

平成 15 年度 CDM/JI 事業調査

マレーシア パームオイル工場のメタン排出削減と固形廃棄物を利用したバイオマス産業の可能性に関する調査

報告書

平成 16 年 2 月

株式会社 エックス都市研究所

はじめに

本調査は平成 13 年度、14 年度に引き続き、マレーシアのパームオイル産業の廃液処理において放出されているメタンガス削減に伴う CDM 事業の可能性について調査したものである。昨年度の成果は、平成 15 年 3 月 22 日地球環境問題の分野で世界的に著名なアースポリシー研究所レスター・ブラウン氏を招き、第 1 回九州工業大学国際環境フォーラムにおいて発表した。北九州市民を中心に 500 名を超える参加者があったが、CDM の重要性とマレーシアのパームオイル産業における温暖化ガス削減が地球環境、我が国の利益、マレーシアの利益のどれにもかなうことを、ブラウン氏を含め参加者に理解された。

平成 14 年度のステアリング委員会ではマレーシア CDM 理事会の主要メンバーで、たびたび来日しているマレーシア気象庁のチョー・コック・キー局長が議長を務め、マレーシアが CDM をホスト国として認めるための 3 つの条件を示した。すなわち、「地域的な公害防止につながること」「投資の呼び込みにより経済の活性化につながること」「地域的な雇用の創出により、社会的な発展につながること」の 3 点である。チョー局長は UNFCCC の CDM 理事会メンバーであるため、彼のコメントは本案件の実現化に向けて非常に重要であった。

マレーシアにとってパームオイル産業は年に 6,000 億円以上を売上げ、しかも 90% 以上が輸出という基幹産業である。マレーシアの GDP (約 10 兆円) と比較すると国家的戦略産業と捉えることさえできる。一方、マレーシアの経済成長に伴い、土地開発からマレー半島に存在するパームオイル工場が、操業を止めて土地を売り、インドネシアに移動しつつある。この際、パームオイル廃液の処理に伴う嫌気処理池の悪臭が操業を難しくする原因ともされている。このような動向により数年以内にはパームオイルの生産量でマレーシアはインドネシアに追い越されるという予想さえある。マレーシアのパームオイル工場が操業を停止した場合には、工場経営を支えてきた小規模農家の生活保障、特に、その子供達の世代の新たな雇用先創出もパームオイル産業側にとっては大きな課題となる。

我々の提案はパームオイル産業の廃水処理池からのメタンの放出を近代的なメタン発酵システムによって防止し、ここで調査した膨大な固形廃棄物をバイオマス資源として利用し、新しいバイオマス産業を興すことである。すなわち、嫌気処理池が不要になるため悪臭がなくなる。そのため、現在の広大な嫌気処理池は新たな工場敷地となり、新たな産業の土台となる。通常業務として膨大に集められているバイオマス資源を用い、21 世紀の基幹産業と言われているバイオマス産業をここに創出することは理にかなっており、新たな投資先と小規模農家の子弟の新たな雇用先となる。マレーシアにとっては基幹産業であるパームオイル産業がインドネシアに移動することを防ぎ、さらに、「職」「住」「環境」が一体となった新たな産業パラダイムを出現させることができるこ

とからマレーシアにとっての利益は大きい。

さて、我が国では、近年、バイオマス・ニッポン総合戦略プロジェクトに見られるようにバイオマスに対する関心は極めて高く、まさに、国家戦略としての取り組みが始まっている。さらに、我が国では発酵産業の例を出すまでもなく、バイオ産業の中には世界に誇れるノウハウを持つ企業も多い。大学、研究所においてもバイオマスに関する質の高い研究がここ 30 年の間に数多くなされてきた。すなわち、バイオマスに関して我が国のポテンシャルは世界のトップレベルにある。これらの技術をもってマレーシアに投資することは、得意技をもって地球環境保全に貢献しつつ大きなビジネスに参加できるばかりでなく、CDM の利用が可能になれば我が国の温暖化ガスの削減にもつながり、十分に我が国国益にもかなうものである。

本年度の調査研究はこのような背景に実施されたものであり、本文をはじめるにあたり特記しておくこととする。

調査研究リーダー 九州工業大学大学院生命体工学研究科
教授 白井 義人

目次

序.調査の概要 -----	1
1. 今年度調査の目的 -----	1
2. 調査の内容 -----	1
3. 調査の実施方法 -----	3
第1章 CDM 事業対象事業者の状況と本調査の検討フレーム -----	7
1.1. カウンターパート企業の動向 -----	7
1.2. パームオイル産業におけるバイオマスのポテンシャル -----	12
1.3. S 工場の概要 -----	13
1.4. 本調査の検討フレーム -----	15
第2章 ベースライン及びモニタリング手法の検討 -----	21
2.1. 方法論構築の手順 -----	21
2.2. ベースラインシナリオの設定 -----	22
2.3. プロジェクトシナリオ及びプロジェクトバウンダリーの設定 -----	29
2.4. 考慮すべき不確定要素 -----	34
2.5. KIT-UPM 共同研究による実測調査 -----	38
2.6. POME からのメタン発生量の推計手法の構築 -----	44
2.7. ベースライン排出量の算定方法 -----	50
2.8. プロジェクト排出量の算定方法 -----	59
2.9. リークージ排出量の算定手法 -----	63
2.10. モニタリング方法論の構築 -----	67
第3章 バイオマス産業を組み合わせた CDM 事業の可能性検討 -----	71
3.1. POME 起源の有機酸による付加価値製品の製造事業 -----	71
3.2. EFB からのポリ乳酸事業 -----	75
3.3. EFB からのエタノール事業 -----	78
3.4. CDM 事業の可能性 -----	82
3.5. CDM 事業における事業性及び CER の検討 -----	85
第4章 CDM 事業における ODA 等の利用可能性検討 -----	89
4.1. 我が国における ODA 政策の枠組み -----	89
4.2. マレーシアにおける国別援助計画の概要 -----	91
4.3. CDM 事業における ODA の位置付け -----	95
4.4. CDM における ODA に期待される役割 -----	97
4.5. 本事業における ODA の利用可能性 -----	99

第5章 CDM 事業計画案の作成及び事業化に向けた課題検討 -----	101
5.1. CDM 事業計画案の作成 -----	101
5.2. CDM 事業の実現化に向けた課題 -----	108
第6章 プロジェクト設計書(PDD) -----	109
A. 提案事業の概要 -----	111
B. ベースライン方法論 -----	117
C. 事業期間及びクレジット期間 -----	129
D. モニタリング方法論及びモニタリング計画 -----	130
E. 排出源別の温室効果ガス算定 -----	136
F. 環境影響 -----	150
G. 利害関係者コメント -----	150
Annex 1：事業参加者連絡先 -----	151
Annex 2：公的助成（Public Funding）に関する情報 -----	151
Annex 3：新ベースライン方法論 -----	152
Annex 4：新モニタリング方法論 -----	178
Annex 5：ベースラインデータ -----	183
Annex 6：略語解説 -----	184
資料編 -----	185

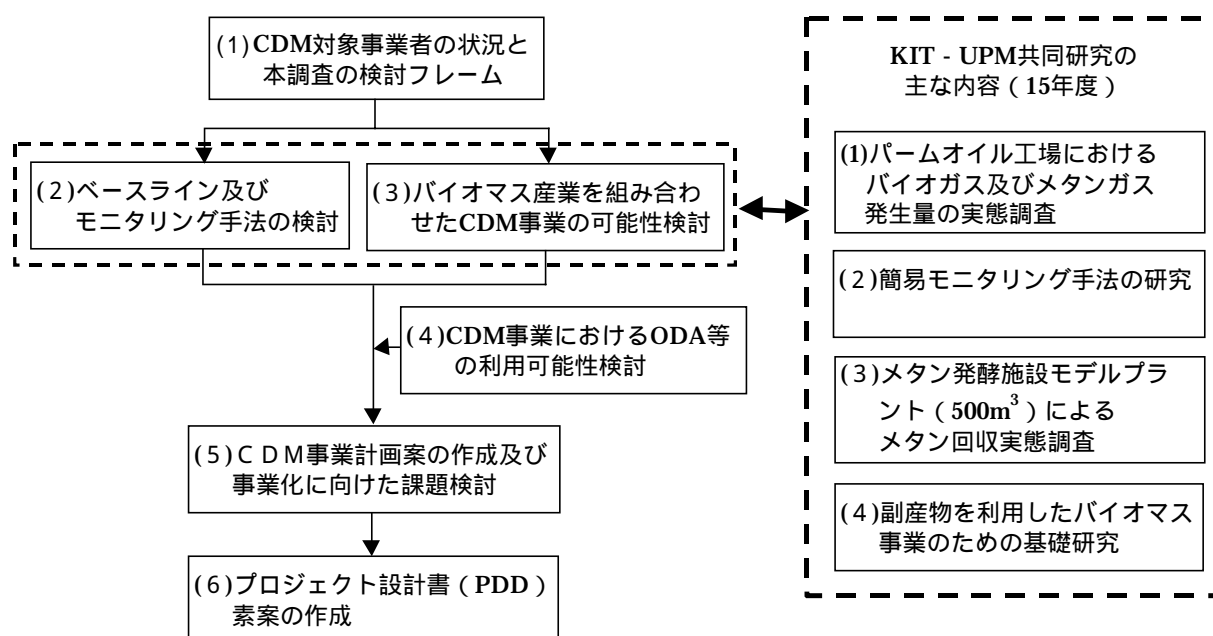
序．調査の概要

1. 今年度調査の目的

本調査は、マレーシアパームオイル工場のパームオイル廃液からのメタン排出抑制と、工場から発生する副産物（バイオマス）を利用したバイオマス産業創出を検討し、CDM 事業の可能性を検討することを目的とした。

2. 調査の内容

図表 1 に本年度の調査フレームを示す。昨年度と同様に九州工業大学とマレーシアプトラ大学の共同調査研究（以下、KIT-UPM 共同研究）と連携しつつ、以下に示す内容の検討を実施した。



図表 1 今年度の調査フレーム

(1) CDM 対象事業者の状況と本調査の検討フレーム

CDM 対象工場を保有する FELDA 社を取り巻く環境の変化について概説した。また、パームオイル工場から排出される副産物をバイオマス資源とみたときのポテンシャルを示し、今年度メタン発酵モデル施設建設を終えて実証試験を行う S 工場を対象としてバイオマスポテンシャルを検討した。これらの検討結果を踏まえ、本調査の FS 検討フレームを示した。

(2) ベースライン及びモニタリング手法の検討

マレーシアの今後の政策などの現地の状況、パームオイル産業における技術の普及可能性、CDM 理事会で審議されている方法論などを踏まえ、ベースライン方法論を立案した。ベースラインの立案にあたっては、プロジェクトバウンダリーやベースラインの設定の考え方を明確にし、プロジェクトバウンダリーにおける温室効果ガスの排出量に関して、定量化を行った。

また、当該プロジェクトにおける妥当なモニタリング手法を明らかにし、ベースライン方法論と整合したモニタリング計画を立案した。

(3) バイオマス産業と組み合わせた CDM 事業の可能性検討

パームオイル工場から排出される副産物を利用したバイオマス事業の可能性を、それぞれのバイオマス事業の物質収支を検討し、事業性を検討した。ここで検討したパームオイル工場の副産物を利用したバイオマス事業は、世界でも事例がないため、まだリスクが大きい。そのリスクを下げる意味から CDM 事業との連携可能性を検討した。CDM 事業については、ベースライン寿命の推計を行うとともに、その追加性を明確にした上で、プロジェクト実施期間を設定した。

その上で、現地調査での実測データ及び IPCC のデフォルト値などを基に、リーケージも含めプロジェクト実施ケースにおける温室効果ガス排出量を定量化するとともに、本事業の環境影響、その他の間接影響、利害関係者のコメントなどを調査した。

(4) CDM 事業における ODA 利用の可能性検討

我が国における ODA 政策の枠組み及びマレーシアにおける国別援助計画の概要を整理した。さらに、CDM 事業における ODA の位置付けを把握・整理するとともに、CDM における ODA の期待される役割を検討し、本調査で対象にした事業における ODA の利用可能性を検討した。

(5) CDM 事業計画案の作成及び事業化に向けた課題検討

以上の検討を踏まえ、プロジェクトの実施・運営主体、施設配置計画、プロジェクトバウンダリーとベースライン設定、温室効果ガス排出・削減量の算定、間接影響、モニタリング計画などを検討・整理した CDM 事業計画案を作成する。さらに、事業化に向けた課題を検討・整理した。

(6) プロジェクト設計書 (PDD) の作成

(5) を踏まえ、ベースライン方法論、モニタリング方法論を構築し、S 工場を対象としたメタン回収及び再生可能エネルギー創出事業のプロジェクト設計書 (PDD) を作成した。

3. 調査の実施方法

(1) 調査の実施体制

昨年度の調査メンバーを中心とした調査団を組織し、プロジェクトに関する情報・データの収集を行った。

図表2 日本側調査団の構成

氏名	所属・役職
白井義人	九州工業大学大学院 生命体工学研究科 教授
脇坂 港	九州工業大学大学院 生命体工学研究科 助手
鈴木恒男	住友重機械工業(株) プラント・環境事業本部 環境システム事業センター-水技術部 基本設計グループ 課長
鈴木進一	(株)エックス都市研究所 取締役 第二研究本部 環境社会計画部 部長
河村 愛	(株)エックス都市研究所 第二研究本部 循環資源計画室 研究員

：プロジェクトリーダー

図表3 現地カウンターパートの構成

氏名	所属・役職
Mohad Ali Hassan	マレーシアプトラ大学 (UPM) 食品生物工学部 生物工学科 教授
Shahrakbah Yacob	マレーシアプトラ大学 (UPM) 食品生物工学部 生物工学科 講師
渡辺 伸	九州工業大学客員教授 (元カルフール日本人会事務局長, 元 FELDA OIL PRODUCTS 社長)

(2) ステアリング委員会の設置

昨年度に引き続き、本調査は CDM 事業に関係するマレーシア、日本の政府関係者、学識経験者、事業者などを含めた CDM 事業ステアリング委員会を 1 回 (3 月) 開催し、調査進捗状況の発表ならびに意見交換を行い、日馬間の事業について認識の共有化を図りながら実施した。

ステアリング委員会では、マレーシアの政府関係者及び FELDA 社から、バイオマス産業への関心が極めて高く、その一環として CDM 事業が位置付けられることに対して理解が得られ、CDM 事業への期待が表明された。

図表 4 ステアリング委員会参加者名簿

マレーシア側参加者

氏名	所属・役職
Chow Kok Kee	Malaysian Meteorological Service, Director General (Representative of UNFCCC CDM Executive Board)
Mohamed Ismail Abdul Karim	University Putra Malaysia, Institute of Bioscience, Deputy Director
Azni Hj.Idris P.M.C	University Putra Malaysia, Waste technology Center, General Manager
Subash Sunderaj	FELDA Palm Industries Sdn Bhd, Engineering/Special Projects/R&D, Head of Dept.
Yeoh Bee Ghin	Sirim Berhad, Environmental and Energy Technology Center, General Manager
Mohd Fauney Yusoft	Department of Environment
Azizah Mohd	Ministry of Primary Industry
Anuar Abd. Rahman	Malaysia Energy Center (PTM)
S. Muthusamy	Economic Plant Unit Prime Minister's Department (EPU)
Mohd Omar Abd Kadir	Univesiti Sains Malaysia (USM)
Nazir Khan Nizam	Forest Research Institute of Malaysia (FRIM)
Ismail Sulaiman	FELDA Palm Industries Sdn Bhd

委員長

日本側参加者

氏名	所属・役職
藤曲 智	東電設計(株) マレーシア事務所 所長
小河 晴樹	松下電器産業(株) 環境本部 環境審査グループ 副参事
富田 勝己	松下電器産業(株) 環境ソリューション事業本部 事業開発グループ 主事
平田 博史	松下環境空調エンジニアリング(株) 取締役 知財・技術開発担当
阪口 裕文	松下環境空調エンジニアリング(株) 環境開発営業部 海外営業部 部長
古荘 裕康	INOUEKI (MALAYSIA) SDN BHD Managing Director
高多 理吉	福岡工業大学 社会環境学部 社会環境学科 学科長 教授 (財)国際貿易投資研究所 (ITI) 客員研究員
田所 克章	大阪ガス株式会社 エンジニアリング部 ECO I社チーム
一ノ瀬 利光	三菱重工業株式会社 技術本部 長崎研究所 火力プラント研究推進室 主席研究員

第1章 CDM 事業対象事業者の状況と本調査の検討フレーム

1.1. カウンターパート企業の動向

平成 13 年度から継続して(財)地球環境センターが公募した「温暖化対策クリーン開発メカニズム事業調査」に採択されたことから、カウンターパート企業である FELDA 社及びマレーシアにおける CDM 関係省庁のメンバーとパームオイル産業における CDM 事業の可能性を 2 年間検討してきた。特に、H14 年度調査では工場を特定して工場からの廃液 (POME) からのメタン回収・発電事業について具体的な FS 調査を実施し、その CDM となり得る可能性を日本側及びマレーシア側関係者の間で確認した。

FELDA 社は 2000 年度売上が 1,900 億円(パームオイルとその関連製品だけで 1,010 億円)あり、グループ総職員数が 23 千人の巨大企業である。POME からのメタン回収・発電は売電による事業収益の規模が極めて小さいため、事業そのものは CER に依存することになるが、現在の CER 価格が 5US\$/t_CO₂程度では規模の大きな工場であっても年間 1,500 万円程度の事業規模しか見こめず、FELDA 社にとって事業実施する魅力が乏しい状況にある。

1.1.1. 日本の電力会社の動向

我が国では平成 15 年 4 月 1 日から RPS 法が施行され、電気事業者は毎年、その販売電力量に応じた一定割合以上の新エネルギー等から発電される電気の利用を義務づけられたことから、この制度の対象エネルギーの一つであるバイオマスを発電事業に利用することが検討されはじめている。

そのバイオマス資源として、マレーシアのパームオイル産業から大量に排出され未利用のまま放置されている EFB(Empty Fruit Bunch, 油ヤシの空房)が注目されている。この EFB をチップ化して日本へ輸送し、石炭焼きボイラー燃料、及び液化して石油焼きボイラー燃料としての利用可能性が検討されており、後者についてはその技術開発が進められている。

FELDA 社は、そのパートナーの 1 社として期待されており、この未利用バイオマスの販売や関連会社による輸送まで担うことまで含めると、FELDA 社にとってもかなり大きなビジネスとなると期待できる。

図表 1 - 1 RPS 制度の概要

目 的							
エネルギーの安定供給に資するため、電気事業者による新エネルギーの利用に関する措置を講じ、もって環境の保全に寄与し、及び国民経済の健全な発展に資することを目的とする（法第 1 条関係）							
利用目標							
経済産業大臣は、総合資源エネルギー調査会及び環境大臣、農林水産大臣、国土交通大臣の意見を聴いて、新エネルギー等電気の利用目標を定める（法第 3 条関係）							
（億kWh / 年）							
15年度	16年度	17年度	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度
73.2	76.6	80.0	83.4	86.7	92.7	103.3	122.0
対象エネルギー							
風力、太陽光、地熱、水力、 <u>バイオマス</u> を熱源とする熱							
義 務							
経済産業大臣は、利用目標を勘案し、電気事業者に対して、毎年度、その販売電力量に依り一定割合以上の量の新エネルギー等電気の利用を義務づける。この義務量のことを基準利用量という（法第 4、5 条関係）							
義務の履行							
電気事業者は、義務を履行するに際して、自ら発電する、他から新エネルギー等電気を購入する、または、他から新エネルギー等電気相当量を購入することができる。これにより、電気事業者は、経済性その他の事情を勘案して、最も有利な方法を選択することができる（法第 5、6 条関係）							
設備認定							
新エネルギー電気を発電し、または、発電しようとする者は、当該発電設備が基準に適合していることについて、経済産業大臣の認定を受けることができる。経済産業大臣は、バイオマスを利用する発電設備の認定に際しては、予め、農林水産大臣、国土交通大臣、または、環境大臣に協議を行う（法第 9 条関係）							
勧告・命令							
経済産業大臣は、電気事業者が、正当な理由なく義務を履行しない場合には、期限を定めて、義務を履行すべき旨の勧告、または、命令を行うことができる（法第 8 条関係）							
罰 則							
命令に違反した者は 100 万円以下の罰金に処する等の罰則がある。							

出典：資源エネルギー庁ホームページに加筆

1.1.2. メタン発酵モデル施設の状況

平成 13 年度末に FELDA 社、マレーシアプトラ大学と九州工業大学の 3 者により、FELDA 社の S 工場に 500m³ の密閉型消化モデルタンクの導入が合意された。14 年度には、九州工業大学が住友重機械工業(株)に依頼し、作成した基本設計に基づき、FELDA 社がメタン発酵処理タンクモデルを建設したが、平成 15 年 12 月に竣工したものの、試験運転を行うに際してタンクの水漏れ等の問題が発見され、一部修理を平成 16 年 2 月まで実施し、3 月から運転を再開している。

メタン発酵処理モデル施設の建設事業の概要は次のとおりである。

施設規模： 500m³
設計委託：九州工業大学
発注：マレーシアプトラ大学
基本設計：住友重機械工業(株)
実施設計：FELDA 社（住友重機械工業(株)の技術的支援を受ける）
施工業者：FELDA 社
概算費用：1,500 万円
建設期間：平成 15 年 10 月～平成 16 年 2 月（試験運転後の補修 2 月間を含む）



図表 1 - 2 500m³メタン発酵モデルタンク



図表 1 - 3 開放型廃液処理タンク

1.1.3. カウンターパート企業の CDM 事業に係る意向

FELDA 社では、以下の 3 つの理由から、CDM 事業は取り組むべき事業としての位置付けが低くなっている。

- 昨年度の「温暖化対策クリーン開発メカニズム事業調査」で明らかになった現在の CER 価格（5US\$/CO₂-t 前後）では事業としての魅力が乏しい。
- 現在、マレーシアプトラ大学と九州工業大学の共同研究チームが研究対象とする EFB などのバイオマスを利用した高付加価値化や RPS 法を背景とした我が国の電力会社の EFB 利用の方が事業としての魅力が高い。
- S 工場に建設した 500m³ のメタン発酵モデル施設の運転が始まったばかりであり、この稼動状況を 1 年間程度かけて見守り、その結果を踏まえて事業計画を立てたい（これは日本側の事業主体にとっても同じ）。

FELDA 社としては CDM 事業より粗パーム油 (Crude Palm Oil, 以下 CPO) の生産に伴う副産物を利用したバイオマス事業に大きな事業化の可能性を見出しており、マレーシアプトラ大学及び九州工業大学と研究及びそれに基づく事業化を視野に入れた共同研究契約を取り交わしているところである。

1.2. パームオイル産業におけるバイオマスのポテンシャル

先進国では、化石資源の浪費を防止し、地球温暖化ガス排出を削減するという観点から、最近になってバイオマス資源が注目を集めているが、一般的には、以下の問題点が指摘されている。

かさ高であり、運搬と保管に難を伴う。

バイオマスの質は、一定でなく、農産廃棄物、台所ゴミ、木質廃棄物など複数の成分から構成される。

バイオマスはローカルに分散し、大規模に収集するのが難しい。

農産系のバイオマスは年に1回あるいは数回しか供給されない。

エネルギー効率が化石資源ほど高くない。

しかしながら、パームオイル産業のバイオマスでは、上記の問題点が解消されている。

については、EFBとパームオイル工場廃液（Palm Oil Mill Effluent, 以下 POME）は、通常業務として収集可能である。これらは、工場から毎日排出されるものであるため、収集費用は不要である。

については、EFBはもちろん、POMEも組成はほぼ均一である。

については、パームオイル工場1工場から平均して、4万tのEFBと9万tのPOMEが排出される。日本国内では、年間1万tのバイオマスを収集することは日本全土からでも難しいが、マレーシアでは、わずか一箇所のパームオイル工場から4万t以上のバイオマスを容易に回収可能である。マレーシア全土で操業中のパームオイル工場は、350箇所以上であるので、通常業務として毎日排出されている均質なバイオマスを、百万t以上回収することも可能である。開放型消化タンク（あるいは嫌気性ラグーン）から、メタン発酵などより近代的な廃液処理設備へ転換すると、不要となった広大なラグーンの跡地が利用可能となる。この場所は、EFBの保管場所として活用されるであろう。

については、油ヤシは年間を通して収穫可能であり、季節変動が少ない。

については、化石燃料と比べればエネルギー効率は高くないが、副産物として排出される各固形廃棄物の燃焼エネルギーの原単位は、EFB1,400Mcal/t、繊維 2,700Mcal/t、殻 4,500Mcal/tあり、POMEから回収するメタンガスは5,000Mcal/m³に及ぶ。

さらに、バイオマスを付加価値製品の製造に活用した場合、パームオイル産業には原料としてのバイオマスを提供できるほか、いくつかの利点がある。すなわち、パームオイル工場に隣接させて新産業を立地させた場合、そこで必要なエネルギーをバイオマスによって得られた工場内の余剰エネルギーから供給可能なことである。

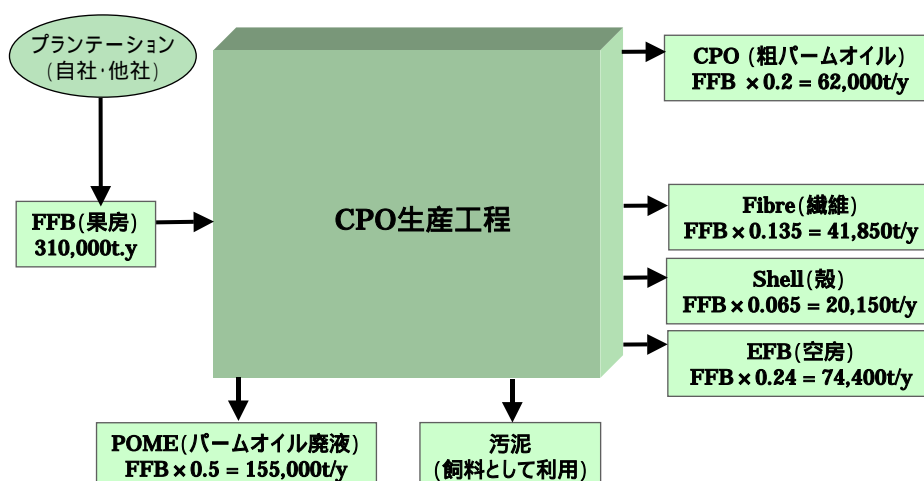
1.3. S工場の概要

S工場は、クアラルンプールから150km離れたところに位置し、車で3時間程度の距離にある。この工場のFFB処理能力は60t/hありFELDA社が保有する工場の中でも最も大きい工場の一つである。

1.3.1. バイオマス物質収支

S工場は特大規模の1工場であり、年間約31万tの油ヤシ果房（Fresh Fruit Bunch, 以下FFB）を受け入れており、年間約62,000tのCPOを生産し、約74,400t/y（含水率約65%）のEFBを廃棄している。各工場のシステムによってPOME発生率は異なるが、一般的にはFFBに対しておよそ0.5の割合で発生するため、S工場では年間15.5万tのPOMEが排出されることになる。濃厚かつ均質な廃液であるPOMEは、有機分としてCOD 50,000ppm、懸濁固形分 15,000ppmを含み、ここから少なくとも二酸化炭素換算 14,700t分に相当する700tのメタンが放出されていると推測される。

また、EFBの構成成分は、セルロース、ヘミセルロース、そしてリグニンである。セルロース分は五炭糖、六炭糖に転換可能であることから、S工場で排出されるEFBからは五炭糖、六炭糖がそれぞれ年間約8,000t生産されるポテンシャルがある。



図表 1 - 4 マテリアルフロー

1.3.2. エネルギーポテンシャル

パームオイル工場においては、1tのFFBを処理してCPOを製造する工程で17kWhの電力を要する。すなわち、S工場では年間5,270MWhの電力が必要とされる。熱処理工程として、全てのFFBは、高圧蒸気（大気圧+3キロ:1.16 MWh/t_{蒸気}=1,000Mcal/t_{蒸気}）によって蒸煮される。蒸煮の装置容積として、FFBの容積の約10倍が必要とし、FFBの比重を1とした場合に、蒸煮に必要とされる装置容積は、360,000m³となる。これによって6,010t/yの水を蒸発させるために6,970MWhのエネルギーが必要となり、CPO生産に必要な電力量と蒸気生産に必要なエネルギー量を合わせると、12,240MWhのエネルギーを必要とする。

図表 1 - 5 S 工場における必要電力量

CPO生産に必要なエネルギー			蒸気生産に必要なエネルギー				合計
FFB 年間受入量	FFB当たりの 必要エネルギー量	年間必要 エネルギー量	FFB 年間受入量	FFB当たりの必 要蒸気量	蒸気熱量	年間必要 エネルギー量	
t _{FFB} /y	kWh/t _{FFB}	MWh/y	t _{FFB} /y	t _{蒸気} /t _{FFB}	MWh/t _{蒸気}	MWh/y	MWh/y
310,000	17	5,270	310,000	0.00194	1.16	6,970	12,240

S 工場からは、年間 74,400t の EFB、41,850t の繊維、20,150t の殻が排出され、各固形廃棄物の燃焼エネルギーの原単位を乗ずると、総計として約 380GWh に相当するポテンシャルがある。

S 工場における電力ポテンシャル量を図表 1 - 6 に示す。現状では繊維及び殻のみを利用した発電が行われているが、これらの発電電力ポテンシャル量は、それぞれ 19,600MWh/y 及び 15,600MWh/y、合計 35,200MWh/y ある。同工場における必要エネルギー量は 12,240MWh/y 程度であるため、相当量の余剰エネルギーがポテンシャルとしては存在するということになる。

また、EFB 発電、POME からの発生メタンを利用したメタン発電を導入した場合には電力換算にしてそれぞれ 18,500MWh、4,700MWh、熱利用換算にして 98,600MWh、15,100MWh のエネルギーを新たに創出することが可能となる。

図表 1 - 6 S 工場におけるエネルギー創出ポテンシャル量

	FFB搬入量	発生率	エネルギー潜在量		発電の場合		熱供給の場合		
					発電効率	発電量	発熱効率	発熱量	
					%	GWh/y	%	GWh/y	
	t/y	%	%	GWh/y	%	GWh/y	%	GWh/y	
固形 廃棄物	EFB	307,000	24%	100%	123.2	15%	18.5	80%	98.6
	繊維	307,000	13.5%	100%	130.4	15%	19.6	80%	104.4
	殻	307,000	6.5%	100%	104.3	15%	15.6	80%	83.4
廃液	POME	307,000	50%	100%	18.9	25%	4.7	80%	15.1
				合計	376.8	合計	58.4	合計	301.4

1.4. 本調査の検討フレーム

上記のことから、今年度調査では FELDA 社の S 工場を対象として、工場からの廃液（POME）からのメタン回収とバイオマス産業の立ち上げ可能性を検討し、ここで、不要になったラグーン跡地に招致したバイオマス事業に、メタン発酵により発生したエネルギーを供給することを検討する。このような仕組みにより、POME からのメタン回収を行うことの動機づけとなり、CDM 事業も事業性を増し、同時にバイオマス事業側も、安価なエネルギーを活用する事が出来ることが期待される。

検討対象とするバイオマス事業の内容は、次のように設定した。

シナリオ 1： POME からの有機酸化

シナリオ 2： EFB のポリ乳酸化

シナリオ 3： EFB のエタノール化

上記シナリオは、CDM 事業としてパームオイル工場から排出されるバイオマス燃料を用いた熱回収事業と連携するものとした。上記シナリオを設定した理由は次のとおりである。

POME からの有機酸化事業： POME は、有機分として COD 50,000ppm、懸濁固形分 15,000ppm を含む、濃厚かつ均質な廃液であり、比較的均質な組成で窒素含量の低い適正な C/N 比が整っているため、メタン発酵が容易である。このことはメタン発酵の前段階として、POME から有機酸が生成することを意味する。メタン発酵に供される廃水からは、極めて低濃度の有機酸が生成する。また、低濃度の有機酸の精製には膨大なエネルギーが必要とされるが、パームオイル工場にはバイオマスから得られるエネルギーが過剰に存在しており、コスト面の課題が解決されれば、それらを利用することが可能である。有機酸回収には、九州工業大学が保有する基礎技術の利用を想定する。

EFB からのポリ乳酸化事業： EFB の構成成分は、セルロース、ヘミセルロース、そしてリグニンである。セルロース分は、五炭糖、六炭糖に転換可能であり、これをポリ乳酸またはエタノールへ変換することを想定した。ポリ乳酸化事業については、九州工業大学の基礎技術の利用を想定する。

EFB からの燃料化事業： 燃料化方法としては、熱化学変換によるガス化等の技術を用いたメタノール生産、又は生物化学変換によるエタノール発酵が考えられる。現在注目されているのが自動車用の低濃度バイオエタノール混合ガソリンであり、図表 1 - 7 に示すように、環境省の検討会においていわゆる E3（エタノール 3% 混合ガソリン）の普及を目指したシナリオ例が示されている。

図表 1 - 7 E3 (エタノール3%混合ガソリン) 供給シナリオ (ロードマップ)

	2003年度	2004年度	2004年度末	2005年度	2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度
供給対象地域	対象地域の拡大 ・レギュラーガソリンのE3化 ・プレミアムガソリンのE3化	一部地域でのバイオエタノール事業の工事着手	一部地域でバイオエタノール事業を実施	全国へ段階的に導入拡大							全国で相当程度拡大
エタノールの供給	エタノール供給量の確保 ・国内生産体制の整備、生産量の安定確保、国内供給体制の確立 ・輸入先の確保、輸入手段・体制の確立	一部地域でのバイオエタノール事業の工事着手	輸入エタノールでの先行導入 供給量: 数千kl規模	輸入エタノールの供給 国内資源由来のエタノール供給、不足分を輸入エタノールで補填 供給量: 数万～百数十万kl規模 (建設発生木材由来のバイオマスで60万kl～120万kl程度の供給可能性があるほか、糖蜜や、農産物系のバイオマス資源からのエタノール供給も期待される。)							供給量: 最大200万kl規模
国内製造拠点の整備	国内エタノール製造拠点の整備 ・廃棄物等の国内資源の有効利用		50円/L	50円/L 関税撤廃40円/L コストダウンによる低減が期待 コストダウン30円/L～25円/L							
供給設備の対応	製油所の対応 ・エタノール貯蔵タンクの確保 ・混合システムの導入 油槽所の対応 ・エタノール貯蔵タンクの設置 ・混合システムの導入 給油所の対応 ・地下タンクの対応 ・計量機等設備の対応	一部地域でのバイオエタノール事業の工事着手	対象地域内の製油所に対応 対象地域内の給油所にE3を供給	全国への順次拡大 (建設発生木材の発生量が多い地域(10万トン/年程度を超える16都道府県等)では処理規模数万トン/年の施設、その他の地域でもブロック単位での施設や地域ごとの中小規模施設が次第に全国に拡大、糖蜜の発生する地域でも拠点施設整備、さらに農産物系のバイオマス資源からのエタノール製造についても、地域の拠点施設整備が期待。)							全国の製油所に対応(約30箇所)
E3消費量及びCO2削減効果	E3消費量 ² エタノール消費量 CO ₂ 削減効果		数十万～百数万kl 数千kl規模	年間当たり百万～5千万kl 年間当たり数万～百数十万kl 年間当たり数万～200万t-CO ₂							最大約5,700万kl 最大約200万kl 最大約250万t-CO ₂
設備投資額及び燃料価格等	設備投資額 ³ E3小売価格 ⁴ ガソリン等価発熱量価格 ⁵ (うち、混合設備投資額 ⁶) エタノール流通面での対応		数十億円 約100円/L 約102円/L 0.2～0.3円/L程度	年間当たり数百億円 約100円/L 約101～102円/L 0.4～0.5円/L程度							年間当たり約数百億円 約100円/L 約101円/L 0.5円/L程度
関係省庁の対応				エタノール流通自由化(関税撤廃)							

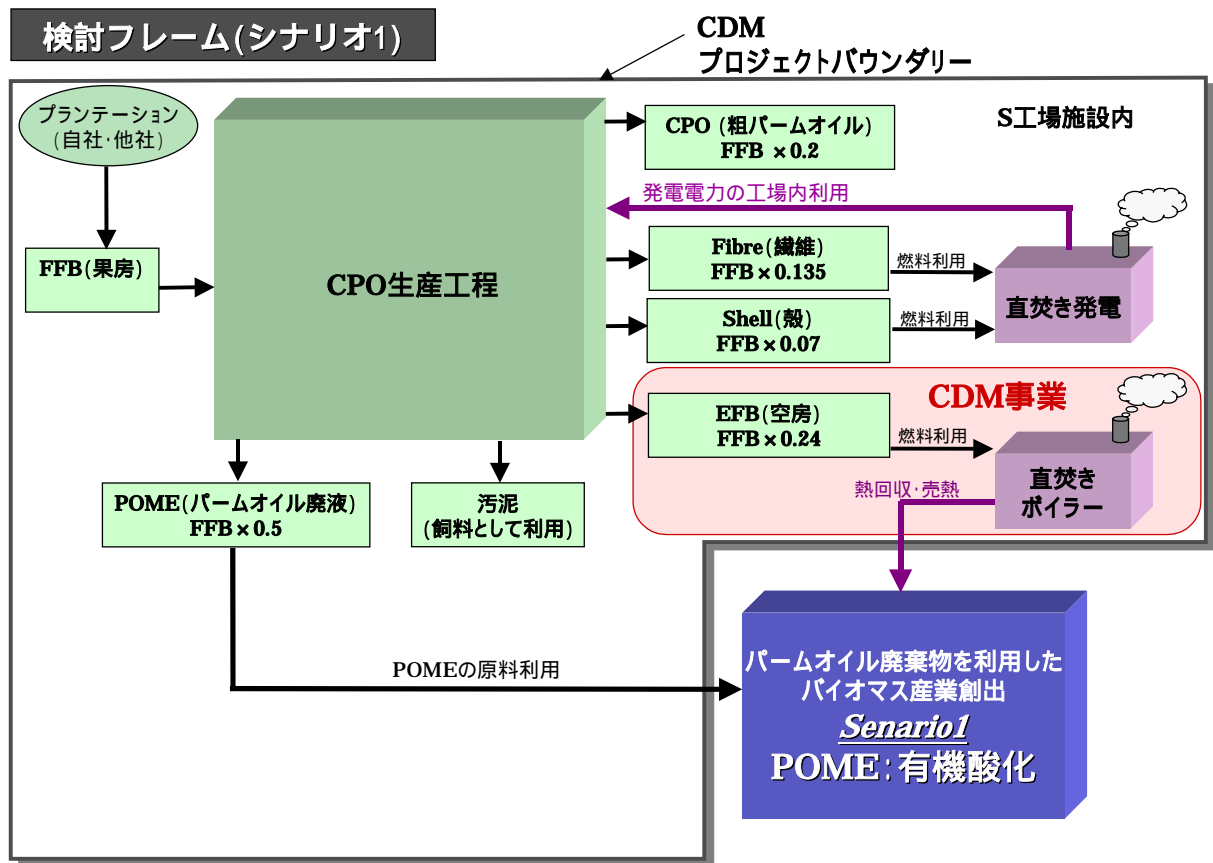
*1 エタノール供給価格の見直し: 国内資源由来のバイオエタノールの卸売価格45～50円/Lと想定
 *2 「中央環境審議会地球環境部会目標達成シナリオ小委員会中間取りまとめ(平成13年7月)」の「計画ケース」におけるガソリン消費量を採用
 *3 油槽所及び製油所の対応費用を計上、製油所の平均費用: 約21億円/箇所、油槽所の平均費用: 約7億円/箇所、給油所の平均費用: 約200万円/箇所
 *4 E3・ガソリンともガソリン税分を含む価格
 *5 発熱量ベースのE3のガソリン等価価格(ガソリン1Lに対するE3の等発熱量体積: 1.012L、ガソリンの体積当たり発熱量: 34.6MJ/L、エタノールの体積当たり発熱量: 21.2MJ/Lより算出)
 *6 設備投資額から年度毎の設備固定費を算出し、E3消費量で除した値

出所) 環境省再生可能燃料利用推進会議 (第3回) 資料 より

普及シナリオにおいては、国内でのバイオエタノール生産による供給に期待しており、国内には鹿児島(日揮株)と千葉(月島機械株)の実証プラントにおいて商業化に向けた検討が行われているが、ここでは、パームオイル産業からのエタノール製造事業の可能性を検討した。

パームオイル産業からのバイオマスを活用して、何らかの付加価値産品が製造されれば、そこに新産業を興す余地が生じる。なお、製造された産品は、既存の交通網により運送されて、マレーシア国内あるいは日本などへの輸出が想定できる。

CDM 事業の具体的なシナリオを図表 1 - 8～図表 1 - 10 に示す。



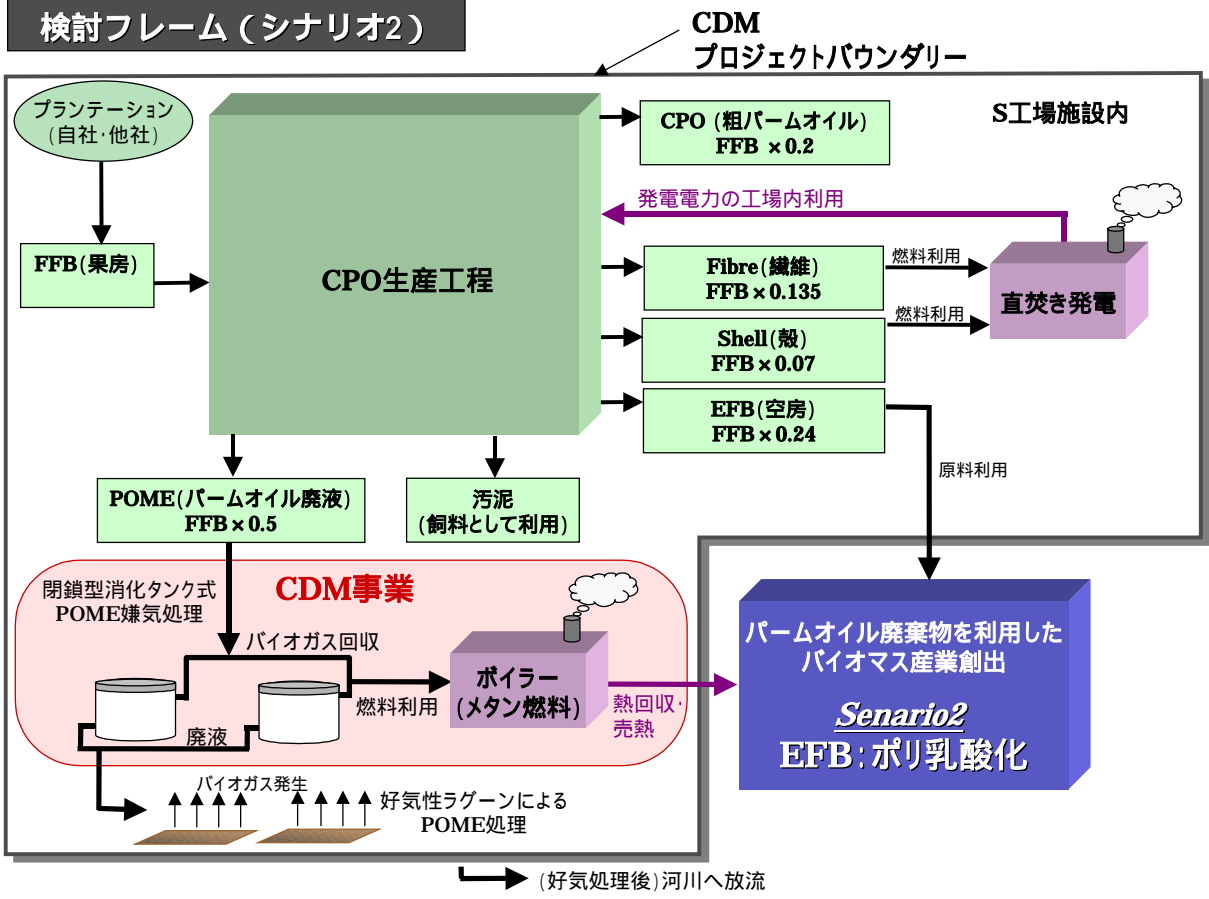
図表 1 - 8 検討フレーム (シナリオ 1)

事業の概要

CPO 生産工程から排出される POME を原料として、連続的嫌気発酵を行い、POME に含まれる有機酸(酢酸、酪酸、プロピオン酸酪酸)を分離精製して回収するとともに、POME 廃液の処理も同時に行う。ベースラインシナリオでは、有機酸の精製に必要な熱供給は、重油焚きボイラーを想定する。プロジェクトシナリオでは、現在は有効利用が図られていない EFB を燃料とした EFB ボイラーを想定する。EFB ボイラーは、それ自体では事業性の確保が難しいが、CDM の導入により得られる CER 売却益によって、EFB ボイラーの事業性を確保し、有機酸製造事業に熱を販売するものである。

CDM プロジェクトバウンダリー

プランテーションからの FFB 受入から、POME を原料としてバイオマス産業へ搬出するまでを対象とする。



図表 1 - 9 検討フレーム (シナリオ 2)

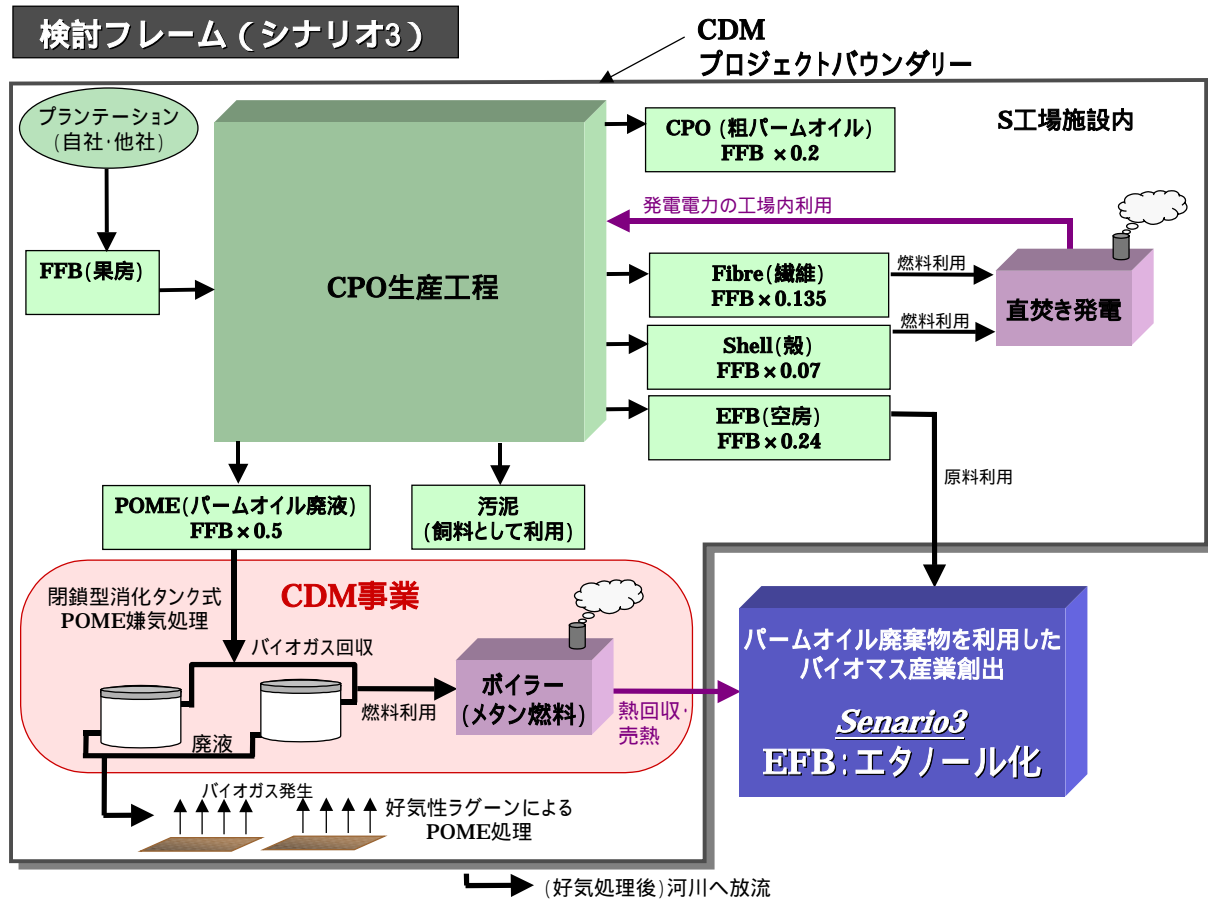
事業の概要

現在有効利用が図られていないEFBを原料として濃硫酸を用いて10%濃度の糖を生産し、それから乳酸発酵により回収した乳酸を重合しポリ乳酸を製造する。

ベースラインシナリオでは、ポリ乳酸の製造に必要な熱供給は、重油焚きボイラーを想定する。プロジェクトシナリオでは、CDMの導入により見込まれるCER売却益によって、通常は事業性の低いメタン回収・熱回収事業の事業性を確保し、ポリ乳酸製造事業に熱を販売するものである。

プロジェクトバウンダリー

プランテーションからのFFB受入から、POMEから得たバイオガスをエネルギーとしてバイオマス産業へ売却するまでを対象にする。



図表 1 - 10 検討フレーム (シナリオ 3)

事業の概要

現在有効利用が図られていない EFB を原料として濃硫酸を用いて 10%濃度の糖を生産し、それからエタノール発酵、濃縮、精製しエタノールを生産する。

ベースラインシナリオでは、エタノールの製造に必要な熱供給は、重油焚きボイラーを想定する。プロジェクトシナリオでは、CDM の導入により見込まれる CER 売却益によって、通常は事業性の低いメタン回収・熱回収事業の事業性を確保し、エタノール製造事業に熱を販売するものである。

プロジェクトバウンダリー

プランテーションからの FFB 受入から、POME から得たバイオガスをエネルギーとしてバイオマス産業へ売却するまでを対象にする。

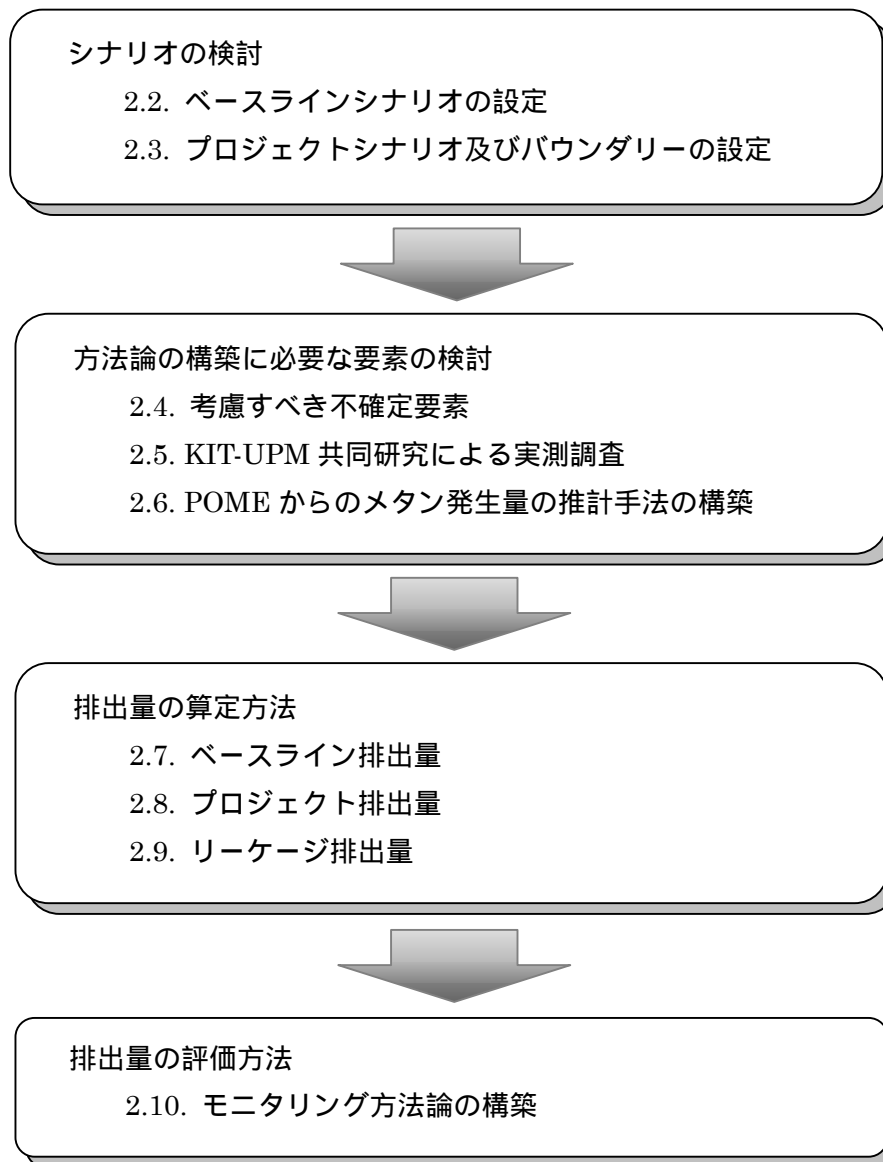
第2章 ベースライン及びモニタリング手法の検討

本章では、平成15年にCDM理事会に申請した新方法論に対するMETHパネルからの指摘及び現地におけるメタン排出量の実測調査結果等を踏まえ、新たなベースライン方法論及びモニタリング方法論の検討を行う。事業期間は7年間とし、2回の見直しを経て21年間のプロジェクトを想定する。

なお、本章では主に方法論の構築を目的としており、S工場を対象としたプロジェクトへの方法論の適用は、「第6章プロジェクト設計書(PDD)」で扱うこととする。

2.1. 方法論構築の手順

本調査では、以下の手順に従いベースライン方法論及びモニタリング方法論構築のための検討を行う。

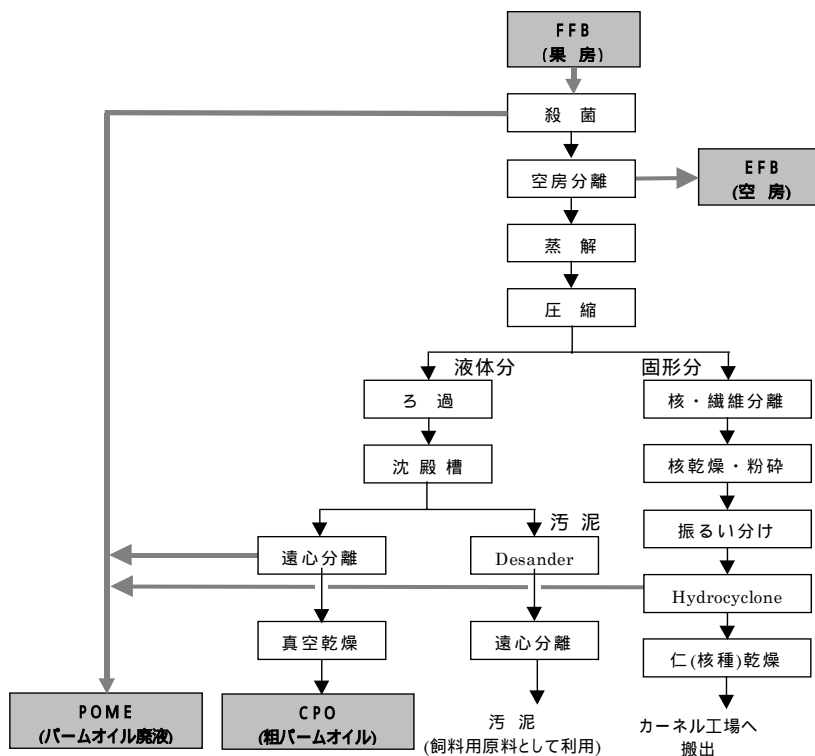


2.2. ベースラインシナリオの設定

ベースラインシナリオは、CDM 事業が実施されなかった場合に最も高い確率で起こり得る (Business as Usual, 以下 BaU) と考えられるシナリオを意味するが、CDM 事業としての承認を得るためには、このベースラインシナリオに基づいた排出量の算定が必要となる。本節では、ベースラインシナリオの設定のためにパームオイル工場における POME 処理方式及び POME から発生するメタンを利用したバイオガス熱回収が導入されるか否かに関する BaU の検討を行う。

2.2.1. POME 処理方式の分類

パームオイル工場では CPO 生産に伴い固形廃棄物 (EFB、繊維、殻) 及び POME が大量に発生する。パームオイル工場における CPO 生産フローを図表 2 - 1 に、また、CPO 及び固形廃棄物の発生率を図表 2 - 2 に示す。



図表 2 - 1 パームオイル工場における処理フロー

図表 2 - 2 パームオイル工場におけるマテリアルバランス

発生物	FFB に対する収率	出所
CPO (粗パームオイル)	約 20%	Malaysian Oil Palm Statistics 2002
カーネルオイル	約 6%	
EFB (空房)	24.0%	Feasibility Study on Grid Connected Power Generation Using Biomass Cogeneration Technology (2000,PTM) 及び現地ヒアリングに基づき推定
繊維	13.5%	
殻	6.5%	
汚泥	少量	現地ヒアリングより

POME は有機物を大量に含む (COD 約 50,000ppm) ため、POME 処理工程では、まず浮遊物を堆積させ冷却した後、嫌気処理により大半の有機分を分解する。嫌気処理後は、水深 1 ~ 2m の好気性ラグーンにて河川放流前に BOD 及び COD を規制に適合する水準まで低下させるのが一般的である。また好気性ラグーンでは、分解率を向上させるため曝気装置を伴う場合もある。

嫌気処理方式は、嫌気性ラグーン方式、開放型消化タンク方式、混合方式 (嫌気性ラグーン + 開放型消化タンク)、閉鎖型消化タンク方式に大別される。このうち最も利用されているのは建設費も安く維持管理も容易な嫌気性ラグーン方式で、次いで開放型消化タンク方式、混合方式の順に普及している。開放型消化タンクは必要面積が嫌気性ラグーン方式に比べて小さいため、工場用地の取得に制約がある場合に導入される。

閉鎖型消化タンク方式は、ガス爆発を防止するための高い技術力と、より多くの建設費が必要となり、導入例は極めて稀である。マレーシアにおいては Sime Darby 社が閉鎖型消化タンクを所有しているが稼働状況は不明である。

図表 2 - 3 は、世界最大規模のパームオイルメーカーである FELDA 社がマレーシアに所有するパームオイル 72 工場における POME 嫌気処理の方式別割合 (2002 年時点) を示している。FELDA 社においても閉鎖型消化タンク方式は導入されていない。

図表 2 - 3 FELDA 社所有工場における POME 処理方式

	工場数	CPO生産量 (t/月)	処理方式				合計
			開放型 タンク方式	嫌気性 ラグーン方式	混合方式	閉鎖型 タンク方式	
特大規模	2	4,000 ~ 5,000	50%	50%	0%	0%	100%
大規模	19	3,000 ~ 4,000	11%	89%	0%	0%	100%
中規模	34	2,000 ~ 3,000	29%	59%	12%	0%	100%
小規模	17	2,000以下	24%	59%	18%	0%	100%
合計	72		25%	65%	10%	0%	100%

ここで POME 処理方式の決定要素となる面積・処理効率・建設コスト・安全性について各処理方式の特徴を整理すると以下ようになる。

- **面積**：FELDA 社が所有するマレーシアで稼働中の数工場における嫌気処理施設面積の比較例を図表 2 - 4 に示す。嫌気性ラグーン方式の L 工場では FFB 処理能力当たりの必要面積は 370m² であるのに対して、混合方式の C 工場では 196m²、開放型消化タンク方式の S 工場では 30m² である。嫌気処理過程において、嫌気性ラグーン方式は開放型消化タンク方式に比べて、必要面積が約 1 桁程度大きくなる。

図表 2 - 4 FELDA 社における FFB 当たり必要面積の比較例

工場	処理方式	嫌気処理施設面積	FFB 処理能力	FFB 当たりの必要面積
L 工場	嫌気性ラグーン方式	$5,000\text{m}^2 \times 4 = 20,000\text{m}^2$	54t/h	$370\text{m}^2/(\text{t}/\text{h})$
C 工場	混合方式	タンク： $150\text{m}^2 \times 4 = 600\text{m}^2$ ラグーン： $5,000\text{m}^2 \times 2 = 10,000\text{m}^2$	54t/h	$196\text{m}^2/(\text{t}/\text{h})$
S 工場	開放型タンク方式	$300\text{m}^2 \times 6 = 1,800\text{m}^2$	60t/h	$30\text{m}^2/(\text{t}/\text{h})$

- 処理効率**：開放型消化タンク方式の方が嫌気性ラグーン方式に比べて滞留時間のコントロールも行いやすく、処理効率が高いとされている。単位 POME 体積当たりの BOD 処理量は、嫌気性ラグーン方式で $0.2 \sim 0.35\text{kg}_{\text{BOD}}/\text{m}^3/\text{day}$ 、開放型消化タンク方式で $0.8 \sim 1.0\text{kg}_{\text{BOD}}/\text{m}^3/\text{day}$ という推計値があるが、単純に比率をとると BOD 処理効率は開放型消化タンク方式の方が 3～4 倍高いことになる。また水深は嫌気性ラグーン方式では一般的に約 6m、開放型消化タンク方式では約 10m であることから、嫌気性ラグーン方式では開放型タンク方式の 5～7 倍の面積が必要になる計算となる。
- バイオガス回収**：嫌気性ラグーン方式、開放型消化タンク方式では、そのままの状態ではバイオガスの回収は不可能であるが、閉鎖型消化タンク方式の場合はバイオガスの回収が可能となる。閉鎖型消化タンク方式ではタンク内で酸素供給が行われないため、開放型の処理方式に比べて嫌気的な環境が保たれ、メタン発生率は上昇する。
- 建設コスト**：嫌気性ラグーン方式における建設コストは地面の掘削に係る費用のみである。開放型消化タンク方式の建設コストは、スチール製の筒状の容器製造、据付けに係る費用となり、嫌気性ラグーン方式と比較すると建設コストは高くなる。閉鎖型消化タンク方式においては、効率的な滞留を確保するための配管設備、ガス圧測定器、Ph 測定器、ガス貯蔵タンク、脱硫装置、水分除去装置等の設備が必要となるほか、ガス爆発防止のために密閉性を確保するべく慎重な建設作業が求められることから建設期間も長くなるため、建設コストはより高くなる。
- 維持管理**：処理方式によって、汚泥除去、防爆対策などが必要となる。汚泥除去に関しては、嫌気性発酵では好気性発酵に比べて汚泥発生量が少なくなるものの、一定期間ごとの汚泥除去作業は POME 処理 3 方式全てで必要とされる。また、嫌気性ラグーン方式及び開放型消化タンク方式で発生するメタンは大気へ放出されるため爆発の危険性はないが、閉鎖型消化タンク方式ではメタン回収を行うことから防爆対策が必要となる。適切な防爆対策によりガス爆発は十分に回避可能である。

