

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

報 告 書

平成15年2月

株式会社 エックス都市研究所

本 編

はじめに

第 1 章 調査の概要	1
1.1 平成 13 年度調査結果の概要	1
1.2 今年度調査の目的	1
1.3 調査の内容	2
1.4 調査の実施方法	3
第 2 章 事業化検討の対象工場の選定	6
2.1 CDM 事業の検討フレーム	6
2.2 対象工場の選定	9
2.3 選定工場の概要	14
第 3 章 ベースラインの検討	19
3.1 ベースラインの検討フレーム	19
3.2 FFB 受入量の推計	20
3.3 メタン排出量の推計	25
3.4 化石燃料使用による温室効果ガスの推計	28
3.5 ベースライン排出量の推計	30
3.6 プロジェクトバウンダリー外での温室効果ガス排出（リーケージ）に関する基本的な考え方	31
第 4 章 事業性の検討	34
4.1 事業性の検討フレーム	34
4.2 CDM 事業の前提条件の設定	34
4.3 温室効果ガス排出削減量（CER）の推計	35
4.4 プロジェクトコストの積算	37
4.5 CER 価格の試算	40
4.6 事業性の評価	46
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	47
5.1 CDM 事業計画案の作成	47
5.2 CDM 事業の実現化に向けた課題	55

おわりに

はじめに

本調査は平成 13 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に加えて、新たに固形廃棄物の処理・利用に伴う温暖化ガス調査も実施したものである。ここでは、平成 13 年度調査後から、本年度調査終了までの経緯を簡単にまとめておきたい。

まず、7月に昨年度の我々の調査研究結果を財団法人地球環境センターが主催した「地球温暖化フォーラム 2002」(会場：大阪と東京)で発表したが、TVニュースで報道されたり、多くの企業から問い合わせをいただくなど大きな反響があった。

8月下旬に我が国の環境省の主催でタイ国バンコクにおいて開催された「第 12 回アジア太平洋気候変動会議」でも本調査結果の事例報告をしたが、ここでも注目を集めた。特に、マレーシア代表として参加していたヤップ氏と知り合い、好意的なコメントを得られたのは本調査を推進する上で大きな意味を持った。ヤップ氏はマレーシア 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局長の秘書であり、チョー局長への報告と次回私達が渡馬時の面会の労を取ることを快く引き受けてくれたのである。

9月中旬、私達がマレーシア気象庁にチョー局長を訪ね、本件の説明後に彼との意見交換を行った際には、特にマレーシアにおける事業性について質問が多く出されたが、最終的には本案件への重大な関心を表明し、次回、ステアリング委員会への出席依頼を快諾してくれたのである。

話は前後するが、6月にマレーシアの Japan Education Fair に、本件とは無関係に大学の命令で出席したときに、マレーシア日本人会の事務局長をされている渡辺氏と偶然知り合った。渡辺氏は以前に9年間も FELDA 社に勤めており、現在勤めている日本人会の事務局長の任期が終わり次第、また、FELDA 社に戻り廃水処理かオイル精製の仕事を予定であった。調査現場に日本人の関係者がいることがどれほどプラスになるかは、このような海外調査の経験者であればだれでもわかってもらえると思う。さっそく、渡辺氏に本案件を説明したところ、協力を快諾してくれた。

10月に開催された本年度第 1 回ステアリング委員会に、議長である科学技術環境省のナズリ次席局長が出席できなくなったため、彼はチョー局長を議長として委員会運営を委ねた。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。この会議でチョー局長はマレーシアが 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、本案件はこれら条件を満たしていることを認めると同時に次回には多くの投資家の参加を要望したのである。

この会議後、環境省に我が国自身の DOE 育成を目的とした新たな CDM 関連事業があることを知った。DOE を育成するためには当然、承認するための事業案件が必要となる。マレーシア側から、本案件は他国も注目しはじめているから CDM 事業化を急いだほうがよいと助言を受けていたところでもあり、この新たな環境省事業を活用したいと考えた。その際、九州工業大学はまだ国立大学であるので、残念ではあるが事業主体にはなれない。ほぼ諦めていたときに、松下電器産業の環境本部から、本案件の説明を聞きたいという連絡があった。松下電器産業の海外工場がマレーシアに最も多く、マレー半島の電力供給量の 1% 以上を松下グループで消費していることと、何よりも社として温暖化ガスの削減計画をすでに公表し、その目的達成の一助になり、マレーシアにも貢献できるということで本案件に注目したということであった。このような諸点から、松下電器産業が環境省の平成 14 年度 CDM 認証モデル事業への応募に協力することとなり、12 月の公募に応募、1 月に無事採択された。

九州工業大学は大学の方針として「環境」「IT」「産学連携」に特化した大学を目指している。さらに、これらを束ねた上でアジアに開かれた大学という看板もかけている。そのため、本案件については例外的に学長がマレーシア現地に赴き、大学間交流協定に調印した経緯もあり、本学学長裁量経費で設計されたパームオイル廃液のメタン発酵タンクについて、マレーシアプトラ大学と FELDA 社が共同でこの 4 月にもその建設を始める予定である。つまり、本案件は「環境」「産学連携」「アジア」というキーワードにすべて結びつく九州工業大学を代表する研究テーマとして、本学学長はじめ多くのサポートの上に進捗しているということでもある。

最後に、本年 2 月に第 2 回ステアリング委員会を開いた。このときもチョー局長が議長になったが、日本からは松下電器産業を始め、東京電力、三菱証券、住友重機械工業、山九など多くの企業関係者が参加し、マレーシアで開かれているにも関わらず、人数ではマレーシア側の出席者を圧倒していた。図らずも前回におけるチョー局長の要望に完全に答えたわけであり、チョー局長は本案件に大いに満足しているように伺えた。また、CDM 認証モデルに採択されたことから、PDD もすでに作成したところである。CDM 事業の実現化に向けた階段を確実に 1 歩上がったと実感できる平成 14 年度度であった。

平成 15 年 3 月 19 日 クアラルンプール国際空港にて記す
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

第1章 調査の概要

1.1 平成13年度調査結果の概要

(1) 平成13年度調査の内容

「平成13年度温暖化対策クリーン開発メカニズム調査」では、マレーシア国のパームオイルミル工場を対象として、以下の調査を実施した。

粗パームオイル (Crude Palm Oil、以下 CPO) の生産により発生するパームオイル廃液 (Palm Oil Mill Effluent、以下 POME) を処理している嫌気性処理池 (以下、ラグーン) 及び開放型消化タンクからのバイオガス発生量、およびバイオガス中のメタン含有率のフィールド測定を含むベースライン設定の基礎データの収集
メタン回収及び発電 (バイオガス発電) による CDM としての事業性の概略検討、および事業計画素案の作成

(2) 調査結果

パームオイルミル工場の廃液処理設備であるラグーンと開放型消化タンクから放出されるメタン量を実測し、それぞれ45%、35%のメタンが含まれていることを確認した。これらの値はこれまでに実験室で明らかにされた値 (65%) より有意に小さかった。これらの値はパームオイル産業からの温暖化ガス排出量に対するベースライン決定に大きな意味をもつ。

これらの結果からラグーンを使いつづければ2020年には年36万t、開放型消化タンクでは年33万tのメタンがマレーシアから放出されることが予想された。これらは二酸化炭素に換算するとそれぞれ720万t-CO₂ eq./年、660万t-CO₂ eq./年になる。

今後、パームオイル産業の増産傾向に応じ、メタンの排出量も増加するが、business as usual としてマレーシアのパームオイル産業の廃液処理システムがラグーンから開放型消化タンクシステムに変更されていくというシナリオを採用すると、日本側がメタン発電事業に必要な設備費を投資した場合、発電事業からの収入を全く考慮せずとも二酸化炭素の取引価格が6US\$/t-CO₂以上になれば採算性があることがわかった。

マレーシアにおける産官学のステアリング委員会を組織し、調査結果に基づき、マレーシアのCDMに対する基本姿勢を質したが、グリーン電力の発電を奨励するマレーシアの国策にも合致し、十分な協力体制が構築できることがわかった。

1.2 今年度調査の目的

本調査では、昨年度調査結果を踏まえ、科学的データに基づき日本・マレーシア両国の関係者が納得できるベースラインを引き続き検討して設定を行うとともに、昨年度には検討しなかったパームオイルミル工場で発生する固形廃棄物 (バイオマス) 利用も含めてバイオガス・バイオマス発電の事業性の詳細検討を行い、CDM スキームを利用した事業化可能性を検討することを目的とした。

1.3 調査の内容

図1-1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 - UPM の合同調査研究と連携しつつ、以下に示す内容の検討を実施した。

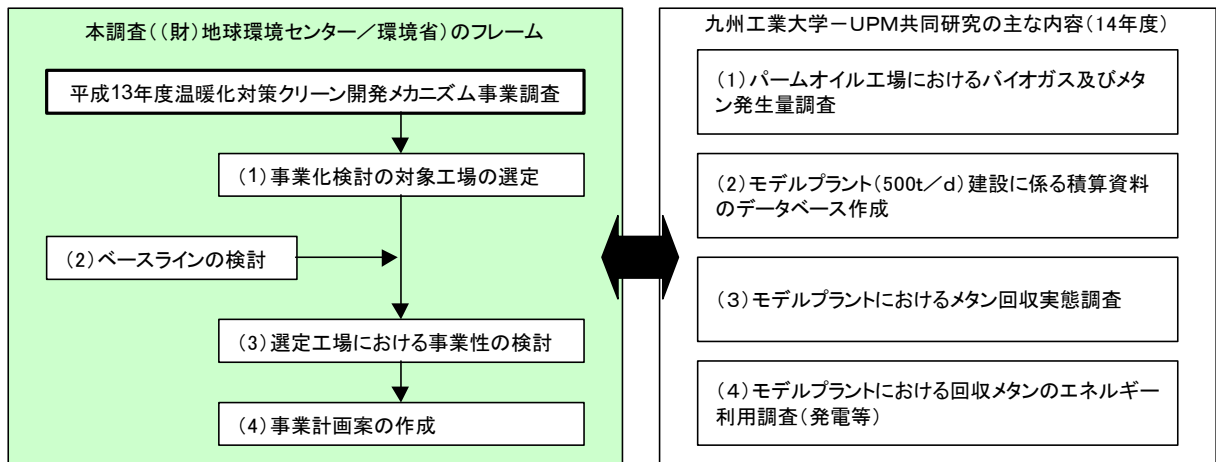


図1-1 今年度の調査フレーム

(1) CDM 事業の対象検討とする工場の選定

昨年度調査において、マレーシア最大のパームオイルメーカーである FELDA 社の全てのパームオイルミル工場(72工場)を対象に概略検討を行ったが、本年度は、CDM 事業として有利な条件に合致した工場を選定し、これらから優先的に事業化に向けた詳細検討を進めることとした。

(2) ベースラインの検討

今年度の九州工業大学 - UPM 共同研究成果を反映させて、ベースライン設定に関する見直し、検討を行った。

また、CDM 事業の対象として選定した工場における事業性を検討するために、選定工場におけるベースライン設定の検討を行った。

(3) 選定工場における事業性の検討

現地でのヒアリングや九州工業大学 - UPM 共同研究において建設を予定している密閉型消化タンクの設備調達・建設費用の現地見積りや踏まえて、昨年度調査で得られたコストに関する基本データの見直しを行った。

これらのデータを基に、(2)で選定した工場においてプロジェクトによる温室効果ガスの排出削減量とプロジェクトコストからの事業性の評価方法について検討を行った。

(4) 事業計画案の作成

(1)～(3)及び今年度の九州工業大学-UPM の共同研究成果を踏まえ、昨年度調査で示した事業計画素案の見直しを行い、事業計画案を作成した。

1.4 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。

表1-1 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
森長一宏	住友重機械工業(株) プラント・環境事業本部 大気事業センター 営業部 部長代理
鈴木進一	(株)エックス都市研究所 第二研究本部 環境社会計画部 部長
中村隆志	(株)エックス都市研究所 第二研究本部 I社 環境計画室 研究員

：プロジェクトリーダー

表1-2 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	FELDA PALM OIL INDUSTRIES 上級コンサルタント (元クアラルンプール日本人会事務局長)

(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2回(10月、2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を図りながら実施した。

昨年度の委員会メンバーに加えて、マレーシア国の CDM 関連施策担当者であり、かつ UNFCCC の CDM 理事会のメンバーでもあるマレーシア気象協会の Chow 局長に委員長をお願いした。

第1回委員会において Chow 局長より CDM の理念である持続可能性に関するマレーシア国の3つの条件¹が示された上で、本調査で検討している CDM 事業はこれに適うと認められ、第2回委員会に日本側の関心企業の出席を要請された。

第2回委員会では、日本側から本事業に関心を示した東京電力(株)および松下電器産業(株)、マレーシア側からは半島マレーシアの唯一の電力会社である TNB 社(Tenaga Nasional Berhad)が出席し、本案件の CDM 事業としての実現化に向けた具体的な検討を行った。

¹ 持続可能性に関するマレーシア国の3つの条件については、第5章(12)で示す。

表1 - 3 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	出席状況	
		第1回	第2回
Encik 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		
Ma Ah Ngan	Lembaga Minyak Sawit Malaysia		
Subash Sunderaj	FELDA Palm Industries Sdn Bhd, Engineering/Special Projects/R&D, Head of Dept.		
B.G.Yeoh	Sirim Berhad, Environmental and Energy Technology Center, General Manager		
Encik Lim Cheong Chuan	Ministry of Energy, Communications & Multimedia, International and Sustainable Energy Division, Energy Sector, Principal Assistant Secretary		
Norhana Abdul Majid	Kementerian Perusahaan Utama		
Wong Hwee Kheng	Pusat Tenaga Malaysia, Energy Data Modeling and Consultancy Services, Research Officer		
Mohd Fauney Yusoft	Department of Environment		
Nik Mohd Aznizan Nik Ibrahim	Malaysia Energy Center		
Jinap Selamat	University Putra Malaysia		
Zulfadhly Bin Zardi	TNB Research		

日本側参加者

氏名	所属・役職	出席状況	
		第1回	第2回
吉高まり	三菱証券(株) リサーチ本部 クリーン・エネルギー・ファイナンス委員会 主任研究員		
藤曲 悟	東電設計(株) マレーシア事務所 所長		
末武 悟	東京電力(株) 火力部 火力エンジニアリングセンター 海外プロジェクトグループ		
長井昭二	東京電力(株) 火力部 火力エンジニアリングセンター 海外プロジェクトグループ 課長		
山本和則	松下電器産業(株) 環境本部 環境審査グループ 副参事		
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		
野口敏文	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		
北栄和弥	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		
神田若義	山九マレーシア 所長		
上野訓弘	(財)地球環境センター 事業部調査課長代理(環境省代理)		

委員長

第 2 章 事業化検討の対象工場の選定

2.1 CDM 事業の検討フレーム

マレーシアのパームオイルミル工場では、油ヤシ果房(Fresh Fruit Bunch、以下 FFB)を原料として CPO を生産しているが、その生産過程において繊維、殻、油ヤシ空房(Empty Fruit Bunch、以下 EFB)のバイオマスと、POME からメタンが副産物として発生する。(図 2 - 1 参照)

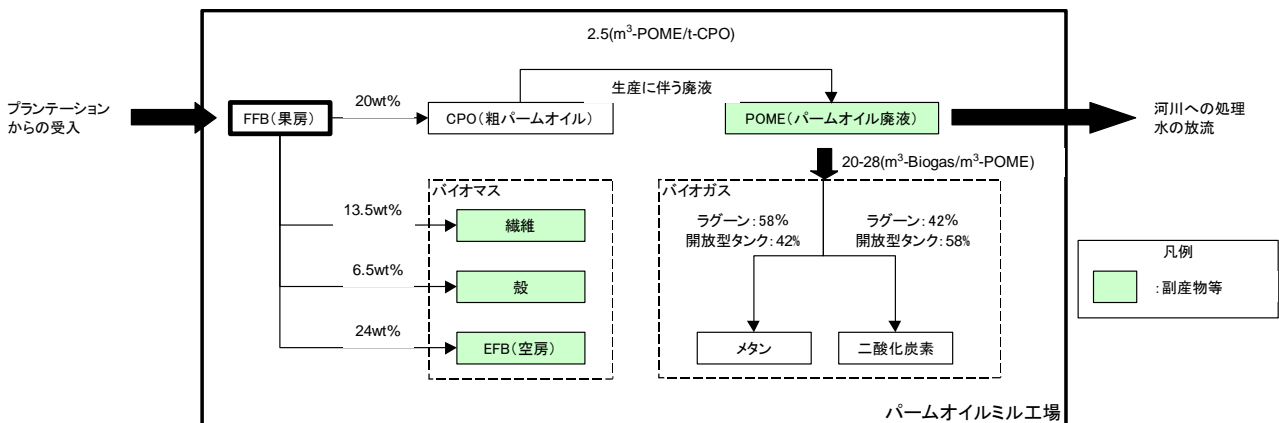


図 2 - 1 パームオイルミル工場から発生する副産物等

このうち、繊維と殻の多くはコージェネ発電の原料として利用されており、このコージェネ発電により CPO 生産プロセスに必要な蒸気と電気など工場内の必要なエネルギー需要を満たしている。(図 2 - 2 参照)

したがって、CDM 事業の主な対象副産物は、未利用である EFB とメタンとなる。

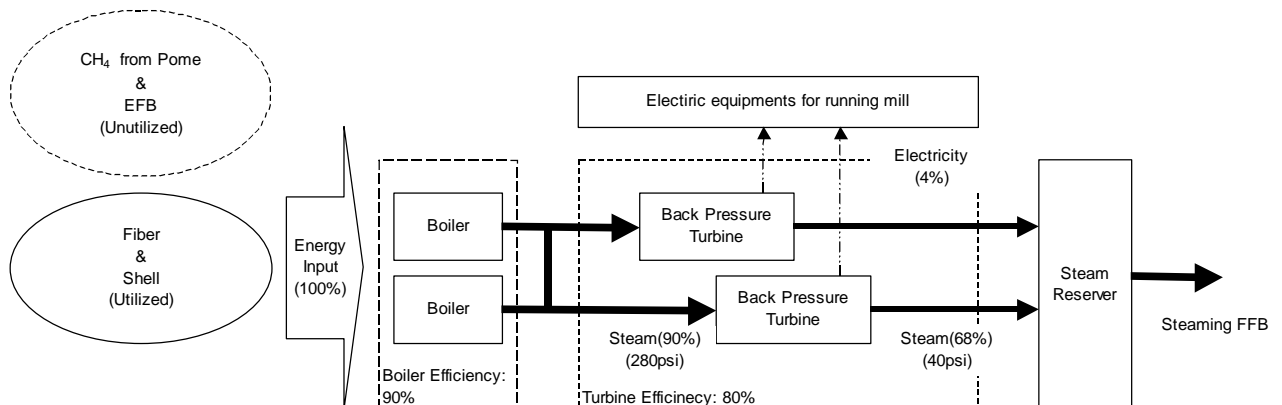


図 2 - 2 パームオイルミル工場におけるエネルギー利用 (一般的な例)

検討対象として想定する CDM 事業の内容を表 2 - 1 に示し、図 2 - 3 ~ 2 - 5 にケース 1 ~ 3 の概念図を示す。

表 2 - 1 想定する CDM 事業の内容

ケース	内容
ケース 1	メタン回収およびメタン発電による電力会社への売電
ケース 2	EFB を中心とした固形廃棄物発電による電力会社への売電
ケース 3	メタンと固形廃棄物を燃料とした発電による電力会社への売電 【ケース 1 + ケース 2】

なお、ケース 1 ~ 3 を CDM 事業とせず、通常の発電事業として事業性を試算したところ、市中銀行の長期金利を大幅に下回る事業内部収益率 (Internal Rate of Return、以下 IRR) となり、事業収益は全く期待できないことから、現時点ではマレーシア企業だけの事業化は困難であると言える。

ケース 1 は、ラグーンもしくは開放型消化タンクから発生するメタンを、密閉型消化タンクの導入によって回収し、燃料として発電を行う。発電したグリーン電力はグリッド接続によって電力会社へ売電されることで、火力発電所等での化石燃料の転換によって二酸化炭素などの温室効果ガスの排出削減となる。

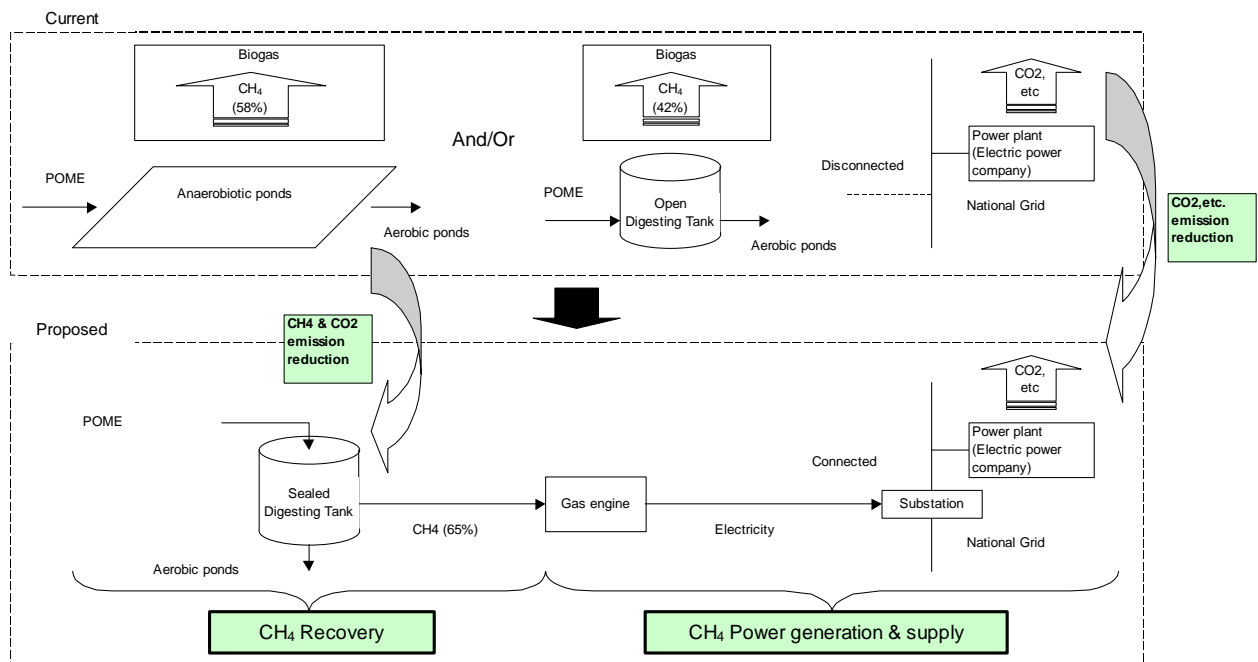


図 2 - 3 ケース 1 (概念図)

ケース2は、EFBを燃料としたバイオマス発電を行う。発電したグリーン電力は、ケース1と同様にグリッド接続によって電力会社へ売電されることで、火力発電所等での化石燃料の転換によって二酸化炭素などの温室効果ガスの排出削減となる。

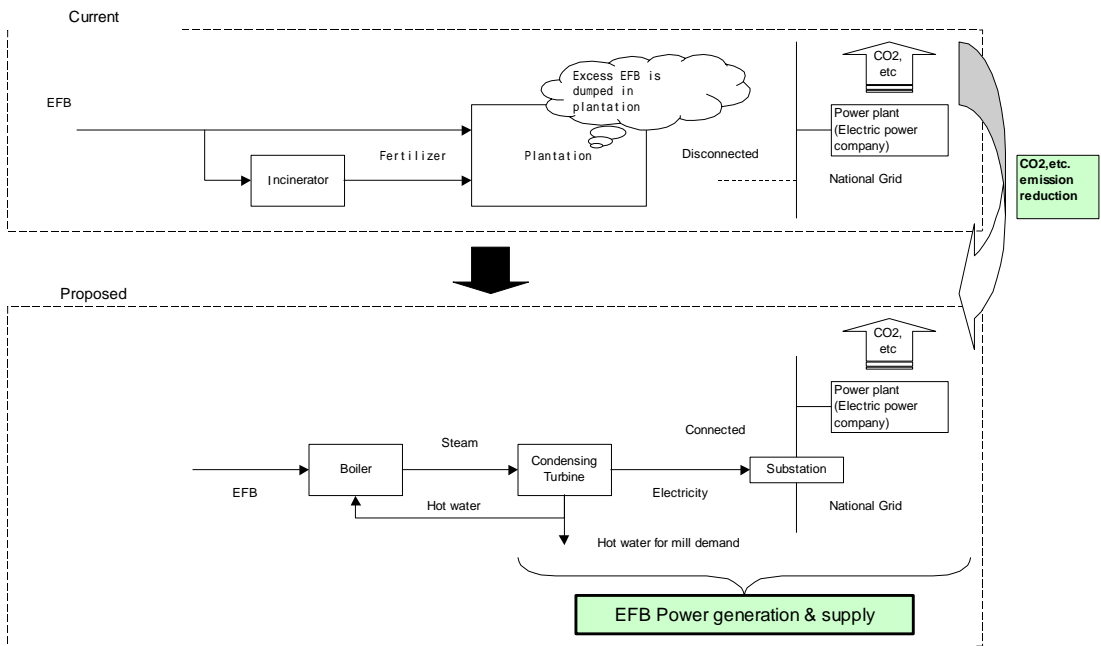


図2-4 ケース2 (概念図)

ケース2は、ケース1とケース2を組み合わせたものであり、メタンとEFBの混焼によるバイオガス・バイオマス発電を行う。発電したグリーン電力は、ケース1と同様にグリッド接続によって電力会社へ売電されることで、火力発電所等での化石燃料の転換によって二酸化炭素などの温室効果ガスの排出削減となる。

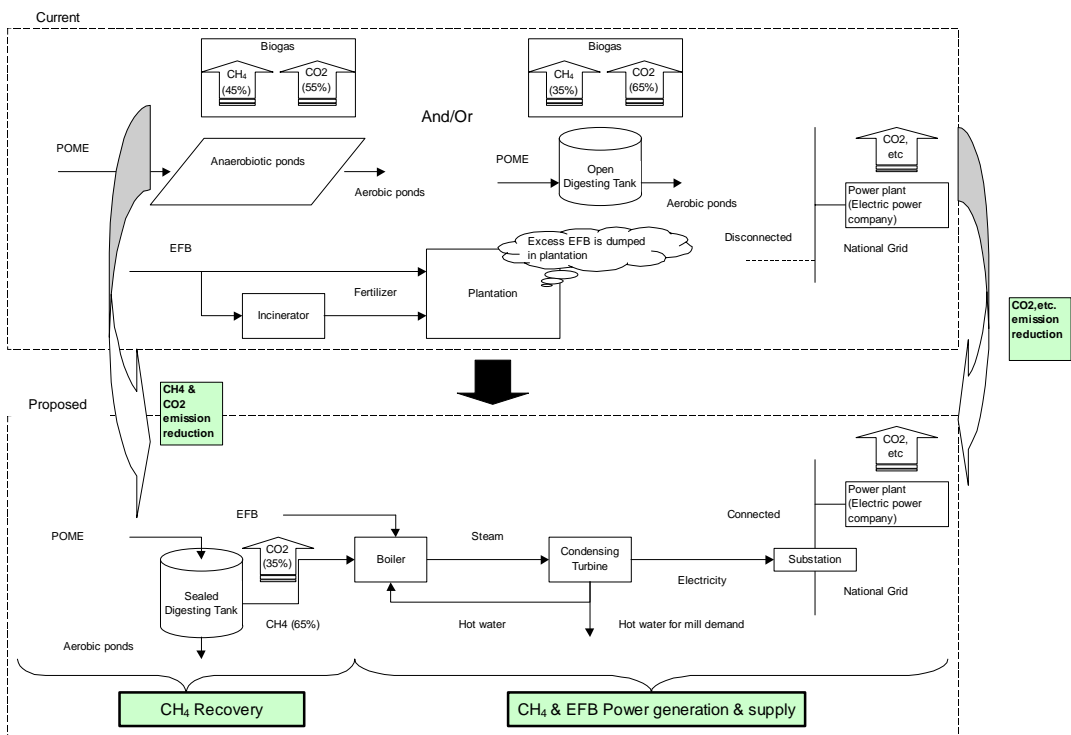


図2-5 ケース3 (概念図)

2.2 対象工場の選定

(1) マレーシア国におけるパームオイルミル工場の概況

表2-2に、マレーシア国におけるパームオイルミル工場の概況を示す。

表2-2 マレーシア国内におけるパームオイルミル工場の概況(1999年)

州名	種別	稼働中		休止中		計画中、建設中		合計	
		数	容量(t/年)	数	容量(t/年)	数	容量(t/年)	数	容量(t/年)
ジョホール		68	13,041,200	1	226,000	2	360,000	71	13,627,200
ケダ		4	444,000					4	444,000
ケラタニン		9	1,244,800					9	1,244,800
マラッカ&N.S.		15	2,752,000			2	240,000	17	2,992,000
パハン		66	13,067,400			5	672,000	71	13,739,400
ペナン		3	408,000					3	408,000
ペラク		40	6,339,320			6	808,000	46	7,147,320
セランゴール		26	3,660,800	1	288,000			27	3,948,800
テランゴマ		12	2,644,800					12	2,644,800
半島マレーシア合計		243	43,602,320	2	514,000	15	2,080,000	260	46,196,320
サバ		76	15,134,600	2	240,000	28	3,769,000	106	19,143,600
サラワク		15	2,874,400			6	1,028,000	21	3,902,400
東マレーシア合計		91	18,009,000	2	240,000	34	4,797,000	127	23,046,000
合計		334	61,611,320	4	754,000	49	6,877,000	387	69,242,320

出典：油脂 Vol. 53, No. 9, 2000年

少々古いデータであるが、1999年時点で稼働中のミル工場は334工場であり、このほか休止中が4工場、計画・建設中が49工場である。稼働中および計画中の工場数ベースで見ると、最も多いのがサバ州の106工場(27.4%)、次いでジョホール州およびパハン州の71工場(18.3%)、この3州で全体の約61%を占めている。

本調査の対象企業である FELDA 社は、稼働中の334工場の22%を占める72工場を有するマレーシア国内最大手のパームオイルメーカーである。

(2) FELDA 社の概要

FELDA 社は、Land Development Act (土地活用条例)に基づいて、国土保全上適切な農業発展と入植者の生活水準の向上を目的として1956年に設立された公的事業者である FELDA (Federal Land Development Authority)の100%出資子会社である。

FELDA 社の72工場の概要を表2-3に、立地状況を図2-6にそれぞれ示す。

副産物等の発生量はFFB量に比例するが、各工場のFFB量が不明なことから、ここではFFB量に比例するCPOの生産規模で表2-3のように整理した。CPOの生産規模、立地場所、POMEの処理方式の概要について以下に整理する。

CPOの生産規模

工場によってCPOの生産規模が異なり、中規模クラス(2,000~3,000t/月)が34工場(47.2%)と最も多く、次いで、大規模クラス(3,000~4,000t/月)が19工場(26.4%)、小規模クラス(2,000t/月以下)が17工場(23.6%)、特大規模クラス(4,000~5,000t/月)が2工場(2.7%)である。

立地場所

半島マレーシアの東海岸側にあるパハン州に 28 工場 (38.9%) 最も多く立地しており、次いで半島マレーシア南端のジョホール州に 16 工場 (22.2%)、ボルネオ島のサバ州に 12 工場 (16.6%) であり、全体の 77.7%がこの 3 州に集中的に立地している。

CPO の生産規模で見ると、パハン州には、特大規模から小規模クラスまでであるが、サバ州では大規模クラス、ジョホール州では中規模及び小規模クラスの工場が多く見られる。

POME の処理方式

工場によって POME の処理方式が異なり、ラグーンのみによるものが、47 工場 (65.3%) と最も多く、次いで開放型消化タンクのみによるものが、18 工場 (25.0%)、両者の併用によるものが、7 工場 (9.7%) である。

