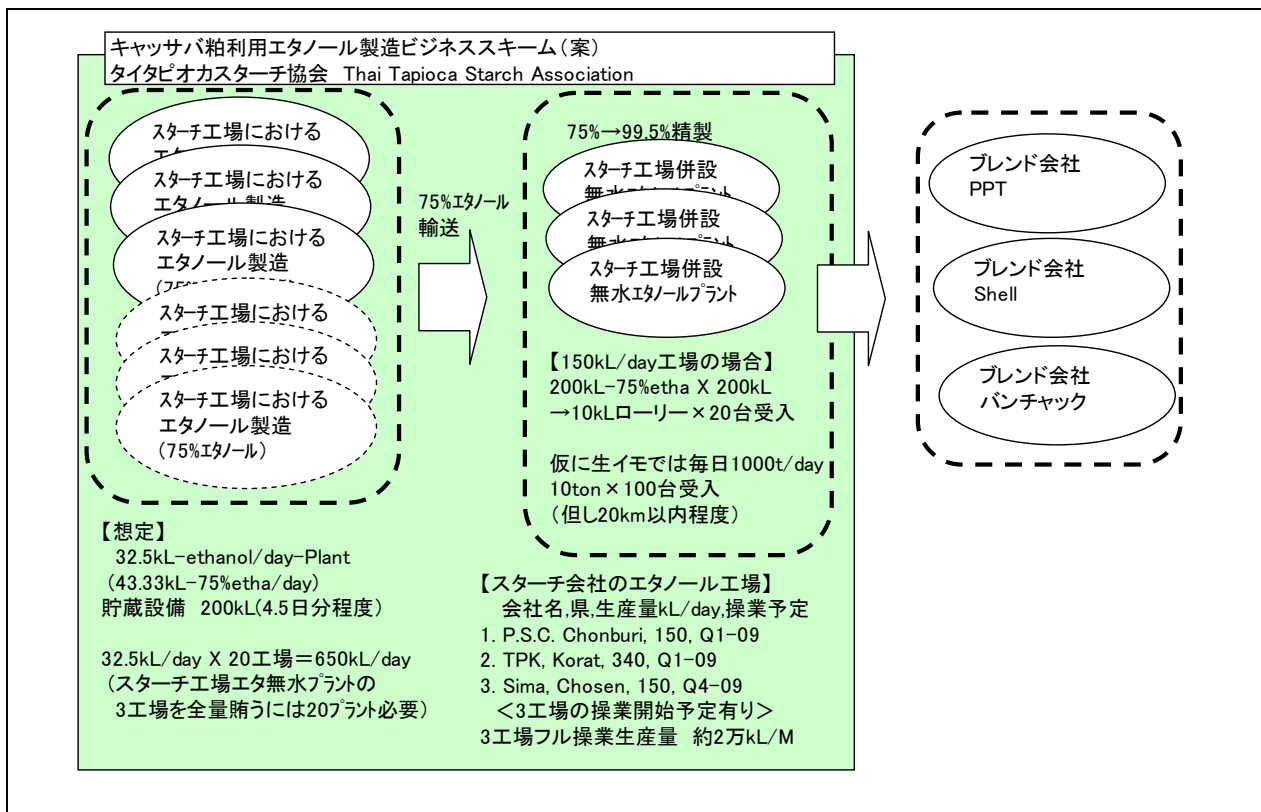


図 3-3 キャッサバ粕利用エタノール製造ビジネススキーム（案）

次項の 3-2 で具体的な「固有の CPA の内容」を、3-3 で「プログラム CDM 事業概要」を説明する。

3-2 固有の CPA の内容

ここでは、モデル CPA 事業として SWI 社（ナコンラチャシマ県）における固有の CPA に関して詳細を説明する。

プロジェクトの名称 (CPA) : CPA-DD_A.1

ナコンラチャシマ県 SWI 社スターチ工場内におけるキャッサバ粕利用によるメタンガス生成の抑制活動

Activity on avoidance of methane production by on-site cassava pulp utilization at SWI starch factory in Nakhon Ratchasima (CPA-1)

プロジェクトの実施主体: CPA-DD_A.3

Sanguan Wongse Industries Co., Ltd.

120 Moo 4, Ratchasima-Chkechai Rd., Muang, Nakhon Ratchasima 30000, THAILAND

実施主体の主たる事業概要は、キャッサバからのスターチの製造販売。キャッサバ生イモ受入量 3000t/day のタイ国内最大規模のスターチ工場である。

<http://www.swi.co.th/default1.html>

プロジェクトの概要: CPA-DD_A.2.

タイの東北部ナコンラチャシマ県に位置するキャッサバスターチ工場 Sanguan Wongse Industries Co., Ltd. (以下、SWI 社) において、スターチ製造の副産物として発生するキャッサバ粕を原料として用い、エタノール製造する事業を行う。本事業の実施によりキャッサバ粕の保管中に腐敗により生じるメタンガスを抑制されるため、そのメタンガス量を算定し温室効果ガスの削減とする。

SWI 社では、広大な敷地の中に 2 ヶ所のキャッサバ粕貯留場を有し、その面積は合計 24,000m² (タイの面積の単位で 150rai) である。乾期である 11 月から 3 月にかけてはキャッサバ粕を天日乾燥し出荷するが、雨期となる 4 月から 10 月にかけては天日乾燥が出来ないためにその広大な敷地に一日 1200ton ずつ排出されるキャッサバ粕が蓄積されていく。乾期が始まると 11 月より毎日新たに発生するキャッサバ粕と大量に貯留したキャッサバ粕とを並行して天日乾燥させていき、貯留分は 2 月終わりまでには完全に排出する。年間のメタンガス発生スケジュールで表現すると、4 月よりキャッサバ粕からのメタンガス発生がはじまり、10 月末にメタンガス発生量のピークを迎え、2 月末でメタンガス発生がほとんどなくなる。

CPA のプロジェクトバウンダリー及びベースラインの設定: CPA-DD

本プロジェクトでは、小規模方法論” AMS III.E. Ver. 15.1 Avoidance of methane production from decay of biomass through controlled combustion, gasification or mechanical/thermal treatment 管理燃焼、ガス化又は機械処理・熱処理によるバイオマスの腐敗からのメタン生成回避を用いる

SWI 社におけるキャッサバ粕利用エタノール製造事業は、SWI 社のスターチ工場の敷地内で実施される。固有の CPA としてのプロジェクトバウンダリーは、スターチ工場製造プロセスからキャッサバ粕が排出されることから、キャッサバ粕の貯留エリア、プロジェクトにより導入されるエタノールプラントである。

ベースラインの排出量は、プロジェクト実施前のキャッサバ粕貯留エリアからのメタンガスの排出である。SWI 社においては、キャッサバ生イモ受入量 3000ton/day、キャッサバ生粕（水分 80%）1200ton/day と非常に大規模な工場であり、エタノールプラント向けには 500ton/day のキャッサバ粕を使用するのみである。従って、エタノールプラント運転開始後も残りの 700ton/day のキャッサバ粕の雨期の排出量分の貯留によりメタンが発生し続ける。

（注：SWI 社自身の投資計画により残りの 700ton/day のキャッサバ粕をバイオマスボイラで燃焼する案があるため、ベースライン排出量の計算は 500t/day の粕からの排出のみを計算している。バイオマスボイラ導入に関しても CDM 化を視野にいれて検討している。）

プロジェクトの対象地区の概要： CPA-DD_A. 4. 1. 2

SWI 社は首都バンコクより北東 250km のナコンラチャシマ県（Nakhon Ratchasima）に位置する。中心都市である Muang 市の中心部より車で 10 分程度の幹線道路 Ratchasima-Chkechai Rd. に面している。敷地境界より 500m 以内の周辺にあるものは、別のスターチ工場、未耕作地、サトウキビ畑と従業員用住宅であり、一般住民の住宅は 500m 以上離れている。

期間： CPA-DD_A. 4. 2

クレジット期間 10 年間 2012 年 1 月－2021 年 12 月

（前処理システムの実証研究が必要なため、開始見込みを 2012 年 1 月とした）

CER の推定量： CPA-DD_A. 4. 4

CER およそ 65,000ton-CO₂/クレジット期間(10 年)

※ガソリン代替も CER とする場合は、285,000 ton-CO₂/クレジット期間（10 年）

表 3-1 温室効果ガス削減量（クレジット期間内）

年	ベースライン 排出量推計 (t-CO ₂ e)	プロジェクト活 動排出量推計 (t-CO ₂ e)	リーケージ 推計 (t-CO ₂ e)	排出削減量推計 (t-CO ₂ e)
2012 年	6,386	1,737	0	4,649
2013 年	6,386	1,737	0	4,649
2014 年	6,386	1,737	0	4,649
2015 年	6,386	1,737	0	4,649
2016 年	6,386	1,737	0	4,649
2017 年	6,386	1,737	0	4,649
2018 年	6,386	1,737	0	4,649
2019 年	6,386	1,737	0	4,649
2020 年	6,386	1,737	0	4,649
2021 年	6,386	1,737	0	4,649
合計	63,860	17,370	0	46,490

CPA の適用技術説明： CPA-DD_A. 4.

キャッサバ粕はスターチ製造工程から排出された直後は 70～80%の水分を含み、また乾燥重量のうちの 50～60%がスターチ成分である。このスターチ成分を用いてエタノールを製造する。

キャッサバ粕のスターチからのエタノール製造は、前処理工程、液化・糖化工程、発酵工程、蒸留工程である。本事業では 75vol%の粗留エタノールを製造するため、脱水工程はない。一般的なスターチ原料からのエタノール製造、例えばコーンや小麦原料に比べ、キャッサバ粕の場合は繊維質を多く含むために、粘性が高いゆえに前処理工程が非常に困難である。本事業では、前処理工程に新技術を取り入れることが特徴である。

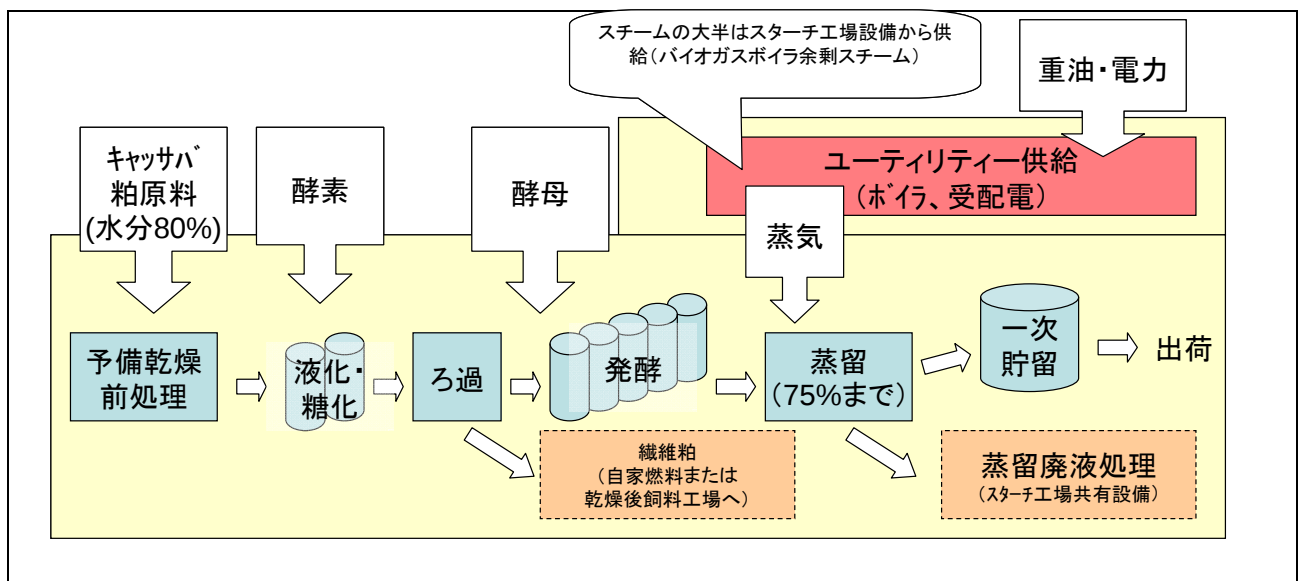


図 3-4 エタノール生産設備概要

既設設備構成：

本事業では、スターチ工場に新たにエタノールプラントを建設するため、既設設備に該当するものはない。

ベースラインのキャッサバ粕の処理方法は、雨期（4月～10月）に発生したキャッサバ粕は全量を工場敷地内に貯留する。この際に腐敗してメタンガスが発生する。乾期（11月～3月）には新たに生じたキャッサバ粕と貯留したキャッサバ粕を天日乾燥して、家畜飼料として販売する。