各処理方式の特徴を整理したものを図表 2 - 5 に示す。

図表 2 - 5 各処理方式の特徴

	嫌気性ラグーン方式	開放型消化タンク方式	閉鎖型消化タンク方式
必要面積	大	小	小
滞留日数	45 日程度	20 日程度	10 日程度
処理効率	0.2 ~ 0.35 (kg _{BOD} /m ³ /day)	0.8 ~ 1.0 (kg _{BOD} /m ³ /day)	-
バイオガス回収	不可	不可	可
建設コスト	低 (掘削作業のみ)	やや高 (タンク建設費)	高 (タンク建設費及び安全装置等の付帯設備)
維持管理	・一定期間ごとの汚泥除去	・一定期間ごとの汚泥除去	・一定期間ごとの汚泥除去 ・防爆対策としての安全管理が必要

2.2.2. BaU 設定手法の検討

CDM 第 10 回理事会報告書附属書 (EB10 Report Annex1) では、CDM プロジェクトの追加性を証明しベースラインシナリオとはなり得ないことを示す手法として、下記に挙げる 4 つの方法が明記されている。

本調査では、下記の中で最も包括的かつ体系的に BaU を絞り込む手法である a)の手法を用いて、BaU 設定手法の検討を行う。

- a) ベースラインシナリオとしての可能性を限定していくためのフローチャートもしくは質問群を用いた手法。
- b) 他に可能性のあるシナリオに対する定性的もしくは定量的な評価、また、なぜプロジェクト以外のシナリオが生じる可能性が高いのかに対する定性的もしくは定量的な評価を行う手法。
- c) 提案プロジェクトが実施される場合に、想定されるバリアを定性的もしくは定量的評価によってひとつ以上示す手法 (小規模 CDM 事業に適用されるバリアの類型)。
- d) プロジェクト実施予定の地域において、プロジェクトタイプが一般的な手法ではないことを示し (x%未満の確立で生じる等)、また関係当局の法規や規制によって義務付けられていないことを示す手法。

[決定樹の作成]

a)の手法に基づきベースラインシナリオとしての可能性を限定していくために、ここでは決定樹 (Decision Tree) を作成し、BaU を絞り込み、プロジェクトがベースラインシナリオとなり得ないことを示すことによって、追加性の証明に用いる。BaU の絞り込みにおいては、以下の 3 点を考慮に入れることが重要である。

- 経済的影響（BaU は経済的に有利な方向に働く）
- 政策的影響（BaU は規制改正などの政策転換に沿う方向に働く）
- 技術的影響（技術的に適用不可能なものは BaU にはなり得ない）

本調査では POME 処理方式の BaU を絞り込むために下記に示す A～E に示す質問群を作成し、シナリオ 1～3 に適用可能な BaU の判定を行う。

質問 A POME の嫌気処理は、プロジェクト期間中（7 年間）継続される見込みか

質問 A は POME の嫌気処理工程で発生するメタン回収・エネルギー利用の可能性の有無を検証することを目的とする質問である。

パームオイル工場では、有機分の分解を嫌気処理によって行うのが一般的であるが、今後、POME に含まれる有機分を利用したバイオマス産業が実用化された場合には、POME に含まれる有機分そのものがバイオマス産業の原材料となり、嫌気処理が行われなくなる可能性がある。また好気性の POME 処理方式を導入している、あるいは今後、好気処理に転向する計画がある場合には、POME 処理過程におけるメタン発生量は少量となる。

質問 A が「No（ノー）」の場合は、POME 処理方式はシナリオ 1 に適用される BaU となる。

質問 B 現行の POME 処理方式は嫌気性ラグーン方式と好気性ラグーン方式の組み合わせであるか

質問 B は現行の処理方式を嫌気性ラグーン方式と開放型消化タンク方式とに分類することを目的とした質問である。

質問 C パームオイル産業がメタンの回収及びエネルギー利用を促進する法規制の強化は行われぬか

質問 C は政策的バリアの有無を検証することを目的とした質問である。パームオイル工場における回収メタンのエネルギー利用に対して、事業本来の採算性に拘わらず、罰則を伴う法規制の強化が行われる場合には、閉鎖型消化タンクの導入及びメタンのエネルギー利用が BaU として想定される。この場合、CDM なしにプロジェクトシナリオが BaU となるため、本 CDM 事業は成立しない。

質問 D メタンのエネルギー利用は CDM がない場合にも高い事業性が見込めるか。その場合、技術的に導入可能であるか

質問 D は経済・政策・技術の全てに関するバリアの有無を検証することを目的とした質問である。

メタン回収のためのタンク建設コストやボイラー機材の購入コストに比べて、対価であるエネルギー（蒸気・電力）売却益は比較的小さく、高い事業性が見込めない場合には、経済的バリアが存在することになる。一方、嫌気発酵処理における回収メタンを利用したエネルギー販売の事業性が高い場合には、CDM なしで閉鎖型消化タンクの導入

及びメタンのエネルギー利用が BaU となる可能性が高まるため、本 CDM 事業は成立しない。

また、再生可能エネルギー利用に対する補助金の導入などにより、閉鎖型消化タンク及び回収メタンのエネルギー利用に対する政策的なインセンティブが生じる可能性がある。しかし、補助金を考慮に入れても事業実施に対するインセンティブが十分でない場合には、政策的、経済的バリアが存在することになる。

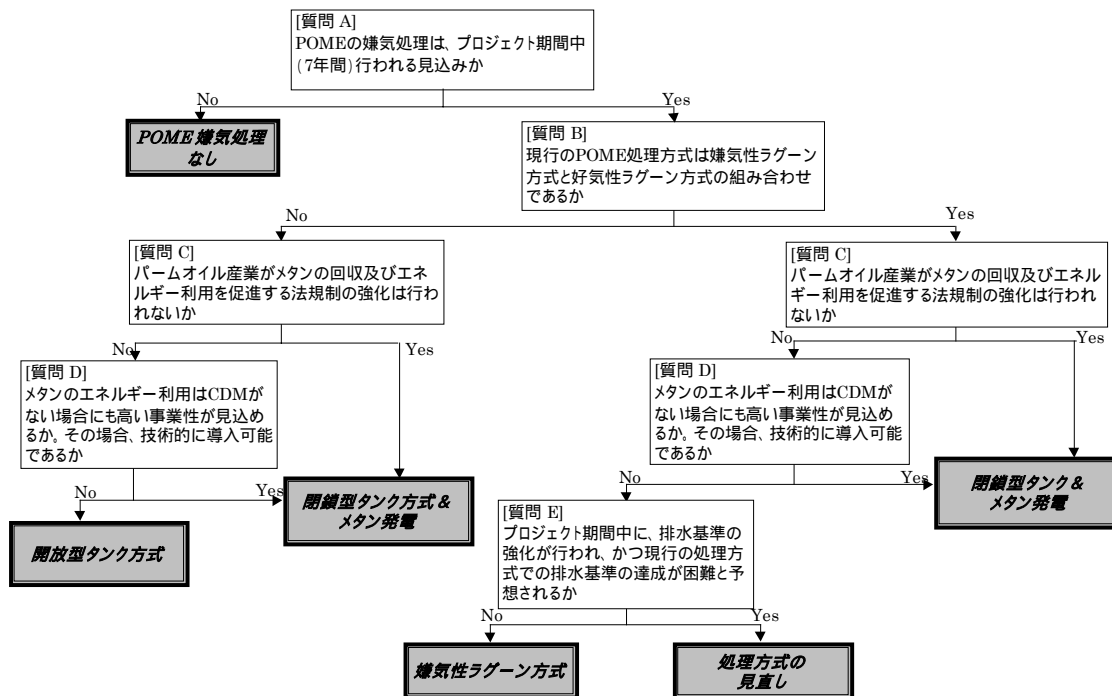
また、メタン発酵にはガス爆発の危険性を伴うため、適切な安全管理とそれを行う技術ノウハウが必要となる。安全管理に伴う技術的支援が必要な場合には、技術的バリアが存在することとなる。

質問 E プロジェクト期間中に、排水基準の強化が行われ、かつ現行の処理方式での排水基準の達成が困難であることが予想されるか

POME 処理方式設計の前提条件となる排水基準の強化に伴い、POME 処理方式の根本の見直しが必要となる可能性がある。したがって、質問 E は POME 処理方式の見直しの有無を検証することを目的とした質問である。

多くのパームオイル工場は、周囲をプランテーションに囲まれた僻地に位置しているため、事業期間中に都市化の進展による排水基準の強化が図られる可能性は低いと考えられる。排水基準の強化が行われない場合には、BaU は嫌気性ラグーン方式となり、本方法論の適用性及び追加性が証明される。

一方、強化が行われる場合で、かつ現行の処理方式での排水基準の達成が困難と予想される場合には、有機物の分解効率を向上させるため、嫌気性ラグーンの増設や開放型消化タンク方式への転換、好気処理過程における曝気装置の導入などの対策が図られることが想定される。その場合、BaU の POME 処理方式は確定されない。



図表 2 - 6 決定樹

S工場における BaU の設定

ここでは、図表 2 - 6 の決定樹を用いて S 工場における BaU を検討する。

[質問 A] POME の嫌気処理は、プロジェクト期間中（7 年間）継続される見込みか：

S 工場では、現在 POME の嫌気処理が行われている。有機酸事業など POME を原材料とした産業計画は実証化段階であり、本プロジェクト期間中（7 年間）の実用化は困難と考えられる。

なお、将来的に有機酸製造事業が実現された場合には、質問 A は「No（ノー）」となるため、ベースラインシナリオは POME の嫌気処理行程がない「シナリオ 1」となる。

Yes. 質問 B へ

[質問 B] 現行の POME 処理方式は嫌気性バッチ方式と好気性バッチ方式の組み合わせであるか：

S 工場では、3,600m³の開放型消化タンク 6 基、通性ラグーン 2 池、好気性ラグーン 12 池を用いて、POME 処理を行っている。

No. 質問 C へ

[質問 C] パームオイル産業がメタンの回収及びエネルギー利用を促進する法規制の強化は行われぬか：

マレーシア国内には POME 処理に関しては、現時点でメタン回収を義務付ける法規制が存在せず、また、今後 7 年間以内に制定される可能性も低いと考えられる。つまり、マレーシアのパームオイル産業においては、メタン回収・エネルギー利用（蒸気製造・発電）を義務付ける法規制は想定されないため、答えは「No（ノー）」となり、政策的追加性が検証されたことになる。

No. 質問 D へ

[質問 D] メタンのエネルギー利用は CDM がない場合にも高い事業性が見込めるか。その場合、技術的に導入可能であるか：

マレーシア政府は石油、石炭、水力、天然ガスに次ぐ第 5 のエネルギー源として再生可能エネルギーの推進を行っており、2001 年より再生可能エネルギーを優先的に購入する SREP を実施している。しかし、S 工場は、パームオイルプランテーションに囲まれた僻地にあり、全国系統電源の変電所が近隣に存在しない。SREP では最も近隣の全国系統電源の距離が 10km 以内であることが適用条件であり、S 工場はこれに該当しないため、SREP 制度の利用は現在の条件下では困難である。仮に SREP 事業が可能であると想定して事業性評価を行った結果、以下の結果が得られた。

- 定格 : 900kW
- 発電効率 : 30%
- 売電価格 : 0.16RM/kWh (SREP 推奨価格)
- 売電量 : 5,375MWh
- IRR : 2.0%

CDM がない場合に見込まれる IRR は 2.0% であり、事業性は確保されないため本事業は BaU とはなり得ない。これにより、本事業の経済的追加性を示すことができた。

No. 従って、ベースラインシナリオは開放型消化タンク方式となる。

以上の結果より、S 工場における BaU の POME 処理方式は、「シナリオ 2」及び「シナリオ 3」に該当する開放型消化タンク方式となる。なお、質問 A で述べたように、今後、有機酸化事業など POME を原料とする産業が実用化した際には、BaU は「シナリオ 1」となる。

2.3. プロジェクトシナリオ及びプロジェクトバウンダリーの設定

2.3.1. シナリオに基づいたプロジェクトバウンダリーの設定

本項では、各シナリオに対してプロジェクトバウンダリーの設定を行う。想定されるバイオマス産業は以下の3つのプロジェクトシナリオ(1.4.参照)である。

[検討シナリオ]

- シナリオ1: POMEの有機酸化事業
- シナリオ2: EFBのポリ乳酸化事業
- シナリオ3: EFBのエタノール化事業

排出量の算定にあたり本項ではプロジェクトバウンダリーの設定を行う。プロジェクトバウンダリーに影響を与える検討シナリオの構成要素を下記に示す。

[検討シナリオの主な構成要素]

- メタン回収:POME処理方式を開放型消化タンク方式から閉鎖型消化タンク方式へ転換することにより、嫌気処理過程で発生するメタンを回収。
- メタン熱回収:工場内で回収したメタンを燃焼させて熱を回収。回収熱は本CDM事業の近隣にバイオマス産業工場が建設されることを想定し売却。
- EFB熱回収:工場内で発生し、現在有効活用が図られていないEFBをボイラー燃料として利用して熱を回収。回収熱は本CDM事業の近隣にバイオマス産業工場が建設されることを想定し売却。

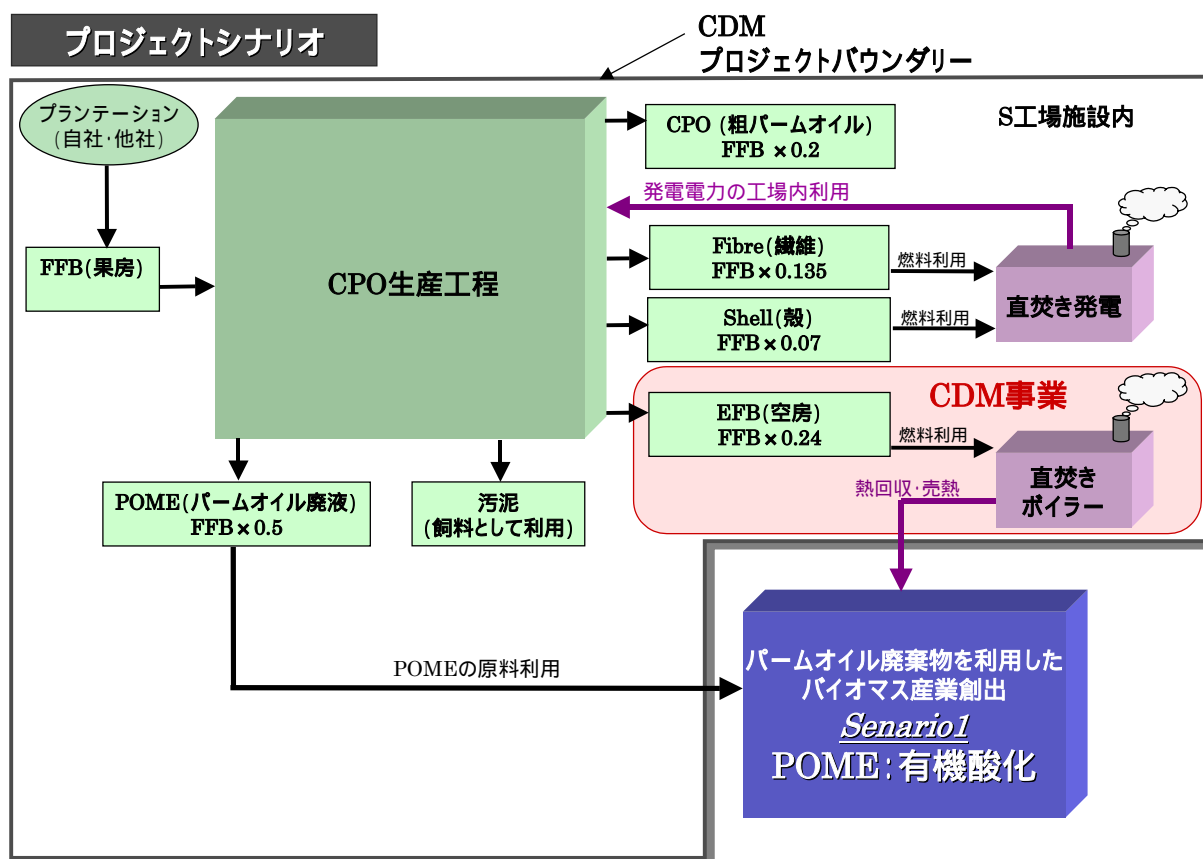
これら構成要素について、各シナリオで想定されるプロジェクトバウンダリーを、シナリオ別に整理したものを図表2-7に示す。

図表2-7 各シナリオの構成要素

	ベースラインシナリオ	プロジェクトシナリオ		算定手法
		シナリオ1	シナリオ2,3	
メタン回収	×	×		2.7.1.参照
メタン熱供給	×	×		2.7.2.参照
EFB熱供給	×		×	2.7.3.参照

(1) シナリオ1: POMEの有機酸化

プロジェクトバウンダリーはFFB搬入元である自社及び他社プランテーションとその搬入経路、EFB熱回収(蒸気製造)施設、及びPOMEがバイオマス産業へ輸送される地点までとする。製造された蒸気の利用先であるバイオマス産業工場(有機酸製造工場)は別会社を想定しているため、プロジェクトバウンダリーには含まない。CDM対象はEFBを燃料とする熱回収事業とする。



図表 2 - 8 プロジェクトバウンダリー (シナリオ 1)

設定したバウンダリー内の温室効果ガス発生源及び排出量としての算定の有無を図表 2 - 9 に示す。算定の有無は × で示し、算定に含まない場合はその理由を併記した。CDM 事業の実施による FFB 受入量増加に伴う排出量変化については、事業実施前における推計が困難であるため、事業開始後に実績値に基づき算定を行うこととする (ex-post)。また、CDM 事業の実施に伴い想定されるリーケージを図表 2 - 10 に示す。

図表 2 - 9 バウンダリー内の GHG 排出源と排出量算定の有無 (シナリオ 1)

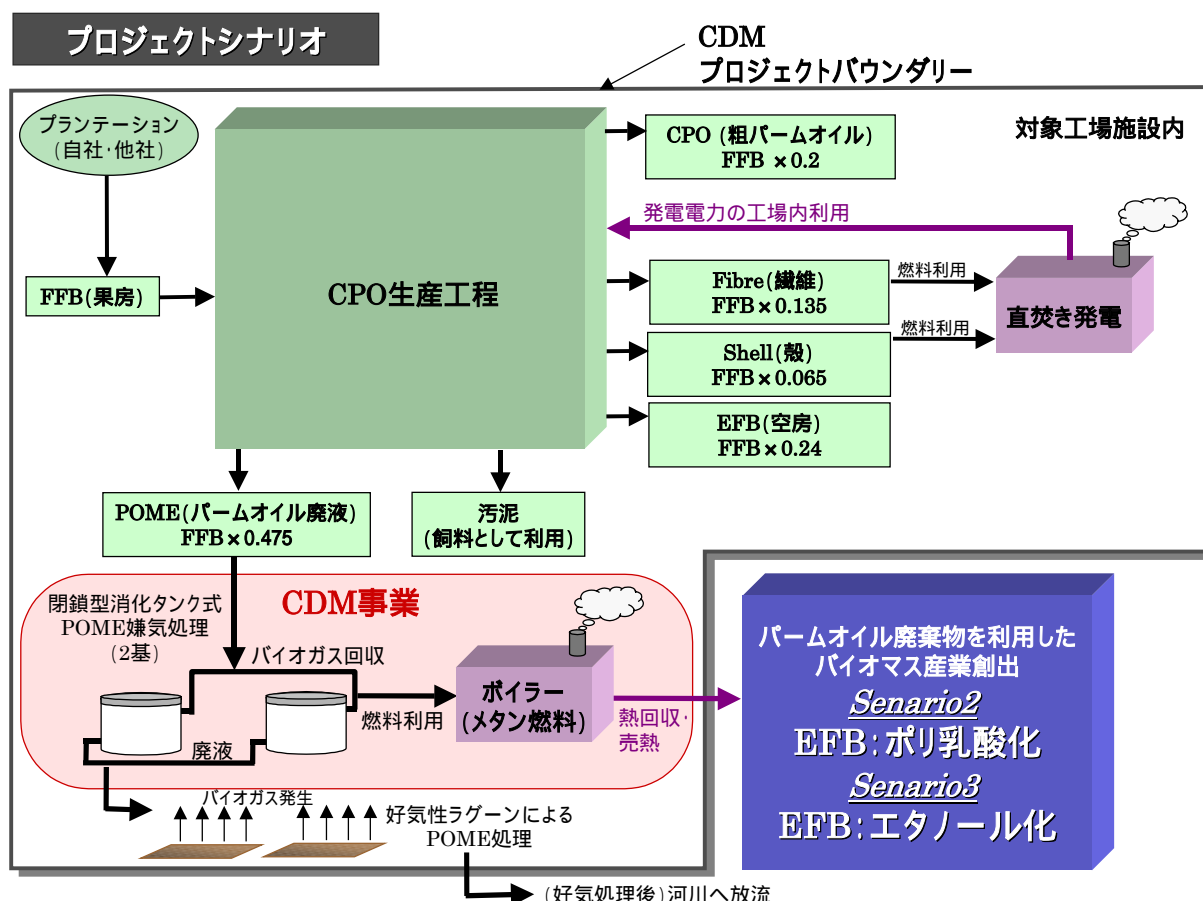
No.	排出源	GHG	ベースラインシナリオにおける算定対象		プロジェクトシナリオにおける算定対象	
			算定の有無	備考	算定の有無	備考
	プロジェクトによるFFB受入増加分の輸送に伴う排出量	CO ₂	×	対象外		ex-postで推定
		N ₂ O	×			ex-postで推定
		CH ₄	×			ex-postで推定
	POME嫌気処理に伴う排出量	CO ₂	×	対象外	×	対象外
		N ₂ O	×		×	
		CH ₄	×		×	
	POME好気処理に伴う排出量	CO ₂	×	対象外	×	対象外
		N ₂ O	×		×	
		CH ₄	×		×	
	EFB燃焼に伴う排出量	CO ₂	×	対象外	×	バイオマス起源のCO ₂ はカーボンニュートラル
		N ₂ O	×		×	微小
		CH ₄	×		×	微小
	ボイラー起動に伴う排出量	CO ₂	×	対象外		
		N ₂ O	×			
		CH ₄	×			
	熱供給事業によって代替される排出量	CO ₂			×	対象外
		N ₂ O			×	
		CH ₄			×	

図表 2 - 10 リークエッジの GHG 排出源と排出量算定の有無 (シナリオ 1)

No.	排出源	GHG	ベースラインシナリオにおける算定対象		プロジェクトシナリオにおける算定対象	
			算定の有無	理由	算定の有無	理由
	FFB受入増加に起因する他工場でのメタン排出削減量	CO ₂	×	対象外	×	対象外
		N ₂ O	×		×	
		CH ₄	×		×	
	FFB受入増加に起因するCPO搬出経路変更により生じる排出量変化	CO ₂	×	対象外		ex-postで推定
		N ₂ O	×			
		CH ₄	×			

(2) シナリオ 2, 3 : EFB のポリ乳酸化、 EFB のエタノール化

プロジェクトバウンダリーは FFB 搬入元である自社及び他社プランテーションとその搬入経路、メタン発酵施設 (POME 嫌気処理)、メタン熱回収 (蒸気製造) 施設、及び POME が好気処理を経て河川へ放流される地点までとする。製造された蒸気の利用先であるバイオマス産業工場 (シナリオ 2 : ポリ乳酸化施設、シナリオ 3 : エタノール化施設) は別会社を想定しているため、プロジェクトバウンダリーには含まない。CDM 対象は POME からのメタン回収及びメタンを燃料とした熱回収事業とする。



図表 2 - 11 プロジェクトバウンダリー (シナリオ 2, 3)

設定したバウンダリー内の温室効果ガス発生源及び排出量としての算定の有無を図表 2 - 12 に示す。算定の有無は × で示し、算定に含まない場合はその理由を併記した。CDM 事業の実施による FFB 受入量増加に伴う排出量変化については、事業実施前における推計が困難であるため、事業開始後に実績値に基づき算定を行うこととする (ex-post)。また、CDM 事業の実施に伴い想定されるリーケージを図表 2 - 13 に示す。

図表 2 - 12 バウンダリー内の GHG 排出源と排出量算定の有無（シナリオ 2, 3）

No.	排出源	GHG	ベースラインシナリオにおける算定対象		プロジェクトシナリオにおける算定対象	
			算定の有無	備考	算定の有無	備考
	プロジェクトによるFFB受入増加分の輸送に伴う排出量	CO ₂	×	対象外		ex-postで推定
		N ₂ O	×			
		CH ₄	×			
	POME嫌気処理に伴う排出量	CO ₂	×	バイオマス起源のCO ₂ はカーボンニュートラル	×	バイオマス起源のCO ₂ はカーボンニュートラル
		N ₂ O	×	微小	×	微小
		CH ₄			×	メタンは全て回収され燃料利用されるため排出量には含まない
	POME好気処理に伴う排出量	CO ₂	×	バイオマス起源のCO ₂ はカーボンニュートラル	×	バイオマス起源のCO ₂ はカーボンニュートラル
		N ₂ O	×	微小	×	微小
		CH ₄	×	簡略化のため、プロジェクトシナリオの方がベースラインシナリオよりも、嫌気処理後のCOD分解率が高いため、ベースラインシナリオにおける排出量の方が多くなることが予想されるため、保守的な手法となる	×	簡略化のため、プロジェクトシナリオの方がベースラインシナリオよりも、嫌気処理後のCOD分解率が高いため、ベースラインシナリオにおける排出量の方が多くなることが予想されるため、保守的な手法となる
	メタン燃焼に伴う排出量	CO ₂	×	対象外	×	微小
		N ₂ O	×		×	
		CH ₄	×		×	
	ボイラー起動に伴う排出量	CO ₂	×	対象外		
		N ₂ O	×			
		CH ₄	×			
	熱供給事業によって代替される排出量	CO ₂			×	対象外
		N ₂ O			×	
		CH ₄			×	

図表 2 - 13 リークエッジの GHG 排出源と排出量算定の有無（シナリオ 2, 3）

No.	排出源	GHG	ベースラインシナリオにおける算定対象		プロジェクトシナリオにおける算定対象	
			算定の有無	理由	算定の有無	理由
	FFB受入増加に起因する他工場でのメタン排出削減量	CO ₂	×	対象外		ex-postで推定
		N ₂ O	×			
		CH ₄	×			
	FFB受入増加に起因するCPO搬出経路変更により生じる排出量変化	CO ₂	×	対象外		ex-postで推定
		N ₂ O	×			
		CH ₄	×			

設定した3つのシナリオに基づき、「2.7.ベースライン排出量の算定方法」、「2.8.プロジェクト排出量の算定方法」、「2.9.リークエッジ排出量の算定方法」を検討する。

2.4. 考慮すべき不確定要素

本節では、方法論の構築にあたり想定される以下の不確定要素とそれらに対する方法論における扱い方について述べる。なお、個別の事業（S工場）に対する検討は「6章プロジェクト設計書」にて行う。

- 環境政策の動向
- FFB 受入増加量
- プランテーションからの FFB 輸送距離
- バイオガス中のメタン含有率
- 閉鎖型消化タンクへの添加剤

2.4.1. 環境政策の動向

ここでは、ホスト国における環境規制が今後も現状のまま維持されるかどうかの不透明性に対する対応策について述べる。強化される可能性のある環境規制としては、熱帯雨林の伐採制限や都市化の進展に伴う排水基準の引き上げなどが挙げられる。排水基準の引き上げられた際、引き上げ後の排水基準の達成が困難な既設工場は、POME 処理方式の変更や処理施設の増設などが必要となると考えられるため、ベースラインの見直しが必要となる。また、熱帯雨林の伐採制限などにより土地制約が高まる場合には、新規工場建設においては BaU として開放型消化タンク方式の導入が予想される。

パームオイル産業におけるメタンの回収及びエネルギー利用を義務付ける法規制が制定された場合には、本方法論で設定するプロジェクトシナリオが BaU となるため、本方法論の適用対象から除外する。

2.4.2. FFB 受入量

農産物である FFB は収穫量にばらつきが出ることが予想されるため受入量を正確に予測することは難しい。その場合は保守的な手法を採用する必要があるため、本方法論では、プロジェクト期間に相当する過去 7 年間の受入実績の平均値をベースラインシナリオにおける受入量として設定を行う。本方法論では以下の 2 つの方法で、ベースライン受入量とプロジェクト受入量の設定を行う。プロジェクト実施後の受入量がベースラインシナリオを上回る場合には、その差は、プロジェクトの実施により、受入量が増大したと想定する。一方で、プロジェクト実施後、実際の受入量がベースラインシナリオで設定した受入量を下回る場合には、プロジェクト受入量をベースライン受入量として算定を行う。

- プロジェクト開始前 7 年間の平均受入量 > プロジェクト実施後の受入量 :

ベースライン受入量 = プロジェクト実施後の受入量

プロジェクト受入量 = プロジェクト実施後の受入量

プロジェクトによる受入増大量 = 0

- プロジェクト開始前 7 年間の平均受入量 < プロジェクト実施後の受入量 :
 ベースライン受入量 = プロジェクト開始前 7 年間の平均受入量
 プロジェクト受入量 = プロジェクト実施後の受入量
 プロジェクトによる受入増大量 =
 プロジェクト実施後の受入量 - プロジェクト開始前 7 年間の平均受入量

プロジェクト実施後に FFB 搬入量が増大した場合に想定される温室効果ガス排出量の変化量としては、以下の項目が想定される。

- FFB 受入増加分の輸送に伴う排出量
 (プロジェクト排出量に該当)
- FFB 受入増加に起因する他工場でのメタン排出削減量
 (リーケージとしてプロジェクト排出量に該当)
- FFB 受入増加に起因する CPO 搬出経路変更により生じる排出量変化
 (リーケージとしてプロジェクト排出量に該当)

2.4.3. プランテーションからの FFB 輸送距離

CDM 事業では、ベースラインシナリオとプロジェクトシナリオにおいて変化がない部分に関する排出量算定は省略することができる。したがって、プロジェクトシナリオにおける FFB 受入増加量についてのみ推計を行う。FFB 受入増加分は、ベースラインシナリオでは他工場へ搬入されていたものであり、当該工場での CDM 事業化に伴い FFB 受入のインセンティブが高まった結果、多少輸送距離が増大しても当該工場に搬入されるようになったと考えられる。

しかし、FFB 増加分の輸送距離を推計するにあたり、搬入された FFB がベースラインシナリオではいずれの工場に搬入予定であったかをモニタリングすることは非常に困難である。そこで、本方法論では現実的な FFB 輸送距離を想定して、輸送に伴う排出量の推計に用いる。不確定要素が大きい場合には保守的な推計となるよう、やや遠距離を想定することが望ましいが、FFB は CPO の品質を維持するために収穫後 24 時間以内に加工が必須であることと、輸送コストをかければ採算性が低くなることから、必要以上に長距離の設定は行わない。

2.4.4. バイオガス中のメタン含有率

POME から発生するバイオガス中のメタン含有率の実測調査はほとんど行われていないため、個々の事象に対する正確なメタン含有率の設定が困難となる。そこで、ここでは POME 処理方式ごとのメタン含有率を以下の要領で設定する。

「2.4.3. プランテーションからの FFB 輸送距離」参照

「2.9.1.FFB 受入増加に起因する他工場でのメタン排出量」参照

「2.9.2.FFB 受入増加に起因する CPO 搬出経路変更により生じる排出量」参照

(1) ベースラインシナリオ

閉鎖型ラグーン (Covered lagoon) からのバイオガス発生量の実測は、回収されたバイオガスを回収し流量計などで測定することが可能であり、米国などで研究が行われているが、開放型ラグーンにおける POME 処理過程で発生するバイオガス量の実測調査は、現在までのところほとんど行われていない。開放型ラグーンにおけるバイオガスの実測では、POME 表面が大気に直接接触するという発酵条件を変えない実測方法でなければならない。本調査で提案する方法論においては、実測の条件を満たす方法で 2003 年に KIT-UPM 共同研究が実測したメタン含有率 (嫌気性ラグーン : 58% , 開放型消化タンク : 36%) を用いる。

(2) プロジェクトシナリオ

閉鎖型消化タンクより発生するバイオガスについては、マレーシアパームオイル研究所による測定値 (65%) を採用する。マレーシアパームオイル研究は、パームオイルが東南アジアにもたらされて以来一貫して世界一の生産量を誇るマレーシアにおいて、パームオイル産業を専門に扱う研究機関であり、65% という値は「 Malaysia National Greenhouse Gas Inventory 1994 」でもマレーシアの公式値として用いられている。

各 POME 処理システムに対する値は以下の理由により、パームオイル工場一般への汎用が可能と推測される。

- 嫌気性発酵の影響因子と考えられる水温、気圧は熱帯気候において、大きく変化しないと考えられる。
- 比較的長期間に及ぶ実測結果である (嫌気性ラグーン : 52 週、開放型消化タンク : 20 週) 。
- 嫌気度への影響が特に大きい水深は別途考慮する。

なお、今回の排出量の推計には上記に示した実測結果を用いることとするが、今後より確度の高い実測値が得られた場合には、その時点以降の排出量算定はより確度の高い数値に基づいて行うこととする。

図表 2 - 14 排出量の算定に用いるメタン含有率

シナリオ	処理方式	メタン含有率	出所
ベースラインシナリオ	嫌気性ラグーン 方式	58%	KIT-UPM 共同研究
	開放型消化タンク方式	36%	KIT-UPM 共同研究
プロジェクトシナリオ	閉鎖型消化タンク方式	65%	マレーシアパームオイル研究所

「2.4.2.FFB 受入量」参照

「2.5.KIT-UPM 共同研究による実測調査」参照

2.4.5. 閉鎖型消化タンクへの添加剤

プロジェクトシナリオにおいて閉鎖型消化タンクの稼動時に、発酵条件を改善させるために水酸化ナトリウムなどの薬品添加が必要と考えられる。このような添加剤が工場まで輸送される際に、温室効果ガスの排出を伴うが、添加剤の量が少量であるため、本方法論では輸送に伴う排出量を微小と見なし、温室効果ガス排出量の算定には含まない。

2.5. KIT-UPM 共同研究による実測調査

本節では、KIT-UPM 共同研究により行われた、POME からのメタン発生量の推計に必要な各要素の実測調査「2.5.1.発生バイオガス中のメタン含有率の測定」と「2.5.2.COD 濃度とメタン発生量との相関関係の推定」について概説する。

2.5.1. 発生バイオガス中のメタン含有率の測定

油ヤシの収穫量は雨量に大きく影響を受けるため、雨季・乾季のあるマレーシアではパームオイル工場の稼働率に季節変動が見られる。また、工場の立地特性の影響も考慮すると、メタン含有率として汎用性の高い数値を得るには、季節変動による影響を把握することが必要であり、通年の実測調査や他工場での実測調査が望まれる。平成 14 年度環境省請負調査「温暖化対策クリーン開発メカニズム事業調査～マレーシアパームオイル工場のメタン排出削減対策技術と固形廃棄物利用に関する調査」に引き続き、KIT-UPM 共同研究では本年度もメタン含有率の実測調査を行った。2003 年 2 月までに得られた実測結果を以下に記す。

(1) 実測手法

実測調査は本調査対象工場である FELDA 社の所有する S 工場の開放型消化タンク(週 1 回, 20 週間測定)及び SE 工場の嫌気性ラグーン(週 1 回, 52 週間測定)を対象に行われた。測定手法に関しては図表 2 - 15 に示す測定方法を検討対象とし、対象の規模、コスト、測定の容易さ、精度等の諸条件から最も適していると考えられるチェンバー方式を採用した。

図表 2 - 15 POME から発生するガス量推定方法

測定方法	内容	想定される設備	長所	短所	
間接測定 (濃度より算出)	ガス採取	調整池上のガス濃度分布をガス採取により測定 拡散式からメタン発生濃度を算出	・観測用タワー/観測用ポート ・真空瓶(採取用) ・ガスクロマトグラフ	・無風状態であれば高度の異なる 2 定点の観測で濃度計算が可能	・粘性流(風など)があってはならないこと ・ポイント採取の困難さ(観測点周囲の空気を乱さずにガス採取を行うための工夫が必要) ・境界膜の厚さによっては拡散式適用が不可能になる
	レーザー観測	レーザーを用いたフラックス観測(メタン) 拡散式からメタン発生濃度を算出	・観測用タワー ・レーザー機器	・面的な観測が可能	・巨大な設備が必要となる可能性 ・コスト大 ・観測精度の低さ
直接測定	気泡観測	湖面の画像解析(気泡数、大きさ) 気泡数と実測結果との比較	・ビデオカメラ	・コスト小	・気泡が多すぎて観測不可能
	九工大方式	湖面に設置したチェンバーによるガス採取 導入管を通じて発生ガスの流量、バイオガス組成の測定	・プラスチック製チェンバー ・湿式ガス流量計 ・高濃度ガス検知器(ガスクロマトグラフ)	・プラスチック製チェンバーが軽量であるため、設置・移動が容易 ・リアルタイムでメタンガス濃度、発生量を確認できること	・測定装置の設置に時間を要すること ・空気と発生ガスの置換に時間を要すること

測定方法は開放型消化タンクの液面にプラスチック製のフローティングチェンバーを設置し、導管を通じて捕集ガスの発生流量及びガス濃度の測定を行った。

図表 2 - 16 実測に用いた使用機器

フローティングチェンバー	設置面積 0.7m ²
ガス流量計	湿式ガス流量計 (OSK14608, 品川精機)
ガス濃度計	高濃度ガス検知器 (XP-314A, 新コスモス電機株)

(2) 実測結果

対象 2 工場のバイオガス中のメタン含有率について、以下の条件で実測を行い、得られた平均値 は、嫌気性ラグーンでは 58%、開放型消化タンク方式で 36%となった。

図表 2 - 17 実測実験の条件

	嫌気性ラグーン方式	開放型消化タンク方式
対象工場	FELDA 社 SE 工場	FELDA 社 S 工場
測定期間・頻度	週 1 回, 52 週	週 1 回, 20 回
測定方法	チェンバーによるガス採取	チェンバーによるガス採取
メタン含有率 平均値	58%	36%



図表 2 - 18 嫌気性ラグーンに浮かぶチェンバー



図表 2 - 19 開放型消化タンクに浮かぶチェンバー

メタン発酵におけるバイオガス中のメタン含有率は、一般的に 60～70%であるが、今回の実測値はそれを下回るものであった。その主な原因として、両方式において、表面が大気に曝されていることや、被膜の影響、及び開放型消化タンク方式においては、タンク下部からの定常的な廃液のポンプ流入により生じる攪拌によって、空気が混入し嫌気条件を維持できないためと考えられる。

2.5.2. COD 濃度とメタン発生量との相関関係の推定

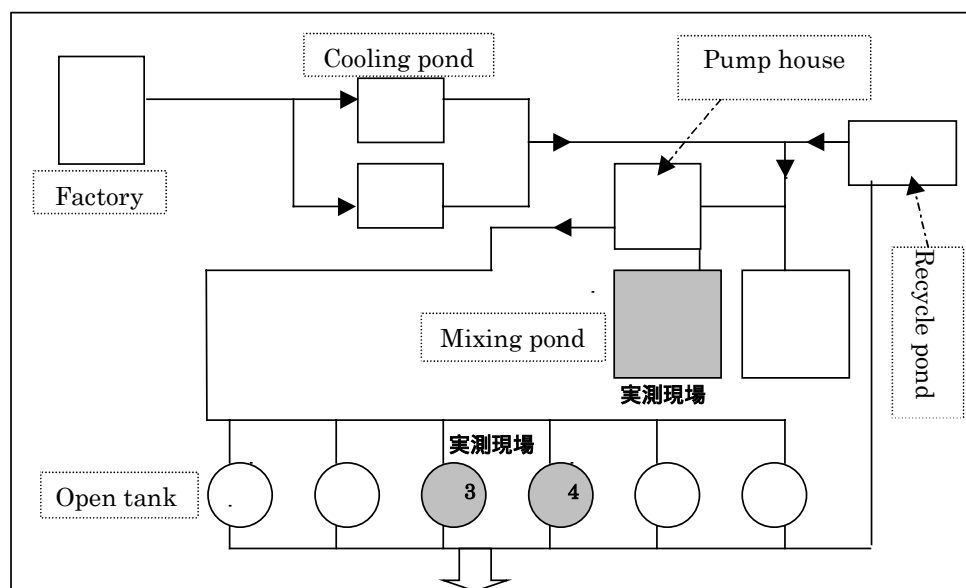
POME の嫌気処理過程で発生するバイオガスは、POME 中の有機分が分解されて発生したものである。KIT-UPM 共同研究では、開放型消化タンクを対象に嫌気処理前後の POME の COD 濃度及び嫌気処理過程で発生するメタン量の測定を行うことにより、COD 削減量とメタンガス発生量との間の相関関係の定式化を試みた。なお、COD 試験方法としては欧米で広く用いられる COD_{Cr} (ニクロム酸カリウムによる酸素要求量) を採用した。

(1) 実測手法

実測調査は 2003 年 9 月～11 月の約 1.5 ヶ月間 (12 回実測) にわたり実施された。測定に用いた機器は、フローティングチェンバー (設置面積 0.7 m^2)、湿式ガス流量計 (OSK14608, 品川精機) 及び高濃度ガス検知器 (XP-314A, 新コスモス電機株) で、調査対象は図表 2 - 21 網掛け部分の開放型消化タンク No3, No4 及び Mixing pond である。

図表 2 - 20 使用機器

チェンバー	設置面積 0.7m^2
ガス流量計	湿式ガス流量計 (OSK14608, 品川精機)
ガス濃度計	高濃度ガス検知器 (XP-314A, 新コスモス電機株)



図表 2 - 21 工場敷地内 POME 処理配置略図

図表 2 - 22 推計対象及び実測項目

推計対象	実測箇所	実測項目
嫌気処理前 COD 濃度	Mixing pond	COD 濃度
嫌気処理後 COD 濃度	タンク No3, No4	COD 濃度
メタンガス発生量	タンク No3, No4	バイオガス発生量 メタンガス含有率

これらの実測値から、以下の式により開放型消化タンク方式における POME 嫌気処理過程で発生するメタン量の推計を行い、COD 除去量とメタン発生量との相関関係を検証した。

$$\boxed{\text{メタン発生量}} = \boxed{\text{バイオガス発生量}} \times \boxed{\text{メタン含有率}} \times \boxed{\text{メタン分子量}}$$

メタン発生量 : 1 日当たり 1 タンクから発生するメタン量の推計値。
(kg/day/tank)

バイオガス発生量 : 1 日当たり 1 タンクから発生するバイオガス量の実測値。1 回につき 5 箇所 (中央及び端) の計測を行った平均値。
(kg/day/tank)

メタン含有率 : 発生したバイオガス中のメタン含有率の測定値。1 回につき 5 箇所 (%) (中央及び端) の計測を行った平均値。

メタン分子量 : CH₄分子量 16

(2) 実測結果

実測値の平均値をとると、各実測項目は以下のような結果となった。メタンガス濃度は 39.8%と、通年実測値に比べて高い値をなっているが、これは実測調査期間が約 1 ヶ月間の短期間実測であったためと考えられる。

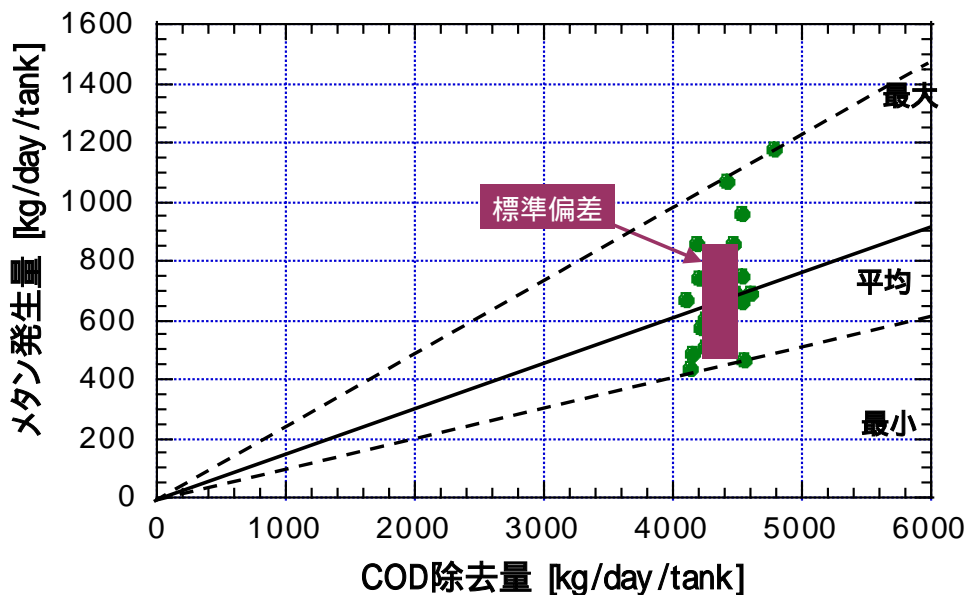
図表 2 - 23 実測結果

実測項目	実測値平均
嫌気処理前 COD 濃度	43.3 kg _{-COD} /m ³ _{-POME}
嫌気処理後 COD 濃度	8.3 kg _{-COD} /m ³ _{-POME}
COD 分解量	35.0 kg _{-COD} /m ³ _{-POME}
バイオガス発生量	22.1 m ³ _{-BIOGAS} / m ³ _{-POME}
バイオガス中のメタン含有率	39.8 %

また図表 2 - 24 は (1) に記した方法により、1 日当たり COD 削減量とメタン発生量の関係を示したものである。図表 2 - 24 内の実線直線は、実測データの近似曲線を示しているが、その傾きから単位 COD 除去量 (kg) につき 0.152kg のメタンが発生すると推定される。

それに対して点線で示す直線は、今回の実測結果のうち単位 COD 削減量に対するメタン発生量が最大・最小それぞれの場合を示している。両直線の傾きより、メタン発生量が最大の場合には、単位 COD 除去量 (kg) につき 0.238kg のメタンが発生し、最小の場合

には 0.105kg のメタンが発生していたという結果が得られた。



図表 2 - 24 1日当たり COD 削減量とメタン発生量の関係

図表 2 - 25 COD 単位除去量に対するメタン発生量

	COD 単位除去量に対する メタン発生量 (kg-CH ₄ /kg-COD)
平均	0.152
最大	0.238
最小	0.105

一般的なメタン発酵において COD 除去量とメタン発生量の間には正の相関関係が確認されている。今回実測を行った POME の嫌気処理過程においても実測値には多少のばらつきがあるものの、COD 除去量とメタン発生量には正の相関関係があると推測される。

POME 処理におけるメタン発生量に与える影響因子としては、気圧、降雨量、POME 発生量の日変化・季節変化などが想定されているものの、これらの関係性を実証した研究はいまだ行われていない。今回の実測実験はそれらの解明への第一歩であり、今後、継続的に多くの条件変化に対して実測を行っていくことにより、POME 処理特有のバイオガス発生メカニズム解明に繋がると考えられる。

2.6. POME からのメタン発生量の推計手法の構築

ここでは、パームオイル工場から発生する温室効果ガス量の算定に最も重要な POME からのメタン発生量の推計手法を検討する。

[方式 1] POME 単位体積当たりのメタン発生量から推計（マレーシア従来方式）

[方式 2] COD 分解量当たりのメタン発生量から推計（IPCC 方式）

本節では IPCC 方法を基本としつつ、マレーシア従来方式の考え方及び独自の知見を加えて POME からのメタン発生量の推計手法を提示し、本調査においてベースライン方法論を構築するための最適な手法を選択する。

2.6.1. POME 単位体積当たりのメタン発生量から推計（マレーシア従来方式）

マレーシアの「Malaysia National Greenhouse Gas Inventory 1994」では POME 処理工程におけるメタン発生量を以下の式で推計している。

$$\text{メタン発生量} = \text{CPO 生産量 (CPO)} \times \text{CPO からの POME 発生率 (R_{(CPO_POME)})} \times \text{POME からの バイオガス発生量 (R_{(POME_BIOGAS)})} \times \text{バイオガス中のメタン含有率 (R_{(BIOGAS_METHANE)})} \times \text{メタン比重 (a)}$$

マレーシア従来方式のパラメータ設定方法における問題点を以下に整理する。

- メタン発生量に大きく影響する COD 分解率を変数として考慮に入れていない。
- POME からのバイオガス発生率（ $28\text{m}^3_{\text{BIOGAS}}/\text{m}^3_{\text{POME}}$ ）は閉鎖型消化タンク方式で回収されたバイオガス発生量の実測結果であり、開放型消化タンク及び嫌気性ラグーンにおける実測値ではない（不確定要素は保守的な値で調整するのが妥当と考えられる）。
- バイオガス中のメタン含有率（65%）は、閉鎖条件で行われた測定値であり、開放型消化タンク方式及び嫌気性ラグーン方式における実測値ではない。

図表 2 - 26 マレーシア従来方式のパラメータ設定

項目	単位	設定値	所与 / 変数
CPO 生産量	t	実績ベースの変数	変数
$R_{(CPO_POME)}$	$\text{m}^3_{\text{POME}}/\text{t}_{\text{CPO}}$	2.5	所与
$R_{(POME_BIOGAS)}$	$\text{m}^3_{\text{BIOGAS}}/\text{m}^3_{\text{POME}}$	28	所与
$R_{(BIOGAS_METHANE)}$	$\text{m}^3_{\text{METHANE}}/\text{m}^3_{\text{BIOGAS}}$	0.65	所与
a	t/m^3	6.5×10^{-4}	所与

2.6.2. COD 分解量当たりのメタン発生量から推計 (IPCC 方式)

IPCC ガイドライン (Revised 1996 IPCC Guideline) では、廃液からのメタン発生量の算定式を下式のように定めている。ここでは、下式の 3 つのパラメータの設定方法を検討する。

$$\boxed{\text{メタン発生量}} = \boxed{\text{COD 分解量 (COD)}} \times \boxed{\text{COD 当たりの最大メタン生成量 (B}_0\text{)}} \times \boxed{\begin{array}{l} \text{変換率 (MCF: 0~1)} \\ \text{完全嫌気: 1} \\ \text{完全好気: 0} \end{array}}$$

IPCC ガイドラインに基づき、KIT-UPM 共同研究における実測結果を用いて、単位 COD 当たりに発生するメタン量を推計し、COD 分解量を乗じてメタン発生量を算定する。

(1) COD の算定方法

COD は嫌気処理前の POME の COD 濃度と嫌気処理後の COD 濃度の差となる。COD 濃度データがある場合には、嫌気処理前後の COD 濃度の差を COD とするが、嫌気処理後の濃度データがない場合には、COD は嫌気処理前の POME の COD 濃度に POME 処理方式に応じた COD 除去効率を乗じることにより求めることができる。

$$\boxed{\text{COD 分解量 (COD)}} = \boxed{\text{嫌気処理前 COD 濃度 (COD}_{in}\text{)}} - \boxed{\text{嫌気処理後 COD 濃度 (COD}_{out}\text{)}}$$

$$\boxed{\text{COD 分解量 (COD)}} = \boxed{\text{嫌気処理前 COD 濃度 (COD}_{in}\text{)}} \times \boxed{\text{COD 除去効率 (RemovalEfficiency)}}$$

(2) B₀ の設定

B₀ は COD 当たりに理想的な嫌気反応において発生するメタン量を指す。ここでは、Revised 1996 IPCC Guideline で設定されている B₀ のデフォルト値(0.25)を採用する。

(3) MCF の推計

MCF は、B₀ (理想的な嫌気反応において発生するメタン量) をプロジェクトに適用するための変換率である。

各処理方式ごとに滞留時間、深さなどの反応の諸条件が異なることから、異なる処理方式に同一の MCF を適用することは適切ではない。特に、閉鎖型消化タンクは大気に曝されていないため水深に関わらず完全嫌気に近い状態であることが推測されるのに対して、嫌気性ラグーン及び開放型消化タンクは表面部分は外気に曝されているため、水深によっては好氣的な反応も含まれると考えられる。IPCC では、完全嫌氣的な環境で MCF は 1 をとり、完全好氣的な環境で 0 をとる、と記載があるだけである。したがって、ここでは各処理方式に対して MCF の設定手法を検討する。

分解 COD 当たりのメタン生成量 (B) は下式にて表現することができる。

$$\begin{aligned}
 \text{COD 当たりのメタン生成量 (B)} &= \text{COD 当たりの最大メタン生成量 (B}_0\text{)} \times \begin{cases} \text{変換率 (MCF: 0~1)} \\ \text{完全嫌気: 1} \\ \text{完全好気: 0} \end{cases} \\
 &= \text{POME からのバイオガス発生量 (R}_{\text{POME_BIOGAS}}\text{)} \times \text{バイオガス中のメタン含有率 (R}_{\text{BIOGAS_METHANE}}\text{)} \times \text{メタン比重} \div \text{COD 分解量}
 \end{aligned}$$

各処理方式に応じたパラメータの設定方法を以下に示す。

[R_(POME_BIOGAS) の設定]

POME からのバイオガス発生量は、マレーシアパームオイル研究所の実験により 20 ~ 28m³ の値をとるとされている。”Malaysia National Greenhouse Gas Inventory 1994”では、マレーシアの公式値として 28m³ の値を採用しているが、実測値の幅がいかなる理由に起因するかが明確でないため、本方法論では保守性の観点から中間値である 24m³ を採用する。

$$R_{\text{POME_Biogas}} = 24 \text{ (m}^3_{\text{-Biogas}}/\text{m}^3_{\text{-POME}}\text{)}$$

[R_(BIOGAS_METHANE) の設定]

R_(BIOGAS_METHANE) は発生バイオガス中のメタン含有率を指す。メタンは嫌気反応により生じるため、メタン含有率は反応の嫌気度により決定される。Revised 1996 IPCC Guidelines では、ラグーン方式の場合、水深が 2 ~ 3m 程度になると嫌気性醗酵が始まると記されている。嫌気性ラグーンの水深は通常 4 ~ 7m であるが、ガイドラインでは MCF が 1 (完全嫌気性醗酵) となる水深は明記されていない。そこで、本方法論では KIT-UPM の実測調査により、水深 6m のラグーンの実測値に基づいた MCF 値を嫌気性ラグーン方式における MCF 値として仮定する。しかし、実際には嫌気性ラグーン方式の MCF は水深 (1~7m 程度) に応じて変化すると考えられるため、異なる水深のラグーンに適用する場合は、水深を考慮した MCF の設定方法を構築する必要がある。

一方、開放型消化タンクの場合、水深は通常 10m 程度であるため、水深 10m の開放型消化タンクを対象とした KIT-UPM 共同研究の実測値を、開放型消化タンク方式における MCF 値として設定する。

各処理方式におけるバイオガス中のメタン含有率を図表 2 - 27 に示す。

図表 2 - 27 POME 処理方式別のバイオガス中のメタン含有率

	嫌気性ラグーン方式	開放型消化タンク方式	閉鎖型消化タンク方式
メタン含有率	58%	36%	65%
水深	6m	10m	10m
出所	KIT-UPM 共同研究	KIT-UPM 共同研究	マレーシアパームオイル研究所

「2.5.1.発生バイオガス中のメタン含有率の測定」参照

[単位体積当たりのメタン重量の設定]

シャルルの法則により、気温(T)における（気圧は 1atm と仮定）気体体積は下式で求められる。ここで、主にパームオイル産業が立地している地域の平均的な気温を 27 度と設定する。

$$\begin{aligned} V &= V_0 \times (273+T) / 273 \\ &= 22.4 \times (273+T) / 273(\text{L/mol}) \quad (27 \text{ } ,1\text{atm における気体体積}) \\ &= 24.6 \end{aligned}$$

従って、単位体積当たりのメタン重量は以下ようになる。

$$\begin{aligned} a &= 1 \text{ モル当たりのメタン重量} \div 27 \text{ } \text{における} 1 \text{ モルの気体体積} \\ &= 16 \times 10^{-3}(\text{kg/mol}) \div 24.6(\text{L/mol}) \\ &= \underline{6.50 \times 10^{-4}(\text{t/m}^3)} \end{aligned}$$

[単位 POME 体積当たりの除去 COD の設定]

単位 POME 体積当たりの除去 COD は下式で求められる。

$$\begin{aligned} \Delta\text{COD}_{\text{ave}} &= \text{POME 処理前の平均 COD 濃度} \times \text{平均的 COD 除去効率} \\ &= \text{COD}_{\text{before_ave}} \div \text{RemovalEfficiency}_{\text{ave}} \end{aligned}$$

POME 処理前の平均 COD 濃度は、約 50,000 (mg/L) とされている。COD 除去率は滞留時間によって左右される。プロジェクトシナリオにおいては、十分な滞留時間を確保するような閉鎖型消化タンクの設計を行うことを想定して COD 除去効率は 90%と設定する。これは、現在稼働中の 500m³ のモデルタンクの実測値による確認が必要となる。

一方で、ベースラインシナリオにおける POME 処理においては、嫌気性ラグーン方式及び開放型消化タンク方式において十分な滞留時間が確保され、滞留が機能した場合には高い COD 除去率も達成可能であるが、KIT-UPM が実施した実測調査の結果、開放型消化タンク方式における COD 除去率は 81%という結果であった。通常パームオイル工場の廃液処理はコントロールされておらず、効率的な COD 除去は望めない。そこで、ここでは現実的な観点から、嫌気性ラグーン方式、開放型消化タンク方式のいずれの COD 除去率もやや低めの値として、それぞれ 85%、80%と想定する。

図表2 - 28 単位POME体積当たりの除去CODの設定

	嫌気性ラグーン方式	開放型消化タンク方式	閉鎖型消化タンク方式
COD _{before_ave}	0.05(t/m ³)		
RemovalEfficiency _{ave}	0.85	0.80	0.90

[B の算定]

$R_{(POME \text{ BIOGAS})}$, $R_{(BIOGAS \text{ METHANE})}$, a , COD を用いて分解 COD 当たりのメタン発生量 (B) を算定すると図表 2 - 29 に示す結果が得られる。

図表2 - 29 分解COD当たりのメタン発生量

	ベースラインシナリオ		プロジェクトシナリオ
	嫌気性ラグーン方式	開放型消化タンク方式	閉鎖型消化タンク方式
B	0.213	0.140	0.225

ベースラインシナリオ

$B_{(ラグーン)}$

$$= 24(\text{m}^3_{\text{BIOGAS}}/\text{m}^3_{\text{POME}}) \times 0.58(\text{m}^3_{\text{METHANE}}/\text{m}^3_{\text{BIOGAS}}) \times 6.50 \times 10^{-4}(\text{t}/\text{m}^3) \div (0.05(\text{t}/\text{m}^3) \times 85(\%))$$

$$= \underline{0.213}$$

$B_{(開放型タンク)}$

$$= 24(\text{m}^3_{\text{BIOGAS}}/\text{m}^3_{\text{POME}}) \times 0.36(\text{m}^3_{\text{METHANE}}/\text{m}^3_{\text{BIOGAS}}) \times 6.50 \times 10^{-4}(\text{t}/\text{m}^3) \div (0.05(\text{t}/\text{m}^3) \times 80(\%))$$

$$= \underline{0.140}$$

プロジェクトシナリオ

$B_{(閉鎖型タンク)}$

$$= 24(\text{m}^3_{\text{BIOGAS}}/\text{m}^3_{\text{POME}}) \times 0.65(\text{m}^3_{\text{METHANE}}/\text{m}^3_{\text{BIOGAS}}) \times 6.50 \times 10^{-4}(\text{t}/\text{m}^3) \div (0.05(\text{t}/\text{m}^3) \times 90(\%))$$

$$= \underline{0.225}$$

[MCF の設定]

上記、B の値及び B_0 より MCF は図表 2 - 30 に示す結果が得られた。

図表2 - 30 メタン変換率 (MCF)

	ベースラインシナリオ		プロジェクトシナリオ
	嫌気性ラグーン方式	開放型消化タンク方式	閉鎖型消化タンク方式
MCF	0.852	0.560	0.900

ベースラインシナリオ

$$\text{MCF}_{(ラグーン)} = B_{(ラグーン)} / B_0 = \underline{0.852}$$

$$\text{MCF}_{(開放型タンク)} = B_{(開放型タンク)} / B_0 = \underline{0.560}$$

プロジェクトシナリオ

$$\text{MCF}_{(閉鎖型タンク)} = B_{(閉鎖型タンク)} / B_0 = \underline{0.900}$$

KIT-UPM 実験データを用いた MCF の推計

ここでは、上記の MCF 設定の妥当性を判断するために、KIT-UPM 共同研究は 2003 年 9 月～11 月の 1.5 ヶ月間（12 回実測）、COD 濃度、バイオガス発生量及びバイオガス中のメタン濃度の実測調査を試験的に行った。ここでは、本章で策定した MCF 設定方法の妥当性を検証するため、KIT-UPM 共同研究の実測結果を用いて MCF の設定を行う。MCF の設定に必要なパラメータの実測値は図表 2 - 31 に示す。

図表 2 - 31 用いるパラメータ

パラメータ	POME 処理方式	使用データ	データ備考
POME からのバイオガス発生量	$R_{(POME \text{ BIOGAS})}$	22.1 m ³ /m ³	KIT-UPM 共同研究 実測データに基づき推定
バイオガス中のメタン含有率	$R_{(BIOGAS \text{ METHANE})}$	39.8%	KIT-UPM 共同研究による実測結果
メタン比重	a	6.5×10^{-4} t/m ³	27 度 1 気圧を想定
嫌気処理前 COD 濃度	COD _{before}	43.3 kg/m ³	KIT-UPM 共同研究による実測結果
嫌気処理後 COD 濃度	COD _{after}	8.3 kg/m ³	KIT-UPM 共同研究による実測結果