CPO の生産規模で見ると、ラグーンのみ処理はどの規模の工場でも見られるが特に大規模クラスにおいては、ラグーンのみによる処理を採用している工場が多い。

開放型消化タンクもラグーンと同様にどの規模の工場でも見られるが、中規模及び小規模クラスに多く採用されている。両者の併用は、中規模および小規模クラスで見られる。

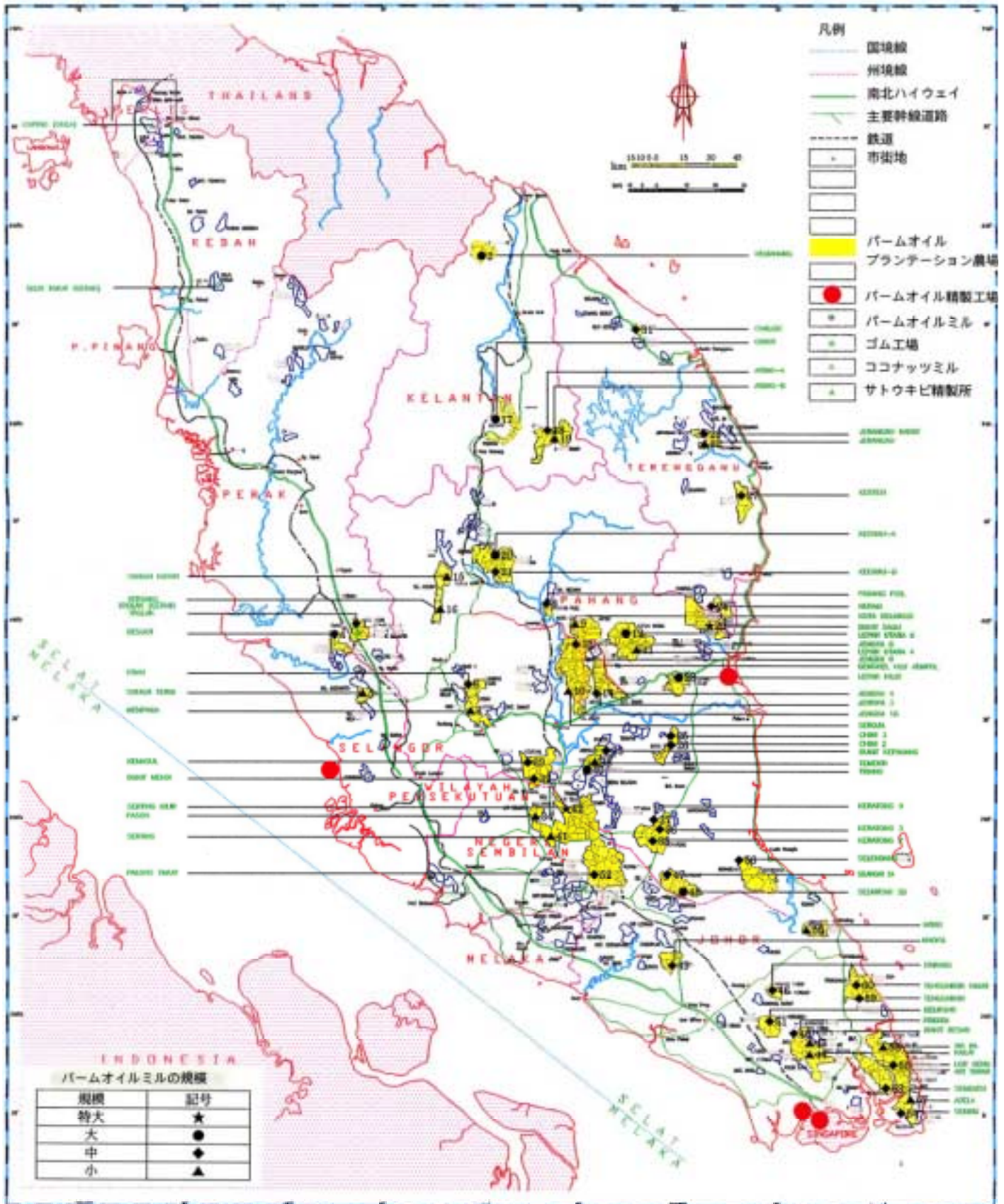
表2 - 3 FELDA 社のパームオイルミル工場の概要

規模 (CPO生産 量で 類型)	No.	パームオイルミル工場名	空地規模(㎡)と空地数									CPO 生産量 (t/月)	POME 量 (m ³ /月)	消化タ ンク数		ラゲー ン誌 (署名有 のA)	備考	
			Perak	Kedah	Terengganu	Pahang	Selangor	N. Sembilan	Johor	Sarawak	Sabah			153	173			
																		2
特大(2)	42	Kilang Sawit Serling Hilir								○			4,000-5,000	>10,000	6	0	九工大 - UPM共同開発計画	
	29	Kilang Sawit Bukit Sagu				○							4,000-5,000	>10,000	0	4		
大(19)	63	Kilang Sawit Badon Ayu (A)										○	3,000-4,000	>10,000	6	0	NEDO(川崎重工)F/S対象	
	64	Kilang Sawit Embana Budi (B)										○	3,000-4,000	>10,000	6	0	NEDO(川崎重工)F/S対象	
	2	Kilang Sawit Kemahang		○									3,000-4,000	>10,000	0	4		
	20	Kilang Sawit Kechag A				○							3,000-4,000	>10,000	0	4		
	28	Kilang Sawit Lagan Hilir				○							3,000-4,000	>10,000	0	4		
	40	Kilang Sawit Triang				○							3,000-4,000	>10,000	0	4		
	48	Kilang Sawit Selancar B								○			3,000-4,000	>10,000	0	4		
	61	Kilang Sawit Umas										○	3,000-4,000	>10,000	0	4		
	67	Kilang Sawit Hamparan Badai (E)										○	3,000-4,000	>10,000	0	4	NEDO(川崎重工)F/S対象	
	68	Kilang Sawit Kembara Sakti (F)										○	3,000-4,000	>10,000	0	4	NEDO(川崎重工)F/S対象	
	69	Kilang Sawit Nilam Permata (G)										○	3,000-4,000	>10,000	0	4	NEDO(川崎重工)F/S対象	
	70	Kilang Sawit Indera Bakti (H)										○	3,000-4,000	>10,000	0	4	NEDO(川崎重工)F/S対象	
	71	Kilang Sawit Jeragan Bistari (I)										○	3,000-4,000	>10,000	0	4	NEDO(川崎重工)F/S対象	
	72	Kilang Sawit Lancang Kemudi (J)										○	3,000-4,000	>10,000	0	4	NEDO(川崎重工)F/S対象	
	65	Kilang Sawit Fajar Harapan (K)										○	3,000-4,000	>10,000	0	3	NEDO(川崎重工)F/S対象	
	66	Kilang Sawit Mercu Puspita (L)										○	3,000-4,000	>10,000	0	3	NEDO(川崎重工)F/S対象	
	7	Kilang Sawit Sempadi										○	3,000-4,000	>10,000	0	2		
	12	Kilang Sawit Lagan Utara 6				○							3,000-4,000	>10,000	0	2		
	1	17	Kilang Sawit Cika		○								3,000-4,000	8,000-10,000	4	0		
中(34)	20	24	Kilang Sawit Naran				○						2,000-3,000	8,000-10,000	9	0		
	45	Kilang Sawit Penggil								○			2,000-3,000	8,000-10,000	9	0		
	53	Kilang Sawit Semencu								○			2,000-3,000	8,000-10,000	9	0		
	39	Kilang Sawit Kemasul					○						2,000-3,000	8,000-10,000	8	0		
	23	Kilang Sawit Jerangau Barat				○							2,000-3,000	8,000-10,000	7	0		
	27	Kilang Sawit Keroh				○							2,000-3,000	8,000-10,000	6	2		
	32	Kilang Sawit Bukit Mend					○						2,000-3,000	8,000-10,000	6	2		
	25	Kilang Sawit Cisi 3						○					2,000-3,000	8,000-10,000	4	2		
	62	Kilang Sawit Kalabakan										○	2,000-3,000	8,000-10,000	4	0		
	30	Kilang Sawit Pancung										○	2,000-3,000	8,000-10,000	2	0		
	26	Kilang Sawit Cisi 2						○					2,000-3,000	8,000-10,000	0	6		
	18	Kilang Sawit Aring A					○						2,000-3,000	8,000-10,000	0	4		
	21	Kilang Sawit Kechag B						○					2,000-3,000	8,000-10,000	0	4		
	47	Kilang Sawit Selancar A									○		2,000-3,000	8,000-10,000	0	4		
	4	Kilang Sawit Besar		○									2,000-3,000	8,000-10,000	0	3		
	6	Kilang Sawit Krau					○						2,000-3,000	8,000-10,000	0	2		
	31	Kilang Sawit Chalok					○						2,000-3,000	8,000-10,000	0	2		
	49	Kilang Sawit Makil									○		2,000-3,000	8,000-10,000	0	2		
	51	Kilang Sawit Belitang									○		2,000-3,000	8,000-10,000	0	2		
	52	Kilang Sawit Palang Timur									○		2,000-3,000	8,000-10,000	0	2		
	14	54	Kilang Sawit Spring									○		2,000-3,000	6,000-8,000	9	0	
		33	Kilang Sawit Bukit Kapayang					○						2,000-3,000	6,000-8,000	8	0	
		46	Kilang Sawit Kahang									○		2,000-3,000	6,000-8,000	8	0	
		8	Kilang Sawit Padang Prai									○		2,000-3,000	6,000-8,000	1	2	
		13	Kilang Sawit Jengka B									○		2,000-3,000	6,000-8,000	0	4	
		14	Kilang Sawit Jengka 3									○		2,000-3,000	6,000-8,000	0	4	
		37	Kilang Sawit Keratong ③									○		2,000-3,000	6,000-8,000	0	4	
		56	Kilang Sawit Selendang									○		2,000-3,000	6,000-8,000	0	4	
		59	Kilang Sawit Tenggara									○		2,000-3,000	6,000-8,000	0	4	
		60	Kilang Sawit Tenggara Timur									○		2,000-3,000	6,000-8,000	0	3	
		1	Kilang Sawit Trojak		○									2,000-3,000	6,000-8,000	0	2	
		35	Kilang Sawit Keratong 2					○						2,000-3,000	6,000-8,000	0	2	
		36	Kilang Sawit Keratong 3					○						2,000-3,000	6,000-8,000	0	2	
		55	Kilang Sawit Lok Hong									○		2,000-3,000	6,000-8,000	0	2	
小(17)	11	10	Kilang Sawit Seroja					○					<2,000	6,000-8,000	9	0		
	34	Kilang Sawit Pasoh								○			<2,000	6,000-8,000	9	0		
	9	Kilang Sawit Kota Gelanggi						○					<2,000	6,000-8,000	6	1		
	38	Kilang Sawit Tamanti								○			<2,000	6,000-8,000	4	2		
	22	Kilang Sawit Jerangau					○						<2,000	6,000-8,000	4	0		
	41	Kilang Sawit Serling								○			<2,000	6,000-8,000	0	4	九工大 - UPM共同開発計画	
	50	Kilang Sawit Nitar								○			<2,000	6,000-8,000	0	4		
	5	Kilang Sawit Sungai Tinggi								○			<2,000	6,000-8,000	0	4		
	11	Kilang Sawit Lagan Utara 4						○					<2,000	6,000-8,000	0	4		
	19	Kilang Sawit Aring B					○						<2,000	6,000-8,000	0	2		
	58	Kilang Sawit Wa Ha									○		<2,000	6,000-8,000	0	2		
5	3	Kilang Sawit Mempaga						○					<2,000	4,000-6,000	1	4		
	16	Kilang Sawit Tansong						○					<2,000	4,000-6,000	0	4		
	43	Kilang Sawit Bukit Besar									○		<2,000	4,000-6,000	0	4		
	57	Kilang Sawit Adela									○		<2,000	4,000-6,000	0	4		
	44	Kilang Sawit Kulai									○		<2,000	4,000-6,000	0	2		
1	15	Kilang Sawit Sungai Kapan					○					<2,000	<4,000	7	0			

LOKASI KILANG-KILANG FELDA DI SEMENANJUNG MALAYSIA



FELDA PALM INDUSTRIES SDN BHD
 TINGKAT 4, BLOK FELDA,
 JALAN CORNEY SAIZ,
 54000 KUALA LUMPUR.



(注)図中のパームオイルミルの記号および番号は、表2 - 3の「規模」および「No.」に対応している。

図2 - 6 FELDA 社のパームオイルミル工場の立地状況

(3) 選定の条件

前節でのケース設定を踏まえて、対象工場の選定条件を以下の通りとした。

【条件1】電力会社への売電が可能であること

マレーシア半島唯一の電力会社である TNB 社では、送電ロスの関係から、ミル工場と変電施設までの距離が 5 ~ 6 km 以内であれば接続が可能であるとしている。したがって、この条件に合致する工場を選定の対象とする。

【条件2】FFB の受入量が多いこと

CDM 事業としては、POME から回収するメタンの量とグリーン電力としての発電量が多いほど有利である。発電量は燃料となるメタンと EFB の量に比例し、これらは FFB の量に比例することから、FFB の受入量が多い工場が有利となる。

したがって、FFB の受入量が多い工場を選定の対象とする。

(4) 工場の選定

条件 2 の FFB については、FELDA 社より各工場のデータが得られなかったものの、前出の図 2 - 1 に示したように FFB の量に比例する CPO 生産量のデータは入手できたため、これを代用した。

条件 2 に基づいて、表 2 - 2 に示す特大規模 ~ 中規模クラスまでの 55 工場のうち、半島マレーシアにある 43 工場²を対象とした。その立地場所と TNB 社のグリッド図との重ね合わせを行い距離関係を目視で把握した。これを基に、接続の可能性がありそうな工場をリストアップしたものが表 2 - 4 である。

表 2 - 4 グリッドへの接続の可能性のありそうなミル工場 (地図目視レベル)

No.	ミル工場名	立地場所 (州)
2	Kemahang	Kelantan
17	Ciku	Kelantan
25	Cini3	Pahang
28	Lepar Hilir	Pahang
40	Triang	Pahang

このリストを基に FELDA 社と協議を行った結果、パハン州の州都であるクアンタン周辺の Lepar Hilir をおよび Cini3 を選定の優先場所として検討していくこととした。

TNB 社で Lepar Hilir および Cini3 と TNB 変電施設との距離を確認した結果、Lepar Hilir の場合、TNB 社の変電施設はミル工場からの距離は約 4 km である。一方、Cini3

² 表 2 - 1 に示すようにボルネオ島の 10 工場 (サバ州の FELDA SAHABAT COMPLEX: A~J) については NEDO 調査 (委託先: 川崎重工) にてパームオイル精製工場での集約的な EFB のエネルギー利用が検討されており、本調査では検討の対象外とした。その他のボルネオ島の 2 工場 (サラワク州の Sampadi(7)及びサバ州の Umas(61)) も現時点においてグリッドの情報が無いため対象外とした。

の場合はミル工場から 2 km の場所に TNB 社のディーゼル発電施設があり、これに接続することによってバイオガス・バイオマス発電によるディーゼル燃料の使用削減に伴う温室効果ガスの排出削減が可能となることが分かった。

したがって、両工場ともに売電の可能性を確認できた。

2.3 選定工場の概要

図 2 - 7 に Lepar Hilir および Cini3 の立地状況を示す。両工場は、半島マレーシア最大の州であるパハン州のクアンタン近傍にある。表 2 - 3 に示したようにパハン州には FELDA 社のパームオイルミル工場全体の 40% 弱（72 工場のうちの 28 工場）が存在しており、クアンタンにはパームオイル精製工場（図 2 - 5 の半島東部にある赤い丸）もあり、非常にパームオイル産業が盛んな地域である。

また州都であるクアンタンには、化学工業、木材加工業を中心とした工業集積と港湾機能があり、半島マレーシア東部の開発拠点となっている。

Lepar Hilir はクアンタンの西方約 40 km、Cini3 は Lepar Hilir からさらに南方 30 km のところに立地している。



図 2 - 7 Lepar Hilir および Cini3 の立地状況

(1) Lepar Hilir

表 2 - 5 に Lepar Hilir の概況、図 2 - 8 に工場配置図を示す。

表 2 - 5 Lepar Hilir の概況

項目	状況
立地場所	Pahang 州の Gambang 地区 (クアンタン中心部から約 40 km の距離に立地)
操業開始年次	1986 年
所有するプランテーション面積	24,600ha
FFB の処理能力	54t/h
FFB の受入実績	259,890t (2002 年実績)
CPO の生産規模	3,000 ~ 4,000t/月 (FELDA 社の中で上位 5 位以内に入る大規模クラス)
ボイラー能力	18t-steam/h × 2 基 (水管式)
発電能力	650kW × 2 基 (背圧式スチームタービン)
POME の処理方式	ラグーン (30,000m ³ × 4 面)
POME の COD 濃度	40,000 ~ 60,000ppm
河川へ放流する POME 処理水の BOD 濃度	100ppm 以下
TNB 社からの買電状況	無し (グリッド接続なし)
最寄の TNB 社の変電施設とその距離	Lepar Hilir3 (11kV) まで 4 km (Lepar Hilir3 は、プランテーション入植者の住宅地区内に立地)



正面から見た Lepar Hilir

(2) Cini3

表 2 - 6 に Cini3 の概況、図 2 - 9 に工場内配置図を示す。

表 2 - 6 Cini3 の概況

項目	状況
立地場所	Pahang 州の Cini 地区 (Lepar Hilir の南方約 3 0 k m の距離)
操業開始年次	1986 年
所有するプランテーション面積	21,458ha
FFB の処理能力	54t/h
FFB の受入実績	165,525t (2002 年実績)
CPO の生産規模	2,000 ~ 3,000t/月 (FELDA 社の中で中規模クラス)
ボイラー能力	18t-steam/h × 1 基、11 t-steam/h × 1 基 (水管式)
発電能力	400kW × 1 基、650kW × 1 基 (背圧式スチームタービン)
POME の処理方式	開放型消化タンク (1,500m ³ × 4 基)、ラグーン (30,000m ³ × 2 面)
POME の COD 濃度	40,000 ~ 60,000ppm
河川へ放流する POME 処理水の BOD 濃度	100ppm 以下
TNB 社からの買電状況	有り (オフィスの電源用)
最寄の TNB 社の変電施設とその距離	TNB 社のディーゼル発電施設 (Cini Power Plant, 定格 3MW) まで 2 k m (Cini Power Plant から Cini 地区を中心とした電力供給)



正面から見た Cini3

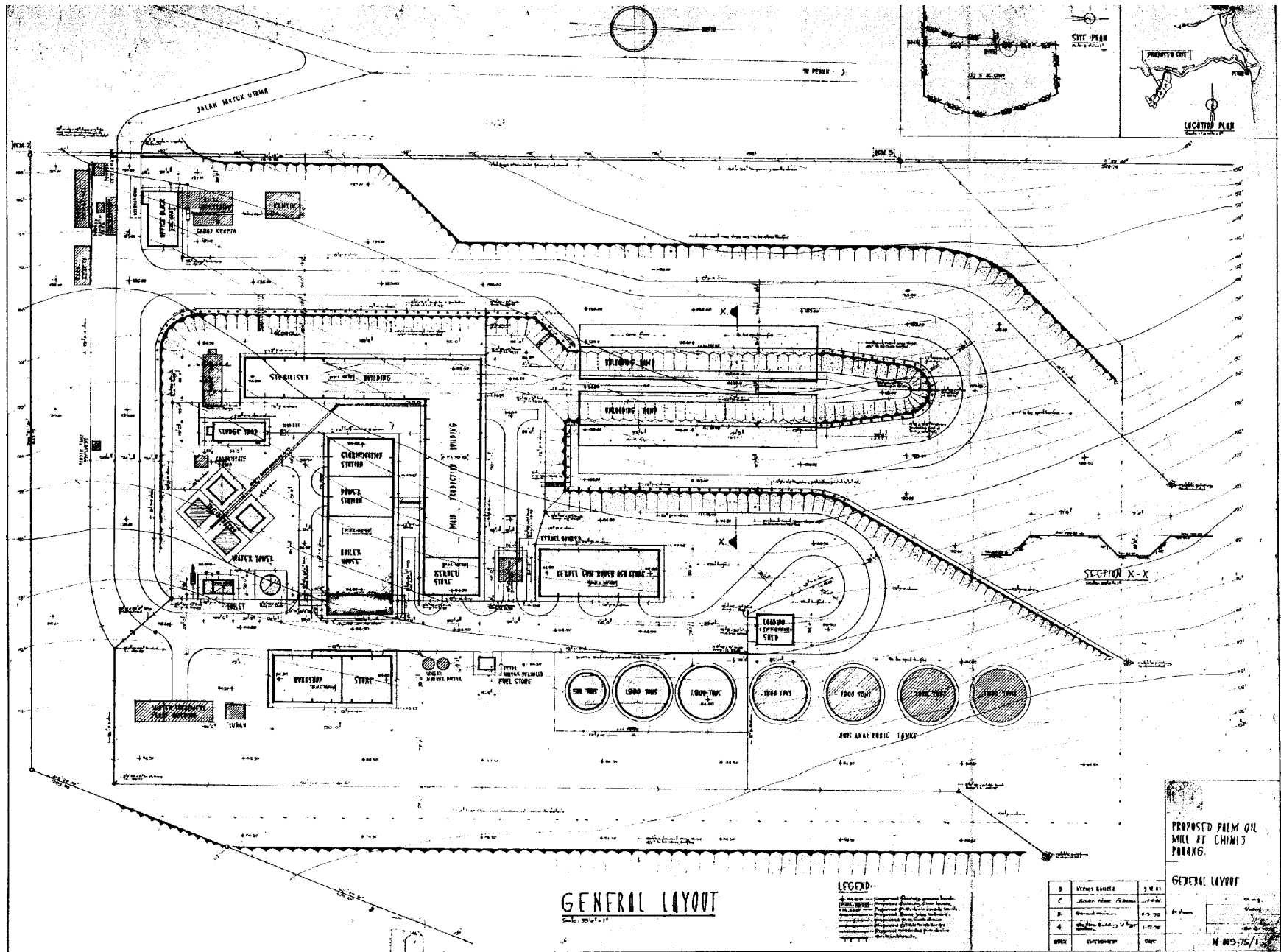


図 2 - 9 Cini3 の工場配置図

第3章 ベースラインの検討

3.1 ベースラインの検討フレーム

本事業におけるベースラインは、以下の3項目が検討対象となる。

密閉型消化タンクを導入しない場合の POME からメタンガス発生量の推移

そのメタンガスを利用しない場合の発電による化石燃料の排出量の推移

EFB を利用しない場合の発電による化石燃料の排出量の推移

ベースラインの検討フレームを図3-1に示す。

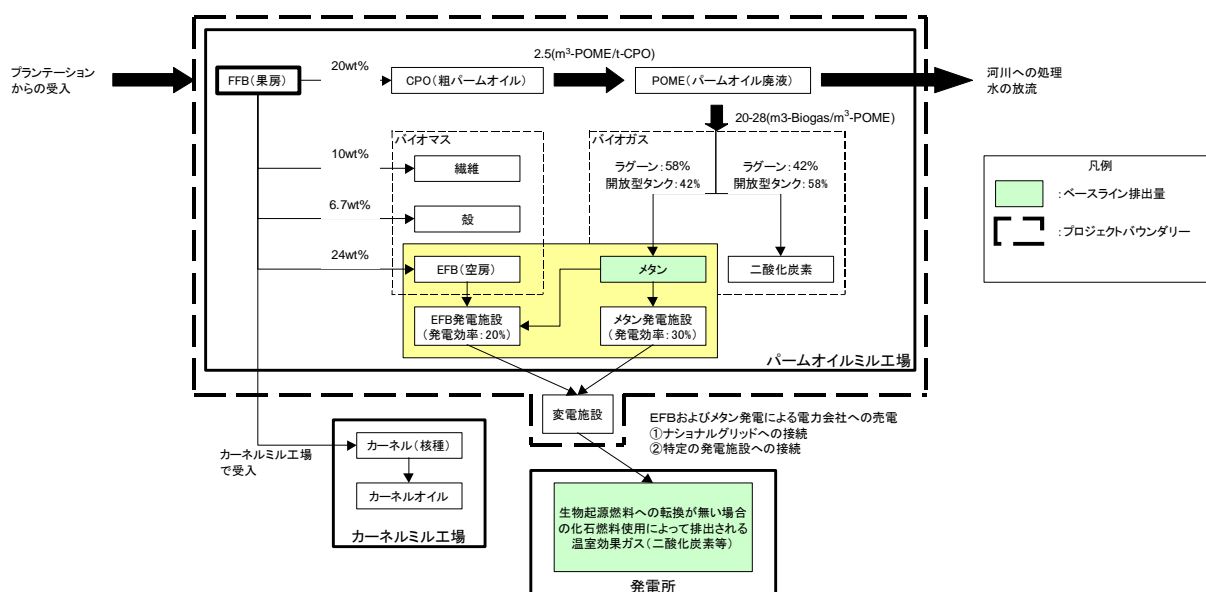


図3-1 ベースラインの検討フレーム

パームオイルミル工場では CPO を生産するために、プランテーションから FFB を受入れているので、プロジェクトバウンダリーは、工場での FFB の受入後から発電した電力を供給するために接続した変電施設までとした。なお、本事業によるプロジェクトバウンダリー外での温室効果ガスの排出影響(リーケージ)については、第3.6章にその取扱に関する基本的な考え方を示した。

上記の ~ は、図3-1に示すように全て CPO を搾取するための FFB の受入量の推移が推計の基点となることから、Lepar Hilir 及び Cini3 を対象に、まず今後の FFB の受入量を推計し、次にメタンガス及び EFB の発生量を後述する算定式を用いて推計し、最終的にベースライン排出量を推計した。

注) バイオガス中の二酸化炭素については、国際的な取り決め(IPCC ガイドライン)によって植物により大気中から吸収され除去されていた二酸化炭素が再び大気中に排出されるものとして整理され、排出量としてはカウントしないものとされていることから、本調査においてもカウントしない。

3.2 FFB 受入量の推計

FELDA 社のミル工場で受入る FFB 量は、以下の 2 つを合わせたものである。

自社のプランテーションで収穫した FFB 量

他社のプランテーションで収穫した FFB の受入量

(1) 自社のプランテーションで収穫した FFB 量の推移

各ミル工場の周辺には、スキームと呼ばれる労働者居住区付きのプランテーション区画が幾つか存在し、ここで収穫された FFB が各ミルに搬送されている。一つのスキームはさらに幾つかのロット（小区画）に区分されている。

パームオイルの収量は、一般に植樹後 4 年後から可能となり、経済年数は 25 ~ 30 年であり、経済年数を過ぎると再植樹が必要となる。

IBRD 報告によると、パームオイルの収穫量の推移は次の通りであり、最大収穫時期は植樹してから 10 年前後としている。

表 3 - 1 パームオイルの収穫量の推移

時期	初収穫	10 年前後	15 年頃	20 年頃
収穫量 (t / ha)	4.9	21.5	20.2	18.7
収穫率 (%)	23	100	94	87

(注) 植生密度 148 本 / ha、出典：IBRD 報告 (1975 年)

一方、FELDA 社では、植樹後の FFB の収穫量がどのロットにおいても同じ特性をもつものとして、図 3 - 3 に示すモデルを用いて各ミル工場が所有するプランテーション毎に 2019 年までの FFB の収穫予測を行っている。

このモデルでは、植樹期間は 28 年間で、植樹後 3 年間の収穫は無く、残りの 25 年間で収穫するものであるが、ピークを植樹開始時から 11 年目とし、その後、成長に伴う樹高の伸びによって収穫が物理的に困難となる果房が増えるため（高くなりすぎて果房を落す棒が届かないため）一定量ずつ収穫量は減少し、25 年後にピーク時の 7 割となった後、残り 3 年間は同じ収穫量が期待できるとしている。

なお、油ヤシは農業生産物であるため、例えば施肥、間伐の方法また降雨量や気候変動などの要因によって FFB の収率は変動する。マレーシアの応用農業研修所の Chew らは、図 3 - 3 に示すように栄養学のバランスを土壌や水分の維持管理によって、FFB の収率を例えば平均 24 ~ 29 t/ha/年にまで高めることが可能と述べている。

このように各種変動要因があるため、正確な FFB の収穫量の予測を行うのは困難であるが、FELDA モデルは実際にパームオイル事業での FFB の生産量予測として使用されており、比較的信頼性が高いものと想定されることから本調査ではこのモデルをベースラインとなる FFB 量の推計方法として採用した。なお、実際の自社プランテーションでの FFB の収穫量についてはミル工場で受入量を計量しており、プロジェクト期間中に FFB 量の受入量を検証することは可能である。

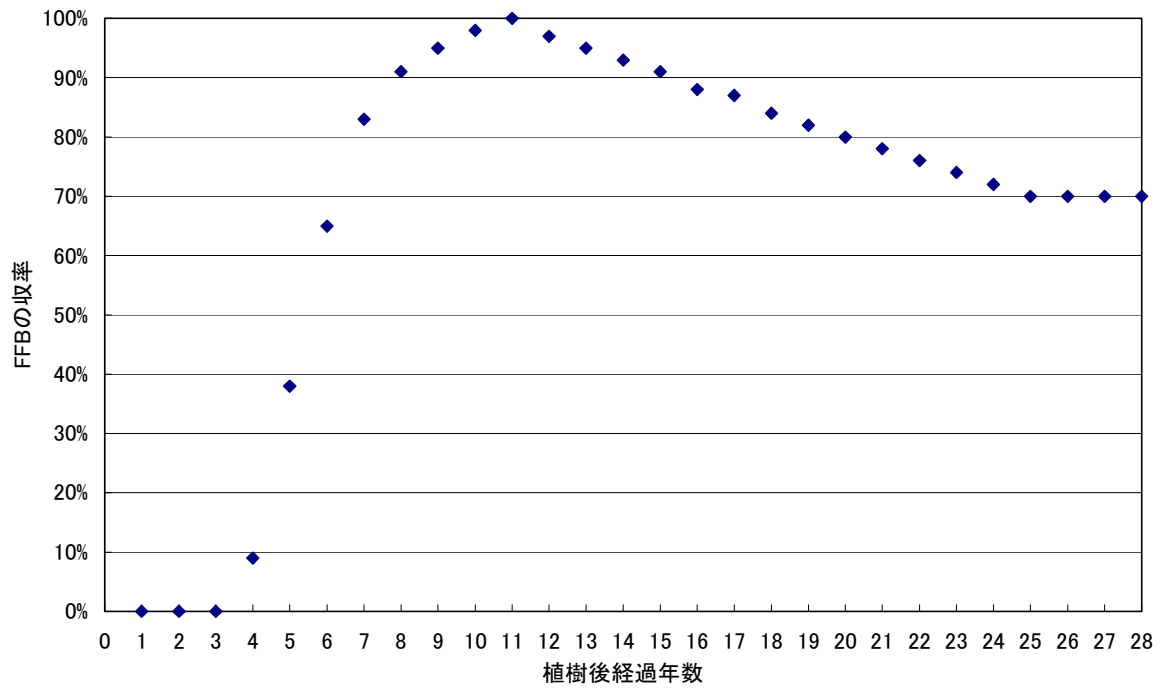


図3 - 2 FFBの生産特性 (FELDAモデル)

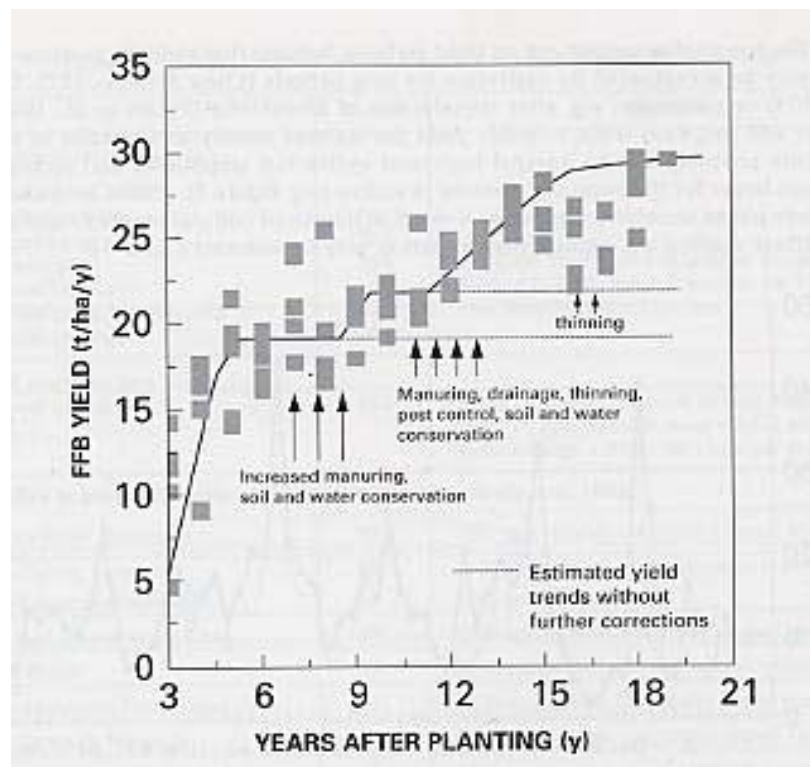


図3 - 3 FFB 収率の特性

注) 1972-1976年に植樹された一区画(8,757ha)を対象としたデータ

出典: Goh K.J., Chew P.S & Teo C.B. (1994)

図3 - 4に Lepar Hilir 及び Cini3 における受入量の推計結果を示す。

Lepar Hilir は FELDA 社の 11 のプランテーションから FFB を受入れており、これらは 36 のスキームから構成されている。スキームの面積は 38 ~ 2,390m² まであり、植樹開始年次も 1975 年 ~ 1993 年までと様々である。

一方で、Cini3 は、FELDA 社の 5 のプランテーションに 18 のスキームが存在おり、Lepar Hilir よりも小規模である。植樹開始時期は 1979 ~ 1986 年であり、Lepar Hilir よりも時期的に集中して植樹が行われている。

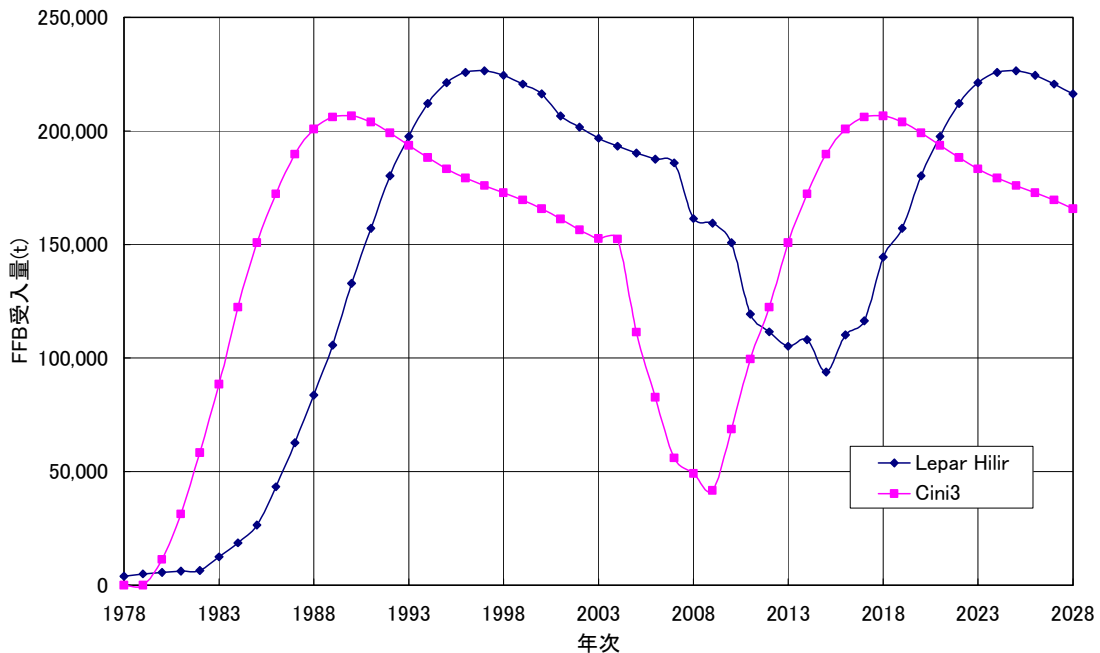


図3 - 4 自社プランテーションからの FFB の受入量 (FELDA モデルによる予測)

この FFB の受入量の根拠は、両工場に所属するプランテーションの各ロット毎に、図3 - 3 で示した FELDA モデルを適応して FFB 収穫量を推計し、それを合算したものである。FFB 受入の全体的なトレンドを把握するため過去 20 年のデータ (FELDA モデルによる推計値ベース) も併せて表示した。

FFB 受入量は、増加期には滑らかなカーブを描く一方で、減少期のある時点から不規則に落ち込むことが図3 - 4 よりわかる。これは図3 - 2 に示したように、パームオイルの収率は植樹開始から連続した増減で推移し、植樹後 28 年経過した時点で再植樹により 70% から一気に 0% になることに起因している。また、このことは再植樹の対象となるロットの面積が大きいほど FFB 量の落ち込みも急激になることを示している。

Lepar Hilir は、1997 年に約 23 万 t でピークを迎えて、2007 年以降に再植樹による影響で大幅な落ち込みが始まり、2015 年に 10 万 t を割る (ピーク時から約 60% の減量)、その後回復して 2025 年に再び約 23 万 t でピークを迎えるサイクルである。

一方、Cini3 は 1989 ~ 1990 年に約 20 万 t 強でピークを迎え、2004 年以降に再植樹による影響で大幅な落ち込みが始まり、2009 年に 5 万 t を割る (ピーク時から約 80% の減