プロジェクト設備構成：

SWI 社の敷地概要を以下に挙げる。

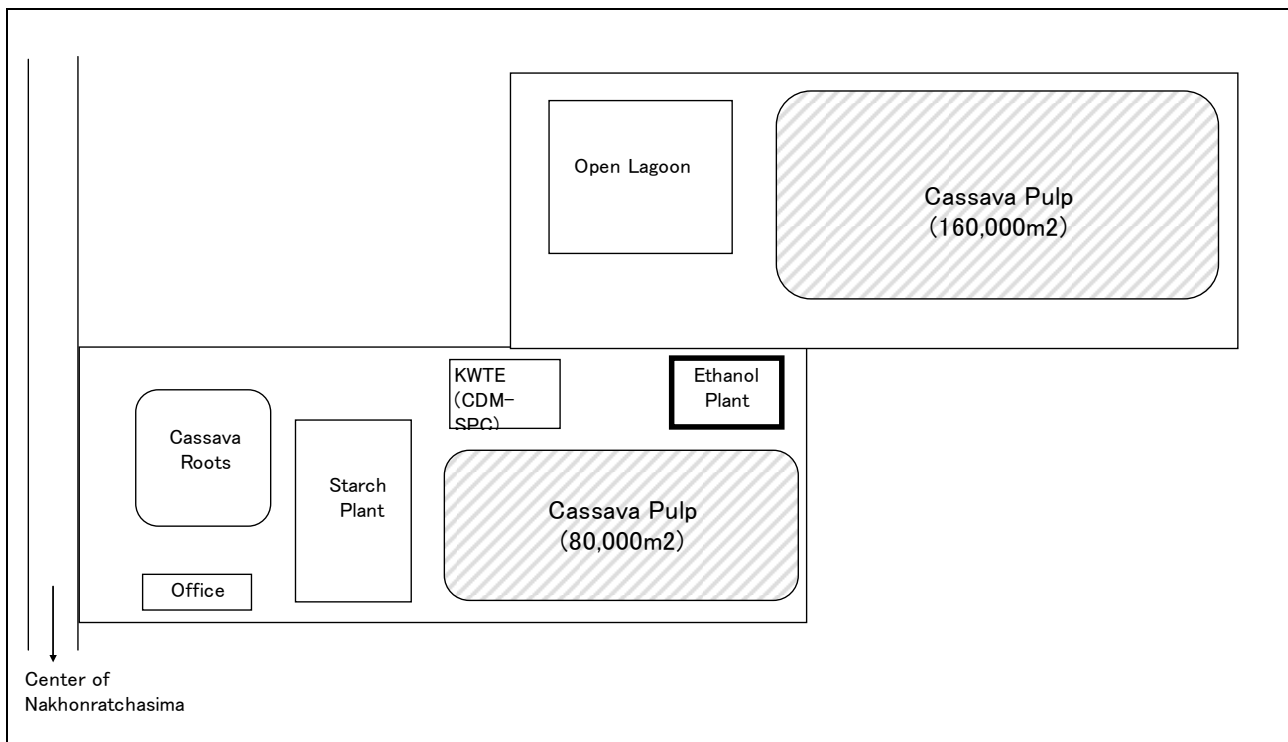


図 3-5 SWI 社工場配置図

導入設備仕様概要：

表 3-2 エタノールプラント設備概要

処理能力	キャッサバ粕受入量 500t/day ● moisture 80%, Starch contents 55% (Dry basis) エタノール製造量 43.3kL-crude/day (75vol%) *32.5kL-ethanol/day
前処理設備	遠心分離機、アンモニア爆砕法設備
タンク設備 ・ 液化/糖化 T ・ 発酵 T	液化・糖化タンク 100kL×2 基 発酵タンク 100kL×5 基
ろ過設備	フィルタープレス 1 基
蒸留設備	モロミ塔 1500φ×15mH (20 段シープトレイ)
一次貯留設備	100kL×1 基
付帯ユーティリティ設備	ボイラ、冷却設備、空気圧縮設備、受配電設備

追加性の証明： CPA-DD_B.3

本 PoA の目的は、TTSA の会員のスターチ工場においてオンサイトでキャッサバ粕を原料としたエタノール製造を行うことで、キャッサバ粕保管中のメタンガス発生抑制を行うものである。本 PoA の下で実施される CPA のベースラインシナリオは、キャッサバ粕を雨期の間工場内に保管しメタンガスが発生している状態である。本 PoA の下で行われる SWI 社における追加性の証明は以下のような複数のバリアにより証明される。

(1) 投資バリア

エタノールプラントの建設には高額投資が必要である。仮にキャッサバ粕からエタノール製造を行った際の収益は、キャッサバ粕原料の量により現在のタイの一般的なエタノール工場の規模（150kL/day）よりもかなり小規模である 30kL/day 前後であり、小規模ゆえに事業採算性は圧倒的に悪い。一方、ベースラインシナリオではキャッサバ粕を雨期の間も野積みで保管しているのみであるので、投資やランニングコストを伴わない。

本 CPA は CDM 事業化による CER の収入がなければ実施しないといえる。

(2) 技術バリア

キャッサバ粕からのエタノール製造は、タイ国内での実施例がない。他国の事例では、中国においてキャッサバチップを原料としたエタノール製造の補助原料として使われている事例はあるが、キャッサバ粕を主要原料としてエタノール製造を行っている工場は無い。キャッサバ粕はキャッサバチップあるいは生イモ (root) 原料に比べ繊維質が多いため、製造工程上、困難な点があるためであり、技術バリアが高い。

しかし、日本国内では「キャッサバ粕を主原料としたエタノール製造」の商業運転実績があり、原料由来の問題を克服する技術を有している。本 CPA は日本からの技術指導などを必要とする。本 CPA を CDM 事業化することで、技術的支援が期待でき問題点を回避可能である。

GHG の発生源に関する説明と CPA が登録済み PoA バウンダリ内であることの証明： CPA-DD_B. 4.

本 CPA の GHG の発生源は、ベースラインシナリオにおけるキャッサバ粕からのメタンガス排出量、プロジェクトシナリオにおけるエタノール製造のためのエネルギー消費に伴う CO₂ 排出が主なものである。

PoA の地理的バウンダリはタイ全土であり、本 CPA はバンコク市の北東のナコンラチャシマ県に位置する。本 CPA は PoA のバウンダリの範囲内である。

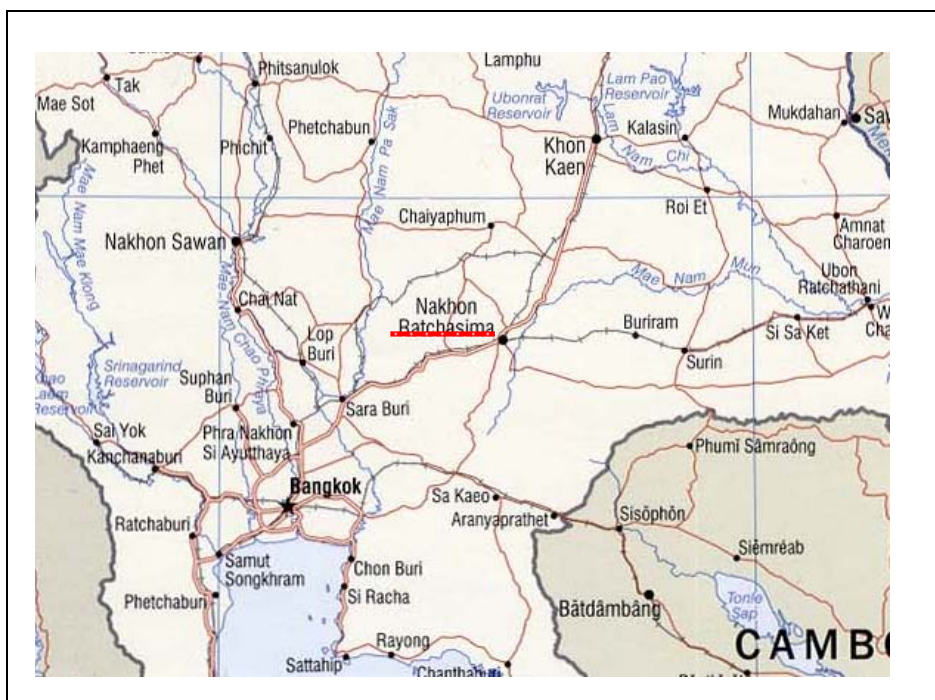


図 3-6 ナコンラチャシマ県地図

温室効果ガス削減量: CPA-DD_B. 5. 2.

以下、AMSIII.E を排出削減量計算工程を SWI 社の固有値とともに示す。

I. ベースライン排出量

ベースライン排出量は、キャッサバ粕中の分解性有機炭素の腐敗によって放出されるメタンの量であり、下式によって算出される。

$$BE_y = BE_{CH_4, SS, y} - MD_{reg, y} * GWP_{CH_4} \quad (式 1)$$

表 3-3 ベースライン排出量の算出パラメータ

パラメータ parameter	単位 unit	説明 explanation	備考 remarks
BE_y	tCO ₂ e	y 年におけるベースライン排出量	方法論を用いて算出
$BE_{CH_4, SS, y}$	tCO ₂ e	キャッサバ粕の腐敗によるベースライン排出量	方法論を用いて算出
$MD_{reg, y}$	tCH ₄	安全や規則等を遵守するために破壊あるいは除去されるメタン	方法論を用いて算出
GWP_{CH_4}	tCO ₂ e/ tCH ₄	メタンの地球温暖化係数	21 IPCCデフォルト値

タイにおいては、廃棄物処理場におけるメタン回収を義務づけた法令等は存在しない。そのため、「安全や規則等を遵守するためには無いあるいは除去されるメタン」の量は無い。

$$MD_{reg, y} = 0 \quad (式2)$$

このためベースライン排出量は下式で表される。

$$BE_y = BE_{CH_4, SS, y} \quad (式 3)$$

$BE_{CH_4, SS, y}$ はメタン生成ポテンシャルであり、“Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site (Version 04)”を用いて算定する。

$$BE_{CH_4, SS, y} = \phi * (1-f) * GWP_{CH_4} * (1-0X) * 16/12 * F * DOC_f * MCF * \Sigma W_x * DOC * e^{-k(y-x)} * (1-e^{-k}) \quad (式 4)$$

表 3-4 ベースライン排出量(メタン)の算出パラメータ

パラメータ parameter	単位 unit	説明 explanation	備考/SWI プロジェクト 固有値 remarks
$BE_{CH_4, SS, y}$	tCO ₂ e	キャッサバ粕の腐敗によるベースライン排出量	SWI社計算結果 6,386 tCO ₂ e
ϕ	—	モデルの誤差を勘案するためのモデル修正係数	0.9 (方法論デフォルト値)
f	tCH ₄	野積地において回収され、フレアリング、燃焼あるいは他の用途に用いられるメタンの量 (=0)	0 (SWIではフレアリングなどを行わない)
GWP_{CH_4}	tCO ₂ e/ tCH ₄	メタンの地球温暖化係数	21 (IPCC デフォルト値)
OX	—	酸化係数	0 (方法論デフォルト値)
F	—	キャッサバ粕処分場ガス中のメタン体積比率	0.5 (方法論デフォルト値)
DOC_f	—	腐敗する分解性有機炭素(DOC)の比率	0.5 (方法論デフォルト値)
MCF	—	メタン補正係数	0.28 (方法論デフォルト値/野積の場合)
W_x	t/yr	x 年における野積地に投棄されなかったキャッサバ粕量 (Dry basis)	日量 100t/day として操業日数で算出算出 (SWI 固有値)
DOC	—	キャッサバ粕中の分解性有機炭素の比率	0.44 方法論デフォルト値 (Pulp, paper and cardboard (other than sludge) (Dry)の場合))
k	—	キャッサバ粕の腐敗率	0.06 方法論デフォルト値(野積の場合): Pulp, paper and cardboard (other than sludge), Boreal and Temperate, Wet
x		クレジット期間中の第x年目: xは、最初のクレジット期間の最初の年(x=1とする)か	通常は「0～クレジット期間の最終年」であるが、SWI

		らメタン排出量が算定されるy年(x = y)	固有値は別途説明を参照
y		メタン排出量が算定される年	備考： クレジット開始日から18ヶ月後の場合は、「1.5年」
備考：SWI 社におけるキャッサバ粕からのメタンガス発生状況は、乾期の終盤（2月末頃）にはキャッサバ粕の全量を天日乾燥し終えるために2月末で一旦無くなる。 その為、毎年のバイオマス排気量が累積されていく一般的なAMS III.E.とは異なる。			

II. プロジェクト排出量

プロジェクト排出量は下式によって算出される。

$$PE_y = PE_{y, \text{comb}} + PE_{y, \text{transp}} + PE_{y, \text{power}} \quad (\text{式 5})$$

表 3-5 プロジェクト排出量の算出パラメータ

パラメータ parameter	単位 unit	説明 explanation	備考/SWIプロジェクト 固有値 remarks
PE_y	tCO ₂ e	y 年におけるプロジェクト排出量	方法論を用いて算出
$PE_{y, \text{comb}}$	tCO ₂ e/year	y 年におけるエタノール中の非バイオマス炭素分の燃焼による排出量	方法論を用いて算出
$PE_{y, \text{transp}}$	tCO ₂ e/year	y 年におけるキャッサバ粕等の輸送の増加分による排出量	方法論を用いて算出
$PE_{y, \text{power}}$	tCO ₂ e/year	y 年における電力および軽油の消費に伴う排出量	方法論を用いて算出
$PE_{y, \text{power}}$	tCO ₂ e/year	$PE_{\text{FF}, y} + PE_{\text{Elec}, y}$	方法論を用いて算出
$PE_{\text{FF}, y}$	tCO ₂ e/year	エタノール製造施設における化石燃料の消費に伴う排出量	方法論を用いて算出
$PE_{\text{elec}, y}$	tCO ₂ e/year	エタノール製造施設における電力の消費に伴う排出量	v

プロジェクト排出量の詳細は以下のとおりである。

(a) エタノール中の非バイオマス炭素分の燃焼による排出量

エタノール中の非バイオマス炭素分の燃焼による排出量は下式により算定される。

$$PE_{y, \text{comb}} = Q_{y, \text{non-biomass}} * 44/12 + Q_{y, \text{fuel}} * EF_{y, \text{fuel}} \quad (\text{式 6})$$

表 3-6 プロジェクト排出量(非バイオマスの燃焼)の算出パラメータ

パラメータ parameter	単位 unit	説明 explanation	備考/SWI プロジェクト 固有値 remarks
$Q_{y, \text{non-biomass}}$	tonnes of carbon	y 年における燃焼されるエタノール中の非バイオマス炭素分	
$Q_{y, \text{fuel}}$	tonnes	y 年における補助的化石燃料の消費量	
$EF_{y, \text{fuel}}$	tCO ₂ /ton	補助的化石燃料の CO ₂ 排出係数	

本プロジェクトにおいてはエタノール中には非バイオマス炭素分は混入しない。また、補助的化石燃料も使用しない。このため、

$$PE_{y, \text{comb}} = 0$$

(b) キャッサバ粕等の輸送の増加分による排出量

キャッサバ粕等の輸送の増加分による排出量は下式により算定される。

$$PE_{y, \text{transp}} = (Q_y/CT_y) * DAF_w * EF_{CO_2} + (Q_{y, \text{ash}}/CT_{y, \text{ash}}) * DAF_{\text{ash}} * EF_{CO_2} + (Q_{y, \text{RDF/SB}}/CT_{y, \text{RDF/SB}}) * DAF_{\text{RDF/SB}} * EF_{CO_2} \quad (\text{式 7})$$

表 3-7 プロジェクト排出量(輸送量の増加)の算出パラメータ

パラメータ parameter	単位 unit	説明 explanation	備考/SWI プロジェクト 固有値 remarks
Q_y	tonnes	y 年において運搬されるキャッサバ粕の量	ベースラインよりもプロジェクトの輸送量が少なくなるため、保守的に判断して、プロジェクトによる輸送量の増減による CER 発生量はカウントしていない。
CT_y	tonnes/truck	キャッサバ粕の運搬に要するトラックの平均積載量	
DAF_w	km/truck	キャッサバ粕の運搬距離の増加分	
$EF_{CO_2, \text{transp}}$	kgCO ₂ /km	トラックの軽油の CO ₂ 排出係数	
$Q_{y, \text{ash}}$	ton	y 年におけるエタノール製造に伴う残渣量	
$CT_{y, \text{ash}}$	tonnes/truck	残渣の運搬に要するトラックの平均積載量	
DAF_{ash}	km/truck	残渣の平均運搬距離	
$Q_{y, \text{RDF/SB}}$	tonnes	y 年におけるエタノールの生産量	
$CT_{y, \text{RDF/SB}}$	tonnes/truck	エタノールの運搬に要するトラックの平均積載	