開放型消化タンク方式における COD 当たりのメタン発生量 ($B_{\text{開放型タンク}}$) は下式で求められる。

$$B_{\text{開放型タンク}} = 22.1 \text{ (m}^3\text{/d)} \times 39.8\% \times 6.5 \times 10^{-4} \text{ (t/m}^3\text{)} \div \{0.0433\text{(t/m}^3\text{)} - 0.0083\text{(t/m}^3\text{)}\} = 0.163$$

$B_{\text{開放型タンク}}$ 、 B_0 及び開放型消化タンクにおける変換率 ($MCF_{\text{開放型タンク}}$) の関係から $MCF_{\text{開放型タンク}}$ は、0.652 となる。

$$\begin{aligned} MCF_{\text{開放タンク}} &= B_{\text{開放タンク}} / B_0 \\ &= 0.163 / 0.25 \\ &= \underline{0.652} \end{aligned}$$

前項で設定した開放型消化タンクの MCF は 0.560 であり、上記実測値による算定結果と比較して、ベースライン方法論の設定に用いる数値はやや保守的な設定となっていることがわかる。理由と今後の対応を以下に示す。

方法論設定では「バイオガス中のメタン含有率」は実測値であるのに対して、「POME からのバイオガス発生量」、「嫌気処理前の COD 濃度」、「COD 分解率」は、「バイオガス中のメタン含有率」と同条件下での実測値ではなく、一般的な値を採用したものである

対応策：妥当性を向上させるため、上記 4 要素に対して同条件下で通年実測を行う

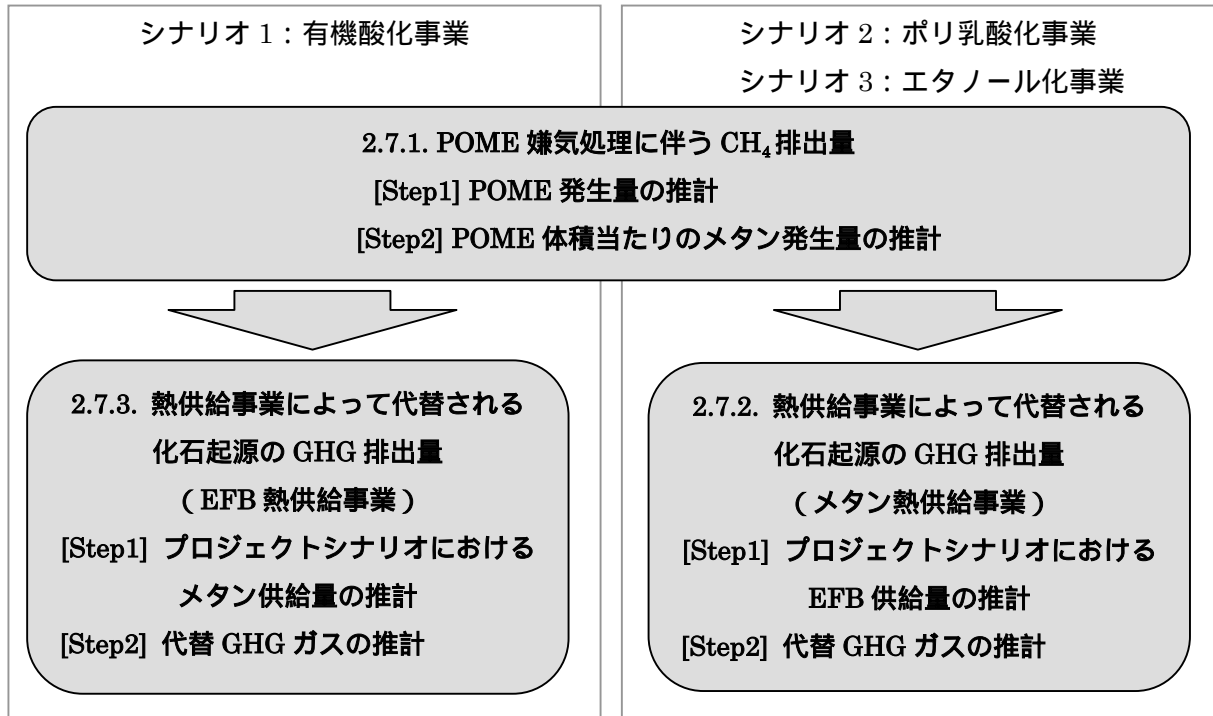
上記実測値は約 1.5 ヶ月と、実測期間が短かった（そのため方法論におけるメタン含有率と数値が異なる）

対応策：数値の代表性を向上させるため、通年実測を行う（季節変化の影響）

2.5.2. 「COD 濃度とメタン発生量との相関関係の推定」参照

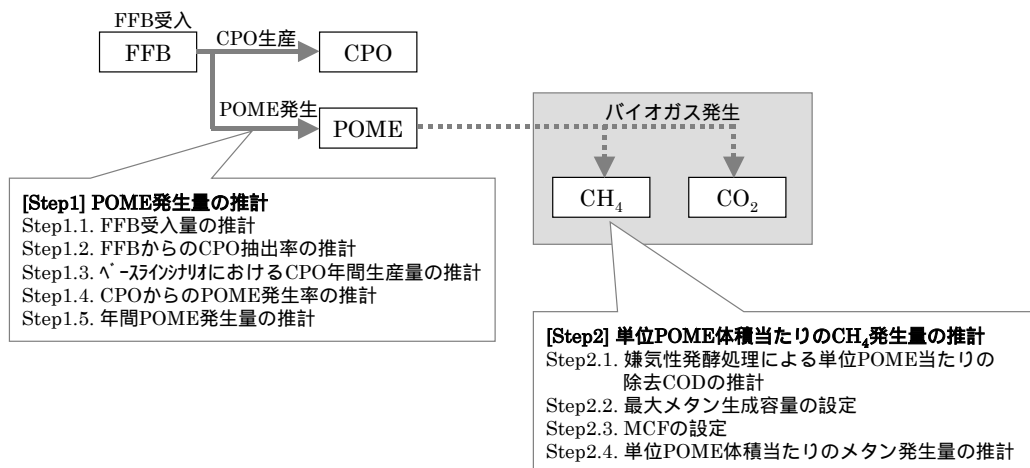
2.7. ベースライン排出量の算定方法

本節では、以下に示す手順で CDM 事業期間中に想定されるベースライン排出量の算定を行う。本事業に適合するベースライン方法論は METH パネルによって承認されていないため、本調査においては独自のベースライン方法論を構築し、本 CDM 事業におけるベースライン排出量算定に適用する。



2.7.1. POME 嫌気処理に伴う CH₄ 排出量

ここでは、POME からの温室効果ガス排出量を以下の手順で推計する。手順中にプロジェクトシナリオに対するパラメータの設定を行っている箇所があるが、それらのパラメータは 2.7.2. 及び 2.7.3. の「熱供給事業によって代替される化石起源の GHG 排出量」の推計に用いるものである。



図表 2 - 32 FFB 受け入れからメタン発生までの流れ

[Step1] : POME 発生量の推計

必要なパラメータ

・過去 7 年間の FFB 受入量平均値	: $FFB_{(Average)} (t/y)$
・一年当たり FFB ベースライン受入量	: $FFB_{i(BaU)} (t/y)$
・一年当たり FFB プロジェクト受入量	: $FFB_{i(Project)} (t/y)$
・年間 FFB 受入増加量	: $FFB_i (t/y)$
・FFB からの CPO 発生率	: $R_{(FFB \text{ CPO})} (t_{CPO}/t_{FFB})$
・CPO からの POME 発生率	: $R_{(CPO \text{ POME})} (m^3_{-POME}/t_{CPO})$

Step1.1. FFB 年間受入量 ($FFB_{i(BaU)}$) の推計

プロジェクト期間中の BaU における FFB 受入量は、プロジェクト開始年から 7 年前までの FFB 受入量の平均値 ($FFB_{i(BaU)}$) とする。過去の実績データが足りない場合、過去 7 年以内の実績のうち入手可能なデータの平均値とする。ただし、明らかな理由（災害など）により実績値が極端に小さく、そのような自体が再び生じる可能性が極めて低いというような場合には、その年の実績値を除いた残りの実績値の平均値をベースラインシナリオにおける FFB の受入量とする。

$$FFB_{Total (BaU)} = \sum_{i=1}^7 FFB_{i(BaU)} (t)$$

Case1 : $FFB_{(Average)} \geq FFB_{i(Project)}$ の場合

$$FFB_{i(BaU)} = FFB_{(Project)}$$

$$FFB_i = 0$$

Case2 : $FFB_{(Average)} < FFB_{i(Project)}$ の場合

$$FFB_{i(BaU)} = FFB_{(Average)}$$

$$FFB_i = FFB_{i(Project)} - FFB_{i(BaU)}$$

Step1.2. FFB からの CPO 抽出率 ($R_{(FFB \text{ CPO})}$) の推計

プロジェクト期間中の BaU における FFB からの CPO 抽出率は過去のトレンドに即して行われるものと想定して、過去の実績データを用いて FFB からの CPO 抽出率 ($R_{(FFB \text{ CPO})}$) を推計する。本方法論では、CPO 抽出率は過去 7 年間ににおける平均値とし、プロジェクト期間中を通して CPO は固定値を採る。当該工場で、CPO 抽出率データが得られない場合は、公式統計データを用いて算定する。

$$R_{(FFB \text{ CPO})} = \left\{ \sum_{i=1}^7 R_{i-(FFB \text{ CPO})} \right\} \div 7 (t_{CPO}/t_{FFB})$$

「2.4.2.FFB 受入量」参照

Step1.3. ベースラインシナリオにおける CPO 年間生産量 (CPO_{i(BaU)}) の推計

CPO 生産量は FFB 年間受入量推計値に CPO 抽出率を乗じることにより求めることができる。i 年における CPO 年間生産量は下式で求められる。

$$CPO_{i(BaU)} = FFB_{i(BaU)} \times R_{(FFB \text{ CPO})} (t_{CPO}/y)$$

Step1.4. CPO からの POME 発生率 (R_(CPO POME)) の推計

CPO からの POME 発生率は当該工場における実測値やホスト国公式データ等、信頼性の高い実測値を採用する。

Step1.5. 年間 POME 発生量 (POME_{i(BaU)}) の推計

POME 発生量は、CPO 生産量に単位 CPO 当たりの POME 発生率を乗じることにより求めることができる。従って、i 年における POME 年間発生量 (POME_{i(BaU)}) は下式で求められる。

$$\begin{aligned} POME_{i(BaU)} &= CPO_{i(BaU)} \times R_{(CPO \text{ POME})} \\ &= FFB_{i(BaU)} \times R_{(FFB \text{ CPO})} \times R_{(CPO \text{ POME})} \end{aligned}$$

[Step2] : 嫌気処理による単位 POME 体積当たりのメタン発生量の推計

本方法論では、Revised 1996 IPCC Guideline に即して単位 POME 当たりのメタン発生量の推計を行う。

必要なパラメータ

・ POME 処理前の COD	: COD _{before} (mg/L)
・ POME 処理後の COD	: COD _{after} (mg/L)
・ COD 分解量	: ΔCOD(kg/m ³ _{-POME})
・ POME 嫌気処理前の平均 COD 濃度	: COD _{before_ave} (mg/L)
・ COD 除去率	: RemovalEfficiency
・ COD 平均除去率	: RemovalEfficiency _{ave}
・ 最大メタン生成量	: B ₀ (kg _{-CH₄} /kg _{-COD})
・ メタン生成量	: B (kg _{-CH₄} /kg _{-COD})
・ メタン変換係数	: MCF
・ メタン比重	: a(t/m ³)
・ 気温	: T()
・ ガス体積	: V(L)
・ ガス体積 (標準状態)	: Vo(L)
・ POME からのバイオガス発生量	: R _(POME BIOGAS) (m ³ _{-Biogas} /m ³ _{-POME})
・ バイオガス中のメタン含有率	: R _(BIOGAS METHANE) (m ³ _{-Methane} /m ³ _{-Biogas})

単位 POME 当たりのメタン発生量は以下の算定式で得られる。

$$\begin{aligned} \text{単位 POME 当たりのメタン発生量} &= \text{除去 COD} \times \text{最大メタン生成容量} \times \text{嫌気度} \\ (\text{kg_CH}_4/\text{m}^3_{\text{-POME}}) &= \Delta\text{COD}(\text{kg}/\text{m}^3_{\text{-POME}}) \times B_0(\text{kg_CH}_4/\text{kg_COD}) \times \text{MCF} \end{aligned}$$

Step2.1. 嫌気性発酵処理による単位POME当たり除去CODの推計

除去CODの推計には、嫌気処理前後のPOMEのCOD濃度データがある場合と無い場合によって、以下のCase1及びCase2より適切な方法を採用する。

Case1：嫌気処理前後のPOMEのCOD濃度データがある場合

嫌気性発酵処理による除去CODは、嫌気処理前のPOMEのCOD濃度と嫌気処理後のCOD濃度との差となる。

$$\begin{aligned} \Delta\text{COD}(\text{kg}/\text{m}^3_{\text{-POME}}) &= \text{嫌気処理前 COD 濃度} - \text{嫌気処理後 COD 濃度} \\ &= \text{COD}_{\text{before}} (\text{mg}/\text{L}) - \text{COD}_{\text{after}} (\text{mg}/\text{L}) \end{aligned}$$

Case2：嫌気処理後のPOMEのCOD濃度データがない場合

嫌気処理前のPOMEのCOD濃度に、COD除去効率を乗じることにより求める。COD除去効率は、該当するPOME処理方式に対する確度の高いデータを用いる。

$$\begin{aligned} \Delta\text{COD}(\text{kg}/\text{m}^3_{\text{-POME}}) &= \text{嫌気処理前 COD 濃度} \times \text{COD 除去効率} \\ &= \text{COD}_{\text{before}} (\text{mg}/\text{L}) \times \text{RemovalEfficiency} (\%) \end{aligned}$$

Step2.2. 最大メタン生成容量 (B₀) の設定

B₀は分解されたCOD当たりに理想的な嫌気反応において発生するメタン量を指す。ここでは、Revised 1996 IPCC Guidelineで設定されているB₀のデフォルト値 (0.25) を採用する。

Step2.3. MCFの設定

「2.6.2.COD分解量当たりのメタン発生量から推計」より、各処理方式に対するMCFは以下のように設定する。

ベースラインシナリオ

$$\begin{aligned} \text{MCF}_{(\text{ラゲーン})} &= B_{(\text{ラゲーン})} / B_0 = \underline{0.852} \\ \text{MCF}_{(\text{開放型タンク})} &= B_{(\text{開放型タンク})} / B_0 = \underline{0.560} \end{aligned}$$

プロジェクトシナリオ

$$\text{MCF}_{(\text{閉鎖型タンク})} = B_{(\text{閉鎖型タンク})} / B_0 = \underline{0.900}$$

Step2.4. 単位POME体積当たりのメタン発生量の推計式

Step2.1. ~ 2.3.を用いて、単位POME体積当たりのメタン発生量の推計は下式で求められる。

単位POME当たりのメタン発生量(t_{CH_4})

$$CH_{4(BaU)/POME} = \Delta COD(kg/m^3_{POME}) \times B_0(kg_{CH_4}/kg_{COD}) \times MCF$$

単位POME当たりの温室効果ガスCO₂換算(t_{CO_2})

$$GHG_{(BaU)/POME} = \Delta COD(kg/m^3_{POME}) \times B_0(kg_{CH_4}/kg_{COD}) \times MCF \times GWP_{(CH_4)}$$

[Step3] : POME からの GHG 排出量の推計

Step1 ~ 2 より、i 年における POME からのベースラインメタン排出量は下式で求められる。

$$\begin{aligned} CH_{4i(BaU)-POME} \\ = POME_{i(BaU)} \times CH_{4(BaU)/POME} \end{aligned}$$

従って、POME からの GHG 排出量は以下ようになる。

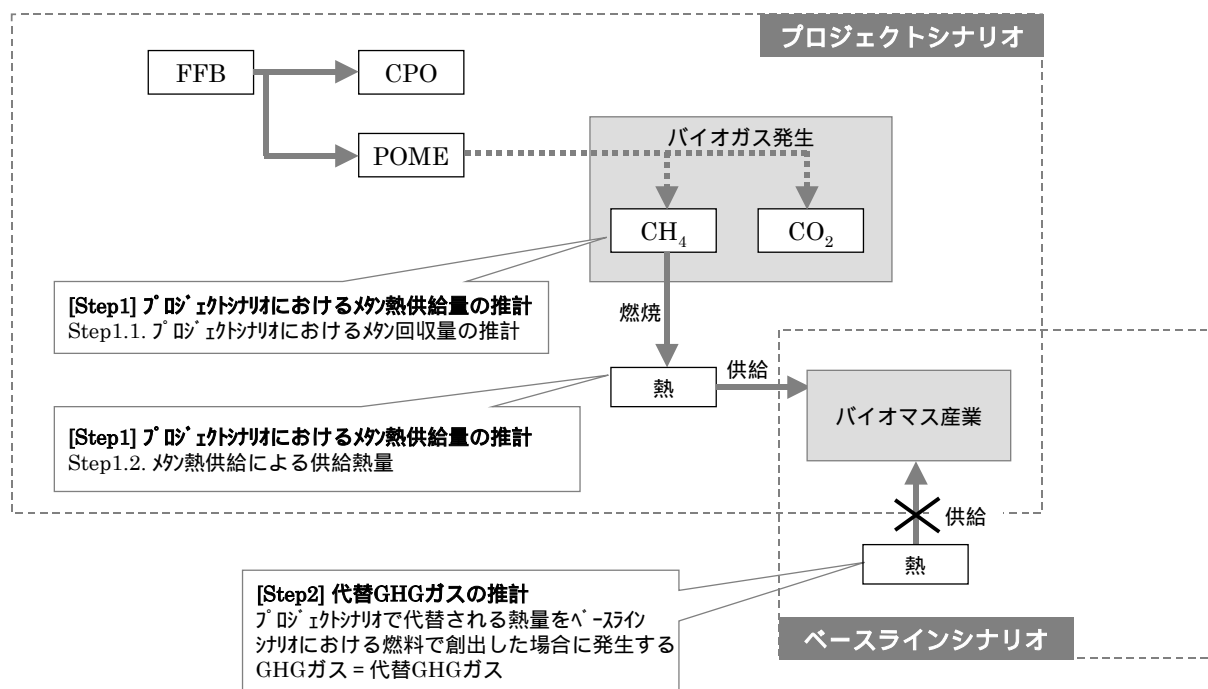
$$\begin{aligned} GHG_{(BaU)-POME} \\ = \sum_{i=1}^7 CH_{4i(BaU)-POME} \times GWP_{(CH_4)} \end{aligned}$$

2.7.2. 熱供給事業によって代替される化石起源の GHG 排出量 (メタン熱供給事業)

メタン熱供給事業によって、以下の2つの代替が行われ、化石起源の温室効果ガス排出量が代替される。

- ベースラインシナリオにおける外部からの購入熱量を熱供給事業により代替。
- プロジェクトシナリオにおける外部への熱供給により化石燃料起源のエネルギーを代替。

代替される温室効果ガス排出量を以下の手順で推計する。



図表 2 - 33 FFB 受け入れからメタンの熱利用までの流れ

[Step1] : 事業実施前の推計 (プロジェクトシナリオにおけるメタン熱供給量)

事業実施後には、蒸気発生量はモニタリングされ、事業により代替される熱量もモニタリングデータに基づき推計される。しかし、ここでは獲得されるCERを事業実施前に把握するために、以下に示す手順で代替される熱量の推計を行う。

必要なパラメータ

・ COD 除去量	: $\Delta\text{COD}(\text{kg}/\text{m}^3_{\text{-POME}})$
・ メタン最大生成量	: $B_0(\text{kg_CH}_4/\text{kg_COD})$
・ CH ₄ 変換率	: $\text{MCF}_{(\text{Project})}$
・ プロジェクトシナリオにおけるメタン年間回収量	: $\text{CH}_{4(\text{Project})\text{-POME}}(\text{t}/\text{y})$
・ メタンの燃焼カロリー	: $\text{HV}_{\text{-Methane}}(\text{MJ}/\text{kg})$
・ 換算係数 (ジュール ワット時)	: $\text{CF}(\text{kWh}/\text{MJ})$
・ 熱供給効率	: $\text{Efficiency}(\%)$

Step1.1 プロジェクトシナリオにおけるメタン回収量の推計

プロジェクトシナリオにおけるメタン発生量は、「2.8.1.メタン燃焼に伴う排出量」と同様の手法で推計する。

$$\begin{aligned} & \text{CH}_{4i(\text{Project})\text{-POME}}(\text{t_CH}_4) \\ &= \text{POME}_{i(\text{Project})} \times \Delta\text{COD}(\text{kg}/\text{m}^3_{\text{-POME}}) \times B_0(\text{kg_CH}_4/\text{kg_COD}) \times \text{MCF}_{(\text{Project})} \end{aligned}$$

Step1.2 メタン熱供給による供給熱量(Heat_{replaced})

メタン熱供給による供給熱量は、メタンの熱量 (HV_{Methane})、単位換算係数 (CF)、熱供給効率 (Efficiency) を用いて下式で求められる。

$$\text{Heat}_{\text{replaced}}(\text{MWh}) = \sum_{i=1}^7 \text{CH}_{4\text{ i(Project)-POME}}(\text{t}) \times \text{HV}_{\text{Methane}}(\text{MJ/kg}) \times \text{CF}(\text{kWh/MJ}) \times \text{Efficiency}(\%)$$

[Step2] : 代替 GHG ガスの推計

プロジェクト実施後には、製造 (及び売却) された蒸気量から代替エネルギー量の推計を行う。

必要なパラメータ

・代替されるエネルギー源の CO ₂ 排出係数	: EF _(replaced CO2) (kg/kWh)
・代替されるエネルギー源の CH ₄ 排出係数	: EF _(replaced CH4) (kg/kWh)
・代替されるエネルギー源の N ₂ O 排出係数	: EF _(replaced N2O) (kg/kWh)
・CH ₄ の温室効果係数	: GWP _(CH4)
・N ₂ O の温室効果係数	: GWP _(N2O)
・熱供給量	: Heat _{i-replaced} (MWh/y)
・輸送によるエネルギーの損失 (プロジェクトシナリオにおける創出エネルギー輸送)	: LossRatio _{project} (%)
・輸送によるエネルギーの損失 (ベースラインシナリオにおけるエネルギー輸送)	: LossRatio _{replaced} (%)

代替されるエネルギー源の排出係数の設定は、その燃料構成によって該当する燃料固有の排出係数を採用する。なお、輸送によるエネルギー損失 (LossRatio_{project}, LossRatio_{replaced}) は、エネルギー創出地から需要地までの輸送により失われるエネルギー量を指す。

$$\text{CO}_{2\text{-replaced}}(\text{t_CO}_2) = \frac{\text{Heat}_{\text{i-replaced}}(\text{MWh/y})}{\text{Efficiency}} \times (1 - \text{LossRatio}_{\text{project}}) \div (1 - \text{LossRatio}_{\text{replaced}}) \times \text{EF}_{(\text{replaced CO}_2)}(\text{kg/kWh})$$

$$\text{CH}_{4\text{-replaced}}(\text{t_CO}_2) = \frac{\text{Heat}_{\text{i-replaced}}(\text{MWh/y})}{\text{Efficiency}} \times (1 - \text{LossRatio}_{\text{project}}) \div (1 - \text{LossRatio}_{\text{replaced}}) \times \text{EF}_{(\text{replaced CH}_4)}(\text{kg/kWh}) \times \text{GWP}_{(\text{CH}_4)}$$

$$\text{N}_2\text{O}_{\text{-replaced}}(\text{t_CO}_2) = \frac{\text{Heat}_{\text{i-replaced}}(\text{MWh/y})}{\text{Efficiency}} \times (1 - \text{LossRatio}_{\text{project}}) \div (1 - \text{LossRatio}_{\text{replaced}}) \times \text{EF}_{(\text{replaced N}_2\text{O})}(\text{kg/kWh}) \times \text{GWP}_{(\text{N}_2\text{O})}$$

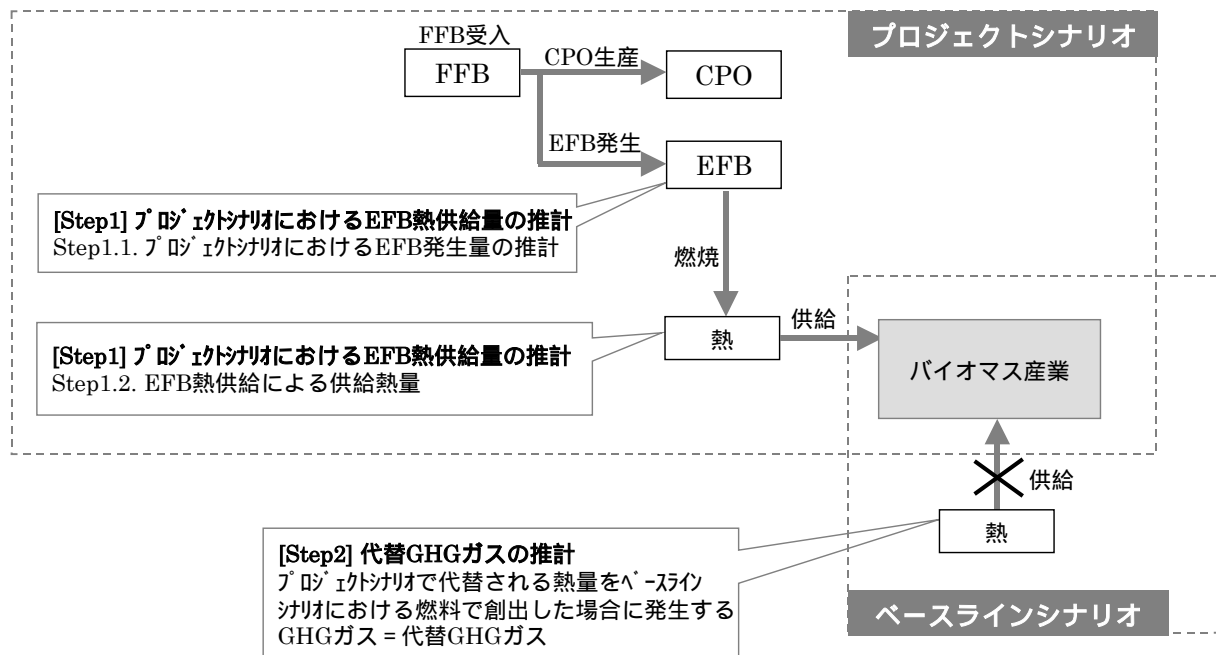
$$\text{GHG}_{\text{-replaced}}(\text{t_CO}_2) = \text{CO}_{2\text{-replaced}} + \text{CH}_{4\text{-replaced}} + \text{N}_2\text{O}_{\text{-replaced}}$$

2.7.3. 熱供給事業によって代替される化石起源の GHG 排出量 (EFB 熱供給事業)

EFB熱供給事業によって、以下の2つの代替が行われ、化石起源の温室効果ガス排出量が代替される。

- ベースラインシナリオにおける外部からの購入熱量を熱供給事業により代替。
- プロジェクトシナリオにおける外部への熱供給により化石燃料起源のエネルギーを代替。

代替されるGHG排出量の推計に必要なパラメータを下記に示す。



図表 2 - 34 FFB 受け入れからメタンの熱利用までの流れ

[Step1] : 事業実施前の推計 (プロジェクトシナリオにおける EFB 熱供給量の推計)

事業実施後には、蒸気発生量はモニタリングされ、事業により代替される熱量もモニタリングデータに基づき推計される。しかし、ここでは獲得されるCERを事業実施前に把握するために、以下に示す手順で代替される熱量の推計を行う。

必要なパラメータ

• 一年当たりの FFB プロジェクト受入量	: $FFB_{i(Project)}(t/y)$
• EFB 発生率	: $R_{FFB_EFB}(\%)$
• 一年当たりの EFB プロジェクト発生量	: $EFB_{i(Project)}(t/y)$
• EFB 低位発熱量	: $HV_{_EFB}(MJ/kg)$
• 換算係数 (ジュール ワット時)	: $CF(kWh/MJ)$
• 熱供給効率	: $Efficiency(\%)$

Step1.1 プロジェクトシナリオにおける EFB 発生量の推計

FFB受入量とFFB単位重量当たりのEFBの発生量より、プロジェクトシナリオにおける EFB発生量は下式で求めることができる。

$$EFB_i = FFB_{i(\text{Project})}(\text{t/y}) \times R_{\text{FFB EFB}}(\%)$$

Step1.2 EFB 熱供給による供給熱量(Heat_replaced)

EFB熱供給による供給熱量は、EFBの低位発熱量 (HV_{Methane})、単位換算係数 (CF)、熱供給効率 (Efficiency) を用いて下式で求められる。

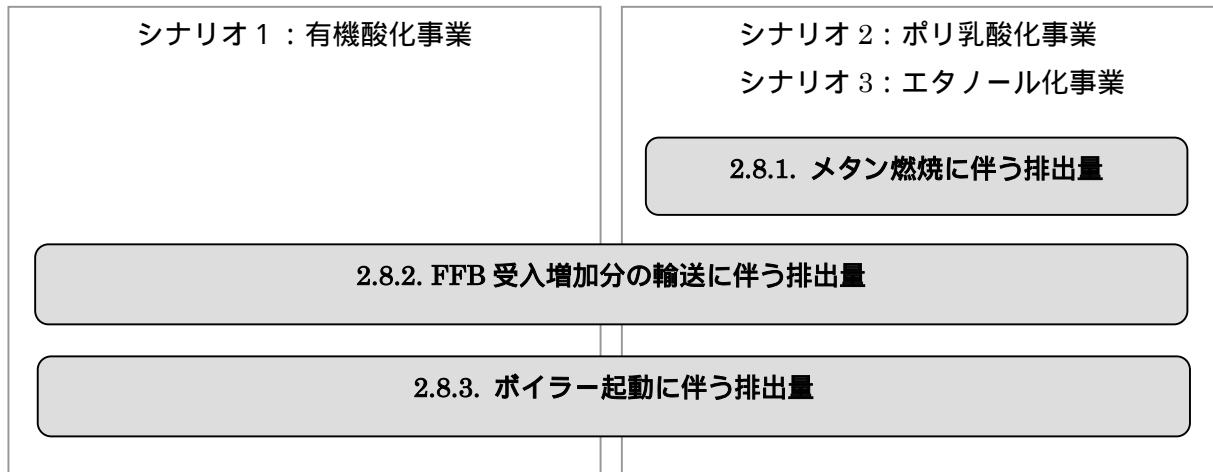
$$\text{Heat}_{\text{replaced}}(\text{MWh}) = \sum_{i=1}^7 \text{EFB}_{i(\text{Project})}(\text{t}) \times \text{HV}_{\text{Methane}}(\text{MJ/kg}) \times \text{CF}(\text{kWh/MJ}) \times \text{Efficiency}(\%)$$

[Step2] : 代替 GHG ガスの推計

プロジェクト実施後には、製造（及び売却）された蒸気量から代替エネルギー量の推計を行う。必要なパラメータ及び算定式は「2.7.2.熱供給事業によって代替される化石起源のGHG 排出量（メタン熱供給事業）[Step2]」と同じである。

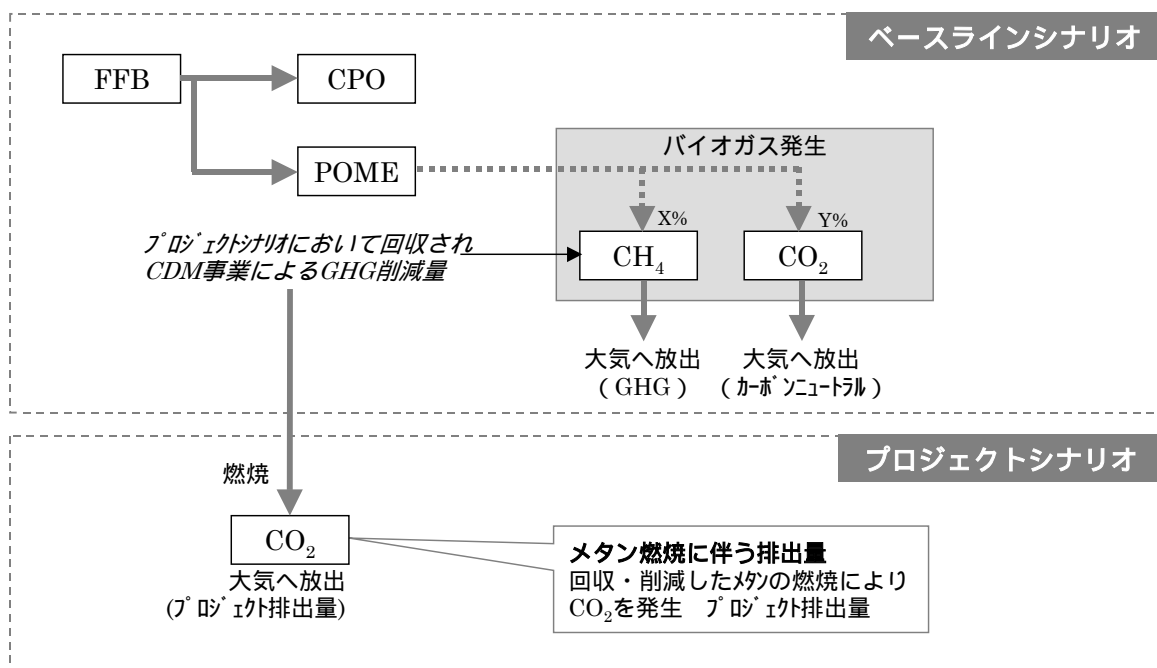
2.8. プロジェクト排出量の算定方法

本節では、以下に示す手順で CDM 事業期間中に想定されるプロジェクト排出量の算定を行う。本事業に適合するベースライン方法論は METH パネルによって承認されていないため、本調査においては独自のベースライン方法論を構築し、本 CDM 事業におけるプロジェクト排出量算定に適用する。



2.8.1. メタン燃焼に伴う排出量

本事業では、ベースラインシナリオにおいて大気へ放出されていたメタンを回収し、温室効果ガス削減を行うものである。しかし、回収したメタンをエネルギー利用する際に、燃焼し CO_2 として大気へ放出するため、メタン燃焼に伴う CO_2 排出量をプロジェクト排出量として考慮する。



図表 2 - 35 FFB 受け入れからメタン燃焼後 CO_2 排出までの流れ

必要なパラメータ

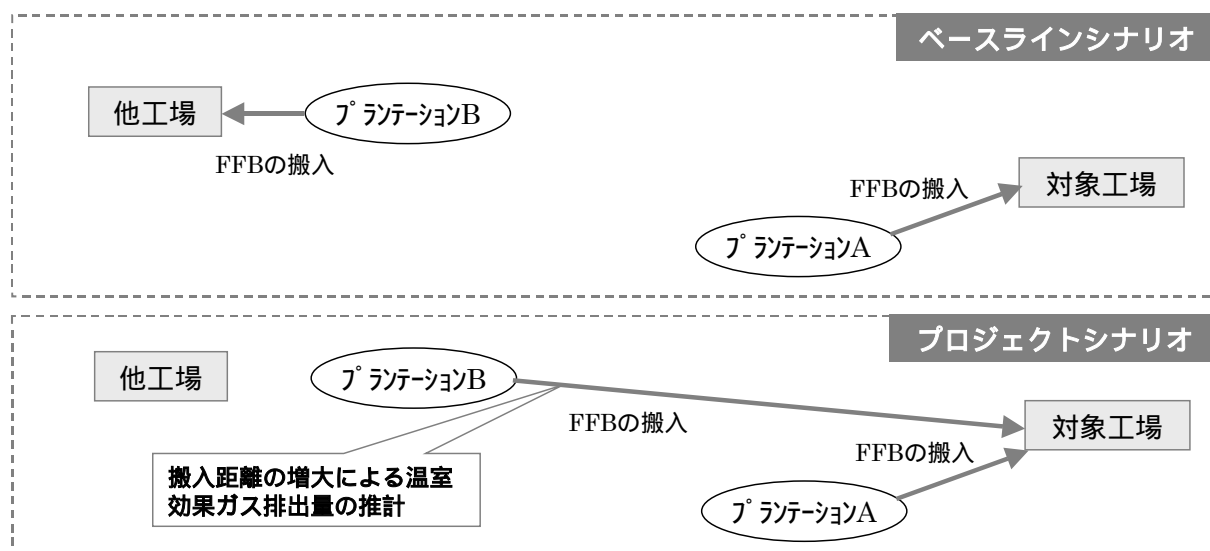
・ ベースラインシナリオにおけるメタン発生量	: $CH_{4(BaU_POME)} (t/y)$
・ 排出係数 (メタン燃焼)	: $EF_{(CH_4\ CO_2)}(t_CO_2/t_CH_4)$

ベースラインシナリオにおけるメタン発生量、すなわち、メタン回収による温室効果ガス削減分のメタンの燃焼に伴うCO₂排出量をプロジェクト排出量として算定する。

$$CO_{2_combustion}(t_CO_2) = CH_{4(BaU_POME)}(t) \times EF_{(CH_4\ CO_2)}(t_CO_2/t_CH_4)$$

2.8.2. プロジェクトによる FFB 受入増加分の輸送に伴う排出量

CDM 事業により FFB 受入量が増大した場合、FFB の輸送距離の増大が予想される。輸送距離が増大することにより、輸送に伴う化石燃料消費が増大し、温室効果ガスが増加する。そこで、FFB 受入増加分の輸送に伴う温室効果ガス排出量をプロジェクト排出量として算定に含める。



図表 2 - 36 プロジェクトによる FFB 受入量増大に伴う輸送距離の増大

必要なパラメータ

・ 輸送距離(片道)	: TransportDistance (km)
・ 燃料消費量	: FuelConsumption (km/L)
・ FFB 受入増加量	: $\Delta FFB(t)$
・ 積載重量	: Load (t/vehicle)
・ 燃料排出係数 (CO ₂)	: $EF_{(transport\ CO_2)} (kg/km)$
・ 燃料排出係数 (CH ₄)	: $EF_{(transport\ CH_4)} (kg/km)$
・ 燃料排出係数 (N ₂ O)	: $EF_{(transport\ N_2O)} (kg/km)$
・ 地球温暖化係数 (CH ₄)	: $GWP_{(CH_4)}$
・ 地球温暖化係数 (N ₂ O)	: $GWP_{(N_2O)}$

プロジェクトによる FFB 受入量増加分の輸送に伴う排出量は、プロジェクトにより FFB

受入量が増大したと考えられる場合にのみ算定する。FFB 受入増加量の輸送に伴う温室効果ガス排出量($GHG_{Transport}$) は下式で求められる。

$$CO_{2-Transport}(t_CO_2) = \Delta FFB \div Load \times TransportDistance \times 2 \times FuelConsumption \times EF_{(Transport\ CO_2)}$$

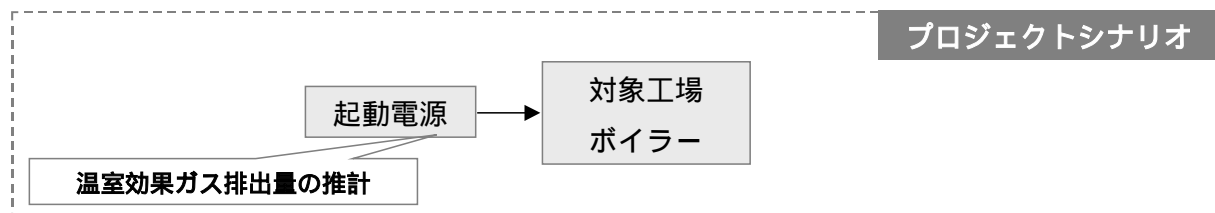
$$CH_{4-Transport}(t_CO_2) = \Delta FFB \div Load \times TransportDistance \times 2 \times FuelConsumption \times EF_{(Transport\ CH_4)} \times GWP_{(CH_4)}$$

$$N_2O_{Transport}(t_CO_2) = \Delta FFB \div Load \times TransportDistance \times 2 \times FuelConsumption \times EF_{(Transport\ N_2O)} \times GWP_{(N_2O)}$$

$$GHG_{Transport}(t_CO_2) = CO_{2-Transport} + CH_{4-Transport} + N_2O_{Transport}$$

2.8.3. ボイラー起動に伴う排出量

ボイラーの起動には電力が必要となる。そこで、ボイラー起動に伴う温室効果ガスをプロジェクト排出量として考慮する。ただし、排出量が微小であると考えられる場合には、簡略化のため温室効果ガスの算定には含めない。



図表 2 - 37 ボイラー起動による温室効果ガス排出

必要なパラメータ

・ 電源起動一回ごとの電力消費量	: ElectricityConsumption(kWh)
・ 電源起動回数	: N
・ 電源起動に伴う排出係数 (CO ₂)	: EF _(startup CO2) (kg/kWh)
・ 電源起動に伴う排出係数 (CH ₄)	: EF _(startup CH4) (kg/kWh)
・ 電源起動に伴う排出係数 (N ₂ O)	: EF _(startup N2O) (kg/kWh)
・ 地球温暖化係数 (CH ₄)	: GWP _(CH4)
・ 地球温暖化係数 (N ₂ O)	: GWP _(N2O)

メタン熱供給施設電源起動に伴う排出量は下式によって推計される。

$$CO_{2-Startup}(t_CO_2) = ElectricityConsumption \times N \times EF_{(Startup\ CO_2)}$$

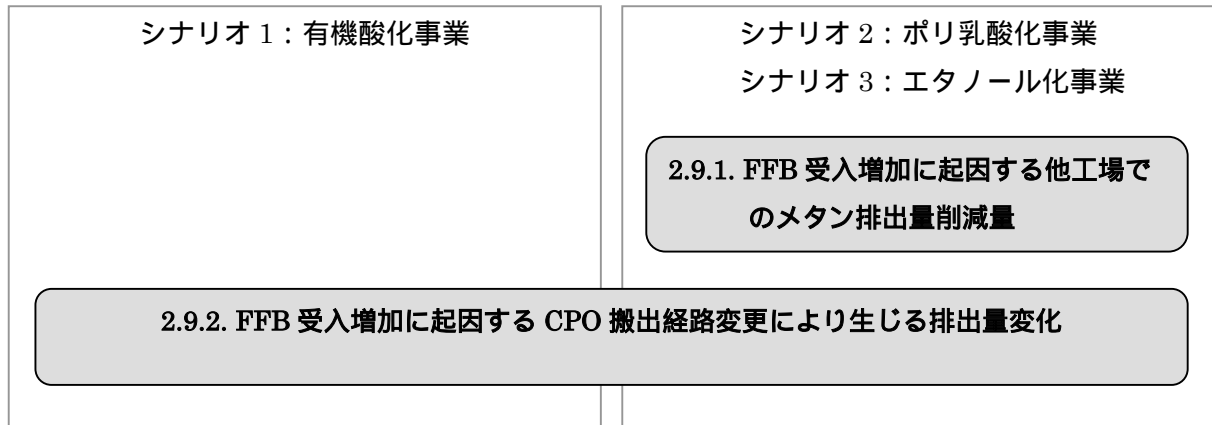
$$CH_{4-Startup}(t_CO_2) = ElectricityConsumption \times N \times EF_{(Startup\ CH_4)} \times GWP_{(CH_4)}$$

$$N_2O_{-Startup}(t_CO_2) = ElectricityConsumption \times N \times EF_{(Startup\ N2O)} \times GWP_{(N2O)}$$

$$GHG_{-Startup}(t_CO_2) = CO_{2-Startup} + CH_{4-Startup} + N_2O_{-Startup}$$

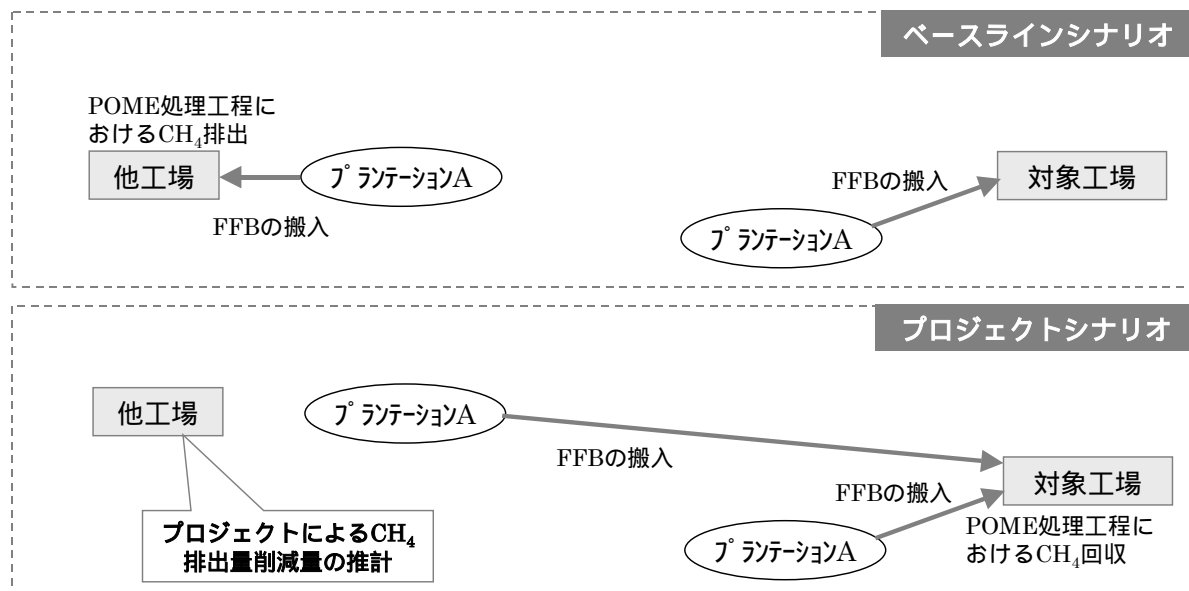
2.9. リークージ排出量の算定方法

本節では、以下に示す手順で CDM 事業期間中に想定されるリークージ排出量の算定を行う。



2.9.1. FFB 受入増加に起因する他工場でのメタン排出削減量 (Leakage_{CH₄})

CDM 対象工場への FFB 受入増加分は、プロジェクトが実施されなかった場合には、他工場へ搬入され、CPO 生産に伴い、POME 処理工程においてメタンを発生させていたと考えられるため、このメタン排出削減量をリークージとして考慮する。



図表 2 - 38 FFB 受入増加に起因する他工場でのメタン排出削減量

必要なパラメータ

・年間 FFB 受入増加量	: FFB _i (t/y)
・年間 POME 発生量	: POME _{i(BaU)} (m ³ /y)
・FFB からの CPO 発生率	: R _{-(FFB CPO)} (t _{-CPO} /t _{-FFB})
・CPO からの POME 発生率	: R _{-(CPO POME)} (m ³ _{-POME} /t _{-CPO})
・最大メタン生成容量	: B ₀ (kg _{-CH₄} /kg _{-COD})
・メタンの地球温暖化係数	: GWP _(CH₄)
・COD 分解量	: ΔCOD(kg/m ³ _{-POME})
・メタン変換係数	: MCF

メタン発生量を算定するためには、ベースラインシナリオにおける FFB 搬出先を特定して、POME 処理方式に応じたメタン発生量の推計を行うことが最も適当であるが、それが困難な場合も想定されるため、ここでは 3 通りのリーケージ排出量算定方法を設定する。

Case1: 対象工場近隣に閉鎖型及び開放型消化タンク方式を導入している工場が存在しない場合

対象工場の近隣に、閉鎖型及び開放型消化タンク方式のいずれを導入している工場も立地していない場合には、嫌気性ラグーン方式を想定して Leakage_{-CH₄} を算定する。

Case2: 対象工場近隣に閉鎖型消化タンク方式を導入している工場は存在しないが、開放型消化タンク方式を導入している工場が立地している場合

保守性の観点からリーケージの算出に用いる POME 処理方式としては、最も排出量の小さい処理方式を想定するのが望ましいと考えられる。嫌気性ラグーン方式で発生するバイオガス中のメタン含有率は 58%、開放型消化タンク方式では 36%であるため、対象工場近隣に開放型消化タンク方式の工場が立地している場合には、開放型消化タンク方式をベースラインにおける処理方式と想定して、Leakage_{-CH₄} を算定する。

Case3: 対象工場近隣に閉鎖型消化タンク方式を導入している工場が立地している場合

閉鎖型消化タンク方式では、POME 処理工程で発生するメタンは全て回収されるため、温室効果ガスは発生しない。保守性の観点から Case3 の場合には、Leakage_{-CH₄} は 0 (ゼロ) と想定する。

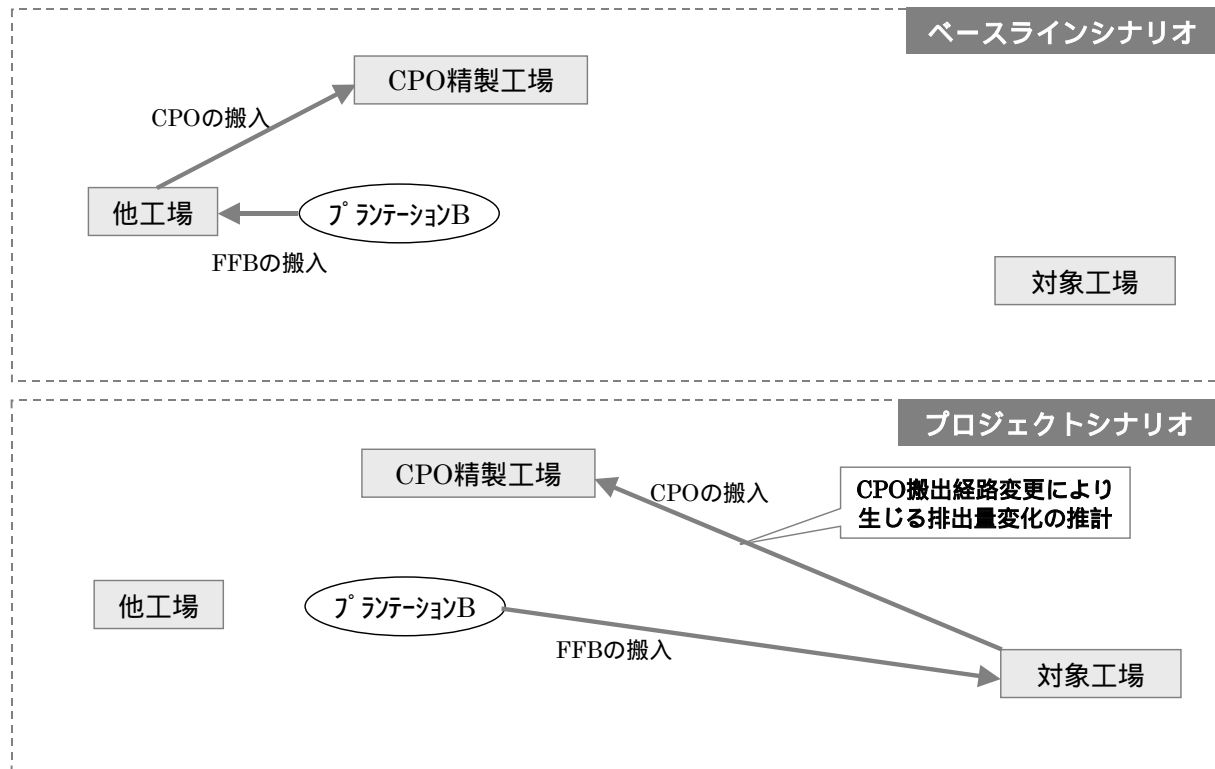
リーケージ排出量の算定は以下の算定式に基づき、事後に算定 (ex-post) する。

$$\text{Leakage}_{\text{-CH}_4} = \text{FFB} \times R_{\text{-(FFB CPO)}} \times R_{\text{(CPO POME)}} \times \text{COD} \times B_0 \times \text{MCF} \times \text{CWP}_{\text{(CH}_4\text{)}}$$

$$\left(\text{t}_{\text{-CO}_2} / \text{y} \right) \quad \left(\text{t} / \text{y} \right) \quad \left(\text{t}_{\text{-CPO}} / \text{t}_{\text{-FFB}} \right) \quad \left(\text{m}^3_{\text{-POME}} / \text{t}_{\text{-CPO}} \right) \quad \left(\text{kg} / \text{m}^3_{\text{-POME}} \right) \quad \left(\text{kg}_{\text{-CH}_4} / \text{kg}_{\text{-COD}} \right)$$

2.9.2. FFB 受入増加に起因する CPO 搬出経路変更により生じる排出量変化(Leakage_{CPO})

FFB 受入量の増加に伴い CPO の生産量の増加が見込まれる。これにより、ベースラインシナリオとプロジェクトシナリオで CPO 製造工場から CPO 搬出先までの輸送距離に差が生じ、温室効果ガス排出量に変化する可能性があるため、この変化分をプロジェクト排出量として考慮する。



図表 2 - 39 CPO 搬出経路変更により生じる排出量変化分の推計

必要なパラメータ

・ FFB 受入増加量	: $\Delta\text{FFB}(t)$
・ FFB からの CPO 発生率	: $R_{(\text{FFB CPO})}(t_{\text{CPO}}/t_{\text{FFB}})$
・ 輸送距離 (片道)	: TransportDistance (km)
・ 燃料消費量	: FuelConsumption (km/L)
・ 積載重量	: Load (t/vehicle)
・ 燃料排出係数 (CO ₂)	: $\text{EF}_{(\text{CPO CO}_2)}$ (kg/km)
・ 燃料排出係数 (CH ₄)	: $\text{EF}_{(\text{CPO CH}_4)}$ (kg/km)
・ 燃料排出係数 (N ₂ O)	: $\text{EF}_{(\text{CPO N}_2\text{O})}$ (kg/km)
・ 地球温暖化係数 (CH ₄)	: $\text{GWP}_{(\text{CH}_4)}$
・ 地球温暖化係数 (N ₂ O)	: $\text{GWP}_{(\text{N}_2\text{O})}$

「2.8.2.プロジェクトによる FFB 受入増加分の輸送に伴う排出量」と同様に、Leakage_{CPO} は、プロジェクトにより FFB 受入量が増大したと考えられる場合にのみ算定する。また、CPO 搬出経路の走行距離にベースラインシナリオとプロジェクトシナリオで差が生じなければ、FFB 受入量が増加しても温室効果ガス排出量に差は生じない。

ベースラインシナリオとプロジェクトシナリオにおける CPO 製造工場から搬出先への距

離の差を TransportDistance とおくと、CPO 搬出経路変更による温室効果ガス排出量は下式で求められる。算定に際して、実際の輸送距離、車体重量、燃料消費量の特定は困難であるため、それぞれに対して、保守的な値を想定する。

$$\begin{aligned} \text{CO}_{2_CPO} \text{ (t_CO}_2\text{)} &= \Delta\text{FFB} \times R_{\text{(FFB_CPO)}} \div \text{Load} \times \text{Transport} \times 2 \times \frac{\text{Fuel}}{\text{Distance}} \times \text{Consumption} \times \text{EF}_{\text{(Transport_CO}_2\text{)}} \\ \text{CH}_{4_CPO} \text{ (t_CO}_2\text{)} &= \Delta\text{FFB} \times R_{\text{(FFB_CPO)}} \div \text{Load} \times \text{Transport} \times 2 \times \frac{\text{Fuel}}{\text{Distance}} \times \text{Consumption} \times \text{EF}_{\text{(Transport_CH}_4\text{)}} \times \text{GWP}_{\text{(CH}_4\text{)}} \\ \text{CH}_{4_CPO} \text{ (t_CO}_2\text{)} &= \Delta\text{FFB} \times R_{\text{(FFB_CPO)}} \div \text{Load} \times \text{Transport} \times 2 \times \frac{\text{Fuel}}{\text{Distance}} \times \text{Consumption} \times \text{EF}_{\text{(Transport_N}_2\text{O)}} \times \text{GWP}_{\text{(N}_2\text{O)}} \end{aligned}$$

$$\text{GHG_CPO (t_CO}_2\text{)} = \text{CO}_{2_CPO} + \text{CH}_{4_CPO} + \text{N}_2\text{O_CPO}$$

2.10. モニタリング方法論の構築

モニタリングは、ベースライン方法論において設定されたパラメータの妥当性、及び実際の排出量との整合性を検証するため、あるいは整合性が不十分であった場合に排出量の修正を行うために、プロジェクト実施後に行われるものである。

本節では設定されたベースライン方法論を受けて、本事業の実施に必要なモニタリング項目の検討及びモニタリング方法論の構築を行う。モニタリングは事業期間中、常に行わなければならないため、モニタリングコストは、事業の継続性、事業性に大きな影響を与え得る。従って、モニタリング手法を検討するにあたり、できるだけコストをかけずに必要な項目を網羅することが重要となる。

本節ではパームオイル工場、及びプロジェクトシナリオにおける熱供給事業での通常業務の範囲内の測定データを活用することを念頭に、簡略かつ低コストのモニタリング手法の検討を行う。

以下は本事業における温室効果ガス削減量の算定に重要な項目である。

[シナリオ 1]

- EFB のエネルギー利用によって代替される化石燃料起源の温室効果ガス排出量。
- CDM 事業による FFB 受入量増加分の輸送に伴う排出量。
- ボイラー起動に伴う排出量。
- CDM 事業による FFB 受入量増加に起因する他工場でのメタン排出削減量。
- CPO 搬出経路変更に伴う温室効果ガス排出変化量。

[シナリオ 2,3]

- POME の嫌気処理に伴うメタン排出量。
- メタンのエネルギー利用によって代替される化石燃料起源の温室効果ガス排出量。
- CDM 事業による FFB 受入量増加分の輸送に伴う排出量。
- メタン燃焼に伴う排出量。
- ボイラー起動に伴う排出量。
- CDM 事業による FFB 受入量増加に起因する他工場でのメタン排出削減量。
- CPO 搬出経路変更に伴う温室効果ガス排出変化量。

本来はこれら要素そのものをモニタリングすることが望ましいが、コスト面や技術面の課題を考慮に入れ、要素に替わるモニタリング項目を設定することも重要となる。また、微小であるため、排出量の算定には考慮されていない項目について、実際に微小であることをモニタリングすることも必要となる場合がある。

2.10.1. モニタリング項目

本方法論は、下記の項目をモニタリングするための方法論である。図表 2 - 40 及び図表 2 - 41 はモニタリング項目と、モニタリングによって推計する排出量を示している。CER の算定に必要な排出量を直接モニタリングすることはコスト的、技術的に困難である場合があるため、本方法論では関係する項目のモニタリングを行い、それに基づき排出量を推計するという手法をとる。

図表 2 - 40 モニタリング項目 (シナリオ 1)

モニタリングによる 推計項目 モニタリング項目	ベースライン排出量		プロジェクト排出量		リーケージ		前提条件の 整合性 / 環境 規制遵守等
	熱供給事業により 代替される GHG 排 出量	FFB受入増加分の輸 送に伴う排出量	ボイラ-起動に伴う 排出量	FFB受入量増加に よる他工場でのメ タン排出削減量	CPO搬出経路変更 に伴う GHG 排 出 変化量		
FFB受入量							
熱供給量							
電源起動時の燃料 (電力)消費量							
電源起動回数							
工場稼働日数							

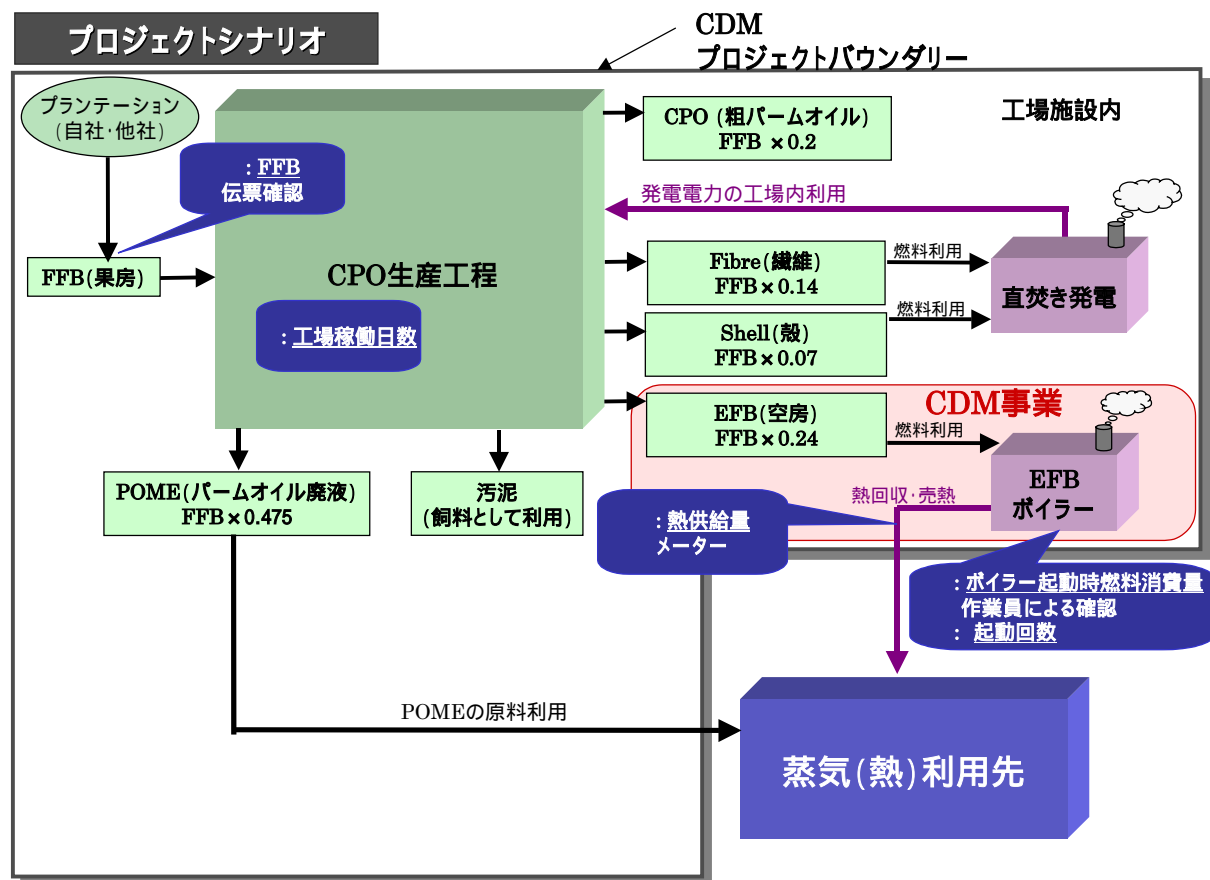
図表 2 - 41 モニタリング項目 (シナリオ 2, 3)