量)。その後回復して 2017～2018 年に再び約 20 万強 t でピークを迎えるサイクルである。

このように、Lepar Hilir と Cini3 では両者のプランテーションにおけるロットの数、植樹面積および植樹開始時期³が異なることに起因して FFB 量のトレンドに差異が生じている。

(2) 他社のプランテーションで収穫した FFB の受入量

マレーシアには、ミル工場を所有せずに油ヤシのプランテーション経営のみを行う事業者があり、現在、FELDA 社ではこのような事業者から、一部のミル工場において再植樹による FFB 量の減少に伴うミル工場の処理能力の余剰と CPO 売上の減少を最適化することを目的として、FFB を購入している。

半島マレーシアにおいては国土開発上の理由から今後のプランテーション開発とミル工場の増設が抑制されていることに加えて、一旦収穫した FFB はパームオイルの品質確保のために 24 時間以内に処理する必要性があることから、今後もこのような受入は継続的に行われるものと想定される。

FELDA 社は、他の業者からの受入実績に関するデータは今のところ公表していない。ただし、2003～2012 年までの 11 年間の受入予測値（作成年次は不明）のみ公表されており、これは他の業者からの情報を基に FELDA 社が推計したものである。表 3 - 2 に Lepar Hilir、表 3 - 3 に Cini3 における受入予測を示す。

表 3 - 2 FFB の他社からの受入予測（Lepar Hilir）

年次	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	平均
FFB 受入量（合計）(A)	259,890	270,010	274,300	269,070	265,840	256,000	242,580	233,220	228,110	207,520	150,000	241,504
"（自社分）(B)	202,040	197,430	192,623	190,462	187,649	185,015	161,592	159,223	149,196	115,735	111,003	168,361
"（他社分）(A-B)	57,850	72,580	81,677	78,608	78,191	70,985	80,988	73,997	78,914	91,785	38,997	73,143

（単位：t）

注）自社分は、図 3 - 3 で示した FELDA モデルによる推計値

表 3 - 3 FFB の他社からの受入予測（Cini3）

年次	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	平均
FFB 受入量（合計）(A)	165,525	224,500	205,500	136,000	120,500	96,500	134,500	157,500	164,500	192,800	222,000	165,439
"（自社分）(B)	156,121	153,766	152,171	111,618	83,048	56,101	41,906	35,732	66,103	100,640	123,269	98,225
"（他社分）(A-B)	9,404	70,734	53,329	24,382	37,452	40,399	92,594	121,768	98,397	92,160	98,731	67,214

（単位：t）

注）自社分は、図 3 - 3 で示した FELDA モデルによる推計値

図 3 - 4、表 3 - 2 及び 3 - 3 から分かるように、Lepar Hilir と Cini3 では今後 5 年以内に急激な FFB の落込みが始まるため、FELDA 社は他社のプランテーションからの FFB の受入量を確保する予定であり、このことはステアリング委員会メンバーである FELDA 社の Subash 氏からも確保に向けて最大の努力をすとのコメントがあった。

本調査においては、以上の状況を踏まえてベースラインとして、基本的にその 2002～2012 年までの 11 年間の受入予想値の平均値をベースラインとした。

³資料編の資料 3 - 1 に各ロット毎のデータを示す。

ただし、各ミル工場においてはこれまでの FFB の処理実績を大幅に超えるような受入の可能性は現時点では想定できないため、過去の受入実績の最大値を大幅に超えない範囲での受入をベースラインとした。よって Cini3 については、過去の FFB の受入実績(自社+他社)を大幅に越えないよう調整をした。(図3-6参照)

図3-5および図3-6に Lepar Hilir と Cini3 における FFB 受入量の推計結果を示す。

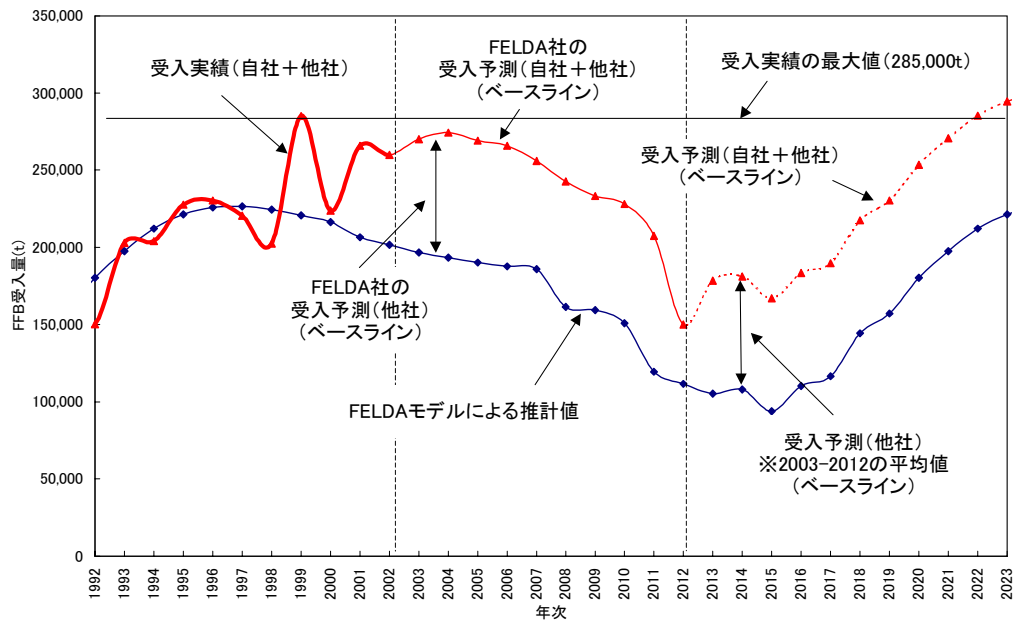


図3-5 FFBの受入予測(自社+他社)(Lepar Hilir)

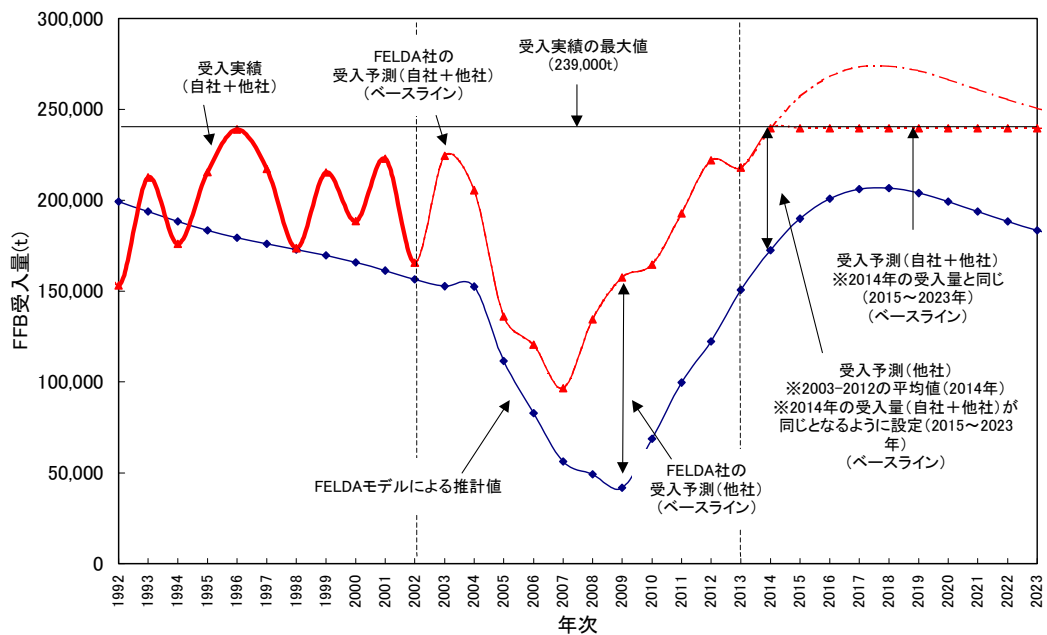


図3-6 FFBの受入予測(自社+他社)(Cini3)

3.3 メタン排出量の推計

(1) メタン排出量の算定式

POME からのメタンの排出量については、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）に基づいて同条約事務局へ提出されたマレーシア国の第1回国別報告書において、下記の算定式による推計結果が示されている。

$$\begin{aligned} \text{メタン発生量 (t)} = & \text{CPO 生産量 (t)} \left[= \text{CPO 収率 (t-CPO / t-FFB)} \times \text{FFB 処理量 (t)} \right] \\ & \times \text{CPO 生産量に対する POME の発生率 (m}^3\text{-POME/t-CPO)} \\ & \times \text{POME からのバイオガス発生率 (m}^3\text{-Biogas/ m}^3\text{-POME)} \\ & \times \text{バイオガス中のメタン含有率 (\%, m}^3\text{-CH}_4\text{/m}^3\text{-Biogas)} \\ & \times \text{メタンの密度 (t-CH}_4\text{/m}^3\text{-CH}_4\text{)} \end{aligned}$$

この算定式は政府の各種調査報告書（例えば、マレーシアエネルギー省エネルギーセンター（Malaysia Energy Center、以下 PTM）の「バイオマスコージェネレーションによる電力会社への電力供給の可能性調査報告書」（2000 年）等）やマレーシアにおけるパームオイル研究の権威であるマレーシア・パームオイル研究所（Palm Oil Research Institute Malaysia、以下 PORIM）での研究論文等に広く採用されていることから、本調査ではこの算定式をベースライン設定の基本とした。

(2) 算定式中のパラメーター

1) CPO 生産量に対する POME の発生率

上述した政府の各種調査報告書や各種文献においては、2.5m³-POME/t-CPO と記載しているものが多いが、その根拠が明確になっていない。

ただし、マレーシア国のミル工場では環境モニタリングとして、科学技術環境省の環境局（Department of Environment、以下 DOE）へ FFB 処理量（受入量）と POME の実測データの提出が義務付けられていることから、このデータを利用して「FFB 処理量に対する POME の発生率」を求めて、POME の発生率を検証した。

表3 - 4に Lepar Hilir、Cini3 および、3) で後述する九工大 - UPM のフィールド調査対象工場である Serting Hilir におけるデータを示す。

表3 - 4 FFB と POME の発生状況（2002 年）

月	Lepar Hilir			Cini3			Serting Hilir		
	FFB (t)	POME (m3)	POME/FFB (m3/t)	FFB (t)	POME (m3)	POME/FFB (m3/t)	FFB (t)	POME (m3)	POME/FFB (m3/t)
1	21,250	12,580	0.59	13,390	6,695	0.50	17,930	8,581	0.48
2	17,000	13,287	0.78	11,320	5,660	0.50	19,000	9,152	0.48
3	18,440	13,664	0.74	12,090	6,045	0.50	21,150	9,360	0.44
4	15,910	13,815	0.87	11,100	6,438	0.58	20,300	9,862	0.49
5	14,940	15,041	1.01	13,245	6,675	0.50	22,110	10,960	0.50
6	20,210	15,203	0.75	11,930	5,828	0.49	26,600	13,148	0.49
7	21,490	15,360	0.71	12,265	6,343	0.52	29,290	14,803	0.51
8	24,900	18,945	0.76	17,405	8,664	0.50	32,550	16,307	0.50
9	28,700	16,830	0.59	18,225	9,391	0.52	31,071	15,647	0.50
10	28,850	16,289	0.56	18,000	9,353	0.52	31,090	15,595	0.50
11	24,100	14,877	0.62	14,100	7,470	0.53	28,340	12,558	0.44
12	21,900	12,287	0.56	12,455	6,574	0.53	20,750	10,317	0.50
合計	257,690	178,178	0.69	165,525	85,136	0.51	300,181	146,290	0.49

(出典) FELDA 社データ

Lepar Hilir では POME だけでなく各種設備等からの洗浄水もカウントしており高い値となっているため除外して、Cini3 と Seriting Hilir の平均値を取ると $0.5\text{m}^3\text{-POME/t-FFB}$ である。

FFB と CPO の関係は、FFB からの CPO の収率 (Oil Extract Rate、以下 OER) として一般に 20%前後と言われており、仮に 20% (0.2 t-CPO/t-FFB) として、CPO からの POME の発生率を $2.5\text{m}^3\text{-POME/t-CPO}$ とすると、POME の発生率が $0.5\text{m}^3\text{-POME/t-FFB}$ となることから、これは表 3 - 4 で示した実測結果からみて POME の発生状況をよく再現しているものと想定される。

したがって、本調査では $0.5\text{m}^3\text{-POME/t-FFB}$ ($=2.5\text{m}^3\text{-POME/t-CPO} \times 0.2\text{ t-CPO/t-FFB}$) をベースライン設定のデータとして採用した。

当面は、この値をベースとするが、プロジェクト期間中に数値が異なるようであれば時間を遡って反映することとする。

2) POME からのバイオガス発生率

上述した政府の各種調査報告書や各種文献においては、 $20 \sim 28(\text{m}^3\text{-Biogas/m}^3\text{-POME})$ と記載しているものが多く、その中で上限値 ($28\text{m}^3\text{-Biogas/m}^3\text{-POME}$) をメタンの発生量推計に利用しているケースが多いが、その根拠が明らかではない。

上限値と下限値では 1.4 倍の差があることから、メタンの発生量も 1.4 倍の差が出る可能性があり、CDM 事業に大きな影響を与える。

現時点においては議論の基となる科学的データが不足しているため、本調査においては、ベースラインとして、その平均値 ($24\text{m}^3\text{-Biogas/ m}^3\text{-POME}$) をベースライン設定のデータとして採用した。

当面は、この値をベースとするが、プロジェクト期間中にモニタリングによる検証を行い、数値が異なるようであれば時間を遡って反映することとする。

3) バイオガス中のメタン含有率

上述の各種調査報告書ではバイオガス中のメタン含有率を 65%、二酸化炭素濃度を 35%と記載しているものが多いが、その根拠が明確になっていない。

したがって、昨年度より九工大 - UPM の共同研究として FELDA 社の Seriting および Seriting Hilir を対象とした現場実測によるバイオガス中のメタン含有率の検証を継続して行っており、今年度には、ラグーンと開放型消化タンクにから発生するバイオガス中のメタン含有率について表 3 - 5 のような調査結果が得られている。

表 3 - 5 バイオガス中のメタンの平均含有率 (実測値)

バイオガスの発生場所	メタンの平均含有率および実測期間
ラグーン (Seriting)	58% (13 週 : 11 ~ 2 月)
開放型消化タンク (Seriting Hilir)	42% (27 週 : 6 ~ 12 月)

注1) Serting および Serting Hilir は、Negeri Sembilan 州に立地しており、CPO の生産規模でみると、前者は比較的小規模であるが、後者は FELDA 社の中で最大規模のパームオイルミル工場である。POME の処理に関しては、前者はラグーンのみによる処理、後者は開放型消化タンクのみによる処理である。(詳しくは、表2-3を参照)

注2) 調査結果については、資料編の参考資料2-2に詳細を示す。

今年度調査は昨年度と比較して実測期間が長期に渡ること(昨年度は1ヶ月間のみ)得られたデータの数も多いことから、少なくとも昨年度のデータよりは信憑性が高いものと考えられる。

したがって今年度調査結果をベースライン設定のデータとして採用した。

当面は、この値をベースとするが、今後、モニタリングとして継続して現場測定による検証を行い、数値が異なるようであれば時間を遡って反映することとする。

(3) POME の処理方式の検討

第2章で述べたように、POME の処理方式はラグーンと開放型消化タンクの2通りであるが、Cini3のように両者を併用しているところもある。

表3-5で示したようにラグーンと開放型消化タンクではバイオガス中のメタン含有率が異なるため、プロジェクト期間中に処理方式の変更を促すような要因が考えられるのであれば、ベースラインのシナリオとして反映させる必要がある。

1) 処理方式の決定の仕組み

POME 処理水の河川への排水基準を達成するためには、一定の POME の滞留時間(処理容積/POME 量)を確保する必要があるが、用地面積が限られている場合にはラグーンでは滞留時間が確保できないため、開放型消化タンクを導入することで対応している。したがって、処理方式はミル工場を建設する際に取得できた用地面積によって決定される。

2) 処理方式の変更の可能性

FELDA 社では、これまでに一旦導入した処理方式を変更した前例はない。ただし、今後は以下の2つの面から処理方式の変更の可能性があると推測される。

環境基準の強化による POME の排水基準の上乗せ

POME 処理水の河川への排水基準は、科学技術環境省の環境局(DOE)によって決定され、一般に BOD が 100ppm 以下とされている。ただし DOE は、環境影響が懸念される場所では上乗基準を設定していく方針であり、FELDA 社でも例えば BOD が 20ppm 以下の厳しい排水基準が適用されているミル工場がある。

上乗基準を達成するためには、一層の POME の滞留時間を確保する必要があるため少なくともラグーンから開放型消化タンクへの処理方式の変更の可能性がある。

ミル周辺の土地開発の影響

半島マレーシアにおいては、国土開発上の理由からプランテーションの拡大、ミル工場の増設が禁止されていることから、今後場所によっては住宅地、工業用地等の他の用途地域の拡大によってプランテーション用地やミル工場用地を縮小せざるを得ないケースが発生することが想定される。その場合には、少なくともラグーンから開放型消化タンクへの処理方式の変更の可能性がある。

Lepar Hilir では、現在 POME は全てラグーンで処理されており、処理水は近傍の河川に放流されている。現時点において特段の排水基準の上乗の可能性が乏しいこと、周辺の土地の逼迫の可能性は小さいことから、本調査においては少なくともプロジェクト期間中はラグーンのままであり続けると判断し、バイオガス中のメタン含有率は 58%をベースラインとした。

Cini3 では、現在 POME は全量の 2/3 がラグーン、残り 1/3 が開放型消化タンクで処理されている。Cini3 では POME 処理水を放流している河川が MENTIGA 湖に流入していることから、近い将来 DOE が上乘基準を設定する可能性が高い。

現在の Cini3 での POME の処理水の BOD 濃度は約 50ppm (2002 年の平均値) であり、仮にラグーンを開放型消化タンクに転換して POME の処理容積を増加するとすれば、滞留時間が増加し、処理水質の更なる向上が期待される。

したがって、本調査においては、プロジェクト期間中にラグーンが開放型消化タンクに変更されることをベースラインとし、バイオガス中のメタン含有率は 42%をベースラインとした。なお、変更時期についてプロジェクト開始時には既に変更されているものとして設定した。

3.4 化石燃料使用による温室効果ガスの推計

ここでは、生物起源燃料への転換が図られる場合の温室効果ガスの排出削減量として推計方法を検討した。

(1) 発電施設への接続方法

1) 電力会社のナショナルグリッドへの接続による燃料転換

半島マレーシア唯一の電力会社である TNB 社のナショナルグリッド(送電線網)へ接続し、生物起源の燃料による発電量を売電することで TNB 社の発電施設における化石燃料の転換が行われ、結果として二酸化炭素の排出量が削減される。ナショナルグリッドへの接続による二酸化炭素の排出削減については以下の 2 通りの考え方がある。

電源の中で最も二酸化炭素の排出が多い火力電源において平均的に発電量を削減する(火力平均対応)

火力、水力など全ての電源において平均的に発電量を削減する(全電源平均対応)

の場合、二酸化炭素の排出削減の観点から、火力電源から率先的に発電量が削減されるべきであるという思想に基づいているが、どのような電源で対応するかは電力会社の判断に委ねられる。

したがって、本調査では、ベースラインとして保守的 (Conservative) な全電源平均対応を採用した。表3 - 6 に全電源平均対応の場合の温室効果ガスの排出係数を示す。

データがやや古いものの、TNB 社が排出係数を公表していないため、現時点でのベースライン設定のデータとして採用した。

表3 - 6 全電源対応の温室効果ガスの排出係数

温室効果ガス	排出係数
二酸化炭素	0.623 kg/kWh
メタン	2.81 mg/kWh
一酸化二窒素	3.74 mg/kWh

出典：「Feasibility study on grid connected power generation using biomass cogeneration technology」(2000年、PTM)

(2) 電力会社の特定の発電施設への接続による燃料転換

電力会社の特定の発電施設に近接するようなミル工場では、ナショナルグリッドへの接続の場合と異なって、その発電施設で使用されている化石燃料を代替することになるため、削減される温室効果ガスの排出量が異なる。表3 - 7 にディーゼル発電による温室効果ガスの排出係数を示す。全電源の場合よりも排出係数が多いことが分かる。

ナショナルグリッドと同様にややデータが古いものの TNB 社が排出係数を公表していないため、現時点でのベースライン設定のデータとして採用した。

表3 - 7 ディーゼル発電による温室効果ガスの排出係数

温室効果ガス	排出係数
二酸化炭素	0.703 kg/kWh
メタン	0.00004 kg/kWh
一酸化二窒素	- kg/kWh

出典：「Feasibility study on grid connected power generation using biomass cogeneration technology」(2000年、PTM)

Lepar Hilir では、TNB 社のナショナルグリッドの変電施設がミルから約 2km 地点に存在するから、ナショナルグリッドへの接続による温室効果ガスの排出削減を想定する。Cini3 では、TNB 社のディーゼル発電施設 (最大 3MW) がミルから約 4km の地点に存在することから、ディーゼル発電施設への接続による温室効果ガスの排出削減を想定する。

(3) 発電効率

1) ケース1 (メタン発電) の場合

PTM や PORIM の報告書によれば、1m³ のバイオガスから約 1.8kWh の発電が可能であるとされている。これはバイオガスの熱量からみると発電効率は約 25% となる。

一方で、我が国の某電力会社へのヒアリングによれば、現状のメタン発電技術では発電機の性能からみて発電効率 35% 程度が上限であるとの回答が得られている。

したがって本調査では、両者の中間値である 30% をベースラインとして採用した。

2) ケース2 (EFB 発電) の場合

FELDA 社が計画しているサバ州での EFB 発電では、30t-EFB/h の処理能力で 7.2MW の発電を想定している。これは EFB の熱量からみると発電効率は約 20% 程度となる。

EFB 発電については実施例が殆ど無いため、発電効率に関しては情報が無く、FELDA 社の場合も理論計算ベースの値である。

よって、本調査ではベースラインとして発電効率を 20% に設定する。

3) ケース3 (メタン + EFB 発電) の場合

ケース3では、ケース2での EFB 発電プラントを用いたメタンと EFB の混焼を想定していることから、発電効率はケース2と同様に 20% をベースラインとした。

3.5 ベースライン排出量の推計

3.1 ~ 3.4 までの整理を踏まえて、Lepar Hilir 及び Cini3 におけるベースライン排出量を推計した。なお、推計期間は 2004 ~ 2023 年の 20 年間とした。図 3 - 7、3 - 8 に推計結果を示す。これを本調査におけるベースライン排出量とした。

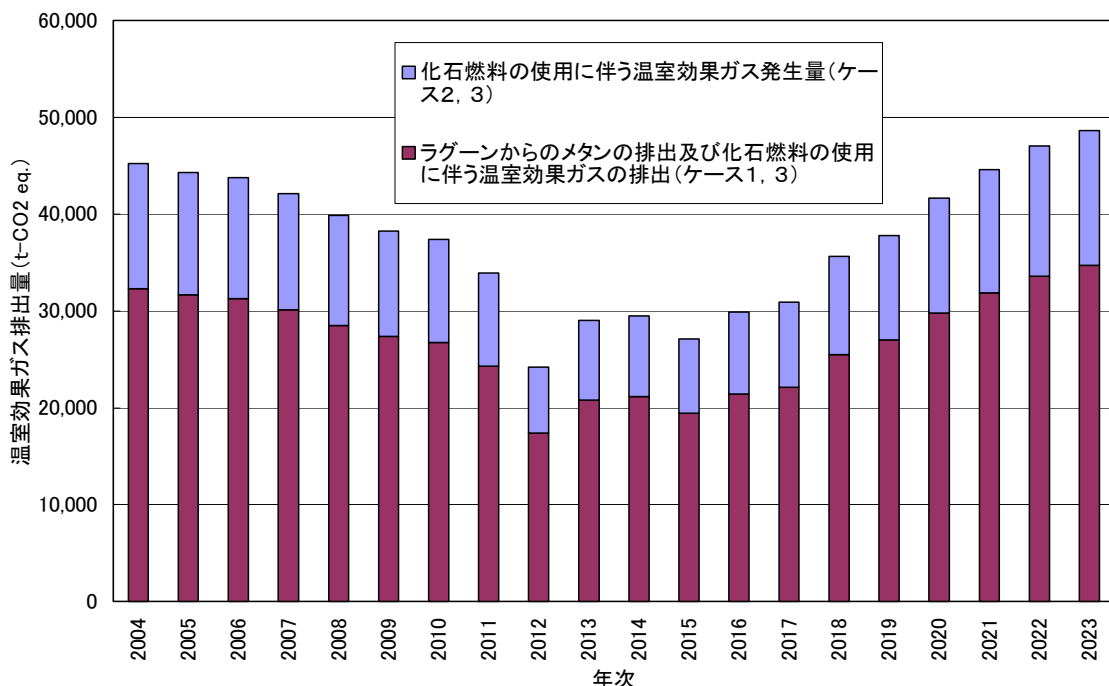


図 3 - 7 ベースライン排出量 (Lepar Hilir)

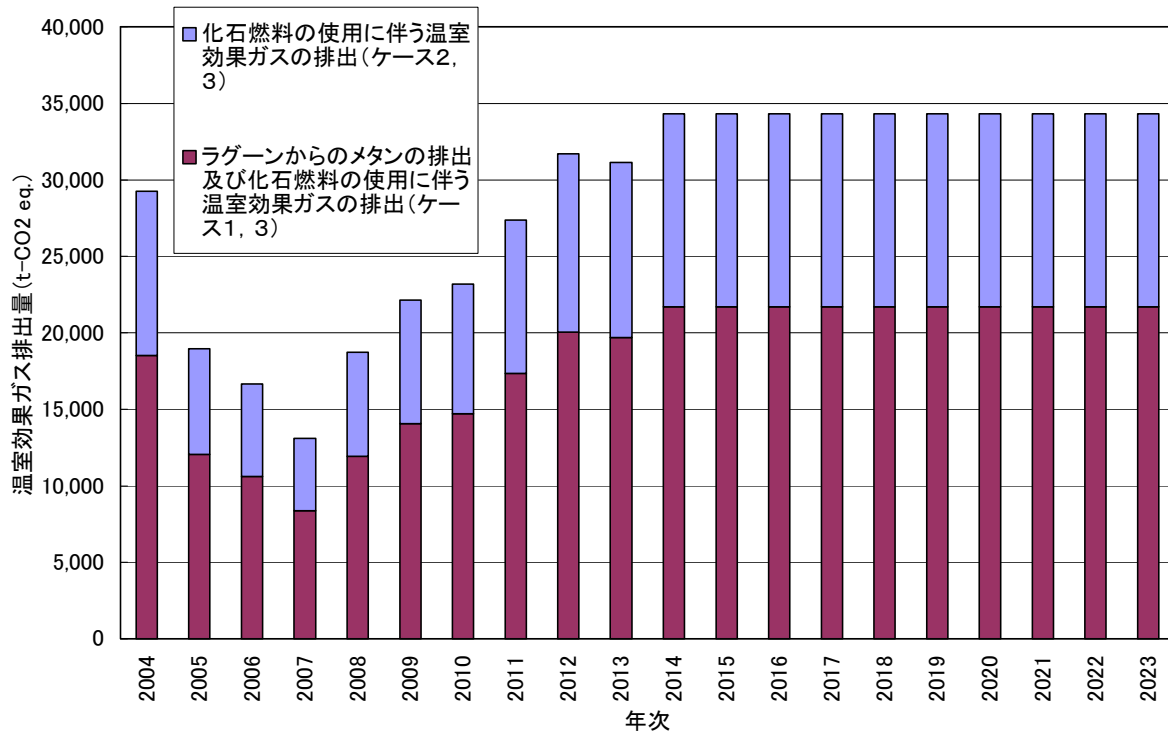


図3 - 8 ベースライン排出量 (Cini3)

3.6 プロジェクトバウンダリー外での温室効果ガス排出 (リーケージ) に関する基本的な考え方

本事業においては、他社からのFFBの受入量をベースラインより増加させる可能性があり、その場合にはプロジェクトバウンダリー外での温室効果ガスの排出 (リーケージ) として、以下の状況が想定される。

- FFBのトラック輸送量の増加とそれに伴う温室効果ガスの排出量の増加
- 他工場へのトラック輸送量の減少とそれに伴う温室効果ガスの排出量の減少

は本来ならば、他工場で受入る予定であったFFB量が減少することによる影響である。

及び ついては、の方が よりも総輸送距離が長ければ、排出量の増加となるが、実際には様々なプランテーションからの追加的な受入が想定され、各プランテーションの場所や受入量の違いがあるため、総輸送距離の差を推測することは困難である。したがって、プロジェクト対象工場のFFBのトラック輸送距離と他工場へのFFBのトラック輸送距離は変わらないと考え、温室効果ガスの排出量の増加は見込んでいない。

(輸送による温室効果ガスの排出量の試算)

輸送に伴う温室効果ガスの影響は考慮しないこととしたが、ここでは仮に影響が有るとした場合の本事業への影響を検討した。

第2章の表2 - 2 や図2 - 6 に示すようにパハン州内にはプランテーションが多く存在し、Lepar Hilir 及び Cini3 におけるこれらのプランテーションからの受入を想定して、集荷距離を片道 100km と設定した。

プロジェクト期間中の FFB の受入量を過去の実績の最大値となるように、最大の可能性を考慮し、片道 100km (往復 200km) を輸送して EFB を追加的に受入れる場合の Lepar Hilir 及び Cini3 における温室効果ガスの排出量を試算した。結果を図3 - 9 および図3 - 10 に示す。

両工場における排出量は最大でも 250t-CO₂ eq./年未満であり、前節の図3 - 7 および図3 - 8 に示したベースライン排出量と比較して、Lepar Hilir では約 1%、Cini3 では約 2% に過ぎないことが分かる。

また、他地域からの FFB の受入量の増加により、輸送に伴う温室効果ガスの影響はあっても、片道 100km までは増加すると考え難いことから、輸送による温室効果ガスの排出量は無視できるほど少量である可能性が高い。

(試算の前提条件)

- 1 . トラックの燃料 : ディーゼル
- 2 . トラックの燃費 : 10km/ L-diesel
- 3 . トラックの積載重量 : 20 t -FFB/台
- 4 . トラックからの温室効果ガスの排出 : 表3 - 8 示す排出係数に燃料消費量 (二酸化炭素)、輸送距離 (メタン、一酸化二窒素) を乗じる。

表3 - 8 試算に用いた排出係数 (ディーゼルトラック)

温室効果ガスの種類	排出係数
二酸化炭素	2.64 kg-CO ₂ /L-diesel
メタン	0.000014 kg-CH ₄ /km
一酸化二窒素	0.000025 kg-N ₂ O/km

マレーシア国の排出係数が公表されていないため、便法を講じて我が国におけるディーゼルトラックからの温室効果ガスの排出係数を用いた。(出典 : 温室効果ガス排出量算定に関する検討結果総括報告書、2002 年、環境省)

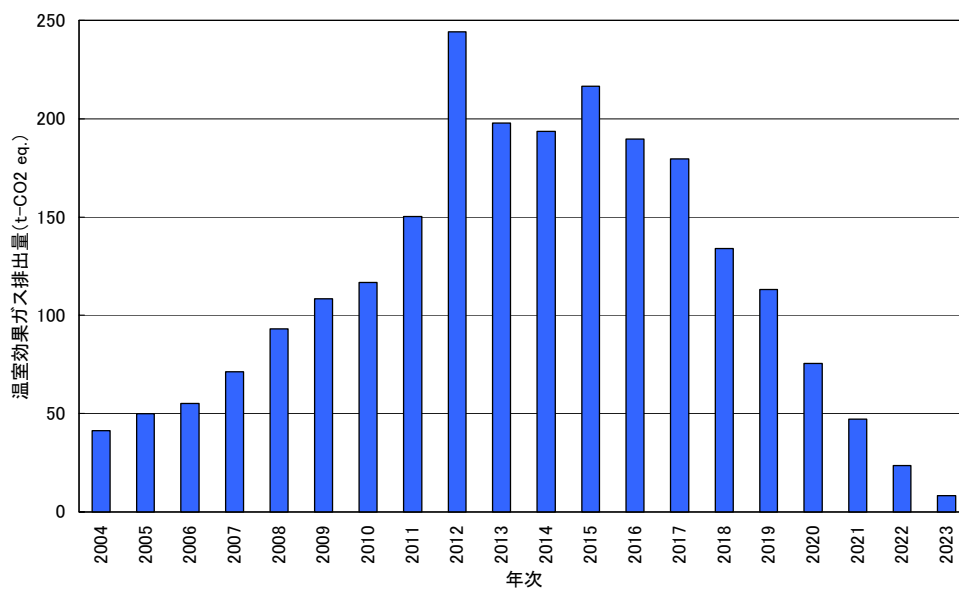


図3 - 9 FFBの輸送による温室効果ガスの排出量 (Lepar Hilir)

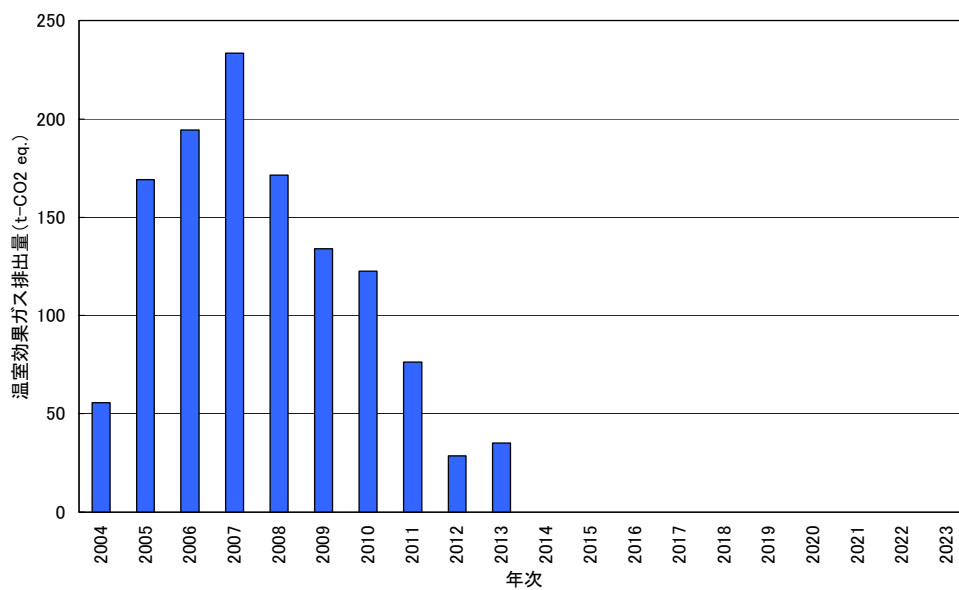


図3 - 10 FFBの輸送による温室効果ガスの排出量 (Cini3)