		量	
DAF _{RDF/SB}	km/truck	エタノールの平均運搬距離（最終消費者へまでを含む）	

$$EF_{CO_2, transp} = FC_{truck, y} * D_{diesel} * 10^{-6} * NCV_{diesel} * EF_{CO_2, diesel} \quad (\text{式 } 8)$$

表 3-8 プロジェクト排出量(輸送量の増加)の軽油の CO2 排出係数算出パラメータ

パラメータ parameter	単位 unit	説明 explanation	備考/SWI プロジェクト 固有値 remarks
FC _{truck, y}	l/km	トラックの燃料消費量	
D _{diesel}	kg/l	軽油の密度	
NCV _{diesel}	TJ/kilo tonnes	軽油の発熱量	
EF _{CO2, diesel}	tCO ₂ /TJ	軽油の CO ₂ 排出係数	

(c) エタノール製造施設における化石燃料の消費と電力消費に伴う排出量

$$PE_y = PE_{y, comb} + PE_{y, transp} + PE_{y, power} \quad (\text{式 } 9)$$

表 3-9 プロジェクト排出量(プロジェクト活動に伴う)の算出パラメータ

パラメータ parameter	単位 unit	説明 explanation	備考/SWI プロジェクト 固有値 remarks
PE _y	tCO ₂ e	プロジェクト活動によるGHG排出量	SWI社計算結果：1,737
PE _{y, comb}	tCO ₂ e	非バイオマス燃料の燃焼によるGHG排出量	SWI社： 0
PE _{y, transp}	tCO ₂ e	輸送量の増加によるGHG排出量	SWI社： 0
PE _{y, power}	tCO ₂ e	プロジェクト活動に伴うエネルギー消費分のGHG排出量	SWI社計算結果：1,737

III. リークエージ

方法論では、以下の 2 種類のリークエージを考慮することとされている。

- ・ エタノール製造設備が他のプロジェクトからの転用であるか、または既存の機器が他のプロジェクトへ転用される場合は相当するリークエージをカウントする。
- ・ 製造されたエタノールが最終消費地において燃焼される前に、嫌気的な状況下にさらされる場合は

相当するリーケージをカウントする。また、プロジェクトバウンダリー外の消費者に販売される場合は、プロジェクト実施者が特段の証明ができない限り、ベースライン排出量の 5%をデフォルト値としてリーケージとカウントする。

本プロジェクトでは、エタノール製造設備は新品かつ新規に設置されるものであるため、他のプロジェクトから、あるいは他のプロジェクトへ転用されることは無い。また、製造されるエタノールが放置されたりすることでメタンが発生することは無い。

IV. 排出削減量

本プロジェクトによる排出削減量は下式によって算出される。

$$\begin{aligned} ER_y &= BE_y - (PE_y + Leakage_y) \\ &= 6,386 - (1,737 + 0) = 4,649 \text{ t-CO}_2/\text{y} \end{aligned} \quad (\text{式 10})$$

排出削減量の見込み量： CPA-DD_B. 5. 3.

前述の表 3-1 の通り。

モニタリング計画：CPA-DD_B. 6. 1

CPA 事業毎のモニタリング計画を挙げる。

本 PoA では、各 CPA についてモニタリングを実施する。モニタリングの内容は下記のとおりである。

1) 概要

PoA 全体のモニタリングは、タイタピオカスターチ協会 (TTSA) が統括する。TTSA は、PoA 全体の管理監督者としての役割を担い、それぞれの CPA 実施主体から報告されるデータの収集や品質管理、これらのデータを用いた排出削減量の算定、DOE への報告等を行う。

CPA 実施主体は、各スターチ工場の CDM 担当部署である。CPA 実施主体は、当該 CPA の管理運用を担当し、TTSA が用意するモニタリングマニュアル等に基づいて CPA のモニタリングを実施するとともに、得られたデータを TTSA に定期的に報告する。

2) タイタピオカスターチ協会 (TTSA) および CPA 実施主体の役割

TTSA および CPA 実施主体の役割を表 3-10 に示す。

表 3-10 モニタリングの役割分担

	CPA 実施主体 (各スターチ工場)	PoA コーディネータ (TTSA)
モニタリングの管理運用	-	- PoA の管理運用および各 CPA の管理を実施 - PoA 全体および CPA のモニタリングマニュアルを作成 - 各 CPA からのデータ収集・報告システムの構築
データ収集・報告	- 当該 CPA のデータを収集 - 電子データおよびハードコピーデータを TTSA に送付 - データの品質をチェック	- 各 CPA データのチェック - 月次・年次報告書の作成
データの保存・管理	- データの確実な保存とバックアップ	- データベースフォーマットの作成 - 排出削減量の算定 - 全データの確実な保存とバックアップ
品質管理	- 導入した設備の定期的な点検等を実施 - 導入した設備の適切な運用および取得データの品質管理のための研修を受ける	- 各 CPA 実施主体に対して、設備の定期的な点検等を要請 - 設備の適切な運用および取得データの品質管理のための研修を実施

環境影響・その他の間接影響：CPA-DD_SecC.

本プロジェクトの実施により、メタンガスの発生抑制と共にバイオマス腐敗の臭気の問題が解決される。

利害関係者のコメント： CPA-DD_SecD

・キャッサバ粕の購入先である飼料工場でのインタビュー

タイの多くの飼料工場では、キャッサバチップとキャッサバ粕を用いてペレットに成型して飼料を製造している。キャッサバ粕は安価な原料ではあるが、キャッサバチップの補助的に使っているものであり、キャッサバ粕の流通が少なくなってもビジネスには影響はないとのことであった。

・既存エタノール工場（2 社）でのインタビュー

既存のエタノール工場の 2 社とも本事業において製造される 75%エタノールの精製ビジネスに関して非常に関心が高く、早期の実現に期待するとのコメントであった。

プロジェクトの実施体制： 第 4 章 プロジェクトの事業性に記載

資金計画： 第4章 プロジェクトの事業性に詳細を記載

投資額 8.33 億円のうち、50%を SWI 社の自己資本で、残りの 50%を銀行から借り入れることを想定している。

経済性分析： 第4章 プロジェクトの事業性に詳細を記載

本事業の IRR は CER が 0 円の際は 14.07%、CER=1000 円の場合が 14.79%である。

環境影響・その他の間接影響： CPA-DD C.3.

タイの CDM 事業ホスト国承認申請の際に、IEE (Initial Environmental Evaluation) と SDC (Sustainable Development Criteria) を要求される。

本提案は、既存のキャッサバスターチ工場敷地内にエタノール製造プラントを設置するものであり、事業の内容としては、製糖工場敷地内にエタノール製造プラントを設置する事業（タイの自動車燃料用エタノール工場の多くがこのタイプ）に類似している。環境影響に関してはスターチ製造のみの場合に比べ、水質、大気、騒音、悪臭などの負の影響が増大するかという評価となる。

本事業を実施する場合の増加する消費エネルギーに関しては、極力バイオマス由来の燃料を使用すること、エタノール製造プロセスそのものの省エネルギー化に配慮することを前提として設計を行う。排出される繊維粕は燃焼、蒸留廃液に関してはスターチ工場内の排水処理設備で処理すると想定している。

3-3 プログラム CDM 事業概要

ここでは、モデル PoA 全体概要に関して詳細を説明する。

プロジェクトの名称 (CPA) : PoA-DD_A.1

タイのスターチ工場内におけるキャッサバ粕利用によるメタンガス生成の抑制プログラム

Programme on avoidance of methane production by on-site cassava pulp utilization in Thailand

プロジェクトの実施主体: PoA -DD_A.3

1. 管理・調整組織 Thai Tapioca Starch Association (TTSA)

2. プロジェクト参加者

TTSA の会員企業のスターチ工場がプロジェクト参加者（固有の CPA）である。

（例）スターチ工場 A、スターチ工場 B、スターチ工場 C

その他の参加者 前川製作所

プロジェクトの概要: PoA -DD_A.2.

1. PoA の全体概要の枠組み・General operating and implementing framework of PoA

目的: 本 PoA の目的は、タイのキャッサバスターチ工場において副産物として発生するキャッサバ粕 (Cassava Pulp) を原料として用いて、エタノールを製造する事業を実施し、キャッサバ粕の保管中に腐敗により生じるメタンガスを抑制することで温室効果ガスの削減を行うものである。

PoA の管理・調整組織は Thai Tapioca Starch Association (TTSA) であり、それぞれの CPA は TTSA の会員企業である。

各 CPA では、50 から 75%濃度の粗留エタノールを製造し、自動車燃料用エタノール工場（無水エタノール製造工場）へ輸送して 99.5%のエタノールに精製する。キャッサバ粕はスターチ工場の副産物であり食糧と競合しないエタノール原料である。

2. Policy/measure or stated goal of the PoA

本 PoA は、スターチ工場におけるメタンガス発生を抑制するとともに、次のような点からタイの持続可能な発展に貢献する。

1) スターチ工場の経営の安定化・農業分野の収入の安定化

キャッサバスターチ工場の副産物（廃棄物）であるキャッサバ粕をエタノール原料という新たな市場で利用できることで、キャッサバスターチ工場の経営の安定化につながり、結果、それがキャッサバ農家の収入の安定化にも寄与する。

2) 食料と競合しない原料からの自動車燃料用エタノール製造

キャッサバ生イモ（またはチップ）を用いてエタノール製造を行うことは、食料と競合してしまうために問題視されている。本提案ではスターチ工場の副産物であるキャッサバ粕を用いることで、食料と競合せずに自動車燃料用エタノールを製造できることが特徴である。

3) 年間安定供給できるエタノール原料の確保

第一のエタノール原料であるモラセスはサトウキビの収穫シーズンは11月から4月（タイの乾期）であり、製糖工場の稼働もシーズン中のみに副生するものである。残りの5月から10月の間は、製糖工場が貯留しているモラセスを用いてエタノール製造を行っているが、需給バランスがくずれたり、モラセスそのものの輸出量が増えたりすると、次の製糖期を待たずにモラセスが不足する事態となる

キャッサバ系の原料の場合は、基本的には12ヶ月間、原料調達が可能である。「スターチ工場」の稼働の季節特性を挙げると、12ヶ月間のうち雨期の最盛期（9月～10月）にはキャッサバ農家が収穫を控える傾向があるためにキャッサバ収穫量が若干減るが、タイ国内70工場あるスターチ工場が一斉に操業を停止する時期はないため、「キャッサバ粕」は年間を通じて安定的に得られるエタノール原料といえる。

4) 既存エタノール工場で精製を行うことによる共存

タイでは自動車燃料用エタノール工場のライセンスを所得済みの案件が45件あり、現在12工場が稼働を始めている。キャッサバ生産量第一位のナコンラチャシマ県を例に挙げると、1工場（K. I. Ethanol、製糖工場併設型）が稼働しており、2009年末までに比較的規模の大きい2工場（TPK Ethanol、Buenok）が稼働予定である。仮に、キャッサバスターチ工場のオンサイトで99.5%エタノールを製造した場合はこれらの先行しているエタノール工場と激しい競合関係に発展することが予想される。そのような点に配慮して、本提案では「キャッサバ粕を用いたエタノール製造では、75%濃度のエタノール製造」までに留めて、ビジネスとしての棲み分けを行う（注：スターチ工場のうち、既に99.5%エタノール製造ライセンスを取得している工場が複数ある。それらのライセンス取得済み工場に関しては、75%に拘らず、キャッサバ粕から99.5%エタノール製造を行うという選択肢もある）。

5) 熟練した技術者の雇用の創出

キャッサバ粕からエタノール製造を行うには、糖化・発酵工程（バイオテクノロジー）や蒸留工程（ケミカルエンジニアリング）など専門性を要する工程が多い。本事業の実施により熟練した技術者の雇用の創出につながる。

3. Confirmation that the proposed PoA is voluntary action by the coordination/managing entity TTSA は自主的に本 PoA を行うものである。

PoA で実施される具体的な技術内容： PoA-DD A. 4.