モニタリングによる 推計項目 モニタリング項目	ベースライン排出量		プロジェクト排出量			リーケージ		前提条件の 整合性 / 環境 規制遵守等
	POMEの嫌気 処理に伴うメタン 排出量	熱供給事業により 代替される GHG 排出量	FFB受入増加分 の輸送に伴う排 出量	メタン燃焼に 伴う排出量	ボイラ-起動に 伴う排出量	FFB受入量増加 による他工場での メタン排出削減量	CPO 搬 出 経 路 変更に伴うGHG 排出変化量	
FFB受入量								
POME発生量								
嫌気処理前COD濃度								
嫌気処理後COD濃度								
河川放流時のBOD濃度								
熱供給量								
電源起動時の燃料 (電力)消費量								
電源起動回数								
工場稼働日数								

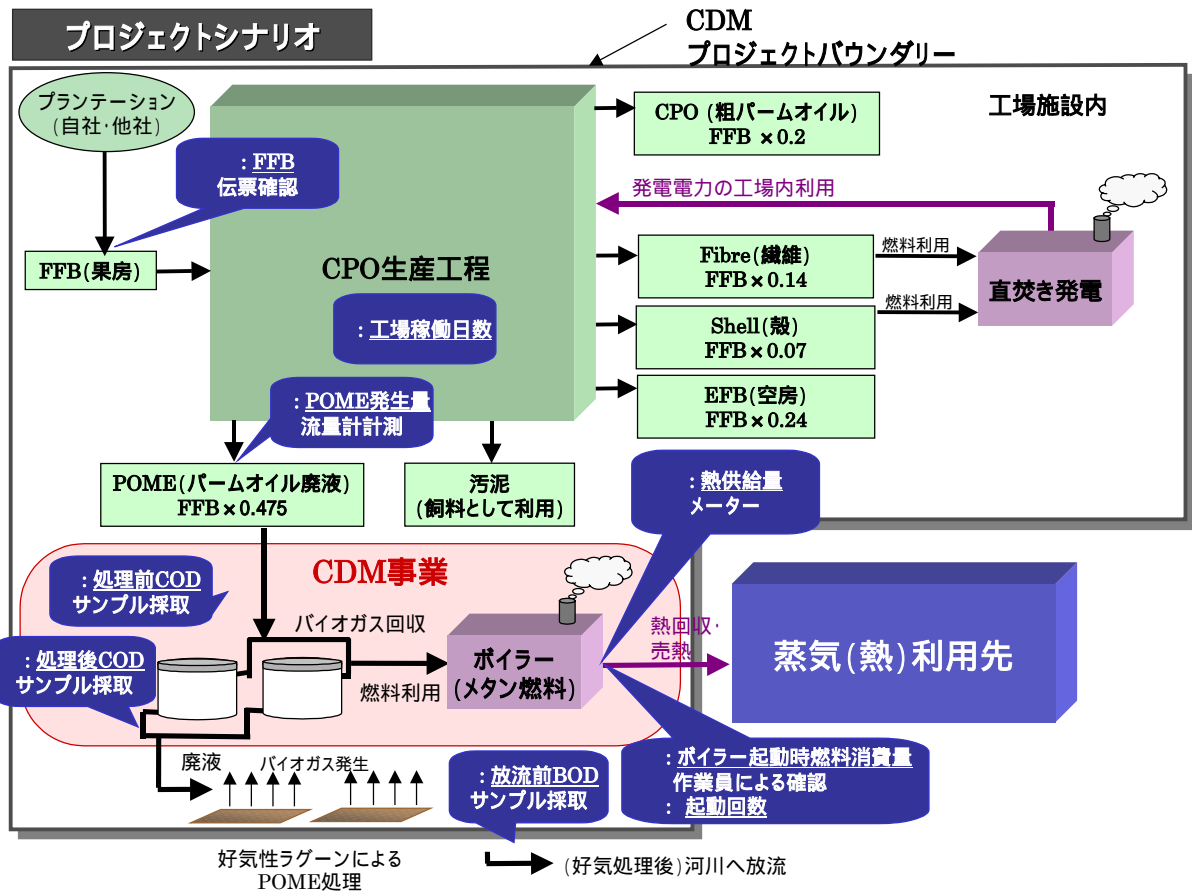
2.10.2. モニタリング計画図

以下は、本モニタリング方法論の計画図である。青色吹き出しに、モニタリング項目及びモニタリング手段を記している。モニタリング結果によって CER は見直しを行うこととする。モニタリングに際し、継続的測定が不可能な場合には過去の測定値（2 ヶ月以内などの一定の条件内で）から中間値を採用し、全てのデータは電子情報として保管され、DOE に監査のために委譲する。

また、図表 2 - 42 中の番号は図表 2 - 40、図表 2 - 43 中の番号は図表 2 - 41 内の番号にそれぞれ対応している。



図表 2 - 42 モニタリング計画図（シナリオ 1）



図表 2 - 43 モニタリング計画図 (シナリオ 2, 3)

2.10.3. 品質管理・品質保証 (QA/QC) 手法

本方法論では、モニタリングが適正になされていることを示すために、QA/QC手法を導入する。具体的には計測する場合には、なるべく人手を要しない自動計測機材を利用するなど信頼性の高い計測器を用いて、ヒューマンエラーによるデータの誤差を極力小さくする。また、データの触れ幅が大きい場合には、その原因を把握すると共に、モニタリング精度を高める。さらに、第三者機関に監査を依頼したり、ISOなどの規格に基づいて独自に監査を行うことが考えられる。

第3章 バイオマス産業を組み合わせた CDM 事業の可能性検討

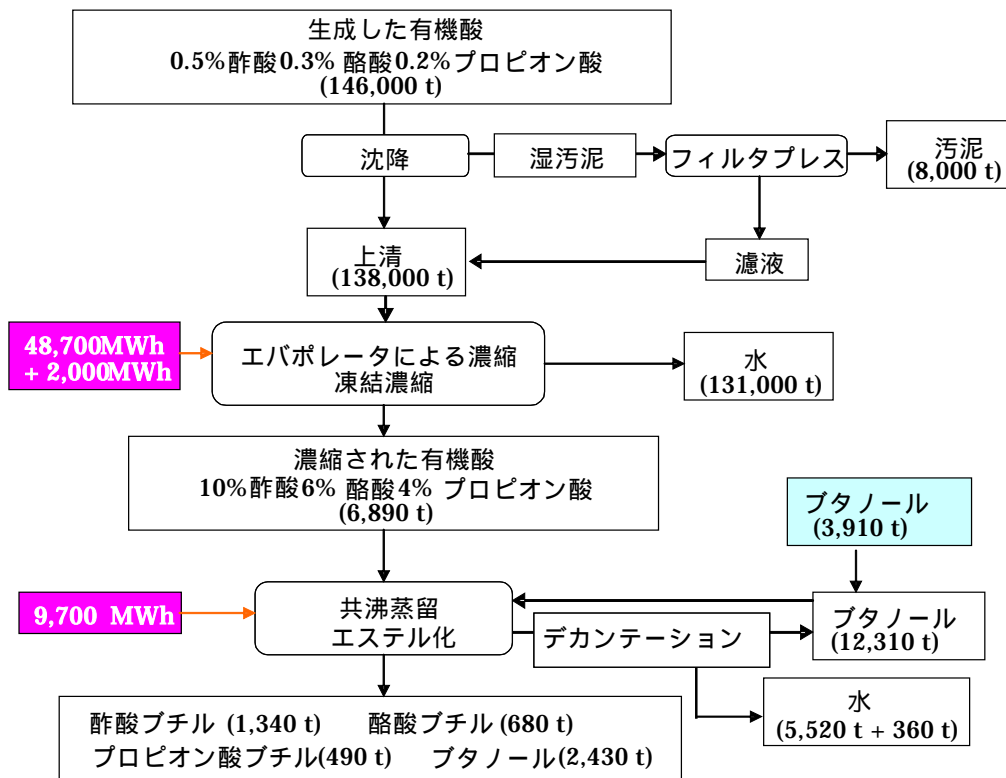
本章では、「1.4.本調査の検討フレーム」で示したバイオマス産業の事業性を検討し、それと組み合わせた CDM 事業の可能性を検討する。

3.1. POME 起源の有機酸による付加価値製品の製造事業

3.1.1. 製造プロセスの概要

POME の連続的嫌気発酵（滞留時間：5 日）により、約 1%の有機酸（酢酸 0.5%、酪酸 0.3%、プロピオン酸 0.2%）が生成される。S 工場からは、年間 14.6 万 t の POME が排出されることから、この研究における有機酸収率を基にそれぞれの酸の製造ポテンシャルを試算すると、酢酸ブチル 1,340t、酪酸ブチル 680t、プロピオン酸ブチル 490t となる。

以下に、POME より生成した有機酸を分離精製する提案フローを示す。



図表 3 - 1 POME からの有機酸分離精製までのフロー及び物質収支

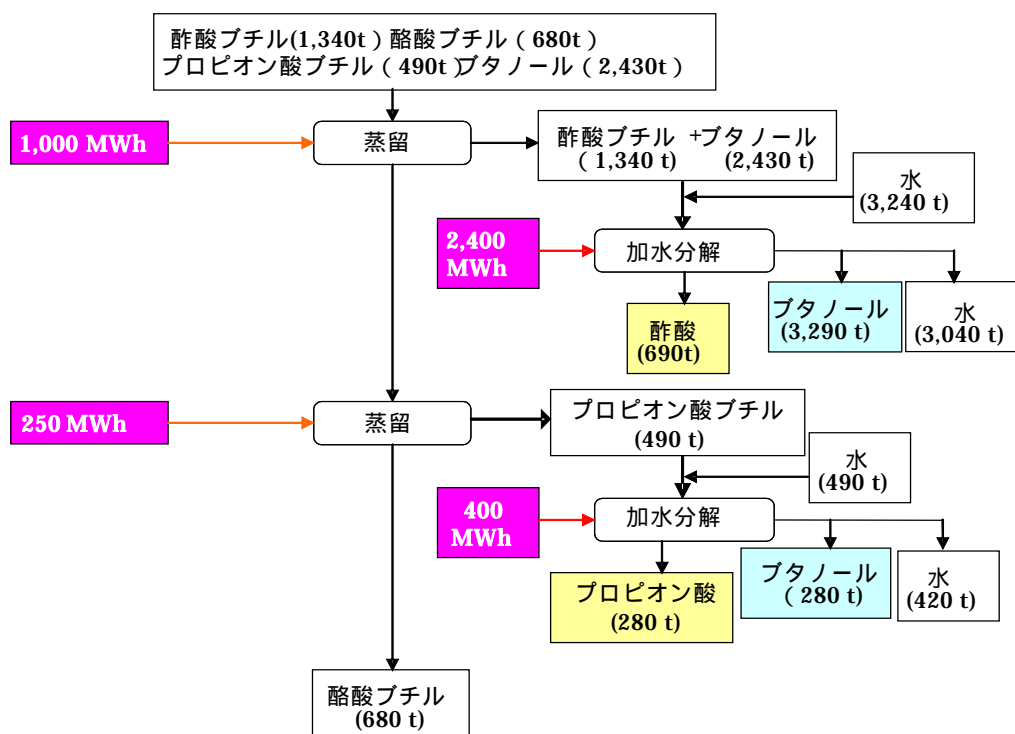
POME は滅菌なしの発酵（滞留時間 5 日間、中性の pH 条件下）で、酢酸、酪酸、プロピオン酸を含む有機酸を自然に生成するとともに、酸発酵後の POME 中のスラッジは容易に沈降することから、フィルタープレスにより脱水、除去できる。脱水ケーキ量は 8 千 t になるが、これは、肥料として利用可能である。有機酸濃度 1%の上澄みと濾液は、一緒に集められ、工場内の余剰エネルギー等を利用し二重効用缶によって濃縮する。このプロセスで、5.6

万 t の水分を蒸発し、その蒸気の潜熱を利用してさらに 5.6 万 t の水分も蒸発する。残りの 17,200t の濃縮には、凍結融解法による凍結濃縮を適用し、凍結により生成した氷の冷熱は、蒸留プロセスの凝縮熱源に利用される。

有機酸を含む上澄みの精製は、酸のままでは、装置材料を傷める恐れがあるため、ブチルエステル化した後、蒸留するプロセスを検討している。エステル化反応のためには、水分を完全に除去する必要がある。ブチルエステル化を行う理由は、ブタノールが共沸剤であり、水と相溶性がないことによる。共沸したブタノールと水は凝縮器で分離可能でありブタノールは、エステル化反応器に還流し、エステル化反応を加速するために、水分は系外へ排出する。

分離したブタノールと酢酸ブチルは加水分解し、水とブタノールを共沸蒸留し、酢酸 690t とブタノールを回収する。次に、プロピオン酸ブチルと酪酸ブチルについても同様に、蒸留によって分離精製する。加水分解により、プロピオン酸 280t とブタノールを回収し、最後に香料としての付加価値がある酪酸ブチル 680t が回収される。

このプロセスでは、300t のブタノールがネットで必要とされる。また、発酵中の pH を中性に保つため、生成する有機酸と同じモル数のアルカリ薬剤（水酸化ナトリウムやアンモニア）が、さらに 5,600t の水の除去とブタノールの還流が必要となる。エステル化反応に引き続き、各エステル化合物のあるいは酢酸やプロピオン酸の精製には、蒸留と加水分解が必要である。これらのプロセスを経て、最終的に S 工場から排出される POME を全量利用した場合、1,340t の酢酸ブチル、380t の酪酸ブチル、490t のプロピオン酸ブチルが生産可能と考えられた。



図表 3 - 2 有機酸精製の蒸留工程の物質収支

3.1.2. 概算事業費の検討

(1) 前提条件の整理

事業費を試算するための前提条件を以下のように設定した。なお、本技術は我が国で研究開発されたものを想定しており、その技術移転費についても考慮した。

図表 3 - 3 有機酸化事業に係る前提条件（プラント費）

項目	数量等	備考	
生産量	1,650t/y	酪酸ブチル 680t、酢酸 690t、プロピオン酸 280t	
有機酸生産設備	滞留時間	5 日間	
	発酵タンク	2,400m ³	14.6 万 t / 320 日 × 5 日
	蒸発缶	200m ³	二重効用缶 POME 廃液中 14.6 万 t を処理対象
	凍結濃縮装置	65m ³	
	エステル化装置	36m ³ × 4 基	運転時間 320 日。有機酸とブタノール容積 23,110m ³ で反応時間 2 日と想定すると装置容積 144m ³ が必要
	蒸留塔 A	19m ³	蒸留反応ではまず、5,000t のエステル化合物を蒸留。次に 10,000t の加水分解を行いその蒸留残渣約 1,500t に対して、1,200t の加水分解反応を行うことが必要。各工程の所要時間 1 日として、装置サイズを設定
	加水分解装置 A	32m ³	
	蒸留塔 B	5m ³	
	加水分解装置 B	4m ³	
	建設費	2,105,000US\$	500m ³ のメタン発酵タンクを設計は日本国内で、建設はマレーシアで行った場合の費用実績に基づき算出
発電設備	必要電力	2,000MWh/y	主に凍結濃縮に係る電力
	軽油発熱量	12.0MWh/t	
	発電効率	30%	
	必要燃料	556t/y	
	プラント建設費	521,000US\$	
ボイラー	必要熱量	62,450MWh/y	二重効用缶 48,700MWh/y
	重油発熱量	12.1MWh/t	エステル化 9,700MWh
	ボイラー効率	85%	蒸留 4,050Mwh と想定。
	必要燃料	6,088t/y	$62,450\text{MWh}/\text{y} \div 12.1\text{MWh}/\text{t} \div 0.85$
	必要蒸気量	7.0t/h	圧力：大気圧 + 3 キロ
	プラント建設費	319 千 US\$	$500 \text{万円}/(\text{t}_{\text{蒸気}}/\text{h}) \times 7.0\text{t}_{\text{蒸気}}/\text{h} \div 110 \text{円}/\text{US}\$$

1US\$=110 円と想定

図表 3 - 4 有機酸化事業に係る前提条件（固定費 + 変動費）

項目	数量等	備考	
金利	8%	マレーシアの市中からの借入れを想定	
人件費	有機酸製造	40 人	10 人 × 4 班、3 交代制、週休 1 日
	発電・熱回収	3 人	
	単価	6,000US\$/人	
薬剤等	1,000 t	水酸化ナトリウム（有機酸発酵における pH 中和）	
	500 t	ブタノール（ブチルエステル化とそのロス補填分）	
残渣	なし	脱水汚泥は肥料としてプランテーション還元を想定	
維持管理費	建設投資額の 5% を想定		
技術移転費	有機酸生産設備費の 1% と想定		
有機酸販売価格	酪酸ブチル 10,000US\$/t、酢酸 600US\$/t、プロピオン酸 800-2000US\$/t		

(2) 事業費の概算試算

資本金を建設費等に投入せず、全額を借り入れ金で運営した場合の概算試算を示す。

図表 3 - 5 有機酸製造に係る概算事業費

項目	コスト (US\$1,000)	備考
建設投資費(a)	2,945	(a) = (b) + (c) + (d)
有機酸生産設備(b)	2,105	
嫌気性発酵タンク	555	
エバポレータ	300	
凍結濃縮システム	650	
エステル化装置	400	
蒸留塔 A	50	
加水分解装置 A	90	
蒸留塔 A	30	
加水分解装置 A	30	
ディーゼル発電(c)	521	
蒸気ボイラー施設(d)	319	
支出(e)	2,682	固定費 + 変動費 + 一般管理費
固定費(f)	671	
減価償却費(g)	165	償却年数 10 年、残存価値 10%
人件費(h)	258	\$5,000 × 43 人
利子(i)	127	10 年間の平均利子
技術移転費(j)	21	(b) × 1%
変動費(k)	1,661	
原料購入費(l)	0	POME の購入費は見込まない
燃料費(m)	914	軽油 556t/y、重油 6,088t/y
薬剤費(n)	600	水酸化ナトリウム(100,000US\$/t)及びプタノール(500,000US\$/t)
残渣処理費(o)	0	
補修費(p)	147	(a) × 5%
一般管理費(q)	350	(固定費 + 変動費) × 15%
収入(r)	7,441	(酢酸 690t × 600US\$) + (プロピオン酸 280t × 1,000US\$) + (酪酸ブチル 680t × 10000US\$)
収支(s)	4,760	= -
有機酸製造原価(t)	1,625US\$/kg	= / 1,650t
プロジェクト IRR(u)	187%	

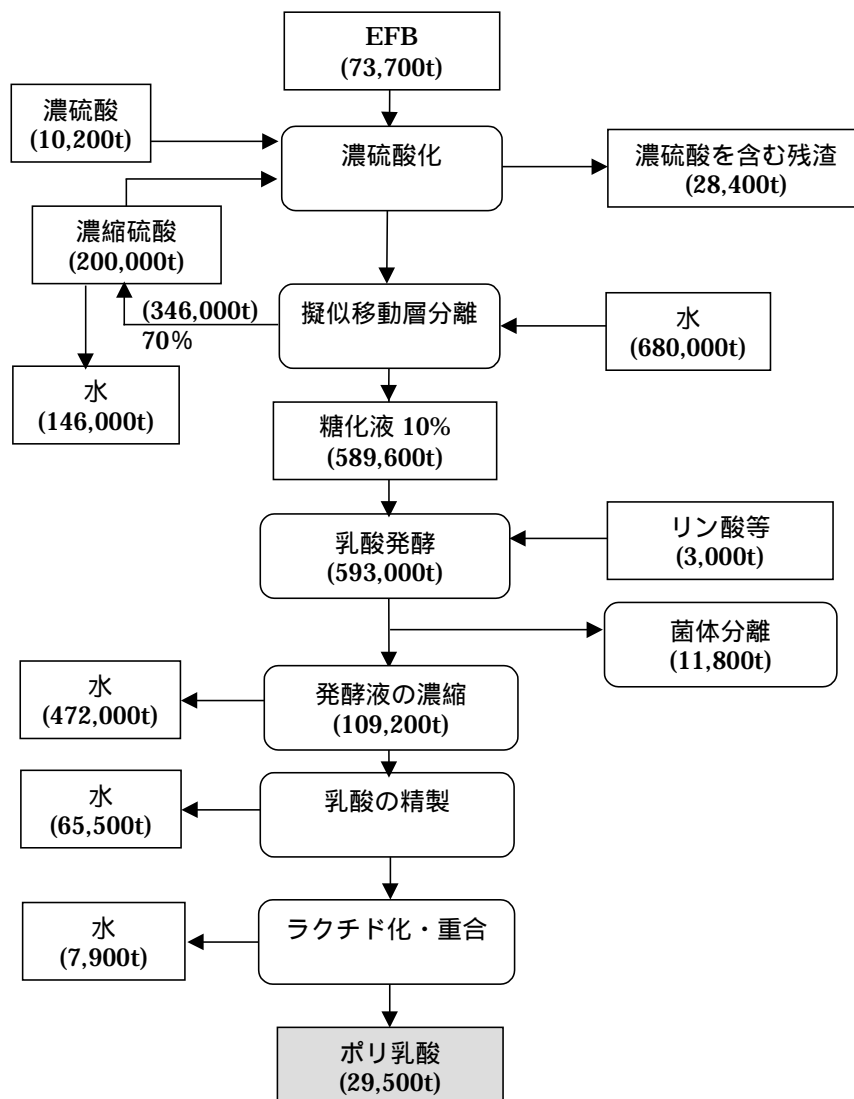
3.1.3. 事業性の検討

製造物の平均単価は 1,625 US\$/t-products と試算した。国際的な取引価格は、現在、酢酸 600US\$/t、プロピオン酸 800US\$ - 2,000US\$、酪酸ブチル 10,000US\$/t が相場である。事業としては、売値が製造コストを大幅に上回ることが望ましいものの、これらのマーケットは比較的小さいことから、希望価格で取引されるかどうかは不明である。しかし、本事業に最も影響を及ぼす酪酸ブチルの価格が 1/3 にまで下落した場合でも、プロジェクト IRR は 20%あり、本試算の前提が大きく変わらない限り事業化は可能と考えられる。

3.2. EFB からのポリ乳酸事業

3.2.1. 製造プロセスの概要

セルロース系素材の糖化方法は種々あるものの、EFB の糖化はまだ実用化されていない。ここでは、糖の歩留まりが大きい濃硫酸糖化法により EFB から 10%糖化液を製造し、その糖化液を乳酸発酵させ濃縮、精製、重合工程を経て、ポリ乳酸 29,500t を製造する。



図表 3 - 6 EFB からのポリ乳酸製造プロセスの概要

3.2.2. 事業費の検討

(1) 前提条件の整理

事業費を試算するための前提条件を以下のように設定した。なお、本技術は我が国で研究開発されたものを想定しており、その技術移転費についても考慮した。

図表 3 - 7 ポリ乳酸化事業に係る前提条件（プラント費）

項目		数量等	備考
糖化	EFB 受入量	230t/d	稼働日数 320 日
	糖生産能力	59,000t/y	
	プラント建設費	4,391 千 US\$	2,000 千円/t × 230t/日 ÷ 110 円/US\$
ポリ乳酸	生産量	29,500t/y	
	プラント建設費	48,791 千 US\$	日本での総設備費 130 億円、現地での建設費は日本の 1/3 と想定。さらに、総設備費の 15% の設計費を見込む
発電設備	必要電力	171,400MWh/y	
	軽油発熱量	12.0MWh/t	
	発電効率	30%	
	必要燃料	47,644t/y	
	プラント建設費	44,625 千 US\$	2,000US\$/kW × 171,361MWh/y ÷ (320d × 24h)
ボイラー	必要熱量	407,000MWh/y	
	重油発熱量	12.1MWh/t	
	ボイラー効率	85%	
	必要燃料	39,671t/y	406,969MWh/y ÷ 12.1MWh/t ÷ 0.85
	必要蒸気量	45.7t _{蒸気} /h	圧力：大気圧+3 キロ
	プラント建設費	2,076 千 US\$	500 万円/(t _{蒸気} /h) × 45.7t _{蒸気} /h ÷ 110 円/US\$

1US\$=110 円と想定

図表 3 - 8 ポリ乳酸化事業に係る前提条件（固定費 + 変動費）

項目		数量等	備考
金利		8%	マレーシアの市中からの借入れを想定
人件費	ポリ乳酸製造	100 人	25 人 × 4 班
	発電・熱回収	3 人	
	単価	6,000US\$/人	
薬剤等	硫酸	10,200t/y	糖化施設、3 円/kg
	樹脂	200t/y	糖化施設
	リン酸等	3,000t/y	ポリ乳酸化施設
残渣		28,400/y	糖化施設から硫酸を含むもの。ポリ乳酸化施設からの乳酸発酵後の菌体は肥料として利用を想定
維持管理費		建設投資額の 5% を想定	
技術移転費		ポリ乳酸生産設備費の 1% と想定	
ポリ乳酸販売価格		150 円/kg を想定	

(2) 事業費の概算試算

資本金を建設費等に投入せず、全額を借入れ金で運営した場合の概算試算を示す。

ポリ乳酸が 200 円/kg で販売できるものと想定すると、年間 57 億円の収入が見込まれ、支出を大きく上回る。

図表 3 - 9 糖生産及びポリ乳酸生産に係る事業費

項目	コスト (1,000US\$)	備考
建設投資費(a)	99,884	(a) = (b) + (c) + (d)
糖生産設備(b)	4,391	EFB 1t 当たり単価 200 万円
ポリ乳酸設備(c)	48,791	
蒸気ボイラー施設(d)	2,076	
ディーゼル発電(e)	44,625	
支出	36,752	固定費 + 変動費 + 一般管理費
固定費	12,644	
減価償却費	8,990	償却年数 10 年、残存価値 10%
人件費	618	年間 1 人当り 6,000US\$ と想定
利子	2,505	10 年間の平均利子
技術移転費	532	((b)+(c)) × 1%
変動費	19,314	
原料購入費	74	EFB1t 当たり 1US\$ と想定
エネルギー費	12,556	
糖生産設備	1,127	
ポリ乳酸設備	11,429	
用役費	1,190	硫酸の購入費 3,000 円/t と想定 10,200t/y × 3,000 円/t ÷ 110 円/US\$ 樹脂の 50 万円/t と想定 200t/y × 50 万円/t ÷ 110 円/US\$
残渣処理費	500	処理費 2,000 円/t と想定 28,400t/y × 2,000 円/t ÷ 110 円/US\$
補修費	5,098	建設投資費の 5%
一般管理費	4,794	(固定費+変動費) × 15%
収入	40,200	150 円/kg × 29,500t/y
収支	3,447	= -
ポリ乳酸製造単価	137 円/kg	= / 29500t/y × 110 円/US\$
プロジェクト IRR	39.6%	

1US\$=110 円と想定

3.2.3. 事業性の評価

ポリ乳酸市場予測にはばらつきがあるが、生分解性プラスチック研究会による我が国の生分解性プラスチック全体の市場予測では 2002 年 2 万 t、2005 年 5 万 t、2010 年 10 万 t で、2010 年代後半には国内プラスチック製品市場の約 10% にあたる 150 万 t と予想しており、そのうち半分程度がポリ乳酸で占めると言われている。

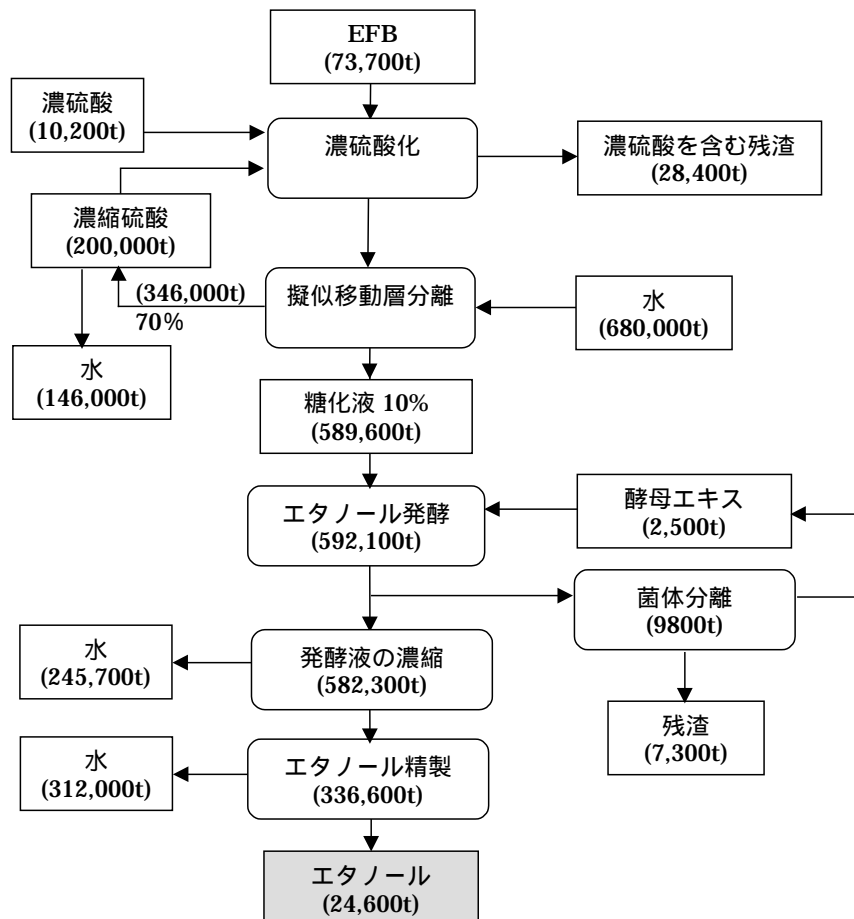
価格は生産規模拡大に伴い、ここ数年大きく下がってきており、平均価格は 400 ~ 600 円/kg と見込まれるが、汎用プラスチックが 100 円/kg 台であることを考慮すると普及には販売価格をさらに下げていくことが望まれている。

このような動向を踏まえると、S 工場で製造するポリ乳酸製造原価は 140 円/kg 程度と見込まれることから、工場が新たなバイオマス産業事業として、ポリ乳酸事業を立ち上げるだけの事業性は十分あると考えられる。さらに、S 工場の近傍には、SE 工場が立地していることから、SE 工場の EFB を S 工場へ移送し規模を拡大するなどの取組により事業性を高める工夫を行う余地がある。

3.3. EFB からのエタノール事業

3.3.1. 製造プロセスの概要

エタノールの製造プロセスも 10%糖化液を製造するところまでは、ポリ乳酸事業と同じである。糖化液をエタノール発酵させて濃縮、精製工程を経て、エタノール 24,600t を製造する。



図表 3 - 10 EFB からのエタノール製造プロセスの概要

3.3.2. 事業費の検討

(1) 前提条件の整理

事業費を試算するための前提条件を以下のように設定した。なお、本技術は我が国で研究開発されたものを想定しており、その技術移転費についても考慮した。

図表 3 - 11 エタノール事業に係る前提条件（プラント費）

項目		数量等	備考
糖化	EFB 受入量	230t/d	稼動日数 320 日
	糖生産能力	59,000t/y	
	プラント建設費	4,391 千 US\$	2,000 千円/t × 230t/日 ÷ 110 円/US\$
ノエ ール	生産量	24,600t/y	
	プラント建設費	4,993 千 US\$	
発電設備	必要電力	39,200MWh/y	
	軽油発熱量	12.0MWh/t	
	発電効率	30%	
	軽油必要量	10,879t/y	
	プラント建設費	10,199 千 US\$	
ボイラー	必要熱量	91,400MWh/y	
	重油発熱量	12.1MWh/t	
	ボイラー効率	85%	
	重油必要量	8,885t/y	91,386MWh/y ÷ 12.1MWh/t ÷ 0.85
	必要蒸気量	10.3t _{蒸気} /h	圧力：大気圧+3キ口
	プラント建設費	466 千 US\$	500 万円/(t _{蒸気} /h) × 10.3t _{蒸気} /h ÷ 110 円/US\$

1US\$=110 円と想定

図表 3 - 12 エタノール事業に係る前提条件（固定費 + 変動費）

項目		数量等	備考
金利		8%	マレーシアの市中からの借り入れを想定
人件費	エタノール製造	60 人	15 人 × 4
	ボイラー	3 人	
	単価	6,000 US\$/人	
薬剤等	硫酸	10,200t/y	糖化施設、3 円/kg
	樹脂	200t/y	糖化施設
	酵母エキス	2,750t/y	1 万円/t
残渣		35,700t/y	糖化施設から硫酸を含むもの。エタノール施設からの残渣で酵母は売れると思われるが売却可能価格が不明なためここでは考慮しない。廃水は工場の調整池を利用できると想定し処理費もここでは想定しない
維持管理費		建設投資額の 5%を想定	
技術移転費		エタノール生産設備費の 1%と想定	
エタノール販売価格		30 円/L を想定	

1US\$=110 円と想定

(2) 事業費の概算試算

資本金を建設費等に投入せず、全額を借り入れ金で運営した場合の概算試算を示す。

エタノールの販売価格が 3 万円/t では事業収益を確保することが困難という試算になった。

図表 3 - 13 糖生産及びエタノール生産に係る事業費

項目	コスト (1,000US\$)	備考
建設投資費(a)	20,050	(a) = (b) + (c) + (d) + (e)
糖生産設備(b)	4,391	EFB 単価 200 万円/t
エタノール設備(c)	4,993	エタノール単価約 800 万円/t と想定
蒸気ボイラー施設(d)	466	
発電施設(e)	10,199	
支出	9,336	固定費 + 変動費 + 一般管理費
固定費	2,310	
減価償却費	1,355	償却年数 10 年、残存価値 10%
人件費	378	年間 1 人当り 6,000US\$と想定
利子	483	10 年間の平均利子
技術移転費	94	(a) × 1%
変動費	5,808	
原料購入費	74	EFB1t 当たり 1US\$と想定
エネルギー費	2,848	
糖生産設備	1,127	
エタノール設備	1,721	
用役費	1,264	酵母エキス製造費 1 万円/t と想定。重油使用
残渣処理費	620	処理費 2,000 円/t と想定。35,700t/y × 2,000 円/t
補修費	1,002	(a) × 5%
一般管理費	1,218	(固定費+変動費) × 15%
収入	8,460	3 万円/t × 24,600t/y ÷ 110 円/US\$
収支	875	= -
製造原価	42 円/t (33 円/L)	= / 24,600t
プロジェクト IRR	10.0%	

1US\$=110 円と想定

エタノール比重は 0.793

3.3.3. 事業性の評価

エタノールの価格は、石油市場や原料の作況、社会情勢が複雑に絡み合っ変動するが、糖化植物、澱粉植物の生産コストは原料価格に大きく依存しているとされる。今後も世界規模で見れば人口爆発が続く中で、食糧生産と競合しない EFB を原料としたエタノール生産は、利用者側からの支持を得やすいものと考えられる。

現在、米国やブラジルの燃料用エタノールの価格は概ね 20～30 セントといわれているが、今後、我が国におけるバイオマスエタノールの自動車燃料添加が進むと、需給がタイトになるとともに事業性が明かになると考えられる。

上記の試算では、製造原価が販売価格を上回るために事業として成立しない。今後は支出で大きなウェイトを占めるエネルギー費を如何に削減できるかが事業として立ち上げることができるか、否かの分かれ目になる。エネルギー費を削減するために、具体的には POME からのエネルギー供給を受けたり、既存の工場のボイラーや発電機の効率を上げて、工場からエネルギーの供給を受けるのが望ましい。ちなみに、エネルギー費が 1/2 になると、生産原価は 27 円/L、IRR が 28% となり事業化の可能性が生じてくる。

本試算では、エタノールを 24,600t 製造するのに、重油を約 8,900t 使用している。エネルギーベースで見ると、183,400MWh を得るために 130,600MWh のエネルギーを消費していることになる。事業性の観点からのみならず、環境面からも POME などの未利用エネルギーの利用が望まれる。

3.4. CDM 事業の可能性

3.4.1. 対象となる CDM 事業

以上の事業性の検討から、有機酸事業、ポリ乳酸事業、エタノール事業に関しては、それぞれ国際市場における製品市況によって事業性が変わるために、それぞれリスクを抱えると言える。しかし、国際社会は明らかにバイオマス社会を目指すと考えられることから、それぞれの事業化は時間的な問題と考えられる。これらの事業には、水分を飛ばすなどの工程が必要なため、熱や電気などのエネルギーが必要となるが、化石燃料を利用する方がエネルギー費が安いために、化石燃料が利用されるのが一般である。前述の 3 事業の必要エネルギーを整理すると図表 3 - 14 のとおりである。

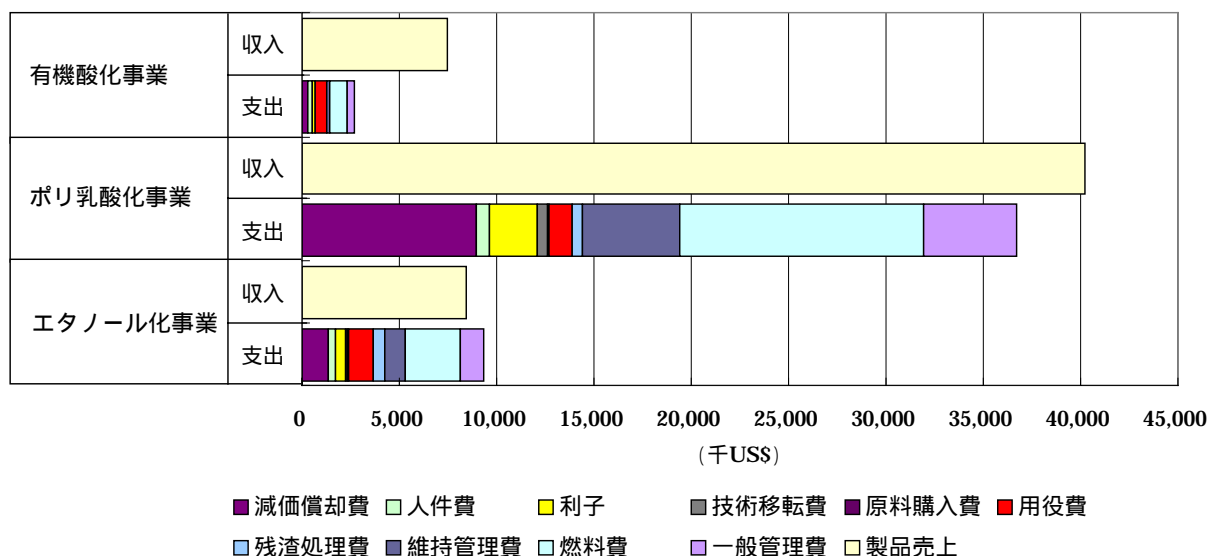
図表 3 - 14 各バイオマス産業別の必要エネルギー量と CO₂ 排出量

エネルギー種類	有機酸事業	ポリ乳酸事業	エタノール事業
電気 (MWh/y)	2,000 (CDM による代替分 0%)	171,400 (CDM による代替分 0%)	39,200 (CDM による代替分 0%)
熱 (MWh/y)	62,450 (CDM により 100%代替)	407,000 (CDM により約 4%分代替)	91,400 (CDM により約 16%分代替)
CO ₂ 排出量 (t_CO ₂ /y)	20,461	17,693	17,693

これらを CDM 事業を導入して、S 工場から排出される他のバイオマスを利用することにより CO₂ の削減を図ることを考える。S 工場から排出されるバイオマス利用状況は、図表 1 - 5 に示したとおりである。繊維と殻は、その単位発熱量や発生量から供給ポテンシャルとしてはまだ十分にあると推定できるものの、FELDA 社側ではほとんど利用し余剰分はほとんどないとしている。工場側ではエネルギー効率を高めるインセンティブがないため、想定している発電効率（15%）や熱変換効率（80%）が低いことや、スチーマーのバッチ処理などによるエネルギーロスが大きいことなどが考えられるが、詳細は不明である。そこで、ここでは繊維と殻の利用は、基本的に対象から外すこととした。

各バイオマス産業の収支の推計結果を図表 3 - 15 に示す。有機酸化事業は約 480 万 US\$ の収益が見込まれ、事業化の可能性はある。有機酸のマーケットは比較的小さいことから、これらの希望価格で取引されるかどうかは不明であるものの、本事業に最も影響を及ぼす酪酸ブチルの価格が 1/3 にまで下落した場合でも、プロジェクト IRR が 20%(収益 22 万 US\$/y)あり、本試算の前提が大きく変わらない限り事業化は可能と考えられる。

ポリ乳酸化事業は、ポリ乳酸の販売価格を 150 円/kg とすると 4,020 万 US\$/y の収入が見込まれる一方、支出は 3,680 百万 US\$/y 程度となるため、年間 340 万 US\$程度の事業収益(IRR40%)が得られることになる。投資規模は有機酸化事業より大きくなるものの、市場性という意味からは有機酸事業より大きいことから、事業の魅力は大きい。



図表 3 - 15 各バイオマス産業の収支

バイオマス産業事業と組み合わせた CDM 事業として、以下の 2 ケースを想定する。エタノール製造事業は、エタノール販売価格の上昇や燃料費の低下など、周辺状況の変化によって事業性が向上する可能性は十分にあると言える。しかし、現状で想定している条件下では、事業化に踏み切るほどの収益が見込まれないため、ここでは対象としない。

- POME からの有機酸事業
EFB 燃焼ボイラーを導入し、有機酸事業者にも重油焚きボイラーの代わりに蒸気供給を行う事業。
- ポリ乳酸事業
POME からのメタン回収を行いポリ乳酸事業者にも蒸気供給を行う事業。

(1) 有機酸回収事業

S 工場から排出される POME を処理している開放型消化タンクから少なくとも約 700t のメタンが放出されているが、これを原料として酪酸ブチル、酢酸、プロピオン酸を製造することにより、これら膨大な温暖化ガスの大気中への放出を防止出来る。メタンの温室効果は、二酸化炭素の 21 倍とされるので、メタン 700t は、二酸化炭素 14,700t 分に相当するため 3 章の概算 FS に示したとおり 1,650t/年の有機酸誘導体が製造されるとすると、製品である有機酸誘導体 1t 当たり 8.9t の二酸化炭素排出削減に相当する。しかし、この事業は事業性が見込めるために、いくら二酸化炭素削減に寄与してもこの事業によるメタン回収量は CDM 事業にはなりえない。

一方、事業利益を求める民間事業であるかぎり、有機酸製造に必要な蒸気は EFB を利用するより重油などの化石燃料を利用した方が安価であれば、EFB は利用されない。したがって、EFB ボイラーによる蒸気供給事業は、CDM 事業となりえる。

なお、この事業には年間 2,000MWh の電力も必要となるが、この電力は小さいために

S工場からの現状の余剰電力で十分賄えるため有償で購入することとしてCDM事業の検討対象から外すこととする。

(2) ポリ乳酸事業

EFBを全量ポリ乳酸の原料として利用するため、エネルギーとして利用できるのはPOMEから回収するメタンガスである。このCDM事業によってメタンガスから製造する蒸気の価格をポリ乳酸事業者の購入可能な化石燃料から製造する蒸気と同等以下の価格まで下げられることが考えられる。なお、メタンガスの回収量は年間1,149tと想定されるため、メタン回収による排出抑制(15,015t_{CO₂/y})及びメタンを燃料として化石燃料を代替するエネルギー量(4,644t_{CO₂/y})から、排出抑制されたメタンの燃焼により排出される二酸化炭素(1,966t_{CO₂/y})を差し引くことにより、年間のCER獲得量は17,704t_{CO₂/y}となる。

3.4.2. CDM事業の可能性

前述の対象事業別のCER価格を試算すると、図表3-16のとおりである。事業性は別として、国際市場で売却できるCER価格が、これより高ければ、バイオマスエネルギー費が相対的に安くなるため、バイオマス産業側でバイオマスエネルギーの利用に対するインセンティブが生ずることになる。

有機酸事業の場合、CDM事業として成立するためにはCER価格が15.5US\$/CO₂-t以上でなければならない。しかし、現行のCER価格はせいぜい10US\$/CO₂-tと考えられるため、現在の条件下で有機酸事業がCDM事業となる可能性は低い。

図表3-16 各事業でバイオマス利用するための最低CER価格

項目	有機酸事業	ポリ乳酸事業
(1)化石燃料利用による年間エネルギー費(US\$)	914,000	12,600,000
(2)(1)のうち代替されるエネルギー費(US\$)	830,000	188,000
(3)バイオマス利用による年間エネルギー費(US\$)	1,033,000	264,000
(4)バイオマス利用によるコスト増((3) - (2))(US\$)	203,000	76,000
(5)年間獲得できるCER(t)	20,461	17,704
(6)CER価格(4)/(5)(US\$/CO ₂ -t)	15.5	4.3

3.5. CDM 事業における事業性及び CER の検討

3.5.1. CDM 事業の事業性の検討

事業を実施する条件として FELDA 社では IRR15%が一つの基準となっている。そこで、メタン発酵施設を建設し、POME からメタンを回収し、蒸気を現状の重油焚きボイラーで製造したのと同じ価格でバイオマス産業へ売却する事業では、IRR15%以上を確保するためには CER5.3US\$/t_CO₂以上での売却が条件となり、この場合の CER の獲得量は年間 17,704t/y である。CER が 5.3US\$/t_CO₂ 以上の収入があれば、CDM 事業として成立する余地はある。しかし、その場合でも事業収入は年間 188 千 US\$に留まる。したがって、本事業はバイオマス産業とは別事業であるもののバイオマス産業と関連した事業として、バイオマス産業の立地を促し、支援するためサブ的事業と位置付けることが必要である。

図表 3 - 17 POME からのメタン回収・熱供給事業に係る事業費

項目	コスト (1,000US\$)	備考
建設費(a)	1,074	230t/d, t 当たり 2 万 US\$と想定
ボイラー	108	1.5MW × 2 基(FFB 処理能力に基づき設計)
メタン発酵施設	916	3,420m ³ × 2 基、1 基当り建設費\$458,000
蒸気輸送管・ガスルター等付帯設備	50	
支出	264	固定費+変動費+一般管理費
固定費	176	
減価償却費	97	償却年数 10 年、残存価値 10%
人件費	18	年間 6,000US\$/人 × 3 人を想定
利子	50	10 年間の平均利子
技術移転費	11	(a) × 1%
変動費	54	補修費 : (a) × 5%
一般管理費	34	(固定費+変動費) × 15%
収入	188(281)	
蒸気売却益	188	15.4US\$ / 蒸気 t
CER	(93)	5.3US\$/t_CO ₂
収支	75(17)	= -
蒸気原価	15.4US\$	蒸気 t 当り
プロジェクト IRR	2.7% (15%)	

3.5.2. プロジェクト実施期間/クレジット期間の検討

プロジェクトの実施期間には、更新なしの 10 年間と 7 年 (2 回の更新を伴い 21 年) とのいずれかを選択することになる。本調査では、新産業であるバイオマス産業との連携を検討しており、長期の将来予測には不確定要素が伴うと考え、また 2 回の更新によりクレジットも多く獲得できることから、プロジェクト実施期間は 2006 年から 2012 年までの 7 年 (2 回の更新を伴い 21 年) を選択する。なお、2006 年をプロジェクトの開始時期としたのは、FELDA 社では 2004 年 2 月から運転開始したメタン発酵モデル施設の稼動状況を 1 年程度見極めた上で CDM 事業戦略をつくりたいとの意向があることと、CDM はバイオマス産業の立ち上げのようなインセンティブが必要であり、その立ち上げまでには 2 年程度かかることが見込まれていることによる。

3.5.3. CER の検討

本調査で取り上げる CDM 事業では以下の項目を CER としてカウントする。

POME 嫌気処理過程からのメタン排出量。

POME からの回収メタンを利用した熱回収事業によって代替される化石燃料起源の GHG 量。

EFB 輸送距離増大に伴う GHG 排出量。

メタン発電施設電源起動に伴う GHG 排出量。

このうち主な CER 獲得源は POME からのメタン排出量及び熱回収事業による代替 GHG 量である。CER に最も大きな影響を与えるのは対象パームオイル工場への EFB 受入量であるが 2 章に記した通り、EFB 量の予測は極めて困難であるため、保守的な算定を行うためにベースラインシナリオにおける EFB 受入量は過去 7 年間の実績値の平均値を採用することとし、プロジェクト期間中は一定の値をとる。

また、リーケージ排出量としては、以下の項目を考慮に入れる。

FFB 受入増加分が、CDM 事業が実施されなければ搬入されていたであろう他工場において発生するメタン排出量。

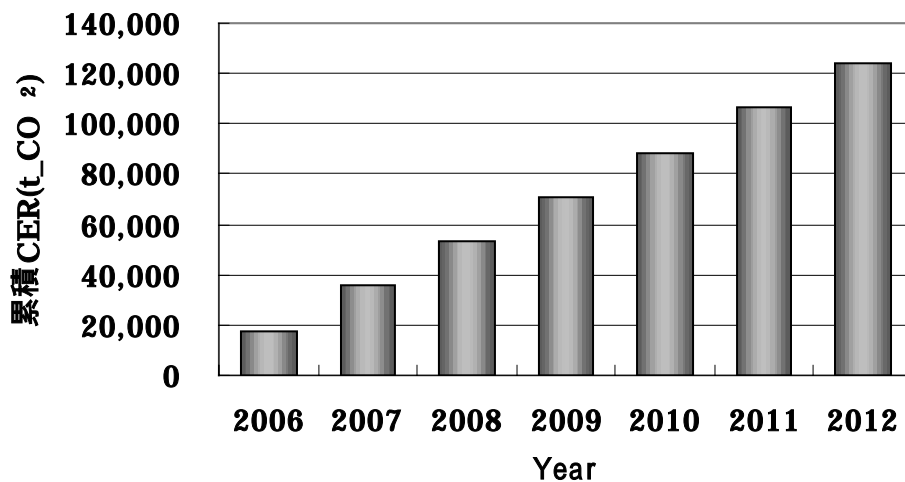
FFB 受入増加分が、CDM 事業が実施されなければ搬入されていたであろう他工場において製造する CPO を、精製工場に搬入する場合の距離と、当該工場から精製工場に搬入する場合の距離差により生じる排出量の変化分。

EFB 輸送距離増大に伴う GHG 排出量及びリーケージ排出量に関しては、事業実施前に方法論を構築し、プロジェクト実施後に評価、算定を行う方式 (ex-post) を採用する。

以上より、獲得が見込まれる CER を図表 3 - 18 に示す。

図表 3 - 18 獲得が見込まれる CER

	年間 CER t_CO ₂	プロジェクト期間 (7 年間) CER t_CO ₂
ポリ乳酸事業	17,704	123,928



図表 3 - 19 獲得が見込まれる CER

3.5.4. CDM事業実施が及ぼす影響

(1) プロジェクトの持続可能性

マレーシア政府は、2005 年までにバイオマスを含めた再生可能エネルギーの導入目標を全エネルギー需要量の 5%とするなど、再生可能エネルギーの導入に取り組はじめたところである。本事業は 2006 年から実施する予定であるが、マレーシア政府は 2005 年以降も再生可能エネルギーの導入を推進すると考えられることから、政府の方針に合致した事業となるであろう。なお、昨年度のステアリング委員会において、マレーシア政府が本事業を CDM 事業として認める基準（環境負荷の削減、経済の活性化と投資の呼びこみ、雇用の創出）を満たしているとの見解が示されており、本プロジェクトに対する支持が得られている。

(2) 環境影響

温室効果ガスの削減以外に、POME の排水改善効果が挙げられる。現在の排水基準（BOD100ppm 以下）を満たすために、S 工場における BOD 成分の除去は、開放型タンクにより 60%、残り 40%を 8 面の酸化池で処理（5%/面）することが望まれている。これが、密閉式のメタン発酵処理施設の導入により、嫌気除去率は 80%(バランスでは 90%)が見込まれるため、残り 20%を 6 面の酸化池で処理すればよいこととなり、酸化池の面当たり 3~4%と酸化池の面当たりの負担が小さくなることから、POME からの排水が改善されることが期待される。

(3) 間接影響

間接的な影響としては、土地の有効利用促進効果が挙げられる。メタン発酵処理施設を S 工場に導入することにより、BOD 成分の除去率が上がるために 8 面のうちの 2 面の酸

化池 2.2ha（計 160m×136m）の土地をバイオマス産業の立地に利用することが可能となる。また、本事業がバイオマス産業との連携による CDM 事業化モデルとなることにより、国内 340 工場のうち特に規模の大きな工場においては、同様の取組が進むと考えられるため、新産業の立ち上げや CDM 事業の取組が進むものと考えられる。

（４） 利害関係者のコメント

マレーシアの政府関係者及び FELDA 社からは、バイオマス産業への関心が極めて高く、その一環として CDM 事業が位置付けられることに対して理解が得られた。さらに、16 年度 3 月に実施したステアリング委員会では、ODA に対する期待も表明された。主な関係者のコメントは以下の通りである。

- エネルギー省：ディーゼル等の化石燃料代替の利用を国民に促しており、バイオマス利用は代替エネルギーとして推進することが必要である。
- 環境省：バイオマス産業の育成は、国にとって極めて重要な産業になっている。
- FELDA 社：ビジネスとして関心があり、KIT-UPM と守秘義務契約及び覚書を結び、研究関連の投資を行うとともに役割分担を明確にする。FELDA 社としては平成 16 年 3 月から S 工場敷地内で稼働をはじめたメタン発酵モデル施設の運転状況を見極めた上で、CDM 事業計画を作成したい。

（５） 配慮すべき事項

本事業を実施することによる負の影響は、メタンガスの貯留が必要となるため、適切な管理を実施しないとガス爆発が懸念されることである。したがって、従業員教育や安全性に十分な配慮した施設建設と運転管理に係る技術移転が必要といえる。

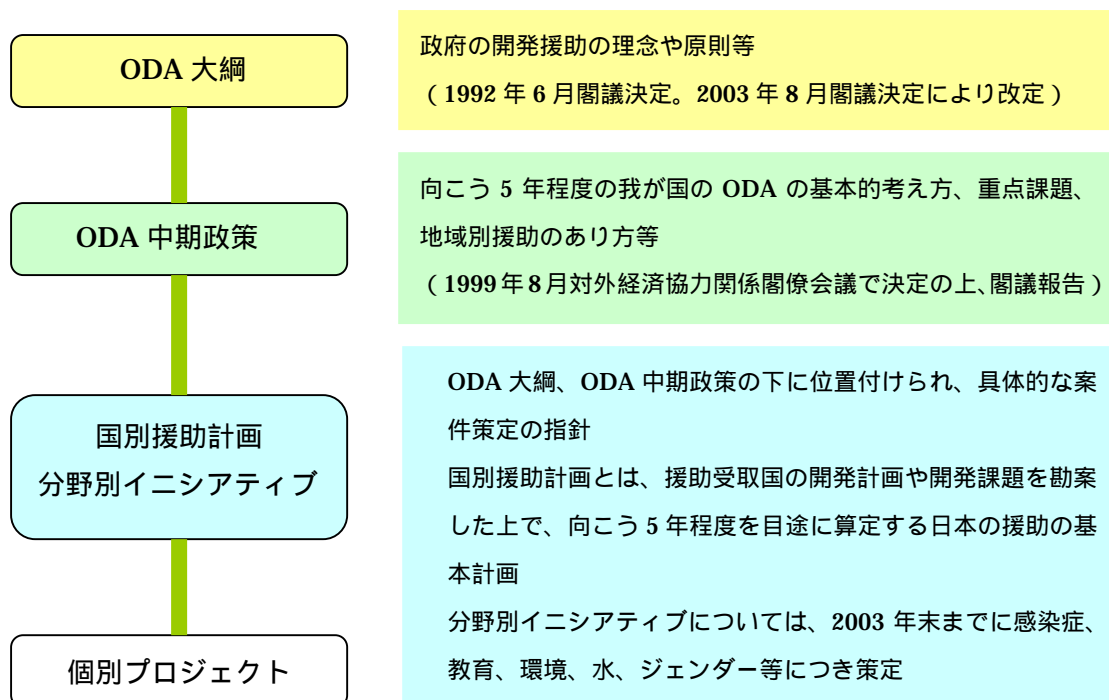
第4章 CDM 事業における ODA 等の利用可能性検討

4.1. 我が国における ODA 政策の枠組み

我が国は、92年に政府開発援助大綱（ODA大綱）を策定し、我が国のODAの基本理念や原則等を明かにした。しかし、国内外のODAを取り巻く状況の変化から、ODAを機動的、戦略的に活用するとともに、その効率性を高めていくため、政府は2003年8月に閣議決定によりODA大綱を11年ぶりに改定したところである。

ODA大綱の改訂後、新しいODA大綱を踏まえた形で日本のODAが展開されることになる。我が国のODA政策の枠組みを図表4-1に、また、新しいODA大綱に示された目的、基本方針、及び重点課題を次頁に示す。

本事業は、基本方針に示された「開発途上国の自助努力支援」であるとともに、「我が国の経験と知見の活用」ともなるものである。また、重点課題として挙げられている環境問題、及び人口、食糧、エネルギーといった「地球的規模の問題への取組」に資するものであり、「重点地域」に挙げられているASEANにおける取組という意味でもODAの戦略と合致したものと見える。



出所) 外務省ホームページより

図表4-1 我が国のODA政策の枠組み

ODA 大綱（2003 年 8 月閣議決定）

1 .「目的」 - なぜ ODA を行うのか -

国際社会の平和と発展に貢献し、これを通じて我が国の安全と繁栄の確保に資すること

2 .「基本方針」 - どのように ODA を行うのか -

開発途上国の自助努力支援

「人間の安全保障」の視点

公平性の確保

我が国の経験と知見の活用

国際社会における協調と連携

3 .「重点課題」 - 何（どのような課題）に対して ODA を行うのか -

貧困撲滅

持続的成長

地球的規模の問題への取組

平和の構築

4 .「重点地域」 - 何（どのような地域・国）に対して ODA を行うのか -

ASEAN 諸国

中国

アフリカ（TICAD の開催を含む）

4.2. マレーシアにおける国別援助計画の概要

4.2.1. 我が国援助の目指すべき方向

(1) 我が国のこれまでの援助

我が国はこれまでマレーシアに対し、2000年度までの累計で有償資金協力約8,800億円、無償資金協力約121億円、技術協力約908億円を実施してきた。近年では、1997年度には技協・無償合計約46億円、1998年度には有償・技協・無償合計約1,124億円、1999年度には有償・技協・無償合計約1,294億円、2000年度には協技・無償合計約38億円の支援を実施しており、特に有償資金協力の実績がある年度においては大規模な支援となっている。

有償資金協力は従来、電力施設、鉄道、空港など経済インフラを中心に実施してきたが、近年ではマレーシアの中進国入りに伴い、対象分野について通常の円借款を卒業し、1994年以降は、環境改善と貧困撲滅・所得間格差是正の分野、また中小企業育成・人材育成の分野についてもこれに資する案件を対象とするという枠内での協力を実施することとしていたが、1997年までマレーシア側からは、新規円借款の要請はなかった。その後、アジア通貨危機に際し1998年10月に発表された新宮澤構想を踏まえ、ほぼ5年振りに有償資金協力を再開し、1999年3月及び4月に総額約1,140億円、2000年3月に総額約1,190億円を供与し、マレーシア経済の早期回復に大きく貢献した。

無償資金協力は、教育・訓練関連施設などを中心に実施してきたが、1991年度を最後に、文化無償、草の根無償及び緊急無償等を除く無償資金協力からは卒業した。

技術協力については、農林水産、医療、環境、産業育成等の分野における人造りを支援してきているが、マレーシアの経済開発の進展に伴い、環境や産業高度化の分野の比重が高まってきている。

図表 4 - 2 最近 5 年間の年度別・形態別政府開発援助実績

年度	有償資金協力	無償資金協力	技術協力
96	なし	<u>1.26 億円</u> サラワク大学機材供与 (0.49) マレーシア国立交響楽団機材供与 (0.49) 緊急無償洪水災害 (0.10) 草の根無償 (6 件) (0.18)	<u>37.89 億円</u> 研修員受入 513 人 専門家派遣 124 人 調査団派遣 194 人 協力隊派遣 31 人 機材供与 505.5 百万円 プロジェクト技協 7 件 開発調査 10 件
	なし	<u>5.70 億円</u> 緊急無償経済困難 (対日留学生派遣支援) (4.54) マレーシア・プトラ大学 日本語学習機材供与 (0.36) マレーシア国立図書館 (マラッカ州立図書館、ペラ州立図書館) 視聴覚機材供与 (0.46) 草の根無償 (7 件) (0.34)	<u>40.05 億円</u> 研修員受入 488 人 専門家派遣 111 人 調査団派遣 163 人 協力隊派遣 16 人 機材供与 454.0 百万円 プロジェクト技協 7 件 開発調査 7 件
	<u>1,076.95 億円</u> 東方政策計画 (140.26) ベリスダム建設計画 (97.37) ポートディクソン火力発電所 リハビリ計画 (490.87) サワラク大学建設計画 (185.49) 中小企業育成基金計画 (162.96)	<u>0.84 億円</u> 草の根無償 (16 件) (0.39) ケダ州文化施設音響・照明機材 (0.45)	<u>46.57 億円</u> 研修員受入 730 人 専門家派遣 117 人 調査団派遣 167 人 協力隊派遣 23 人 機材供与 891.0 百万円 プロジェクト技協 6 件 開発調査 12 件
	<u>1,256.25 億円</u> 高等教育借款基金計画 () (52.85) パハン・スランゴール導水計画 (E/S) (10.93) ポートディクソン火力発電所 リハビリ計画 () (537.64) 全国下水処理計画 (484.89) クニール水力発電所増設計画 (169.94)	<u>1.10 億円</u> 緊急無償日本脳炎流行 (0.18) 国立美術館に対する視聴覚機材 (0.47) 草の根無償 (11 件) (0.45)	<u>37.03 億円</u> 研修員受入 550 人 専門家派遣 107 人 調査団派遣 161 人 協力隊派遣 30 人 その他ボランティア 8 人 機材供与 384.4 百万円 プロジェクト技協 7 件 開発調査 22 件
	なし	<u>1.04 億円</u> サバ大学に対する日本語教育機材 (0.08) マラ教育財団に対する実験機材 (0.43) 草の根無償 (14 件) (0.52)	<u>37.9 億円</u> 研修員受入 556 人 専門家派遣 86 人 調査団派遣 243 人 協力隊派遣 15 人 その他ボランティア 10 人 機材供与 292.95 百万円 プロジェクト技協 1 件 開発調査 2 件
2000			