第4章 事業性の検討

4.1 事業性の検討フレーム

図4-1に検討のフレームを示す。

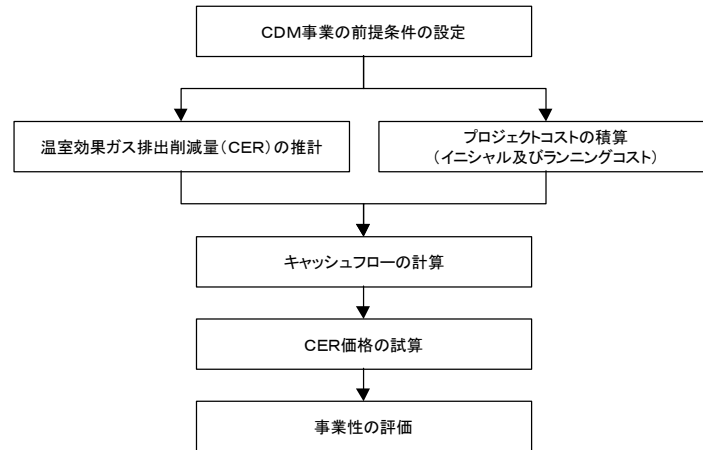


図4-1 事業性の検討フレーム

CDM 事業としての前提条件を設定し、その条件に基づいて温室効果ガスの排出削減量 (Certified Emission Reduction、以下 CER) とプロジェクトコスト (イニシャルコスト & ランニングコスト) を推計する。

経済的に魅力のあるような一定の事業内部収益率 (IRR) を確保することを前提に、CER の売上を含めたキャッシュフローを計算し、CER の価格を割り出す。

この価格と現在の CER 価格の相場を比較し、経済性を判断するものである。

4.2 CDM 事業の前提条件の設定

表4-1に想定する CDM 事業の前提条件を示す。

表4-1 前提条件

項目	前提条件
事業主体	馬日による共同事業体 (JV)
事業内容	ケース1~3
事業期間	CDM 事業: 10年 (2004~2013年) 発電事業: 20年 (2004~2023年)
売電価格	0.16RM/kWh (馬国政府推奨価格)
自己資本率	10%
長期借入金利	7% (市中金利)
事業内部収益率 (IRR)	発電事業として 15% (2004~2023年)

事業主体は、マレーシア側の企業（FELDA 社、TNB 等）と日本側の企業との J V を想定した。

事業期間については、CDM 事業のルールとして 10 年間（10 年更新無し）もしくは 21 年間（7 年×2 回更新）のいずれかを選択するように定められているが、後者の場合、更新に伴うのベースラインの見直しの設定が困難であることから、前者の 10 年間とした。発電事業は現実性を考慮して 20 年とした。

売電価格は、マレーシア政府が電力会社への購入を推奨しているグリーン電力のプレミア購入価格 0.16RM/kWh（約 0.04US\$/kWh）である。

銀行からの長期借入金利は市中金利である 7%を採用した。したがって事業として成立させるためには事業リスクを考慮して事業期間を通じての内部収益率（IRR）⁴を 15%とした。

4.3 温室効果ガス排出削減量（CER）の推計

CDM の事業期間 10 年間（2004～2013 年）の CER を推計する。CER は第 3 章 3.5 で求めたベースライン排出量からプロジェクトを実施する場合に想定される温室効果ガスの排出量を差し引いて求めることとなっている。

本案件ではメタンは全量回収が可能であり、またバイオガス中の二酸化炭素はカウントしないことから、プロジェクト実施後の排出量がゼロとなり、結果としてベースライン排出量が CER となる。

図 4 - 2 に Lepar Hilir、図 4 - 3 に Cini3 での CER(10 年間の累積ベース)を示す。Lepar Hilir の場合、ケース 1 で約 27.1 万 t-CO₂ eq.、ケース 2 で約 10.8 万 t-CO₂ eq.、およびケース 3 で約 37.8 万 t-CO₂ eq. の CER となった。一方、Cini3 ではケース 1 で約 14.7 万 t-CO₂ eq.、ケース 2 で約 8.5 万 t-CO₂ eq.、およびケース 3 で約 23.2 万 t-CO₂ eq. の CER となった。

⁴ IRR は市中金利と比較される指標であり、仮にプロジェクトの初期投資額を銀行に預けた場合、市中金利分は利子として計上されることから、少なくとも市中金利よりも高い率でないとプロジェクトに投資するメリットが無い。通常、事業リスクを考慮すると市中金利よりも十分に高い率でないとプロジェクトとして成立しない。

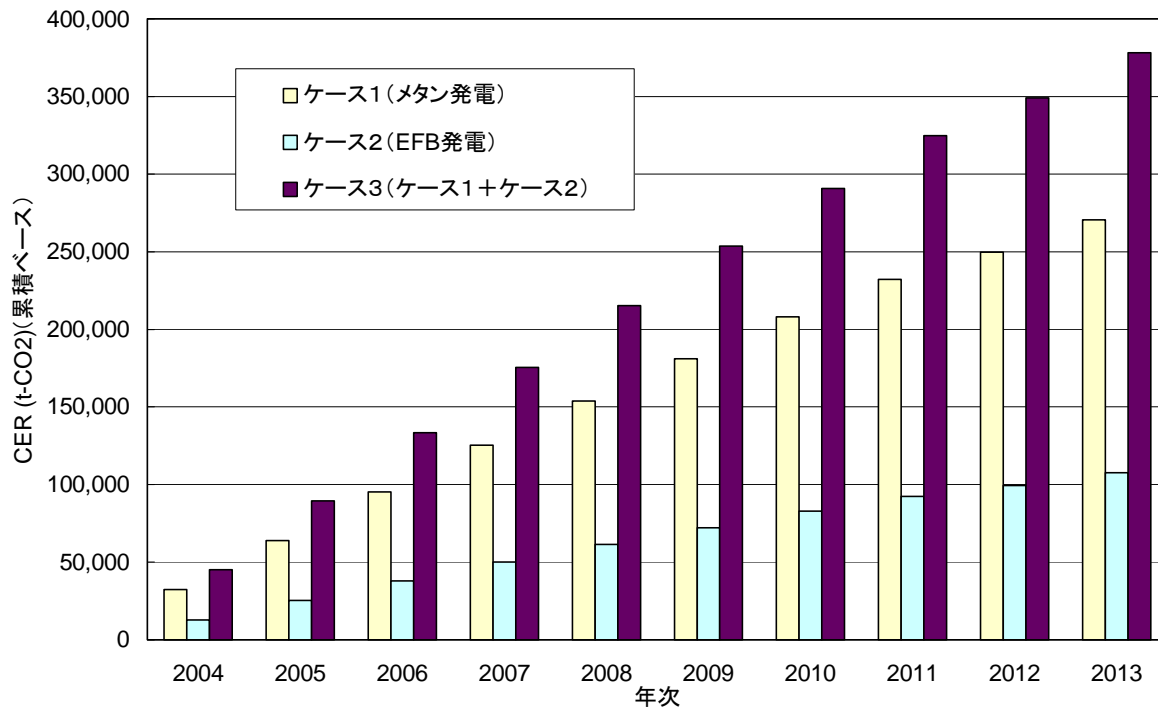


図4 - 2 CER (Lepar Hilir、10年間の累積ベース)

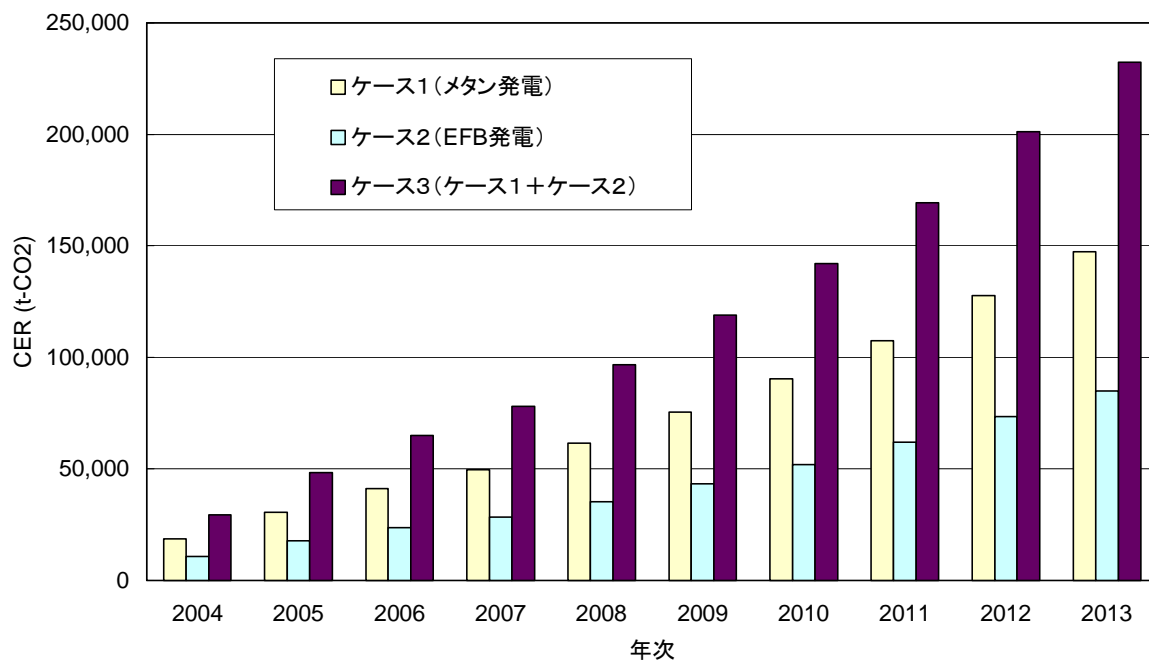


図4 - 3 CER (Cini3、10年間の累積ベース)

4.4 プロジェクトコストの積算

(1) 積算に用いた基本データ

表4-2にイニシャルコスト、表4-3にランニングコストの基本データを示す。

表4-2 基本データ(イニシャルコスト)

費目		単価 (1,000US\$)	規模	参照データ
メタン 発電施設	土木工事	22	500m ³	モデル施設建設の FELDA 社見積価格
	メタン回収・ 貯蔵施設	97	500m ³	モデル施設建設の FELDA 社見積価格
	発電施設	300	600kW	現地ヒアリングによるガスエンジン価格
EFB 発電施設	発電施設	9,737	7.2MW	FELDA 社の発電プラント見積価格
送電設備 (送電線の敷設)		39/(km)	-	TNB 社へのヒアリングによって得られた送電費用の平均値

(注) 為替レートは 3.8RM/US\$とした。

表4-3 基本データ(ランニングコスト)

費目	単価 (US\$)	参照データ
人件費	現場監督 : 1,316/月 上級エンジニア : 526/月 下級エンジニア : 197/月	「Feasibility study on grid connected power generation using biomass cogeneration technology」(2000年、PTM)
維持管理費	発電施設費の3%	-
モニタリング費	無し (現状からの追加的な発生は無し)	-

(注) 為替レートは 3.8RM/US\$とした。

1) イニシャルコスト

土地代

プロジェクトに伴う施設については、全て FELDA 社のミル工場敷地内に設置するため土地は FELDA 社が無償提供、または限りなく低額での貸与を想定し、ここでは土地代は発生しないものとした。また送電整備に関しては送電整備コストの中を含め、土地代としてはカウントしない。

メタン発電施設(ケース1)

メタン発電施設は以下の3つから構成される。

- A. タンク据付土木工事
- B. 密閉型消化タンクからガス貯蔵庫までのメタン回収・貯蔵施設
- C. 発電施設

A．タンク据付土木工事

現在、建設予定である九工大 - UPM の共同研究の 500m³ のモデル施設の FELDA 社の見積価格で積算した。

B．メタン回収・貯蔵施設

A．と同様に 500m³ のモデル施設の FELDA 社の見積価格で積算した。なお、施設設計は住友重機械工業（株）が実施したものである。FELDA 社の見積価格にはタンクを含む機械設備、その他の関連設備（河川への放流前に最終調整を行う酸化池までのパイピング、酸化池での曝気装置など）、関連機器（バイオガス流量計、バイオガス送風機、ポンプなど）が含まれている。

C．発電施設

昨年度調査において現地関係者へのヒアリングによって得られた定格 600kW のガスエンジンの価格で積算した。

EFB 発電施設（ケース 2、3）

EFB 発電施設については、FELDA 社が現在サバ州で建設を予定している定格 7.2MW の EFB 発電プラントの見積価格で積算した。なお価格には EFB の受入処理プロセスから発電部分までの全ての工程が含まれている。

送電設備

送電設備については、TNB 社へのヒアリングよれば 10～20 万 RM/km とされており、ここではその平均値である 15 万 RM/km で積算した。

2) ランニングコスト

人件費

発電施設に従事する作業員の人件費は、PTM の F/S 調査報告書（2000 年）に示されたもので積算した。

維持管理費

発電施設および送電設備の維持管理費として設備費の 3%（発電施設費の 3%）と仮定して積算した。

モニタリング費

第 3 章 3.3 で述べたように、POME からのバイオガス発生率とバイオガス中のメタン含有率については、ベースライン排出量を検証するためのモニタリングが必要である。前者については、バイオガスの発生量を確認する必要があるが前述したようにメタン回収・貯蔵施設にバイオガス流量計が装備されており、の作業員がチェックを行うことで把握ができることからモニタリングにかかる追加的なコストは発生しないものとした。

また、後者についても、第3章3.3(2)で述べたように、Seriting Hilirにおいて継続的にモニタリングを行うために、追加的なコストは発生しない。

したがって、本調査ではモニタリング費をゼロとして積算した。

(2) 積算結果

発電施設の積算にあたっては、基本データに乗則を用いることとし、一般にプラント見積等に広く利用されている0.7乗則を採用した。以下に計算例を示す。

メタン回収・貯蔵施設（新設の場合）	
施設費用 = (設置するタンクの容積(m ³) / 500(m ³)) ^{0.7} × 79(1,000US\$)	
発電施設（FFB発電の場合）	
施設費用 = (設置する発電施設の定格出力(kW) / 7,200(kW)) ^{0.7} × 9,737(1,000US\$)	

以上の方法によって Lepar Hilir 及び Cini3 を対象に積算した結果を表4-4、表4-5に示す。

表4-4 積算結果（Lepar Hilir）

費目		費用(1,000US\$)			設定値			設定根拠	
		ケース1	ケース2	ケース3	ケース1	ケース2	ケース3		
イニシャル コスト	メタン 発電施設	タンク据付土木工事	230	0	230	3,000m ³ × 3基	-	3,000m ³ × 3基	<ul style="list-style-type: none"> ・発電事業期間中のPOMEの滞留時間が常に13日以上となるように設定 ※昨年度調査結果より滞留時間が13日あれば排水基準(BOD100ppm以下)を達成するとした ・発電事業期間中の発電量の最小・最大値を考慮して設定 ・ケース3では、EFB発電施設でメタンを混焼できるものと想定 ・ミル工場から変電施設までの距離
		メタン回収・貯蔵施設	1,024	0	1,024				
	発電施設	490	0	0	400kW × 1基 500kW × 1基	-	-		
	EFB発電施設	0	6,495	7,219	-	1,500kW × 2基	1,500kW × 1基 2,000kW × 1基		
	送電設備	158	158	158	4km				
	合計	1,901	6,653	8,631					
ランニング コスト	人件費	73	99	107	現場監督1人、 上級作業員1人 下級作業員1人	現場監督1人、 上級作業員2人 下級作業員2人	現場監督1人、 上級作業員2人 下級作業員3人	<ul style="list-style-type: none"> ・現場監督を1人置くと仮定 ・ケース1は昨年度調査結果を踏まえ設定 ・ケース2はミル工場のボイラー要員と同じと想定 ・ケース3はケース2に1人追加で十分と想定 	
	維持管理費	52	195	217	発電施設費の3%			-	
	モニタリング費	0	0	0	現状より追加的な費用発生無し			-	
	合計	126	294	323					

表 4 - 5 積算結果 (Cini3)

費目			費用 (1,000US\$)			設定値			設定根拠
			ケース1	ケース2	ケース3	ケース1	ケース2	ケース3	
イニシャル コスト	メタン 発電施設	タンク据付土木工事	202	0	202	2,500m ³ × 3基	-	2,500m ³ × 3基	・発電事業期間中のPOMEの滞留時間が常に13日以上となるように設定 ※昨年度調査結果より滞留時間が13日あれば排水基準 (BOD100ppm以下) を達成 ・発電事業期間中の発電量の最小・最大値を考慮して設定 ・ケース3では、EFB発電施設でメタンを混焼できるものと想定
		メタン回収・貯蔵施設	901	0	901				
		発電施設	411	0	0				
	EFB発電施設	0	5,693	6,495	-	1,000kW × 1基 1,500kW × 1基	1,500kW × 2基		
	送電設備	79	79	79	2km			・ミル工場から変電施設までの距離	
	合計	1,593	5,771	7,677					
ランニング コスト	人件費	73	99	107	現場監督1人, 上級作業員1人 下級作業員1人	現場監督1人, 上級作業員2人 下級作業員2人	現場監督1人, 上級作業員2人 下級作業員3人	・現場監督を1人置く想定 ・ケース1は昨年度調査結果を踏まえ設定 ・ケース2はミル工場のボイラー要員と同じと想定 ・ケース3はケース2に1人追加で十分と想定	
	維持管理費	45	171	195	発電施設費の3%			-	
	モニタリング費	0	0	0	現状より追加的な費用発生無し			-	
	合計	119	270	301					

4 . 5 CER 価格の試算

以下の 2 通りの方法で CER 価格を試算した。

IRR15%となるように(発電事業として成立するように)、イニシャルコストから CER 価格を求める。(算定方法 1)

IRR15%となるように(発電事業として成立するように)、毎年の事業売上に CER 売却収入を計上し、CER 価格を求める。(算定方法 2)

(1) 算定方法 1 による CER 価格の算出

プロジェクトのイニシャルコストをキャッシュフローを回しながら、IRR が 15% になるまで見かけ上でイニシャルコストの負担を軽減する。軽減した額をプロジェクト期間中に獲得が想定される CER で除することで、獲得できるであろう CER 価格を推計する。

これは事業期間中に獲得が期待される CER の確保を想定し、日本企業が初期投資を行うものである。マレーシア国内で金利の高い事業資金の借入が少なくなるため、見かけ上の CER 価格が のケースより小さくなる。

ただし、実際プロジェクトを行う場合には、プロジェクト期間中に CER の市場価格が下がるような場合、また CER が当初の見込み量よりも減少するような場合も起こりうるため、その場合は結果として高値となり、投資としてのリスクが大きくなる。

図 4 - 4 に、算定方法 1 の概略を、表 4 - 6 に Lepar Hilir 及び Cini3 での各ケース毎の CER 価格を示す。

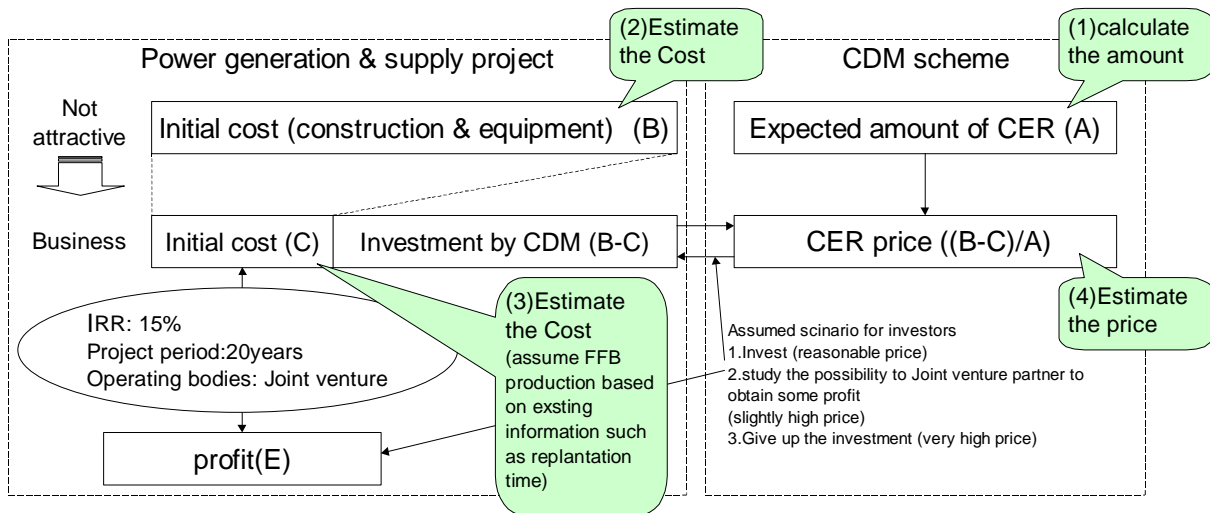


図 4 - 4 算定方法 1 の概略

表 4 - 6 CER 価格 (算定方法 1)

ケース名	ケース 1		ケース 2		ケース 3	
ミル名	Lepar Hilir	Cini3	Lepar Hilir	Cini3	Lepar Hilir	Cini3
初期投資額 (1,000US\$)	1,901	1,593	6,653	5,771	8,631	7,677
CERの獲得のための初期投資額からの見かけの減額分(A) (1,000US\$)	1,466	1,520	4,218	4,421	5,084	5,643
CER獲得量(10年)(B) (CO ₂ -t)	270,526	147,313	107,549	84,930	378,075	232,243
CER価格の目安(A/B) (US\$/CO ₂ -t)	5.4	10.3	39.2	52.1	13.4	24.3

(2) 算定方法 2 による CER 価格の算出

CER の売却収入を売上としてキャッシュフローに計上することにより、IRR が 15% となるような CER 価格を推計する。

これは日本企業が発電事業へ積極的に参画することにより、発電事業の収益の拡大を図り、その結果、CER 価格を下げようとするインセンティブが働くものの、マレーシア国内の市中金利の高い事業資金を利用するため、見かけ上、より CER 価格は高くなる。しかしながら、事業収益を日本企業とマレーシア側企業とで折半とした場合には、のケースに近い価格となる。

実際プロジェクトを行う場合には、(1)では事業リスクが大きいため、毎年の発電

事業の収益の獲得によりリスクヘッジする本方式が採用されるものと考えられる。

図4 - 5に算定方法2の概略、表4 - 7にLepar Hilir及びCini3での初期投資額、CER価格及び事業収益を示す。

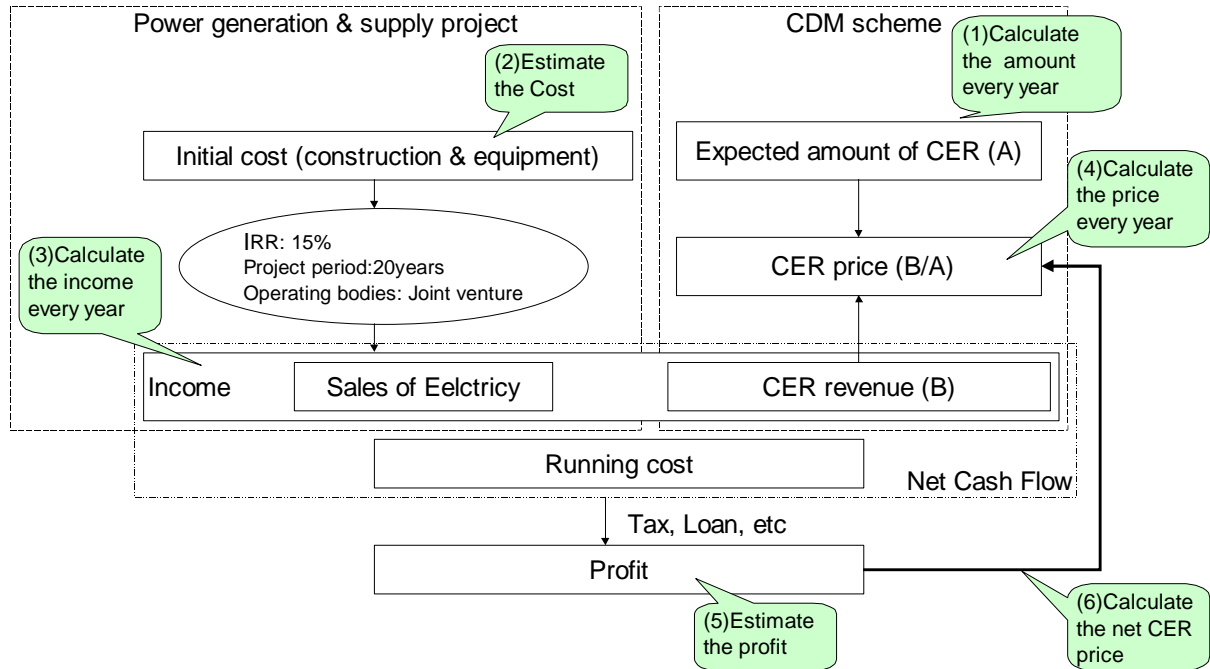


図4 - 5 算定方法2の概略

表4 - 7 CER価格(算定方法2)

ケース名	ケース1		ケース2		ケース3	
ミル名	Lepar Hilir	Cini3	Lepar Hilir	Cini3	Lepar Hilir	Cini3
初期投資額 (1,000US\$)	1,901	1,593	6,653	5,771	8,631	7,677
CER獲得量(10年)(a) (CO ₂ -t)	270,526	147,313	107,549	84,930	378,075	232,243
CER価格(b) (US\$/CO ₂ -t)	10.6	22.4	76.8	113.0	26.3	52.6
事業収益(20年)(c) (1,000US\$)	2,035	1,984	8,117	7,934	10,859	10,760
事業収益の25%を獲得 できる場合の正味の CER価格(US\$/CO ₂ -t) (a×b-c×0.25)÷a	8.7	19.0	57.9	89.6	19.1	41.0
事業収益の50%を獲得 できる場合の正味の CER価格(US\$/CO ₂ -t) (a×b-c×0.5)÷a	6.8	15.7	39.1	66.3	11.9	29.4

(3) 感度分析

1) FFB の受入量の増加

表4-8は、再植樹期間中でも仮に FFB が十分に確保できると仮定した場合の事業性を示したものである。表4-7と比較すると全体的に大きく CER 価格が下がっておりこのような安定した FFB の確保が事業化リスクの軽減の大きな要因となることが分かる。

表4-8 CER 価格（算定方法2、FFB 量の増加）

ケース名	ケース1		ケース2		ケース3	
ミル名	Lepar Hilir	Cini3	Lepar Hilir	Cini3	Lepar Hilir	Cini3
初期投資額 (1,000US\$)	1,901	1,593	6,653	5,771	8,631	7,677
CER獲得量(10年)(a) (CO ₂ -t)	322,960	216,981	129,020	126,281	451,979	343,263
CER価格(b) (US\$/CO ₂ -t)	7.9	10.5	56.0	51.5	18.8	23.7
事業収益(20年)(c) (1,000US\$)	2,400	2,776	9,145	10,893	12,181	14,685
事業収益の25%を獲得 できる場合の正味の CER価格(US\$/CO ₂ -t) (a×b-c×0.25)÷a	6.0	7.3	38.3	29.9	12.1	13.0
事業収益の50%を獲得 できる場合の正味の CER価格(US\$/CO ₂ -t) (a×b-c×0.5)÷a	4.2	4.1	20.6	8.4	5.3	2.3

注) 再植樹の影響が小さい2004年のFFBの受入量が事業期間中確保できるものと仮定した。

2) 借入金利の低下

現在の市中金利7%のローンでは返済の負担が大きいため、事業リスクを減らすためにJBICの特別環境円借款等の低利融資制度や、日本国内での市中銀行等からの低利借入を利用することが考えられる。表4-9は、そのような低利融資の金利を2%と仮定してCERの価格を試算したものである。金利が下がったことによって事業収益が増加するため、結果として表4-7と比較すると事業収益を考慮した正味のCERの価格が小さくなっていることが分かる。

表 4 - 9 CER 価格 (算定方法 2、借入金利の低下)

ケース名	ケース 1		ケース 2		ケース 3	
ミル名	Lepar Hilir	Cini3	Lepar Hilir	Cini3	Lepar Hilir	Cini3
初期投資額 (1,000US\$)	1,901	1,593	6,653	5,771	8,631	7,677
CER獲得量(10年)(a) (CO ₂ -t)	270,526	147,313	107,549	84,930	378,075	232,243
CER価格(b) (US\$/CO ₂ -t)	10.6	22.4	76.8	113.0	26.3	52.6
事業収益(20年)(c) (1,000US\$)	3,015	2,839	11,566	11,030	15,339	14,879
事業収益の25%を獲得 できる場合の正味の CER価格(US\$/CO ₂ -t) (a×b-c×0.25)÷a	7.8	17.6	49.9	80.5	16.2	36.6
事業収益の50%を獲得 できる場合の正味の CER価格(US\$/CO ₂ -t) (a×b-c×0.5)÷a	5.0	12.8	23.0	48.1	6.0	20.6

3) FFBの増加および借入金利の低下

1) および 2) の条件で、試算した結果を表 4 - 10 に示す。表 4 - 7 と比較すると、CER の獲得量と事業収益が増加することによって、正味の CER の価格は大幅に安価となっており、事業収益の 25% を獲得できる場合はケース 1、50% の場合はケース 3 が有利である。

表4 - 10 CER 価格 (算定方法2、FFB の確保および借入金利の低下)

ケース名	ケース1		ケース2		ケース3	
ミル名	Lepar Hilir	Cini3	Lepar Hilir	Cini3	Lepar Hilir	Cini3
初期投資額 (1,000US\$)	1,901	1,593	6,653	5,771	8,631	7,677
CER獲得量(10年)(a) (CO ₂ -t)	322,960	216,981	129,020	126,281	451,979	343,263
CER価格(b) (US\$/CO ₂ -t)	7.9	10.5	56.0	51.5	18.8	23.7
事業収益(20年)(c) (1,000US\$)	3,389	2,776	12,614	10,893	16,688	14,685
事業収益の25%を獲得 できる場合の正味の CER価格(US\$/CO ₂ -t) (a×b-c×0.25)÷a	5.3	7.3	31.6	29.9	9.6	13.0
事業収益の50%を獲得 できる場合の正味の CER価格(US\$/CO ₂ -t) (a×b-c×0.5)÷a	2.7	4.1	7.1	8.4	0.3	2.3

注) 再植樹の影響が小さい2004年のFFBの受入量が事業期間中確保できるものと仮定した。

4) 建設費の増加

4.4のプロジェクトコストの積算では、最低限の建設費を見積もったが、実際には発電施設用の建屋の建設、設置工事費などの建設費が発生することから、積算価格よりも20%増加の場合を想定してCERの価格を試算したものである。表4-7と比較してイニシャルコストが20%増となったため、IRR15%を保つためにCERの価格が高くなっていることが分かる。

表4 - 1 1 CER 価格 (算定方法2、建設費の増加)

ケース名	ケース1		ケース2		ケース3	
ミル名	Lepar Hilir	Cini3	Lepar Hilir	Cini3	Lepar Hilir	Cini3
初期投資額 (1,000US\$)	2,282	1,911	7,983	6,926	10,357	9,213
CER獲得量(10年)(a) (CO ₂ -t)	270,526	147,313	107,549	84,930	378,075	232,243
CER価格(b) (US\$/CO ₂ -t)	13.4	27.0	101.0	143.0	35.2	67.0
事業収益(20年)(c) (1,000US\$)	2,421	2,311	9,474	9,266	12,592	12,462
事業収益の25%を獲得 できる場合の正味の CER価格(US\$/CO ₂ -t) (a×b-c×0.25)÷a	11.1	23.1	79.0	115.7	26.9	53.6
事業収益の50%を獲得 できる場合の正味の CER価格(US\$/CO ₂ -t) (a×b-c×0.5)÷a	8.9	19.2	57.0	88.4	18.5	40.2

4.6 事業性の評価

二酸化炭素クレジットの価格については、現在、世界銀行のPCF(プロトタイプ・カーボンファンド)等での買取価格である4US\$/t-CO₂程度であり、不確定要素が多いことを前提に2010年の予想価格は10US\$/t-CO₂程度と言われている⁵

表4-7～表4-10のCERの価格を見ると、Lepar Hilirでのメタン回収および発電事業(ケース1)では、事業収益の50%の獲得を想定する場合に正味で2.7～8.9US\$/t-CO₂程度と試算された。

世界的にみてもCDM事業そのものの事例が極めて少ないため、本事業においてはまずモデル的にLepar Hilirのケース1を対象として事業を実施し、日本・マレーシア両国でCDM事業のノウハウを蓄積することが重要である。

なお、Cini3のケース1については、Cini2(Cini3から約7kmに位置するFELDA社のミル工場)との連携による事業化の可能性があることから、今後の検討課題としたい。

⁵ たとえば松尾「地球温暖化対策としての排出権取引制度と排出権市場」(「新政策」特集号『地球温暖化対策への技術開発』2003年版、2003年1月、(株)政策総合研究所)

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

(1) プロジェクトの実施場所

FELDA 社の Lepar Hilir パームオイルミル工場（パハン州、ガンバン地区）

(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 の生産に伴い排出される POME の処理方式をラグーンから密閉型消化タンクへ変更することにより、POME から発生するバイオガス中のメタンを回収・発電し、電力会社への供給により、化石燃料の代替による温室効果ガスの排出削減を行う。

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)	3,000m ³ × 3 施設 (カーボンスチール製)
発電機	400 kW 及び 500 kW 各 1 機 (発電効率 30%)
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: 500m
送電線	変電所までの整備: 4 km
建屋	発電機の設置用地: 50m ²

Lepar Hilir にある既存のクーリング池等、利用できるものは可能な限りそのまま利用する。工場近くの既存の調整池等 19 万 m² は、今後、バイオマス関連事業に利用できる跡地として想定するが、本事業ではこの跡地利用のための整地などは考慮しない。

(3) プロジェクトの事業期間

2004 年から 2013 年までの 10 年間とする。

(4) プロジェクトの実施・運営主体

FELDA 社を主体としたマレーシア企業と日本側企業が JV 形式の企業体を設立し、メタン発電事業を立ち上げ、運営・管理を担うことを想定する。

(5) 施設配置計画

施設配置図を図 5-1 に示す。

ミル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 (2ヶ所) で冷却後、メタン発酵施設 (3 施設) で受入れる。メタン発酵廃液の最終調整を行う酸化池は、一番西側に配置する。

(6) 資金計画

資本金は建設費の10%を想定し、JVに参加するマレーシア企業と日本企業で準備する。建設費の残り90%の資金は、市中金利の高いマレーシアではなく、日本国内で調達する(想定金利2%)。

(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、第3章3.1で示した考え方に沿って、Lepar Hilir 工場全体と、売電のためのナショナルグリッドへの接続電力会社の発電施設とする。