キャッサバ粕はスターチ製造工程から排出された直後は70～80%の水分を含み、また乾燥重量のうちの50～60%がスターチ成分であるため、非常に腐敗しやすい。現在は、乾期は天日乾燥を行った上で飼料原料として近隣のキャッサバペレット工場へ販売している。しかし、雨期には天日乾燥ができないため、SWI 社の場合は広大な敷地に野積みして降雨の合間に天日乾燥を行うが、あまり効果的な乾燥はできず腐敗が進む。腐敗と同時に、メタンガスなどの温室効果ガスが発生しているのが現状である。雨期が終わり、乾期が始まると同時にこれまで蓄積したキャッサバ粕も天日乾燥し、飼料原料として販売する。

本事業の実施により、キャッサバ粕は腐敗が始まる前にスターチ工場内に建設されるエタノールプラントにてエタノール原料として活用されるため、メタンガスの発生が抑制される。

キャッサバ粕のスターチからのエタノール製造は、前処理工程、液化・糖化工程、発酵工程、蒸留工程である。本事業では 75vol%の粗留エタノールを製造するため、脱水工程はない。一般的なスターチ原料からのエタノール製造、例えばコーンや小麦原料に比べ、キャッサバ粕の場合は繊維質を多く含むために、粘性が高いゆえに前処理工程が非常に困難である。本事業では、前処理工程に新技術を取り入れることが特徴である。

プロジェクトの対象地区の概要： PoA -DD_A. 4. 1. 2

本 PoA はタイ国内の TTSA 会員企業のスターチ工場（約 70 工場）を対象として CPA が実施される。

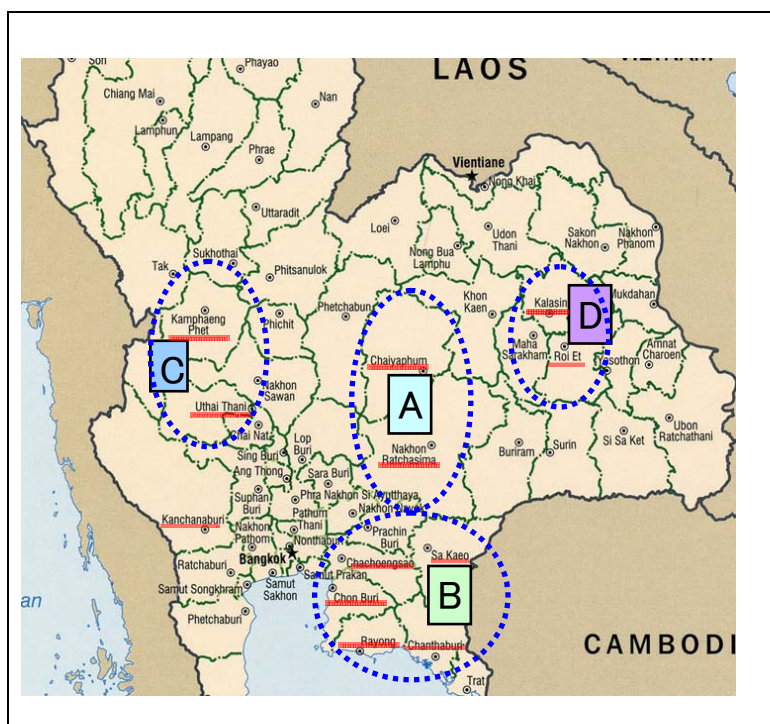


図 3-7 タイ地図（スターチ工場が多く分布している地域を A～D で表す）

典型的な CPA の概要： PoA-DD_A. 4. 2

本 PoA の下で実施される典型的な CPA は以下のものである。

- 1) スターチ工場の敷地内でキャッサバ粕を保管しており、そこからメタンガスが発生していたものを抑制する。
- 2) スターチ工場の副産物であるキャッサバ粕を用いて 50～75%濃度のエタノールを製造する。

PoA 内で行われる CPA の基準： PoA-DD_A. 4. 2. 2

本 PoA の下で行われる CPA は次のような条件に合致しているものとする。

- 1) TTSA の会員企業であること

- 2) キャッサバスターチ工場の管理する敷地内におい野積み状態でキャッサバ粕を保管しており、そこらのメタンガス発生を抑制するプロジェクトであること。
- 3) メタンガスの発生が現地における計測で確認されていたこと。
- 4) キャッサバスターチ工場内で副産物のキャッサバ粕からエタノールを製造するプロジェクトであること。
- 5) スターチ工場で製造した粗留エタノールを自動車燃料用エタノール工場へ輸送し 99.5%以上に精製するプロジェクトであること。
- 6) 各 CPA における CER が 60,000 t-CO₂/y を超えないこと。
- 7) 各 CPA は他の PoA の下で行われている CPA または CDM プロジェクトではないこと。

PoA 下で行われる各 CPA が PoA の活動なしでは実施されないことの説明： PoA-DD_A. 4. 3

- (i) 提案される PoA は TTSA とその会員企業により自主的に行われるものである。
- (ii) 本 PoA の下で行われる各 CPA は CER による収益なしでは実施されない。

PoA のモニタリング手法： PoA-DD_A. 4. 4. 1

- (i) A record keeping system for each CPA under the PoA
必要なデータを全て網羅したデータベースフォーマットを作成し、各 CPA がデータを完成させる。TTSA が確認審査を行い保管する。
- (ii) A system/procedure to avoid double accounting e.g. to avoid the case of including a new CPA that has been already registered either as a CDM project activity or a CPA of another PoA.
CPA を新たに追加する際に、ダブルカウント防止のため CPA 実施者に確認すると共に UNFCCC Website を確認する。
- (iii) The SS-CPA included in the PoA is not a de-bundled component of another CDM programme activity(CPA) or CDM project activity
CPA を新たに追加する際に、他の CDM プロジェクトのデバンドルでないことを確認するため CPA 実施者に確認すると共に UNFCCC Website を確認する。
- (iv) The provisions to ensure that those operating the CPA are aware of and have agreed that their activity is being subscribed to the PoA;
TTSA は情報とデータを迅速に全てのプロジェクト参加者に開示する。

モニタリング計画： PoA -DD_A. 4. 4. 2

CPA 事業毎のモニタリング計画を挙げる。

本 PoA では、各 CPA についてモニタリングを実施する。モニタリングの内容は下記のとおりである。

1) 概要

PoA 全体のモニタリングは、タイタピオカスターチ協会 (TTSA) が統括する。TTSA は、PoA 全体の管理監督者としての役割を担い、それぞれの CPA 実施主体から報告されるデータの収集や品質管理、これらのデータを用いた排出削減量の算定、DOE への報告等を行う。

CPA 実施主体は、各スターチ工場の CDM 担当部署である。CPA 実施主体は、当該 CPA の管理運用を担当し、TTSA が用意するモニタリングマニュアル等に基づいて CPA のモニタリングを実施するとともに、得られたデータを TTSA に定期的に報告する。

2) タイタピオカスターチ協会 (TTSA) および CPA 実施主体の役割

TTSA および CPA 実施主体の役割を前述の表 3-10 に示す。

PoA の期間： PoA -DD_SecB.

PoA の開始時期 2012 年 1 月 (予定)

PoA の期間 28 年間

環境影響評価に関して： PoA-DD_SecC.

環境影響評価に関しては各 CPA 毎に実施する。

本 CPA は既存のキャッサバ工場にエタノールプラントを併設するため、法的に必要な環境影響評価はないが、CDM 事業ホスト国承認のための IEE (Initial Environmental Evaluation) を提出する必要がある。

利害関係者のコメント： PoA-DD_SecD.

各 CPA 間の距離が離れているため、利害関係者のコメントは CPA 毎に実施する。

CPA のプロジェクトバウンダリー及びベースラインの設定： PoA -DD_SecE.

追加性の証明は各 CPA 毎に実施する。

追加性の証明： PoA -DD_E. 5. 1

追加性の証明は各 CPA 毎に実施する。

第3章関連 本文巻末添付書類リスト

添付 3-1	CER 計算シート
PDD-1	PoA-DD （プログラム CDM 全体の PDD）
PDD-2	Completed CPA-DD （SWI 社の 固有の CPA における PDD）
PDD-3	PoA Specific CPA-DD （CPA の様式）

第4章 プロジェクトの事業性

本章では、代表的な CPA としてキャッサバ粕（Wet）500t/day を原料としたキャッサバ粕利用エタノール工場のプロジェクト事業性を検討する。

4-1 プロジェクト実施体制

プロジェクトの実施体制図を以下に示す。

本 PoA の運営管理（coordinating /managing entity）として TTSA(Thai Tapioca Starch Association)を想定している。TTSA は 1976 年に設立されたスターチ業界団体であり、加盟企業に対して販売促進、マーケティング支援、種々技術支援を行うコーディネーティングセンターとして機能している。現在では、61 社が加盟しており、本プロジェクト実現可能な規模の工場を網羅していると考えられる。

TTSA はプログラムコーディネータとして CPA の立ち上げスケジュールを作成管理する他、エタノール製造技術支援、CDM プロジェクト実施の為のキャパシティビルディング等を行う。

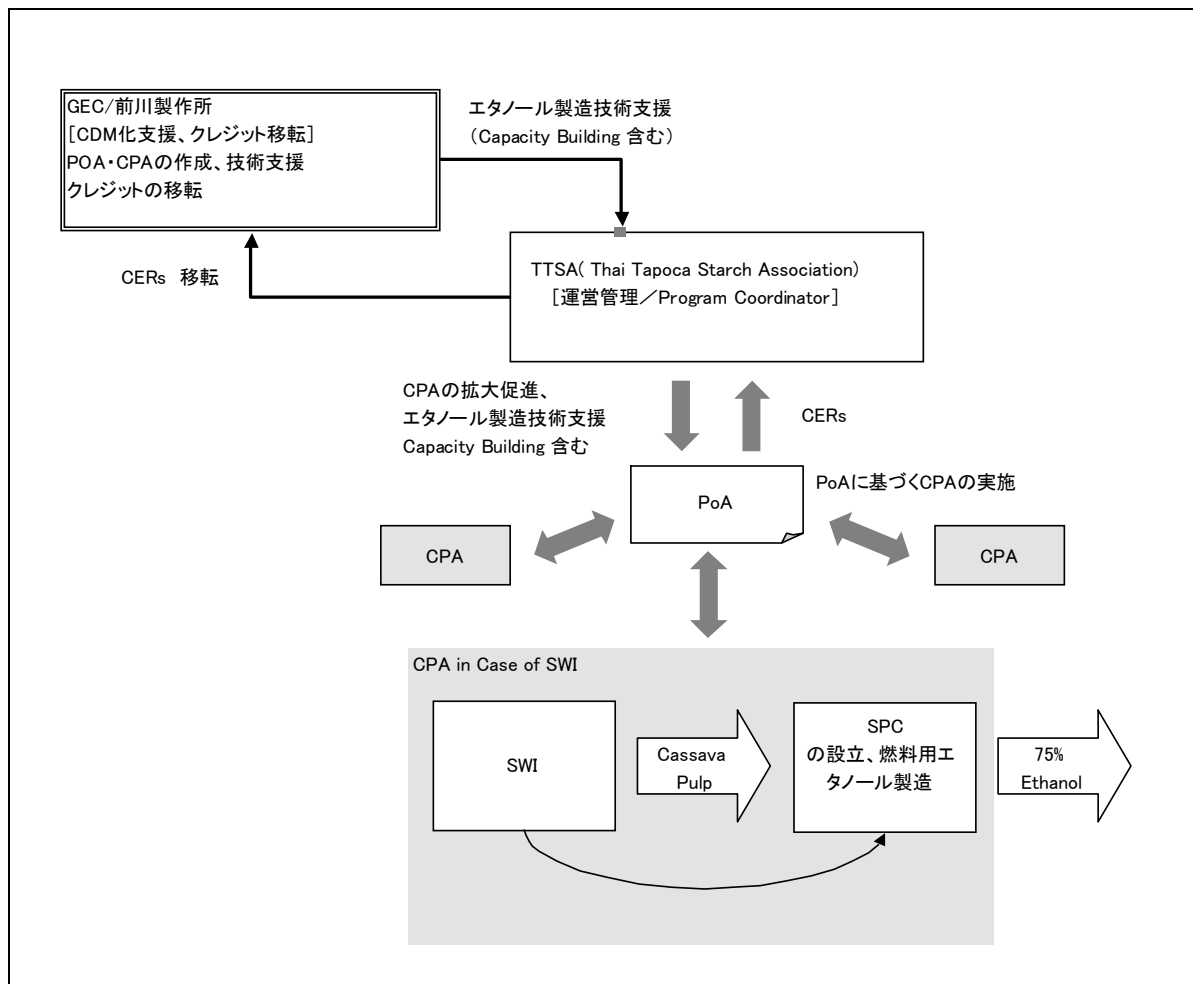


図 4-1 実施体制図

CER は前川製作所を通じて日本側に移転される。また、前川製作所は PoA・CPA の作成をする他キャッサバ粕からエタノールを製造する技術を TTSA もしくは事業所に対して支援する。

CPA の実施体制モデルとして SWI (SANGUAN WONGSE INDUSTRIES CO., LTD.) の場合を図 4-1 に示した。

自動車燃料用エタノール製造事業は 8 年間の法人税免税や、プラント建設時の関税の免税などの優遇装置がある、その為、既存のキャッサバスターチ工場に併設してエタノールプラントを建設する場合は、会計上は別会社 (SPC) を設立することとなる。ここでは SWI が SPC を設立しキャッサバ粕から 75vol% のエタノールを製造する事と想定した。この会社が SWI 社における固有の CPA の主体である。エタノール製造 SPC 会社は SWI より生キャッサバ粕を購入しエタノール製造を行い、製品（バイオエタノールとしては中間製品）を無水の燃料エタノールを製造している会社に販売する。それに加えて、CER による収入が見込まれる。

他の CPA においては、出資者はスターチ会社自身の場合もあれば、TTSA 加盟企業以外の例えば投資会社やエタノール会社などが参画することも想定されるが、その場合も TTSA が管理する PoA の下で CPA を実施することとなる。

4-2 プロジェクトの概算費用試算

キャッサバ粕エタノール製造に要する設備投資、と運転費用を原料 500t/day を標準規模として検討し事業採算性を試算した。原料の生キャッサバ粕は水分率 80% とした。

(1) 生産設備概要

エタノール製造プラントの概念図を図 4-2 に示す。含水率 80% の生キャッサバ粕を、まず遠心式の脱水機で含水率 50% まで脱水する。

次に含水率 50% の生キャッサバ粕をアンモニア爆砕法にて処理する。この工程において 100℃ 程度を経験するため糊化したスターチはキャッサバ細胞壁を構成する繊維質とともに粉碎され微細な固まりとなる。またアンモニア回収工程においてキャッサバ粕の乾燥が一部進み、爆砕工程後のキャッサバ粕含水率は 45% となる。本工程の所要時間は 20 分程度である。

液化・糖化タンクにて加水し酵素を添加して加え 70℃ で糖化する。この際に使用する水は糖化工程後に設置されたフィルタープレスのかけ水から回収されたものである。液化・糖化工程の所要時間は 5 時間程度、糖液濃度（グルコース濃度）約 20% を想定している。

糖液をフィルタープレス（固液分離器）にかけてキャッサバ繊維粕と清澄な糖化液となり発酵タンクに送られる。発酵タンクは回分式の繰り返し仕込みと酵母活性化法を採用し発酵時間は 24 時間～30 時間、エタノール濃度約 10% と想定している。