出所) 政府開発援助 (ODA) 国別データブック (2001) 外務省経済協力局編

(2) 今後 5 年間の援助計画の方向性

マレーシア政府の開発 5 ヶ年計画である第 7 次マレーシア計画及び 10 ヶ年計画である新開発政策がいずれも 2000 年をもって終了し、2001 年から新たな 5 ヶ年計画及び 10 ヶ年計画が策定された。我が国の対マレーシア援助計画は、このようなマレーシア経済の現状及び開発計画の更新に適合したものである必要がある。

我が国としては、将来のマレーシアの被援助国からの卒業も視野に入れつつ、当面は現在の回復基調をより強固なものとし、マレーシア経済が引き続き持続的かつ安定的な発展を遂げていくための支援を行うことが重要である。

他方、マレーシアにおいては、経済発展の結果、開発や都市化が急速に進展しつつある。これに伴って、自然環境の保全、産業公害の防止、居住環境の改善、地域格差・所得格差の是正等が従来にまして重要となりつつある。我が国としては、かかる問題に対処するための適切な支援を実施していくことが重要である。

(3) 重点分野・課題別援助方針

マレーシア国別援助計画では、現在のマレーシアにおける経済情勢等、開発ニーズ及び 2001 年以降のマレーシア政府の開発政策を踏まえ、我が国は今後以下の分野を対マレーシア援助の重点分野とするとしている。

経済の競争力強化のための支援

(a) 製造業の高度化、効率化

省略

(b) IT 分野での支援

省略

(c) マレーシアの賦存資源を活かした経済セクターの育成、強化

マレーシア経済が安定した発展を遂げていくためには、マレーシアの有する資源を活かした産業を育成、強化していくことが重要である。我が国としては、かかる観点から豊かな自然環境を活かした観光産業や、石油、天然ガスなど豊富な資源を活用した資源産業、また木材、油ヤシ、天然ゴムなどの農林産物の環境に調和した生産とそれらを利用したアグロ・インダストリー等の育成、強化のための支援を行う。

将来のマレーシアを担う人材の育成－高度な知識、技能を備えた人材の育成

省略

環境保全等持続可能な開発のための支援

(a) 環境保全

マレーシアは、東マレーシア（ボルネオ島北部）を中心に、世界で最も生物多様性に富んでいる地域であると言われている。また国土の全体にわたり、熱帯林、マングローブ林などが多く残されている。このような貴重な自然環境を開発との両立を図りつつい

かに保全していくかは、マレーシア一国のみならず地球規模の重要な課題である。我が国としては、自然環境保全に関する研究者、実務者の育成、能力向上をはじめ、自然環境に配慮した持続可能な観光開発、海洋汚染防止や環境教育など、幅広い分野において包括的に支援を実施していく。(以下、省略)

(b) 生活環境の改善

マレーシアでは、1990年代の急速な経済発展に伴い、都市部を中心に交通渋滞、上下水道の未整備、ゴミ問題など、生活環境の悪化が進んでいる。我が国としては、急激な成長に伴って生じた歪みの是正への協力として、社会インフラの整備や担当部局の人材育成や能力向上に対する協力を通じ、生活環境の改善に対する支援を行っていく。また、我が国の経験を活かしつつ、産業公害の防止や、自動車排気ガスに含まれる有害物質の削減、CO₂等温室効果ガスの排出抑制などの分野における支援を行う。

格差是正に対する支援

格差の是正

(a) 農村部における女性の地位向上

略

上記のことを踏まえると、マレーシアの賦存資源を活用したパームオイル産業に対する環境配慮に対する取組支援、特に地球環境問題と係わる取組支援は、我が国のマレーシアに対する援助方針とまさに合致したものと言える。

4.3. CDM 事業における ODA の位置付け

ODA による途上国支援の目標は、途上国の持続可能な発展を側面的に支援するためのものであるが、これは CDM の目的の一つでもある。COP7 におけるマラケシュ合意で、「CDM 事業への公的資金拠出は、ODA の流用となってはならない」と明記されたが、間接的な利用までが禁じられているわけではない。

平成14年3月に国際協力事業団（現在、「国際協力機構」）が作成した「地球温暖化対策 / CDM事業に関する連携促進委員会報告書」（以下、「JICA報告書」）では、地球温暖化対策に関する途上国支援の我が国の望ましい方向性として、以下の4つの視点を挙げ、JICAとしては従来から行っている途上国支援に関してもGHG排出量の少ない内容となるよう配慮すべきであるとしている。

京都イニシアティブを更に推進するとともに、我が国の主要な援助分野に温暖化対策を組み込む

我が国のODAの成果を最大限利用するとともに、新たな枠組の構築により、効率の良い支援を行う

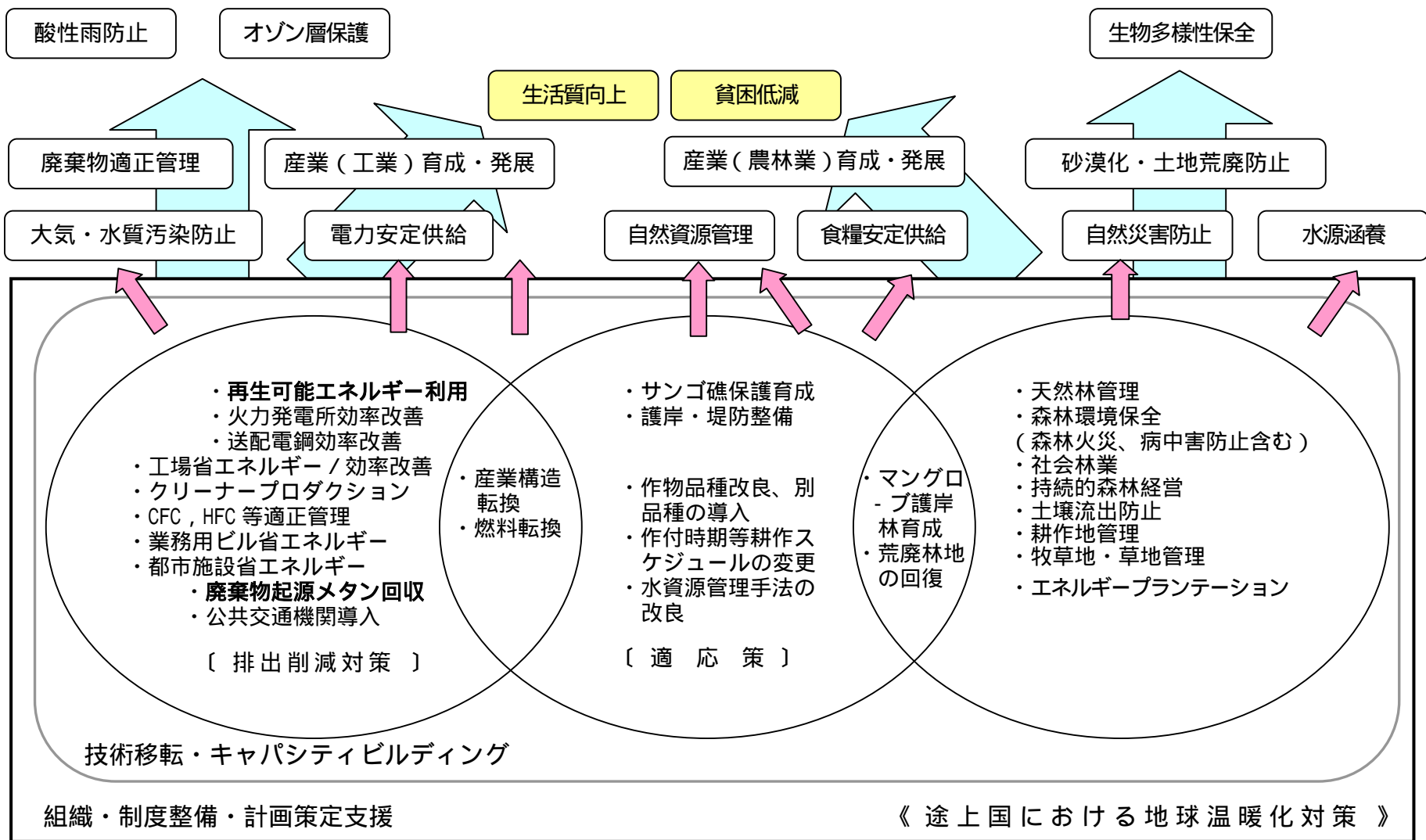
途上国の現在の開発ニーズに応えるとともに、温暖化対策を含む複数の副次的効果を持つ、途上国が受け入れやすい温暖化対策支援を優先する

CDM支援を正面から捉えて途上国を支援し、温暖化対策の実践を促進する

JICAは途上国温暖化対策支援を進めるにあたり、以下の事項を考慮して、より詳細なJICA業務の実施における温暖化対策ガイドラインを策定することが望ましいとしている。

- GHG 削減対策、吸収強化対策、適応策の全てを対象として支援を行う。
- 途上国では社会経済開発他、持続可能な開発に関連する案件が優先されるため、これらの案件に地球温暖化対策の要素を組み込むなどの工夫をして、途上国にも受け入れやすいものとする。
- 直接的、間接的に GHG 排出削減・吸収強化に貢献するプロジェクトを推進することに加えて、ベースラインケースからの削減・吸収効果を最大限とするように配慮する。
- 研修員受入、専門家派遣、開発調査、無償資金協力等 JICA の既存のスキームを有機的かつ効率的に連携させ、温暖化対策のパッケージ化を図る。
- 長期的な視野のもとに、地域の持続可能な開発の達成を導く、コミュニティレベルに基盤をおいた活動に対する支援を重視する。
- 他の機関との連携のもとに、CDM プロジェクトの実施に必要な不可欠な技術移転・キャパシティビルディングを積極的に推進する。

JICA 報告書の中に示されている「途上国における温暖化対策と JICA 業務の関連」（図 4 - 3）として整理された図では、排出削減対策として「再生可能エネルギー利用」や「廃棄物起源メタン回収」が挙げられている。また、水質汚染防止などを踏まえた廃棄物適正管理や産業（工業）育成・発展へといった視点も示されている。



出所) 国際協力事業団「地球温暖化対策 / CDM 事業に関する連携促進委員会報告書」(平成 14 年 3 月)

図表 4 - 3 途上国における温暖化対策と JICA 業務の関連

4.4. CDM における ODA に期待される役割

JICA報告書では、CDMに公的資金が果たすべき役割として、以下の4項目が挙げられている。

途上国におけるCDMプロジェクト実施に関する障害の除去 民間企業が実施するCDMプロジェクトの支援 公的資金によるCDMプロジェクトの実施 国・地域間の公平性の確保

公的資金によるCDMのオプションとして、以下のオプションを想定し必要性の高いものから早急に検討して開始するとともに、目標達成に向けて各オプションの効果的かつ適切な組み合わせを検討していくことが望まれるとしている。なお、ホスト国政府の関連機関等への情報提供・普及啓発、及び技術移転・キャパシティビルディングは、これら全てのオプションの実施を支える基盤となる必要不可欠な活動であることから、公的資金による実施を早急に開始すべきと考えられている。

- | |
|---|
| (I) 公的資金により直接CDMプロジェクトを実施する
(II) 公的資金により直接炭素クレジットを取得する
(III) 公的資金により民間企業によるCDMプロジェクトを支援する |
|---|

4.4.1. CDM における ODA の活用の可能性

マラケシュ合意による制約はあるものの、我が国は世界最高レベルのODA実績を有しており、途上国の持続可能な開発に貢献するキャパシティビルディングや技術移転は、我が国が得意とする分野である。京都イニシアティブ等の温暖化対策プロジェクトのうちODAによるCDMプロジェクトの実施がCDMとして適格性を有するか否かは、COP等における今後の国際的な議論に委ねられるところであるが、ODAによって実施されているプロジェクトが温暖化対策としての実質的な効果を有しているという点は事実であり、今後も主張していく必要がある。

新ODA大綱によって、ODAを一層戦略的に利用していくという視点が明確にされたわけであるが、京都議定書を批准した我が国が国際公約を守ることは国際社会における信用の問題であり、また国内環境産業を育成し海外展開を図っていくためにもODAをCDMと連携させることが必要と考えられる。

- 途上国の技術的、組織・制度的な対応能力が発展途上であること。
- 民間企業への支援の枠組が十分に構築されていないこと。
- 途上国における温暖化対策が国内外において長期にわたる取組を必要とするものであること。

これらのことから、持続可能な開発への貢献を目指すODAを適切に活用し、CDMプロジェクトの効率的な実施を支援していくことは、我が国及び途上国双方にとってメリットのあるものである。

従って、CDMにおけるODAの活用について、否定する方向ではなく積極的な解釈を検討し、日本にも途上国にも利益をもたらすために、"win - win"となる、または副次的効果を持つようなODA活用の推進方法を構築することが求められる。なお、情報提供・普及啓発、技術移転・キャパシティビルディングに関しては、現時点において国際的にも認められるODAの活用方法ということが可能である。

現時点で想定されるCDMへのODAの活用例として、以下に示す取組が挙げられる。

情報提供・普及啓発

途上国の温暖化対策基盤整備支援

具体的な支援策の例としては、以下のようなものが想定される。

・技術移転及び人材育成：

・組織・制度整備支援：

民間企業群の活動支援

CDMプロジェクトの実施主体としての取組

各支援のリンケージ

4.5. 本事業における ODA の利用可能性

我が国では財政事情の悪化により 1998 年度以降、ODA の削減が続いており、ODA のより一層効果的な利用が求められている。2002 年 8 月にヨハネスブルクで表明した「持続可能な開発のための環境保全イニシアティブ (EcoISD)」で途上国の主体的な取組を尊重しつつ、能力向上支援を重視した協力を推進することとし、我が国の環境 ODA の重点分野として地球温暖化対策を掲げている。97 年に京都会議で国際的な公約として決めた温室効果ガスの我が国の削減目標達成が現状では厳しい状況になっている中で、理念に近い我が国の ODA と CDM を組み合わせた取組の実施は利にかなっていると考えられる。

パームオイル工場を核としたバイオマス産業構想は、日本とマレーシアの両国にとってメリットがあるものである。我が国のメリットとしては、CER の獲得が容易になるだけでなく、バイオマスに有利な東南アジアにおけるバイオマス事業のイニシアティブを取りやすくなること、そして EcoISD などの国際公約の実現に向けた取組を具体的に示すことができることなどが挙げられる。マレーシアにとってのメリットは、新たな雇用を生む新産業の創出や新技術の日本からの獲得、パームオイル産業のイメージアップが期待される。

マレーシアにおけるパームオイル工場を対象とした CDM 事業を一つ一つの企業、工場を対象とした場合、それぞれのケースごとに相手企業との交渉が必要となるため、事業主体となることを考えている日本企業にとって負担は大きい。例えば、ODA をパームオイル産業全体の支援策として利用することにより、パームオイル産業全体との CDM 事業を成立させることが考えられる。これにより、CER を効率的に確保することができるとともに、業界全体の繁栄にも繋げることができるであろう。

首相府経済企画院やマレーシアにおける CDM 案件の審査メンバーである気象庁の Chow 局長との意見交換をした際に、新産業の起業に向けた ODA の側面的支援を強く希望された。具体的には、次のような支援が望まれている。

ラグーン閉鎖後の跡地に、POME、EFB、ファイバーやシェルター等を利用したバイオマス関連製品の製造プロセスや製品などの紹介を広く行う普及啓発への支援。

パームオイル工場からの副産物を利用したバイオマス産業技術者を育成するための研究開発に対する支援。

メタン発酵施設などの運転やバイオマス関連製品製造に係る技術トレーニングを行うための支援。

具体的には例えば、施設建設や機材・器具の提供、専門家の派遣などの支援が考えられるが、新 ODA 大綱に基づき、国別援助計画の見なおしが今後なされるはずであるが、CDM との連携により我が国全体のコスト負担の削減を図るという視点も含め、どのような支援がありえるのかについて、我が国の関係機関と具体的に検討を進めることが望まれる。

第5章 CDM 事業計画案の作成及び事業化に向けた課題検討

5.1. CDM 事業計画案の作成

5.1.1. プロジェクトの実施場所

FELDA 社の S 工場 (Negri Semblian 州)

5.1.2. プロジェクトの概要

日本とマレーシアにおける CDM モデル事業として、CPO 生産に伴い排出される POME の処理方式を開放型タンクから密閉型消化タンクへ変更し、POME から発生するバイオガス中のメタンを回収し、蒸気を製造して隣接地に立地を予定するポリ乳酸製造工場などのバイオマス産業へ供給することにより、化石燃料の代替による温室効果ガスの排出削減を行う。プロジェクトの実施にあたり、S 工場にある既存のクーリングポンド (POME 冷却池) 等、利用できるものは可能な限りそのまま利用することとする。

図表 5 - 1 導入する主な設備等諸元

導入設備	仕様等
メタン発酵施設 (密閉型消化タンク)	3,240m ³ × 2 基 (滞留日数 10 日間)
ガスホルダー	300m ³ (25 分滞留)
ガスボイラー	1.5MW × 2 基
配管	クーリングポンド メタン発酵施設 : 30m メタン発酵施設 酸化池 200m

5.1.3. プロジェクトの事業期間

2006 年から 2026 年までの 21 年間のプロジェクト事業期間を予定する。2006 年から 2012 年までの 7 年間で事業の 1 回目の更新を行い、さらにその 7 年後に 2 回目の見直しを行う。

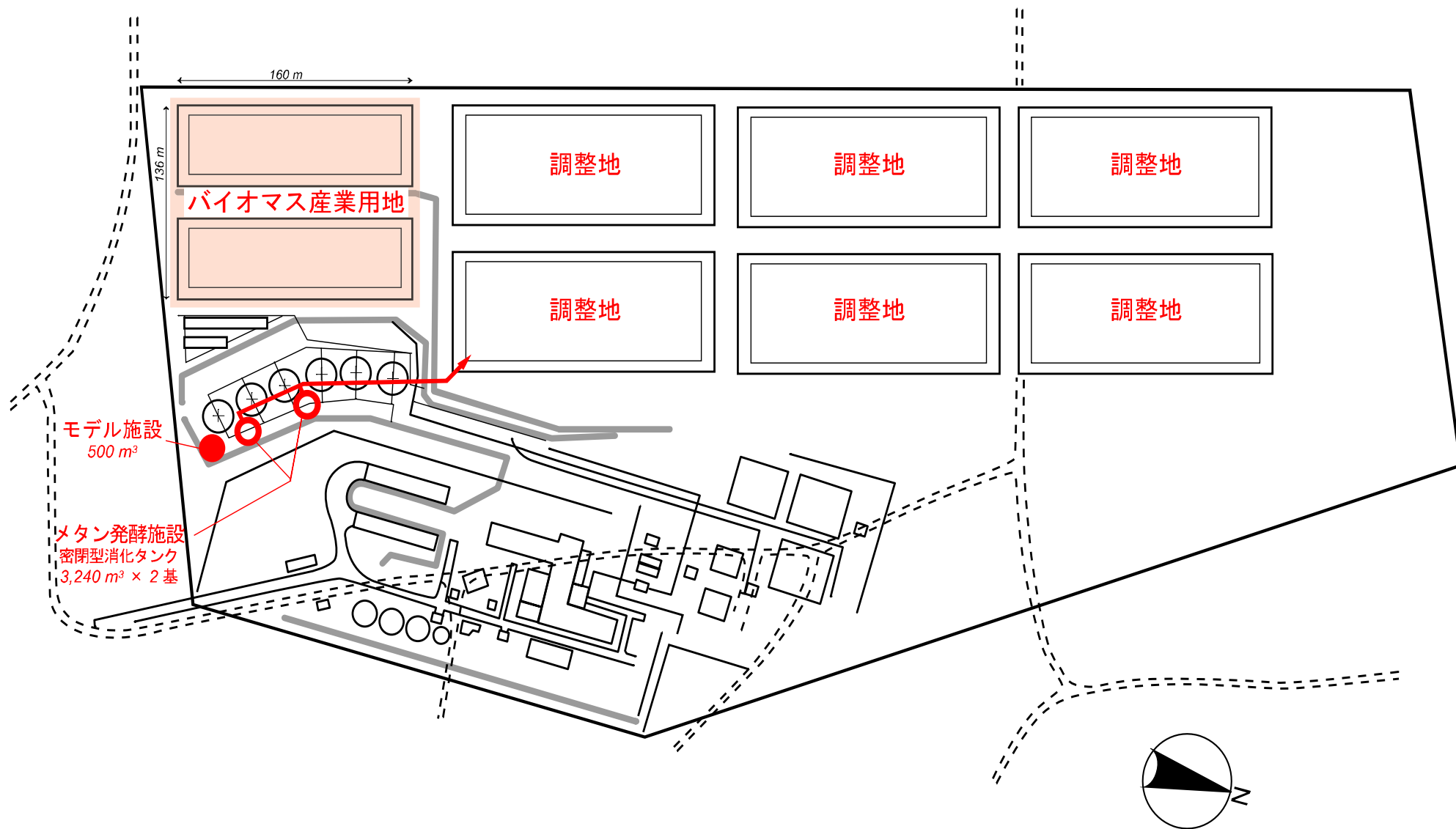
5.1.4. プロジェクトの実施・運営主体

現在運転を行っているメタン発酵施設のモデルプラントの稼動状況やバイオマス産業に係る事業化に向けた詳細検討を踏まえ、FELDA 社と日本側企業により改めて事業化計画を立案するなかで、プロジェクトの実施・運営主体を決定する。

5.1.5. 施設配置計画

施設配置計画を図表 5 - 2 に示す。

CPO 工場から排出される 100 近い POME をオイルトラップを経て、クーリングポンドで冷却後、メタン発酵施設 (2 施設) で受け入れるようにする。メタン発酵施設の立地場所は、既存の開放型タンクに隣接することを予定する。なお、現在 8 面ある調整池のうち、メタン発酵施設の南側の調整池をバイオマス産業の立地に利用することとし、残り 6 面でメタン発酵廃液の最終調整を行う酸化池として利用する。



図表 5 - 2 施設配置計画図

5.1.6. 資金計画

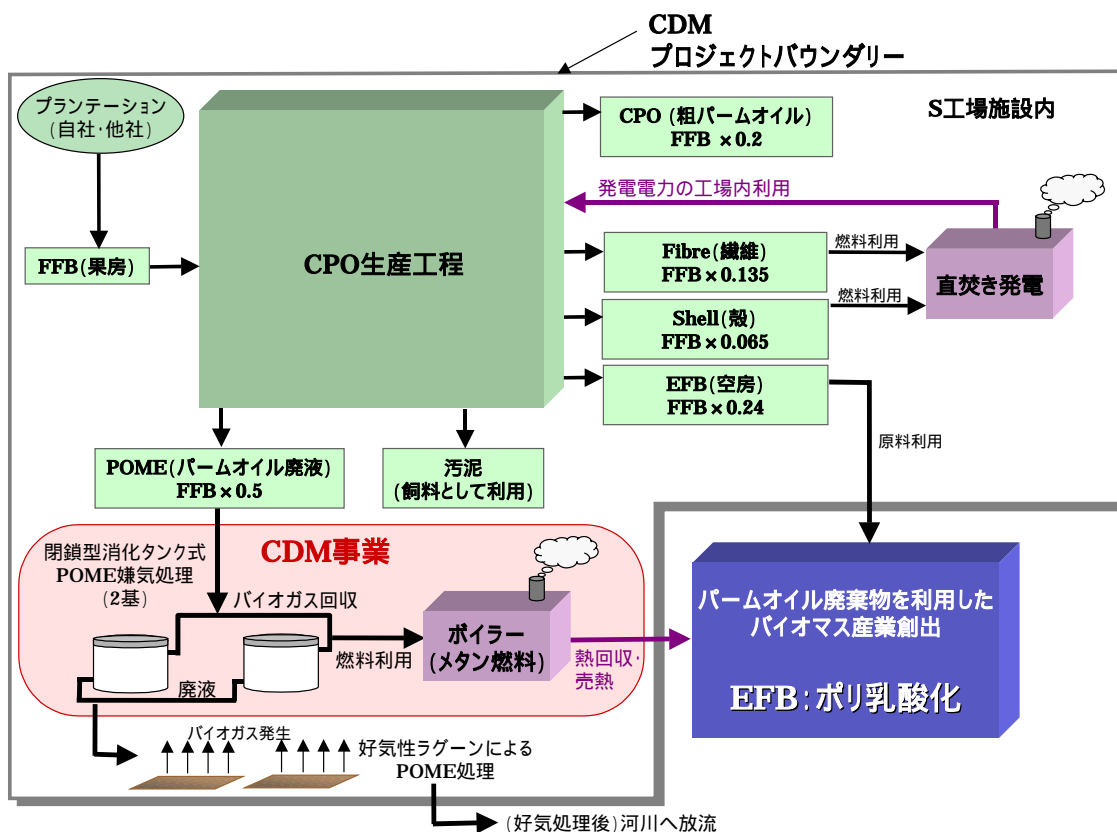
本事業の投資額は総額約 1.1 百万 US\$ (約 1.2 億円) である。この資金計画はプロジェクトの事業主体が確立し、それによる事業計画で決定するが、市中金利の高いマレーシアではなく日本国内で調達した方が有利なことから、日本国内での極力低い金利での事業資金の調達を支援することが望まれる。

5.1.7. プロジェクトバウンダリーとベースラインの設定

(1) プロジェクトバウンダリー

プロジェクトバウンダリーは、「2.3.プロジェクトシナリオ及びプロジェクトバウンダリーの設定」のシナリオ 2 及び 3 に該当し、以下の要素を含む。

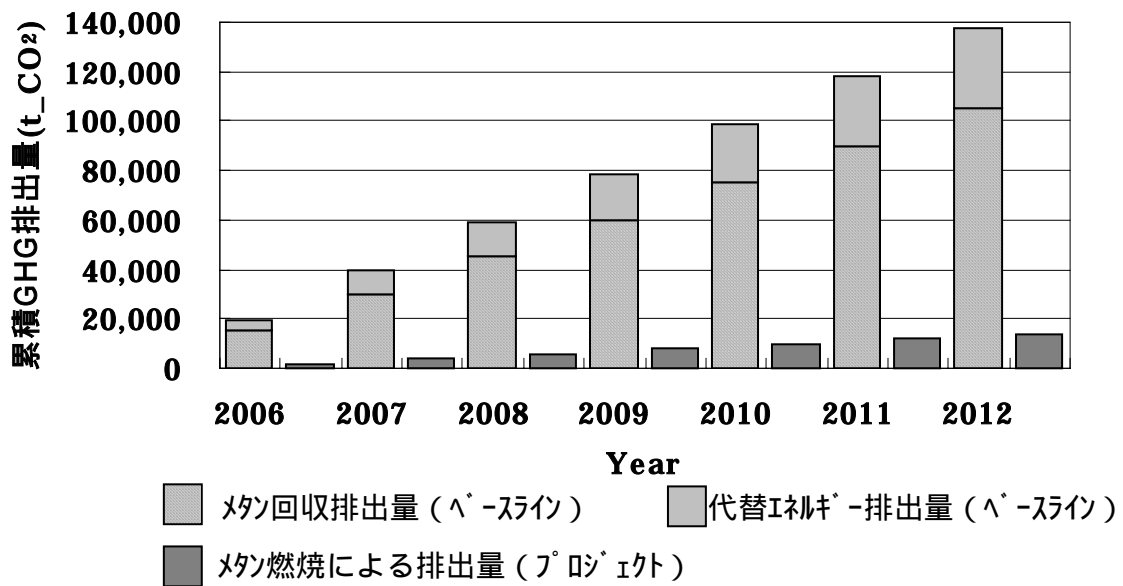
- S工場施設内(メタン発酵施設、メタン発電施設を含み、ポリ乳酸化工場を含まない)
- FFB 搬入元プランテーションからの FFB 輸送経路



図表 5 - 3 プロジェクトバウンダリーの設定

(2) ベースライン排出量及びプロジェクト排出量

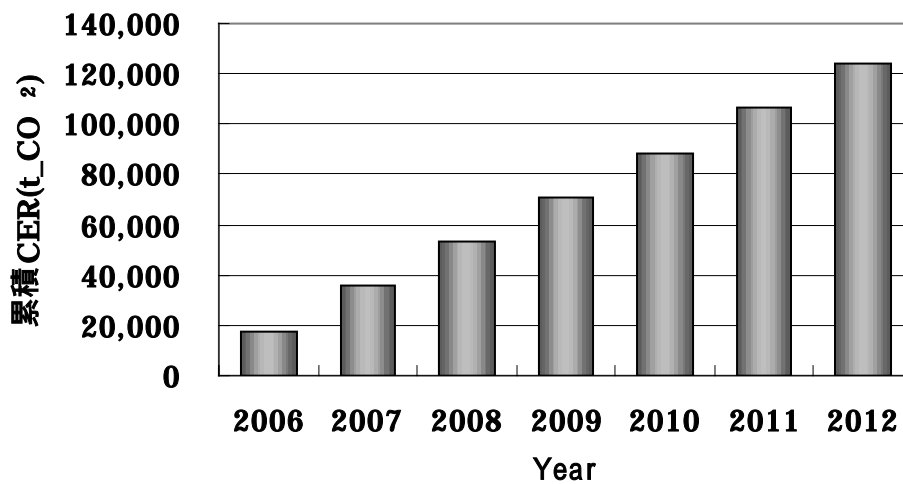
ベースライン排出量は、開放型消化タンクから発生する毎年約 750t のメタン (15,750t_{CO₂}/y) である。プロジェクトシナリオ排出量は、回収メタンを利用した熱供給事業によって代替される温室効果ガス 4,644t_{CO₂}/y、及びメタンの燃焼に伴い発生する温室効果ガス 1,966 t_{CO₂}/y である。



図表 5 - 4 累積 GHG 排出量

5.1.8. 温室効果ガスの排出・吸収量・削減量の算定

上記ベースラインに基づき、S 工場におけるメタン回収及びメタン熱回収事業を実施することにより獲得される CER は毎年約 17,704t_CO₂ で、7 年間のプロジェクト期間に獲得される CER の合計は 123,928t_CO₂ という試算結果が得られた。



図表 5 - 5 累積 CER 獲得量

5.1.9. 事業効果

(1) 正の影響

温室効果ガスの排出削減効果以外に、本プロジェクトを実施することによる事業効果として、主に次のことが挙げられる。

環境改善効果 土地の有効利用促進効果 経済効果 雇用効果、他

環境改善効果

S工場から排出されるPOMEは、排水基準(BODが100ppm以下)を満たしているもの、BODが平均約40ppmの状態での河川放流されており、さらにやや臭気の問題もある。本事業により、河川放流前にBOD負荷及び臭気については現状よりさらに改善することが期待できる。

土地の有効利用促進効果

現在、S工場にある8面の酸化池のうち2面(約2ha)をバイオマス産業の立地に提供することが可能となるため、土地の有効活用を図ることができることになる。

経済効果

本事業によりCERによる収入(10US\$/t_{CO₂})とすると、21年間で372万US\$、年間17.7万US\$)のほか、建設投資が107万US\$、蒸気売却収入が21年間で395万US\$見込まれ、その経済効果が期待される。さらに、バイオマス産業の立地により、例えばポリ乳酸生産工場などの立地が進むと、約1億US\$の投資による効果や経済効果が期待できる。そのような投資等による経済効果に加え、モデル事業として国内外からの視察者等が多数、関係工場に視察に来ると考えられることから、視察者等による経済効果なども期待される。

雇用効果、他

本事業により生み出される雇用は3人程度と見込まれるが、今後、マレーシアのパームオイル全340工場に波及した場合には1,000人を超える雇用を生み出すことが見込まれる。

また、マレーシアにおいては今後環境問題、エネルギー問題に対して積極的に取り組みを推進していくこととされており、本事業はその一環としてのモデル効果が期待される。

(2) 負の影響

本プロジェクトの実施に伴う負の影響はメタンガスの貯留に伴うガス爆発の危険性である。しかし、適切な防爆対策により、ガス爆発は十分に回避可能であるため、従業員教育や安全管理体制が必要となる。

5.1.10. 費用対効果

S 工場での CER の価格は、メタン発電事業の IRR=15%を確保できるように設定すると、その設定方法によりやや差はあるものの概ね 5.3US\$/t_CO₂ 程度で取得できると見込まれ、日本側にとっては費用対効果は高い事業といえる。

5.1.11. モニタリング計画

図表 5-6 は本事業におけるモニタリング項目と、モニタリングによって推計する排出量を示している。CER の算定に必要な排出量を直接モニタリングすることはコスト的、技術的に困難である場合があるため、本方法論では関係する項目のモニタリングを行い、それに基づき排出量を推計するという手法をとる。また、モニタリング計画では、モニタリングコストを小さく抑えるために、通常業務の範囲外の作業をできる限り抑えた手法を導入する。

図表 5-6 モニタリング計画図

モニタリングによる推計項目 モニタリング項目	ベースライン排出量			プロジェクト排出量		リーケージ		前提条件の整合性/環境規制遵守等
	POMEの嫌気処理に伴うメタン排出量	熱供給事業により代替されるGHG排出量	FFB受入増加分の輸送に伴う排出量	メタン燃焼に伴う排出量	ボイラー起動に伴う排出量	FFB受入量増加による他工場でのメタン排出削減量	CPO搬出経路変更に伴うGHG排出変化量	
FFB受入量								
POME発生量								
嫌気処理前COD濃度								
嫌気処理後COD濃度								
河川放流時のBOD濃度								
熱供給量								
電源起動時の燃料(電力)消費量								
電源起動回数								
工場稼働日数								

5.1.12. 事業化に向けたステップとスケジュール

現在、九州工業大学、マレーシアプトラ大学、及び FELDA 社でバイオマス事業の推進に向けた MoU に向けて、次の 3 段階で取り組むこととする。

ステージ 1

九工大 - UPM の共同研究によるモデル事業等

平成 16 年 2 月からメタン発酵施設モデルプラント (500m³) の運転が行われるようになり、運転に伴うデータを取り始めており、建設したこのモデル施設を最大限有効に活用し、CDM 事業化に向けた検討を進めるとともに、有機酸、ポリ乳酸化、アルコール燃料化の事業化に向けた新たな研究を進める。さらに、ベースラインやモニタリングなどの手法を確立するための実測データを充実させていく。

事業実施体制の整備

マレーシア側では FELDA 社と TNB 社がバイオマス・バイオガス発電に関する事業協力の覚書を平成 15 年 3 月末までに締結する予定であり、TNB 社も魅力的な事業であれば資本

参加の意向を示している。事業主体としての本調査への一層の協力強化が図られつつある。

また、日本側では大手家電メーカーや電力会社などの民間事業者が本事業に関心を示しており、本事業の事業主体としての参画の可能性の見極めを行っている段階である。

ステージ 2

ステージ 1 の調査研究成果を踏まえ、平成 16 年度末までに S 工場などを対象とした CDM 事業計画を FELDA 社及び日本企業との間で作成し、それに基づきメタン発酵施設による CDM 事業を行う。この事業は、ステージ 3 のバイオマス事業との連携の中での事業とすることが想定されるため、その事業化研究との連携を図ることとする。

ステージ 3

現在、付加価値の PLA（生分解性プラスチック）やアルコール燃料化の研究が進められていることから、これらの工業的生産の可能性をより具体的に検討し、2006 年に実証プラントを建設することを目指す。実証実験の結果から事業性を評価し、事業性の確保が見込まれる場合には、その事業実施化を推進する。

図表 5 - 7 事業化に向けたスケジュール（案）

項目	時期	H16fy	H17fy	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy
		(2004)	(2005)	(2006)	(2007)	(2008)	(2009)	(2010)	(2011)
STAGE 1 実証試験及びモニタリング方法等の確定	メタン施設建設	→							
	メタン施設の運転・評価	□	→						
STAGE 2 事業計画の立案 CDM 事業化	S 工場での事業計画立案	→							
	施設建設		→						
	施設の運転開始（2006 年まで）			→	→	→	→	→	→
STAGE 3 有機酸等回収、利用 モデルの実証、導入	メタン施設建設	□	→	□					
	実用化に向けた研究	→							
	メタン施設の運転・評価			→					
	事業化へ				□	→	→	→	→

5.2. CDM 事業の実現化に向けた主な課題

5.2.1. 日本企業と FELDA 社の刷り合せを十分に行った CDM 事業計画の立案

1.1.3 で示したように、国際市場における現在の CER 価格は、FELDA 社にとっての事業メリットが乏しいことから、CDM 事業を実施するインセンティブが働いていない状況にある。そこで今年度調査では、パームオイル工場からの副産物によるバイオマス産業の立ち上げを主に、それを支援するツールとしての CDM 事業という位置付けで検討したが、このような合わせ技の中で CDM 事業を位置付けさせ、日本企業と FELDA 社の意向を刷り合せた CDM 事業計画を作成することが必要である。

5.2.2. CDM 理事会におけるベースライン方法論の認知

平成 15 年に CDM 理事会に提出した新方法論に対するコメントを踏まえ、PDD のバージョンアップを図ったところであるが、CDM 理事会から本 PDD で示した新方法論の承認を得ることが必要である。

5.2.3. 事業リスク軽減のための FFB の確保

現在、FELDA 社が抱える油ヤシプランテーションの多くは、これから再植樹が行われる予定である。CDM 事業に日本側の投資家を呼び込むためには、投資家にとってのリスクを極力下げることが望まれることから、この期間中においても近隣の工場や民間プランテーション事業者と連携し、FFB を十分確保し、メタン発酵施設の稼働率をなるべく維持することが必要である。

5.2.4. バイオマス産業の立ち上げ支援

本調査結果が示すように、マレーシア側にとってより重要な事業は、付加価値の高いバイオマス事業の立ち上げである。このような事業を立ち上げるための土地を準備するために、ラグーン方式からメタン発酵方式への変化も想定される。さらに、そのような新産業を立ち上げるために、マレーシア側から日本の ODA に期待が寄せられており、ODA との連携も含め、我が国としては、マレーシアのパームオイル産業と Win-Win の関係が導けるよう戦略的に CDM 事業を確保するための支援を行うことが望まれる。

5.2.5. 基礎的データの集積

嫌気性ラグーン方式や開放型消化タンク方式を用いた POME 嫌気処理におけるメタン排出量などの年間データや、嫌気処理施設の水深とメタン排出量との関係、COD 濃度とメタン排出量との関係など、CDM 事業の計画策定にあたって、不明なデータがまだ多くある。このように、ベースライン方法論の検討においては不確定要素の存在によって保守的な値を使わざるを得ない場合が多い。そこで、新方法論の承認のためには地元の企業や研究機関とも連携し、CDM 事業を検討するための基礎的データの集積を図ることが必要である。

マレーシアパームオイル工場における
メタン回収及び再生可能エネルギー創出事業

Methane Recovery and Renewable Electricity

プロジェクト設計書

株式会社 エックス都市研究所

目次

- A. 提案事業の概要
- B. ベースライン方法論
- C. 事業期間及びクレジット期間
- D. モニタリング方法論及びモニタリング計画
- E. 排出源別の温室効果ガス算定
- F. 環境影響
- G. 利害関係者コメント

Annexes

- Annex 1 事業参加者連絡先
- Annex 2 公的助成（Public Funding）に関する情報
- Annex 3 新ベースライン方法論
- Annex 4 新モニタリング方法論
- Annex 5 ベースラインデータ
- Annex 6 略語解説

A. 提案事業の概要

A.1. プロジェクト名

マレーシアパームオイル工場廃液処理におけるメタン回収及び再生可能エネルギー供給事業

A.2. 提案事業に関する記述

A.2.1. 背景及び目的

背景

本プロジェクトを推進する背景として以下の2点が挙げられる。

- 2005年までの新エネルギー導入目標
マレーシアでは従来の石油、水力、天然ガス、石炭に次ぐ第5のエネルギー源として、再生可能エネルギーを推奨している。2005年末までには全系統電源エネルギー供給量の5%に再生可能エネルギーを導入することを目標としている。また、2001年に小規模な再生可能エネルギー供給事業を促進するために SREP (Small Renewable Energy Power Programme) が立ち上げられ、再生可能エネルギーをプレミアム価格で販売することが可能となっている。
- パームオイル廃液 (POME) から発生するバイオガス
パームオイル工場では、有機分濃度の高い POME と呼ばれる廃液が多量に発生するため、廃液処理システムにおける汚染対策が非常に重要である。マレーシアの排水基準を満たすためには、POME の初期段階の処理方式として通常、開放型の嫌気処理方式が導入されている。しかし、嫌気処理過程では多量の有機分が分解されるものの、それと同時に、温室効果ガスのひとつであるメタンが大気中に大量に放出される。世界でも最大の生産量を誇るマレーシアパームオイル産業から発生するメタンは膨大な量にのぼるため、地球温暖化対策の観点から、メタンの排出量削減対策の必要性は高い。

目的

マレーシアパームオイル産業の中でも、大規模である S 工場を対象に、「A.2.3.事業計画」に示す計画により温室効果ガスの排出抑制を行うことを本プロジェクトの目的とする。

A.2.2. 持続可能な発展への貢献

マレーシア政府が策定した第8次マレーシア計画では、バイオマスを含めた再生可能エネルギーを2005年までに全エネルギー需要量の5%まで導入することを目標として掲げており、本事業はその方針に適合するものである。

また、マレーシアでは、環境、開発、社会経済の 3 側面における持続可能な発展への寄与が、持続可能性の判断基準とされており、本事業は以下に示すようにマレーシアにおける持続可能な発展に大きく貢献するものであると判断される。

i) 環境面

本事業により、POME の適正処理により河川法流水の有機物濃度低下、及び POME 処理施設における悪臭の防止など周辺環境への負荷低減が可能となる。

ii) 開発面

本事業は、再生可能なバイオマスエネルギー開発（比較的小規模なメタンエネルギー利用）によりエネルギー資源の多様化に貢献する。同時に、経済の活性化と投資の呼び込みが期待される。

iii) 社会経済面

事業により、新たな雇用の創出が期待される。

A.2.3. 事業計画

本 CDM プロジェクトは Annex3 に示す以下の要素により構成される。

[Component A]

• メタン回収：

S 工場における POME 処理方式を、BaU の開放型消化タンク方式から、閉鎖型消化タンク方式へ変換し、大気中に放出されているメタンを回収する

→ 削減される温室効果ガス：

POME 嫌気処理過程から発生するメタンの排出抑制

[Component B]

• 回収メタンの有効利用（熱供給）：

回収メタンを燃料として蒸気を製造し、隣接するポリ乳酸製造工場へ売却することにより、化石燃料起源の蒸気を代替し温室効果ガスを削減する。ボイラーは CDM 事業の実施にあたり新たに建設する。

→ 削減される温室効果ガス：

熱供給により代替される化石燃料起源の温室効果ガス

マレーシア気象局長及び CDM METH 委員である Chow Kokee 氏による。

A.3. 事業関係者

本事業は以下の関係者の協力の下に行われる。本事業の連絡先は、(株)エックス都市研究所となる。

(株)エックス都市研究所：環境分野を専門とする日本のコンサルティング会社である。特に、廃棄物処理、温室効果ガス削減、及び本事業の計画、技術的、財政評価、実施に関わるコンサルティング業務を担う。

FELDA 社：ホスト国事業者であり、土地活用条例に基づき 1956 年に設立された公的事業体 FELDA の 100%出資会社である。マレーシア全土に S 工場を含む 72 のパームオイル工場を所有するマレーシア最大のパームオイル会社である。

九州工業大学 (KIT)：特に環境科学の分野で最先端の工学技術の研究開発を手がける日本の国立大学である。本事業では、排出量算定に必要なデータの実測及び技術開発を行う。

マレーシアプトラ大学 (UPM)：バイオテクノロジー技術を用いて、バイオマスの有効利用方法など環境分野の研究開発を行うマレーシアの国立大学である。本事業では、ホスト国側の参加者として技術研究を行う。KIT と連携して本事業では、排出量算定に必要なデータの実測及び技術開発を行う。

住友重機械工業株式会社：メタン発酵槽の設計も多く手がける日本の大手プラントメーカー。本事業では、閉鎖型消化タンクの基本設計、及び安全管理や建設作業に関わる助言を行う。

A.4. 提案事業の技術的概要

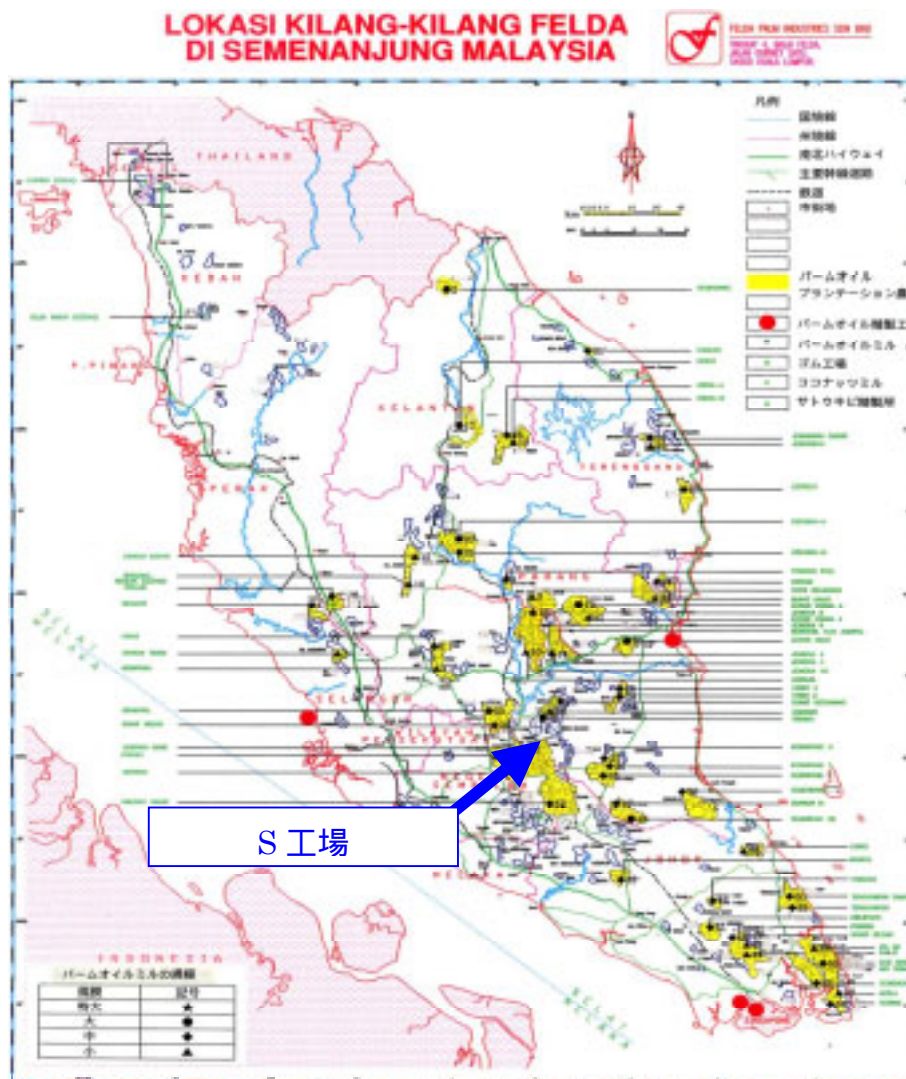
A.4.1. 事業位置

A.4.1.1 ホスト国 : マレーシア (投資国: 日本)

A.4.1.2 地域/州/県など : Negri Sembilan 州

A.4.1.3 市/町/村など : Bahau

A.4.1.4 事業が特定される具体的情報を含めた位置情報



図表 A - 1 工場位置

A.4.2. カテゴリー

本事業は、工場廃液から発生するメタンの回収・燃焼により蒸気を製造し、熱利用する事業であるため、UNFCCCにより定義される以下のカテゴリーに分類する。

分野	: Waste handling and disposal
カテゴリー	: メタン回収及び発電事業

A.4.3. 導入技術

- 閉鎖型消化タンクによる嫌気処理技術：

本事業では滞留日数は10日として、水深10m、体積約3,420m³の閉鎖型消化タンク2基を導入する。設計は住友重機械工業㈱が行い、建設及び施工管理は現地建設会社が行う方式を採用することにより、コスト低減を図る。

A.4.4. 人間活動による温室効果ガスが、提案される CDM 事業により、いかに削減されるのか、また CDM 事業がなければなぜ削減されないのか、について政策や周辺状況も考慮に入れた説明

本事業におけるベースラインシナリオを以下のように示す。

- POME 処理方式：
開放型消化タンク方式を用いた廃液の嫌気処理が継続することにより、処理過程で発生するメタンが排出され続ける。
- ポリ乳酸製造工場で利用される燃料：
本事業で製造する蒸気の利用先となるポリ乳酸製造工場では、年間約30万tの蒸気を製造して熱利用を行う計画であるが、CDM事業が存在しなければ全ての蒸気を重油を燃料として製造することが想定される。

上記のベースラインシナリオに対して、本事業では閉鎖型消化タンク方式を導入し蒸気製造・販売を行うことにより（A.2.3.参照）、温室効果ガスの削減を行う。

閉鎖型消化タンク方式の導入により排出抑制されるメタンは、年間15,015(t_CO₂)、7年間で105,105(t_CO₂)となる。さらに、熱供給による化石燃料起源の温室効果ガス代替量は、年間4,644(t_CO₂)、7年間で32,508(t_CO₂)となる。一方、プロジェクトシナリオにおいて、メタン燃焼により大気へ放出されるCO₂は年間1,966(t_CO₂)、7年間で13,762(t_CO₂)となるため、提案事業により年間17,704(t_CO₂)、7年間で123,928(t_CO₂)の温室効果ガス削減量が見込まれる。

なお、提案事業が実施されない場合には、以下の理由によりバイオガス回収及び熱供給事業は実施される可能性は低い（B.4.参照）。

- CER 売却益なしには本事業の収益性は低い。
- 開放型消化タンク方式を用いた現行の POME 処理システムはマレーシアにおける排水基準を満たすのに十分なシステムである。マレーシアでは、パームオイル工場におけるメタン排出を抑制するために追加的な投資をすることを義務付ける規制や、投資に見合う経済的インセンティブがない。
- 排水基準がより厳しくなった場合にも、工場運営者は排水基準を満たすために閉鎖型消化タンクの建設は行わず、曝気装置の導入など最小限の投資で対処する可能性が高いと考えられる。

A.4.5. 公的助成

本事業の実施に関連して、いかなる ODA 及び公的助成支援の利用も計画されていない。

B. ベースライン方法論

B.1. 方法論タイトル

UNFCCC では本事業に適用可能なベースライン方法論は承認されていないため、本事業では、Annex3 に示す新ベースライン方法論を提案する。

タイトル:	パームオイル工場廃液処理におけるメタン回収及び再生可能エネルギー供給のベースライン方法論
-------	--

B.2. 適用した方法論の妥当性

B.2.1. 手法の選択

方法論の策定にあたり排出量算定の手法として、マラケシュアコード 48a.を選択する。

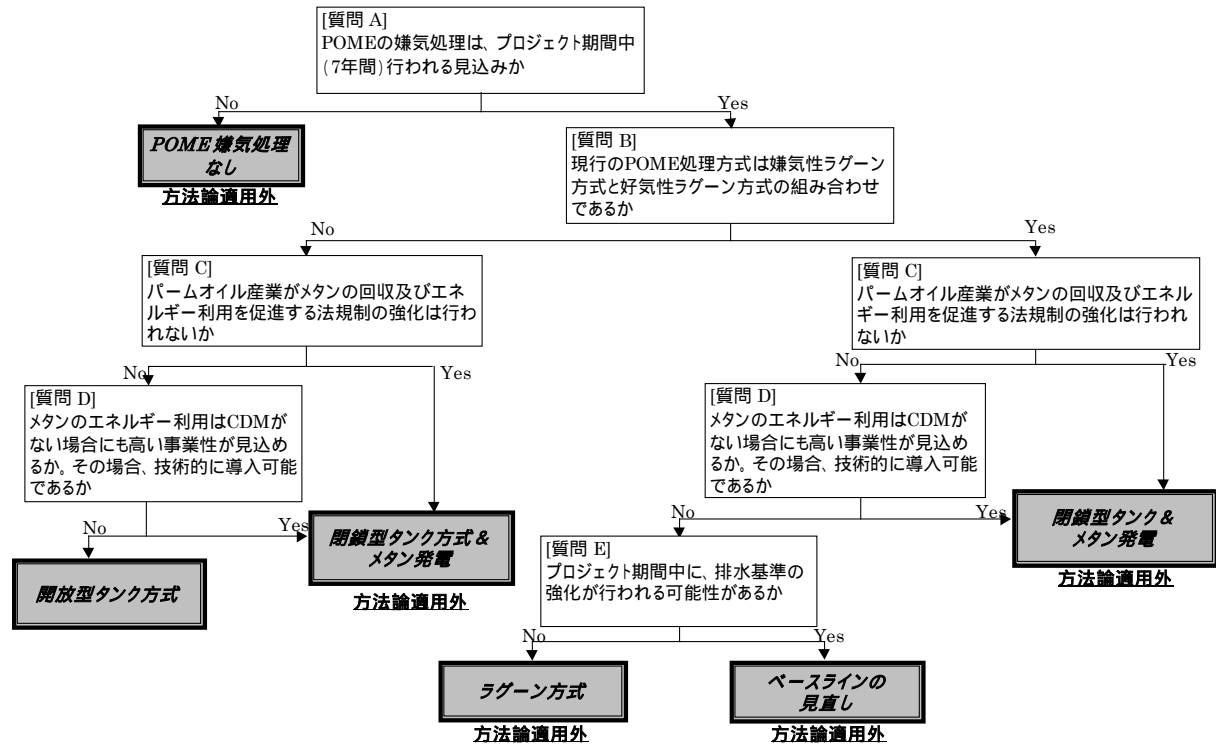
B.2.2. 適用性

以下に示す通り、本事業は Annex3 に定義される方法論の適用条件を満たす。

- 経営規模：
FELDA 社はマレーシア国内に 72 工場を所有するマレーシア最大のパームオイルメーカーである
- 熱利用先：
S 工場近隣にはグリッド網が整備されておらず、工場敷地内にポリ乳酸製造工場が立地される
- プロジェクトの構成：
本事業は POME 処理システムを開放型消化タンク方式から閉鎖型消化タンク方式へ置き換えることにより、メタン回収・蒸気製造を行い、隣接するポリ乳酸工場へ熱供給を行うものである

B.2.3. ベースラインシナリオの設定

Annex3 で提案されている方法論に基づき、図 B - 1 に示す決定樹を用いてベースラインシナリオの設定を行う。



図表 B - 1 決定樹

[質問 A]

- POME の嫌気処理は、プロジェクト期間中（7 年間）行われる見込みか：

S 工場では、現在 POME の嫌気処理が行われている。有機酸事業など POME を原材料とした産業計画は実証化段階であり、本プロジェクト期間中（7 年間）の実用化は困難と考えられるため、POME の嫌気処理の継続が推定される。

Yes. 質問 B へ

[質問 B]

- 現在の POME 処理方式は嫌気性ラグーン方式と好気性ラグーン方式の組み合わせであるか：

S 工場では、3,600m³ の開放型消化タンク 6 基、通性ラグーン 2 池、好気性ラグーン 12 池を用いて、POME 処理を行っている。

No. 質問 C へ

[質問 C]

- パームオイル産業がメタンの回収及びエネルギー利用を促進する法規制の強化は行われないか：

マレーシア国内には POME 処理に関しては、現時点でメタン回収を義務付ける法規制が存在せず、また、今後 7 年間以内に制定される可能性も低いと考えられる。つまり、マレーシアのパームオイル産業においては、メタン回収・エネルギー利用（蒸気製造・発電）を義務付ける法規制は想定されないため、答えは「No（ノー）」となり、政策的追加性が検証されたことになる。

No. 質問 D へ

【質問 D】

- メタンのエネルギー利用は CDM がない場合にも高い事業性が見込めるか。その場合、技術的に導入可能であるか：

マレーシア政府は石油、石炭、水力、天然ガスに次ぐ第 5 のエネルギー源として再生可能エネルギーの推進を行っており、2001 年より再生可能エネルギーを優先的に購入する SREP (Small Renewable Energy Power Programme) を導入している。しかし、S 工場は、パームオイルプランテーションに囲まれた僻地にあり、全国系統電源の変電所が近隣に存在しない。SREP では最も近隣の全国系統電源の距離が 10km 以内であることが適用条件であり、S 工場はこれに該当しないため、SREP 制度の利用は困難である。仮に SREP 事業が可能であると想定して事業性評価を行った結果、以下の結果が得られた。

- 定格 : 900kW
- 発電効率 : 30%
- 売電価格 : 0.16RM/kWh (SREP 推奨価格)
- 売電量 : 5,375MWh
- IRR : 2.0%

従って、CDM がない場合には本事業の事業性は確保されず BaU とはなり得ない。これにより、本事業の経済的追加性が示された。

No. 従って、ベースラインシナリオは開放型消化タンク方式となる。

B.3. 方法論の適用方法:

図表 B - 2 に示したパラメータをベースライン方法論で示された算定式に適用することによりベースライン排出量の算定を行う。

図表 B - 2 発生源別の温室効果ガス算定

No.	排出源	GHG	ベースラインシナリオにおける算定の有無	プロジェクトシナリオにおける算定の有無
	プロジェクトによるFFB受入増加分の輸送に伴う排出量	CO ₂	×	
		N ₂ O	×	
		CH ₄	×	
	POME嫌気処理に伴う排出量	CO ₂	×	×
		N ₂ O	×	×
		CH ₄		×
	POME好気処理に伴う排出量	CO ₂	×	×
		N ₂ O	×	×
		CH ₄	×	×
	メタン燃焼に伴う排出量	CO ₂	×	
		N ₂ O	×	×
		CH ₄	×	×
	ボイラー起動に伴う排出量	CO ₂	×	×
		N ₂ O	×	×
		CH ₄	×	×
	熱供給事業によって代替される排出量	CO ₂		×
		N ₂ O		×
		CH ₄		×

B.4. 人間活動による温室効果ガスの各排出源別削減方法

本 CDM 事業を実施するにあたり、本事業の追加性を示す根拠となる、「事業性の低さ（経済的バリア）」、「政策的インセンティブ不足（政策的バリア）」、「投資国の技術力（技術的バリア）」の3つのバリアについて以下に記述する。

B.4.1. 経済的バリア

ここでは、本 CDM プロジェクトが BaU ではないことを示すことを目的として、本事業の事業性の検討を行う。

[Step1] : ベースラインシナリオにおける重油購入コスト推計

本 CDM 事業は、製造した蒸気を工場敷地内に隣接されるポリ乳酸製造工場に販売・熱利用する計画である。閉鎖型消化タンクにより回収したメタンを燃料として蒸気を製造し、ポリ乳酸工場に必要な熱量の一部を代替するものである。ポリ乳酸工場では重油炊きボイラーで蒸気製造を行うため、CDM 事業が実施されなければ発生した重油購入コストを節約することができる。燃料節約費は、下記の手順で求められる。

Step1.1. 年間熱供給量

本 CDM 事業では、プロジェクトシナリオにおいて年間 1,149t のメタンを回収・燃料利用し、熱供給効率を 80%として、年間 14,172MWh の熱供給を行う。

$$\begin{aligned} \text{年間熱供給量} &= \text{メタン回収量} \times \text{メタン熱量} \times \text{換算係数} \times \text{熱供給効率} \\ (\text{MWh/y}) & \quad (\text{t/y}) \quad (\text{GJ/t}) \quad (\text{kWh/MJ}) \quad (\%) \\ &= 1,149 \times 55.5 \times 0.2778 \times 0.8 \\ &= 14,172 \quad (\text{MWh/y}) \end{aligned}$$

Step1.2. 燃料節約費

重油炊きボイラーでは、14,172MWh/y に相当する蒸気を製造するのに 1,381t/y (熱供給効率 85%) の重油を必要とする。CDM 事業の実施により削減される重油購入コストは、下式により、207 千 US\$/y と推計される。

$$\begin{aligned} \text{燃料節約費} &= \text{CDM事業による熱供給量} \div \{ \text{重油熱量} \times \text{熱供給効率} \} \times \text{重油単価} \\ (\text{US\$/y}) & \quad (\text{MWh/y}) \quad (\text{MWh/t_重油}) \quad (\%) \quad (\text{US\$/t}) \\ &= 14,172 \div \{ 12.1 \times 0.85 \} \times 150 \\ &= 207 \quad (\text{千US\$/y}) \end{aligned}$$

[Step2] : プロジェクトコストの算定

Step2.1. 閉鎖型消化タンク建設費

閉鎖型消化タンクの建設費は、POME 発生量から算定する。閉鎖型消化タンク方式で確保されるべき滞留日数は 10 日間である。滞留日数を十分に確保するため、タンク容量設計は工場処理能力 (処理限界量) の FFB 受入を想定した POME 発生量に基づいて行う。

$$\begin{aligned} \text{最大POME発生量} &= \text{時間当たりFFB受入能力} \times \text{稼働時間} \times R_{(\text{FFB CPO})} \times R_{(\text{CPO POME})} \\ (\text{m}^3/\text{d}) & \quad (\text{t/h}) \quad (\text{h/d}) \quad (\text{t}_{\text{CPO}}/\text{t}_{\text{FFB}}) \quad (\text{m}^3_{\text{POME}}/\text{t}_{\text{CPO}}) \\ &= 60 \times 24 \times 0.19 \times 2.5 \\ &= 684 \quad (\text{m}^3/\text{d}) \end{aligned}$$

ここで、

$R_{(\text{FFB CPO})}$: FFB1t 当たりの CPO 発生量

$R_{(\text{CPO POME})}$: CPO1t 当たりの POME 発生量

上記で求めた最大 POME 発生量と設計滞留日数から、閉鎖型消化タンク容量は下式で求められる。

$$\begin{aligned}
 \text{閉鎖型消化タンク容量合計} &= \text{最大POME発生量} \times \text{滞留日数} \\
 (\text{m}^3) & \quad (\text{m}^3/\text{day}) \quad (\text{days}) \\
 &= 684 \times 10 \\
 &= \underline{6,840} \text{ (m}^3\text{)}
 \end{aligned}$$