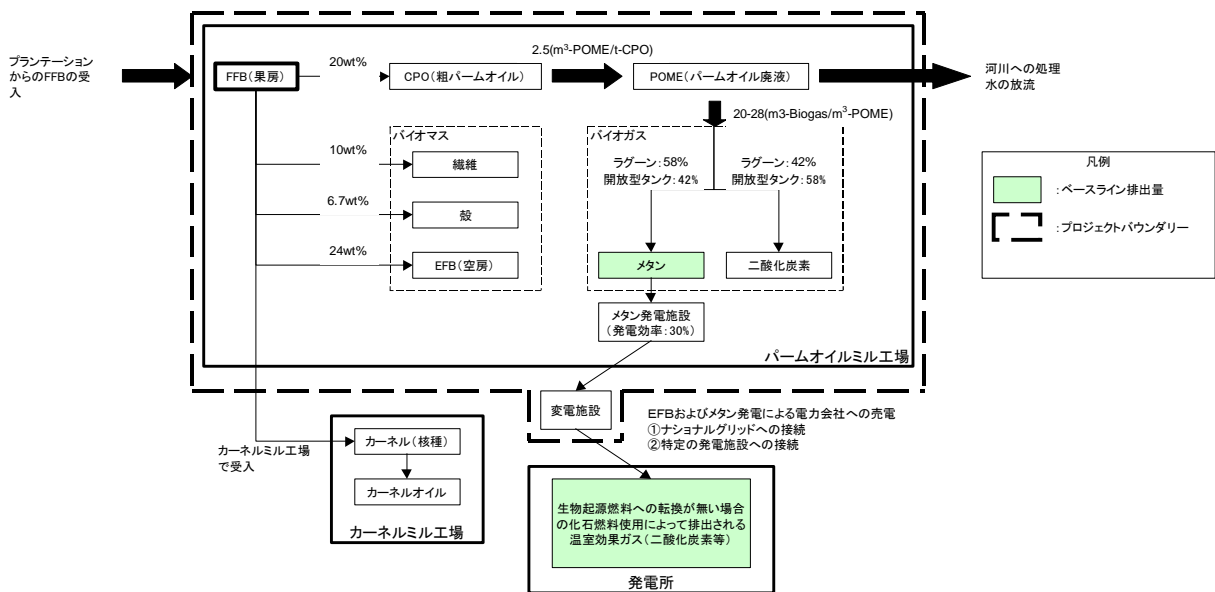


図5-2 プロジェクトバウンダリーの設定

2) ベースライン

本事業を実施しない場合、Lepar Hilir 工場において嫌気性処理池(ラグーン)から発生するメタンの排出量と、発電に化石燃料を利用することによる二酸化炭素等の排出量を二酸化炭素等価に換算、合算したものをベースライン排出量とした。

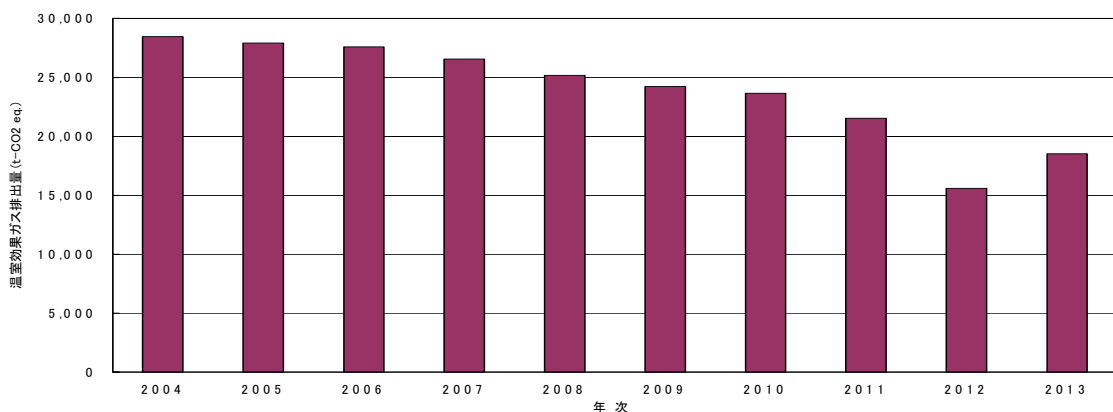


図5-3 ベースライン排出量

(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、Lepar Hilir 工場でメタン発電事業を実施することにより、削減される温室効果ガス削減量(CER)を試算すると、10 年間で 27 万 t-CO₂ eq.になる。

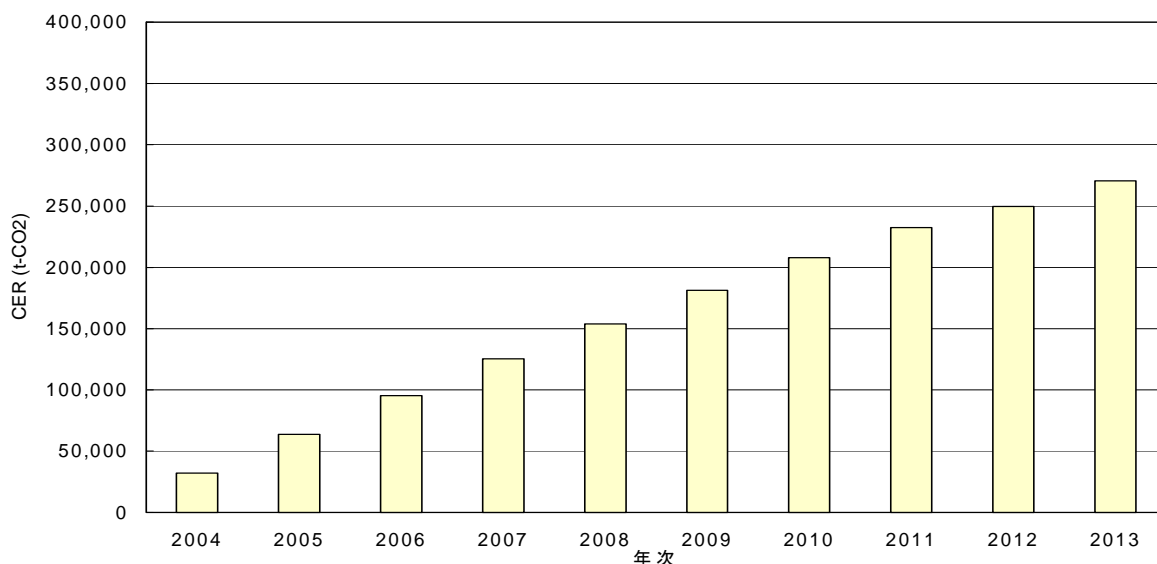


図 5 - 4 温室効果ガス排出削減量

(9) 間接影響 (正・負)

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

Lepar Hilir 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 50ppm 以上と高い状態で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、Lepar Hilir には 30,000m³ × 4 面のラグーンがあり、その表面積は Lepar Hilir の設計図によれば 15,000m² / 面程度であることから、嫌気性処理池 (ラグーン) を密閉型消化タンクへ変更することにより、合計 6ha 程度の土地を有効活用できることになる。

経済効果

本事業により CER による収入 (5US\$/t-CO₂ とすると、135 万 US\$) のほか、建設投資が 190 万 US\$あり、売電収入が 20 年間で 419 万 US\$見込まれ、その経済効果が期待される。さらに、投資等による派生的な経済効果に加え、モデル事業ということでマレーシア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が必要といえる。

(10) 費用対効果

Lepar Hilir 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 5US\$/t-CO₂ 程度で取得できると見込まれ、費用対効果は高い事業といえる。

表 5 - 2 CER 価格 (計算方法 2、金利低下の場合)

ケース名	ケース 1
初期投資額 (1,000US\$)	1,901
CER獲得量 (10年) (a) (CO ₂ -t)	270,526
CER価格(b) (US\$/CO ₂ -t)	10.6
事業収益 (20年) (c) (1,000US\$)	3,015
事業収益の25%を獲得できる場合の正味のCER価格 (US\$/CO ₂ -t) $(a \times b - c \times 0.25) \div a$	7.8
事業収益の50%を獲得できる場合の正味のCER価格 (US\$/CO ₂ -t) $(a \times b - c \times 0.5) \div a$	5.0

(11) モニタリング計画

プロジェクトの効果を適切に評価するために、以下に示すモニタリングを行う。

1) モニタリングを担当する組織の名称

マレーシア側の CDM の主体組織であるマレーシア気象協会 (Malaysian Meteorological Service)、または / 及び科学技術環境省環境局 (Department of Environment) が担当するのが妥当と考えられる。

2) モニタリング項目

- ・ FFB の利用量
- ・ メタン排出量
- ・ メタン濃度
- ・ POME 排出量
- ・ POME 組成
- ・ 処理水組成 等

3) サンプリング方法及びデータの収集方法

オンサイト採集法、ビデオ解析法、現地でのサンプリングとガスメータやガスクロでの測定、工場の排水処理関連データのヒアリング

4) モニタリングの実施頻度

月に 1 回の実施が望ましい。オンラインサンプリングによる日変化の確認も必要と考えられる。

5) プロジェクトケースとベースラインケースについて温室効果ガスの排出量を見なおすためのモニタリングデータ及びその他の情報の活用方法

- ・ 最も基本的なデータは FFB の利用量であるが、本事業期間中に油ヤシの再植樹を行うために、その期間中の FFB 利用量の減少が見込まれる。一方、FELDA 社ではミル工場の稼働率を高く維持するために、その期間中は他の民間プランテーション事業者から FFB を調達することを予定しているが、実際は調達コスト次第という面もありどの程度利用できたのかについて、把握、検証する。
- ・ メタンガスの発生量は、POME 量にバイオガス発生率 ($24\text{m}^3\text{-Biogas/ m}^3\text{-POME}$) を乗じて、バイオガス量を求めてそのうちのメタンガス分 (ここでは Seriting Hilir 工場のラグーンにおける調査結果に基づき 58%) をさらに乗じて求めている。今後、Lepar Hilir 工場における上記の各パラメータの妥当性を確認、検討を行う。
- ・ POME の量については、現在 DOE の指導により排出管理票への記載 (毎日) と報告 (1 回/月) が義務付けされているが、その排出管理票の信頼性についても確認を行う。
- ・ 密閉型消化タンクを導入した場合のメタンと二酸化炭素の発生ガス組成を等モル (1 :

1)と想定(つまりラグーン方式よりメタンの回収効率が優れていると考えるが、実験室での数値65%よりは低い)しているが、その妥当性についても検討を行う。

(12) プロジェクトの持続可能性

マレーシア政府は、バイオマスを含めた再生可能エネルギーの導入目標を2005年までに全エネルギー需要量の5%としており、本事業はその方針に合致する事業である。

また、ステアリング委員会において UNFCCC の CDM 理事会のメンバーであるマレーシア気象協会の Chow 局長から以下の持続可能性に関する基準が示され、本事業はマレーシア政府が CDM 事業として認める基準を満たしているとのコメントがあった。したがって、持続可能性についてはマレーシア側のコンセンサスを得られていると考えられる。

1) 環境面：事業によって、POME の適正処理により環境負荷の削減ができること。

2) 発展面：事業によって、経済の活性化と投資の呼び込みが期待できること。

3) 社会経済面：事業によって、新たな雇用の創出が期待できること。

(13) 他地域への普及効果

POME からのメタン回収に関しては、現地の既存技術で十分に適応可能であると考えられる。したがって適応範囲としては FELDA 社のパームオイルミル工場全体(72工場)のみならず、マレーシア国全体のパームオイルミル工場(約340工場)、さらに地理・気候条件等が同等で POME の処理をラグーンで行っているような東南アジア地域におけるパームオイルミル工場に広がる可能性がある。

(14) 事業化に向けたステップとスケジュール

本事業は、環境省の「平成14年度 CDM 認証モデル事業」に採択され、今年度にプロジェクト設計書 (Project Design Document、以下 PDD) を作成し、それをわが国の指定認証機関 (Designated Operational Entities、以下 DOE) の候補が審査することになっている。環境省では CDM 認証モデル事業の結果を冊子にして、6月にボンで開催される補助機関会合にて配布することが予定しており、本事業のベースライン等について国際的な認知を得る機会と考えられる。

一方、平成14年2月に九州工業大学はマレーシアプロト大学と大学間協定を締結し、共同研究を推進することとなった。本調査は、その締結に基づく最初の共同研究テーマとなり、九州工業大学では平成14年度に予算計上し、大学をあげて研究を推進しており、引き続き九州工業大学の共同研究と連携し、事業化を推進する予定である。

事業化に向けて、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

メタン発酵施設のモデルプラント建設に向けた準備が進められており、プラントの設

置場所の決定（Seriting Hilir 工場）、モデルプラントの詳細設計、FELDA 社による見積提示、建設資金の確保まで進んだところである。現在、モデルプラントの建設に向けて、建設業者への入札準備を行っており、平成 15 年 4 月に建設を開始し 8 月中の竣工を予定している。

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おり、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 3 月までに Lepar Hilir 工場に密閉型消化タンクによるバイオガス回収・発電システムを導入する。なお、FELDA 社の他工場での類似事業の導入や、FELDA 社以外のパームオイルメーカーとの連携可能性を検討し、連携可能な事業者との協力関係を得ることにより、本方式の拡大を図る。

ステージ 3

現在、研究室レベルで付加価値の高い有機酸や PHA（生分解性プラスチック）の回収を行っているが、当面これらの工業的生産の可能性を検討し、数年後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。

表 5 - 3 事業化に向けたスケジュール（案）

項目	時期	H15fy (2003)	H16fy (2004)	H17fy (2005)	H18fy (2006)	H19fy (2007)	H20fy (2008)	H21fy (2009)	H22fy (2010)
STAGE 1 実証試験及び評価方法の確定	モル施設建設								
	モル施設の運転・評価								
STAGE 2 事業の実施・拡大	Lepar Hilir での施設の建設								
	Lepar Hilir での施設の運転開始（2013 年まで）								
	自社、他社のミル工場での適用可能性の検討								
STAGE 3 有機酸等回収、利用モデルの実証、導入	モル施設建設								
	モル施設の運転・評価								
	事業化へ								
	実用化に向けた研究								

5.2 CDM 事業の実現化に向けた課題

(1) 国際社会における本事業のベースラインの認知

油ヤシの再植樹事業がマレーシア国で初めて実施されるため、ベースラインの基本データとなる FFB 受入量の変動予測に過去の実績が利用できない中で、モデル検討を行いベースラインを設定した。また、今年度に九州工業大学とマレーシアプトラ大学が調査したラグーンでのバイオガス中のメタン含有率は 58%と昨年度の結果(45%)より高い結果となったが、まだ経年的に十分調査ができていないため、第三者が見た場合にまだ十分説得力のあるものとはなっていない。

メタンの排出量の評価にあたっては、類似のプロジェクト間で同様の評価ができるよう、排出量の算定の標準化が求められているが、パームオイルの生産はマレーシアとインドネシアが世界の 75%と独占に近い状況にあり、インドネシアのパームオイル産業はマレーシア資本が多い。したがって、第三者が集う国際社会の場で本事業のベースラインについて議論を行う機会を積極的に設け、国際社会から認知を獲得していく努力が必要である。

(2) 事業リスク軽減のための FFB の確保

本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。現在、国際マーケットにおける炭素クレジットは 5US\$/t-CO₂ 程度といわれている中で、事業を安定させるためには、再植樹期間中においても近隣のミル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。

前出の表 4 - 8 は、仮に再植樹期間中でも FFB が十分に確保できると仮定した場合の事業性を示したものである。この表からベースラインで計算した場合(表 4 - 7)と比較すると全体的に大幅に CER 価格が下がっており、このような安定した FFB の確保が事業化リスクの軽減の大きな要因となることが分かる。

(3) モデル事業の実施による事業性の検討

本調査期間中は、建設費の概算見積りを把握できたものの、実際にプラントを建設した事業コストを把握することはできなかった。したがって、現在、九州工業大学がマレーシアプトラ大学と共同で実施しているモデル事業と連携し、密閉型消化タンクの導入コストや効果などを十分に把握し、事業性を確認することが必要である。Lepar Hilir 工場で実施するモデル事業では、以下に示す主な課題を検討する必要がある。

- ・嫌気性処理池(ラグーン)及び開放型消化タンクを閉鎖するための具体的な方法や手順(なお、閉鎖型消化タンクを閉じる場合は物理的補強の必要性やガス爆発等の危険防止策も検討)
- ・回収するバイオガスの質、量、及び嫌気性処理池(ラグーン)及び開放型消化タンクを閉鎖した場合の温室効果ガスの削減効果並びに発電に利用した場合の効果

- ・発酵廃液の成分、量及びその利用方法
- ・事業性

(4) 事業主体及び日馬間での役割分担の確定

ここでは FELDA 社を中心としたマレーシア企業と、日本側企業の J V を想定しているが、具体的な事業主体をなるべく早く検討する必要がある。また、日本側とマレーシア側で、炭素クレジットをどのように分配するのか、また建設投資にあたって、日本側とマレーシア側でどのように負担するのかを予め協議を行い、確定させる必要がある。

(5) 事業実施計画の作成

事業主体が確定したとして、事業に必要な資金を誰が、どのように調達するのか、実際の施設建設は誰が、いつ、どのように実施するのかを検討する必要がある。CER をどのように分配するのも含め、J V に参加するマレーシア企業、日本企業が具体的な事業実施計画を作成し、これらの点を確定していくことが必要である。

(6) 今後のマレーシア側の政策動向、技術動向の把握

本事業に関係するバイオマス発電や CDM 事業に係るマレーシアの政策動向について、マレーシア政府関係者との意見交換を十分に行って把握しておく必要がある。

また、現在、わが国の大手電力会社がパームオイル産業から排出される EFB を炭化スラリーにして利用する研究を行っているが、このような新技術の開発動向を把握するとともにその事業化可能性についても検討を行う必要がある。

(7) 日本の ODA との連携

CDM 事業に直接 ODA を利用することは CDM に係る国際ルール上できないが、CDM 事業に追加的な(間接的な)利用は可能と考えられている。マレーシア側では、パームオイルミル工場から副産物として発生する固形廃棄物を原料とした有機酸や生分解性プラスチック(ポリ乳酸)の製造、事業化に大きな期待を寄せていることから、この研究開発に ODA を活用することが考えられる。また、広大なラグーンを閉鎖した後の跡地利用の際のインフラ整備面などでの ODA 利用も考えられる。

おわりに

平成 14 年度の調査研究の結果、本案件には CDM 事業としての必要条件を十分満たす可能性が明らかになった。すなわち、CDM 事業においては CDM を加味すれば事業性が認められるが CDM なしでは事業性が認められない案件のみが CDM として認められるというルールがある。本案件の特にメタン発酵による売電事業は CDM による CER の獲得なしには全く事業としての可能性がない。一方、これを加味したときには IRR で 15% 以上の収益性が認められ、十分な事業性が認められた。今年度の調査研究によって、一般論としては、マレーシアのパームオイル産業の廃液処理をメタン発酵システムに変更し、発電することによる CDM 事業は十分に有効であることは明らかになった。しかし、売電事業の場合、搾油工場から変電所までの距離が問題であり、個々の具体的な案件についての精査が必要である。

次年度はさらに具体的な優良案件について、まさに事業とすることを目標に調査することを計画している。今年度 2 月の第 2 回ステアリング委員会の翌日、FELDA 社統括工場長兼 R&D 部長であるスバッシュ氏直々の案内でクアンタン郊外の Lepar Hilir, Cini2, Cini3 の 3 工場を見学した。ここで Cini2 と Cini3 は住宅地区に近く、排水基準の見直しが DOE との間で議題に上がっていること、両工場が極めて近接しており、さらに、その工場の間近接住宅地区に送電している TNB のディーゼル発電所があることを知った。さらに、驚いたことに、スバッシュ氏より個人的見解と断りながらではあるが、ひとつの提案があった。Cini2 か Cini3 のいずれかの廃液をすべて片方の工場に送り、そこでは完全なメタン発酵発電とし、これを TNB に売電することを検討する用意があるということであった。この際、EFB の処理・利用も集中して検討したいということであった。

Cini2 と Cini3 は境界がはっきりし、FELDA 社が極めて前向きに検討する可能性があることから、将来的な搾油計画も CDM 事業と連携しながら検討できる可能性がある。また、両工場を結ぶ道路（その距離約 7km）沿いにディーゼル発電所があることも好条件である。次年度はこの地を具体的なターゲットとし、CDM 事業を立ち上げることを目標に検討するつもりである。さらに、ここを突破口にして変電所が近接していない場合の CDM 事業の可能性を検討したい。つまり、CDM によってつくられた電気・エネルギーを利用できるバイオマス産業の起業の可能性である。EFB は大量に廃棄されており、CDM によって廉価なエネルギーが得られれば、廃棄 EFB を原料とする新規産業が創出される可能性もある。もしこれが可能になれば、マレーシアに現存する約 340 のパームオイル工場すべてに CDM の可能性が現れる。スバッシュ氏個人的な見解という断りはあるとはいえ、Cini2、Cini3 どちらかの工場の廃液がすべて片方に送られれば、送った方の工場の嫌気処理池や好気処理池は確実に不用になる。この場合、この池の広大な跡地は新規産業用地としての利用が可能になるはずである。

CDM は京都議定書で認められた手法であるとはいえ、2008 年から 2012 年までの第 1 約束期間までの方法として認められているに過ぎない。したがって、ここ数年以内に実際に事業としてのスタートをはやく切ることが必要である。そのためには、誰もが認める CDM 案件を熟成させる必要がある。本案件がそれになれるよう、今後も我々は全力をつくす所存である。

平成 15 年 3 月 19 日 クアラルンプール国際空港にて記す
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

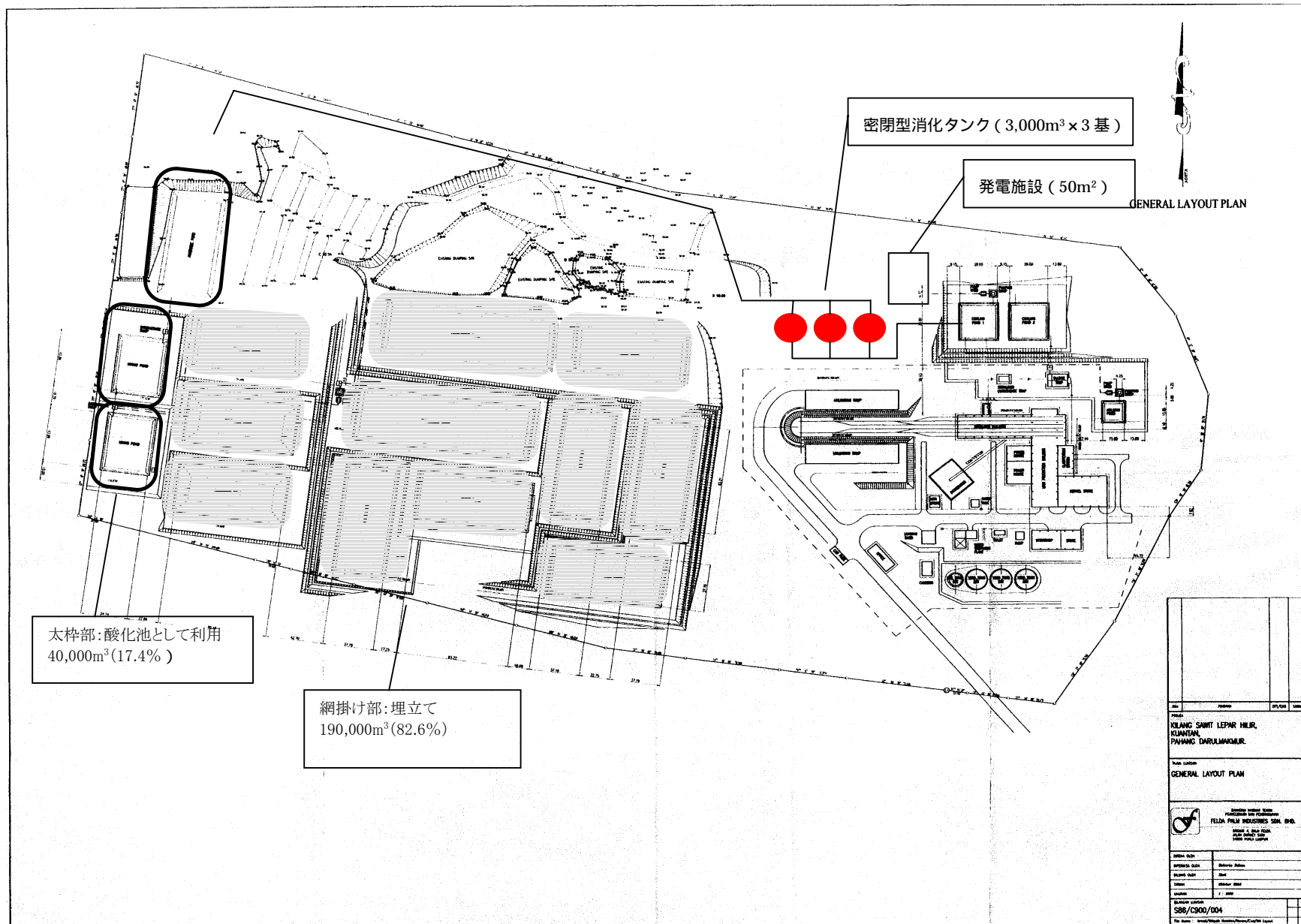


図 5 - 1 施設配置図

資料編

資料1 第1回ステアリング委員会議事録および発表資料

資料1-1 議事録	資 1
資料1-2 RESEARCH FOR THE REDUCTION OF METHANE RELEASE FROM MALAYSIAN PALM OIL MILL LAGOON AND ITS COUNTERMEASURES	資 7

資料2 第2回ステアリング委員会議事録および発表資料

資料2-1 議事録	資 24
資料2-2 INVESTIGATION OF GREENHOUSE GASES FROM PALM OIL INDUSTRY FOR POTENTIAL APPLICATIONS	資 29
資料2-3 FUTURE PLANS, UPM AND KIT PLANS UNDER MOU HOPEFULLY WITH FELDA AND JAPANESE COMPANIES	資 34
資料2-4 CDM CERTIFICATION MODEL PROJECT BY MINISTRY OF THE ENVIRONMENT, JAPAN (MOE)	資 43

発表資料「CDM FEASIBILITY STUDY ON THE FELDA PALM OIL MILLS」は本報告書の概要につき割愛した。

資料3 現地ヒアリングメモおよび入手資料

資料3-1 LEPER HILIR および CINI3 パームオイルミル関連箇所へのヒアリング	資 44
資料3-2 FELDA 社へのヒアリング	資 53
資料3-3 TNB 社へのヒアリング	資 57

資料4 温室効果ガスの排出削減量算定に関する資料

資料4-1 温室効果ガス排出削減量算定表 (LEPER HILIR)	資 59
資料4-2 温室効果ガス排出削減量算定表 (CINI3)	資 61

Minute of the 1st Steering Committee on CDM Project in Malaysian Palm Oil Industry

Date: 15 October 2002
Time: 9:30-11:30
Venue: Ministry of Science, Technology and the Environment

1. Opening address form the chairperson (Mr. Chow on behalf of Dr. Nadzri)

Mr. Chow was requested to chair the CDM meeting. On behalf of Dr. Nadzri, he apologized to the steering committee as Dr. Nadzri had to attend another urgent meeting. The meeting was initiated by an opening remark by Mr. Chow on the issue of green technology and potential international collaboration in the CDM project.

2. Introduction of participants

Even though it was a second gathering of the steering committee, there were a few new delegates from Malaysian and Japanese sides. Among them were Tokyo Electric Power Company, Mitsubishi Security, Ministry of Primary Industry, Ministry of Energy and Multimedia, SIRIM, Malaysian Energy Center and Economic Planning Unit.

3. Result of 2001 study

The main agenda of the meeting was the presentation of the current findings of the research project carried out at Seriting Hilir Palm Oil Mill by Kyushu Institute of Technology and Universiti Putra Malaysia. The presentation was delivered by Professor Shirai. The follow-up discussion was largely arise from this presentation as follows:

3-1 The establishment of GHG Baseline in CDM project

Question: Dr. Yeoh Bee Ghin

- i. Why was the methane content or biogas is lower than in the previous report?

Answer: Prof. Shirai & Dr. Ali

- Higher biogas content reported was due the size and nature of the experiment. The earlier studies conducted were mainly at the lab scale and in a closed system. Whereas these data were collected during the normal operation of the palm oil mill wastewater treatment plant (open digester and lagoon). Therefore factors such as oxygen contamination and mixing (even though minor) for the open system is inevitable. For the digester system mixing is more vigorous as evident from the active bubbling and recharging of new effluent. While in the lagoon system, large surface area may encourage the introduction of oxygen into the liquid phase.

- Therefore it is important for the CDM project to quantify the actual amount of GHG emission from the palm oil industry as per business as usual.

Question: Dr. Yeoh

- ii. Were there any microbiological studies conducted on the CO₂ generation?

Answer: Prof. Shirai

- CO₂ generation was not measured based on microbiological activities because the size of the lagoon and open digesting tank were too huge to study.

Question: Mrs. Wong

- iii. Are there any problems for baseline establishment?

Answer: Prof. Shirai

- Major field constraints in establishing the baseline are mainly limited points of sampling and study period.
- Ideally, methane generation should be measured from material balance. This can be achieved using the information from the chemical properties of POME at the intake and discharge points. However, the content of methane should first be verified because of the huge difference between the data obtained in our study (35% in tank case, 45% in lagoon case) and the data used in Malaysian national GHGs inventory (65%)
- Therefore more accurate measurement is needed to verify the content. To pursue this objective, we are now in the process of developing a new digital imaging system to measure the GHG emission. The new system is anticipated be more efficient in terms of time required and sampling.

Response: Mr. Chow

- Mr. Chow again emphasized on the usefulness of accurate measurement to set baseline settlement in CDM project.

Question: Dr. Ma

- iv. The result of the methane content in biogas seemed to be low, is there any plan in the future to use selective thermophilic microorganism so that methane could be increased and the hydraulic retention time be reduced?

Answer: Dr. Ali

- What we are interested now is to establish the current situation (business as usual)

- Dr. Ma's idea is very useful and valid mainly for power generation by biogas.

Answer: Prof. Shirai

- It's difficult to use the selective microorganism in the current study as the setting up of baseline is more crucial.

Answer: Prof. Ismail

- Completely different system from the existing open digesting tank should be introduced to the industry in order to use biogas for power generation.

Answer: Prof. Shirai

- Modern technology of methane fermenter will be introduced with the cooperation from Sumitomo Heavy Industry.
- It is anticipated that with the new design the methane content can be improved and retention time and polluting strength be reduced.

Answer: Mr. Subash

- In response to Dr. Ma's question, Mr. Subash stressed that the main objective of the current project is to establish the GHG baseline from the palm oil industry without any modification to the current system. The data collection should represent business as usual which is in the phase of the CDM project.
- Once the GHG baseline has been established and certified then the exploitation of the new 500m³ pilot plant in the 2nd phase can be used for power generation.

3-2 Malaysian criteria for sustainable development expected from CDM

Remarks: Mr. Chow

- Malaysian criteria of sustainable development are as follows:
 1. Environment
The project will alleviate the undesirable smell of POME and provide cleaner environment
 2. Development
The project will generate electricity, activate economy and bring investment.
 3. Social economy
The project will create more opportunity for better jobs.
- This CDM project seems to satisfy those criteria.

4.Possibility of CDM project

Q and A based on the explanation from Prof. Shirai, was as follows;

4-1 Project boundary

Questions: Mr. Suzuki.

- Proposed a study to investigation on each mill on the productivity and the location of mill to the nearest power grid.in the year 2002-2003?
- Clarification is required on the project boundary whether it covers from the gathering of FFB from the field down to the discharging of palm oil mill effluent?

Remarks: Mr. Chow

- Project boundary should be confined to the wastewater treatment system mainly digesting tank and wastes.

4-2 Project cost estimation

Answer: Prof. Shirai

- Analysis of the project commercialization in the 2001-2002 studies does not include the CER selling.

Remarks: Mr. Chow

- This study is based on the existing system with no modification to the system.

Remarks: Prof. Shirai

- Modern methane fermentation system will be developed by the Japanese plant manufacturer, namely Sumitomo Heavy Industries and used for the CDM project at Serting Hilir Palm Oil Mill.

Questions: Mr. Chow

- Will the Japanese investors make an investment to the CDM project?

Answer: Dr. Shirai

- It was approximately estimated that US\$290,000 is needed for the construction of the closed digester system in Malaysia for the palm oil mills. The figure quoted is practical and based on the current senario in Malaysia (similar figure to the F/S report)
- The cost estimation of this project is significantly low compared with the construction cost in Japan at the same scale.
- For the project to become competitive and attractive to the Japanese investors, the price of CER should be approximately US\$4.8-6.1/t-CO₂ credit which is within the current market price of US\$3-6 /t.

- However, the actual cost will only be finalized once the pilot plant has been commissioned. Therefore the next 1 year (2002-2003) is important in determining the total expenditure of the new methane fermentation system.

Remarks: Mr. Chow

- For the co-generation project for the palm oil industry, the investment required is approximately US\$30-40 million dollar. Hence the figure quoted by Prof. Shirai for the CDM project is very favorable to Malaysia.

Remarks: Mr. Subash

- It is also an interest of FELDA to investigate the potential applications of biogas and biomass in the boiler system mainly for power generation.
- However, in the context of CDM project, the GHGs reduction is the main primary objective.
- Whereas the exploitations of biogas or biomass for power generation is a secondary issue.
- For the mill to be qualified for independent power plant (IPP), the minimum electricity output is 5MW. This is made possible through the connection to the TNB grid.
- On the other hand, smaller mill may not be able to meet the minimum power generation. Therefore it may consume the electricity generated from the biogas or biomass for their own consumption such as small equipment or for aeration of the lagoon system.

Question: Mr. Chow

- Are there any ideas to bring investment from Japan?

Remark: Prof. Shirai

- Comments from Japanese companies are important.

Answer: Ms. Yoshitaka

- CH₄ emission reduction project is more attractive for the CO₂ reduction project because of the GWP.
- The revenue of CER of \$5,000/year for sealing the open digesting tanks is not so huge and does not cover the cost of the project. We assume the structure of project finance of this project is 30% of equity investment and 70% of the investment from local banks or developing banks. \$5,000/year of CER revenue will be enhancement of return on the equity investment.
- ROE of biomass project is lower than the ROE of biogas project because CH₄ emission reduction is more effective than CO₂ (21 times).

- Biogas has a potential to be an attractive project to investors.
- About capital cost, Japanese technology is high but expensive. It sometimes doesn't meet the need of developing countries.
- This type of project could be suitable for project developers as well as investors in Malaysia.

Remark: Mr. Suzuki

- Cost estimation in the 2001-2002 studies did not include procedure cost such as PDD cost and monitoring cost.
- Total cost for CDM project will be estimated in the 2002-2003 studies.
- A new joint venture company is expected to be incorporated by Japanese and Malaysian companies to operate CDM project.

Remark: Mr. Chow

- More accurate assessment of project cost is needed for investors.
- About CDM project in palm oil industry, co-generation system in palm oil mills is studied.