発酵を終えたもろみ（発酵液）はもろみ蒸留塔において 75vol% のエタノールとして取り出される。

本プラントにおいては、500ton/day の生キャッサバ粕（含水率 80%）から無水エタノール

ル換算で 32.5kL/day のエタノールが生産される。

なお、蒸留廃液はスターチ工場の排水処理装置（嫌気性排水処理＋好気性処理装置）にて処理する。

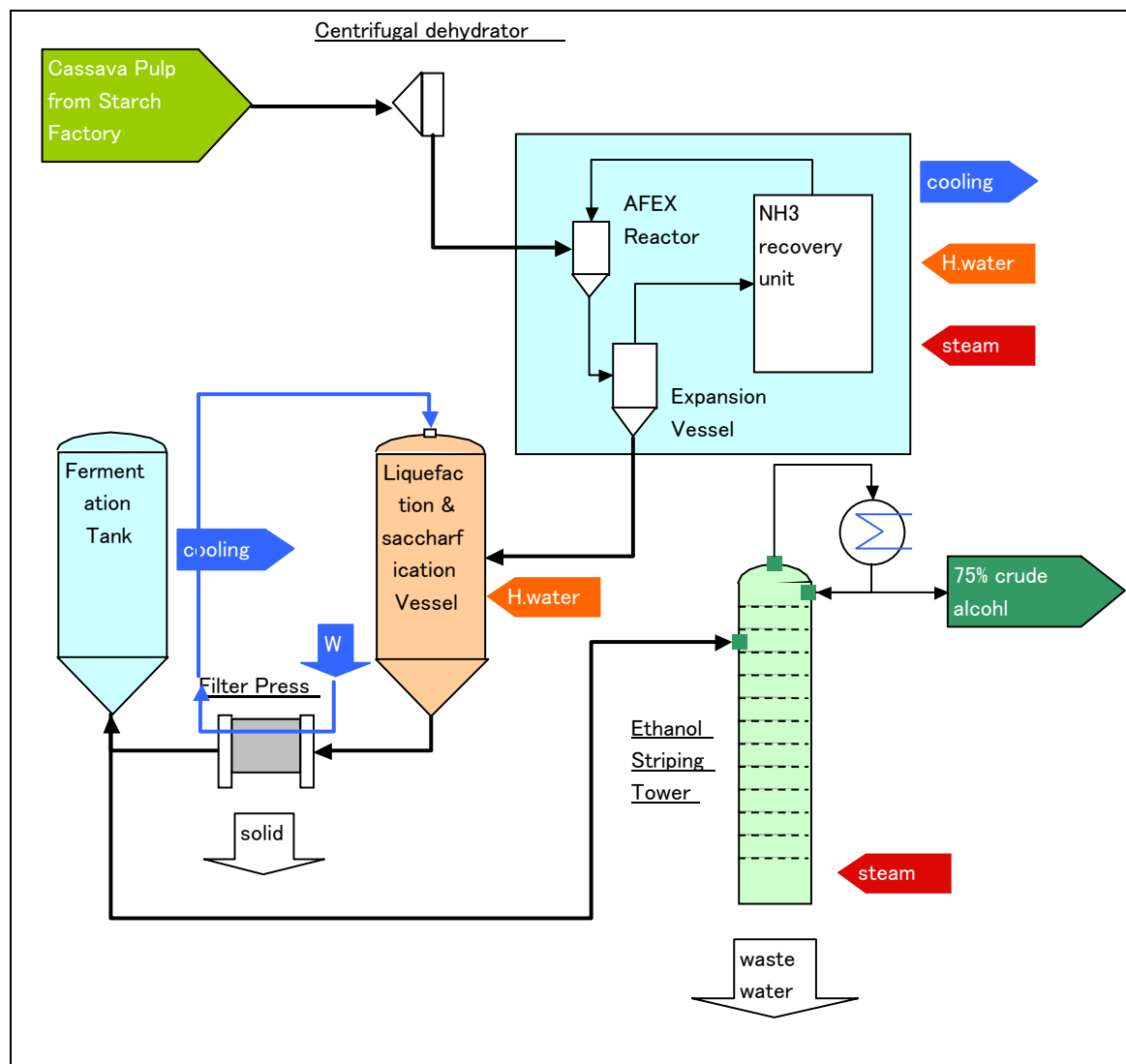


図 4-2 プラントフロー

【主要機器設備仕様及び設備投資額】

表 4-1 に設備概略仕様と概算費用を示す。合計設備投資額は概略 8.33 億円となる。

表 4-1 設備概要および概算費用

工 程	設 備	数量	単価	費用
			(百万円)	(百万円)
前段処理工程	遠心分離式脱水機	2	10	20.0
アンモニア爆砕工程	アンモニア爆砕設備	1		240.0
	回分式反応器、連続式アンモニア回収装置(200t/day)			
液化糖化工程	糖化槽(100kL×2基)	2	18	36.0
	フィルタープレス(40t/day)	1		75.0
発酵工程	発酵タンク	5	14.4	72.0
	酵母タンク	2	5	10.0
蒸留工程	モロミ塔 (モロミ処理量312t/day(13t/h)、 1500φ、15mH、20段シーブトレイ、 SUS304L、投入蒸気量1.3t/h)	1		30.0
	凝縮器(伝熱面積320m ²)	1		18.0
共通	製品タンク 100kL×1基	1		
	洗浄設備	1		
	配管設備、架台	1		
	電気設備	1		
	ボイラ設備	1		
	冷凍設備	1		
	空気圧縮設備	1		
	受電設備	1		
	炭酸ガス液化精製設備	1		見積除外
	排水処理設備	1		見積除外
土木建築工事				30.0
		小計		757.0
		諸経費		76.0
		合計		833.0

(百万円)

除外工事(別途工事排水処理設備、一般建築、工場全般外構設備)

【ユーティリティ】

想定されるユーティリティの必要量を表 4-2 に示す。各ユーティリティ別に日あたり、時間あたりとエタノール製造原単位にて示している。

表 4-2

ユーティリティ必要量一覧表

	MJ/日	MJ/時	MJ/KL-ETOH
加熱熱源 (合計)	202,662	8,444	6,141
スチーム	(65,050)	(2,710)	(1,971)
温水	(137,611)	(5,734)	(4,170)
冷却熱源	136,047	5,669	4,110

加熱熱源の内 温水は
廃熱から、スチームの
90%は残さパルプボ
イラーでまかなう。
蒸気量のごく一部を重
油ボイラで賄う。

電力消費量	kWh/日	Kwh/時	kWh/KL-ETOH
(冷凍機電力)	(7,328)	(305)	(221)
(その他電力)	(1,920)	(80)	(58)
合計	9,248	385	279

排水はスターチ工場
の嫌気性排水処理設
備を利用するものと
する

	KL/日	KL/時	KL/KL-ETOH
水消費量	662	28	20.0
排水量	640	27	19.3

【ランニングコスト等】

1kLのエタノール（無水換算）製造あたりのランニングコストを以下のように想定してい
る。

表 4-3 ランニングコスト試算

	項目	/L-無水 etha		備考 ※1THB=3JPY (円)
		円	THB	
1	主原料費 (キャッサバ粕)	8.4	2.8	0.2THB/kg × 14kg-粕/L-etha
2	酵素・酵母・薬剤費	4.5	1.5	酵素代 1.2THB/L-etha 酵母他 0.3THB/L-etha として
3	電力代	2.5	0.84	0.28kWh/L × 3THB/kWh
4	燃料代	0.24	0.082	200MJ/kL / 41.8MJ/L-oil × 17THB/L /1000
5	人件費	2.34	0.78	350,000THB/(人・y) × 24 人 / 10725kL/1000
6	その他諸経費	3.02	0.998	
	合計	21	7	

4－3 資金計画及び経済性分析

次のような条件で経済性分析を行った。

表 4-4 経済性分析の前提条件

項目	値	備考
法人税	最初の 8 年間は 0% 9 年目以降 15%	自動車燃料用バイオエタノールの優遇税制により法人税減免
減価償却等	8.33 億円 定額法 10%	
為替レート	1THB=3JPY	
資金調達	自己資本 50% 銀行借入 50%	借入金利 8 %
CER 価格	0、1000、2000 円/t-CO2	
エタノール生産量	10,725kL/year (無水換算量)	32.5kL×330 日
エタノール価格	公定価格(無水) 18THB/L を基準として仮定	75%エタノールの価格設定を、14THB/L(無水エタノール量感算)として取引と設定

【内部収益率（IRR）分析】

本事業では AMS III.E. を用いたキャッサバ粕からのメタンガス抑制による CER が毎年 4,649t-CO2/y 見込まれる。また、まだ方法論のないガソリン代替による CER が約 23,863t-CO2/y 見込まれるため、仮にこれを加算すると約 28,500t-CO2/y である。CER 価格を変動させたときの本事業の IRR は次のようになる。

表 4-5 IRR 分析

	CER=0 円	CER=1,000 円	CER=2,000 円
AMS III.E. のみ (CER4,649t-CO2/y)	14.07%	14.79%	15.49%
AMS III.E. +ガソリン代替 (CER28,500t-CO2/y)	(同上)	18.35%	22.43%

CER が 0 円、すなわち CDM 化を実施しない場合の IRR で 14.07%であり、一般的な工場の増設などの投資基準から推察すると、投資検討に着手可能なレベルの収益率といえる。AMS

III.E. のみの CER 収益では、IRR の向上が僅かであり、絶対値としても CER が 1000 円/t-CO₂ の場合では 500 万円に満たない CER 収入であり、CDM 事業化の手続きとベリフィケーション費用を考えると、CDM 事業化の魅力が少ないように見える。

一方、新方法論が承認されバイオエタノールによるガソリン代替を CER 化できた場合には、CER 量が大幅に増え CDM 事業として非常に魅力あるものとなる。

4-4 事業化に向けての見込み・課題と今後のスケジュール

2008 年 8 月より 2009 年 2 月までに実施した本調査の結果を踏まえ、今後も引き続きタイタピオカスターチ協会(TTSA)やキャッサバスターチ会社との協議を継続して行い、CDM 化のための課題の解決に取り組みプログラム CDM の実現を目指す。

エタノール製造と CDM を組み合わせた本事業は、タイのキャッサバスターチ業界関係者から非常に注目されている。概ね、エタノール製造事業というポイントに関しての注目度が大半で、それに加えて CDM 事業がセットとなっていることに関心が高い。

第 2 章で述べたように、過去（2005 年頃）にもインドの企業よりキャッサバ粕からのエタノール製造の提案があったが事業化に到らなかった理由としては、キャッサバ粕は繊維分が多く含まれるため、試験管規模の試験では高収率でエタノール製造が出来たとしても、プランと規模での問題が多いことが危惧されたためだと考えられる。それに加えて、2006 年頃まではタイ国内における自動車燃料用エタノール消費が、政府の目標通りには伸びなかったこと、キャッサバ価格の変動でビジネス上のリスクが大きかったためであると考えられる。本事業におけるエタノール製造技術には一部に新技術を取り入れることと、75%注濃度粗留エタノール製造とすること、さらに CDM 事業と組み合わせることが、従来の提案にはなかった新規性であり、これらの新しい観点から事業の実現可能性を相乗効果で高めている。

タイタピオカスターチ協会(TTSA)の反応としては、プログラム CDM 事業ということで早い時点から TTSA が主導となり事業推進を行うよりは、まず、1 案件をパイロット事業的に先行して行い、その結果を確認してから業界全体として推進するという 2 段階のステップで行うほうが、受け入れやすいであろうという意見もあった。今後、本事業を推進するために、一層の情報共有と対話が必要であると考ええる。

本事業の推進に関して 2009 年 1 月に実施した関連する役所関係との面談内容の概要を示す。

表 4-6 役所関係との面談内容

TGO : Thailand Greenhouse Gas Management Organization (タイの DNA)
面談者 Executive Director Mr. Sirithan Pairoj-Boriboon 事業概要説明後、質疑応答を行う。本事業はキャッサバ粕の臭気が問題に対して効果的であるという副次的効果もあるため、好印象であった。PoA 案件に関して状況を確認したところ、タイでは、世銀がサポートしてチェンマイの家畜糞尿の PoA の FS が行われているが、まだホスト国申請まで到っている PoA 案件はない。 “Kohn Kaen Ethanol-CDM”の案件が過去にガソリン代替の CER 化を目指していたが、方法論が通らないために諦めた様子である。 CDM ホスト国申請用の環境影響評価 (Initial Environmental Evaluation) には排水処理に関して特に詳しく言及しておくようにアドバイスを頂く。
エネルギー省代替エネルギー局 (DEDE) (自動車燃料用エタノール政策の所轄局)
面談者 Executive Director of Energy Research Bureau Mr. Rnagsan Sarochawikasit、及びスタッフ 総勢 8 名 事業概要説明後、質疑応答。特に、なぜこれまでこのようなプロジェクトがなかったのかを尋ねられ、技術的に克服しなければならない点がいくつかあること (高粘度と酵素剤コストなど) を説明。スターチ工場では粗精製までで既存エタノールプラントで精製を行うビジネスモデルに関して、興味深いとのことであった。 但し、燃料用エタノールの各種規制に関しては財務省の物品税局と先に協議する必要がある旨、アドバイスを受け担当者を紹介頂いた。
財務省物品税局 (Dept. of excise)
面談者 Mr. Praphun 事業概要説明後質疑応答。なぜ、99.5%エタノールでなく 50-75%の中濃度粗留エタノールなのかという質問があり、投資額を抑えること、蒸留塔のオペレーションを容易にするという狙いを説明。現在の税制では「代替燃料エタノール=99.5%以上のものだけが酒税の免税対象」であるので、50-75%エタノールを免税にするには法律の改正が必要。但し、この提案はタイの様々な業界にとってメリットが大きいので、例えば既存のエタノール会社または業界と共同で、税法改正の陳情を行えば比較的早く改正できるのではないかと思う。 参考までに、燃料用エタノール工場は、それぞれの工場に部品税局職員のオフィサーズボックスを設置しており、そこで免税のための各種書類を保管している。

訪問した関係官庁の 3 者とも本事業に対して高い関心を頂き、今後も積極的な支援を頂ける感触であった。今後の事業推進の方向性に関しては、関係官庁からのコメントと事業主体であるタイのスターチ業界側の意見を取り入れると、表 4-7 に示すような選択肢がある。