ここで、2003年に竣工したKIT-UPM共同研究による500m³のタンク(住友重機設計)の建設費120千US\$に0.7乗則を適用して、6,840(m³)をカバーするタンクサイズ及びタンク数を検討したところ、低コストなシステムとして図表B-3の組み合わせが得られた。

図表 B - 3 タンク容積及び建設費

タンク容積 (m ³)	基数 (基)	建設費合計 (US\$)	合計容積 (m ³)
3,420	2	916	6,840

$$\begin{aligned}
 \text{閉鎖型消化タンク建設費} &= \text{1基当たり建設費} \times \text{タンク基数} \\
 (\text{千US\$}) & \quad (\text{US\$/基}) \quad (\text{基}) \\
 &= 458,000 \times 2 \\
 &= \underline{916} \text{ (千US\$)}
 \end{aligned}$$

Step2.2. ボイラー建設費

図表B-4に示す本事業で導入予定のボイラーの前提条件に基づき、ガスボイラー建設コストは約12万US\$となる。

図表 B - 4 ボイラー建設費

項目	設定値	備考
前提条件		
工場FFB処理能力 (a)	60 t/h	工場データ
FFB当たりのPOME発生量 (b)	0.48 m ³ -POME/t-FFB	Λ'-スライ方法論 (E.4.1. Step1 参照)
COD除去量 (c)	35.0 kg-COD/m ³ -POME	KIT-UPMの実測値を採用
最大メタン生成容量 (B ₀) (d)	0.25 kg-CH ₄ /kg-COD	IPCC デフォルト値
メタン変換率 (MCF) (e)	0.9	Λ'-スライ方法論 (E.4.1. Step2 参照)
メタン熱量 (f)	55.5 MJ/kg	27度、1気圧
単位変換係数 (g)	0.2778 kWh/MJ	理論値
熱変換効率 (h)	80 %	想定
1MW当たりの蒸気製造量 (i)	0.86 t-蒸気/MWh	大気圧 + 3キ口
ガスボイラー出力		
合計出力 (j)	2.8 MW	(a) × (b) × (c) × (d) × (e) × (f) × (g) × (h)
基数 (k)	2 基	
定格 (l)	1.4 MW	(j) / (k)
ガスボイラーコスト		
蒸気製造能力 (m)	2.4 t-蒸気/h	(i) × (j)
建設コスト (n)	108 千US\$	1基当たり54千US\$

[Step3] : 付帯設備 (蒸気輸送管・ガスホルダー等)

熱回収事業の実施には、製造された蒸気の輸送管や、回収したバイオガスを一時的にストックするガスホルダー等の付帯設備が必要となる。ここでは、これら付帯設備の設置費用を 50 千 US\$ と想定する。

[Step4] : 人件費

人件費単価は、FELDA 社提供データに基づいて、稼働中の現場には常時 1 名を配置し、繁忙期も低収穫期も 1 日 3 交代制 (24 時間) として算出する。

図表 B - 5 人件費データ

人/シフト	シフト	年間人件費 (US\$ / 年 / 人)	合計 (US\$ / 年)
1	3	6,000	18,000

[Step5] : 維持管理費

維持管理費は建設コストの 5% と仮定して推計を行った。

$$\begin{aligned}
 \text{維持管理費} &= \text{初期コスト(US\$)} \times 5(\%) \\
 &= \text{(メタン醗酵施設、ボイラー、ガスホルダー、蒸気輸送管)} \times 5(\%) \\
 &= 1,074 \times 5(\%) \\
 &= 54 \text{ (千 US\$)}
 \end{aligned}$$

[Step6] : CDM プロジェクトが実施されない場合の内部収益率 (IRR)

ここでは、CDM が無い場合に図表 B - 6 の前提条件で蒸気製造・販売事業を行った場合の IRR の推計を行う。

図表 B - 6 蒸気製造・販売事業の前提条件

項目	設定値
事業期間	21 年間
CDM 事業期間	7 年間
蒸気価格 (売却)	15.4 US\$ / t _{蒸気}

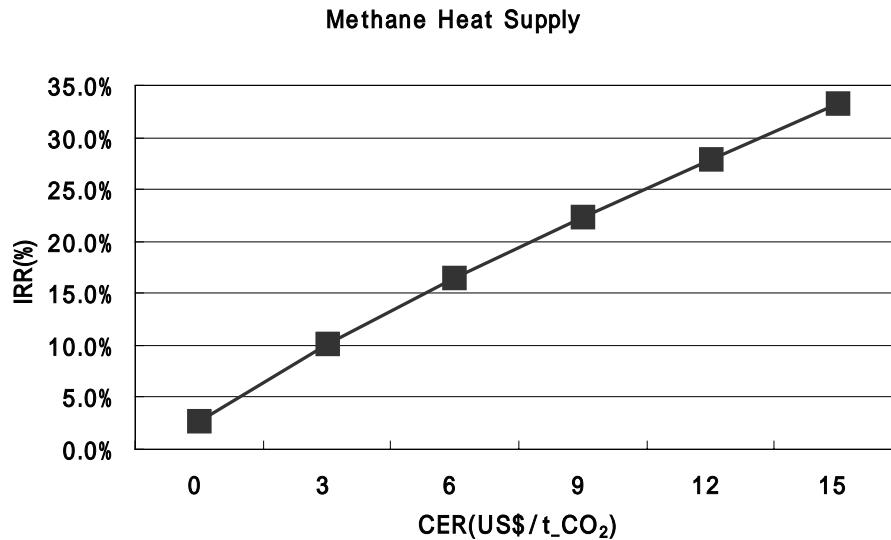
図表 B - 7 収入・支出・内部収益率（IRR）

項目	コスト(千 US\$)	備考
建設費 (a)	1,074	230t/d, t 当たり 2 万 US\$と想定
ボイラー	108	1.5MW × 2 基(FFB 処理能力に基づき設計)
メタン発酵施設	916	3,420m ³ × 2 基、1 基当り建設費 458 千 US\$
蒸気輸送管・ガスルター等付帯設備	50	
支出	264	固定費+変動費+一般管理費
固定費	192	
減価償却費	106	償却年数 10 年、残存価値 10%
人件費	18	年間 6,000US\$/人 × 3 人を想定
利子	56	10 年間の平均利子
技術移転費	12	(a) × 1%
変動費	54	補修費：(a) × 5%
一般管理費	38	(固定費+変動費) × 15%
収入	188	蒸気売却益 (15.4US\$ / 蒸気 t)
収支	75	収入 - 支出
プロジェクト IRR	2.7%	

市中金利が 7%であるマレーシアでは、IRR が 15%以上でなければ事業化の可能性が低い。CDM 事業が実施されない場合、本発電事業の IRR は 2.7%と事業性は極めて低いため、本事業が BaU となり得る可能性は低い。従って、本事業の実施には経済的バリアがあると言える。

蒸気販売期間 : 21 年間
 CER 獲得期間 : 7 年間
 IRR15%が得られる CER 価格 : 5.3 US\$/t CO₂

図表 B - 8 は CER の価格に応じた IRR 値の変化を示している。CER は CO₂-t 当たり 3~5US\$程度と見込まれており、本事業は CER 価格が 5.3US\$以上の場合に事業性が確保される。



図表 B - 8 IRR 及び CER 価格

B.4.2. 政策的バリア

マレーシアのパームオイル産業においては、下記の理由によりメタン回収・エネルギー利用を行う政策的バリアが存在すると考えられる。

- 罰則等を伴う法規制が存在しない。
- 事業性を高める補助金が導入されていない、マレーシアでは再生可能エネルギーの導入を促進しており、再生可能エネルギーを優先的に購入する SREP が実施されているが、本事業を BaU とする政策的インセンティブとはなり得ない。

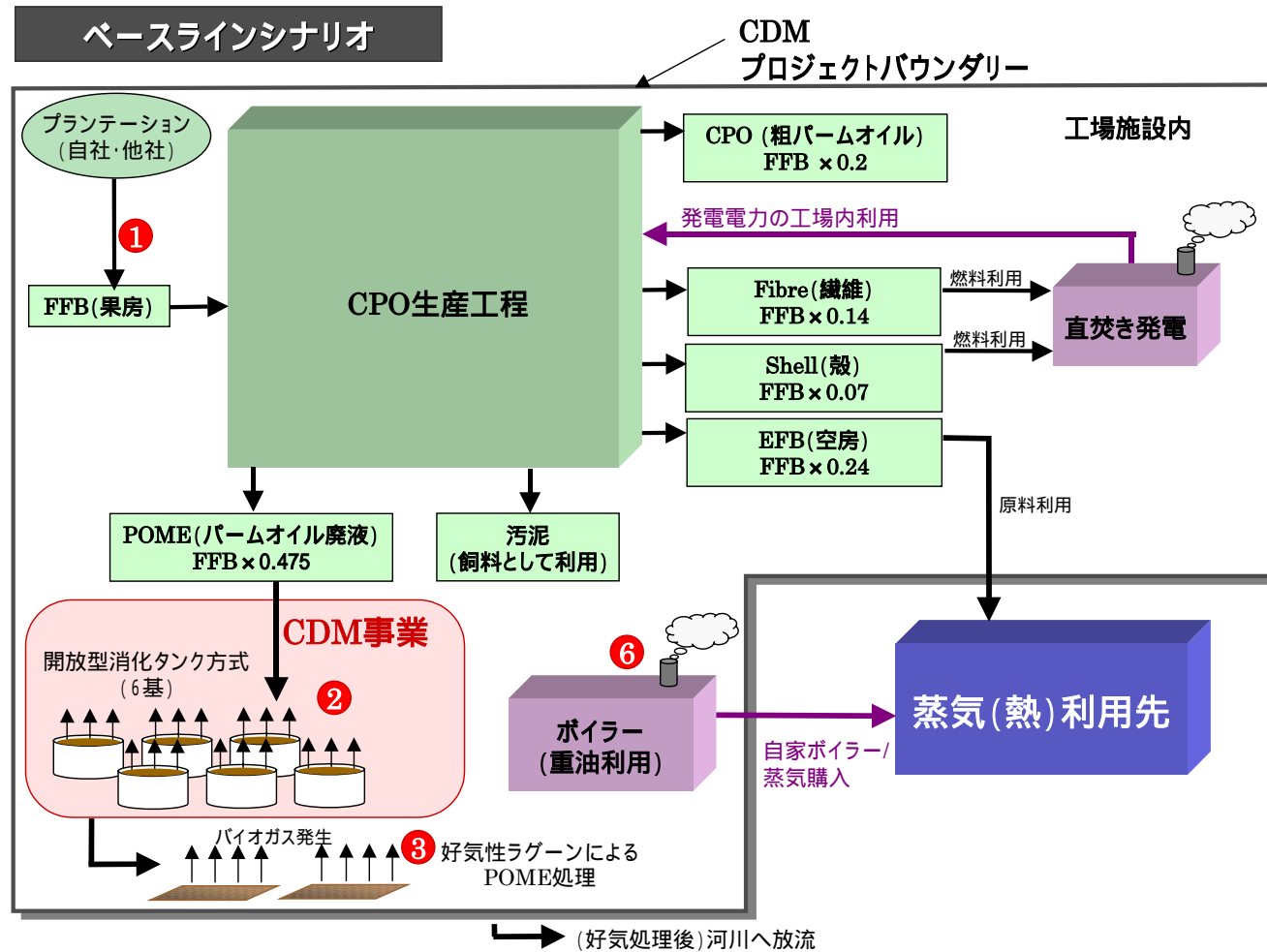
B.4.3. 技術的バリア

大型の閉鎖型消化タンクの導入及び維持管理に関しては、ガス爆発の危険を防ぐために安全確保に最新の注意を払わなくてはならない。マレーシアのパームオイル産業が本事業を導入するためには、成熟したメタン発酵処理技術を有する日本（投資国）の技術協力が必要となるため、本事業が投資国の技術協力なしに BaU となるためには技術的バリアが存在する。

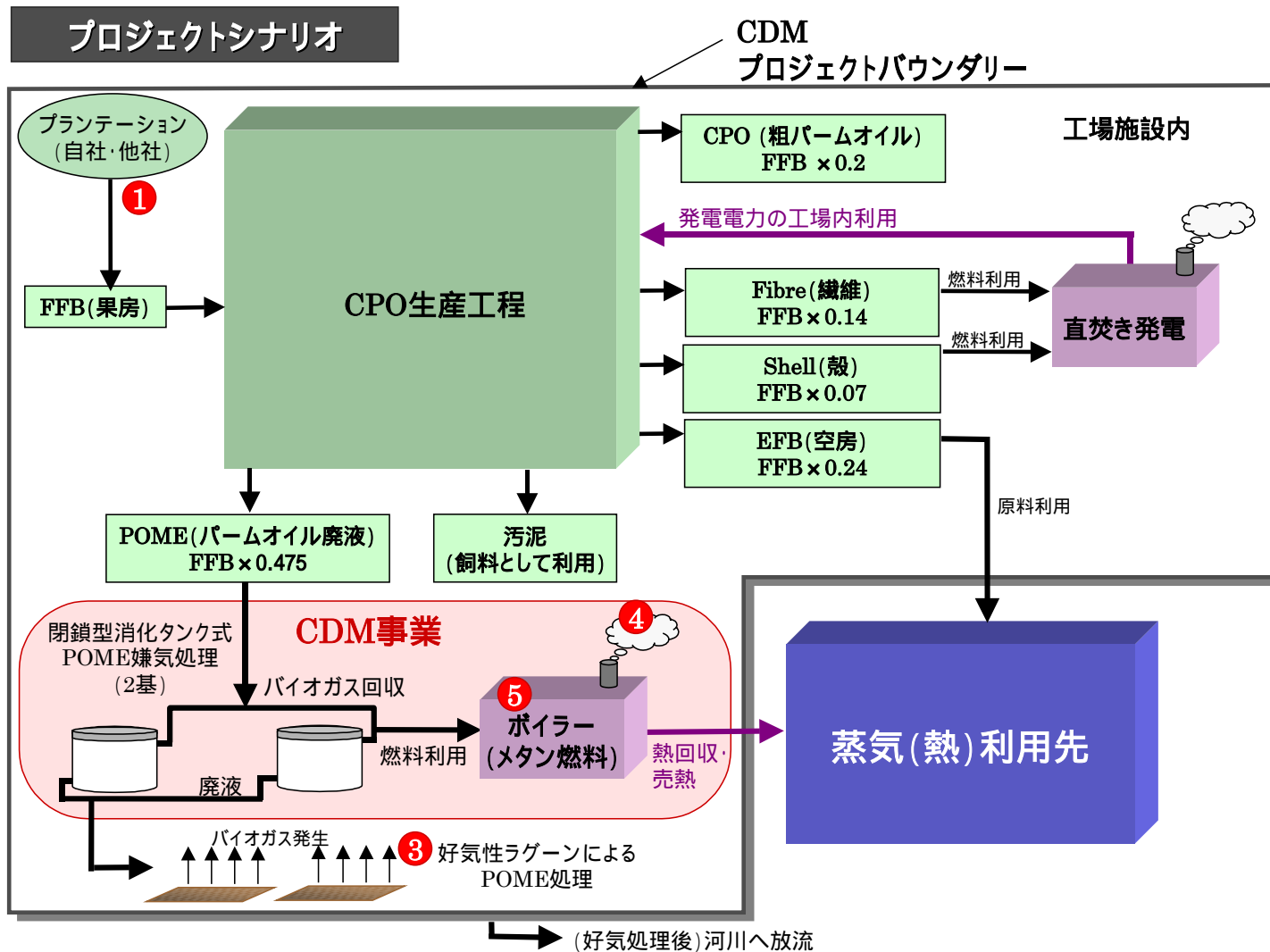
- 閉鎖型消化タンク建設に係る技術移転の必要性。
- 閉鎖型消化タンク稼働後の安全性確保の技術移転の必要性。

B.5. ベースライン方法論におけるプロジェクトバウンダリーの設定

本事業のプロジェクトバウンダリーとしてベースラインシナリオを図表 B - 9 に、プロジェクトシナリオを図表 B - 10 に示す。各図内の番号は、温室効果ガスの排出源を示し図表 B - 2 の番号と対応している。



図表 B - 9 プロジェクトバウンダリー (ベースラインシナリオ)



図表 B - 10 プロジェクトバウンダリー (プロジェクトシナリオ)

B.6. ベースラインシナリオの設定

B.6.1. ベースラインに関する箇所の完成日

01/03/2004

B.6.2. ベースライン設定を行った人物名 / 団体名

(株)エックス都市研究所

〒171-0033

東京都豊島区高田 2-17-22 目白中野ビル 6 F

河村 愛

TEL: +81-3-5956-7503

FAX: +81-3-5956-7523

Email: kawamura@exri.co.jp

C. 事業期間及びクレジット期間

C.1. 事業期間

C.1.1. 事業開始日

メタン回収及び蒸気製造の両事業の開始日をもって、本事業の開始日とする。

事業開始日：01/01/2006

C.1.2. 想定される事業期間

21年間以上

C.2. クレジット獲得期間の選択

C.2.1. 更新可能なクレジット期間（1期間ごとに最大で7年間）

C.2.1.1. クレジット期間の開始日

事業開始日をもって、クレジット期間の開始日とする。

クレジット期間開始日： 01/01/2006

C.2.1.2. 更新までのクレジット期間

7年間

D. モニタリング方法論及びモニタリング計画

D.1. 方法論タイトル

本事業に該当するモニタリング方法論は、現時点では UNFCCC に登録されていないため、本事業では Annex4 に示された新モニタリング方法論に基づき、モニタリング計画を策定する。

タイトル:	パームオイル工場廃液処理におけるメタン回収及び再生可能エネルギー供給のベースライン方法論
-------	--

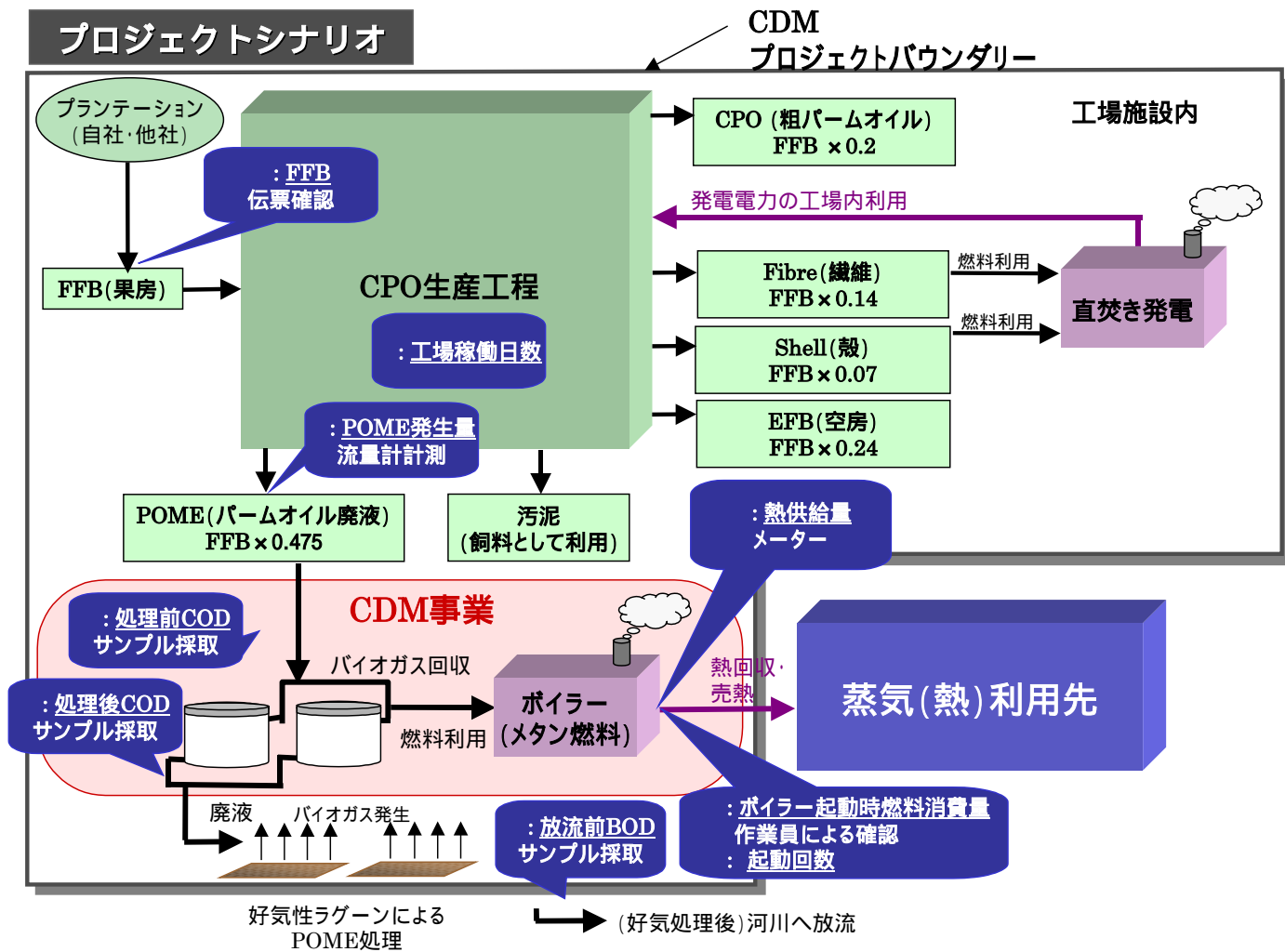
D.2. 方法論適用の妥当性

モニタリング方法論は、ベースライン及びプロジェクト排出量を算定する際の不確定要素を最小化するために適用されるものである。本モニタリング方法論では図表 D - 1 に示す項目を推計することを目的とする。ベースライン方法論に則して ex-ante で行われた温室効果ガス排出量の推計値は、事業実施後にモニタリングを実施し、訂正・修正される（Annex3. 5 不確定要素の評価 参照）。

図表 D - 1 モニタリングによる推計排出量

モニタリングによる 推計項目 モニタリング項目	ベースライン排出量		プロジェクト排出量			リーケージ		前提条件の 整合性 / 環境 規制遵守等
	POMEの嫌気処理 に伴うメタン排出量	熱供給事業により 代替されるGHG排 出量	FFB受入増加分の 輸送に伴う排出量	メタン燃焼に伴う 排出量	ボイラー起動に 伴う排出量	FFB受入量増加 による他工場での メタン排出削減量	CPO搬出経路 変更に伴うGHG 排出変化量	
FFB受入量								
POME発生量								
嫌気処理前COD濃度								
嫌気処理後COD濃度								
河川放流時のBOD濃度								
熱供給量								
電源起動時の燃料 (電力)消費量								
電源起動回数								
工場稼働日数								

図表 D - 2 は、本モニタリング方法論の計画図である。継続的測定が不可能な場合には過去の測定値（2ヶ月以内などの一定の条件内で）から最も低い値（保守的な値）を採用する。また、モニタリング結果によって CER は見直しを行うこととする。全てのデータは電子情報として保管され、指定運営機関（DOE）に監査のために委譲される。



図表 D - 2 モニタリング計画

D.3. プロジェクト活動による排出量モニタリングのために収集すべきデータ及びデータ保管方法

プロジェクト活動による排出量のモニタリングのために本方法論では直接排出量をモニタリングするのではなく、図表 D - 3 に示す項目のモニタリングによって間接的に排出量の評価を行う。評価の対象となる排出量とモニタリング項目の関係は図表 D - 1 に示される。ID 番号は図表 D - 1 及び図表 D - 2 と対応している。

図表 D - 3 モニタリングデータ及び保存方法

ID	種類	単位	測定(m) 計算(c) 推計(e)	頻度	データ 実測率	データ保存方法 (電子媒体 or 紙媒体)	データ保存期間	測定手法	シナリオ	
1	FFB 受入量	重量	t/d	m	毎月	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業 (伝票確認)	プロジェクト
2	POME 発生量	体積	m ³ /d	m	毎月	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業 流量計測定	ペ-ライン/ プロジェクト
3	嫌気処理前 COD 濃度	濃度	mg/L	m	毎月	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業 (サンプル採取)	ペ-ライン/ プロジェクト
6	熱供給量	重量	Kwh	m	継続	100%	電子媒体	事業終了時まで	蒸気量を自動計測	プロジェクト
7	ボイラー起動に必要な燃料(電力)消費量	体積/電力	L/kWh	m	施設起動時	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業 (燃料投入量確認或いは メ-タ-で確認)	プロジェクト
8	起動回数	回数	回	m	施設起動時	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業 (立上げ回数を確認)	プロジェクト

D.4. プロジェクトバウンダリー外に排出源があり、重要かつプロジェクト活動に起因する排出量、及びこれらの排出量の収集・保管方法

本事業で考慮されるべきリーケージは、「FFB 受入増加量に起因する他工場でのメタン排出削減量」である（E.2.参照）が、これは FFB 受入量のモニタリングによる推計項目となる。FFB 受入量を用いた当該項目の推計方法については、Annex3.7.1.に示す。なお、ID 番号は図表 D - 1 及び図表 D - 2 と対応している。

図表 D - 4 モニタリングデータ及び保存方法

ID	種類	単位	測定(m) 計算(c) 推計(e)	頻度	データ 実測率	データ保存方法 (電子媒体 or 紙媒体)	データ保存期間	測定手法	シナリオ	
1	FFB 受入量	重量	t/d	m	毎月	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業 (伝票確認)	プロジェクト

D.5. プロジェクトバウンダリー内に排出源があり、ベースライン排出量算定に必要な関連データ、及びこれらの排出量の収集・保管方法

図表 D - 1 に示すように、プロジェクト活動による排出量のモニタリングのために、前提条件の整合性や環境規制の遵守状況の把握などが必要となる。本方法論では図表 D - 5 に示される項目のモニタリングを行う。なお、ID 番号は図表 D - 1 及び図表 D - 2 と対応している。

図表 D - 5 モニタリングデータ及び保存方法

ID	種類	単位	測定(m) 計算(c) 推計(e)	頻度	データ 実測率	データ保存方法 (電子媒体 or 紙媒体)	データ保存期間	測定手法	シナリオ	
4	嫌気処理後 COD 濃度	濃度	mg/L	m	毎月	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業 (サンプル採取)	プロジェクト
5	放流時の BOD 濃度	濃度	mg/L	m	毎月	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業 (サンプル採取)	プロジェクト
9	稼働日数	日数	days	m	毎月	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業で確認	プロジェクト

D.6. モニタリング項目に対する品質管理・品質保証手法

品質管理・品質保証（QA/QC）に関して手法適用の有無及び今後の計画を図表 D - 6 に示す。なお、ID 番号は図表 D - 1 及び図表 D - 2 と対応している。

図表 D - 6 品質管理・品質保証手法

ID		データ不確実性 (高/中/低)	QA/QC 手続きの計画 (有り/無し)	QA/QC を採用する/しない理由
1	FFB 受入量	低	有り	メタン排出量はモニタリングされる FFB 受入量に基づき計算される。FB のモニタリングには支払伝票を用いる。通常パームオイル産業において FFB 受入量の推計にはこの手法が採られることから、手法の信頼性は高いといえる。
2	POME 発生量	低	有り	POME 排出量はベースラインメタン排出量、プロジェクトシナリオにおけるメタン燃焼による CO ₂ 排出量の算定に必要不可欠なデータである。適切な測定装置による継続的な実測により、データの信頼性は高いといえる。
3	嫌気処理前 COD 濃度	低	有り	当該データはプロジェクトシナリオにおけるメタン燃焼による CO ₂ 排出量の計算に必要となる。適切な測定装置を用いることにより実測の頻度を増加させることにより、データの信頼性を確保する。
4	嫌気処理後 COD 濃度	低	有り	当該データはプロジェクトシナリオにおけるメタン回収量の評価に必要となる。適切な測定装置を用いることにより実測の頻度を増加させることにより、データの信頼性を確保する。
5	放流時の BOD 濃度	低	有り	当該データはプロジェクトシナリオにおける BOD 値が排水基準と適合するかどうかを評価するために行われる。適切な測定装置を用いることにより実測の頻度を増加させることにより、データの信頼性を確保する。
6	熱供給量	低	有り	当該データは本事業によって代替されるエネルギー量の推定に不可欠である。適切な測定器による継続的な計測で、データの信頼性を確保する。
7	ボイラー機電源起動に必要な燃料（電力）量	低	有り	当該データはメタン発電施設の電源起動による排出される CO ₂ を算定するために必要となる。実際に用いられるディーゼル燃料使用量を記録することにより、データの信頼性を確保する。
8	ボイラー起動回数	低	有り	当該データはメタン発電施設の電源起動による排出される CO ₂ を算定するために必要となる。
9	工場稼働日数	低	有り	工場稼働日数は PDD で設定した稼働日数と実際の稼働日数に矛盾がないことを確認するためにモニタリングされる。

D.7. モニタリング方法論設定の責任者

(株)エックス都市研究所

〒171-0033

東京都豊島区高田 2-17-22 目白中野ビル 6 F

河村 愛

TEL: +81-3-5956-7503

FAX: +81-3-5956-7523

Email: kawamura@exri.co.jp

E. 排出源別の温室効果ガス算定

E.1. プロジェクト活動によるプロジェクトバウンダリー内における排出源別の温室効果ガス算定式

E.1.1. メタン燃焼に伴う排出量

必要なパラメータ

・ベースラインシナリオにおけるメタン発生量	: $CH_{4(BaU_POME)}$ (t/y)
・排出係数 (メタン燃焼)	: $EF_{(CH_4\ CO_2)}$ (t_CO ₂ /t_CH ₄)

メタン燃焼に伴う CO₂ 排出量は、下式により求められる。($CH_{4\ i(BaU_POME)}$ (t) の算出方法については E.4.2. 参照)

$$\begin{aligned}
 CO_{2-combustion}(t_CO_2) &= CH_{4\ i(BaU_POME)}(t_CH_4) \times 44/16 \\
 &= 715 \times 44/16 \\
 &= 1,966 (t_CO_2)
 \end{aligned}$$

E.1.2. プロジェクトによる FFB 受入増加分の輸送に伴う排出量

必要なパラメータ

項目	設定値	備考
・輸送距離 (片道) : Transport Distance (km)	25	保守的に設定
・燃料消費量 : Fuel Consumption (km/L)	5.7	軽油燃料トラック (Uncontrol, IPCC デフォルト値)
・FFB 受入増加量 : ΔFFB(t)	実績値	事業実施後にモニタリング
・積載重量 : Load (t/vehicle)	10	保守的に設定
・燃料排出係数 (CO ₂) : $EF_{(transport\ CO_2)}$ (kg/km)	3.3×10^{-1}	軽油燃料 (IPCC デフォルト値)
・燃料排出係数 (CH ₄) : $EF_{(transport\ CH_4)}$ (kg/km)	1.0×10^{-5}	軽油燃料 (IPCC デフォルト値)
・燃料排出係数 (N ₂ O) : $EF_{(transport\ N_2O)}$ (kg/km)	6.3×10^{-5}	軽油燃料 (IPCC デフォルト値)
・地球温暖化係数 (CH ₄) : $GWP_{(CH_4)}$	21	IPCC
・地球温暖化係数 (N ₂ O) : $GWP_{(N_2O)}$	310	IPCC

プランテーションからの FFB 搬入に伴う排出量は、事業実施後の FFB 受入量が、ベースライン受入量として設定した FFB 量を上回る場合にのみ算出する。従って算定はプロジェクト実施後に、下式に基づき行われる。

算定に際して、実際の輸送距離、車体重量、車体燃費の特定は困難であるため、それぞれに対して、以下に示す値を想定する。

$$\begin{aligned}
 CO_{2-Transport}(t_CO_2) &= \Delta FFB \div Load \times Transport\ Distance \times 2 \times Fuel\ Consumption \times EF_{(Transport\ CO_2)} \\
 &= \Delta FFB \div 10 \times 25 \times 2 \times 5.7 \times 3.3 \times 10^{-4} \\
 &= 1.88 \times 10^{-2} \times \Delta FFB
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{CH}_4\text{-Transport (t_CO}_2) &= \Delta\text{FFB} \div \text{Load} \times \text{Transport Distance} \times 2 \times \text{Fuel Consumption} \times \text{EF}_{(\text{Transport CH}_4)} \times \text{GWP}_{(\text{CH}_4)} \\
&= \Delta\text{FFB} \div 10 \times 25 \times 2 \times 5.7 \times 1.0 \times 10^{-8} \times 21 \\
&= 1.20 \times 10^{-5} \times \Delta\text{FFB} \\
\text{CH}_4\text{-Transport (t_CO}_2) &= \Delta\text{FFB} \div \text{Load} \times \text{Transport Distance} \times 2 \times \text{Fuel Consumption} \times \text{EF}_{(\text{Transport N}_2\text{O})} \times \text{GWP}_{(\text{N}_2\text{O})} \\
&= \Delta\text{FFB} \div 10 \times 25 \times 2 \times 5.7 \times 6.3 \times 10^{-8} \times 310 \\
&= 1.11 \times 10^{-3} \times \Delta\text{FFB} \\
\text{GHG}_{\text{-Transport}}(\text{t_CO}_2) &= \text{CO}_2\text{-Transport} + \text{CH}_4\text{-Transport} + \text{N}_2\text{O}_{\text{-Transport}} \\
&= \{9.4 \times 10^{-3} + 6.0 \times 10^{-6} + 5.6 \times 10^{-4}\} \times \Delta\text{FFB} \\
&= 1.0 \times 10^{-2} \times \Delta\text{FFB (t_CO}_2)
\end{aligned}$$

なお、CDM 事業の実施により、FFB 受入量が仮に 5 万 t/y 増加した場合には、輸送により増加する排出量は 500(t_CO₂/y)である。これは、本事業の実施による温室効果ガス削減量 17,704(t_CO₂/y)に対して 2.8%を占めるため、微小とは判断せずリーケージ排出量としてプロジェクト排出量の算定に考慮する。

E.1.3. ボイラー起動に伴う排出量

S 工場では、パームオイル固形廃棄物（殻・繊維）を用いた自家発電の余剰電力が存在し、ボイラー起動に必要な電力の供給が可能である。本事業では、ボイラーの起動に必要な電力は、自家発電の余剰電力を用いる計画とする。バイオマス資源の燃焼に伴う CO₂ はカーボンニュートラルであるため、算定には含めない。また、発電に伴う CH₄、N₂O の排出量も極めて少量であることから、微小と判断し算定には含めない。

E.2. プロジェクト活動によるプロジェクトバウンダリー外における排出源別の温室効果ガス（リーケージ排出量）算定式

E.2.1. FFB 受入増加に起因する他工場でのメタン排出削減量（Leakage_{CH₄}）

必要なパラメータ

項目	設定値	備考
・年間 FFB 受入増加量 : FFB _i (t/y)	-	事業開始後にモニタリング
・年間 POME 発生量 : POME _{i(BaU)} (m ³ /y)	-	FFB より計算
・FFB からの CPO 発生率 : R _(FFB CPO) (t _{CPO} /t _{FFB})	0.19	1996 ~ 2002 年平均値
・CPO からの POME 発生率 : R _(CPO POME) (m ³ _{POME} /t _{CPO})	2.5	
・最大メタン生成容量 : B ₀ (kg _{CH₄} /kg _{COD})	0.25	IPCC デフォルト値
・メタンの地球温暖化係数 : GWP _(CH₄)	21	IPCC ガイドライン
・COD 分解量 : ΔCOD(kg/m ³ _{POME})	35	計算値 (KIT-UPM 実測値に基づく)
・メタン変換係数 : MCF	0.560	Annex3 参照

FFB 受入量増加に起因する他工場でのメタン排出削減量は、プロジェクトにより FFB 受入量が増大したと考えられる場合にのみ算定する。

S工場の場合、15km内の近隣に開放型消化タンクを有するB工場、P工場が立地しているため、Annex3に提案される新方法論に基づきCase2を適用する。算定は下式に基づき、事業開始後に行う(ex-post)。

なお、この場合、仮にFFBを5万t、その他のパラメータも下式のように仮定すると、S工場における5万tのFFB受入量増加による他工場でのメタン排出削減量は約2,450(t_{CO₂})となる。

$$\begin{aligned}
 \text{Leakage}_{\text{CH}_4} &= \text{FFB} \times R_{(\text{FFB CPO})} \times R_{(\text{CPO POME})} \times \text{COD} \times B_0 \times \text{MCF} \times \text{CWP}_{(\text{CH}_4)} \\
 (\text{t}_{\text{CO}_2}/\text{y}) & \quad (\text{t}/\text{y}) \quad (\text{t}_{\text{CPO}}/\text{t}_{\text{FFB}}) \quad (\text{m}^3_{\text{POME}}/\text{t}_{\text{CPO}}) \quad (\text{kg}/\text{m}^3_{\text{POME}}) \quad (\text{kg}_{\text{CH}_4}/\text{kg}_{\text{COD}}) \\
 &= \text{FFB} \times 0.19 \times 2.5 \times 35 \times 0.25 \times 0.560 \times 21 \\
 &= 4.9 \times 10^{-2} \times \text{FFB} \quad (\text{t}_{\text{CO}_2}/\text{y}) \\
 &= 2,450 \quad (\text{t}_{\text{CO}_2})
 \end{aligned}$$

E.2.2. FFB受入増加に起因するCPO排出経路変更により生じる排出量変化(Leakage_{CPO}) 必要なパラメータ

項目	設定値	備考
・ FFB受入増加量 : ΔFFB(t)	-	事業開始後にモニタリング
・ FFBからのCPO発生率 : R _(FFB CPO) (t _{CPO} /t _{FFB})	0.19	1996~2002年平均値 (5.4.1.参照)
・ 輸送距離(片道) : TransportDistance (km)	20	想定(近隣工場までの距離)
・ 燃料消費量 : FuelConsumption (km/L)	5.7	軽油燃料トラック (Uncontrol, IPCCデフォルト値)
・ 積載重量 : Load (t/vehicle)	10	保守的に想定
・ 燃料排出係数(CO ₂) : EF _(CPO CO₂) (kg/km)	3.3 × 10 ⁻¹	軽油燃料(IPCCデフォルト値)
・ 燃料排出係数(CH ₄) : EF _(CPO CH₄) (kg/km)	1.0 × 10 ⁻⁵	軽油燃料(IPCCデフォルト値)
・ 燃料排出係数(N ₂ O) : EF _(CPO N₂O) (kg/km)	6.3 × 10 ⁻⁵	軽油燃料(IPCCデフォルト値)
・ 地球温暖化係数(CH ₄) : GWP _(CH₄)	21	IPCC
・ 地球温暖化係数(N ₂ O) : GWP _(N₂O)	310	IPCC

FFB受入量増加に起因するCPO排出経路変更により生じる排出量変化は、プロジェクトによりFFB受入量が増大したと考えられる場合にのみ算定する。また、CPO搬出経路の走行距離にベースラインシナリオとプロジェクトシナリオで差が生じなければ、FFB受入量が増加しても温室効果ガス排出量に差は生じない。

S工場におけるCPO搬出経路変更による温室効果ガス排出量は下式で求められる。算定に際して、実際の輸送距離、積載重量、燃料消費量の特定は困難であるため、それぞれに対して、保守的な値を想定する。CDM事業実施後のFFB受入量が仮に5万t/y増加しCPOの輸送距離が片道20km(S工場の周囲の工場との距離)伸び、CPOは同一の精製工場に搬入されると想定すると、Leakage_{CPO}は約80t_{CO₂}/yとなる。S工場におけるFFBベースライン受入量が年間約307,000tに対するCDM事業による温室効果ガス削減量は年間約15,015(t_{CO₂}/t)に対して0.4%となるため、Leakage_{CPO}は微小と判断し、算定には含まない。

$$\begin{aligned}
\text{CO}_{2\text{-Transport}} &= \Delta\text{FFB} \times R_{\text{(FFB CPO)}} \div \text{Load} \times \text{Transport Distance} \times 2 \times \text{Fuel Consumption} \times \text{EF}_{\text{(Transport CO2)}} \\
&= 50,000 \times 0.19 \div 10 \times 20 \times 2 \times 5.7 \times 3.3 \times 10^{-4} \\
&= 75.2 \\
\text{CH}_{4\text{-Transport}} &= \Delta\text{FFB} \times R_{\text{(FFB CPO)}} \div \text{Load} \times \text{Transport Distance} \times 2 \times \text{Fuel Consumption} \times \text{EF}_{\text{(Transport CH4)}} \times \text{GWP}_{\text{(CH4)}} \\
&= 50,000 \times 0.19 \div 10 \times 20 \times 2 \times 5.7 \times 1.0 \times 10^{-8} \times 21 \\
&= 0.1 \\
\text{CH}_{4\text{-Transport}} &= \Delta\text{FFB} \times R_{\text{(FFB CPO)}} \div \text{Load} \times \text{Transport Distance} \times 2 \times \text{Fuel Consumption} \times \text{EF}_{\text{(Transport N2O)}} \times \text{GWP}_{\text{(N2O)}} \\
&= 50,000 \times 0.19 \div 10 \times 20 \times 2 \times 5.7 \times 6.3 \times 10^{-8} \times 310 \\
&= 4.5 \\
\text{GHG}_{\text{-Transport}} &= \text{CO}_{2\text{-Transport}} + \text{CH}_{4\text{-Transport}} + \text{N}_{2}\text{O}_{\text{-Transport}} \\
&= 75.2 + 0.1 + 4.5 \\
&= 79.8 \text{ (t_CO}_2\text{)}
\end{aligned}$$

E.3. プロジェクト排出量 (E.1.及びE.2.の合計)

「E.1.プロジェクト活動によるプロジェクトバウンダリー内における排出源別の温室効果ガス算定式」及び「E.2.プロジェクト活動によるプロジェクトバウンダリー外における排出源別の温室効果ガス(リーケージ排出量)算定式」より、本事業による年間のプロジェクト排出量は「E.1.1.メタン燃焼に伴う排出量」に相当する 1,966t_{CO₂}/y で、プロジェクト期間である 7 年間で 13,762 t_{CO₂} となる。

FFB 受入増加に起因するプロジェクト排出量「E.1.2.プロジェクトによる FFB 受入増加分の輸送に伴う排出量」及び「E.2.1.FFB 受入増加に起因する他工場でのメタン排出削減量 (Leakage_{CH₄})」に関しては、事業実施後にモニタリングを行い算定する。

E.4. ベースラインシナリオにおけるプロジェクトバウンダリー内における排出源別の温室効果ガス算定式

E.4.1. POME 嫌気処理に伴う排出量

POME 嫌気処理により排出される温室効果ガスは以下の手順で求められる。

[Step1] : POME 発生量の推計

必要なパラメータ

項目	設定値	備考
・過去7年間の FFB 受入量平均値 : $FFB_{(Average)} (t/y)$	307,000	S 工場における 1997~2003 の平均値
・一年当たり FFB ^バ 受入量 : $FFB_{i(BaU)} (t/y)$	307,000	S 工場における 1997~2003 の平均値として設定。事業実施後にモリツグ ^バ 値で修正
・一年当たり FFB ^{プロジェクト} 受入量 : $FFB_{i(Project)} (t/y)$	307,000	S 工場における 1997~2003 の平均値として設定。事業実施後にモリツグ ^{プロジェクト} 値で修正
・年間 FFB 受入増加量 : $FFB_i (t/y)$	-	事業実施後にモリツグ ^バ 値で修正
・FFB からの CPO 発生率 : $R_{(FFB \rightarrow CPO)} (t_{CPO}/t_{FFB})$	0.19	1996~2002 年平均値
・CPO からの POME 発生率 : $R_{(CPO \rightarrow POME)} (m^3_{POME}/t_{CPO})$	2.5	マレーシアパームオイル研究所資料より

Step1.1. FFB 年間受入量 ($FFB_{i(BaU)}$) の推計

プロジェクト期間中の BaU における FFB 受入量は、過去のトレンドに即して行われるものと想定して、S 工場における 1997 年から 2003 年までの実績データ図表 E - 1 を用いて FFB 受入量 (FFB_{i-BaU}) を推計する。平均値は 306,919 (t/y) の百の位を四捨五入し、307,000 (t/y) とする。プロジェクト実施前には、ベースライン受入量、プロジェクト受入量ともに、平均値を想定して温室効果ガスの算定を行う。

図表 E - 1 FFB 受入実績

年	FFB 受入量 (t/y)
1997	293,090
1998	271,110
1999	332,250
2000	322,360
2001	342,200
2002	300,180
2003	287,240
平均値	306,919

$$FFB_{Total(BaU)} = \sum_{i=1}^7 FFB_{i(BaU)} (t) = 307,000(t)$$

本事業におけるベースライン受入量は 307,000 (t/y) となる。また、プロジェクト期間における FFB ベースライン受入量合計は下式で求められる。

図表 E - 2 FFB ベースライン受入量 (プロジェクト期間 7 年間)

年	FFB 受入量 (t/y)
2006	307,000
2007	307,000
2008	307,000
2009	307,000
2010	307,000
2011	307,000
2012	307,000
Total	2,149,000

ただし、上記の値は事業実施後の FFB 受入量モニタリングにより、修正される。事業実施後のプロジェクト受入量が平均値以上の場合、下式に示すように平均値をベースライン受入量とし、プロジェクト受入量との差を、FFB 受入増加分 (FFB) とする。また、プロジェクト受入量が平均値を下回る場合、プロジェクト受入量とベースライン受入量は等しく、FFB 受入増加分 (FFB) は 0 (ゼロ) と仮定する。

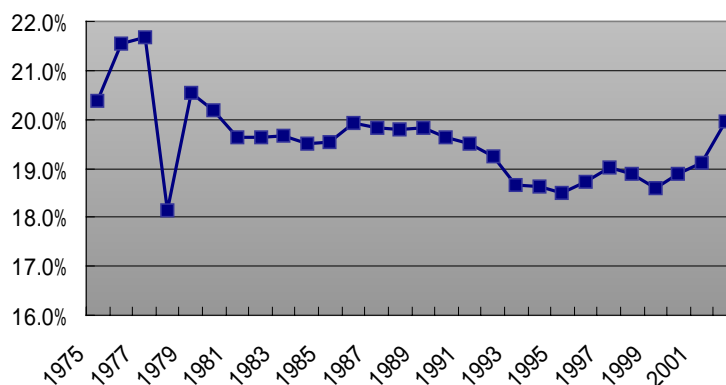
$$\begin{aligned} \text{Case1} : \text{FFB}_{(\text{Average})} &\geq \text{FFB}_{i(\text{Project})} \text{ の場合} \\ \text{FFB}_{i(\text{BaU})} &= \text{FFB}_{(\text{Project})} \\ \text{FFB}_i &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Case2} : \text{FFB}_{(\text{Average})} &< \text{FFB}_{i(\text{Project})} \text{ の場合} \\ \text{FFB}_{i(\text{BaU})} &= \text{FFB}_{(\text{Average})} \\ \text{FFB}_i &= \text{FFB}_{i(\text{Project})} - \text{FFB}_{i(\text{BaU})} \end{aligned}$$

Step1.2. FFB からの CPO 抽出率 ($R_{(\text{FFB CPO})}$)

FFB からの CPO 抽出率は図表 E - 3 のように推移してきている (Malaysian Oil Palm Statistics 2002)。Annex3 に基づき、プロジェクト期間における CPO 抽出率を 1996 ~ 2002 年までの 7 年間の平均値として算出すると、19.0% が得られた。(2003 年データは未刊行)

$$R_{(\text{FFB CPO})} = \left\{ \sum_{i=1}^7 R_{i-(\text{FFB CPO})} \right\} / 7 = 0.190 (t_{\text{CPO}}/t_{\text{FFB}})$$



図表 E - 3 CPO 抽出率の年変化

図表 E - 4 CPO 抽出率の年変化 (1996 ~ 2002)

年	CPO 抽出率
1996	18.7%
1997	19.0%
1998	18.9%
1999	18.6%
2000	18.9%
2001	19.1%
2002	19.9%
平均値	19.0%

Step1.3. ベースラインシナリオにおける CPO 年間生産量 (CPO_{i(BaU)}) の推計

CPO 生産量は FFB 年間受入量推計値にパームオイル抽出率を乗じることにより求めることができる。i 年における CPO 年間生産量は下式で求められる。

$$\begin{aligned} \text{CPO}_{i(\text{BaU})} &= \text{FFB}_{i(\text{BaU})} \times R_{(\text{FFB CPO})} \\ &= 0.190 \times \text{FFB}_{i(\text{BaU})} (t_{\text{CPO}}/y) \end{aligned}$$

Step1.4. CPO からの POME 発生率 (R_(CPO POME)) の推計

マレーシアパームオイル研究所 (PORIM) によると、単位当たり CPO からの POME 発生率は下記の値をとるとされており、”Malaysia National Greenhouse Gas Inventory 1994”における公式排出量算定式にも用いられているマレーシアの公式値である。本プロジェクトでは、この値を CPO からの POME 発生率として採用することとする。

$$R_{(\text{CPO POME})} = 2.5 (m^3_{\text{POME}}/t_{\text{CPO}})$$

Step1.5. 年間 POME 発生量 (POME_{i(BaU)}) の推計

POME 発生量は、CPO 生産量に単位 CPO 当たりの POME 発生率を乗じることにより求めることができる。従って、i 年における POME 年間発生量は下式で求められる。ベースラインシナリオにおける POME 発生量は、事業実施後にモニタリングにより修正されるが、ここでは過去 7 年間における FFB 平均受入量をベースライン受入量と想定して、算定を行う。

$$\begin{aligned}
 \text{POME}_{i(\text{BaU})} &= \text{CPO}_{i(\text{BaU})} \times R_{(\text{CPO POME})} \\
 &= \text{FFBi}_{(\text{BaU})} \times R_{-(\text{FFB CPO})} \times R_{(\text{CPO POME})} \\
 &= \text{FFBi}_{(\text{BaU})} \times 0.190 \times 2.5 \\
 &= \text{FFBi}_{(\text{BaU})} \times 0.475 \\
 &= 307,000 \times 0.475 \\
 &= \underline{145,825} \text{ (m}^3/\text{y)}
 \end{aligned}$$

[Step2] : 単位 POME 体積当たりのメタン発生量の推計

Annex3 に基づき、単位 POME 体積当たりのメタン発生量は以下の手順で求められる。

必要なパラメータ

項目	設定値	備考
・ POME 処理前の COD : COD _{before} (kg/m ³)	43.3	S 工場データ (KIT-UPM 実測値)
・ POME 処理後の COD : COD _{after} (kg/m ³)	8.3	S 工場データ (KIT-UPM 実測値)
・ COD 分解量 : ΔCOD(kg/ m ³)	35.0	計算値
・ 最大メタン生成量 : B ₀ (kg-CH ₄ /kg-COD)	0.25	IPCC デフォルト値
・ メタン変換係数 (開放型タンク) : MCF _(開放型タンク)	0.560	Annex3 参照
・ メタン変換係数 (閉鎖型タンク) : MCF _(閉鎖型タンク)	0.900	Annex3 参照
・ メタンの地球温暖化係数 : GWP _(CH₄)	21	IPCC

Step2.1. 嫌気性醗酵処理による単位POME当たり除去CODの推計

本プロジェクトは、Annex3 に示す Case1 に該当するため、単位 POME 体積当たり除去 COD は嫌気処理前の POME の COD 濃度と処理後の COD 濃度との差から COD 除去効率を求める。

$$\begin{aligned}
 \Delta\text{COD}(\text{kg}/\text{m}^3) &= \text{COD}_{\text{before}} (\text{kg}/\text{m}^3) - \text{COD}_{\text{after}} (\text{kg}/\text{m}^3) \\
 &= 35.0(\text{kg}/\text{m}^3_{\text{-POME}})
 \end{aligned}$$

図表E - 5 S工場における実測値

項目	実測値	
COD _{before}	43.3(kg/m ³)	KIT-UPM共同研究より
COD _{after}	8.3(kg/m ³)	KIT-UPM共同研究より

Step2.2. 最大メタン生成容量 (B₀) の設定

Annex3 に基づき、B₀ は IPCC のデフォルト値 (0.25) を採用する。

$$B_0 = 0.25$$

Step2.3. MCFの設定

Annex3 より、ベースラインシナリオ及びプロジェクトシナリオにおける MCF それぞれ以下の値となる。

$$\text{ベースラインシナリオ : } MCF_{\text{(開放型タンク)}} = 0.560$$

$$\text{プロジェクトシナリオ : } MCF_{\text{(閉鎖型タンク)}} = 0.900$$

Step2.5. 単位POME体積当たりのメタン発生量の推計式

Step2.1. ~ 2.3.を用いて、単位 POME 体積当たりのメタン発生量 (CH_{4_POME}) の推計は下式で求められる。

ベースラインシナリオ

単位POME体積当たりのメタン発生量 (CH_{4(BaU) /POME})

$$\begin{aligned} &= \Delta\text{COD}(\text{kg}/\text{m}^3) \times B_0(\text{BaU})(\text{kg_CH}_4/\text{kg_COD}) \times MCF_{\text{(開放型タンク)}} \\ &= 35.0(\text{kg}/\text{m}^3) \times 0.25(\text{kg_CH}_4/\text{kg_COD}) \times 0.560 \\ &= 4.90(\text{kg_CH}_4/\text{m}^3_{\text{-POME}}) \end{aligned}$$

単位POME体積当たりのメタン発生量CO₂換算 (CH_{4(BaU) /POME})

$$\begin{aligned} &= \Delta\text{COD}(\text{kg}) \times B_0(\text{BaU})(\text{kg_CH}_4/\text{kg_COD}) \times MCF_{\text{(開放型タンク)}} \times GWP_{(\text{CH}_4)} \\ &= 35.0(\text{kg}/\text{m}^3) \times 0.25(\text{kg_CH}_4/\text{kg_COD}) \times 0.56 \times 21 \\ &= 102.9(\text{kg_CO}_2/\text{m}^3_{\text{-POME}}) \end{aligned}$$

プロジェクトシナリオ

(プロジェクトシナリオにおけるメタン発生量推計値はE.4.2.で用いる。)

単位POME体積当たりのメタン発生量 (CH_{4(Project) /POME})

$$\begin{aligned} &= \Delta\text{COD}(\text{kg}) \times B_0(\text{Project})(\text{kg_CH}_4/\text{kg_COD}) \times MCF_{\text{(閉鎖型タンク)}} \\ &= 35.0(\text{kg}/\text{m}^3) \times 0.25(\text{kg_CH}_4/\text{kg_COD}) \times 0.9 \\ &= 7.88(\text{kg_CH}_4/\text{m}^3_{\text{-POME}}) \end{aligned}$$

[Step3] : POME からの GHG 排出量の推計

Annex3 に基づき i 年における POME からのメタンガス年間排出量は下式で求められる。

ベースラインシナリオ

$$\begin{aligned}
 &CH_{4\ i(BaU)-POME} \\
 &= POME_{i(BaU)} \times CH_{4(BaU)/POME} \\
 &= 0.475 \times FFB_{i(BaU)} \times 4.90 \times 10^{-3} \\
 &= 0.475 \times 307,000 \times 4.90 \times 10^{-3} \\
 &= 715(t_CH_4)
 \end{aligned}$$

従って、POME からの GHG 排出量は以下ようになる。

$$\begin{aligned}
 &GHG_{(BaU)-POME} \\
 &= \sum_{i=1}^7 CH_{4\ i(BaU)-POME} \times GWP_{(CH_4)} \\
 &= 715 \times 7 \times 21 \\
 &= 105,105(t_CO_2)
 \end{aligned}$$

図表 E - 6 POME 嫌気処理過程におけるベースライン GHG 排出量

年	メタン排出量 (t_CH ₄ /y)	GHG 排出量 (t_CO ₂ /y)
2006	715	15,015
2007	715	15,015
2008	715	15,015
2009	715	15,015
2010	715	15,015
2011	715	15,015
2012	715	15,015
合計	5,005	105,105

E.4.2. 熱供給事業によって代替される化石燃料起源の GHG 排出量

S 工場では、工場内エネルギー需要は全て自家発電で賄われているため、外部から蒸気購入は行っていない。本事業では、S 工場敷地内に立地予定のバイオマス産業へ蒸気を販売することにより、化石燃料起源のエネルギーの代替するものである。

本事業により代替される GHG 排出量の推計に必要なパラメータを下記に示す。

必要なパラメータ

項目	設定値	備考
・過去7年間のPOME発生量平均値 : POME _{i(BaU)}	145,825	S工場における1997～2003の平均値
・プロジェクトシナリオにおけるPOME当たりのメタン発生量 : CH _{4(project)/POME}	7.88 × 10 ⁻³	E.4.1.[Step2]より
・年間メタン回収量 : CH _{4 i(Project)–POME(t/y)}	1,149	E.4.1.[Step2]及び E.4.2.より
・ベースライン蒸気製造燃料のCO ₂ 排出係数 : EF _(replaced CO2) (kg/GJ)	77.4	Revised 1996 IPCC Guideline(Residual fuel oil) 21.1t_C/TJより
・ベースライン蒸気製造燃料のCH ₄ 排出係数 : EF _(replaced CH4) (kg/GJ)	3.0 × 10 ⁻³	Revised 1996 IPCC Guideline (Industrial Boiler Performance, Residual Fuel Oil)
・ベースライン蒸気製造燃料のN ₂ O排出係数 : EF _(replaced N2O) (kg/GJ)	3.0 × 10 ⁻⁴	
・CH ₄ の温室効果係数 : GWP _(CH4)	21	Revised 1996 IPCC Guideline
・N ₂ Oの温室効果係数 : GWP _(N2O)	310	Revised 1996 IPCC Guideline
・メタンの燃焼カロリー : HV _{–Methane} (MJ/kg)	55.5	理論値
・年間稼働時間 : OperationHours(h/y)	6,000	20(h/d) × 300(d/y)と想定
・換算係数(ジュール/ワット時) : CF(kWh/MJ)	0.2778	理論値
・熱供給効率 : Efficiency	85%	想定
・輸送によるエネルギーの損失(プロジェクト外シナリオでの蒸気輸送) : LossRatio _{–project} (%)	0%	供給先と供給先が至近距離(敷地内)のため、損失は0と仮定
・輸送によるエネルギーの損失(ベースラインシナリオでの蒸気輸送) : LossRatio _{–replaced} (%)	0%	供給先から利用先までの距離は不明だが、保守性の観点から損失は0と仮定

[Step1] : 事業実施前の推計 (プロジェクトシナリオにおけるメタン回収量の推計)

事業実施後には、蒸気発生量はモニタリングされ、事業により代替される熱量もモニタリングデータに基づき推計される。ここでは獲得されるCERを事業実施前に把握するために、以下に示す手順で代替される熱量の推計を行う。

Step1.1 プロジェクトシナリオにおけるメタン回収量の推計

プロジェクトシナリオでは、新たに閉鎖型消化タンクを建設し嫌気処理によりメタン回収を行う。プロジェクトシナリオにおけるメタン発生量(CH_{4(project)/POME})は、「6.2.1.メタン燃焼に伴う排出量」と同様の手法で推計する。

$$\begin{aligned}
 & \text{CH}_{4\ i(\text{Project})\text{--POME}} \\
 &= \text{POME}_{i(\text{Project})} \times \text{CH}_{4(\text{Project})/\text{POME}} \\
 &= 145,825 \quad \times \quad 7.88 \quad \times \quad 10^{-3} \\
 &= 1,149(\text{t_CH}_4)
 \end{aligned}$$

Step1.2 メタン熱供給による供給熱量 (Heat_{replaced}) の推計

i 年におけるメタン熱供給による供給熱量は、メタンの熱量 (HV_{Methane})、単位換算係数 (CF)、熱供給効率 (Efficiency) を用いて下式で求められる。

$$\begin{aligned}
 \text{Heat}_{i_replaced} &= \text{CH}_{4i(\text{Project})_POME} \text{ (t)} \times \text{HV}_{\text{Methane}} \text{ (MJ/kg)} \times \text{CF} \text{ (kWh/MJ)} \times \text{Efficiency} \text{ (\%)} \\
 &= 1,149 \quad \times 7 \quad \times 55.5 \quad \times 0.2778 \quad \times 0.8 \\
 &= 14,172 \text{ (MWh)}
 \end{aligned}$$

図表 E - 7 プロジェクトシナリオにおけるメタン回収量及び熱供給量

年	メタン回収量 (t/y)	熱供給量 (MWh)	時間当たり熱供給量 (MW)
2006	1,149	14,172	2.4
2007	1,149	14,172	2.4
2008	1,149	14,172	2.4
2009	1,149	14,172	2.4
2010	1,149	14,172	2.4
2011	1,149	14,172	2.4
2012	1,149	14,172	2.4
合計	8,043	99,204	-

年間稼働時間: 20(hours/day) × 300(days) = 6,000(hours/year)

残りの 65 もしくは 66 日は、メンテナンス日となる。ボイラーは 25(days/month)の稼働となる。

[Step2] : 代替 GHG ガスの推計

プロジェクト実施後には、製造及び売却された蒸気量から代替エネルギー量の推計を行う。排出係数の設定は、ベースラインシナリオにおけるボイラー燃料である重油の排出係数を採用する。なお、輸送によるエネルギー損失 (LossRatio_{project}, LossRatio_{replaced}) は、保守性の観点及び計算の簡易化のため、ベースライン、プロジェクトの両シナリオにおいて 0 (ゼロ) と仮定する。

$$\begin{aligned}
 \text{CO}_{2_replaced} \text{ (t_CO}_2\text{/y)} &= \text{Heat}_{i_replaced} \div \text{Efficiency} \times (1 - \text{LossRatio}_{\text{project}}) \div (1 - \text{LossRatio}_{\text{replaced}}) \times \text{EF}_{(\text{replaced CO}_2)} \div \text{CF} \\
 &= 14,172 \div 0.85 \times (1-0) \div (1-0) \times 77.4 \div 0.2778 \\
 &= 4,645 \text{ (t_CO}_2\text{/y)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CH}_{4_replaced} \text{ (t_CO}_2\text{)} &= \text{Heat}_{i_replaced} \div \text{Efficiency} \times (1 - \text{LossRatio}_{\text{project}}) \div (1 - \text{LossRatio}_{\text{replaced}}) \times \text{EF}_{(\text{replaced CH}_4)} \div \text{CF} \times \text{GWP}_{(\text{CH}_4)} \\
 &= 14,172 \div 0.85 \times (1-0) \div (1-0) \times 3.0 \times 10^{-3} \div 0.2778 \times 21 \\
 &= 4 \text{ (t_CO}_2\text{/y)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{N}_2\text{O}_{_replaced} \text{ (t_CO}_2\text{)} &= \text{Heat}_{i_replaced} \div \text{Efficiency} \times (1 - \text{LossRatio}_{\text{project}}) \div (1 - \text{LossRatio}_{\text{replaced}}) \times \text{EF}_{(\text{replaced N}_2\text{O})} \div \text{CF} \times \text{GWP}_{(\text{N}_2\text{O})} \\
 &= 14,172 \div 0.85 \times (1-0) \div (1-0) \times 3.0 \times 10^{-4} \div 0.2778 \times 310 \\
 &= 6 \text{ (t_CO}_2\text{/y)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{GHG}_{\text{-replaced}} (\text{t_CO}_2) &= \text{CO}_{2\text{-replaced}} + \text{CH}_{4\text{-replaced}} + \text{N}_2\text{O}_{\text{-replaced}} \\
&= 32,515 + 28 + 42 \\
&= \underline{32,585} (\text{t_CO}_2)
\end{aligned}$$