5. Adjourn



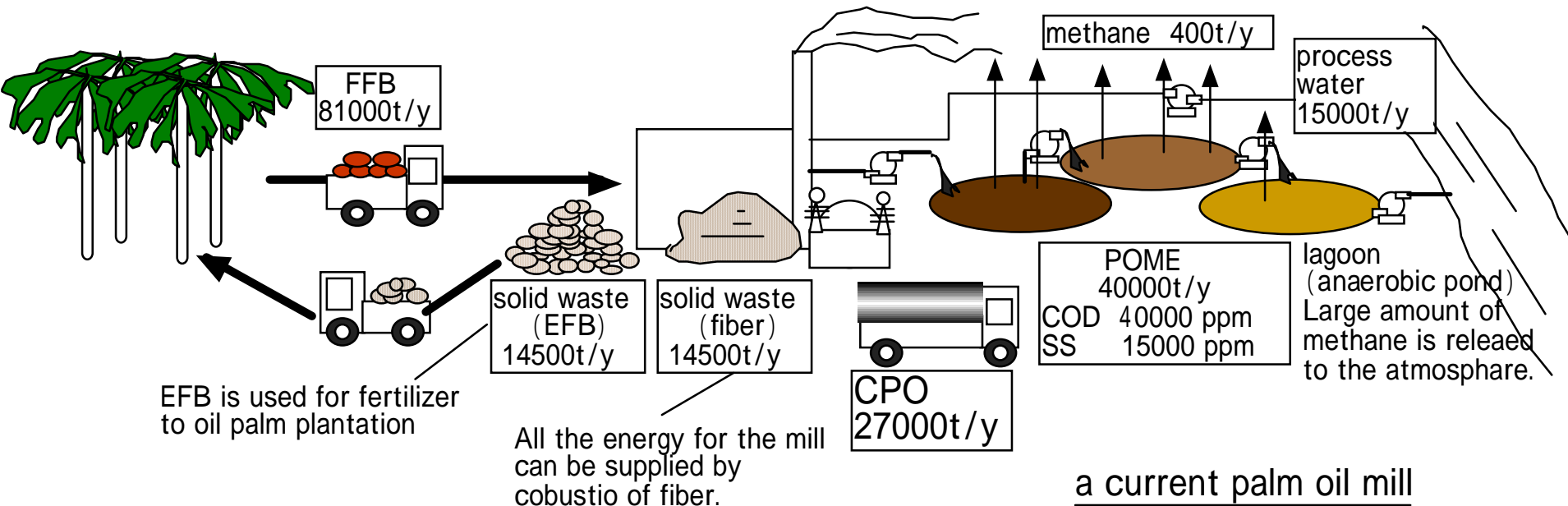
CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM FEASIBILITY STUDY 2001
SPONSORED BY MINISTRY OF THE ENVIRONMENT JAPAN

RESEARCH FOR THE REDUCTION OF
METHANE RELEASE FROM MALAYSIAN PALM OIL
MILL LAGOON AND ITS COUNTERMEASURES

SHIN'ICHI SUZUKI
EX CORPORATION

YOSHIHITO SHIRAI

GRADUATE SCHOOL OF LIFE SCIENCE AND SYSTEMS ENGINEERING
KYUSHU INSTITUTE OF TECHNOLOGY



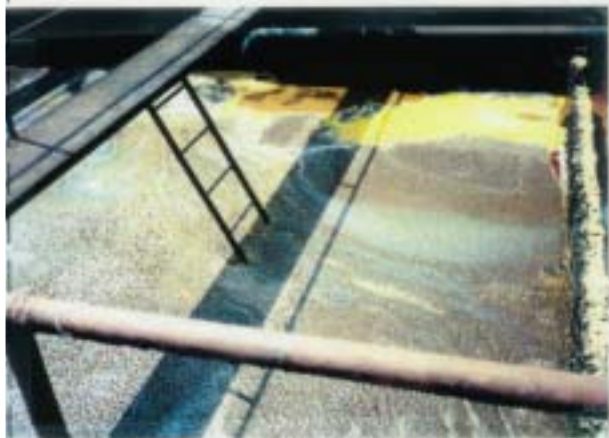
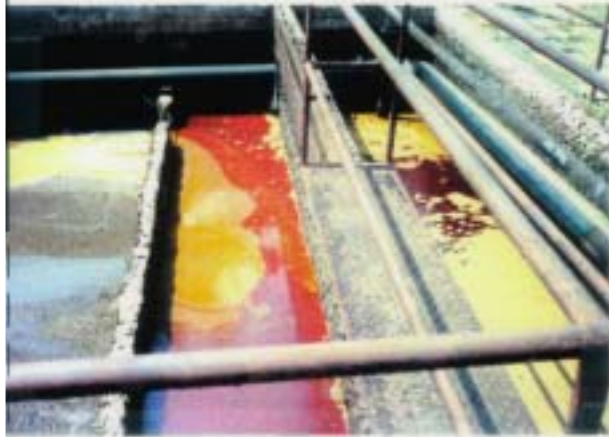
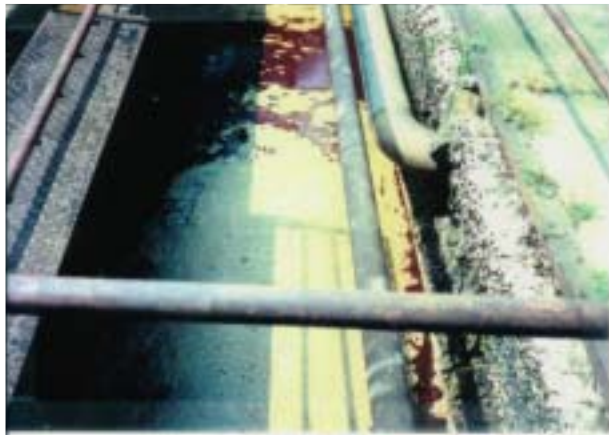


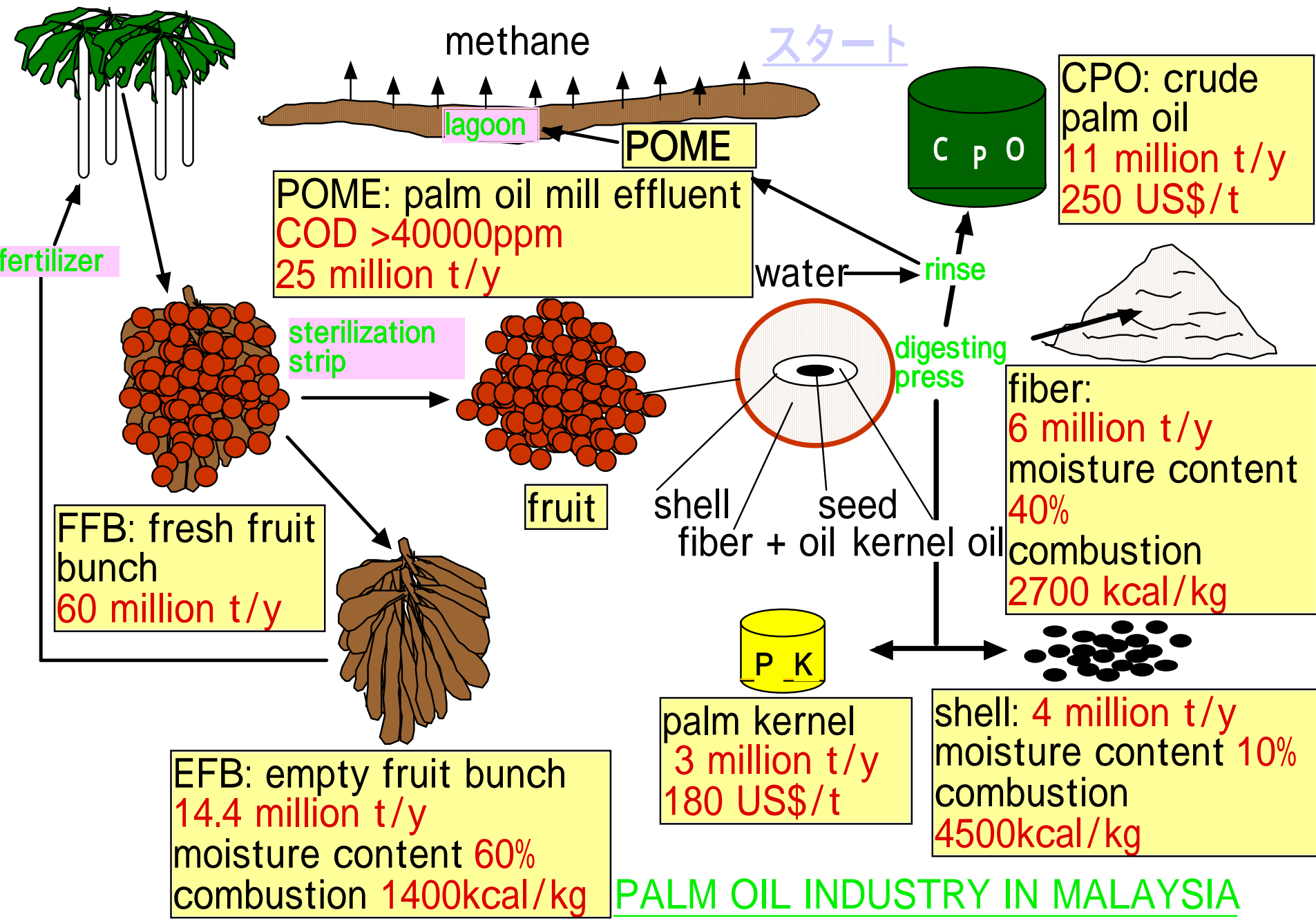


FFB (Fresh Fruit Bunch)



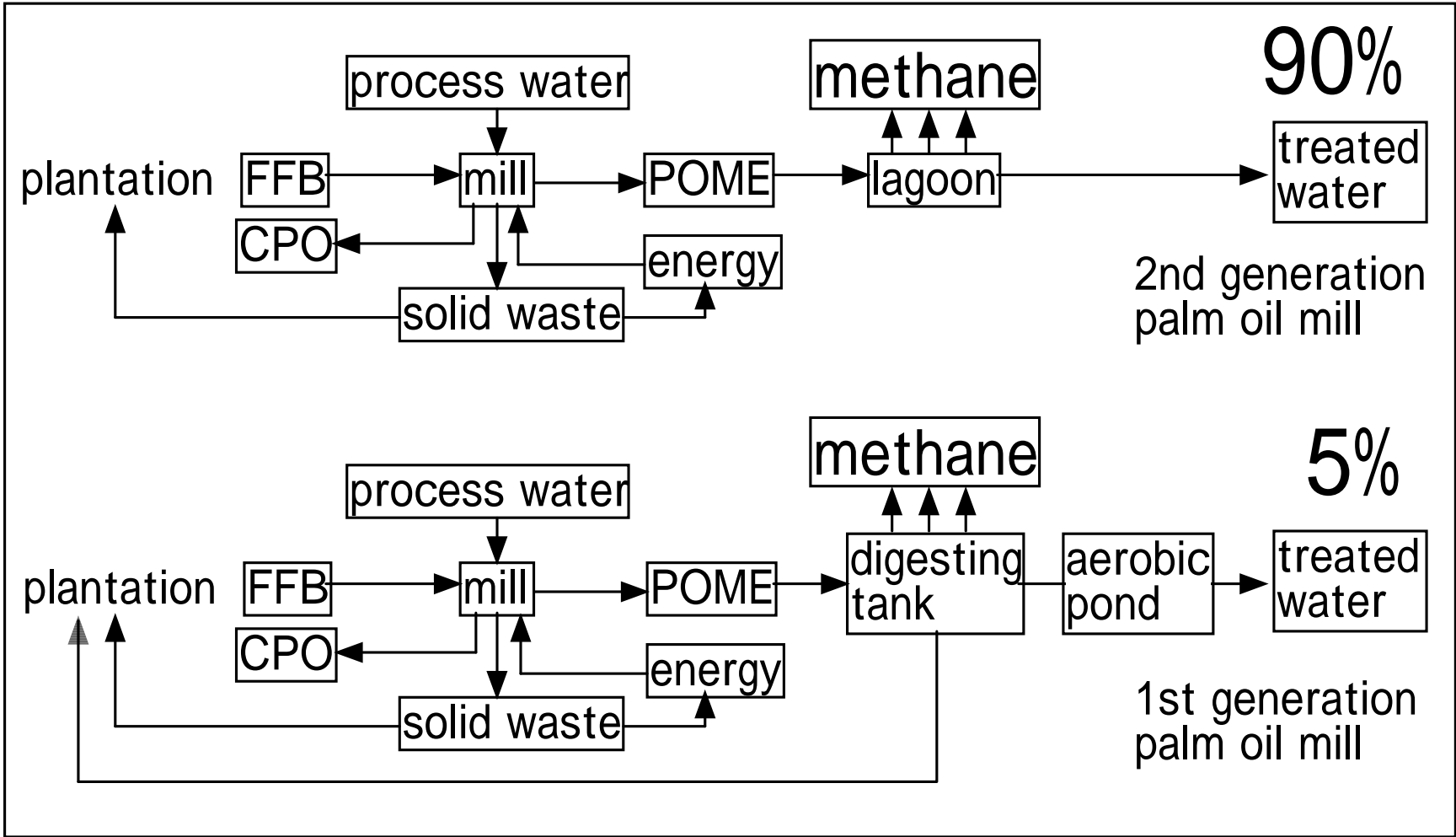
EFB (Empty Fruit Bunch)

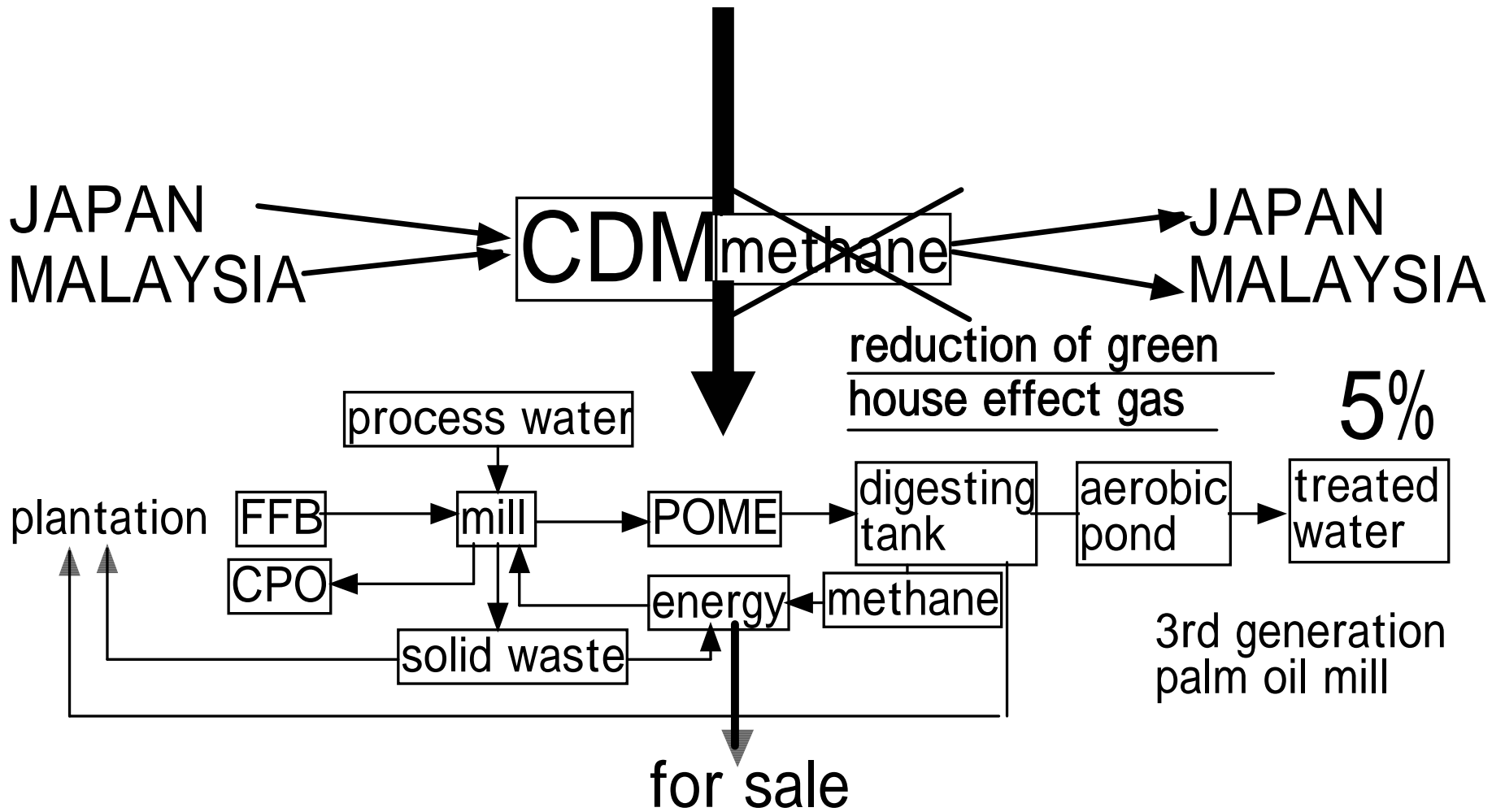




PALM OIL INDUSTRY IN MALAYSIA

Palm oil industry in Malaysia





Members of the Research team

(Japan)

Project Leader Prof. Dr. Yoshihito Shirai (Kyushu Institute of Technology)

Mr. Shin'ichi Suzuki (EX COOPERATION)

Mr. Kazuhiro Morinaga (Sumitomo Heavy Industries,Ltd.)

Dr. Minato Wakisaka (Kyushu Institute of Technology)

(Malaysia)

Dr. Mohd Ali Hassan (University Putra Malaysia)

Mr. Shahrakbah Yacob (University Putra Malaysia)

Mr. Sim Kean Hong (University Putra Malaysia)

Members of steering committee for this project

Prof. Hidefumi Imura (Graduate School of Nagoya University, Japan)

Dr. Nadzri Yahaya (Ministry of Science, Technology and the Environment, Malaysia)

Mr. Mohd. Zahit Ali (Ministry of Science, Technology and the Environment, Malaysia)

Mr. Lethumana Ramatha (Ministry of Science, Technology and the Environment, Malaysia)

Mr. Thiyagarajan Velumail(Ministry of Energy, Communications and Multimedia, Malaysia)

Dr. Ir. Ma Ah Ngan (Malaysian Palm Oil Board, Malaysia)

Mr. Subash Sunderaj (FELDA Palm Industries, Malaysia)

Mr. B.G.Yeoh (SIRIM, Malaysia)

Prof.Dr.Mohd. Ismail. Abdul Karim (University Putra Malaysia)

Dr.Azni Hj. Idris (University Putra Malaysia)

Biogas composition (measured)

methane 35% CO₂ 65% (digesting tanks)

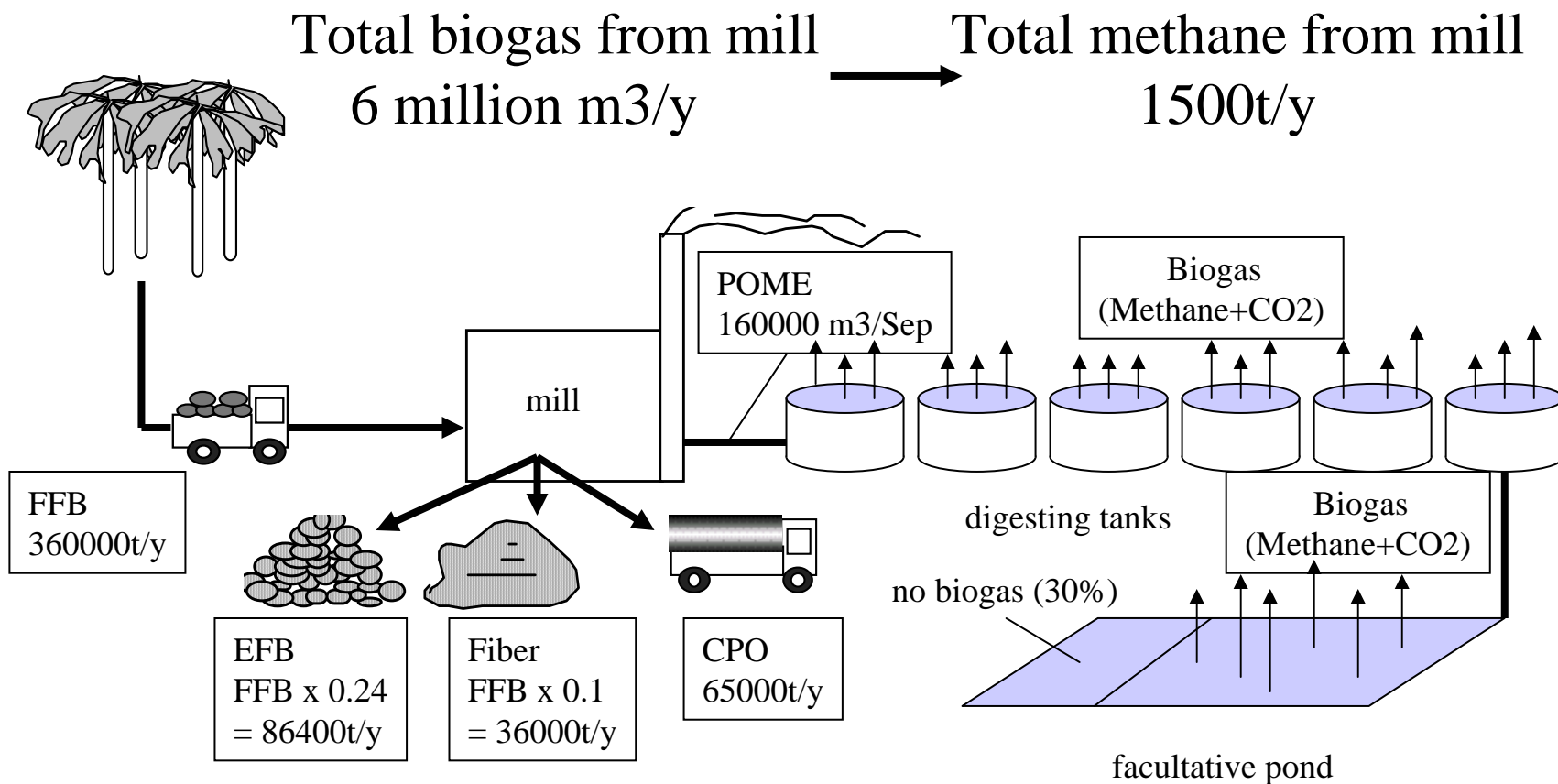
methane 45% CO₂ 55% (facultative pond)

Biogas amount (measured)

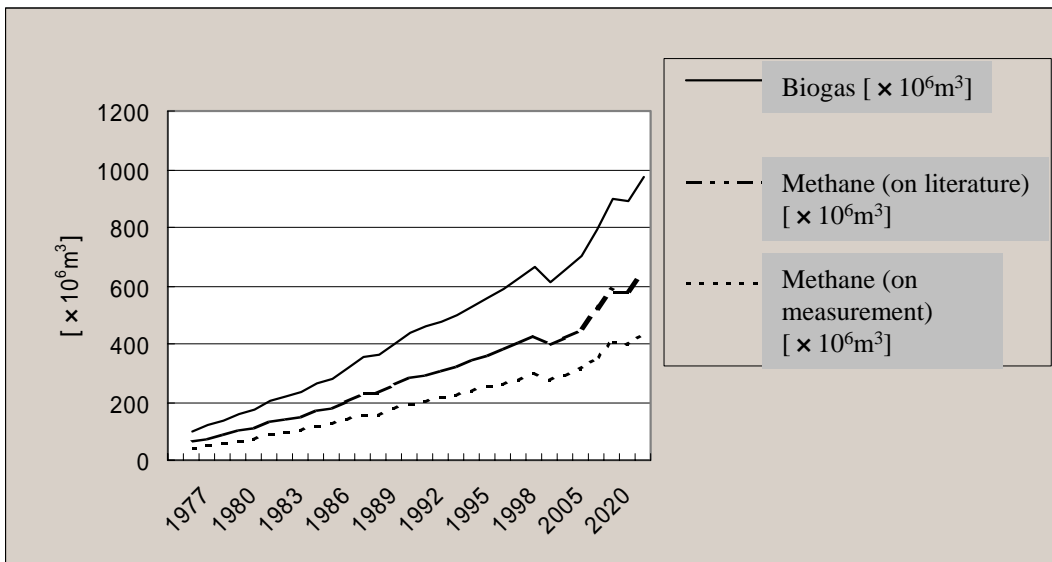
4.9 L/min m² → 7.06 m³/day m² (digesting tanks)

0.7L/min m² → 1.01 m³/day m² (facultative pond)

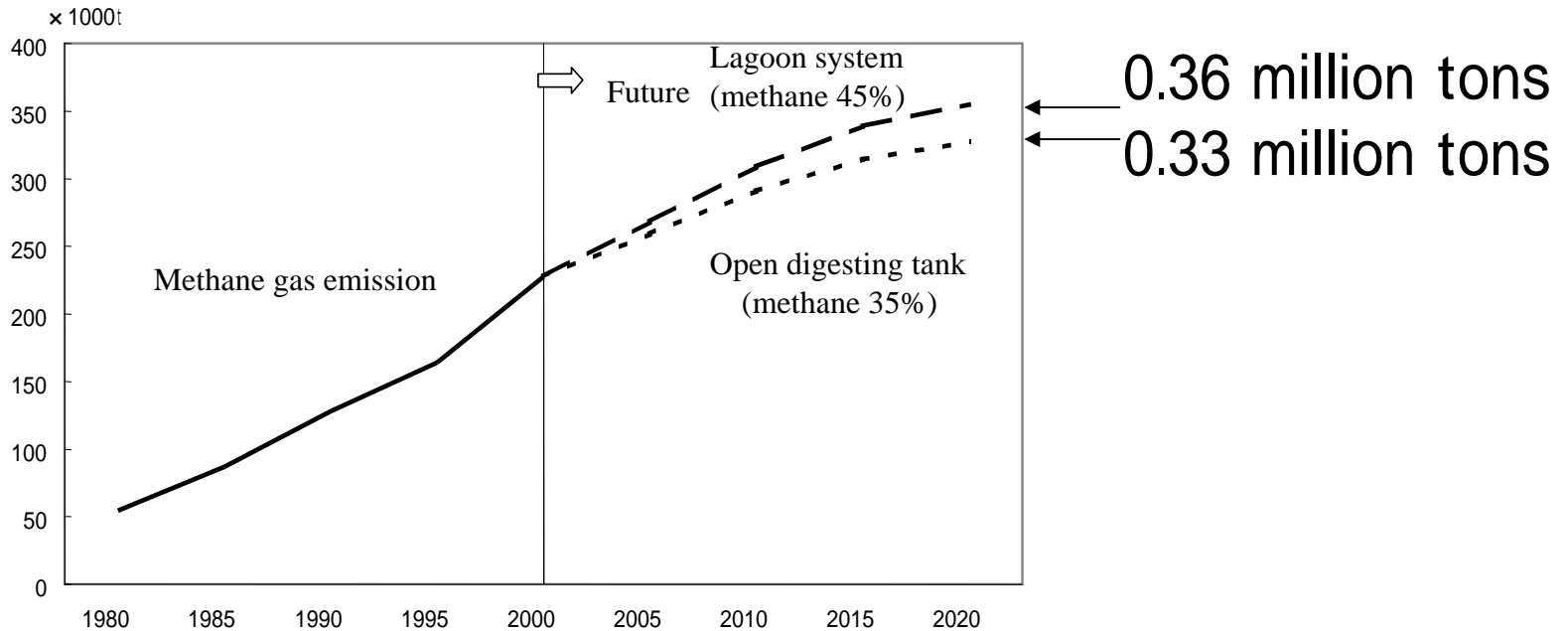
Judging from Data from Felda Serting Hilir Palm Oil Mill



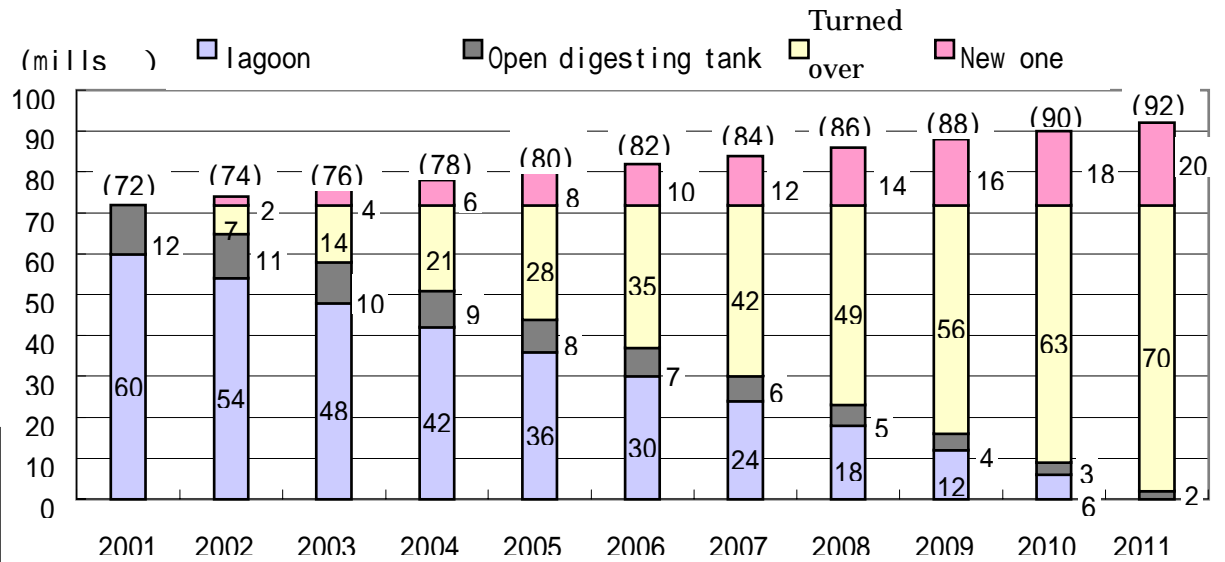
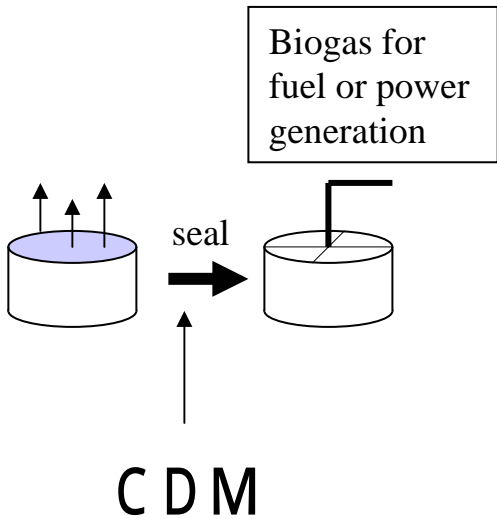
A model mill case study



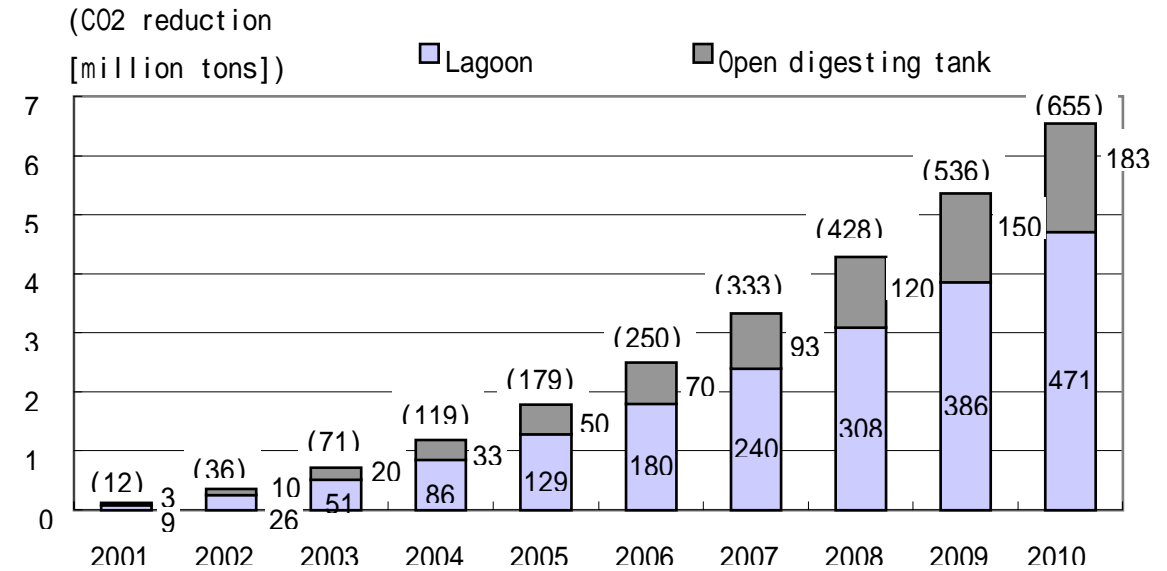
Comparison of methane emission between reported value and measured one



Methane emission from palm oil industry in Malaysia



A simulation for CDM in palm oil industry in this 10 years



Estimated amount of CO2 reduction in this CDM during 10 years

Investment for CDM in palm oil industry from Japan and Malaysia

	Number of new mills	Cost/mill	Total cost
Malaysia			5.8 million US\$
Open digesting tank	20	0.29 million US\$	5.8 million US\$
Japan			61.5 million US\$
Open digesting tank	60	0.48 million US\$	28.8 million US\$
Sealing	30	0.19 million US\$	5.7 million US\$
Generator	90	0.3 million US\$	27 million US\$
Total number	90		67.3 million US\$