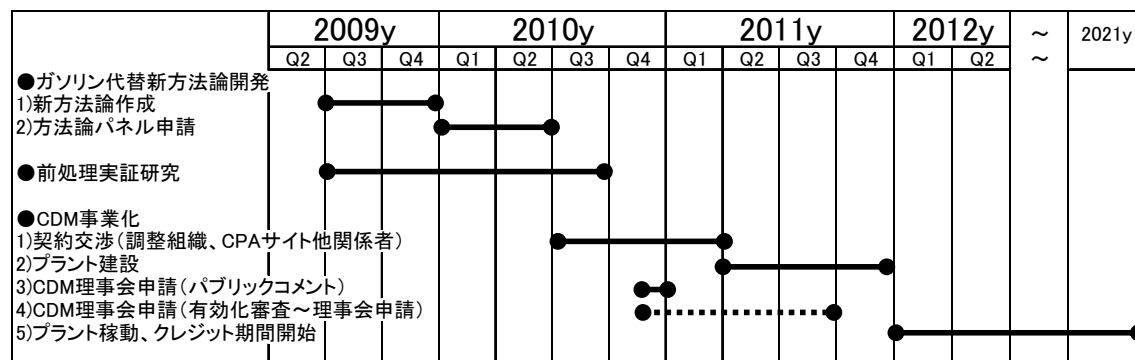
表 4-7 本事業の方向性の選択肢

(1) CER の取得に関して <A のほうがスピードの速い選択肢> A. 本 FS 通り、既存方法論である AMS III.E. を用いたメタンガス抑制分のみ (1 工場あたり・1 CPA あたりの CER は 10,000t-CO₂/y 未満) B. バイオエタノールの代替燃料効果を CER とする新方法論を申請する。 (1 工場あたりの CER は 20,000～40,000 t-CO₂/y 程度であるが、新方法論の承認までに 1 年半ほどかかる)
(2) PoA の実施か、1 件目のエタノール製造を単独 CDM とするか A. 1 件目の CDM 化だけは単独案件として、2 件目以降の案件を複数まとめて PoA とする。 B. 1 件目も含めて、全て PoA として実施する。(PoA の前例が少ないこと、運営機関に予備知識が乏しいので、各社調整に時間を割くなど承認取得までに時間がかかる可能性あり。CDM 理事会承認手続きも単独事業よりは時間を要する見込み)
(3) 原料はキャッサバ粕に限定するかどうか A. キャッサバ粕に限定する B. キャッサバの市場動向を見て、ある程度、キャッサバチップや生イモを副原料として使用することを前提とした事業とする(原料投入のモニタリングのポイントが増える)

本調査で取り上げた「タイの農業廃棄物からエタノール製造を行うビジネス」は、タイ国内の関係者および日本におけるエタノールビジネスと CDM 事業の双方に関心を持つ企業からの関心が高いテーマである。本調査での知見を生かし、早期の CDM 事業化を図るよう努力していく所存である。

タイ側の関係者や国内の関心表明企業と協議を進めた結果、キャッサバ粕からのメタン排出抑制だけでなく、ガソリン代替による CER が加わったほうが事業として魅力的であるという見解であった。それに加えて、実証研究要素のある「キャッサバ粕の前処理方法」の確立に関しても時間を要することを鑑み、次のようなスケジュールで事業化を進めていくことを検討している。

図 4-3 事業化スケジュール



なお、キャッサバ粕エタノール化の前処理実証研究に関しては、日本の公的機関による実証研究支援スキームを活用し、日本国内での予備試験後、タイ国内での実証（ベンチスケール）を行うことを計画している。

4-5 ホスト国におけるコベネフィットの実現

(1) コベネフィットに関するニーズ・背景

本事業の実施により、キャッサバ粕保有中の悪臭が低減される。キャッサバスターチ工場に操業状況のアンケートを行った結果、雨期の間のキャッサバ粕の処理に困るために、雨期のピークシーズンには3ヶ月以上に渡って工場を休止するという工場が4割程度あった。キャッサバ粕が雨期でも有効に活用されるビジネスモデルが出来れば、スターチ工場の操業日数を増やすことにつながり、農家、キャッサバ取引仲介業者といった関連の従事者にとっても、収入の安定化につながる。キャッサバスターチ工場は都市圏から離れた地方に立地していることから、本エタノール製造事業は地方における就業機会の増加・安定化にも寄与するといえる。

(2) 公害防止内容とコベネフィット指標

本プロジェクトにおけるメタンガスの発生抑制量は AMS, III, E. による保守的な計算方法となっているが、しかしながらこの「ベースライン排出量」を元に、メタンガスとともに発生していたと思われるほかのガスの発生抑制量が算定できる。

保守的な値でなく、より実態に近い「ベースライン排出量」を計測する方法として、日本の土壌学の分野で農地などからの発生ガスの計測研究がなされているため、それらの知見をもとに、本格的に実態調査をするという方法も可能性がある。

第4章関連 本文巻末添付書類リスト

添付 4-1	經濟性分析（IRR 試算）資料
--------	-----------------

○ おわりに

本調査を実施するにあたり、カセサート大学農業・農産加工品改良研究所（KAPI）のスタッフにタイ現地での調査活動をサポートしていただきました。また、国内における情報収集や様々な助言などの形でご協力頂きました独立行政法人国際農林水産業研究センター/利用加工領域、鹿児島大学/焼酎学講座、千葉大学大学院/園芸学研究科土壌額研究室、東京ガス・エンジニアリング株式会社、焼酎・日本酒・ビールなどの酒類メーカーの関係者の皆様に感謝致します。

なお、本調査における PDD 作成に関しては（有）クライメートエキスパーツに、水熱法によるキャッサバ粕の前処理工程予備試験に関しては独立行政法人産業技術総合研究所/中国センターに協力頂きました。

本調査の成果がタイにおけるキャッサバ粕利用の CDM 事業の早期実現につながるよう、引き続き事業化にむけた活動を実施していく所存である。

○各章別添付資料

添付 2－1	タイのエタノール工場分布図およびリスト
添付 2－2	キャッサバスターチ工場のエリア別リスト
添付 2－3	各種文献よりキャッサバ粕の成分分析一覧
添付 2－4	リグノセルロースの前処理技術一覧
添付 3－1	CER 計算シート
添付 4－1	経済性分析（IRR 試算）資料

○PDD 関連添付資料

- ・ PoA-DD
- ・ Completed CPA-DD
- ・ PoA Specific CPA-DD

添付2-1 タイのエタノール工場分布図およびリスト

表 タイの稼働中のエタノール工場(出典: DEDE公表データ)

	正式会社名 (所在県/概略位置)	Raw Material	Capacity (kL/day)	操業開始	備考	10ヶ月合計 生産量 (直近10データ)	生産量 ランキング
1	Pornvilai International Group Trading Co., Ltd.(Ayuttaya)	Molasses	25	Oct-03	元々酢酸などの製造工場 (現在、燃料用エタノールの生産は 休止中)	0	
2	Thai Alcohol Public Co., Ltd.(Nakhon Pathom)	Molasses	200	Aug-04	元々輸出用 粗留エタノール製造	1,390	③
3	Thai Agro Energy Co., Ltd.(Suphanburi)	Molasses	150	Jan-05	石炭販売会社子会社 資本関係の無い製糖工場に 隣接して立地	1,239	④
4	Thai Nguan Ethanol Co., Ltd.(Khon Kaen)	Cassava	130	Aug-06	金属販売会社子会社 独立して立地	556	⑨
5	Khon Kean Alcohol Co., Ltd.(Khon Kaen)	Molasses	150	Jan-06	製糖工場子会社 製糖工場内立地	1,122	⑤
6	Petrogreen Co., Ltd. (Chaiyaphum)	Molasses	200	Dec-06	製糖工場子会社 製糖工場内立地	1,483	②
7	Thai Sugar Ethanol Co., Ltd.(Kanchanaburi)	Molasses	100	Apr-06	製糖工場子会社 製糖工場内立地	987	⑥
8	K. I. Ethanol Co., Ltd. (Nakhon Ratchasima)	Molasses	100	Jun-07	製糖工場子会社 製糖工場内立地	902	⑦
9	Petrogreen Co., Ltd. (Kalasin)	Molasses /Cane Juice	200	Jan-08	製糖工場子会社 製糖工場内立地	1,606	①
10	Akekarat Pattana Co., Ltd.(nakhon Sawan/KPP 南)	Molasses	200	Mar-08	製糖工場子会社 製糖工場内立地 (95%エタノールの生産中)	0	
11	Thai Rungruang Co., Ltd.(Saraburi)	Molasses /Cane Juice	120	Mar-08	製糖工場子会社 製糖工場内立地	573	⑧
12	Ratchaburi Ethanol Co., Ltd.(Ratchaburi)	Molasses /Cassava	150	Jan-09	製糖工場子会社 製糖工場内立地	98	⑩

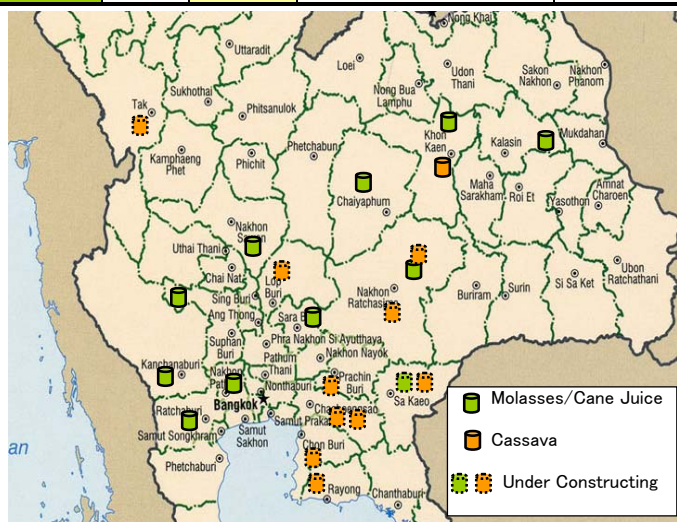


表 タイの建設中のエタノール工場

	正式会社名 (所在県/概略位置)	Raw Material	Capacity (kL/day)	操業開始予定	備考
X	IEC Bussiness Partner Ltd. (Rayong)	Cassava	150	不明/完工済	
X	Farkwanthip Co., Ltd. (Prachinburi/Korat南)	Cassava	60	不明/完工済	
1	ES Power Co., Ltd. (Sa Kaeo/Chachoengsao東)	Cassava /Molasses	150	Q4-2008	製糖工場子会社 製糖工場内立地
2	Sima Inter Product Co., Ltd. (Chachengsao)	Cassava	150	Q1-2009	スターチ工場子会社 スターチ工場内立地
3	Sapthip Co., Ltd. (Lop Buri/Korat西)	Cassava	200	Q1-2009	
4	P.S.C. Starch Product Plc. (Chonburi)	Cassava	150	Q1-2009	スターチ工場子会社 スターチ工場内立地
5	Mae Sot Clean Energy Co., Ltd.(Tak/KPP西)	Cassava	200	Q1-2009	
6	Duble A ethanol Co., Ltd. (Sa Kaeo/Chachoengsao東)	Cassava	500	Q1-2009	
7	TPK Ethanol Co., Ltd. (Nakhon Ratchasima)	Cassava	340	Q3-2009	スターチ工場子会社 スターチ工場内立地
8	Bunenok Co., Ltd. (Nakhon Ratchasima)	Cassava	350	Q4-2009	
9	Impress Technology Co., Ltd. (Chachengsao)	Cassava	200	Q1-2010	

オリジナル順番変えて、操業
予定日順にしている

添付2-2 キャッサバスターチ工場エリア別リスト

(Tons-roots/day) (Days/y)					
No.	Factory	Capa.	Operat. Period	Remark CDMorEtha	Prov.
45	KALASIN FLOUR CO., LTD.	2000	N/D		Kla sin (8p)
46	SOMDEJ FLOUR MILL CO., LTD.	1600	N/D		
47	ASIA MODIFIED STARCH CO., LTD.	700		Biogas TOYOTA & TEPCO 82kt/y	
48	JIRATPATTANA AGRICULTURE CO., LTD.	600	N/D		
49	BANGNA TAPIOCA FLOUR CO., LTD.			Biogas Swiss 40kt/y	
50	THAI WAH PUBLIC CO., LTD. (3 Factory)				
51	NATIONNAL STARCH & CHEMICAL (THAILAND) CO., LTD.				
52	SIAM PRODUCTS (1994) LTD.,				
53	ROI-ET FLOUR CO., LTD.	2000		Biogas Denmark 41kt/y	Roiet
54	J.CHAROEN MARKETING COMPANY LIMITED				Loei



55	THANAWAT TAPIOCA INDUSTRY LTD., PART.	1600	200		Kam phae ng Phet (5p)
56	Charoen Suk Starch(2005)	800 to 1000	365		
57	T.C.S.TAPIOCA STARCH INDUSTRY CO.,LTD.	800 to 1000	250		
58	KEAN CHAREON CO., LTD.				
59	D.I. CO., LTD.				Uthai Than i (3P)
60	CHOK CHAI STARCH CO., LTD.	1000	N/D		
61	S.W. Multi Tech Starch	900	300		
62	THAI PRASIT STARCH CO., LTD.				Kanc hana buri
63	ASIA FRUCTOSE CO.,LTD.				
64	ASIA TAPIOCA FLOUR CO., LTD.				



(Tons-roots/day) (Days/y)					
No.	Prov.	Factory	Capa.	Operat. Period	Remark CDMorEtha
27	Chao ho engsa o (4P)	SIMA INTER PRODUCT CO., LTD.	1000	240	160kL Etha P. (Q4-2009) CDM/PP list
28		SONFISH STARCH TECHNOLOGY CO.,LTD.			
29		Rungruang Agriculture Starch Industry Co.,Ltd.			
30		ROIET TAPIOCA GROUP			
31	Chon buri (5p)	CHOLCHAROEN CO., LTD.	960	300	
32		CHORCHAIWAT INDUSTRY CO., LTD.	580	330	
33		KHOW CHANG EAH TAPIOCA AND SAGO INDUSTRY CO., LTD.	400	N/D	
34		SAHAMITR TAPIOCA (CHONBURI LTD.,PART.,	400	N/D	
35	Rayo ng (9p)	P.S.C. STARCH PRODUCTS PCL			160kL Etha P. (Under const. Q1-2009)
36		KIJRUNGRUENG FLOUR MILL LTD., PART.	600	N/D	
37		THAI WAH PUBLIC CO., LTD. (3 Factory)			
38		THAI TAPIOCA INDUSTRIAL CO., LTD.			
39		NATIONNAL STARCH & CHEMICAL (THAI)			
40		SONGCHAROEN TAPIOCA FLOUR			
41		NUNSURAKIT'S TAPIOCA FLOUR			【備考】地域に一ヶ所しかないエタノール工場は、数件を本リストから割愛している。
42		SIAM STARCH (1966)			
43		TANG SONG CHUA			
44		THAI STARCH			