図表 E - 8 排出係数 (重油, ボイラー)

項目		排出係数	
		kg/GJ	kg /MWh
CO ₂	EF _(vapor CO2)	77.4	279
CH ₄	EF _(vapor CH4)	3.0 × 10 ⁻³	1.08 × 10 ⁻²
N ₂ O	EF _(vapor N2O)	3.0 × 10 ⁻⁴	1.08 × 10 ⁻³

出所：Revised 1996 IPCC Guidelines

E.4.3. ベースラインシナリオにおける GHG 排出量

「E.4.1.POME 嫌気処理に伴う排出量」及び「E.4.2.熱供給事業によって代替される化石燃料起源の GHG 排出量」より、ベースラインシナリオにおける GHG 排出量合計は下式で求められる。

$$\begin{aligned}
\text{GHG}_{(\text{BaU})\text{TOTAL}} &= \text{GHG}_{(\text{BaU})\text{POME}} + \text{GHG}_{\text{-replaced}} \\
&= 105,105 + 32,585 \\
&= \underline{137,690} (\text{t_CO}_2)
\end{aligned}$$

E.5. 「E.4.」と「E.3 (E1.及び E.2.の合計)」の差で得られるプロジェクト活動による温室効果ガス削減量

本プロジェクトにおける温室効果ガス削減量 (GHG_{reduction}) を以下に示す。

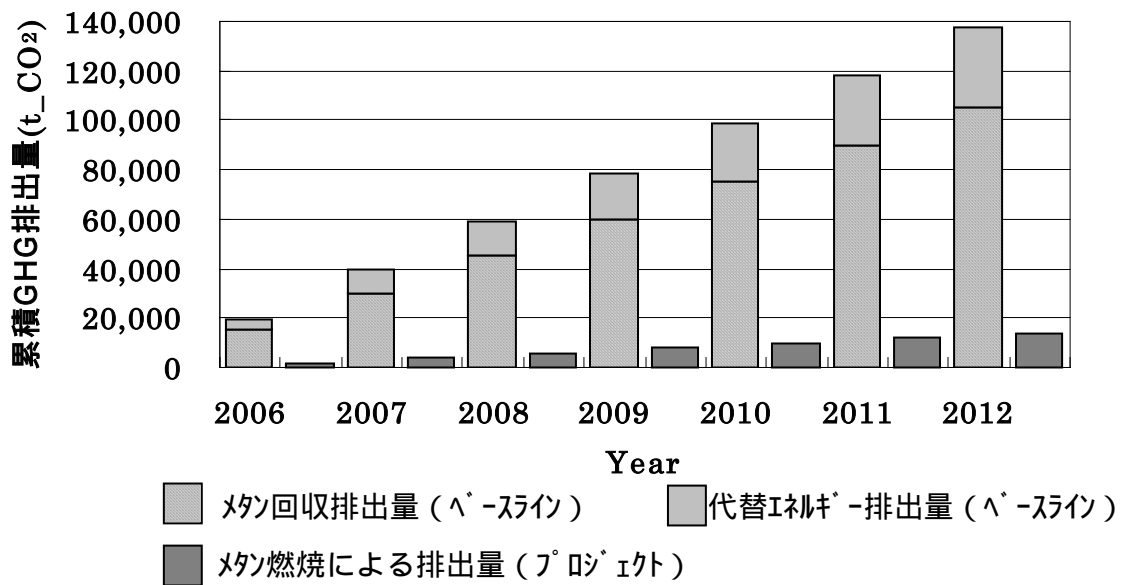
$$\begin{aligned}
\text{GHG}_{(\text{BaU})\text{TOTAL}} - \text{GHG}_{(\text{Project})\text{TOTAL}} &= 137,690 - 13,762 \\
&= \underline{123,928} (\text{t_CO}_2)
\end{aligned}$$

E.6 算定結果表

本事業におけるプロジェクト排出量、ベースライン排出量、及び両者の差で得られる温室効果ガス削減量を図表 E - 9 に示す。本事業では、パームオイル工場、メタン発酵施設及び発電施設の年間稼働日数は 300 日と想定しており、その他はメンテナンスに当てられる。工場が休止している間にガスホルダーの貯蔵量を超えたガスは、リリース前に燃焼し、二酸化炭素として大気中へ放出される。また、閉鎖型消化タンクのメンテナンス時にタンクを開放することによりタンク内のメタンが大気中へ放出される可能性があるが、これは微量であると考えられる (少なくとも、これによりプロジェクトにおけるメタン回収量がベースラインにおけるメタン排出量を下回る可能性はないと考えられる) ため、排出量の計算には含まない。

図表 E - 9 温室効果ガス削減量

年	プロジェクト排出量 (t_CO ₂)	ベースライン排出量 (t_CO ₂)	温室効果ガス削減量 (t_CO ₂)
2006	1,966	19,670	17,704
2007	1,966	19,670	17,704
2008	1,966	19,670	17,704
2009	1,966	19,670	17,704
2010	1,966	19,670	17,704
2011	1,966	19,670	17,704
2012	1,966	19,670	17,704
Total	13,762	137,690	123,928



図表 E - 10 積算温室効果ガス削減量

F. 環境影響

F.1. 環境影響評価分析（越境影響も含む）

マレーシアにおける“ The Environmental Quality Act of 1974 ”では、30MW を超える発電施設建設に関しては、環境影響評価の実施を義務付けているが、本提案事業は 2.6MW のメタン発電施設であるため、環境影響評価実施対象とはならない。

F.2. 提案事業の環境影響評価に対するホスト国参加者の捉え方

本事業は、周辺環境に対する騒音、大気汚染物質の飛散などの原因とはならないため、のホスト国関係者は、本事業により負の環境影響がもたらされるとは捉えていない。

G. 利害関係者コメント

マレーシアの政府関係者及びパートナー企業である FELDA 社は、バイオマス産業への関心が極めて高く、その事業効果を高める一つ的手段として CDM 事業が位置付けられることに対して理解が得られた。また、2003 年 3 月に実施したステアリング委員会では、主な参会者からバイオマス産業と連携した CDM 事業に対して、日本の ODA によって技術指導や普及啓発などのソフト事業を行うことなどの側面支援ができないかなど、ODA に対する期待も表明された。主な関係者のコメントは以下の通りである。

- エネルギー省：ディーゼル等の化石燃料代替の利用を国民に促しており、バイオマス利用は代替エネルギーとして推進することが必要である。
- 環境省：バイオマス産業の育成は、国にとって極めて重要な産業になっている。

Annex 1

事業参加者連絡先

団体名:	(株)エックス都市研究所
住所:	東京都豊島区高田 2-17-22 目白中野ビル 6 F
郵便番号:	171-0033
国名:	日本国
電話:	+81-3-5956-7503
FAX:	+81-3-5956-7523
URL:	http://www.exri.co.jp
担当者:	
役職:	取締役
名前:	鈴木 進一
部署:	第二研究本部
直通電話:	+81-3-5956-7514
E-Mail:	suzuki@exri.co.jp

Annex 2

公的助成 (Public Funding) に関する情報

本事業の実施に関連して、いかなる ODA 及び公的助成支援の利用も計画されていない。

Annex 3

新ベースライン方法論

1. 方法論タイトル：

パームオイル工場廃液処理におけるメタン回収及び再生可能エネルギー供給のベースライン方法論

2. 方法論解説：

2.1. 手法の選択

- a) 過去の排出実績に基づいた手法
- b) 投資バリアを考慮して、経済的に最も魅力的な技術を用いた場合の排出量に基づいた手法
- c) 直近 5 年間に実施された類似の事業活動（社会的、経済的、環境的、技術的観点において類似）の中で、実績が上位 20 位に入るものの平均排出量に基づいた手法

方法論の策定にあたり排出量算定の手法として、マラケシュアコード 48 a)「過去の排出実績に基づいた手法」を選択する。

2.2. 概要

2.2.1 適用条件

本方法論は、以下の条件に適合する場合にのみ適用可能である。

- 経営規模：多数の工場で事業を展開する大規模経営の工場であること。
- 熱利用先：近隣には送電システムのインフラ整備が整っていないなど理由により、近隣に電力利用先がない場合で、かつ、近隣に蒸気の利用先があること。
- プロジェクトの構成：POME 処理過程からの回収メタンを用いた熱供給であり、工場内で外部から購入していた化石燃料起源の蒸気の代替プロジェクト、あるいは外部への蒸気販売による化石燃料起源の蒸気の代替プロジェクトであること。

2.2.2 方法論概要

本方法論は、以下の要素により温室効果ガスを削減するものである。

[Component A]

- メタン回収：
S 工場における POME 処理方式を、BaU の開放型消化タンク方式から、閉鎖型消化タンク方式へ変換し、大気中に放出されているメタンを回収する
- 削減される温室効果ガス：

POME 嫌気処理過程から発生するメタンの排出抑制

[Component B]

- 回収メタンの有効利用（熱供給）:

回収メタンを燃料として蒸気を製造し、隣接するポリ乳酸製造工場へ売却することにより、化石燃料起源の蒸気を代替し温室効果ガスを削減する。ボイラーは CDM 事業の実施にあたり新たに建設する。

- 削減される温室効果ガス:

熱供給により代替される化石燃料起源の温室効果ガス

2.2.3 ベースラインシナリオ及び追加性の設定

一般的な POME 処理方式は、初めに嫌気処理を行い、その後に好気性ラグーンにおける好気処理を行う構成となっている。嫌気処理は、嫌気性ラグーン方式、開放型消化タンク方式、閉鎖型消化タンク方式の 3 方式に大別できる。その他、組み合わせ方式（嫌気性ラグーン方式 + 開放型消化タンク方式）を採用している工場も存在する。このうち、現在最も利用されている POME 処理方式は、嫌気性ラグーン方式である。

各 POME 処理方式の特徴を整理すると以下ようになる。

図表 2 - 1 各処理方式の特徴

	嫌気性ラグーン方式	開放型消化タンク方式	閉鎖型消化タンク方式
必要面積	大	中	小
滞留日数	45 日程度	20 日程度	10 日程度
処理効率	0.2 ~ 0.35 (kg _{BOD} / m ³ /day)	0.8 ~ 1.0 (kg _{BOD} / m ³ /day)	-
バイオガス回収	不可	不可	可
建設コスト	低 (掘削作業のみ)	やや高 (タンク建設費)	高 (タンク建設費及び安全装置等の付帯設備)
維持管理	・一定期間ごとの汚泥除去	・一定期間ごとの汚泥除去	・一定期間ごとの汚泥除去 ・防爆対策としての安全管理が必要

ベースラインシナリオの設定

図表 2 - 1 及びマレーシア国家政策を考慮し、ベースラインシナリオ設定のためのチェック項目を下記に示す。

質問 A POME の嫌気処理は、プロジェクト期間中（7 年間）行われる見込みか。

質問 A は POME の嫌気処理工程で発生するメタン回収・エネルギー利用の可能性の有無を検証することを目的とする質問である。

パームオイル工場では、有機分の分解を嫌気処理によって行うのが一般的であるが、今後、POME に含まれる有機分を利用したバイオマス産業が実用化された場合には、POME に含まれる有機分そのものがバイオマス産業の原材料となり、嫌気処理が行われなくなる可能性がある。また好気性の POME 処理方式を導入している、あるいは今後、好気処理に転向する計画がある場合には、POME 処理過程におけるメタン発生量は少量となる。

質問 B 現行の POME 処理方式は嫌気性ラグーン方式と好気性ラグーン方式の組み合わせであるか

質問 B は現行の処理方式を嫌気性ラグーン方式と開放型消化タンク方式とに分類することを目的とした質問である。

質問 C パームオイル産業がメタンの回収及びエネルギー利用を促進する法規制の強化は行われぬか

質問 C は政策的バリアの有無を検証することを目的とした質問である。パームオイル工場における回収メタンのエネルギー利用に対して、事業本来の採算性に拘わらず、罰則を伴う法規制の強化が行われる場合には、閉鎖型消化タンクの導入及びメタンのエネルギー利用が BaU として想定される。この場合、CDM なしにプロジェクトシナリオが BaU となるため、本 CDM 事業は成立しない。

質問 D メタンのエネルギー利用は CDM がない場合にも高い事業性が見込めるか。また、技術的に導入可能であるか

質問 D は経済・政策・技術の全てに関するバリアの有無を検証することを目的とした質問である。

メタン回収のためのタンク建設コストやボイラー機材の購入コストに比べて、対価であるエネルギー（蒸気・電力）売却益は比較的小さく、高い事業性が見込めない場合には、経済的バリアが存在することになる。一方、嫌気発酵処理における回収メタンを利用したエネルギー販売の事業性が高い場合には、CDM なしで閉鎖型消化タンクの導入及びメタンのエネルギー利用が BaU となる可能性が高まるため、本 CDM 事業は成立しない。

また、再生可能エネルギー利用に対する補助金の導入などにより、閉鎖型消化タンク及び回収メタンのエネルギー利用に対する政策的なインセンティブが生じる可能性がある。しかし、補助金を考慮に入れても事業実施に対するインセンティブが十分でない場合には、政策的、経済的バリアが存在することになる。

また、メタン発酵にはガス爆発の危険性を伴うため、適切な安全管理とそれを行う技術ノウハウが必要となる。安全管理に伴う技術的支援が必要な場合には、技術的バリアが存在することとなる。

質問 E プロジェクト期間中に、排水基準の強化が行われ、かつ現行の処理方式での排水基準の達成が困難であることが予想されるか

POME 処理方式設計の前提条件となる排水基準の強化に伴い、POME 処理方式の根本的見直しが必要となる可能性がある。したがって、質問 E は POME 処理方式の見直しの有無を検証することを目的とした質問である。

多くのパームオイル工場は、周囲をプランテーションに囲まれた僻地に位置しているため、事業期間中に都市化の進展による排水基準の強化が図られる可能性は低いと考えられる。排水基準の強化が行われない場合には、BaU は嫌気性ラグーン方式となり、本方法論の適用性及び追加性が証明される。

一方、強化が行われる場合で、かつ現行の処理方式での排水基準の達成が困難と予想される場合には、有機物の分解効率を向上させるため、嫌気性ラグーンの増設や開放型消化タンク方式への転換、好気処理過程における曝気装置の導入などの対策が図られることが想定される。その場合、BaU の POME 処理方式は確定されない。

追加性の設定

図表 2 - 2 に基づき、下記に示すバリアがあることが示されればプロジェクトの追加性は確立される。

• **経済的バリア**

閉鎖型タンクの導入及びそれに伴う安全の確保には、莫大な建設コスト及びランニングコストが必要となる。閉鎖型消化タンク方式を導入して熱供給事業を行っても採算性が低い場合には、経済的に追加的であると判断される。

- IRR による事業性評価 など

• **政策的バリア**

パームオイル産業がメタン回収・エネルギー利用を行う強い政策的インセンティブが生じない場合には、政策的バリアがあると判断される。

- 罰則等を伴う法規制
- 事業性を確保する補助金導入 など

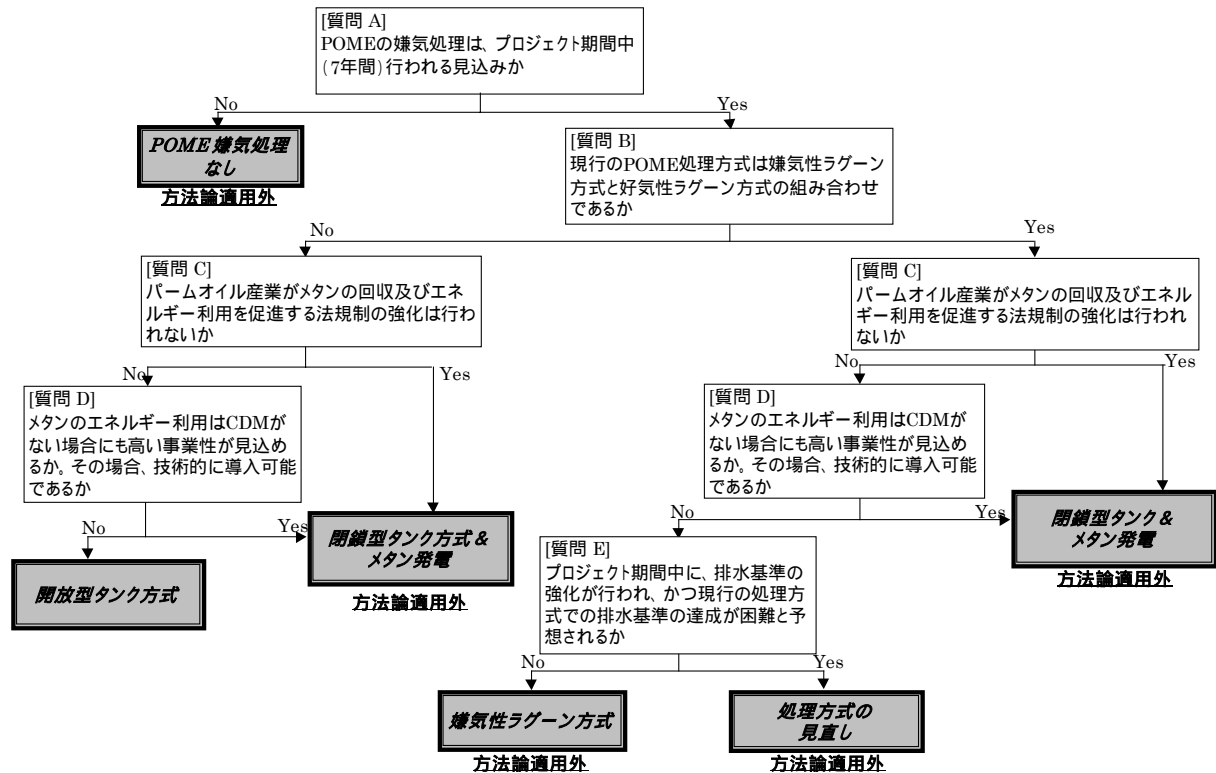
• **技術的バリア**

閉鎖型消化タンクの設計及び維持管理に関しては、ガス爆発の危険を防ぐために安全確保に細心の注意を払わなくてはならない。そのためにホスト国のみ技術では対応が困難であり成熟したメタン発酵施設技術を有する投資国の技術協力が必要となる場合には、技術的バリアが存在すると判断される。

- タンク建設に係る技術移転の必要性
- メタン回収及び熱供給事業に関わる安全性確保の技術移転の必要性 など

決定樹

ベースラインシナリオ及び追加性の設定のための決定樹を以下に示す。



図表 2 - 2 決定樹

3. 重要なパラメータ、仮定（排出係数及び事業範囲を含む）及びデータ出典：

3.1. 仮定

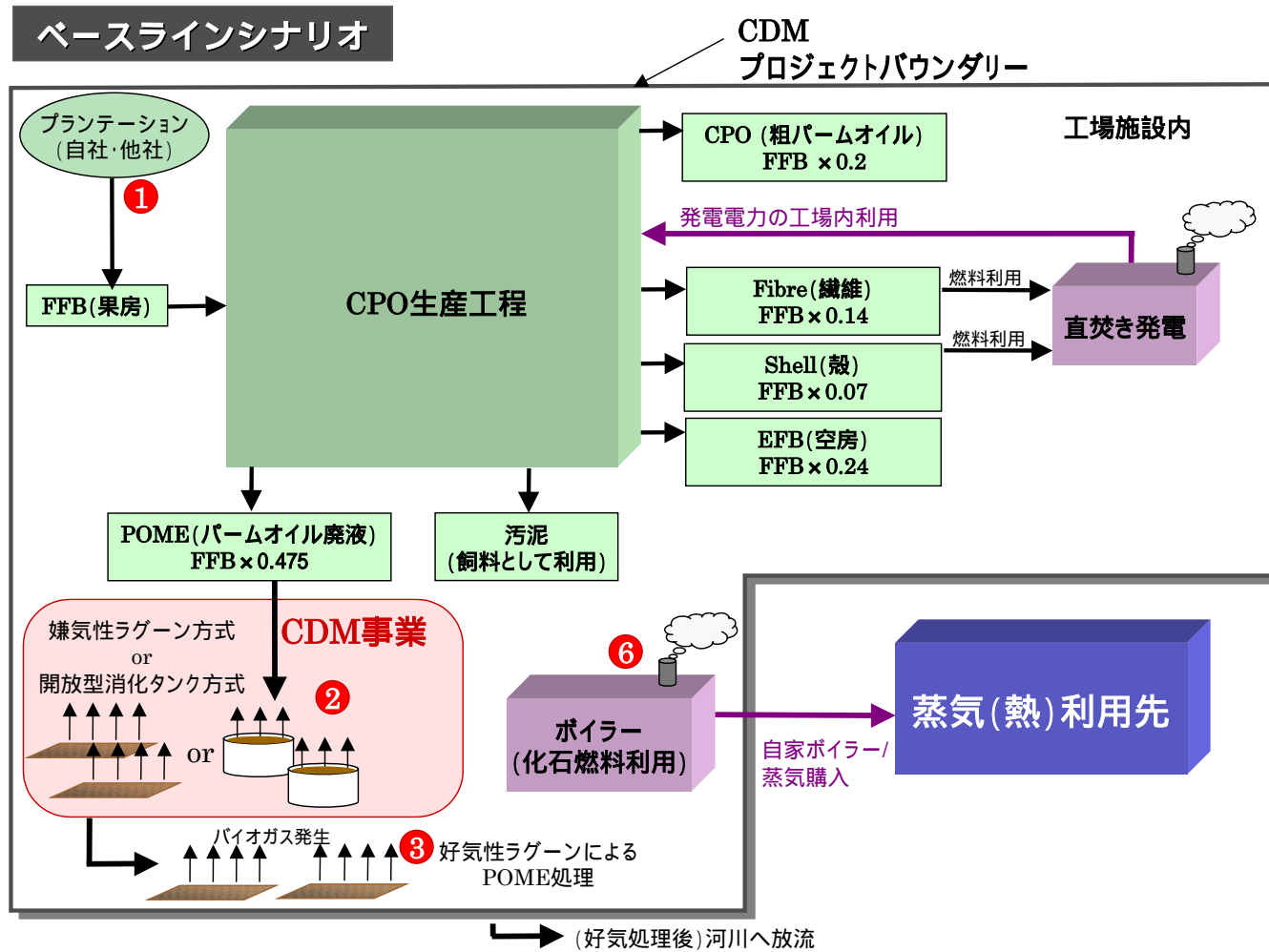
- POME 発生量の推計を可能とするデータが入手可能であること。
 - 過去数年にわたる POME 発生量データ
 - 過去数年にわたる FFB の受入量 など
- ベースラインシナリオにおける蒸気利用先の燃料構成データが入手可能であること。

3.2 重要なパラメータ及び出典

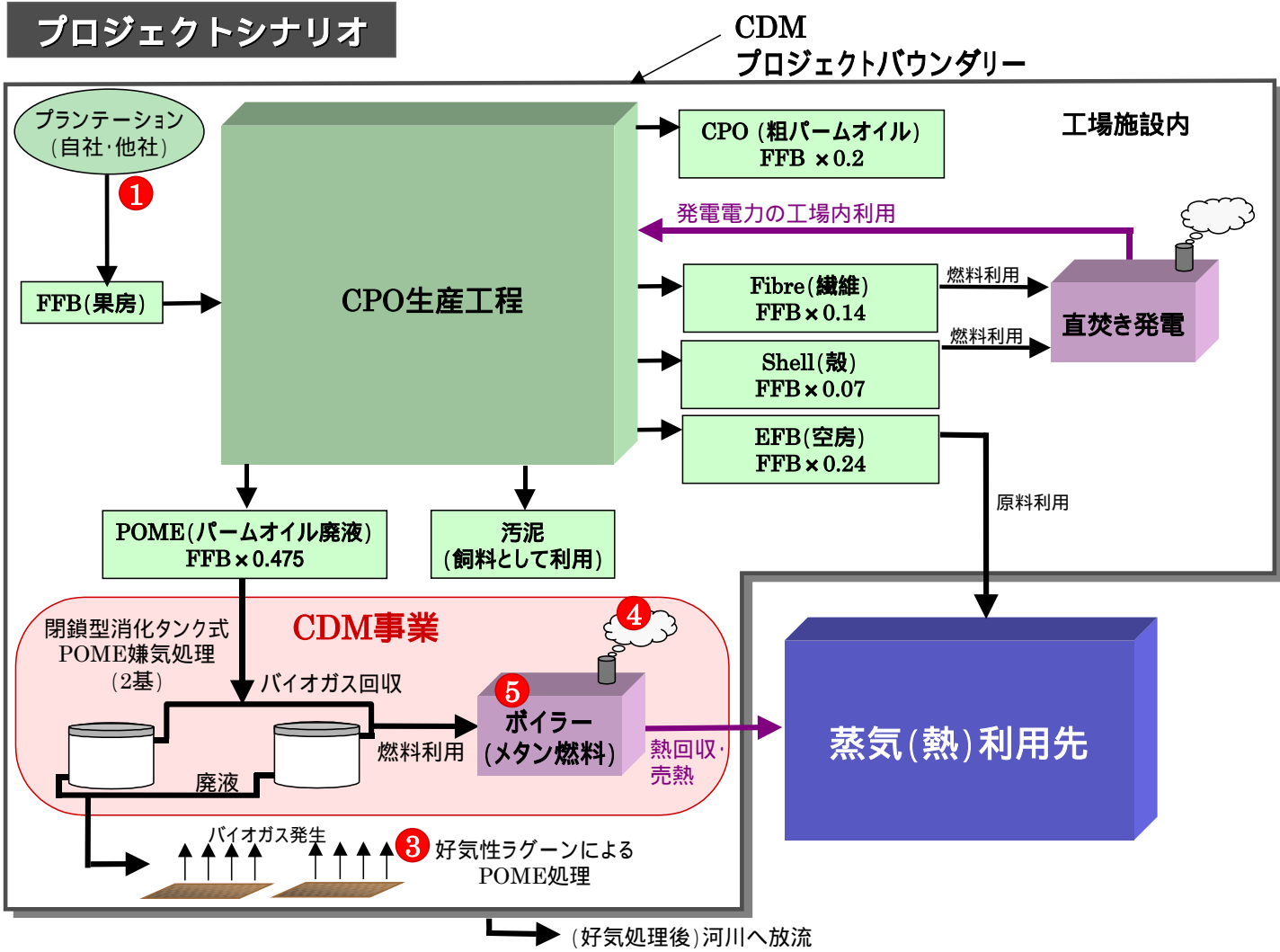
- 代替燃料の排出係数：
該当エネルギー源（軽油・重油など）の排出係数を採用。
- 起動電源燃料の排出係数：
電源の起動に伴う温室効果ガス排出量に関しては、電源構成に応じてホスト国の National Inventory 算出に用いられている値、もしくは信頼性の高いデータを採用。これらが得られない場合は、Default IPCC 排出係数を採用。
- 輸送燃料の排出係数：
輸送に伴う温室効果ガス排出量に関しては、輸送に用いられる燃料に応じて Default IPCC 排出係数、もしくは信頼性の高いデータを採用。

4. ベースライン方法論におけるプロジェクトバウンダリーの設定

図表 4 - 1 及び図表 4 - 2 は、プロジェクトバウンダリーをプロジェクトシナリオ、ベースラインシナリオそれぞれについて示したものである。バウンダリーには、FFB 輸送、パームオイル工場敷地内（CPO 生産工程・POME 処理工程・河川へ放流する直前まで）蒸気利用先までを含むものとする。図表内番号は温室効果ガス排出源を示し、図表 4 - 3 内の番号と対応している。



図表 4 - 1 プロジェクトバウンダリー (ベースラインシナリオ)



図表 4 - 2 プロジェクトバウンダリー (プロジェクトシナリオ)

図表 4 - 3 に、プロジェクトバウンダリー内の温室効果ガス排出源及び算定の有無について、また図表 4 - 4 に考慮すべきリーケージについて、整理したものを示す。各排出量の推計方法については「6.ベースライン排出量算定手法及び追加性の設定」及び「7.リーケージの算定手法」で後述する。

図表 4 - 3 バウンダリー内の GHG 排出源と算定の有無

No.	排出源	GHG	ベースラインシナリオにおける算定対象		プロジェクトシナリオにおける算定対象	
			算定の有無	備考	算定の有無	備考
	プロジェクトによるFFB受入増加分の輸送に伴う排出量	CO ₂	×	対象外		ex-postで推定
		N ₂ O	×			
		CH ₄	×			
	POME嫌気処理に伴う排出量	CO ₂	×	バイオマス起源のCO ₂ はカーボンニュートラル	×	バイオマス起源のCO ₂ はカーボンニュートラル
		N ₂ O	×	微小	×	微小
		CH ₄			×	メタンは全て回収され燃料利用されるため排出量には含まない
	POME好気処理に伴う排出量	CO ₂	×	バイオマス起源のCO ₂ はカーボンニュートラル	×	バイオマス起源のCO ₂ はカーボンニュートラル
		N ₂ O	×	微小	×	微小
		CH ₄	×	簡略化のため。プロジェクトシナリオの方がベースラインシナリオよりも、嫌気処理後のCOD分解率が高いため、ベースラインシナリオにおける排出量の方が多くなることが予想されるため、保守的な手法となる	×	簡略化のため。プロジェクトシナリオの方がベースラインシナリオよりも、嫌気処理後のCOD分解率が高いため、ベースラインシナリオにおける排出量の方が多くなることが予想されるため、保守的な手法となる
	メタン燃焼に伴う排出量	CO ₂	×	対象外		微小
		N ₂ O	×			
		CH ₄	×			
	ボイラー起動に伴う排出量	CO ₂	×	対象外		
		N ₂ O	×			
		CH ₄	×			
	熱供給事業によって代替される排出量	CO ₂			×	対象外
		N ₂ O			×	
		CH ₄			×	

図表 4 - 4 バウンダリー外の GHG 排出源と算定の有無

No.	排出源	GHG	ベースラインシナリオにおける算定対象		プロジェクトシナリオにおける算定対象	
			算定の有無	理由	算定の有無	理由
	FFB受入増加に起因する他工場でのメタン排出削減量	CO ₂	×	対象外		ex-postで推定
		N ₂ O	×			
		CH ₄	×			
	FFB受入増加に起因するCPO搬出経路変更により生じる排出量変化	CO ₂	×	対象外		ex-postで推定
		N ₂ O	×			
		CH ₄	×			

5. 不確定要素の考慮

● 環境政策の動向

ここでは、ホスト国における環境規制が今後も現状のまま維持されるかどうかの不透明性に対する対応策について述べる。強化される可能性のある環境規制としては、熱帯雨林の伐採制限や都市化の進展に伴う排水基準の引き上げなどが挙げられる。排水基準の引き上げられた際、引き上げ後の排水基準の達成が困難な既設工場は、POME 処理方式の変更や処理施設の増設などが必要となると考えられるため、ベースラインの見直しが必要となる。また、熱帯雨林の伐採制限などにより土地制約が高まる場合には、新規工場建設においては BaU として開放型消化タンク方式の導入が予想される。

パームオイル産業におけるメタンの回収及びエネルギー利用を義務付ける法規制が制定された場合には、本方法論で設定するプロジェクトシナリオが BaU となるため、本方法論の適用対象から除外する。

● FFB 受入量

農産物である FFB は収穫量にばらつきが出ることが予想されるため受入量を正確に予測することは難しい。その場合は保守的な手法を採用する必要があるため、本方法論では、プロジェクト期間に相当する過去 7 年間の受入実績の平均値をベースラインシナリオにおける受入量として設定を行う。本方法論では以下の 2 つの方法で、ベースライン受入量とプロジェクト受入量の設定を行う。プロジェクト実施後の受入量がベースラインシナリオを上回る場合には、その差は、プロジェクトの実施により、受入量が増大したと想定する。一方で、プロジェクト実施後、実際の受入量がベースラインシナリオで設定した受入量を下回る場合には、プロジェクト受入量をベースライン受入量として算定を行う。

- プロジェクト開始前 7 年間の平均受入量 > プロジェクト実施後の受入量 :

ベースライン受入量 = プロジェクト実施後の受入量

プロジェクト受入量 = プロジェクト実施後の受入量

プロジェクトによる受入増大量 = 0

- プロジェクト開始前 7 年間の平均受入量 < プロジェクト実施後の受入量 :

ベースライン受入量 = プロジェクト開始前 7 年間の平均受入量

プロジェクト受入量 = プロジェクト実施後の受入量

プロジェクトによる受入増大量 =

プロジェクト実施後の受入量 - プロジェクト開始前 7 年間の平均受入量

- プランテーションからの FFB 輸送距離

CDM 事業では、ベースラインシナリオとプロジェクトシナリオにおいて変化がない部分に関する排出量算定は省略することができる。したがって、プロジェクトシナリオにおける FFB 受入増加量についてのみ推計を行う。FFB 受入増加分は、ベースラインシナリオでは他工場へ搬入されていたものであり、当該工場での CDM 事業化に伴い FFB 受入のインセンティブが高まった結果、多少輸送距離が増大しても当該工場に搬入されるようになったと考えられる。

しかし、FFB 増加分の輸送距離を推計するにあたり、搬入された FFB がベースラインシナリオではいずれの工場に搬入予定であったかをモニタリングすることは非常に困難である。そこで、本方法論では現実的な FFB 輸送距離を想定して、輸送に伴う排出量の推計に用いる。不確定要素が大きい場合には保守的な推計となるよう、やや遠距離を想定することが望ましいが、FFB は CPO の品質を維持するために収穫後 24 時間以内に加工が必須であることと、輸送コストをかければ採算性が低くなることから、必要以上に長距離の設定は行わない。

- バイオガス中のメタン含有率

POME から発生するバイオガス中のメタン含有率の実測調査はほとんど行われていないため、個々の事象に対する正確なメタン含有率の設定が困難となる。そこで、ここでは POME 処理方式ごとのメタン含有率を以下の要領で設定する。

- a. ベースラインシナリオ

閉鎖型ラグーン (Covered lagoon) からのバイオガス発生量の実測は、回収されたバイオガスを回収し流量計などで測定することが可能であり、米国などで研究が行われているが、開放型ラグーンにおける POME 処理過程で発生するバイオガス量の実測調査は、現在までのところほとんど行われていない。開放型ラグーンにおけるバイオガスの実測では、POME 表面が大気に直接接触するという発酵条件を変えない実測方法でなければならない。本調査で提案する方法論においては、実測の条件を満たす方法で 2003 年に KIT-UPM 共同研究が実測したメタン含有率(嫌気性ラグーン：58%、開放型消化タンク：36%) を用いる。

- b. プロジェクトシナリオ

閉鎖型消化タンクより発生するバイオガスについては、マレーシアパームオイル研究所による測定値 (65%) を採用する。マレーシアパームオイル研究は、パームオイルが東南アジアにもたらされて以来一貫して世界一の生産量を誇るマレーシアにおいて、パームオイル産業を専門に扱う研究機関であり、65% という値は「Malaysia National Greenhouse Gas Inventory 1994」でもマレーシアの公式値として用いられている。

各 POME 処理システムに対する値は以下の理由により、パームオイル工場一般への汎用が可能と推測される。

- 嫌気性発酵の影響因子と考えられる水温、気圧は熱帯気候において、大きく変化しないと考えられる。
- 比較的長期間に及ぶ実測結果である（嫌気性ラグーン：52 週、開放型消化タンク：20 週）。
- 嫌気度への影響が特に大きい水深は別途考慮する。

なお、排出量を推計する場合には上記に示した実測結果を用いることを原則とするが、今後より確度の高い実測値が得られた場合には、その時点以降の排出量算定はより確度の高い数値に基づいて行うこととする。

図表 5 - 1 排出量の算定に用いるメタン含有率

シナリオ	処理方式	メタン含有率	出所
ベースラインシナリオ	嫌気性ラグーン方式	58%	KIT-UPM 共同研究
	開放型消化タンク方式	36%	KIT-UPM 共同研究
プロジェクトシナリオ	閉鎖型消化タンク方式	65%	マレーシアパームオイル研究所

- **閉鎖型消化タンクへの添加剤**

プロジェクトシナリオにおいて閉鎖型消化タンクの稼動時に、発酵条件を改善させるために水酸化ナトリウムなどの薬品添加が必要と考えられる。このような添加剤が工場まで輸送される際に、温室効果ガスの排出を伴うが、添加剤の量が少量であるため、本方法論では輸送に伴う排出量を微小と見なし、温室効果ガス排出量の算定には含まない。

6. ベースライン排出量算定手法及び追加性の設定:

本推計は、プロジェクト開始後には、実績値により補正することとする。また、事後にDOEによるアセスメントを行う。

6.1. ベースライン排出量

6.1.1. POME 嫌気処理に伴う GHG 排出量

ここでは、POMEからのGHG排出量を以下の手順で推計する。手順中にプロジェクトシナリオに対するパラメータの設定を行っている箇所があるが、それらのパラメータは「6.1.2. 熱供給事業によって代替される化石起源のGHG排出量」の推計に用いるものである。

[Step1] : POME 発生量の推計

必要なパラメータ

・過去7年間の FFB 受入量平均値	: $FFB_{(Average)} (t/y)$
・一年当たり FFB ベースライン受入量	: $FFB_{i(BaU)} (t/y)$
・一年当たり FFB プロジェクト受入量	: $FFB_{i(Project)} (t/y)$
・年間 FFB 受入増加量	: $FFB_i (t/y)$
・FFB からの CPO 発生率	: $R_{-(FFB\ CPO)} (t_{CPO}/t_{FFB})$
・CPO からの POME 発生率	: $R_{-(CPO\ POME)} (m^3_{-POME}/t_{CPO})$

Step1.1. FFB 年間受入量 ($FFB_{i(BaU)}$) の推計

プロジェクト期間中の BaU における FFB 受入量は、プロジェクト開始年から7年前までの FFB 受入量の平均値 ($FFB_{i(BaU)}$) とする。過去の実績データが足りない場合、過去7年以内の実績のうち入手可能なデータの平均値とする。

ただし、プロジェクト開始後の実際の FFB 受入量が上記で設定したベースライン受入量を下回った場合には、実際の FFB 受入量をベースライン受入量とする。

$$FFB_{Total (BaU)} = \sum_{i=1}^7 FFB_{i(BaU)} (t)$$

Case1 : $FFB_{(Average)} \geq FFB_{i(Project)}$ の場合

$$FFB_{i(BaU)} = FFB_{(Project)}$$

$$FFB_i = 0$$

Case2 : $FFB_{(Average)} < FFB_{i(Project)}$ の場合

$$FFB_{i(BaU)} = FFB_{(Average)}$$

$$FFB_i = FFB_{i(Project)} - FFB_{i(BaU)}$$

Step1.2. FFB からの CPO 抽出率 (R_(FFB CPO)) の推計

プロジェクト期間中の BaU における FFB からの CPO 抽出率は過去のトレンドに即して行われるものと想定して、過去の実績データを用いて FFB からの CPO 抽出率 (R_(FFB CPO)) を推計する。本方法論では、CPO 抽出率は過去 7 年間に於ける平均値とし、プロジェクト期間中、CPO は固定値を採る。当該工場で、CPO 抽出率データが得られない場合は、公式統計データを用いて算定する。

$$R_{(FFB\ CPO)} = \left\{ \sum_{i=1}^7 R_{i-(FFB\ CPO)} \right\} / 7 (t_{CPO}/t_{FFB})$$

Step1.3. ベースラインシナリオにおける CPO 年間生産量 (CPO_{i(BaU)}) の推計

CPO 生産量は FFB 年間受入量推計値に CPO 抽出率を乗じることにより求めることができる。i 年における CPO 年間生産量は下式で求められる。

$$CPO_{i(BaU)} = FFB_{i(BaU)} \times R_{(FFB\ CPO)} (t_{CPO}/y)$$

Step1.4. CPO からの POME 発生率 (R_(CPO POME)) の推計

CPO からの POME 発生率は信頼性の高い実測値を採用する。

Step1.5. 年間 POME 発生量 (POME_{i(BaU)}) の推計

POME 発生量は、CPO 生産量に単位 CPO 当たりの POME 発生率を乗じることにより求めることができる。従って、i 年における POME 年間発生量 (POME_{i(BaU)}) は下式で求められる。

$$\begin{aligned} POME_{i(BaU)} &= CPO_{i(BaU)} \times R_{(CPO\ POME)} \\ &= FFB_{i(BaU)} \times R_{(FFB\ CPO)} \times R_{(CPO\ POME)} \end{aligned}$$

[Step2]：嫌気処理による単位 POME 体積当たりのメタン発生量の推計

本方法論では、Revised 1IPCC Guideline に即して単位 POME 当たりのメタン発生量の推計を行う。

必要なパラメータ

・ POME 処理前の COD	: COD_{before} (mg/L)
・ POME 処理後の COD	: COD_{after} (mg/L)
・ COD 分解量	: ΔCOD (kg/m^3_{POME})
・ POME 嫌気処理前の平均 COD 濃度	: COD_{before_ave} (mg/L)
・ COD 除去率	: RemovalEfficiency
・ COD 平均除去率	: RemovalEfficiency _{ave}
・ 最大メタン生成量	: B_0 (kg_CH_4/kg_COD)
・ メタン生成量	: B (kg_CH_4/kg_COD)
・ メタン変換係数	: MCF
・ メタン比重	: a (t/m^3)
・ 気温	: T ()
・ ガス体積	: V (L)
・ ガス体積 (標準状態)	: V_0 (L)
・ POME からのバイオガス発生量	: $R_{(POME\ BIOWAS)}$ (m^3_{Biogas}/m^3_{POME})
・ バイオガス中のメタン含有率	: $R_{(BIOWAS\ METHANE)}$ ($m^3_{Methane}/m^3_{Biogas}$)

単位 POME 当たりのメタン発生量は以下の算定式で与えられる。

$$\begin{aligned} & \text{単位POME当たりのメタン発生量 (} kg_CH_4/m^3_{POME} \text{)} \\ & = \text{除去COD} \quad \times \quad \text{最大メタン生成容量} \quad \times \quad \text{嫌気度} \\ & = \Delta COD(kg/m^3_{POME}) \quad \times \quad B_0(kg_CH_4/kg_COD) \quad \times \quad MCF \end{aligned}$$

Step2.1. 嫌気性発酵処理による単位 POME 当たり除去 COD の推計

除去 COD の推計には以下の二通りのいずれかの方法を採用する。

Case1：嫌気処理前後のPOMEのCOD濃度データがある場合

嫌気性発酵処理による除去 COD は、嫌気処理前の POME の COD 濃度と嫌気処理後の COD 濃度との差となる。

$$\begin{aligned} \Delta COD(kg/m^3_{POME}) & = \text{嫌気処理前COD濃度} \quad - \quad \text{嫌気処理後COD濃度} \\ & = COD_{before} \text{ (mg/L)} \quad - \quad COD_{after} \text{ (mg/L)} \end{aligned}$$

Case2：嫌気処理後のPOMEのCOD濃度データがない場合

嫌気処理前の POME の COD 濃度に、COD 除去効率を乗じることにより求める。COD 除去効率は、該当する POME 処理方式に対する確度の高いデータを用いる。

$$\begin{aligned} \Delta COD(kg/m^3_{POME}) & = \text{嫌気処理前COD濃度} \quad \times \quad \text{COD除去効率} \\ & = COD_{before} \text{ (mg/L)} \quad \times \quad \text{RemovalEfficiency} \end{aligned}$$

Step2.2. 最大メタン生成容量 (B₀) の設定

B₀ は分解された COD 当たり理想的な嫌気反応において発生するメタン量を指す。ここでは、Revised 1996 IPCC Guideline で設定されている B₀ のデフォルト値 (0.25) を採用する。

Step2.3. MCF の設定

MCF は、B₀ (理想的な嫌気反応において発生するメタン量) をプロジェクトに適用するための変換率である。

各処理方式ごとに滞留時間、深さなどの反応の諸条件が異なることから、異なる処理方式に同一の MCF を適用することは適切ではない。特に、閉鎖型消化タンクは大気に曝されていないため水深に関わらず完全嫌気に近い状態であることが推測されるのに対して、嫌気性ラグーン及び開放型消化タンクは表面部分は外気に曝されているため、水深によっては好気的な反応も含まれると考えられる。IPCC では、完全嫌気的な環境で MCF は 1 をとり、完全好気的な環境で 0 をとり、と記載があるだけである。したがって、ここでは各処理方式に対して MCF の設定手法を検討する。

分解 COD 当たりのメタン生成量 (B) は下式にて表現することができる。

$$\begin{aligned}
 \boxed{\text{COD 当たりのメタン生成量 (B)}} &= \boxed{\text{COD 当たりの最大メタン生成量 (B}_0\text{)}} \times \boxed{\begin{array}{l} \text{変換率 (MCF : 0~1)} \\ \text{完全嫌気 : 1} \\ \text{完全好気 : 0} \end{array}} \\
 &= \boxed{\text{POME からのバイオガス発生量 (R}_{\text{(POME BIOGAS)}}\text{)}} \times \boxed{\text{バイオガス中のメタン含有率 (R}_{\text{(BIOGAS METHANE)}}\text{)}} \times \boxed{\text{メタン比重}} \div \boxed{\text{COD 分解量}}
 \end{aligned}$$

各処理方式に応じたパラメータの設定方法を以下に示す。

【R_(POME BIOGAS) の設定】

POME からのバイオガス発生量は、マレーシアパームオイル研究所の実験により 20 ~ 28m³ の値をとるとされている。"Malaysia National Greenhouse Gas Inventory 1994" では、マレーシアの公式値として 28m³ の値を採用しているが、実測値の幅がいかなる理由に起因するかが明確でないため、本方法論では保守性の観点から中間値である 24m³ を採用する。

$$R_{\text{POME Biogas}} = 24 \text{ (m}^3_{\text{-Biogas}}/\text{m}^3_{\text{-POME}})$$

【R_(BIOGAS METHANE) の設定】

R_(BIOGAS METHANE) は発生バイオガス中のメタン含有率を指す。メタンは嫌気反応により生じるため、メタン含有率は反応の嫌気度により決定される。Revised 1996 IPCC

Guidelines では、ラグーン方式の場合、水深が 2～3m 程度になると嫌気性醗酵が始まると記されている。嫌気性ラグーンの水深は通常 4～7m であるが、ガイドラインでは MCF が 1(完全嫌気性発酵)となる水深は明記されていない。そこで、本方法論では KIT-UPM の実測調査により、水深 6m のラグーンの実測値に基づいた MCF 値を嫌気性ラグーン方式における MCF 値として仮定する。しかし、実際には嫌気性ラグーン方式の MCF は水深(1～7m 程度)に応じて変化すると考えられるため、異なる水深のラグーンに適用する場合は、水深を考慮した MCF の設定方法を構築する必要がある。

一方、開放型消化タンクの場合、水深は通常 10m 程度であるため、水深 10m の開放型消化タンクを対象とした KIT-UPM 共同研究の実測値を、開放型消化タンク方式における MCF 値として設定する。

各処理方式における $R_{(BIOGAS\ METHANE)}$ の実測値を図表 6 - 1 に示す。

図表 6 - 1 POME 処理方式別のバイオガス中のメタン含有率

	嫌気性ラグーン方式	開放型消化タンク方式	閉鎖型消化タンク方式
メタン含有率	58%	36%	65%
水深	6m	10m	10m
出所	KIT-UPM 共同研究	KIT-UPM 共同研究	マレーシアパームオイル研究所

[単位体積当たりのメタン重量の設定]

シャルルの法則により、気温 (T) における (気圧は 1atm と仮定) 気体体積は下式で求められる。ここで、パームオイル産業が盛んである東南アジア平野部の標準的な気温を 27 度と設定する。

$$\begin{aligned}
 V &= V_0 \times (273+T) \div 273 \\
 &= 22.4 \times (273+T) \div 273(\text{L/mol})(27, 1\text{atm における気体体積}) \\
 &= 24.6
 \end{aligned}$$

従って、単位体積当たりのメタン重量は以下ようになる。

$$\begin{aligned}
 a &= 1 \text{ モル当たりのメタン重量 (kg/mol) } \div 27 \text{ における 1 モルの気体体積 (L/mol)} \\
 &= 16 \times 10^{-3}(\text{kg/mol}) \div 24.6(\text{L/mol}) \\
 &= \underline{6.50 \times 10^{-4}(\text{t/m}^3)}
 \end{aligned}$$

[単位POME体積当たりの除去CODの設定]

単位 POME 体積当たりの除去 COD は下式で求められる。

$$\begin{aligned}
 \Delta\text{COD}_{\text{ave}} &= \text{POME処理前の平均COD濃度} \times \text{平均的COD除去効率} \\
 &= \text{COD}_{\text{before_ave}} \div \text{RemovalEfficiency}_{\text{ave}}
 \end{aligned}$$

「2.5.1.発生バイオガス中のメタン含有率の測定」参照

POME 処理前の平均 COD 濃度は、約 50,000 (mg/L) である。COD 除去率は滞留時間によって左右される。プロジェクトシナリオにおいては、十分な滞留時間を確保するような閉鎖型消化タンクの設計を行うことを仮定して COD 除去効率は 90% に設定する。

一方で、ベースラインシナリオにおける POME 処理においては、嫌気性ラグーン方式及び開放型消化タンク方式において十分な滞留時間が確保され、滞留が機能した場合には高い COD 除去率も達成可能であるが、KIT-UPM が実施した S 工場を対象とした実測実験の結果、開放型消化タンク方式における COD 除去率は 81% という結果であった。通常パームオイル工場の廃液処理はコントロールされておらず、効率的な COD 除去は望めない。そこで、ここでは現実的な観点から、嫌気性ラグーン方式、開放型消化タンク方式の COD 除去率をやや低めの値として、それぞれ 85%、80% と想定する。

図表6 - 2 単位POME体積当たりの除去CODの設定

	嫌気性ラグーン方式	開放型消化タンク方式	閉鎖型消化タンク方式
COD _{before ave}	0.05(t/m ³)		
RemovalEfficiency _{ave}	0.85	0.80	0.90

[Bの算定]

$R_{(POME \text{ BIOGAS})}$, $R_{(BIOGAS \text{ METHANE})}$, a, COD を用いて分解 COD 当たりのメタン発生量 (B) を算定すると図表 6 - 3 に示す結果が得られる。

図表6 - 3 分解COD当たりのメタン発生量

	ベースラインシナリオ		プロジェクトシナリオ
	嫌気性ラグーン方式	開放型消化タンク方式	閉鎖型消化タンク方式
B	0.213	0.140	0.225

ベースラインシナリオ

$B_{(ラグーン)}$

$$=24(m^3_{\text{BIOGAS}}/m^3_{\text{POME}}) \times 0.58(m^3_{\text{METHANE}}/m^3_{\text{BIOGAS}}) \times 6.50 \times 10^{-4}(t/m^3) \div (0.05(t/m^3) \times 85(\%))$$

$$=0.213$$

$B_{(開放型タンク)}$

$$=24(m^3_{\text{BIOGAS}}/m^3_{\text{POME}}) \times 0.36(m^3_{\text{METHANE}}/m^3_{\text{BIOGAS}}) \times 6.50 \times 10^{-4}(t/m^3) \div (0.05(t/m^3) \times 80(\%))$$

$$=0.140$$

プロジェクトシナリオ

$B_{(閉鎖型タンク)}$

$$=24(m^3_{\text{BIOGAS}}/m^3_{\text{POME}}) \times 0.65(m^3_{\text{METHANE}}/m^3_{\text{BIOGAS}}) \times 6.50 \times 10^{-4}(t/m^3) \div (0.05(t/m^3) \times 90(\%))$$

$$=0.225$$

[MCF の設定]

上記、B の値及び B₀ より MCF は図表 6 - 4 に示す結果が得られた。

図表6 - 4 メタン変換率 (MCF)

	ベースラインシナリオ		プロジェクトシナリオ
	嫌気性ラグーン方式	開放型消化タンク方式	閉鎖型消化タンク方式
MCF	0.852	0.560	0.900

ベースラインシナリオ

$$MCF_{(\text{ラグーン})} = B_{(\text{ラグーン})} / B_0 = \underline{0.852}$$

$$MCF_{(\text{開放型タンク})} = B_{(\text{開放型タンク})} / B_0 = \underline{0.560}$$

プロジェクトシナリオ

$$MCF_{(\text{閉鎖型タンク})} = B_{(\text{閉鎖型タンク})} / B_0 = \underline{0.900}$$

Step2.4. 単位 POME 体積当たりのメタン発生量の推計式

Step2.1. ~ 2.3.を用いて、単位 POME 体積当たりのメタン発生量の推計は下式で求められる。

単位 POME 当たりのメタン発生量 (t_{CH₄})

$$CH_{4(\text{BaU})}/\text{POME} = \Delta\text{COD}(\text{kg}/\text{m}^3_{\text{-POME}}) \times B_0(\text{kg_CH}_4/\text{kg_COD}) \times \text{MCF}$$

単位 POME 当たりの温室効果ガス発生量 CO₂ 換算 (t_{CO₂})

$$\text{GHG}_{(\text{BaU})}/\text{POME} = \Delta\text{COD}(\text{kg}/\text{m}^3_{\text{-POME}}) \times B_0(\text{kg_CH}_4/\text{kg_COD}) \times \text{MCF} \times \text{GWP}_{(\text{CH}_4)}$$

[Step3] : POME からの GHG 排出量の推計

Step1 ~ 2 より、i 年における POME からのベースラインメタン排出量は下式で求められる。

$$\begin{aligned} CH_{4i(\text{BaU})-\text{POME}} \\ = \text{POME}_{i(\text{BaU})} \times CH_{4(\text{BaU})}/\text{POME} \end{aligned}$$

したがって、POME からの GHG 排出量は以下ようになる。

$$\begin{aligned} \text{GHG}_{(\text{BaU})-\text{POME}} \\ = \sum_{i=1}^7 CH_{4i(\text{BaU})-\text{POME}} \times \text{GWP}_{(\text{CH}_4)} \end{aligned}$$

6.1.2. 熱供給事業によって代替される化石起源の GHG 排出量

メタン熱供給事業によって、以下の2つの代替が行われ、化石起源の温室効果ガス排出量が代替される。

- ベースラインシナリオにおける外部からの購入熱量を熱供給事業により代替。
- プロジェクトシナリオにおける外部への熱供給により化石燃料起源のエネルギーを代替。

代替される温室効果ガス排出量を以下の手順で推計する。

[Step1] : 事業実施前の推計 (プロジェクトシナリオにおけるメタン熱供給量)

事業実施後には、蒸気発生量はモニタリングされ、事業により代替される熱量もモニタリングデータを基に推計される。しかし、ここでは獲得される CER を事業実施前に把握するために、以下に示す手順で代替される熱量の推計を行う。

必要なパラメータ

• 年間 POME 発生量	: $POME_{i(Project)}$
• COD 除去量	: $\Delta COD(kg/m^3_{POME})$
• メタン最大生成量	: $B_0(kg_CH_4/kg_COD)$
• CH_4 変換率	: $MCF_{(Project)}$
• プロジェクトシナリオにおけるメタン年間回収量	: $CH_{4(Project)-POME}(t/y)$
• メタンの燃焼カロリー	: $HV_{Methane}(MJ/kg)$
• 換算係数 (ジュール ワット時)	: $CF(kWh/MJ)$
• 熱供給効率	: $Efficiency(\%)$

Step1.1 プロジェクトシナリオにおけるメタン回収量の推計

プロジェクトシナリオにおけるメタン発生量は、「6.2.1.メタン燃焼に伴う排出量」と同様の手法で推計する。

$$CH_{4i(Project)-POME}(t_CH_4) = POME_{i(Project)} \times \Delta COD(kg/m^3_{POME}) \times B_0(kg_CH_4/kg_COD) \times MCF_{(Project)}$$

Step1.2 メタン熱供給による供給熱量 (Heat_{replaced})

メタン熱供給による供給熱量は、メタンの熱量 ($HV_{Methane}$)、単位換算係数 (CF)、熱供給効率 ($Efficiency$) を用いて下式で求められる。

$$Heat_{replaced}(MWh) = \sum_{i=1}^7 CH_{4i(Project)-POME}(t) \times HV_{Methane}(MJ/kg) \times CF(kWh/MJ) \times Efficiency(\%)$$

[Step2] : 代替 GHG ガスの推計

プロジェクト実施後には、製造（及び売却）された蒸気量から代替エネルギー量の推計を行う。

必要なパラメータ

・代替されるエネルギー源の CO ₂ 排出係数	: EF _(replaced CO₂) (kg/kWh)
・代替されるエネルギー源の CH ₄ 排出係数	: EF _(replaced CH₄) (kg/kWh)
・代替されるエネルギー源の N ₂ O 排出係数	: EF _(replaced N₂O) (kg/kWh)
・CH ₄ の温室効果係数	: GWP _(CH₄)
・N ₂ O の温室効果係数	: GWP _(N₂O)
・熱供給量	: Heat _{i-replaced} (MWh/y)
・輸送によるエネルギーの損失 (プロジェクトシナリオにおける創出エネルギー輸送)	: LossRatio _{project} (%)
・輸送によるエネルギーの損失 (ベースラインシナリオにおけるエネルギー輸送)	: LossRatio _{replaced} (%)

排出係数の設定は、代替エネルギーの燃料構成によって、該当する燃料固有の排出係数を採用する。また、輸送によるエネルギー損失 (LossRatio_{project}, LossRatio_{replaced}) は、エネルギー製造地から消費地までの輸送により失われるエネルギー量のことを指す。

$$\text{CO}_{2\text{-replaced}} (\text{t_CO}_2)$$

$$= \frac{\text{Heat}_{i\text{-replaced}} (\text{MWh/y})}{\text{Efficiency}} \times (1 - \text{LossRatio}_{\text{project}}) \div (1 - \text{LossRatio}_{\text{replaced}}) \times \text{EF}_{(\text{replaced CO}_2)} (\text{kg/kWh})$$

$$\text{CH}_{4\text{-replaced}} (\text{t_CO}_2)$$

$$= \frac{\text{Heat}_{i\text{-replaced}} (\text{MWh/y})}{\text{Efficiency}} \times (1 - \text{LossRatio}_{\text{project}}) \div (1 - \text{LossRatio}_{\text{replaced}}) \times \text{EF}_{(\text{replaced CH}_4)} (\text{kg/kWh}) \times \text{GWP}_{(\text{CH}_4)}$$

$$\text{N}_2\text{O}_{\text{-replaced}} (\text{t_CO}_2)$$

$$= \frac{\text{Heat}_{i\text{-replaced}} (\text{MWh/y})}{\text{Efficiency}} \times (1 - \text{LossRatio}_{\text{project}}) \div (1 - \text{LossRatio}_{\text{replaced}}) \times \text{EF}_{(\text{replaced N}_2\text{O})} (\text{kg/kWh}) \times \text{GWP}_{(\text{N}_2\text{O})}$$

$$\text{GHG}_{\text{-replaced}} (\text{t_CO}_2) = \text{CO}_{2\text{-replaced}} + \text{CH}_{4\text{-replaced}} + \text{N}_2\text{O}_{\text{-replaced}}$$

6.2. プロジェクト排出量

6.2.1. メタン燃焼に伴う排出量

本方法論は、ベースラインシナリオにおいて大気へ放出されていたメタンを回収し、温室効果ガス削減を行うものである。しかし、回収したメタンをエネルギー利用する際に、燃焼し CO₂ として大気へ放出するため、メタン燃焼に伴う CO₂ 排出量をプロジェクト排出量として考慮する。

必要なパラメータ

・ベースラインシナリオにおけるメタン発生量	: CH _{4(BaU)_POME} (t/y)
・排出係数 (メタン燃焼)	: EF _(CH₄ CO₂) (t_CO ₂ /t_CH ₄)

ベースラインシナリオにおけるメタン発生量すなわち、メタン回収による温室効果ガス削減分のメタンの燃焼に伴う CO₂ 排出量をプロジェクト排出量として算定する。

$$CO_{2_combustion}(t_CO_2) = CH_{4(BaU)_POME}(t) \times EF_{(CH_4\ CO_2)}(t_CO_2/t_CH_4)$$

6.2.2. プロジェクトによる FFB 受入増加分の輸送に伴う排出量

CDM 事業により FFB 受入量が増大した場合、FFB の輸送距離の増大が予想される。輸送距離が増大することにより、輸送に伴う化石燃料消費が増大し、温室効果ガスが増加する。そこで、FFB 受入増加分の輸送に伴う温室効果ガス排出量をプロジェクト排出量として算定に含める。

必要なパラメータ

・ 輸送距離(片道)	: TransportDistance (km)
・ 燃料消費量	: FuelConsumption (t/km)
・ FFB 受入増加量	: ΔFFB(t)
・ 車体重量	: Load (t/vehicle)
・ 燃料排出係数 (CO ₂)	: EF _(transport CO₂) (kg/kWh)
・ 燃料排出係数 (CH ₄)	: EF _(transport CH₄) (kg/kWh)
・ 燃料排出係数 (N ₂ O)	: EF _(transport N₂O) (kg/kWh)
・ 地球温暖化係数 (CH ₄)	: GWP _(CH₄)
・ 地球温暖化係数 (N ₂ O)	: GWP _(N₂O)