Investment from Japan per mill = $61.5/90 = 0.68$ million US\$

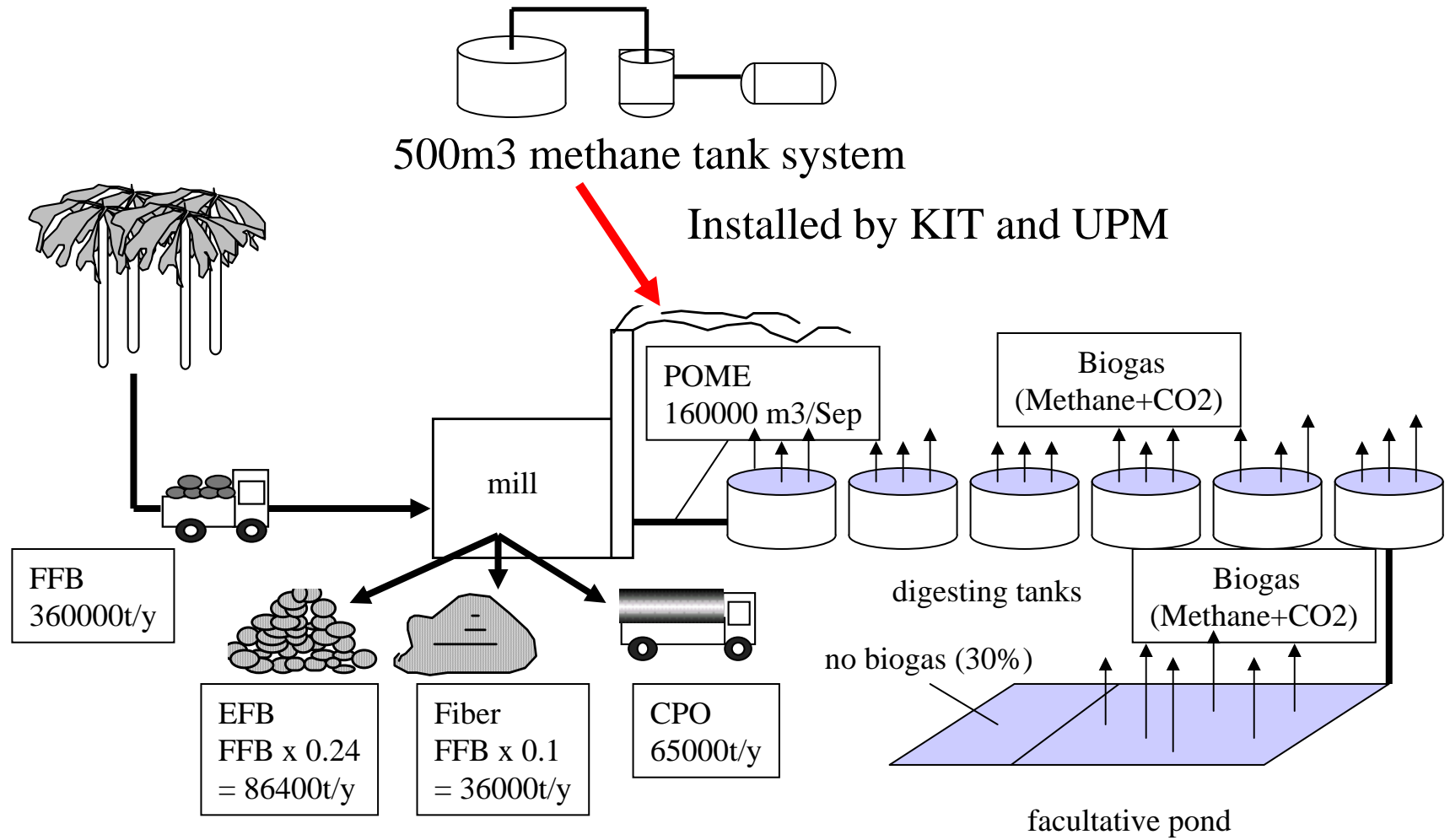
CO₂ reduction per mill → 14,280 t/y × 10y = 142,800 t (Lagoon)

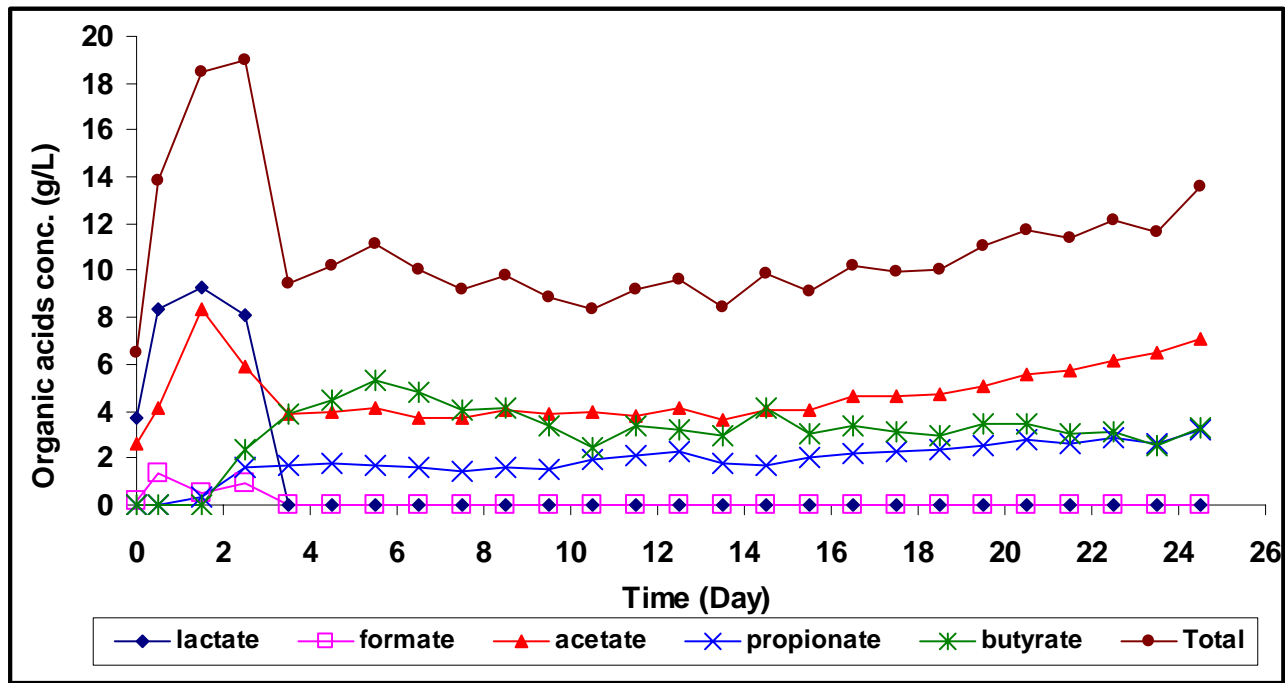
11,107 t/y × 10y = 111,070 t (Open digesting tank)

0.68 million US\$/142,800t
 0.68 million US\$/111,070t
 = 4.8 - 6.1 US\$/t-CO₂



Joint Project between KIT & UPM with FELDA





Organic acids production from POME using a 50L bioreactor



POME



Anaerobic Treatment



Purified organic acid

Summary

- 1 Methane content released from the anaerobic pond system (lagoons) in a palm oil mill was 45% and that from the open digesting tank was 35%.
- 2 Based on this data, 0.36 million ton methane per release from lagoons and 0.33 million ton from open digesting tanks were estimated at 2020 in Malaysia.
- 3 Adopting the scenario as using open digesting tank system as business as usual, in the case of investing installment cost for power generation from methane, it would be profitable when the price of carbon credit more than 6US\$/t-CO₂.
- 4 Our organizing steering committee including the member from the Malaysian government, industry, and university suggested that our CDM project match Malaysian policy encouraging power generation from biomass, if the sustainable development of palm oil industry could be promoted.

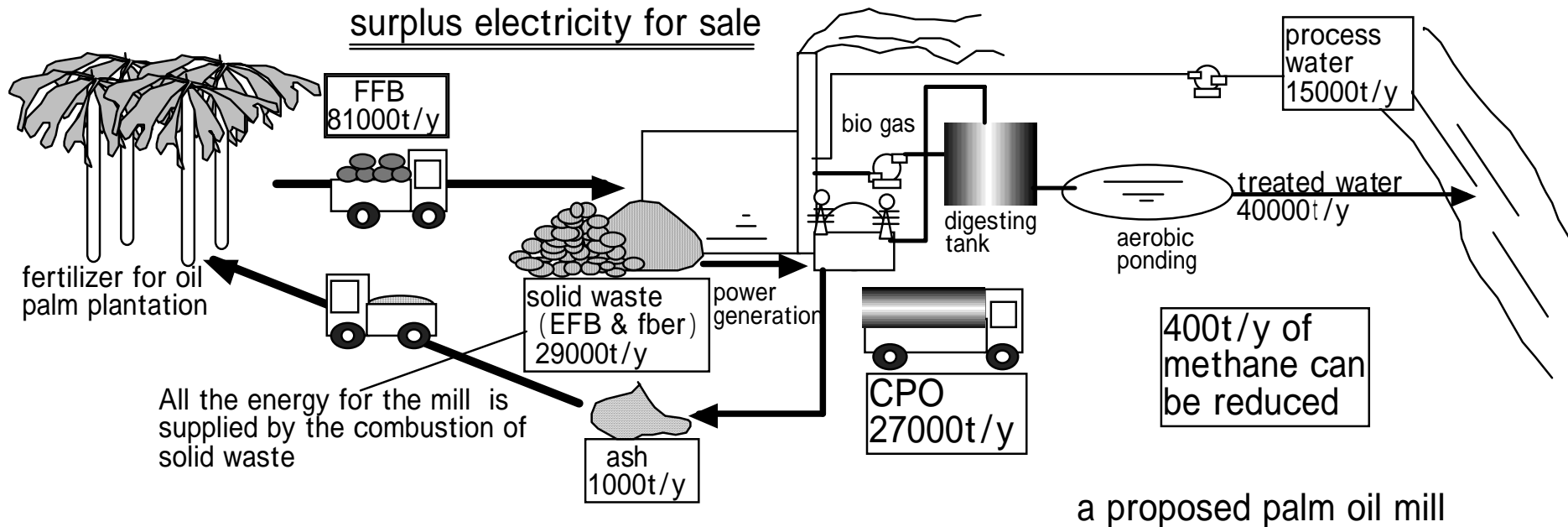
Acknowledgement

This project was planned based on the long collaborating works between Prof. Yoshihito Shirai, Kyushu Institute of Technology, Japan and Dr Mohamed Ali Hassan, University Putra Malaysia. The field works were cooperatively carried out by the staffs of each university in a FELDA's palm oil mill.

This project was supported by the Global Environmental Center, Osaka Japan and sponsored by Ministry of the Environment Japan.

Future Subjects

- 1 . Consensus for the baseline of this project
- 2 . Risk hedge for the CDM business
- 3 . Business plan by a model business
- 4 . Further FS with biomass power generation by solid wastes
- 5 . Partnership between Japan and Malaysia
- 6 . Funding
- 7 . Scheduling
- 8 . Malaysian policy and innovation



Minute of the 2nd Steering Committee on CDM Project in Malaysian Palm Oil Industry

Date: 14 February 2003
 Time: 9:30-11:30
 Venue: Ministry of Science, Technology and the Environment

1. Opening address form the chairperson

The meeting was initiated by an opening remark by Mr. Chow on the issue of utilizing the wastes and POME from palm oil industries in the CDM project.

2. Introduction of participants

Even though it was a second gathering of the steering committee, there were a few new delegates from Malaysian and Japanese sides. Among them were Tenaga Nasional Berhad (TNB), Global environment Centre Foundation (GEC) on behalf of Ministry of the Environment JAPAN, Matsushita Electric Industrial Co., Ltd. (Panasonic), and Sankyu Malaysia

3. Current status report by EX Corporation, Japan

The first agenda of the meeting was the presentation of the result of CDM feasibility study on FELDA palm oil mills by EX Corporation and Kyushu Institute of Technology. Mr. Nakamura with EX Corporation delivered the presentation. The follow-up discussion was largely arise from this presentation as follows:

C1 : How do you take care of the leakage from the open digesting tank? (Mr. Chow)

A1 : New design will include the sealing of the existing digesting tank or closed digesting tank (Prof. Shirai)

C2 : What is the advantage of case 1? Why did the study choose case 1?(Prof. Ismail)

A2 : i. Small investment in case 1 (Mr. Nakamura) ii. CER issue – larger CER because of the CH₄ GWP is 21 times as CO₂ with small investment, but low profit as business because of the small electric generation (Prof. Shirai)

C3 : It is needed to consider the monitoring cost as it will reduce the profit (Mr. Chow)

4. Latest research results by University Putra Malaysia, Malaysia

The second agenda of the meeting was the presentation of the result of Investigation of Greenhouse Gases from Palm Oil Industry for Potential Applications. Mr. Shahrakbah with University Putra Malaysia delivered the presentation. The follow-up discussion was largely arise from this presentation as follows:

C1 : Good potential of methane as renewable energy as presented (Mr. Chow)

C2 : Why methane is higher in the pond ? (Prof. Ismail)

A2 : This is as a result of less mixing in the pond creating better anaerobic level or condition for methane fermentation. Mixing in the digester will introduce oxygen thus reducing the anaerobic level (Dr. Ali)

C3 : Why during lunch time the flowrate is high ? (Mr. Chow)

A3 : This is because the mill will introduce fresh effluent into the tank. This activity will cause a vigorous mixing of the effluent therefore releasing a lot of biogas (Mr. Shah)

C4 : What type of fermenter or system that will be used at the pilot plant ? (Dr. Yeoh)

A4 : Circulation in the tank will be achieved through the recycling of POME and biogas, no mechanical mixing will be installed. (Mr. Morinaga)

C5: What is the temperature of the effluent? (D. Yeoh)

A5 : There will be no temperature control therefore the temperature is at the range of 40oC to 50oC, mesophilic condition (Mr. Shah)

5.Future plan by Kyushu Institute of Technology, Japan

The third agenda of the meeting was the presentation of UPM and KIT Plans under Memorandum of Understanding hopefully with FELDA and Japanese Companies. Dr. Shrai with Kyushu Institute of Technology delivered the presentation. The follow-up discussion was largely arise from this presentation as follows:

C1: How do you realize the future plan? (Mr. Chow)

A1: As foothold, biogas power generation will be started as CDM project soon and then FELDA provided us area for pilot scale experiment to recover methane. (Prof. Shirai)

C2: The biogas power generation project will contribute to the regional environment improvement and the cost of project is not expensive for Malaysian side. (Mr. Chow)

C3: Other value-added products such as acetone, butonal and ethanol can also be produced from POME as studied by MPOB. This is in line with future plan of CDM business proposal (Dr. Ma)

A3: Biomass industry has a potential especially palm oil industry as the industry is

supported by good network of roads and transportation and also the high concentration of biomass at the mill (Prof. Shirai).

C4: This CDM biogas-biomass power generation is the first step toward to develop green business such as biomass projects in Malaysian palm oil industry. Could TNB purchase the electric power generated in our project at premier price, 0.16RM/kWh? (Mr. Suzuki)

A4: There is a possibility, but cheaper is better. (TNB)

6.CDM certification model project, Japan

Mr. Ueno with Global Environment Centre (GEC) on behalf of the Ministry of Environment Japan (MOE) explained the outline of CDM certification Model project conducted by MOE. FELDA Lepar Hilir palm oil mill biogas project was selected in this model project. The follow-up discussion was largely arise from this presentation as follows:

C1: In April, we will have public comments in Japan about the result of the model project, and if possible, would like to have public comments from Malaysian people through government for example on the Website. (Mr. Suzuki)

C2: It is important to conduct a survey on the public opinion of CDM project. The survey should be conducted at the proposed locality so that the community involved will have the say on the impact of the CDM project on their lives. Views must also represent the stakeholders of the company (Mr. Chow)

C3: KIT will hold the symposium on sustainable palm oil industry and call Dr. Lester Brown, one of the world environment leaders, as panelist. We will have comments about our model project from Dr. Brown as a third party nothing to do with our project. (Prof. Shirai)

C4: Public comments from stakeholders such as employee of the mill, people in local community, FELDA member, administration official, people in the palm oil industry, global environmental specialist, etc. are seems to be needed. (Mr. Chow)

C5: MOSTE will invite the OE and give comments about the project. (MOSTE)

C6: Public comments should be taken from local level rather than national level. (Mr. Subash)

C7: Is it necessary to conduct environment impact assessment (EIA) for biogas power generation project? (Mr. Suzuki)

A7: It's not necessary if the electricity generated is below 10 MW. But the environment impact study is required. (Mr. Ssubash)

C8: Could you give us the information on Designated National Authority (NDA) of Malaysian government to approve CDM project? (Mr. Nakamura)

A8: Malaysian CDM committee as DNA (Designated National Authority) soon will be set up and MOSTE is appointed as the leading organization in the body. Secretary General of MOSTE is proposed to chair and endorse the CDM project. (Mr. Chow)

C9: It is necessary for OE to register to DNA to do work in this model case? (Ms. Yoshitaka)

A9: The precise role has not determined yet. So it's not necessary so far. (Mr. Chow)

C10: Could you give us your impression about the project effect to Malaysian renewable energy policy? (Mr. Nagai)

A10: The project will contribute to the sustainability of Malaysia. (Mr. Chow)

C11: Are there any possibilities to change the numerical target of renewable energy (5% of all national energy supply)?

A11: No possibilities so far. (Mr. Chow)

7. Baseline issue of the CDM Biogas power generation project

C1: the Ministry of Environment JAPAN told that the baseline scenario of our project that lagoon or open digesting tank system will not be changed in next 10 years as business as usual (BAU) must be logically strengthened. If the baseline set very conservative such as introducing sealed digesting tanks as BAU it is difficult to be CDM project as business. (Prof. Shirai)

C2: Unless some sort of technical assistance for POME digester, the baseline will be the same as current condition, lagoon or open digesting tank system, in next 10 years. (Dr. Ma)

C3: We would like to discuss how we insist and convince our baseline to OE. (Prof. shirai)

C4: Based on the current scenario, the GHG baseline in the pond will not changed for

the next 10-15 years. However, this is largely influence by the DO requirement on the treated effluent discharge to the waterways. If the mill is required to reduce the BOD level prior the discharge then new system wastewater treatment system (higher efficiency) must be installed to meet the regulation. In a way, it will affect the GHG. (Mr. Subash)

C5: There are many related projects in Malaysia such as UNDP-PTM project and they all faces the baseline issue that the lagoon or open digesting tank system continues in next 10 – 15 years. (Dr. Yeoh)

C6: Dynamic baseline is unsuitable for CDM project as regular fluctuation will affect the investment and cost of earlier project that is based on the previous baseline. Then the renewable crediting period (at most 7 years per period with 3 periods) are prepared to re consider the baseline 7 years after the settlement. (Mr. Chow)

8.Other Issue

C1: It was suggested that the next CDM meeting is held at the site of the pilot plant in August 2003. This will give better views to all the members about the current conditions of the palm oil industry. (Mr. Chow)

9.Adjourn







Investigation of Greenhouse Gases from Palm Oil Industry for Potential Applications

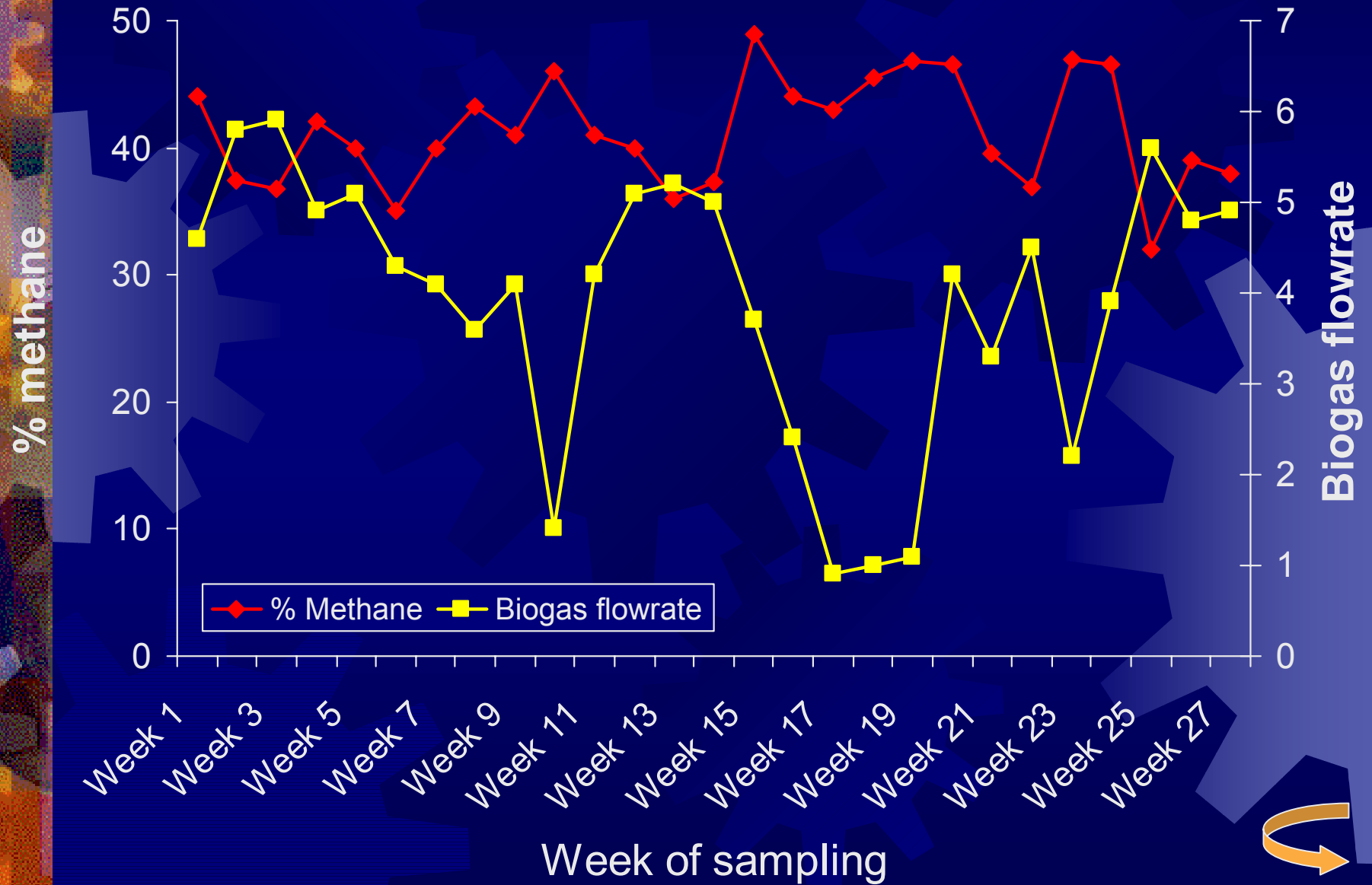
- **Stage 1** - Baseline of GHG emission from pond and open digester systems
- **Stage 2** – Generation of CH₄ from methane test plant
- **Stage 3** - Potential commercial application of methane and other chemicals

Stage 1 – Baseline Study

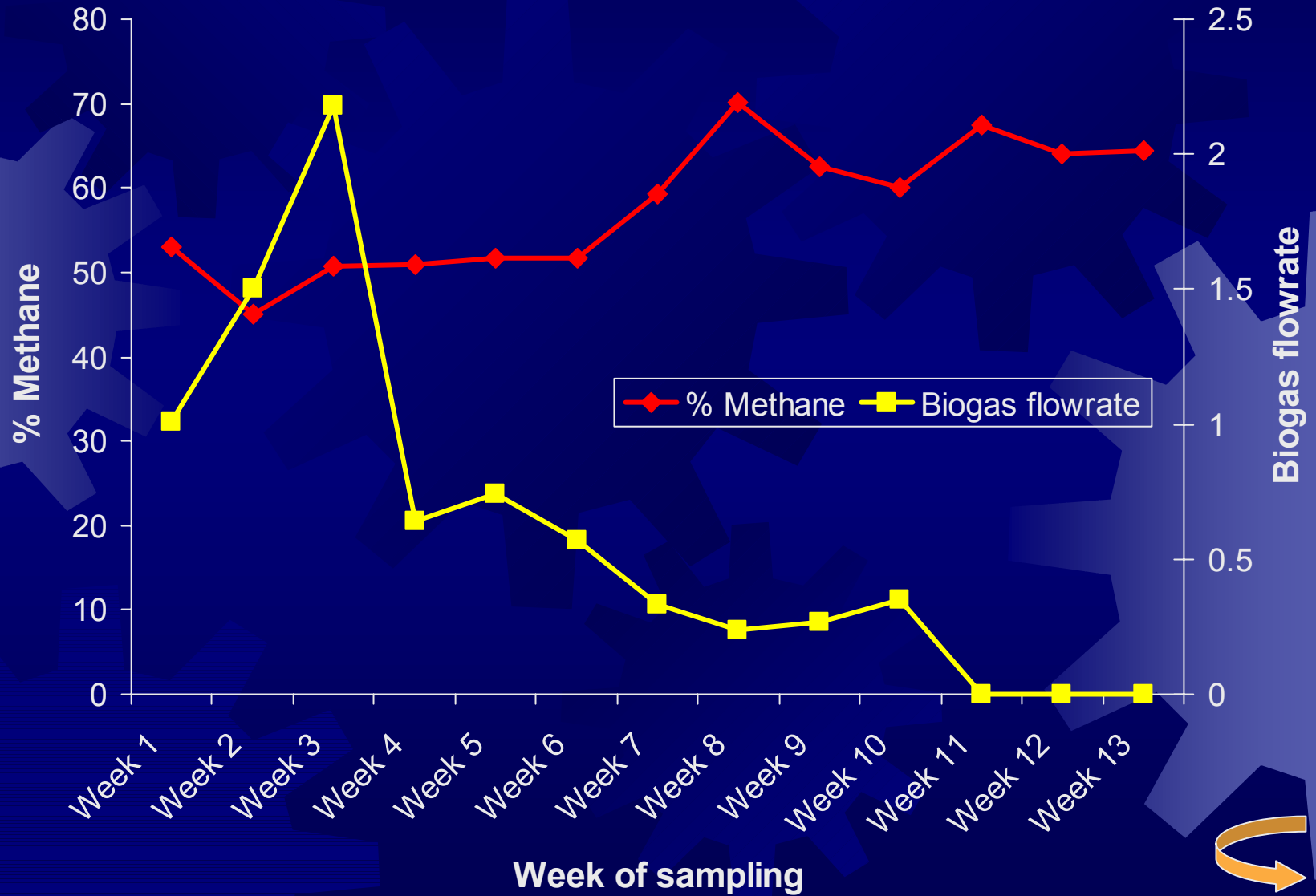
- Venue : Serting Hilir Palm Oil Mill
- Data recording : Weekly for 1 year
- Observation

System	Commenced	Updates
<u>Open digesters</u>	Jun 2002 (Week 27)	3.7 l/min/m ² ; 42.0 % CH ₄
<u>Pond</u>	Nov 2002 (Week 13)	0.6 l/min/m ² ; 57.8% CH ₄

CH₄ Emission from Open Digesters



CH₄ Emission from Pond





Stage 2 – CH₄ Generation

- Construction of CH₄ test plant – April 2003
- Optimization of CH₄ generation – Jun/July 2003

Stage 3 – Utilization of CH₄ and other products

- Commence end of 2003



Future plans

UPM and KIT Plans under MOU

Hopefully with FELDA and

Japanese Companies

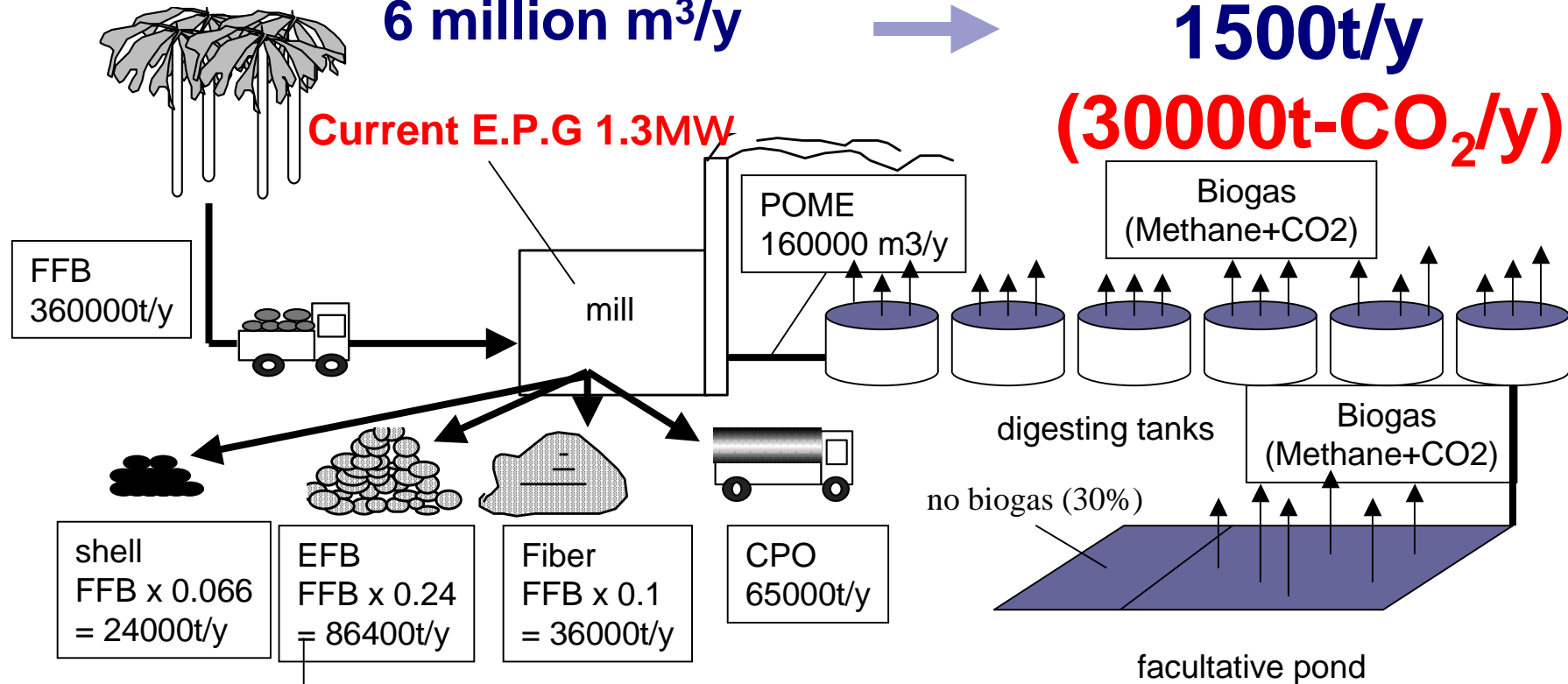
**by Prof. Yoshihito Shirai
and Dr. Mohd. Ali Hassan**

Power generation and GHG gas emission from FELDA Serting Hilir

**Total biogas from mill
6 million m³/y**

**Total methane from mill
1500t/y**

(30000t-CO₂/y)



Current E.P.G 1.3MW

**Excess E.P.G. 2.4MW
(21000MWh)**

6000t-CO₂/y

A model mill case study

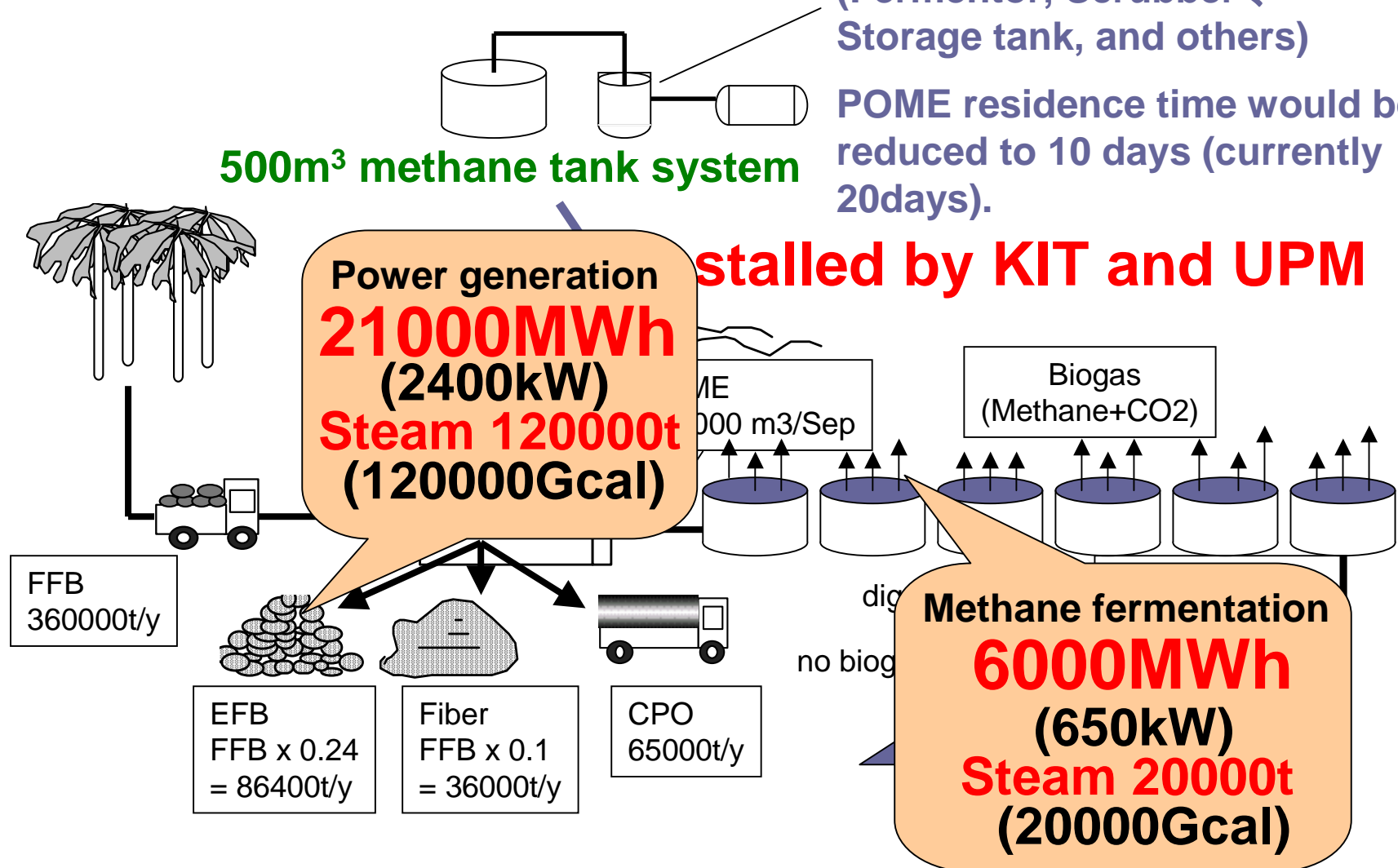
Total GHG emission = 30000 + 6000 = 36000t-CO₂/y

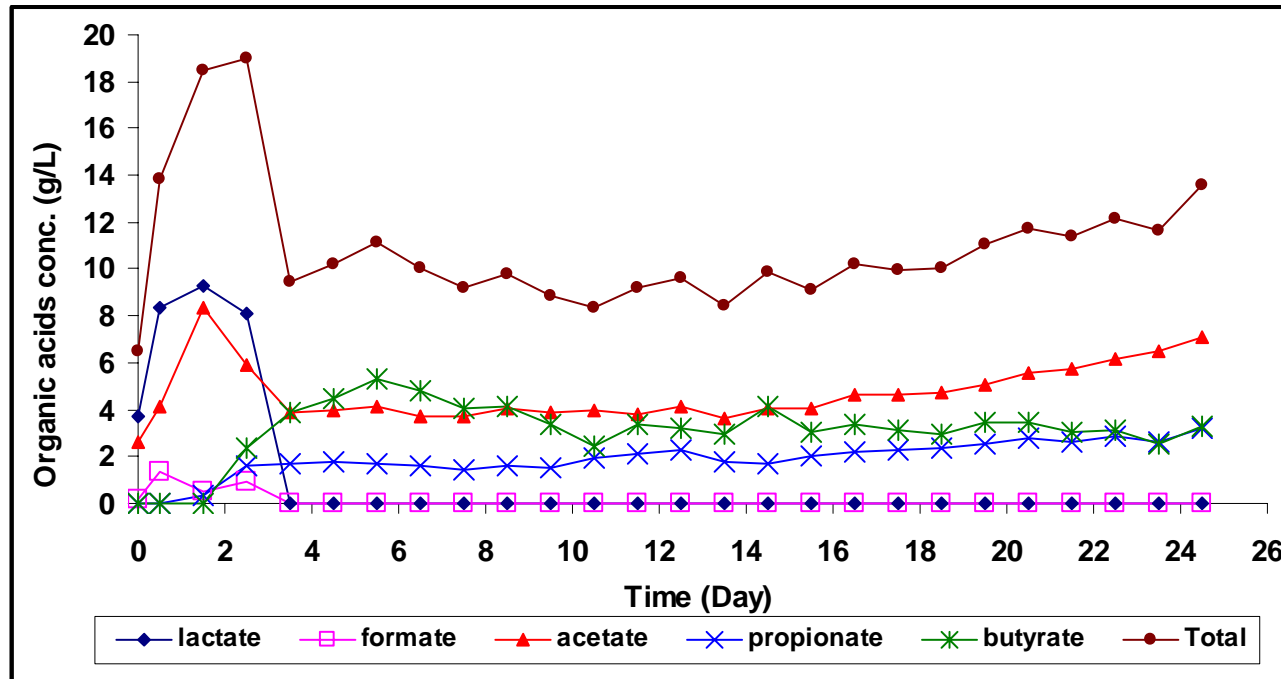
E.P.G. : electric power generation

Cooperative joint project among KIT-UPM-FELDA

Cost Estimation **1.5 million JY**
 (Fermentor, Scrubber, Storage tank, and others)

POME residence time would be reduced to 10 days (currently 20days).