(Tons-roots/day) (Days/y)					
No.	Prov.	Factory	Capa.	Operat. Period	Remark CDMorEtha
1	Chaiyaph um (3p)	SAIM QUALITY STARCH CO., LTD.			Biogas MUFJ 99kt/y
2		CHAIYAPHUM STARCH CO.,LTD.			
3		SANGPETCH TAPIOCA FLOUR CO.,LTD.			
4	Nakhon Ratcha sima (17P)	SANGUAN WONGSE INDUSTRIES CO., LTD.	3000	350	Biogas UK(SPC) 311kt/y
5		ELAMHENG TAPIOCA FLOUR INDUSTRY CO., LTD.	3000	N/D	PP list of TGO
6		P.V.D. INTERNATIONAL CO.,LTD.	2000	N/D	Biogas Denmark 51kt/y
7		Chaodae Starch(2004)	1200	286	
8		SIMA INTER PRODUCT CO., LTD.	1200	N/D	PP list of TGO
9		CHOK YUEN YOK INDUSTRY	1200	N/D	
10		NORTHEASTERN STARCH (1987) CO., LTD.	800	300	Fuel Switching Denmark 27kt/y
11		T.H. PELLET CO., LTD.	800	120 to 180	Biogas Gene. Marubeni & MUFJ, 43kt/y
12		T.P.K. STARCH CO., LTD.			340kL Etha p. (Under Const Q1-2009)
13		CIRBORIDYCTS AMARDASS(THAILAND) LTD.			
14	Sa Kaeo	CHAIYAPHUM PLANT PRODUCTS CO., LTD.			
15		THAI WAH PUBLIC CO., LTD. (3 Factory)			
16		RATCHASIMA FLOUR INDUSTRY CO.,LTD			
17		NORTHEAST TAPIOCA FLOUR CO.,LTD			
18		GENERAL STARCH CO.,LTD.			
19		V.P. STARCH CO.,LTD.			
20		KORAT FLOUR INDUSTRY CO., LTD.			
21		CHAO KHUN AGRO PRODUCTS CO., LTD.			
22		SIAM MODIFIED STARCH CO.,LTD			
23		P.B.R STARCH CO.,LTD			
24	Sa Kaeo	SRAKEAW CHAREON			
25		Ornet Hieu Co.,LTD			
26	Chanthaburi	SAHASINWATTANA STARCH AND SWEETENER			

【CDM案件】 プロジェクトのタイプ、投資国(日本の場合は企業名)、CER量の順に表記

【エタノールプラント計画】 建設中のプロジェクトのみ赤字表記

添付 2－3 各種文献よりキャッサバ粕の成分分析

表 1 キャッサバ残渣組成分析 (Dry Basis、%)

	産総研 測定値	JIRCAS 報告書	NEDO 報告書
デンプン	61.25	60.6	60.6
セルロース	9.7	19.1	18.5
ヘミセルロース	3.98		11.4
水分	9.84		
灰分	1.03		
リグニン		2.2	0.02
窒素		0.4	0.4
遊離還元糖		4.7	0.5
その他	14.2		6.0
		非でんぷん性多糖 セルロース 19.1、キシラン 4.2、アラビナン 1.4、ガラクトタン 0.5、マンナン 0.7、 リグニン 2.2	

表 2 硫酸加水分解での糖生成量 (測定値、デンプン及び繊維画分からの糖生成量)

構成糖	糖生成量(%)
Glucose	79.5
Xylose	2.25
Galactose	0.7
Arabinose	0.58
Mannose	0.6

表 3 参考：組成分析その他文献

Compositionan analysis of cassava pulp

Composition	% (wet basis)	% (dry basis)
Starch	17.80±1.24	68.89±4.00
Moisture	72.00±0.08	
Ash	0.44±0.00	1.70±0.01
Protein	0.40±0.00	1.55±0.03
Fiber	7.17±0.06	27.75±0.20
Fat	0.03±0.00	0.12±0.01
pH	4.99	4.99

Bioresource Technology 71 (2000) 63-69

添付2-4 リグノセルロースの前処理技術一覧

出典：「プログラム方式二酸化炭素固定化・有効利用技術開発 研究評価（技術戦略マップ）」
P46より抜粋（財）地球環境産業技術研究機構

分類	小分類	技術概要・特徴	出典、発表年代など
概説		・北欧では針葉樹を用いた糖化開発技術が活発で実用化に近い。また米国ではトウモロコシの残渣セルロースを用いた研究に集中している。セルロースの分解だけでなく、リグニンの分類など検討されている。脱リグニンの難易さは構成するリグニンの量と種類によって異なる。針葉樹が30%、広葉樹が25%、草本類が15～25%。主なリグニン構成単位は、P-ヒドロキシフェニル核(P)、グライアシル核(G)、シリンギル核(S)であり、P核が最も難分解性である。針葉樹とイネ科草本はG、Pを含み、広葉樹と双子葉草本はG、Sであるため、脱リグニンの点では広葉樹・双子葉草本は針葉樹・イネ科よりは容易である。 ・バイオマスの糖化は化学的前処理、物理的前処理、生物的前処理およびこれらの組み合わせを含めてエネルギーバランス、前処理のエネルギー、糖回収率、コストなどの面から評価する必要がある。	
リグノセルロース（トウモロコシ残渣、バガス、草本）	従来法（希硫酸法）	トウモロコシ茎・葉や草本類は希硫酸によってセルロースを分解する。（実用化フェーズ）	NREL
	水熱法	液状熱水前処理： トウモロコシ茎・葉のセルロースの90%がグルコースに分解される。	Mosier
		水蒸気爆砕処理： ケナフコアやバガスなど他の論文も多数。バガスの水蒸気および熱水処理の結果では、熱水処理が発酵阻害がなく優れていた。	徳島大学 Laser
		加圧水浸漬分別： サトウキビは分別でき、50%以上が溶解できた。	ALLEN
		蒸煮前処理における触媒の影響： ササの蒸煮処理の効率を上げる各種触媒の影響解析。蒸煮はバイオマスの種類によって効果が大きく異なる。	林産試験場
		熱水分離物の連続イオン交換樹脂による分離： トウモロコシ繊維を用いる。	Kim
	アンモニア爆砕（AFEX）	アンモニア爆砕、水溶性アンモニアリサイクル、pH調整、希硫酸、流動測定と石灰アプローチをトウモロコシ茎・葉の処理に応用し、続いて糖への変換を行った。	
		海岸バミューダ草をアンモニア繊維爆砕法でセルロース、ヘミセルロースの90%を単糖に変換した。	de la Rosa (1994y)
	アンモニア溶液処理	トウモロコシ茎・葉のアンモニア爆砕における粒子径の影響を評価した。アンモニア爆砕処理の原料の粒子サイズが処理効率に与える報告がある。AFEX法の報告は多い。	ミシガン州立大学 (2007y)
		2.9Mの水酸化アンモニウムを26%で24時間トウモロコシの穂軸を浸漬する効果的な新しい処理方法を開発した。	CAO NL
		アンモニア循環浸出(ARP)法を開発した。	KIM T.H. (2006y)
		アンモニア繊維蒸解プロセスの最大効率を得るためアンモニア負荷、バイオマス水分含量、温度および滞留時間を調べた。	TEYMOURI (2004y)
	石灰（Lime）処理	消石灰でバイオマスを55℃で4週間浸漬する前処理方法。石灰をバイオマスに振りかけて、長期間温度を保ち、前処理する方法。エアーを下部からブローする。糖の回収率は、AFEXや希硫酸前処理よりやや悪いが、方法はシンプルで処理温度が低い。	Kim S
リグノセルロース（木質）	従来法（濃硫酸法）	濃硫酸法： 各種バイオマスを高濃度硫酸を用いたArkenolプロセスにより処理する。	YAMADA T (日揮)
		希硫酸法： 米国BCI社から技術導入（希硫酸による2段分解法）した。	月島機械
	<その他の木質系の前処理省略> 技術テーマとしては、高温水処理、アルカリ処理、蒸煮・爆砕、ソルボリシス処理、リグニン分解、リグノフェノール化、その他がある。		

本調査にて予備試験を実施

リグノセルロース（トウモロコシ残渣、バガス、草本）

Project : Cassava pulp - Bioethanol Host country : Thailand				添付3-1 CER計算シート												
Methodology : AMS.III.E version15.1 Methodological tool : "Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site (ver.04)"				Month	0.083 4	0.167 5	0.250 6	0.333 7	0.417 8	0.500 9	0.583 10	0.667 11	0.750 12	0.833 1	0.917 2	1.000 3
Data monitored																
Cassava pulp																
Amount of cassava pulp prevented from disposal in the disposal site in the month x, dry basis (tons/day)					100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0
Days					30	30	30	30	30	30	30	30	31	31	24	0
Amount of cassava pulp prevented from disposal in the disposal site in the month x, dry basis (tonnes/month)				Wx	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	-	-	-	-	-
Net quality of Cassava pulp (dry basis) utilized for ethanol production per year (tonnes)					3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	-	-	-	-	-
Ethanol																
Annual consumption of fuel oil at the ethanol production plant (GJ/year)				FCy	2,145											
Annual consumption of grid electricity at the ethanol production plant (MWh/year)				ECy	3,003											
Data not monitored																
Cassava pulp																
Number of truck trips for cassava pulp transport to the ethanol production site				N _{CP,y}	3,300											
Average truck capacity for cassava pulp transportation (tonnes/truck)				Cty	10											
Average return distance from the factory to the dump site: max (km)					50											
Average return distance from the factory to the ethanol production site: max (km)					30											
Ethanol																
Quantity of ethanol produced in the year y (tonnes)				Q _{ET,y}	14,300											
Average distance from the ethanol production site to the users (km)				DAF _{ET}	0											
Number of truck trips for the transport of ethanol to the users				N _{ET,y}	1,430											
Average truck capacity for ethanol transportation (tonnes/truck)				CTET,y	10											
Other																
Global warming potential of methane (EB26 Annex 14)				GWP _{CH4}	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Fraction of methane captured in the SWDS				f	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vehicle CO ₂ Emission factor of diesel (tCO ₂ /km)				EF _{CO2, diesel}	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
CO ₂ Emission factor of fuel oil (kg/TJ)				EFCO2,i	77,400											
Grid emission factor (tCO ₂ /MWh)				EFgrid	0.523											
Fraction of methane in the disposal site gas (volume fraction)				F	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Fraction of degradable organic carbon (by weight, dry basis) in cassava pulp				DOC	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
Fraction of degradable organic carbon (DOC) that can decompose				DOCf	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Methane correction factor for Cassava pulp (Stockpile)				MCF	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Amount of dry Cassava pulp utilized for ethanol production in the year (tonnes/month)				Wx	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	0	0	0	0	0
Decay rate for Cassava pulp				k	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Model correction factor to account for model uncertainties				f	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Oxidation factor				OX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Month	1	2	3	4	5	6	7	8	6	7	8	9
					4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
Project activity emissions				PEy	1,737											
Emission from transportation in the year (tonnes CO ₂ eq)				PE _{trans,y}	0											
Average incremental distance				DAF	-66,000											
Emissions through diesel consumption per year (tonnes CO ₂ eq)				PE _{FF,y}	166											
Emission through electricity consumption (tonnes CO ₂ eq)				PE _{Elec,y}	1,571											
Leakage				LEy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baseline emissions				BEy	136	271	405	539	672	804	936	796	658	523	389	257
				MDy, reg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Methane emission from cassava pulp in the year (tonnes CO ₂ eq)				BE _{CH4,SS,y}	136	135	134	134	133	132	132	131	130	130	129	128
						136	135	134	134	133	132	132	131	130	130	129
							136	135	134	134	133	132	132	131	130	
								136	135	134	134	133	132	132		
									136	135	134	134	133			
										136	135	134				
											136					
Year since the disposal started				x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Exponential factors					0.0582	0.0579	0.0577	0.0574	0.0571	0.0568	0.0565	0.0562	0.056	0.0557	0.0554	0.0551
Emission reductions (tCO ₂ e/year)				Total	-1,601	271	405	539	672	804	936	796	658	523	389	257
				Cumulated	-1,601	-1,330	-925	-386	286	1,090	2,026	2,822	3,480	4,003	4,392	4,649
CER TOTAL (12 months)					4,649											

一組留エタノールの運搬のみ対象

Pulp, paper and cardboard (other than sludge) (Dry)

Stockpile

Pulp, paper and cardboard (other than sludge), Boreal and Temperate, Wet

1,737

6,386

4,649

ランニングコスト等

プロジェクトサイト

タイ/キャッサバ粕エタノール製造

添付4-1-P1 経済性分析

<日本円建て>															
					2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	
項目	詳細項目	年	円	運転開始年度 (RM)	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	
初期投資額	合計		833,000,000	833,000,000											
自己資本															
銀行借入れ		50%			416,500,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
元金返済					41,650,000	41,650,000	41,650,000	41,650,000	41,650,000	41,650,000	41,650,000	41,650,000	41,650,000	41,650,000	
借入れ残高					374,850,000	333,200,000	291,550,000	249,900,000	208,250,000	166,600,000	124,950,000	83,300,000	41,650,000	0	
売上高1	エタノール販売量		kL-無水etha/y		10,725	10,725	10,725	10,725	10,725	10,725	10,725	10,725	10,725	10,725	
	価格(円)		円/L-無水etha		42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	
	合計				450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	
売上高合計			エタノール1Lあたりの 製造コスト 21円 として		450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	
ランニングコスト	メンテナンス及び 管理費用人件費				225,225,000	225,225,000	225,225,000	225,225,000	225,225,000	225,225,000	225,225,000	225,225,000	225,225,000	225,225,000	
	支払金利	8.0%			33,320,000	29,988,000	26,656,000	23,324,000	19,992,000	16,660,000	13,328,000	9,996,000	6,664,000	3,332,000	
	減価償却費	10%			83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	
ランニングコスト合計(RC)					383,495,000	380,163,000	376,831,000	373,499,000	370,167,000	366,835,000	363,503,000	360,171,000	356,839,000	353,507,000	

売上高ーランニングコスト 66,955,000 70,287,000 73,619,000 76,951,000 80,283,000 83,615,000 86,947,000 90,279,000 93,611,000 96,943,000

単純投資回収年 投資額/(売上高ーRC) 3.70 年

CER 4,649 t-CO2/y

単純投資回収年 (CER込み、1000円として) 3.59 年

【前提条件】
キャッサバ粕からのメタンガス発生 の抑制のみをCERとする場合
エタノール販売価格 42円/L-無水etha(=14THB/L)
エタノール製造経費 21円/L-無水etha(=7THB/L)