プランテーションからの FFB 搬入に伴う排出量は、プロジェクトにより FFB 受入量が増大したと考えられる場合にのみ算定する。FFB 受入増加量の輸送に伴う温室効果ガス排出量 (GHG_{Transport}) は下式で求められる。

$$CO_{2_Transport}(t_CO_2) = \Delta FFB \div Load \times TransportDistance \times 2 \times FuelConsumption \times EF_{(Transport\ CO_2)}$$

$$CH_{4_Transport}(t_CO_2) = \Delta FFB \div Load \times TransportDistance \times 2 \times FuelConsumption \times EF_{(Transport\ CH_4)} \times GWP_{(CH_4)}$$

$$N_2O_Transport}(t_CO_2) = \Delta FFB \div Load \times TransportDistance \times 2 \times FuelConsumption \times EF_{(Transport\ N_2O)} \times GWP_{(N_2O)}$$

$$GHG_{Transport}(t_CO_2) = CO_{2_Transport} + CH_{4_Transport} + N_2O_Transport$$

6.2.3. ボイラー起動に伴う排出量

ボイラーの起動には電力が必要となる。そこで、ボイラー起動に伴う温室効果ガスをプロジェクト排出量として考慮する。ただし、排出量が微小であると考えられる場合には、簡略化のため温室効果ガスの算定には含まない。

必要なパラメータ

・ 電源起動一回ごとの電力消費量	: Electricity Consumption(kWh)
・ 電源起動回数	: N
・ 電源起動に伴う排出係数 (CO ₂)	: EF _(startup CO₂) (kg/kWh)
・ 電源起動に伴う排出係数 (CH ₄)	: EF _(startup CH₄) (kg/kWh)
・ 電源起動に伴う排出係数 (N ₂ O)	: EF _(startup N₂O) (kg/kWh)
・ 地球温暖化係数 (CH ₄)	: GWP _(CH₄)
・ 地球温暖化係数 (N ₂ O)	: GWP _(N₂O)

メタン熱供給施設電源起動に伴う排出量は下式によって推計される。

$$\text{CO}_{2_Startup}(t_CO_2) = \text{ElectricityConsumption} \times N \times \text{EF}_{(\text{Startup } CO_2)}$$

$$\text{CH}_{4_Startup}(t_CO_2) = \text{ElectricityConsumption} \times N \times \text{EF}_{(\text{Startup } CH_4)} \times \text{GWP}_{(CH_4)}$$

$$\text{N}_2\text{O_Startup}(t_CO_2) = \text{ElectricityConsumption} \times N \times \text{EF}_{(\text{Startup } N_2O)} \times \text{GWP}_{(N_2O)}$$

$$\text{GHG_Startup}(t_CO_2) = \text{CO}_{2_Startup} + \text{CH}_{4_Startup} + \text{N}_2\text{O_Startup}$$

6.3. ベースラインシナリオにおける GHG 排出量

ベースラインシナリオにおける GHG 排出量の合計は下式で求められる。

$$\text{GHG}_{\text{TOTAL_BaU}} = \text{GHG}_{\text{POME_BaU}}(t_CO_2) + \text{GHG}_{\text{replaced}}(t_CO_2)$$

7. リークージの算定手法

7.1. FFB 受入増加に起因する他工場でのメタン排出削減量

対象工場への FFB 受入増加分は、プロジェクトが実施されなかった場合には、他工場へ搬入され、CPO 生産に伴い、POME 処理工程においてメタンを発生させていたと考えられるため、このメタン排出削減量をリークージとして考慮する。

必要なパラメータ

・年間 FFB 受入増加量	: FFB_i (t/y)
・年間 POME 発生量	: $POME_{i(BaU)}$ (m^3/y)
・FFB からの CPO 発生率	: $R_{(FFB \rightarrow CPO)}$ (t_{CPO}/t_{FFB})
・CPO からの POME 発生率	: $R_{(CPO \rightarrow POME)}$ (m^3_{POME}/t_{CPO})
・最大メタン生成容量	: B_0 (kg_{CH_4}/kg_{COD})
・メタンの地球温暖化係数	: $GWP_{(CH_4)}$
・COD 分解量	: ΔCOD (kg/m^3_{POME})
・メタン変換係数	: MCF

メタン発生量を算定するためには、ベースラインシナリオにおける FFB 搬出先を特定して、POME 処理方式に応じたメタン発生量の推計を行うことが最も適当であるが、それが困難な場合も想定されるため、本方法論では 3 通りのリークージ排出量算定方法を設定する。

Case1: 対象工場近隣に閉鎖型及び開放型消化タンク方式を導入している工場が存在しない場合
対象工場の近隣に、閉鎖型及び開放型消化タンク方式のいずれを導入している工場も立地していない場合には、嫌気性ラグーン方式を想定して $Leakage_{CH_4}$ を算定する。

Case2: 対象工場近隣に閉鎖型消化タンク方式を導入している工場は存在しないが、開放型消化タンク方式を導入している工場が立地している場合

保守性の観点からリークージの算出に用いる POME 処理方式としては、最も排出量の小さい処理方式を想定するのが望ましいと考えられる。嫌気性ラグーン方式で発生するバイオガス中のメタン含有率は 58%、開放型消化タンク方式では 36%であるため、対象工場近隣に開放型消化タンク方式の工場が立地している場合には、開放型消化タンク方式をベースラインにおける処理方式と想定して、 $Leakage_{CH_4}$ を算定する。

Case3: 対象工場近隣に閉鎖型消化タンク方式を導入している工場が立地している場合

閉鎖型消化タンク方式では、POME 処理工程で発生するメタンは全て回収されるため、温室効果ガスは発生しない。保守性の観点から Case3 の場合には、 $Leakage_{CH_4}$ は 0 (ゼロ) と想定する。

リークージ排出量の算定は以下の算定式に基づき、事後に評価 (ex-post) を行う。

$$Leakage_{CH_4} = FFB \times R_{(FFB \rightarrow CPO)} \times R_{(CPO \rightarrow POME)} \times COD \times B_0 \times MCF \times CWP_{(CH_4)}$$

$$(t_{CO_2}/y) \quad (t/y) \quad (t_{CPO}/t_{FFB}) \quad (m^3_{POME}/t_{CPO}) \quad (kg/m^3_{POME}) \quad (kg_{CH_4}/kg_{COD})$$

7.2. FFB 受入増加に起因する CPO 搬出経路変更により生じる排出量変化

FFB 受入量の増加に伴い CPO の生産量の増加が見込まれる。これにより、ベースラインシナリオとプロジェクトシナリオで CPO 製造工場から CPO 搬出先までの輸送距離に差が生じ、温室効果ガス排出量に変化する可能性があるため、この変化分をプロジェクト排出量として考慮する。

必要なパラメータ

• FFB 受入増加量	: $\Delta\text{FFB}(\text{t})$
• FFB からの CPO 発生率	: $R_{\text{(FFB CPO)}}(t_{\text{CPO}}/t_{\text{FFB}})$
• 輸送距離(片道)	: $\text{TransportDistance}(\text{km})$
• 燃料消費量	: $\text{FuelConsumption}(\text{km/L})$
• 積載重量	: $\text{Load}(\text{t/vehicle})$
• 燃料排出係数 (CO ₂)	: $\text{EF}_{\text{(CPO CO}_2\text{)}}(\text{kg/km})$
• 燃料排出係数 (CH ₄)	: $\text{EF}_{\text{(CPO CH}_4\text{)}}(\text{kg/km})$
• 燃料排出係数 (N ₂ O)	: $\text{EF}_{\text{(CPO N}_2\text{O)}}(\text{kg/km})$
• 地球温暖化係数(CH ₄)	: $\text{GWP}_{\text{(CH}_4\text{)}}$
• 地球温暖化係数(N ₂ O)	: $\text{GWP}_{\text{(N}_2\text{O)}}$

FFB 受入量増加に起因する CPO 搬出経路変更により生じる排出量変化は、プロジェクトにより FFB 受入量が増大したと考えられる場合にのみ算定する。また、CPO 搬出経路の走行距離にベースラインシナリオとプロジェクトシナリオで差が生じなければ、FFB 受入量が増加しても温室効果ガス排出量に差は生じない。算定式は以下に示される。

$$\begin{aligned} \text{CO}_{2_CPO}(\text{t_CO}_2) &= \Delta\text{FFB} \times R_{\text{(FFB CPO)}} \div \text{Load} \times \frac{\text{Transport Distance}}{2} \times \text{Fuel Consumption} \times \text{EF}_{\text{(Transport CO}_2\text{)}} \\ \text{CH}_{4_CPO}(\text{t_CO}_2) &= \Delta\text{FFB} \times R_{\text{(FFB CPO)}} \div \text{Load} \times \frac{\text{Transport Distance}}{2} \times \text{Fuel Consumption} \times \text{EF}_{\text{(Transport CH}_4\text{)}} \times \text{GWP}_{\text{(CH}_4\text{)}} \\ \text{CH}_{4_CPO}(\text{t_CO}_2) &= \Delta\text{FFB} \times R_{\text{(FFB CPO)}} \div \text{Load} \times \frac{\text{Transport Distance}}{2} \times \text{Fuel Consumption} \times \text{EF}_{\text{(Transport N}_2\text{O)}} \times \text{GWP}_{\text{(N}_2\text{O)}} \end{aligned}$$

$$\text{GHG}_{_CPO}(\text{t_CO}_2) = \text{CO}_{2_CPO} + \text{CH}_{4_CPO} + \text{N}_2\text{O}_{_CPO}$$

8. 方法論策定における透明性・保守性等に関する基準:

- 排水基準は国の定めるルールに依拠するため、透明かつ入手可能である。将来的な基準の引上げも考慮に入れるため保守的である。
- 発生バイオガス中のメタン濃度は、マレーシアにおいて KIT-UPM が共同で行った実測結果を採用するが、今後新たに実験が行われた場合には、最も妥当であると考えられるデータを採用する。
- 熱供給効率率は文献や過去の事例から引用するが、不確定な要素が大きい場合には、現実的な範囲で保守的な値を採用する。

9. 方法論の長所・短所:

9.1. 長所

- FFB 受入量、COD 除去率、蒸気製造量をモニタリングすれば、主な GHG 発生量が推計できる簡略化された手法であること。
- KIT - UPM の実測値に基づき排出量を推計する方法論を構築したことにより、ベースライン排出量算定において、プロジェクトごとに処理施設からの排出量観測を行う必要がなくなり、コスト・時間・必要作業の削減を可能としたこと。
- 東南アジアを中心に展開されるほぼ全てのパームオイル工場に適用され得る汎用性の高い手法であること。

9.2. 短所

- メタン発生量推計方法の汎用性の高さ、正確さ（気象条件などがどのように影響するかが把握できていないこと）が実証されていないこと。

10. 国及びセクターの政策や周辺状況など、考慮に入れた事項:

- 現行の排水基準、将来的な基準引上げの可能性を考慮。
- 土地の制約が厳しくなる状況を考慮。
- 国の新エネルギー導入方針を考慮。

Annex 4

新モニタリング方法論

パームオイル工場廃液処理におけるメタン回収及び再生可能エネルギー供給のモニタリング方法論

1. 新方法論の概要

1.1 モニタリング項目

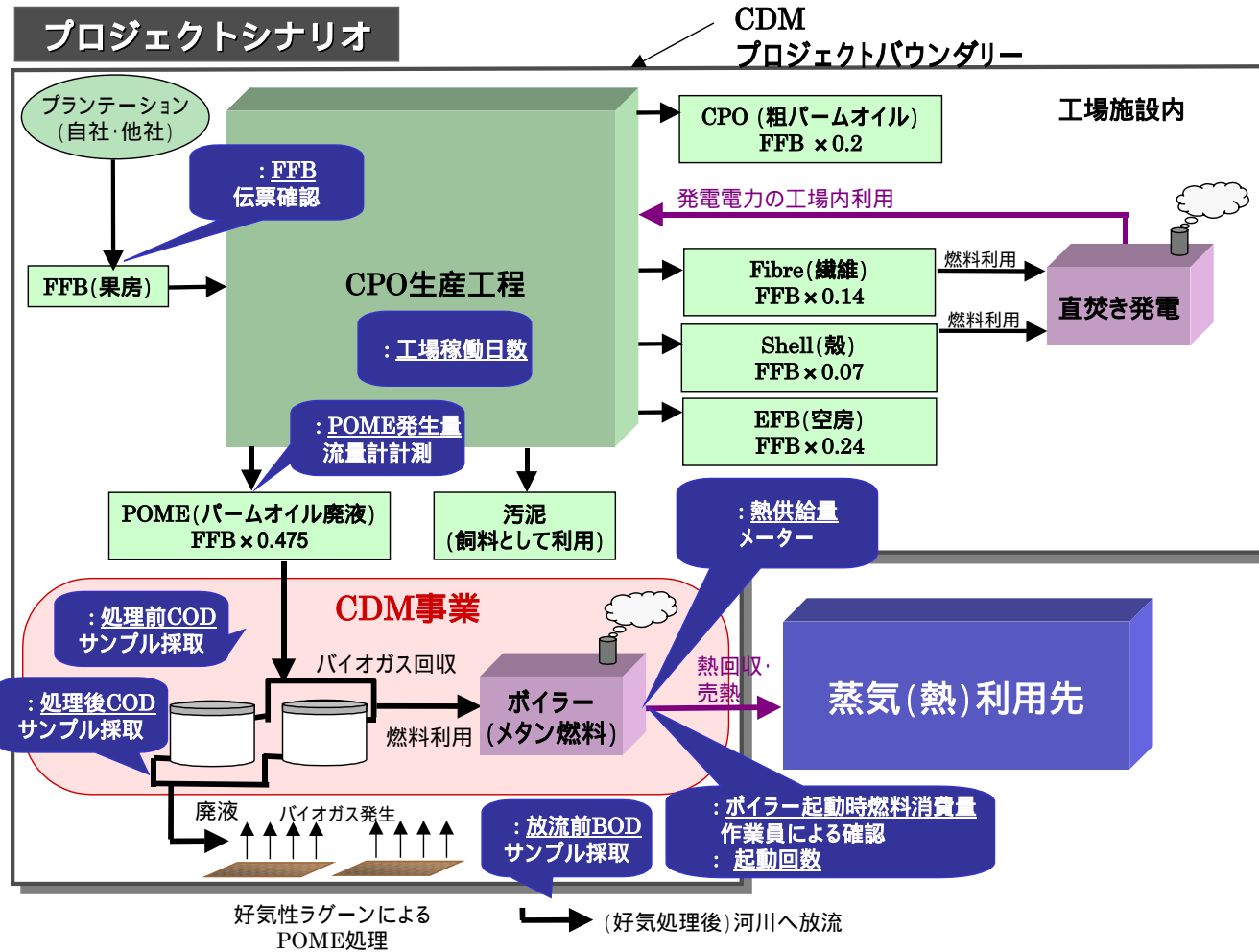
本方法論は、下記の項目をモニタリングするための方法論である。

図表 1 - 1 モニタリング項目

モニタリングによる 推計項目 モニタリング項目	ベースライン排出量		プロジェクト排出量			リーケージ		前提条件の 整合性 / 環境 規制遵守等
	POMEの嫌気処理 に伴うメタン排出量	熱供給事業により 代替されるGHG排 出量	FFB受入増加分の 輸送に伴う排出量	メタン燃焼に伴う 排出量	ボイラー起動に 伴う排出量	FFB受入量増加 による他工場での メタン排出削減量	CPO搬出経路 変更に伴うGHG 排出変化量	
FFB受入量								
POME発生量								
嫌気処理前COD濃度								
嫌気処理後COD濃度								
河川放流時のBOD濃度								
熱供給量								
電源起動時の燃料 (電力)消費量								
電源起動回数								
工場稼働日数								

1.2. モニタリング計画図（番号は図表 2 - 1 及び図表 3 - 1 におけるモニタリング項目 I.D.参照）

以下は、本モニタリング方法論の計画図である。継続的測定が不可能な場合には過去の測定値（2 ヶ月以内などの一定の条件内で）から中間値を採用する。また、モニタリング結果によって CER は見直しを行うこととする。全てのデータは電子情報として保管され、DOE に監査のために委譲される。



図表 1 - 2 モニタリング計画図

2. プロジェクト活動による排出量モニタリングのために収集すべきデータ及びデータ保管方法

図表 2 - 1 モニタリングデータ及び保存方法

ID	種類	単位	測定(m)、計算(c)、推計(e)	頻度	データ実測率	データ保存方法(電子媒体 or 紙媒体)	データ保存期間	測定手法	シナリオ	
1	FFB 受入量	重量	t/d	m	毎月	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業 (伝票確認)	プロジェクト
2	POME 発生量	体積	m ³ /d	m	毎月	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業 流量計測定	ペーライン/ プロジェクト
3	嫌気処理前 COD 濃度	濃度	mg/ L	m	毎月	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業 (サンプル採取)	ペーライン/ プロジェクト
4	嫌気処理後 COD 濃度	濃度	mg/ L	m	毎月	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業 (サンプル採取)	プロジェクト
5	放流時の BOD 濃度	濃度	mg/ L	m	毎月	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業 (サンプル採取)	プロジェクト
6	熱供給量	重量	Kwh	m	継続	100%	電子媒体	事業終了時まで	蒸気量を自動計測	プロジェクト
7	ボイラー起動に必要な燃料(電力)消費量	体積/ 電力	L/ kWh	m	施設起動時	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業(燃料投入量の確認、 あるいはメーターで確認)	プロジェクト
8	起動回数	回数	回	m	施設起動時	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業(立上げ回数を確認)	プロジェクト
9	稼働日数	日数	days	m	毎月	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業で確認	プロジェクト

3. プロジェクトバウンダリー外に排出源があり、重要かつプロジェクト活動に起因する排出量、及びこれらの排出量の収集・保管方法

本方法論で考慮されるべきリーケージは、全て FFB 受入量のモニタリングによる推計項目となる。

図表 3 - 1 モニタリングデータ及び保存方法

ID	種類	単位	測定(m)、計算(c)、推計(e)	頻度	データ実測率	データ保存方法(電子媒体 or 紙媒体)	データ保存期間	測定手法	シナリオ	
1	FFB 受入量	重量	t/d	m	毎月	100%	電子媒体	事業終了時まで	手作業 (伝票確認)	プロジェクト

4. 新方法論における前提条件

本方論における前提条件は特に無い。

5. モニタリング項目に対する品質管理・品質保証手法

品質管理・品質保証（QA/QC）に関して手法適用の有無及び今後の計画を図表 5 - 1 に示す。

図表 5 - 1 品質管理・品質保証手法

ID		データ不確実性 (高/中/低)	QA/QC 手続きの計画 (有り/無し)	QA/QC を採用する/しない理由
1	FFB 受入量	低	有り	メタン排出量はモニタリングされる FFB 受入量に基づき計算される。FFB のモニタリングには支払伝票を用いる。通常パームオイル産業において FFB 受入量の推計にはこの手法が採られることから、手法の信頼性は高いといえる。
2	POME 発生量	低	有り	POME 排出量はベースラインメタン排出量、プロジェクトシナリオにおけるメタン燃焼による CO2 排出量の算定に必要不可欠なデータである。適切な測定装置による継続的な実測により、データの信頼性は高いといえる。
3	嫌気処理前 COD 濃度	低	有り	当該データはプロジェクトシナリオにおけるメタン燃焼による CO2 排出量の計算に必要となる。適切な測定装置を用いることにより実測の頻度を増加させることにより、データの信頼性を確保する。
4	嫌気処理後 COD 濃度	低	有り	当該データはプロジェクトシナリオにおけるメタン回収量の評価に必要となる。適切な測定装置を用いることにより実測の頻度を増加させることにより、データの信頼性を確保する。
5	放流時の BOD 濃度	低	有り	当該データはプロジェクトシナリオにおける BOD 値が排水基準と適合するかどうかを評価するために行われる。適切な測定装置を用いることにより実測の頻度を増加させることにより、データの信頼性を確保する。
6	熱供給量	低	有り	当該データは本事業によって代替されるエネルギー量の推定に不可欠である。適切な測定器による継続的な計測で、データの信頼性を確保する。
7	ボイラー機電源起動に必要な燃料（電力）量	低	有り	当該データはメタン発電施設の電源起動による排出される CO2 を算定するために必要となる。実際に用いられるディーゼル燃料使用量を記録することにより、データの信頼性を確保する。
8	ボイラー起動回数	低	有り	当該データはメタン発電施設の電源起動による排出される CO2 を算定するために必要となる。
8	工場稼働日数	低	有り	工場稼働日数は PDD で設定した稼働日数と実際の稼働日数に矛盾がないことを確認するためにモニタリングされる。

6. 方法論の長所・短所

6.1. 長所

- パームオイル工場における通常業務のモニタリングの範囲内、及び蒸気製造事業における通常モニタリングで可能な項目を中心に計画されていること。
- 簡略なモニタリングにより、低コストのモニタリングが可能であること。

6.2. 短所

特になし

7. 方法論の他の事業への適用例及びその際の状況

本方法論の適用例はない

Annex 5

ベースラインデータ

1. 温室効果ガス排出量算定に用いたデータ

パラメータ	設定値	出所 / 根拠
FFB 受入量平均値(1996~2002)	306,919(t/y)	S 工場データ
CPO 抽出率	0.19	“Malaysian Oil Palm Statistics 2002”より 1996~2002 の平均値
CPO 単体量当たりの POME 発生率	$2.5(\text{m}^3_{\text{-POME}}/\text{t}_{\text{-CPO}})$	Malaysia National Greenhouse Gas Inventory 1994
POME 単位体積当たりの	$24(\text{m}^3_{\text{-Biogas}}/\text{m}^3_{\text{-POME}})$	Malaysia National Greenhouse gas Inventory 1994
メタン含有率(ベースラインシナリオ)	58%	KIT-UPM 共同研究
メタン含有率(プロジェクトシナリオ)	65%	Palm Oil Research Institute Malaysia(PORIM)
POME 平均 COD 濃度	$50(\text{kg}/\text{m}^3)$	Oil Palm and the Environment ~A Malaysian Perspective 1999
POME 処理による COD 除去量	$35.0(\text{kg}/\text{m}^3)$	KIT-UPM 共同研究実測データ
MCF(ベースラインシナリオ)	0.560	方法論に基づき算定
MCF(プロジェクトシナリオ)	0.900	方法論に基づき算定
S 工場処理能力	60t/h	S 工場データ
メタン熱量	$55.5(\text{MJ}/\text{kg})$	理論値
メタン熱回収効率	80%	想定

2. コスト算出に用いたデータ

パラメータ	設定値	出所 / 根拠
重油価格	$0.15(\text{US}\$/\text{t}_{\text{-重油}})$	想定
蒸気販売価格	$15.4(\text{US}\$/\text{t}_{\text{-蒸気}})$	重油価格に基づき想定
ボイラー価格	$500(\text{万円}/\text{t}_{\text{-蒸気}})$	プラントメーカーへのヒアリングより
プロジェクトでの蒸気創出量(設計値)	$2.4(\text{t}_{\text{-蒸気}}/\text{h})$	メタン回収量等に基づき算定
人件費	$6,000(\text{RM}/\text{人})$	FELDA 社へのヒアリングに基づき想定
閉鎖型消化タンク滞留日数	10(日)	住友重機械工業株式会社
閉鎖型消化タンク基数	2(基)	POME 発生量推計値より算定
500 m ³ 閉鎖型消化モデルタンク建設コスト	$120,000(\text{US}\$/\text{tank})$	住友重機械工業株式会社
1 基当たりタンク体積	$3,420\text{m}^3$	基本設計に基づき算定

Annex 6

略語解説

FFB	:	Fresh Fruit Bunch (油ヤシ果房)
EFB	:	Empty Fruit Bunch (油ヤシ空房)
CPO	:	Crude Palm Oil (粗パームオイル)
POME	:	Palm Oil Mill Effluent (パームオイル工場廃液)
OER	:	Oil Extraction Rate (CPO 抽出率)
RM	:	Ringgit Malaysia (マレーシア通貨)
TNB	:	Tenaga National Berhad (マレーシア電力会社)
PTM	:	Pusat Tenaga Malaysia
PORIM	:	Palm Oil Research Institute of Malaysia (マレーシアパームオイル研究所)
KIT	:	Kyushu Institute of Technology (九州工業大学)
UPM	:	Universiti Putra Malaysia (マレーシアプトラ大学)
DOE	:	Designed Operational Entity (指定認証機関)

資料編

資料1	ステアリング委員会議事録	185
資料2	ステアリング委員会発表資料 UPM 大学 Shahrakbah Yacob 氏	193
資料3	ステアリング委員会発表資料 九州工業大学 白井義人教授	198

Minutes of the Third Steering Committee Meeting on CDM Project in Malaysia Palm Oil Industry

Date: 11 March 2004

Time: 9.30-12:00

Venue: Ministry of Science, Technology and the Environment (MOSTE), Putrajaya.

1 Chairman's Welcoming Remarks(Dr.Nadzri)

The definition of small scale CDM project is clarified by the chairman.

- Power generation capacity should be less than 15MW

2 Introduction of Malaysian and Japanese Members

(Attendee and absentee are on the attached)

3 Confirmation of the Minutes of 2nd Steering Committee Meeting

As no issue was raised, the minutes of 2nd steering committee meeting was confirmed and endorsed.

4 Presentation of Progress Report

4.1 "Progress on the gas tank in Serting Hilir mill" was presented by Mr. Shahrakbah Yacob from UPM

- **Question:** What are the diameter and the height of the tank? (Mr. Chow, MMS)
- **Answer:** Total height is 10m and diameter is 10m. (Mr. Shahrakbah, UPM)
- **Comment:** This is a unique study which is jointly carried out byKIT, UPM and FELDA. The cost of the construction is relatively low compared to Japanese standard. (Prof. Shirai, KIT)
- **Question:** Who did the design and the construction of the tank?(Dr. Nadzri, MOSTE)
- **Answer:** It was designed by Japanese (Sumitomo heavy industry) and constructed by Malaysia (FELDA).(Prof. Shirai, KIT)
- **Question:** How much is the construction cost? The cost might indicate the cost of a small scale project. (Ms Azizah, Ministry of Primary Industry)
- **Answer:** Tank cost was RM427,000and the design fee (expertise, design) was RM250,000.(Prof. Ali, UPM)
- **Comment:** The scale of the project is based on the power generation capacity not on the expenditure. However, the cost is an important factor for the project participants.

(Dr. Nadzri, MOSTE)

- **Question:** What about the security of the tank? (Dr. Yeoh, SIRIM)
- **Answer:** The pressure control will be regulated using pressure break (safety feature). The maximum operating pressure of the tank is 2k Pascal. However, at the current situation, since the gas holder has not been installed, the gas can freely flow out of the tank with a slight gradient of pressure between inside and outside of the tank. (Mr. Shahrakbah, UPM)
- **Question:** Will the gas be just released or burned? (Dr. Yeoh, SIRIM)
- **Answer:** Currently, only the basic system of the tank and chimney have been installed due to the budget constraint. Therefore, the gas will be released without burning, which is the first stage. In the second stage, hopefully we will install gas scrubber, gas holder and gas turbine with financial support from FELDA. (Prof. Ali, UPM)
- **Question:** How much is the electricity generation capacity of the biogas pilot plant? (Dr. Anuar, PTM)
- **Answer:** This is the test case with 500 m³ tank. In this case, our estimation is 100kW. (Prof. Shirai, KIT & Prof. Ali, UPM)
- **Question:** Where the effluent will be discharged and will it be monitored? (Mr. Famey, DOE)
- **Answer:** Effluent discharged will be monitored daily in term of BOD, COD, volume and other chemical properties. Then treated effluent will be channelled into the current POME treatment system not directly discharged into the river. (Mr. Shahrakbah, UPM)

4.2 “Feasibility study of Effective Usage of Palm Biomass for Value-added Products by CDM” was presented by Prof. Yoshihito Shirai from KIT

[Methane reduction by organic acids production]

- **Question:** Is the methane emission reduction achieved by the organic acid production system? (Dr. Nadzri, MOSTE)
- **Answer:** Organic acids will be produced half-way of the anaerobic fermentation of POME prior the conversion of organic acids to methane. Therefore no methane will be produced in organic acids production system. With this system, we can produce more value added products (organic acids) than methane itself or electricity generated from it. (Prof. Shirai, KIT)
- **Comment:** it is interesting to note that Prof. Shirai, he will be the first researcher to

conduct organic acids production by POME.. This discussion will be followed by the presentation on the baseline methodology by Ms.Kawamura, which is also the issue in order for this project to be CDM project. (Dr.Nadzri, MOSTE).

[Energy source]

- **Question:** What is the energy source of organic acids production? (Dr.Yeoh, SIRIM)
- **Answer:** In this model case only POME will be utilized for organic acids production not EFB or other by-products of palm oil. 90% of the POME will be used for the energy and 10% will used to produce organic acids. (Prof. Shirai, KIT)
- **Question:** What is the view of DOE for diesel utilization.(Mr. Chow, MMS)
- **Answer:** The department is encouraging people to use the gas as an alternative energy to diesel.(Mr. Famey, DOE)

[CER price]

- **Question:** Concerning the CER price, what is your calculation based on?(Dr. Anuar, PTM)
- **Answer:** The assumption was based on the Japanese common sense and the calculation was done using Japanese price. (Prof. Shirai, KIT)
- **Comment:** If you consider CDM project, panel will focus on the reduction of the methane. With the suggested price you can easily certify emission reduction. This is something we can convince the panel. Another point is the leakage. What could be the leakage of the effluent after the digestion? Leakage will be the question to be raised by the panel. (Mr. Chow, MMS)

4.3 “Possibility of Utilization of CDM Scheme” was presented by Ms. Ai Kawamura from Ex Corporation

[Leakage calculation]

- **Question:** Concerning leakage, what is the meaning of “Emission at other mills where the FFB would have been carried without this CDM project”? (Prof. Omar, USM)
- **Answer:** With this CDM project amount of FFB received is expected to increase. This leakage counts the methane emission from POME treatment at other mills where FFB would have been transported without this CDM project.(Ms. Kawamura, Ex Co.)

[IPCC formula]

- **Question:** What is IPCC formula? (Prof. Omar, USM)
- **Answer:** IPCC stands for Intergovernmental Panel on Climate Change. In order for each country to report the amount of GHG emission, there is a certain standard of emission factor which will be agreed upon which is called “default value”. In a case that the country does not have their own observation value, they can utilize the “default value”.(Mr. Chow, MMS)

[ODA utilization]

- **Comment:** For policy maker, indirect support by ODA is another way to enhance the feasibility of CDM project. The important point is that the ODA for CDM project should be additional to the existing ODA for Malaysia. For example, if the ODA from Japan is now 20 million, when CDM comes into the picture the ODA should be more than 20 million. If it is the case, it will not be considered “diversion” of ODA. (Mr. Nadzri, MOSTE)
- **Question:** I would like to clarify that when you talk about ODA utilization, will the ODA funds directly to the project biogas plant itself or other related activities? (Mr. Subash, FELDA)
- **Answer:** If the target is FELDA company, ODA cannot be applied. However, in order to transfer the technology and Malaysian Government requested to JICA, it can be applied. In fact JICA officers are ready to talk with FELDA concerning how to prepare the application for Japan’s ODA. (Mr. Suzuki, Ex Co.)
-
- **Comments:** Malaysia is currently not in the ODA list. However, Malaysia can still benefit from other forms of ODA which is loan. ODA has various sections such as science and technology, information technology, human development which is confined to the capacity building not profit making. The concept is more like a bilateral cooperation between government to government. While CDM is private to private business entities. It is difficult to draw line which is ODA and which is not ODA. Once the status of the project is determined, I believe ODA can be utilized for this project. (Mr. Muthu, EPU)
- **Comment:** However, looking at the possibility of the ODA, ODA can be utilized only for capacity building and R&D project. This is not the direct investment due to the CDM project.(Mr. Chow, MMS)
- **Comment:** The most important thing is to start up the biomass industry. Supporting the biomass industry will be a good reason for ODA utilization. (Mr. Suzuki, Ex Co.)

- **Comment:** Again this is what we can consider a part of the CDM. If it is outside the CDM such as biomass capacity building programme, there is no relation with the diversion of ODA. (Mr. Chow, MMS)
- **Comment:** ODA to the digester tank might be the problem, however, the additional factor such as capacity building for a particular sector will not be the problem. (Ms. Azizah, Ministry of Primary Industry)
- **Comment:** Basically ODA is government to government issue to support the governmental infrastructure. Any program to increase the capacity of both government will get our support. Which include CDM feasibility study, we would encourage your project. Now the only issue will be the methodology. We have Mr.Chow, who is involved in CDM Meth panel. Once the methodology proves complete, you can go further step. (Dr. Nadzri, MOSTE)
- **Comment:** Japan's ODA is on request basis, in this case, focus would be the biomass industry from palm oil industry. As the trend of the Japan's ODA is now shifting from the previous style of ODA to the environmental issues. So this type of the project has a big chance to get ODA. However, it depends on the priority of Malaysian Government. Therefore, I hope that the participants here will strongly request for Malaysian Government to get the priority. Moreover the present prime minister is strongly promoting biomass industry. (Mr. Takata, Fukuoka Institute of Technology)
- **Comment:** We have to go back to the idea in Marrakesh accord. If a capacity building project is funded by ODA, CER generated from the project shall not be approved or recognized by Malaysia. Unless Japan claims CER equivalent for ODA, we are most welcome such capacity building or R&D project. Therefore, the utilization of ODA should be limited for the capacity building program. (Mr. Chow, MMS)
- **Comment:** We have various windows for Japan's ODA such as JICA, JBIC and NEDO. Also there are various possible categories for ODA. However, the point is how do we know there is an initiative for CDM or not. That is the concern here. (Mr. Muthu, EPU)

[CER & BaU scenario]

- **Question:** With organic acid production utilizing 10% of POME for material use and 90% of POME for energy, the CER to be obtained will be very little and not viable for CDM project. Is that what was said in the presentation? (Dr. Yeoh, SIRIM)
- **Answer:** In my estimation, organic acid production is profitable, therefore it cannot be the CDM project and it should be the outside of the CDM boundary. On the other hand, energy supply will not be commercially feasible and we can count GHG reduction by energy replacement as CER. In this case, we can count the methane

emission reduction which is the main reduction factor of this project. (Prof. Shirai, KIT)

- **Comment:** If the organic acid production is financially feasible, the business as usual scenario will not be anaerobic treatment but organic acid production. 100% of POME may be used for organic acid production. If we select the conservative scenario, we have to think of this possibility. (Ms. Kawamura, Ex Co)
- **Comment:** Huge amount of energy will be required for the organic acid production. Ms. Kawamura may assume EFB as energy source, however, this is not realistic scenario at the current situation. Therefore, 100% of POME cannot be utilized for organic acid production. (Prof. Shirai, KIT)
- **Comment:** I assume diesel oil as fuel for biomass industry. (Ms. Kawamura, Ex Co)
- **Comment:** Anyway, there is a lot of uncertainty in starting biomass industry. My idea is to reduce the uncertainty or risk, we should utilize the ODA. Also, we choose 7 years for CDM project period because we can update twice and less uncertainty is expected for 7 years rather than 10 years. (Mr. Suzuki, Ex Co)

[Applicability of baseline methodology]

- **Question:** Please clarify whether the methodology can be generalized to other projects or applicable to this specific project. Also the accuracy of methane conversion factor (MCF). (Dr. Yeoh, SIRIM)
- **Answer:** Baseline study is different from one project to the other project as the emission rate of methane is different as business as usual for that particular mill. It should be based on project basis not a blanket baseline for all projects. However, the methodology of the baseline study should be approved by EB and be used for all future CDM projects. Concerning the accuracy of MCF will largely depend on the extend on the feasibility study. Stress should be given by the researcher on the reliability of the data collected. That rate is the very much depend on the digester type. (Mr. Chow, MMS)
- **Comment:** This is not the best system, however, if the technology progress and methane generation ratio increases in the future, you can always revise the generation ratio.(Mr.Chow, MMS)
- **Comment:** The sealed tank is going to be operated at ambient temperature but if the fermentation temperature if higher than more methane will be produced, how is this going to affect the CER?.(Dr. Yeoh, SIRIM)
- **Comment:** What we are trying to do is to determine the principle, for example, lagoon, sealed digester for project baseline scenario and try to determine the methane

generation ratio from them. This is the principle. However, if someone installs the more efficient fermenter which can recover more methane than the principle case, then he can claim more CER. (Mr. Chow, MMS & Dr. Nadzri, MOSTE)

[CER price]

- **Question:** Can IRR 20% be achieved? (Dr. Anuar, PTM)
- **Answer:** Cannot be achieved if the price stays at US\$5 instead of US\$12 as used in the calculation. (Mr. Chow, MMS)
- **Question:** Is the transaction cost included? (Dr. Anuar, PTM)
- **Answer:** No, it is not included. (Ms. Kawamura, Ex Co)

[Calculation of viability of organic acids production]

- **Question:** What is the method of calculating CDM project (breakdown to all factors) Can it be used as a guideline for other project. (Prof. Omar, USM)
- **Comment:** What Prof. Shirai has done is to make a model with the Japanese cost. Some local costs such as labour cost has been considered, however, this is the first draft model. (Mr. Subash, FELDA)

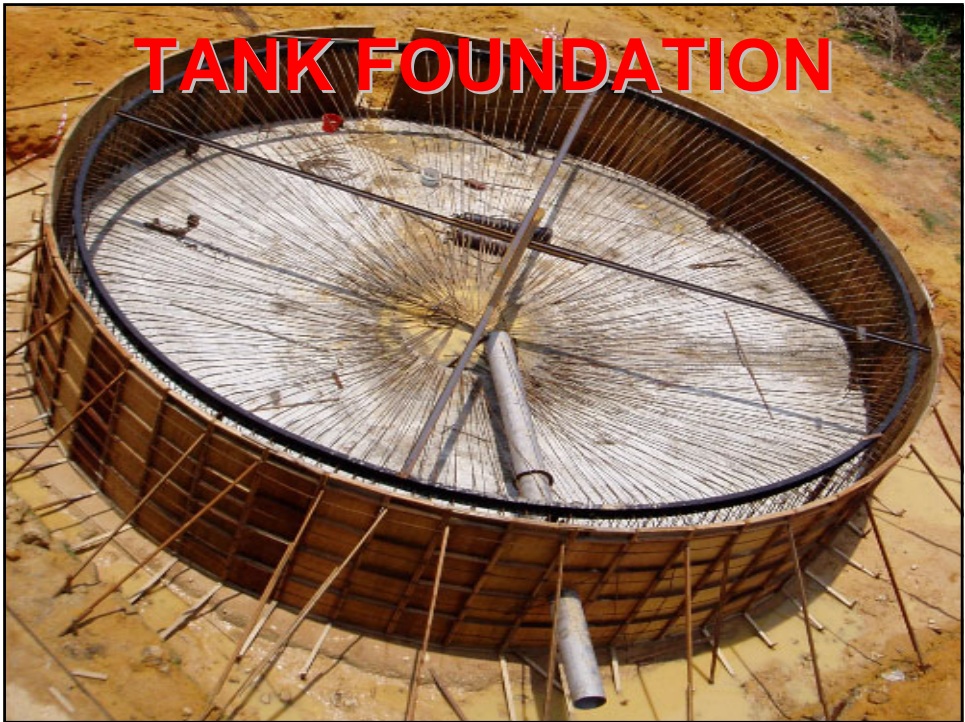
[Submission & Development of PDD]

- **Question:** Do you have any intention to submit the PDD? (Dr. Nadzri, MOSTE)
- **Answer:** I think this is just the PDD exercise because we have to obtain more actual data with new fermenter when we go for CDM. (Mr. Subach, FELDA)
- **Comment:** Generally, in the approval process, you may submit PIN (Project Idea Note) first to ensure the project is acceptable. Then move on to PDD. However, if the project is feasible enough you can directly apply for the endorsement of PDD. (Dr. Nadzri, MOSTE)
- **Comment:** It has to be commercial stage, before we go for any preparation of PDD. (Mr. Subach, FELDA)
- **Question:** Mitsubishi Security has already submitted the PDD. Are you going to prepare the new one or follow them? (Mr. Chow, MMS)
- **Answer:** Their methodology is similar to ours. We both use IPCC formula. There are some differences. For example, determination of MCF or availability of grid connection. However, I do not know the current situation of the PDD. (Mr. Suzuki, Ex Co)
- **Comment:** There were some good comments by desk review on the PDD. (Mr. Chow, MMS)

- **Comment:** We submitted PDD last year, however, it did not submitted before the deadline expired, so we had to withdraw. However, we received the comments from Meth Panel. In my understanding, we need more preparation such as the methodology to claim the baseline from methane recovery. This should be based on the business point of view. It should be the very cheap way. In order for that, we must obtain the data which can be generalized for other projects, otherwise we have to conduct measurement for each project. This is what we have to be careful. Therefore, when we obtain the very general value, we can submit. Ex corporation is now trying to make build the logic of the baseline methodology. When both the measurement data and the logic is completed, we will submit the methodology. (Prof. Shirai, KIT)
- **Comment:** Monitoring methodology is also important, and it should be conducted for 21 years, therefore, if the monitoring cost becomes huge the project will not be viable. Therefore, simplicity of the methodology is very important.(Dr. Nadzri, MOSTE)
 - **Comment:** The good point of CDM is that we can date back to the previous point. At the current estimation, CER price is very low, therefore we cannot start CDM project. However, we can start to reduce GHG for another purpose such as biomass industry. We cannot start the CDM project because of the economic reason, however, when the CDM project becomes economically viable, we can claim CER date back to the starting point because we have proof for that. This is our strategy. Now we are very careful to submit the PDD. (Prof. Shirai, KIT)

5 Concluding Remark(Dr.Nadzri)

6 End



TANK CONSTRUCTION



TANK CONSTRUCTION



PIPES & VALVES



MIXING







Feasibility Study of Effective Usage of Palm Biomass for Value-added Products by CDM

Prof. Yoshihito Shirai and Prof. Mohd. Ali Hassan

Kyushu Institute of Technology
University Putra Malaysia
EX Corporation

Sponsored by Ministry Environment Japan

Purpose of this FS
The purpose of this feasibility study is to examine the feasibility to produce value-added products from POME and EFB by using Clean Development Mechanism (CDM). Here we consider about methodology to determine methane from open digesting tanks in a palm oil industry. A strategy to use the biomass energy efficiently supported by CDM is considered to produce the value-added products from POME and EFB

Back Ground

Japanese side

- Kyoto protocol
- Clean Development Mechanism (CDM)
- Renewable Power Supply (RPS) law
- Biomass Nippon Totally Strategic Policy
- others

Japan is requested to reduce greenhouse effect gas (GHG) during the period.

Developed and developing countries collaborate to reduce GHG in the developing country.

Electric power companies in Japan are requested to use renewable energy.

Totally strategic policy of the Japanese Government to encourage the effective usage of biomass (budget size around 2 billion RM, 60 billion JY).

The Japanese Government requests us to add bio-fuel (ethanol) 3% in gasoline for automobiles.

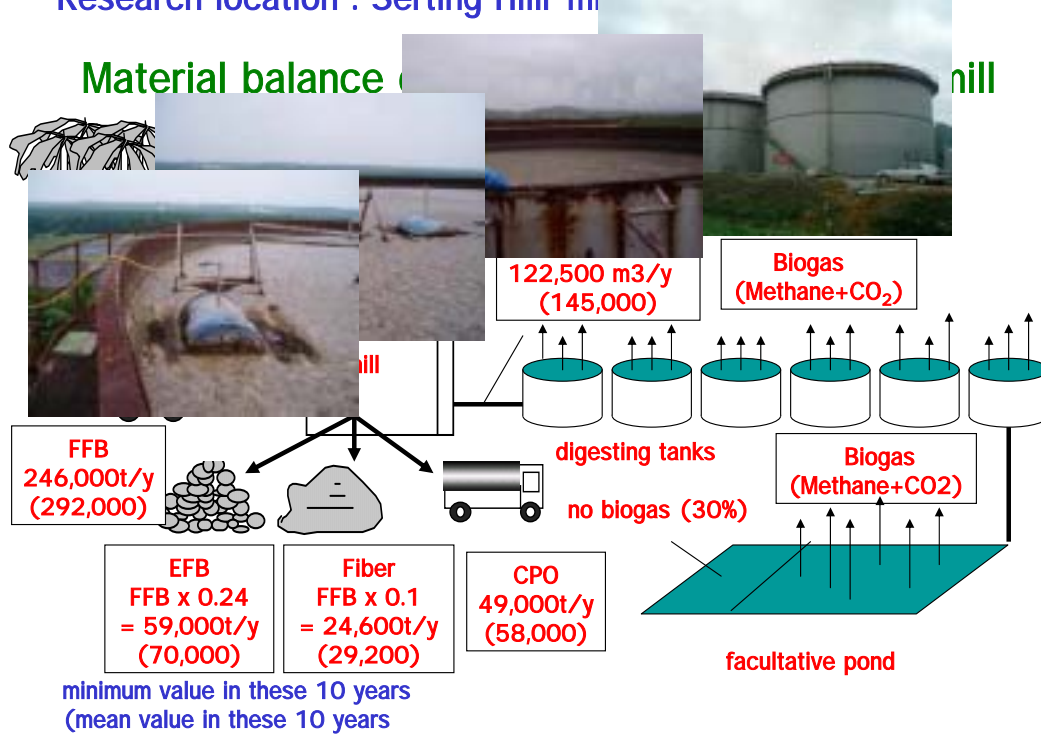
Malaysia side

- Small Renewable Energy Policy (SREP)

PLA

Video

Research location : Serting Hilir mill



Novel Business Using Biomass Energy from Palm Oil Industry in Malaysia



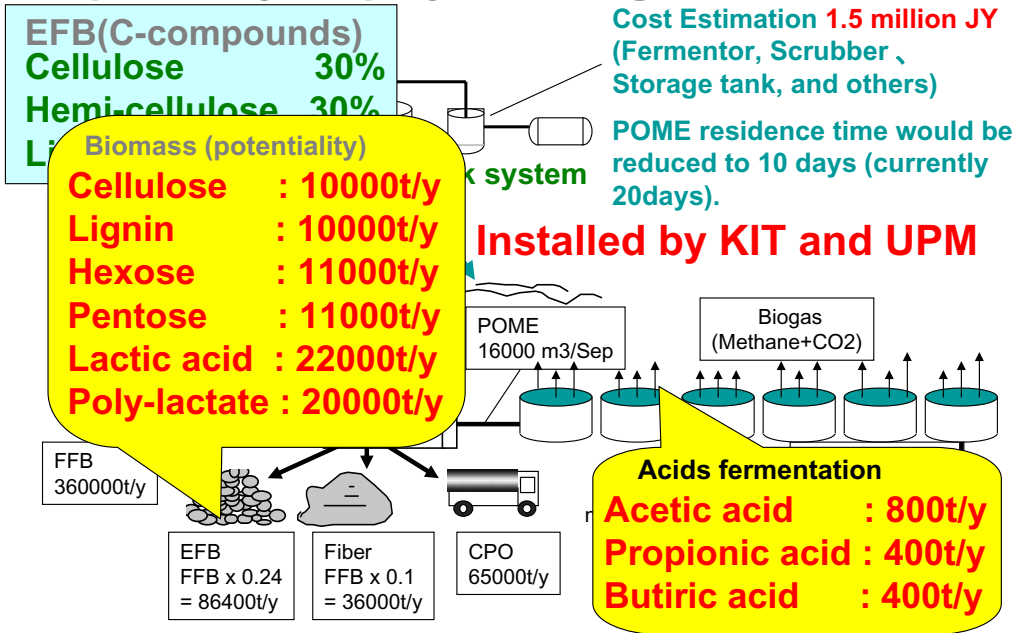
CDM provides a complete methane fermentation system and can change lagoon area to the profitable area.

CDM provides electricity using the methane fermentation system to supply to novel business with a very good price.

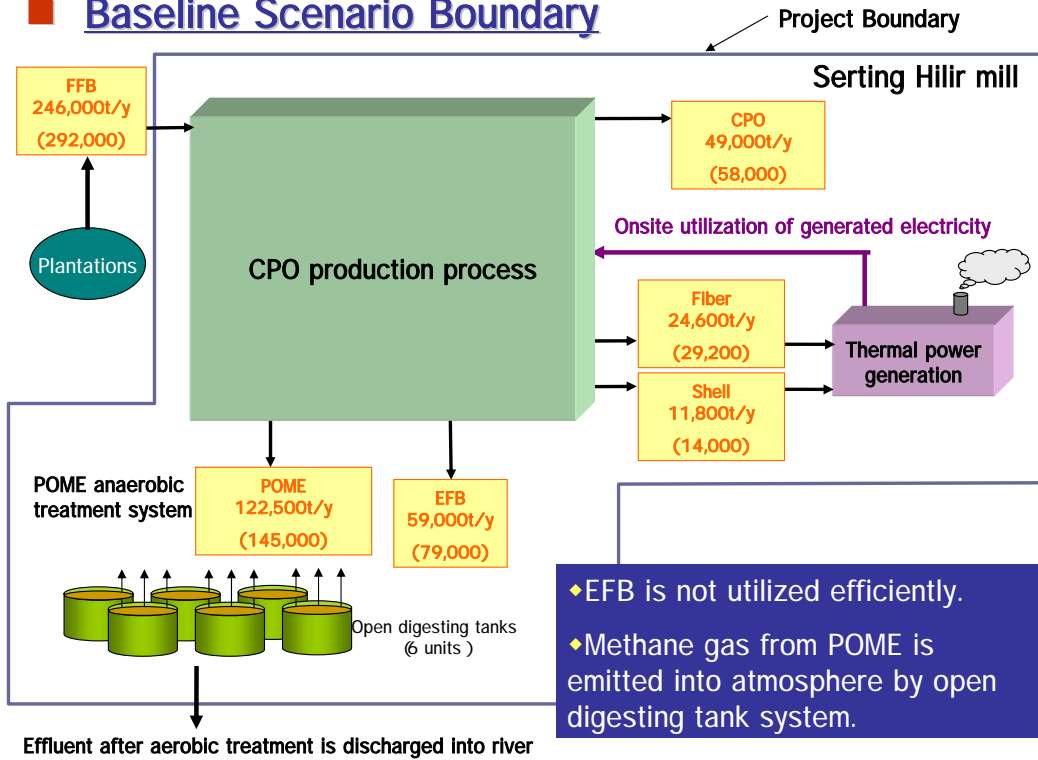
1. CDM can reduce GHG by sealing lagoons.
2. Local pollution can be prevented. (odd smell from lagoons stopped)
3. Local employment can be encouraged by inviting novel business.

According to the economic growth in Malaysia and Indonesia development of new oil palm plantation in the tropical rain forest becomes no longer economically effective. To answer the increasing demand for palm oil in the future, it will become essential palm oil industry must cooperatively stay with other industry and people.

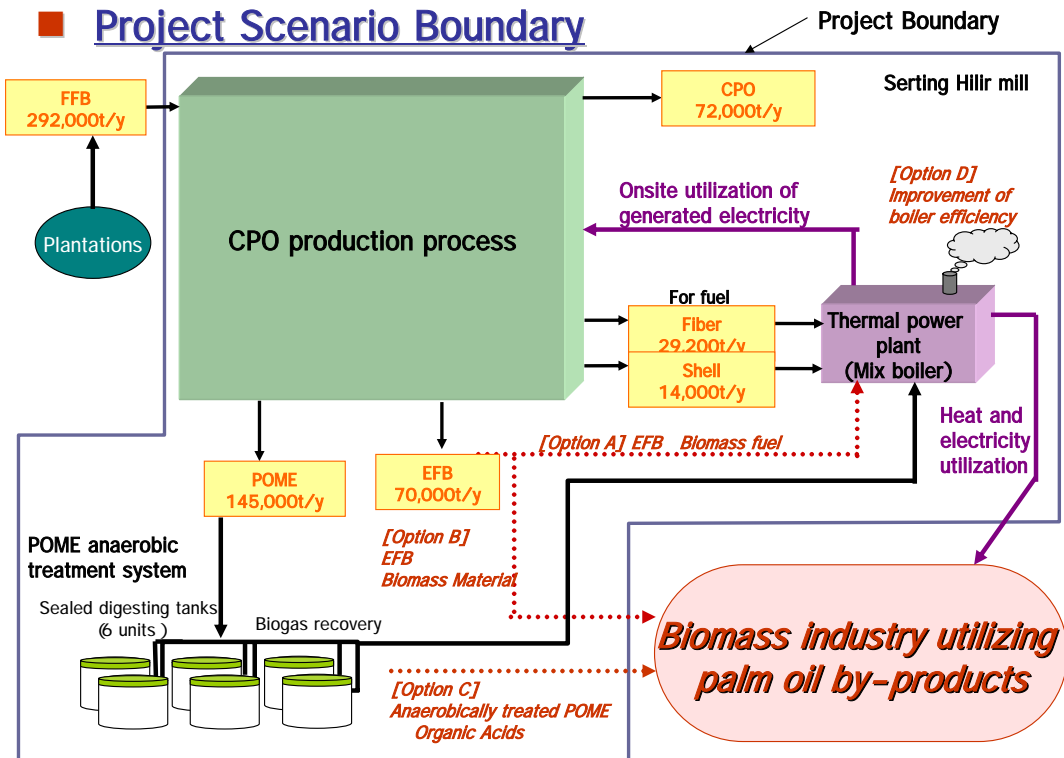
Cooperative joint project among KIT UPM FELDA



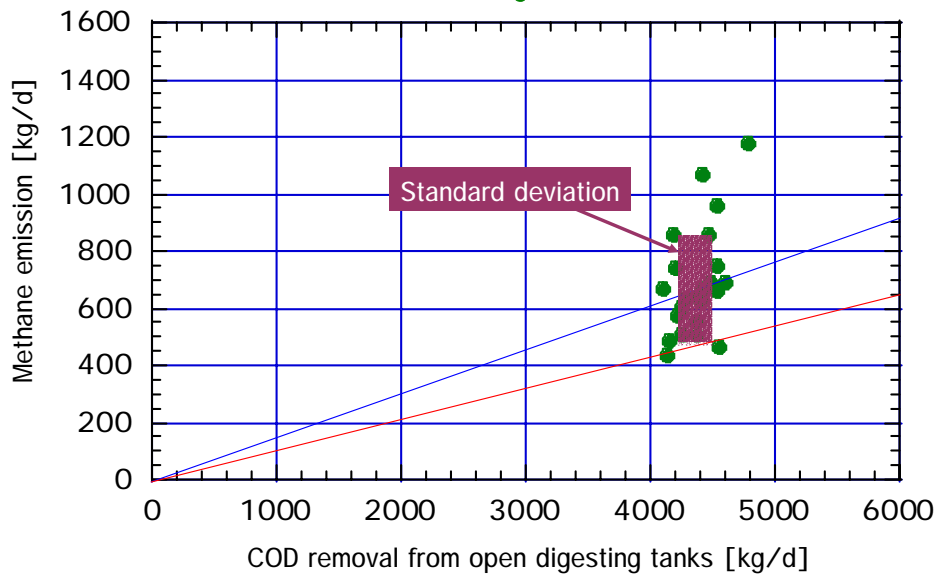
■ Baseline Scenario Boundary



■ Project Scenario Boundary

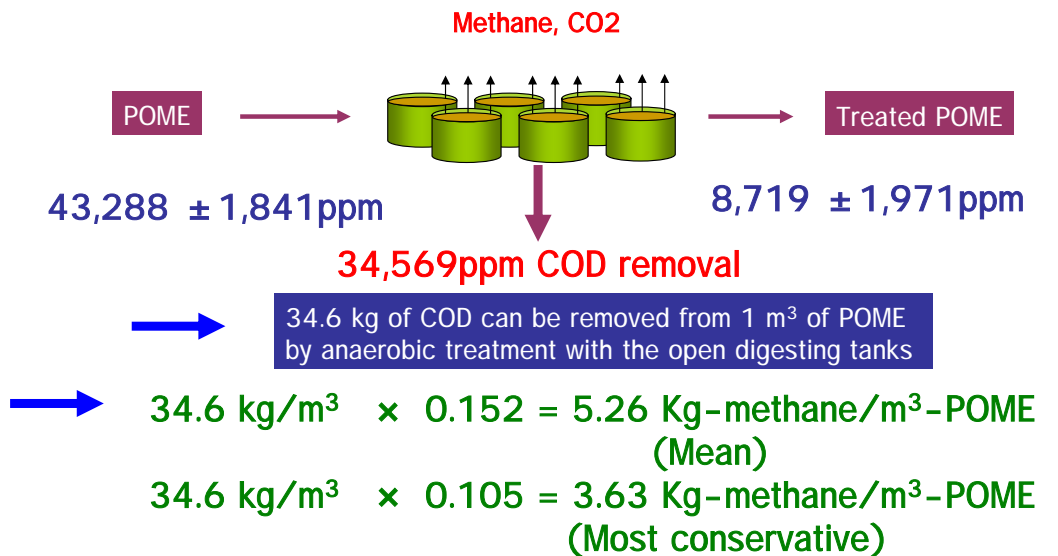


Relationship between COD Removal from Open Digesting Tanks and Methane Emission in Serting Hilir Mill



Methane emission ratio = (Methane emission)/(COD removal) = 0.152 (Mean)
 = 0.105 (Most conservative)

Methane Emission from Open Digesting Tanks



How much methane is emitted from Serting Hilir mill ?

$145,000 \text{ m}^3\text{-POME/y} \times 5.26 \text{ kg/m}^3 = 763 \text{ t-methane/y}$ (Mean)
 $122,500 \text{ m}^3\text{-POME/y} \times 3.63 \text{ kg/m}^3 = 445 \text{ t-metnane/y}$
 (Most conservative)

ADVANTAGES
of Palm Oil Industry as Green Industry!!
Business as Usual
(BaU)



Constant collection of biomass through whole the year as BaU

Huge area and green energy by CDM
 Lower country risk
 Excellent labors
 Stability of Counter-part
 Environmentally & economically friendly business



No logistics issues as BaU



Resources ↔ Energy



Even only one mill yields averagely no less than 40,000 tons of standardized biomass (they are not waste but resource!!) as BaU.

Continuous Production of Organic Acids from POME under an Aerobic Condition



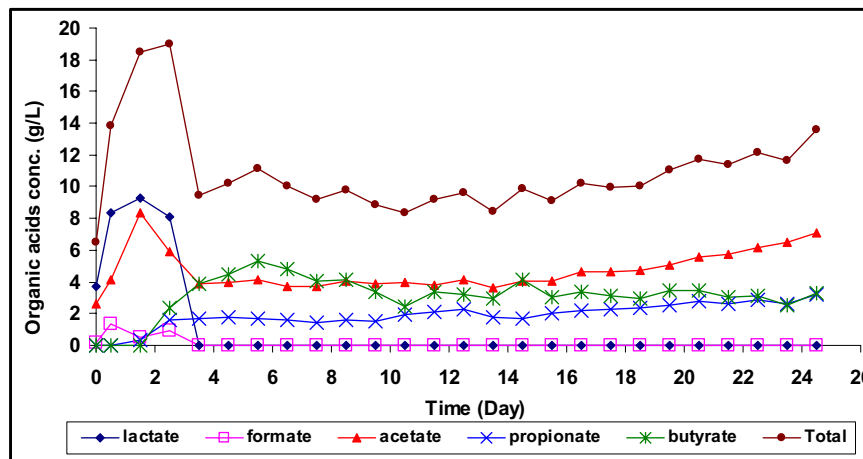
POME



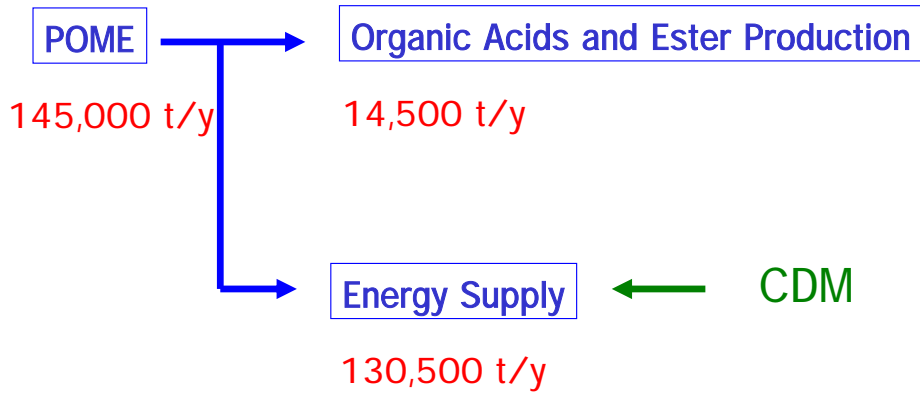
Anaerobic treatment



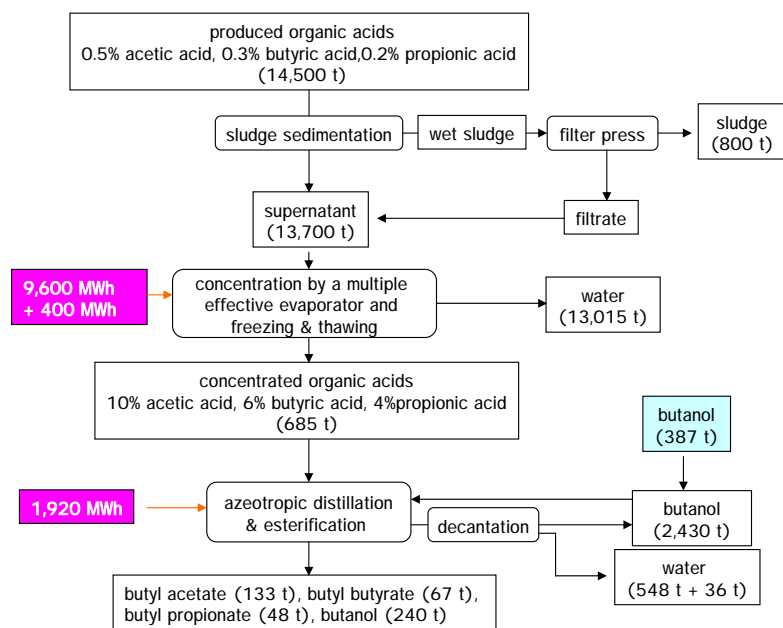
Purified organic acid



Production of Organic Acids and Ester Compounds



Material Balance from Anaerobic Treated POME to Ester Compounds



Material Balance in the Distillation Process for the Purification of Organic Acids