収支計画表

※CER価格 0 円/t-CO2の場合

添付4-1-P2 経済性分析

年 項目		2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	
		運転開始年度	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年
損益計画	(1)収益		450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000
	CER収益		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(2)ランニング・コスト		383,495,000	380,163,000	376,831,000	373,499,000	370,167,000	366,835,000	363,503,000	360,171,000	356,839,000	353,507,000
	(3)法人税		0	0	0	0	0	0	0	0	14,041,650	14,541,450
	(当期損益)		66,955,000	70,287,000	73,619,000	76,951,000	80,283,000	83,615,000	86,947,000	90,279,000	79,569,350	82,401,550
収支計画	(4)減価償却実施額戻入		83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000
	(償却前損益) [=A]		150,255,000	153,587,000	156,919,000	160,251,000	163,583,000	166,915,000	170,247,000	173,579,000	162,869,350	165,701,550
	(累計償却前損益) [=B]		150,255,000	303,842,000	460,761,000	621,012,000	784,595,000	951,510,000	1,121,757,000	1,295,336,000	1,458,205,350	1,623,906,900
	B－初期投資額 [=C] [投資回収年数5年]	(833,000,000)	(682,745,000)	(529,158,000)	(372,239,000)	(211,988,000)	(48,405,000)	118,510,000	288,757,000	462,336,000	625,205,350	790,906,900
	(5)借入金		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(6)借入金返済		74,970,000	71,638,000	68,306,000	64,974,000	61,642,000	58,310,000	54,978,000	51,646,000	48,314,000	44,982,000
	(当期資金残) A+(5)-(6)		75,285,000	81,949,000	88,613,000	95,277,000	101,941,000	108,605,000	115,269,000	121,933,000	114,555,350	120,719,550
	(累計資金残)		75,285,000	157,234,000	245,847,000	341,124,000	443,065,000	551,670,000	666,939,000	788,872,000	903,427,350	1,024,146,900

IRR (10年)

14.07%

(833,000,000)

150,255,000

153,587,000

156,919,000

160,251,000

163,583,000

166,915,000

170,247,000

173,579,000

162,869,350

165,701,550

収支計画表

※CER価格 1000 円/t-CO2の場合

添付4-1-P3 経済性分析

年 項目		2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	
		運転開始年度	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年
損益計画	(1)収益		450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000
	CER収益		4,649,000	4,649,000	4,649,000	4,649,000	4,649,000	4,649,000	4,649,000	4,649,000	4,649,000	4,649,000
	(2)ランニング・コスト		383,495,000	380,163,000	376,831,000	373,499,000	370,167,000	366,835,000	363,503,000	360,171,000	356,839,000	353,507,000
	(3)法人税		0	0	0	0	0	0	0	0	14,739,000	15,238,800
	(当期損益)		71,604,000	74,936,000	78,268,000	81,600,000	84,932,000	88,264,000	91,596,000	94,928,000	83,521,000	86,353,200
収支計画	(4)減価償却実施額戻入		83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000
	(償却前損益) [=A]		154,904,000	158,236,000	161,568,000	164,900,000	168,232,000	171,564,000	174,896,000	178,228,000	166,821,000	169,653,200
	(累計償却前損益) [=B]		154,904,000	313,140,000	474,708,000	639,608,000	807,840,000	979,404,000	1,154,300,000	1,332,528,000	1,499,349,000	1,669,002,200
	B－初期投資額 [=C] [投資回収年数5年]	(833,000,000)	(678,096,000)	(519,860,000)	(358,292,000)	(193,392,000)	(25,160,000)	146,404,000	321,300,000	499,528,000	666,349,000	836,002,200
	(5)借入金		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(6)借入金返済		74,970,000	71,638,000	68,306,000	64,974,000	61,642,000	58,310,000	54,978,000	51,646,000	48,314,000	44,982,000
	(当期資金残) A+(5)-(6)		79,934,000	86,598,000	93,262,000	99,926,000	106,590,000	113,254,000	119,918,000	126,582,000	118,507,000	124,671,200
	(累計資金残)		79,934,000	166,532,000	259,794,000	359,720,000	466,310,000	579,564,000	699,482,000	826,064,000	944,571,000	1,069,242,200

IRR (10年) **14.79%** (833,000,000) 154,904,000 158,236,000 161,568,000 164,900,000 168,232,000 171,564,000 174,896,000 178,228,000 166,821,000 169,653,200

収支計画表

※CER価格 2000 円/t-CO2の場合

添付4-1-P4 経済性分析

年 項目		2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
		運転開始年度	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年
損益計画	(1)収益		450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000
	CER収益		9,298,000	9,298,000	9,298,000	9,298,000	9,298,000	9,298,000	9,298,000	9,298,000	9,298,000
	(2)ランニング・コスト		383,495,000	380,163,000	376,831,000	373,499,000	370,167,000	366,835,000	363,503,000	360,171,000	356,839,000
	(3)法人税		0	0	0	0	0	0	0	0	15,436,350
	(当期損益)		76,253,000	79,585,000	82,917,000	86,249,000	89,581,000	92,913,000	96,245,000	99,577,000	87,472,650
収支計画	(4)減価償却実施額戻入		83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000
	(償却前損益) [=A]		159,553,000	162,885,000	166,217,000	169,549,000	172,881,000	176,213,000	179,545,000	182,877,000	170,772,650
	(累計償却前損益) [=B]		159,553,000	322,438,000	488,655,000	658,204,000	831,085,000	1,007,298,000	1,186,843,000	1,369,720,000	1,540,492,650
	B－初期投資額 [=C] [投資回収年数5年]	(833,000,000)	(673,447,000)	(510,562,000)	(344,345,000)	(174,796,000)	(1,915,000)	174,298,000	353,843,000	536,720,000	707,492,650
	(5)借入金		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(6)借入金返済		74,970,000	71,638,000	68,306,000	64,974,000	61,642,000	58,310,000	54,978,000	51,646,000	48,314,000
	(当期資金残) A+(5)-(6)		84,583,000	91,247,000	97,911,000	104,575,000	111,239,000	117,903,000	124,567,000	131,231,000	122,458,650
	(累計資金残)		84,583,000	175,830,000	273,741,000	378,316,000	489,555,000	607,458,000	732,025,000	863,256,000	985,714,650

IRR (10年) **15.49%** (833,000,000) 159,553,000 162,885,000 166,217,000 169,549,000 172,881,000 176,213,000 179,545,000 182,877,000 170,772,650 173,604,850

ランニングコスト等

プロジェクトサイト

タイ/キャッサバ粕エタノール製造

添付4-1-P5 経済性分析

<日本円建て>															
						2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
項目	詳細項目	年	円	運転開始年度 (RM)	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	
初期投資額	合計		833,000,000	833,000,000											
自己資本															
銀行借入れ		50%			416,500,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
元金返済					41,650,000	41,650,000	41,650,000	41,650,000	41,650,000	41,650,000	41,650,000	41,650,000	41,650,000	41,650,000	
借入れ残高					374,850,000	333,200,000	291,550,000	249,900,000	208,250,000	166,600,000	124,950,000	83,300,000	41,650,000	0	
売上高1	エタノール販売量		kL-無水etha/y		10,725	10,725	10,725	10,725	10,725	10,725	10,725	10,725	10,725	10,725	
	価格(円)		円/L-無水etha		42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	
	合計				450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	
売上高合計			エタノール1Lあたりの 製造コスト 21円 として		450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	
ランニングコスト	メンテナンス及び 管理費用人件費				225,225,000	225,225,000	225,225,000	225,225,000	225,225,000	225,225,000	225,225,000	225,225,000	225,225,000	225,225,000	
	支払金利	8.0%			33,320,000	29,988,000	26,656,000	23,324,000	19,992,000	16,660,000	13,328,000	9,996,000	6,664,000	3,332,000	
	減価償却費	10%			83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	
ランニングコスト合計(RC)						383,495,000	380,163,000	376,831,000	373,499,000	370,167,000	366,835,000	363,503,000	360,171,000	356,839,000	

売上高ーランニングコスト 66,955,000 70,287,000 73,619,000 76,951,000 80,283,000 83,615,000 86,947,000 90,279,000 93,611,000 96,943,000

単純投資回収年 投資額/(売上高ーRC) 3.70 年

CER(下二桁四捨五入) 28,500 t-CO2/y

単純投資回収年(CER込み、1000円として) 3.13 年

【前提条件】キャッサバ粕からのメタンガス発生抑制とガソリン代替をCERとする場合

エタノール販売価格 42円/L-無水etha(=14THB/L)

エタノール製造経費 21円/L-無水etha(=7THB/L)

収支計画表

※CER価格

0 円/t-CO2の場合

添付4-1-P6 経済性分析

年 項目		2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	
		運転開始年度	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年
損益計画	(1)収益		450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000
	CER収益		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(2)ランニング・コスト		383,495,000	380,163,000	376,831,000	373,499,000	370,167,000	366,835,000	363,503,000	360,171,000	356,839,000	353,507,000
	(3)法人税		0	0	0	0	0	0	0	0	14,041,650	14,541,450
	(当期損益)		66,955,000	70,287,000	73,619,000	76,951,000	80,283,000	83,615,000	86,947,000	90,279,000	79,569,350	82,401,550
収支計画	(4)減価償却実施額戻入		83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000
	(償却前損益) [=A]		150,255,000	153,587,000	156,919,000	160,251,000	163,583,000	166,915,000	170,247,000	173,579,000	162,869,350	165,701,550
	(累計償却前損益) [=B]		150,255,000	303,842,000	460,761,000	621,012,000	784,595,000	951,510,000	1,121,757,000	1,295,336,000	1,458,205,350	1,623,906,900
	B－初期投資額 [=C] [投資回収年数5年]	(833,000,000)	(682,745,000)	(529,158,000)	(372,239,000)	(211,988,000)	(48,405,000)	118,510,000	288,757,000	462,336,000	625,205,350	790,906,900
	(5)借入金		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(6)借入金返済		74,970,000	71,638,000	68,306,000	64,974,000	61,642,000	58,310,000	54,978,000	51,646,000	48,314,000	44,982,000
	(当期資金残) A+(5)-(6)		75,285,000	81,949,000	88,613,000	95,277,000	101,941,000	108,605,000	115,269,000	121,933,000	114,555,350	120,719,550
	(累計資金残)		75,285,000	157,234,000	245,847,000	341,124,000	443,065,000	551,670,000	666,939,000	788,872,000	903,427,350	1,024,146,900

IRR (10年) **14.07%** (833,000,000) 150,255,000 153,587,000 156,919,000 160,251,000 163,583,000 166,915,000 170,247,000 173,579,000 162,869,350 165,701,550

収支計画表

※CER価格 1000 円/t-CO2の場合

添付4-1-P7 経済性分析

年 項目		2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	
		運転開始年度	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年
損益計画	(1)収益		450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000
	CER収益		28,500,000	28,500,000	28,500,000	28,500,000	28,500,000	28,500,000	28,500,000	28,500,000	28,500,000	28,500,000
	(2)ランニング・コスト		383,495,000	380,163,000	376,831,000	373,499,000	370,167,000	366,835,000	363,503,000	360,171,000	356,839,000	353,507,000
	(3)法人税		0	0	0	0	0	0	0	0	18,316,650	18,816,450
	(当期損益)		95,455,000	98,787,000	102,119,000	105,451,000	108,783,000	112,115,000	115,447,000	118,779,000	103,794,350	106,626,550
収支計画	(4)減価償却実施額戻入		83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000
	(償却前損益) [=A]		178,755,000	182,087,000	185,419,000	188,751,000	192,083,000	195,415,000	198,747,000	202,079,000	187,094,350	189,926,550
	(累計償却前損益) [=B]		178,755,000	360,842,000	546,261,000	735,012,000	927,095,000	1,122,510,000	1,321,257,000	1,523,336,000	1,710,430,350	1,900,356,900
	B－初期投資額 [=C] [投資回収年数5年]	(833,000,000)	(654,245,000)	(472,158,000)	(286,739,000)	(97,988,000)	94,095,000	289,510,000	488,257,000	690,336,000	877,430,350	1,067,356,900
	(5)借入金		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(6)借入金返済		74,970,000	71,638,000	68,306,000	64,974,000	61,642,000	58,310,000	54,978,000	51,646,000	48,314,000	44,982,000
	(当期資金残) A+(5)-(6)		103,785,000	110,449,000	117,113,000	123,777,000	130,441,000	137,105,000	143,769,000	150,433,000	138,780,350	144,944,550
	(累計資金残)		103,785,000	214,234,000	331,347,000	455,124,000	585,565,000	722,670,000	866,439,000	1,016,872,000	1,155,652,350	1,300,596,900

IRR (10年) **18.35%** (833,000,000) 178,755,000 182,087,000 185,419,000 188,751,000 192,083,000 195,415,000 198,747,000 202,079,000 187,094,350 189,926,550

収支計画表

※CER価格 2000 円/t-CO2の場合

添付4-1-P8 経済性分析

年 項目		2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	
		運転開始年度	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年
損益計画	(1)収益		450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000	450,450,000
	CER収益		57,000,000	57,000,000	57,000,000	57,000,000	57,000,000	57,000,000	57,000,000	57,000,000	57,000,000	57,000,000
	(2)ランニング・コスト		383,495,000	380,163,000	376,831,000	373,499,000	370,167,000	366,835,000	363,503,000	360,171,000	356,839,000	353,507,000
	(3)法人税		0	0	0	0	0	0	0	0	22,591,650	23,091,450
	(当期損益)		123,955,000	127,287,000	130,619,000	133,951,000	137,283,000	140,615,000	143,947,000	147,279,000	128,019,350	130,851,550
収支計画	(4)減価償却実施額戻入		83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000	83,300,000
	(償却前損益) [=A]		207,255,000	210,587,000	213,919,000	217,251,000	220,583,000	223,915,000	227,247,000	230,579,000	211,319,350	214,151,550
	(累計償却前損益) [=B]		207,255,000	417,842,000	631,761,000	849,012,000	1,069,595,000	1,293,510,000	1,520,757,000	1,751,336,000	1,962,655,350	2,176,806,900
	B－初期投資額 [=C] [投資回収年数5年]	(833,000,000)	(625,745,000)	(415,158,000)	(201,239,000)	16,012,000	236,595,000	460,510,000	687,757,000	918,336,000	1,129,655,350	1,343,806,900
	(5)借入金		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(6)借入金返済		74,970,000	71,638,000	68,306,000	64,974,000	61,642,000	58,310,000	54,978,000	51,646,000	48,314,000	44,982,000
	(当期資金残) A+(5)-(6)		132,285,000	138,949,000	145,613,000	152,277,000	158,941,000	165,605,000	172,269,000	178,933,000	163,005,350	169,169,550
	(累計資金残)		132,285,000	271,234,000	416,847,000	569,124,000	728,065,000	893,670,000	1,065,939,000	1,244,872,000	1,407,877,350	1,577,046,900

IRR (10年) **22.43%** (833,000,000) 207,255,000 210,587,000 213,919,000 217,251,000 220,583,000 223,915,000 227,247,000 230,579,000 211,319,350 214,151,550