Organic acids production from POME using a 50L bioreactor



POME



Anaerobic Treatment



Purified organic acid

Cooperative joint project among KIT-UPM-FELDA

EFB(C-compounds)

Cellulose 30%

Hemi-cellulose 30%

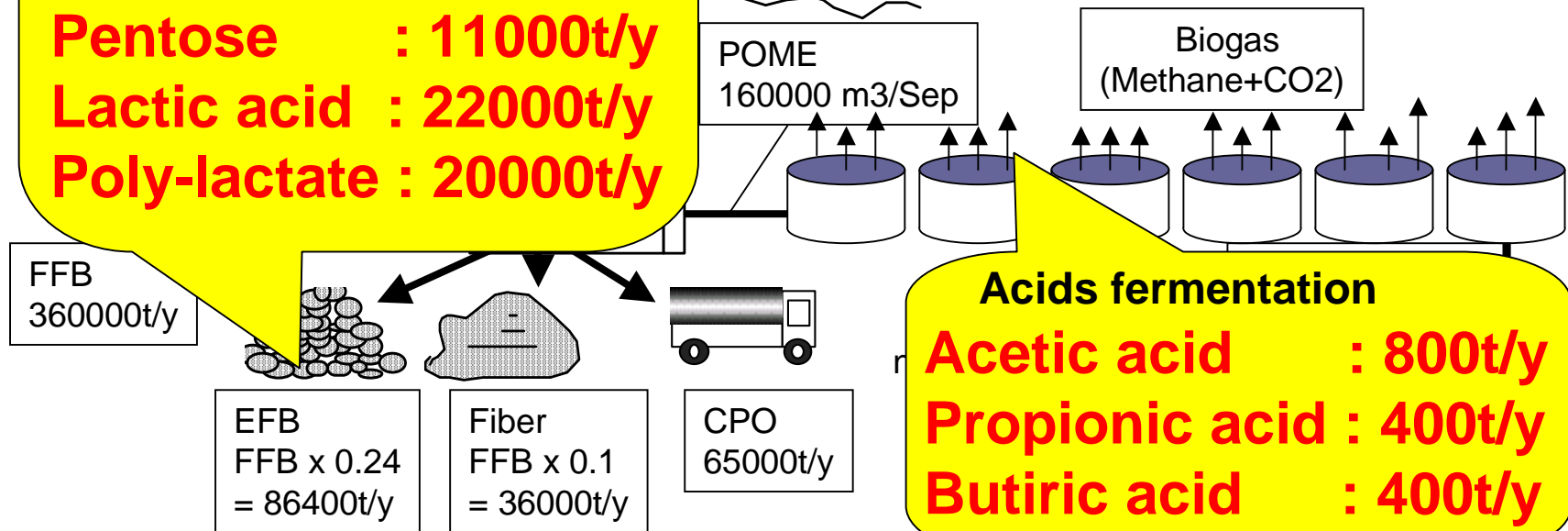
Lignin

Biomass (potentiality)
Cellulose : 10000t/y
Lignin : 10000t/y
Hexose : 11000t/y
Pentose : 11000t/y
Lactic acid : 22000t/y
Poly-lactate : 20000t/y

Cost Estimation **1.5 million JY**
 (Fermentor, Scrubber, Storage tank, and others)

POME residence time would be reduced to 10 days (currently 20days).

Installed by KIT and UPM





Revenue from Biomass

Items	quantity	Price	Revenue
Energy			
Electric power	27,000MWh	33.3\$/MWh	900,000\$
Steam	140,000 t	4\$/t	560,000\$
Liquid fuel	24,000 t	80\$/t	1,920,000\$
Materials			
Organic acids	1,600 t	500\$/t	800,000\$
Cellulose	10,000 t	300\$/t	3,000,000\$
Lignin	10,000 t	150\$/t	1,500,000\$
Hexose	11,000 t	150\$/t	1,650,000\$
Pentose	11,000 t	300\$/t	3,300,000\$
Lactic acid	22,000 t	300\$/t	6,600,000\$
Poly-lactate	20,000 t	2000\$/t	40,000,000\$

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.

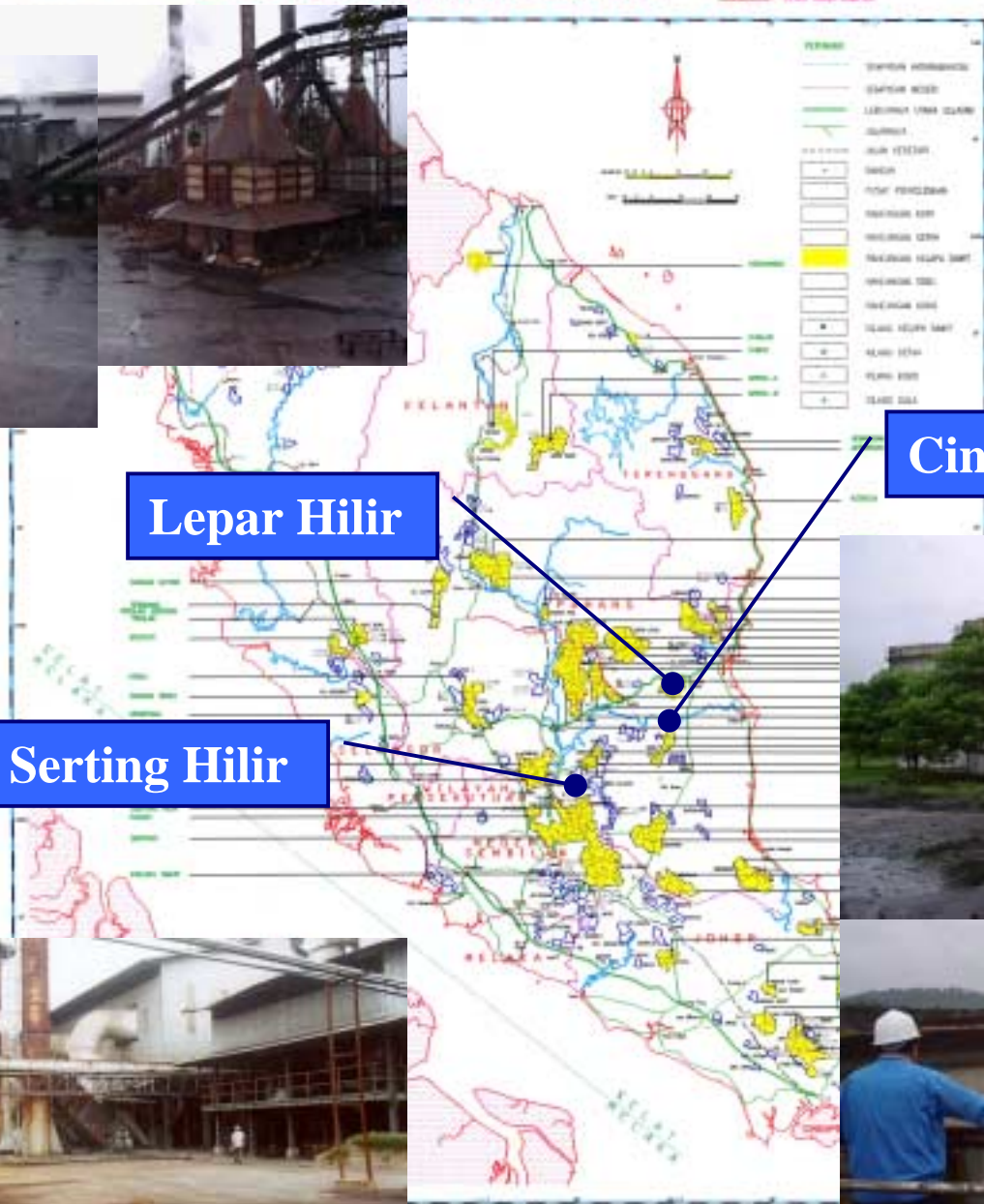
CDM provides electricity using the methane fermentation system to supply to novel business with a very good price.

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.



LOKASI KILANG-KILANG FELDA DI SEMENANJUNG MALAYSIA



Lepar Hilir

Serting Hilir

Cini3



Poly-lactate Plant in Serting Hilir mill

Productivity → 6,000 t/y

Energy : 12,000 Mcal/t → $12,000 \text{ Mcal/t} \times 6,000 \text{ t/y} = \underline{72,000 \text{ Gcal/y}}$

Steam from methane combustion : 20,000 Gcal/y → 80,000\$/y

liquid fuel : $52,000 [\text{Gcal/y}] / 6 [\text{Gcal/t}] \doteq 8,700 \text{ t/y} \rightarrow 696,000 \text{ \$/y}$

Total 776,000\$/y

EFB : $6,000 [\text{t/y}] / 0.23 = 26,000 \text{ t/y} \rightarrow 10 \text{ \$/t} \rightarrow \underline{260,000 \text{ \$/y}}$

Labor : $25 \times 4 = 100 \rightarrow 5000 \text{ \$/y capita} \rightarrow \underline{500,000 \text{ \$/y}}$

Chemicals : $200 \text{ \$/t} \times 6000 \text{ t/y} \rightarrow \underline{1,200,000 \text{ \$/y}}$

Plant : 30,000,000\$ interest 8%, pay-back 10y → 4,320,000\$/y

Maintenance : 5% of Plant price → 1,500,000\$/y

Total 8,556,000\$/y

Tax and Management : $\times 15\% \rightarrow \underline{1,283,400 \text{ \$/y}}$

Overall production cost 9,839,400\$/y

Revenue : $6000 \text{ t/y} \times 2000 \text{ \$/t} = \underline{12,000,000 \text{ \$/y}}$

CDM Certification Model Project
by Ministry of the Environment, Japan (MOE)

OBJECTIVE

Capacity building for : (1)Japanese candidates for Operational Entity (OE) through a trial run of Validation with CDM feasibility studies(F/Ss) that are considered to have useful knowledge
(2)CDM project participants by providing experiences for preparing Project Design Document (PDD).

DESCRIPTION

Two CDM F/Ss were selected for this model project by MOE. One of them is “Project Development Study for Reducing Methane Emissions from Anaerobic Lagoons Treating Effluents from Palm Oil Production in Malaysia”. Matsushita Electric Industrial Co., Ltd. (National/Panasonic) will prepare a PDD for the study with Kyushu Institute of Technology (KIT) and EX Corporation. The “Validator” of the study is Chuo Sustainability Research Institute, which is a subsidiary of Chuo Aoyama Audit Corporation.

(The expense for these Validations will be covered with MOE.)

SCHEDULE (Tentative)

--Early March:	Prepare a PDD
The middle to the end of March:	Desk-top review (Validation with a PDD)
Early to the middle of April:	Interview stakeholders - by a Validator
The middle of April:	Field investigation Full Validation
Late April:	Prepare a Validation report Release public details about the Validation report on the web site of MOE and others, and invite public comments in Japan about the result of the model project
Early May:	Workshop by the parties involved with the model project
June:	Distribute brochures prepared by MOE about the model project at SBSTA in Bonn.

NOTE

OEs have not been officially designated yet by the Executive Board of CDM(EB). Therefore Validation to be implemented for this model project is not based on the Kyoto Protocol. To make the validated study of this model project official, Validation from Designated Operational Entity (DOE) will be required.

(In the near future, the validators for this model project could be DOEs.)

Lepar Hilir および Cini3 パームオイルミル関連箇所へのヒアリング

1. Lepar Hilir パームオイルミル

日時：平成 15 年 1 月 20 日（月）11:00～

場所：Lepar Hilir パームオイルミル

参加者：中村（エックス都市研究所）、Mr. Azman（FELDA 本社）、Mr. Mazalan（Lepar Hilir の工場長）

（1）立地場所

- ・クアンタン空港より西方に車で 20 分、クアンタン中心部からは西方に車で 40 分程度。最も近い街はガンバン（工業地帯あり）であり、ガンバンから西方へ車で 10 分程度。

（2）CPO の生産について

- ・EFB、CPO の生産量の推移（過去 10 年、将来 10 年）についてはデータ入手済み。
- ・2007 年から再植樹（replanting）がスタートするため FFB 取扱量が減少するが、2015 年には元の数字（約 260,000t-FFB/y）に戻る。（一旦植え替えると FFB が取れるまで 2.5 年必要。）
- ・現在、CPO の生産量は Seriting Hilir、Bukit Sagu に次いで 3 位である。

（3）プラントの諸元について

- ・EFB の処理能力は 54h/t。
- ・工場の平均稼働時間は 20h/day × 300days=6,000h/y。

（4）工場のエネルギーバランスについて

- ・SHELL は 100% 利用。fiber は 80～100% 利用。EFB は 0% 利用。fiber は工場内にダンピングエリアがあり、必要な時はそこから燃料として持ってきている。
- ・朝の操業開始時にボイラーを起動させるためにディーゼルタービンを利用する。（250kw × 2 基）
- ・ボイラー（40,000lbs/h（18t/h）× 2 基）で蒸気（270psi）をつくり、650kw × 2（その他に 550kw をスタンバイで 1 基所有）のバックプレッシャーsteamタービンに入って 45psi の蒸気が出てくる仕組みになっている。（Seriting Hilir と同じシステム）
- ・ミルでの電力需要は 900kw。全てsteamタービンで賄っており、TNB からの購入はない。
- ・エネルギーロスについては特段調べていないが、殆どがステアライザーからであり、圧力が低い（45psi）なので、steamタービンを追加して発電するのは難しい。
- ・EFB を利用しようと思うと新たなボイラーを購入しないとダメ。

(5) POME の処理について

- ・今 POME は CPO の生産量に $2.5\text{m}^3/\text{t}$ を乗じて推計しているが、ラグーンに入る POME には雨水やミルから出る洗浄水やオーバーフロー等が含まれており、(特に雨季には雨水の影響が大きい) 流量計(ラグーンの前に設置)ではこれらもカウントしている。
- ・POME に関するレポート(FFB 処理量、POME 流入量(ミル ラグーン)、POME 流出量(ラグーン 川))は毎月 DOE(Department of Environment)に提出しなければならない。
- ・ラグーンは、cooling pond が 2 面($5,000\text{m}^3 \times 2$)、mixing pond が 2 面($5,000\text{m}^3 \times 2$)、anaerobic pond が 4 面($30,000\text{m}^3 \times 4$)、facultative pond が 2 面($20,000\text{m}^3 \times 2$)、algae pond が 6 面($10,000\text{m}^3 \times 6$)である。
- ・土地が豊富にあるためラグーンはミルから見えにくい距離にあり(通常はバイクでチェックに行っている)、ミルでは硫化水素の臭いは殆どしない。
- ・大きな川が近傍にあり、水資源の確保、かつ POME の排出先としての受け皿として大きな存在である。(この地区は FELDA の新規の製紙工場サイトの候補の一つとして挙がっている。)

(6) EFB の処理について

- ・POME については問題ない。EFB の処理が悩みの種であり、バイオマス発電に期待している。
- ・この周辺では木質バイオマス(林地残材、製材屑など)も豊富なので、EFB とこれらを燃料としたバイオマス発電を考えるのも手ではないか。
- ・Chini 2, 3 で発生する EFB を Lepar Hilir まで運んできて発電用の燃料として利用できないか？
- ・EFB の輸送コストは、サバ州での事例では $15\text{RM}/\text{t}$ 程度である。(40km 以内)
- ・クアンタンには鐘淵化学のプラスチック樹脂工場(4工場)があるので、EFB と木質バイオマス(製材屑)を利用したバイオマス発電を行い、グリーン電力として利用してもらう手があるのではないかと FELDA としては考えている。

(7) その他

- ・ミルの従業員用の住宅エリア(600人程度)までは 6km 程度であるが、現在 TNB から電力を購入している。
- ・Cini 3 では、TNB の発電所が近傍にあるので、バイオマス、バイオガス発電によって代替が可能かもしれない。
- ・近々 ISO14001 を取得予定である。(マレーシア国内には何工場か既に取得しているところがある。)



ボイラー(燃料はF F Bから発生する繊維、殻)



E F B (蒸煮後のF F Bから実を取ったもの)



背圧式タービン発電機 (ボイラーの後に設置)



P O M E 流量計 (ラグーンの前に設置)



C P O 搾取のために蒸煮したF F B



ラグーン (嫌気性処理池)



C P O の搾取



P O M E 処理水流量計 (ラグーンの後) に設置)

2 . Cini 3 パームオイルミル

日 時：平成 15 年 1 月 20 日 (月) 13:30 ~

場 所：Cini 3 パームオイルミル

出席者：中村(エックス都市研究所)、Mr. Azman(FELDA 本社)、Mr. Mazalan(Lepar Hilir の工場長)、Mr. Yusof (Cini 3 の工場長)

(1) 立地場所

- ・ガンバンより南方面へ車で 1 時間程度。クアンタン中心部からは車で 1 時間 30 分程度。

(2) プラントの諸元について

- ・ EFB の処理能力は Lepar Hilir と同様に 54h/t。
- ・ F F B の取扱量は 170,000t/年程度である。
- ・ 平均稼働時間は 16h/day。閑散期には 8 ~ 10h/day。

(3) 工場のエネルギーバランスについて

- ・ 朝の操業開始時にボイラーを起動させるためにディーゼルタービンを利用する。
(250kw × 1 基、100kw × 1 基)
- ・ ボイラー (40,000lbs/h (18t/h) × 1 基 + 25,000lbs/h (11t/h) × 2 基) で 30t/h の蒸気 (250psi) をつくり、400kw × 1 基 + 650kw × 1 基 (その他に 400kw をスタンバイで 1 基所有) のバックプレッシャースチームタービンに入って 40psi の蒸気が出てくる仕組みになっている。(Serting Hilir と同じシステム)
- ・ ミルでの電力需要は 1MW。全てスチームタービンで賄っており、TNB からの購入はない。ただし、オフィスには隣接する TNB 発電所からの送電線が来ており、電力を購入している。(照明、空調、パソコンなどの用途)

(4) 隣接する TNB のディーゼル発電施設について

- ・ Cini3 に隣接している。(歩いていける距離。数百 m といったところか。)
- ・ 500kw 規模のディーゼル発電機を 6 基所有しているが、現在の発電量は 1MW 程度。最大で 2MW 程度。(実際、330kw 程度の発電量 × 3 基を運転していた。)
- ・ Cini 地区の住宅用に電力を供給している。

(5) POME の処理について

- ・ 開放型の消化タンクが 4 基ある (1,500m³ × 4)。処理系統は A ~ C の 3 ラインで、A は消化タンク + ラグーン、B 及び C はラグーンのみである。POME の処理量はどのラインもほぼ同じである。
- ・ ラグーンにするか、消化タンクにするかは、ミルを建設する際に購入できる土地面積によって決定される。土地面積が狭い場合にタンクが導入される。一旦設置されるとその後変更 (例えばラグーン タンク) するケースは今のところ FELDA ではない。(他社は知らない)

- ・消化タンクに流入する 1 日の POME は最大でタンク容量の 5% ($1,500\text{m}^3 \times 0.05 = 75\text{m}^3/\text{day tank}$) である。
- ・水源があまり豊富でないので、POME の再生処理水の利用実証試験を実施中である。
- ・Cini 地区の住宅もミルの近傍にあるため、風向きによっては POME の臭いが住宅地区まで到達している。
- ・Cini2 とは約 7km の距離がある。Cini2 は全てラグーンで POME を処理している。

(6) EFB の処理について

- ・Lepar Hilir 同様に処理に困っている。住宅地域が近いので既存の EFB の焼却炉は改善する必要がある。出来ればバイオガス発電とセットでバイオマス発電として対応できないか。

3 . TNB クアantanオフィス

日 時：平成 15 年 1 月 21 日 (火) 11:30 ~

場 所：TNB クアantanオフィス

出席者：中村 (エックス都市研究所)、Mr. Seng (TNB クアantanオフィス所長)

(1) Lepar Hilir からの買電環境について

- ・Lepar Hilir パームオイルミルと TNB 変電所との距離は 4km 程度であり、(lepar Hilir 3A, 11.4kV) 物理的には買電は可能。
- ・ただし、ガンバンには、MEC (Malaysia Electric Corporation) が買収した工業用地があり、TNB は将来の工場建設 (3 ~ 5 年後) を想定して main intake (132/11kV) を設置している。今 Lepar Hilir 近傍の TNB 変電所へはここからフィーダーでつながっているため、Lepar Hilir からの買電については、コスト面、技術面で TNB 本社 (クアラルンプール) との調整、交渉が必要。

(2) Cini3 からの買電環境について

- ・Chini 地区の住宅向け (30,000 人) と Chini Lake のリゾート地区に電力供給している。
- ・TNB クアantanオフィスとしては、Lepar Hilir からの買電よりも Cini3 でバイオガス (バイオマス) 発電によって、既存の TNB ディーゼル発電施設を代替してもらう方が望ましい。
- ・チニ地区には水処理施設もあり、現在は TNB のディーゼル発電施設からは送電していないが、売電の可能性はあるのではないか。



ミルに集められた F F B



開放型消化タンク (1,500m³/基)



F F B の蒸煮器 (バッチ式処理)



開放型消化タンクの液面



ミルから排出される P O M E



ラグーン (嫌気性処理池)



P O M E の前処理 (油分の回収)



ディーゼル発電機 (隣接する T N B 発電施設)

入手資料1 FELDA社のプランテーションにおけるFFB生産量予測(Lepar Hilir)

Plantation name (Scheme name)	Plantation No.	Lot No.	Plantation area(he)	Planted	First crop	FFB(t/year)																			
						2003	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
FELDA LEPAR HILIR 1	1	1	875 1987/82	10/1985	10/1985	7,000	8,525	8,850	6,475	8,300	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125			
						141 1987/82	05/1985	1,128	1,100	1,070	1,040	1,015	987	967	967	967	967	967	967	967	967	967	967	967	
						140 1987/81	10/1984	1,092	1,054	1,026	1,008	980	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960
Finner total		2	1,159			9,220	9,699	9,758	8,523	9,286	9,092	9,092	9,092	9,092	9,092	9,092	9,092	9,092	9,092	9,092	9,092				
FELDA LEPAR HILIR 2	2	3A	1,000 1980/81	11/1984	10/1984	7,800	7,800	7,400	7,200	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000			
						236 1980/83	10/1985	1,825	1,888	1,841	1,794	1,746	1,698	1,652	1,652	1,652	1,652	1,652	1,652	1,652	1,652	1,652	1,652	1,652	
						Finner total		2	1,238			9,725	9,688	9,241	8,994	8,746	8,648	8,648	8,648	8,648	8,648	8,648	8,648	8,648	8,648
FELDA LEPAR HILIR 3	3	1	2,390 1978/79	10/1982	10/1982	17,688	17,208	16,730	16,730	16,730	16,730	16,730	16,730	16,730	16,730	16,730	16,730	16,730	16,730	16,730	16,730	16,730			
						1,215 1987/82	05/1985	8,720	8,477	8,234	8,091	8,148	8,508	8,508	8,508	8,508	8,508	8,508	8,508	8,508	8,508	8,508	8,508	8,508	
						51 1987/88	05/1991	597	555	537	531	512	500	466	478	464	451	438	427	427	427	427	427	427	
Finner total		2	3,696			27,005	27,240	26,501	26,252	26,252	26,252	26,252	26,252	26,252	26,252	26,252	26,252	26,252	26,252	26,252	26,252				
FELDA LEPAR HILIR 4	4	2	819 1983/84	02/1987	05/1989	6,880	6,715	6,552	6,388	6,224	6,061	5,897	5,732	5,732	5,732	5,732	5,732	5,732	5,732	5,732	5,732	5,732			
						797 1984/85	05/1989	6,834	6,685	6,536	6,378	6,217	6,057	5,896	5,732	5,571	5,411	5,251	5,134	5,017	4,900	4,783	4,666	4,549	
						Finner total		2	1,616			13,714	13,411	13,087	12,764	12,441	12,118	11,795	11,472	11,149	10,826	10,503	10,180	9,857	9,534
FELDA HQ NEW ZEALAND	5	3	650 1971/72	12/1975	05/1975	598	2,470	4,225	5,265	5,265	5,265	6,175	6,270	6,200	6,205	6,175	6,270	6,200	6,205	6,175	6,045	5,915			
FELDA total	5	11	9,324			63,742	59,128	59,172	59,006	59,699	60,039	49,447	49,371	35,415	22,064	27,128	19,745	32,274	44,778	55,034	63,851	71,399	75,592		
LDG LEPAR HILIR 1	6	1	38 1988/90	07/1993	07/1993	369	361	363	346	324	320	319	312	304	298	299	291	274	294	295	295	295			
LDG LEPAR HILIR 4	7	7	1,100 1987/82	02/1985	02/1985	8,872	8,650	8,428	8,207	7,986	7,765	7,765	7,765	7,765	7,765	7,765	7,765	7,765	7,765	7,765	7,765	7,765			
Finner total		8	8,419			46,610	45,684	44,674	43,559	42,336	41,222	40,569	39,673	38,787	32,881	32,273	22,879	13,749	19,993	25,791	19,279	25,992			
LDG LEPAR HILIR 6	8	1A	803 1982/83	07/1989	07/1989	6,888	6,424	6,283	6,103	5,942	5,782	5,621	5,621	5,621	5,621	5,621	5,621	5,621	5,621	5,621	5,621	5,621			
Finner total		8	3,395			28,371	27,696	26,992	26,097	25,614	24,947	24,280	23,613	22,947	23,555	22,880	22,205	13,549	19,993	25,791	19,279	25,992			
LDG LEPAR HILIR T	9	1	543 1985/88	02/1989	02/1989	4,778	4,724	4,561	4,453	4,344	4,235	4,127	4,018	3,910	3,802	3,694	3,586	3,478	3,370	3,262	3,154	3,046			
Finner total		9	2,094			19,823	19,459	19,096	18,546	17,995	17,329	17,155	16,736	16,317	15,898	15,479	15,060	14,641	14,222	13,803	13,384				
LDG LEPAR HILIR B	10	3259-7A	150 1978/79	10/1982	10/1982	1,110	1,080	1,050	1,020	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000				
Finner total		10	2,896			21,599	21,227	20,560	20,188	19,756	19,324	18,892	18,460	18,028	17,596	17,164	16,732	16,300	15,868	15,436	15,004				
LDG LEPAR HILIR B	11	3291-4	371 1986/87	06/1990	06/1990	3,276	3,265	3,258	3,116	3,042	2,968	2,894	2,820	2,746	2,671	2,597	2,523	2,449	2,375	2,301	2,227				
Finner total		11	3,243			24,326	23,995	23,119	22,541	21,963	21,405	20,847	20,289	19,731	19,173	18,615	18,057	17,500	16,942	16,384					
GLADING total	6	25	16,225			141,290	138,322	134,452	131,456	127,951	124,975	119,146	115,652	112,787	92,669	92,665	78,911	38,593	47,908	55,729	59,559				
Total	11	38	24,679			202,040	197,430	192,820	190,449	187,649	185,015	180,580	176,223	171,546	155,739	151,000	138,622	71,547	82,692	110,762	122,810				

入手資料2 FELDA社のプランテーションにおけるFFB生産量予測(Cini3)

Plantation name (Scheme name)	Plantation No.	Lot No.	Plantation area(ha)	Planted	First crop	FFBI/year																		
						2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
FELDA CHINE 4	1	1	5,143	1975/78	04/1979	25,001	25,004	25,005	(R)	(R)	(R)	4,609	19,543	33,430	42,697	46,904	49,859	50,401	51,400	49,897	49,859	47,930	46,808	
FELDA CHINE 5	2	1	3,130	1976/77	04/1980	21,966	21,968	21,966	21,966	(R)	(R)			2,824	11,824	20,397	26,045	28,556	29,811	30,762	31,380	30,439	29,811	29,180
		2	600	1979/80	02/1983	4,560	4,440	4,320	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	(R)	(R)	(R)	540	2,280	3,900	4,980	5,460	5,700	5,890	6,000
(owner total)		4	3,730			26,526	26,408	26,286	26,166	4,200	4,200	4,200	2,824	11,824	20,397	26,585	30,826	32,711	35,732	36,840	36,139	35,621	35,180	
FELDA TIMOR 1	3	1	2,129	1976/77	10/1980	14,973	14,973	14,973	14,973	(R)	(R)	(R)		1,925	8,125	13,904	17,794	19,465	20,321	20,982	21,390	20,748	20,321	19,890
		2	1,023	1977/78	12/1981	7,266	7,141	7,141	7,141	(R)	(R)	(R)			821	3,887	6,990	8,481	9,309	9,718	10,025	10,290	9,923	9,718
		3	2,039	1978/80	03/1983	15,496	15,089	14,681	14,273	14,273	14,273	14,273	(R)	(R)	(R)	(R)	1,835	7,748	12,254	16,824	18,585	18,371	19,982	20,280
(owner total)		3	5,062			22,662	22,293	21,842	21,434	21,434	14,273	14,273	0	821	3,887	6,495	18,236	22,563	26,642	28,580	28,601	29,936	30,109	
FELDA TIMOR 2	4	1	2,693	1977/78	10/1981	18,218	18,781	18,781	18,781	18,781	(R)	(R)	(R)		2,415	10,195	17,440	22,268	24,415	25,899	26,290	26,890	26,025	25,488
		2	1,250	1978/79	07/1982	9,250	8,000	8,750	8,750	8,750	8,750	(R)	(R)			1,125	4,750	8,125	10,375	11,375	11,875	12,250	12,500	12,125
		3	541	1982/83	01/1989	4,436	4,328	4,220	4,112	4,004	3,896	3,787	3,787	3,787	3,787	(R)	(R)	(R)	(R)	497	2,056	3,217	4,490	4,828
(owner total)		3	4,474			32,004	30,109	31,751	31,643	31,534	12,545	3,787	3,787	6,202	15,107	22,190	30,384	34,790	37,250	40,124	42,597	43,015	42,521	
FELDA total		4	16,417			118,280	116,798	115,880	79,243	57,168	31,118	26,889	26,125	52,476	82,079	104,061	128,327	141,466	151,155	155,532	157,194	156,442	154,828	
LOG CHINE TIMOR 4 5																								
3223-8			1,260	1976/79	10/1982	9,324	9,072	8,820	8,820	8,820	8,820	(R)	(R)	(R)		1,134	4,788	8,160	10,458	11,498	11,970	12,348	12,900	12,222
3223-9			881	1982/83	01/1988	8,044	7,848	7,652	7,456	7,259	7,063	6,867	6,671	6,475	6,279	(R)	(R)	(R)	(R)	881	3,726	6,377	8,142	8,821
3223-81			100	1977/78	10/1981	700	700	700	700	700	(R)	(R)	(R)		80	380	690	830	910	950	980	1,000	970	950
3223-82			200	1978/79	07/1982	1,480	1,440	1,400	1,400	1,400	1,400	(R)	(R)	(R)		180	790	1,300	1,660	1,820	1,880	1,960	2,000	1,840
3208-81			300	1976/77	10/1980	2,100	2,100	2,100	2,100	(R)	(R)			270	1,140	1,860	2,490	2,750	2,890	2,940	3,000	2,910	2,850	2,790
3208-82			400	1978/80	01/1983	3,040	2,990	2,880	2,800	2,800	2,800	2,800	(R)	(R)	(R)		390	1,520	2,600	3,320	3,640	3,800	3,920	4,000
3185-81			500	1975/78	04/1979	3,500	3,500	3,500	(R)	(R)	(R)		450	1,900	3,250	4,150	4,950	4,750	4,600	5,000	4,850	4,750	4,650	4,550
3205-80			600	1976/77	04/1980	4,200	4,200	4,200	4,200	(R)	(R)		540	2,280	3,900	4,980	5,460	5,700	5,890	6,000	5,820	5,700	5,580	
3205-83			700	1978/80	02/1983	5,320	5,180	5,040	4,900	4,900	4,900	4,900	(R)	(R)		630	2,660	4,550	5,810	6,370	6,650	6,890	7,000	
DADANG total		1	9			37,128	37,000	36,292	32,376	25,879	24,985	15,017	8,577	13,627	18,561	19,208	27,440	33,608	38,069	42,436	45,015	47,692	47,858	
TOTAL		5	19	21,458		156,101	152,798	152,171	111,619	83,048	56,106	41,906	25,722	69,109	100,640	122,269	153,767	175,094	189,224	197,869	202,909	204,134	202,566	

(R) No yield by replanting

入手資料3 FFBの受入実績および受入予測 (Lepar Hilir、Cini3)

受入予測には他社からのFFBの受入量を含む

LEPAR HILIR PALM OIL MILL

ACTUAL (LAST 10 YEARS)

YEAR	FFB RECEIVED (MT)	CPO PRODUCED (MT)
1992	150,235	26,012
1993	202,945	36,602
1994	204,135	36,360
1995	227,575	40,273
1996	230,415	41,596
1997	220,495	41,126
1998	202,570	38,430
1999	285,030	50,865
2000	223,895	41,732
2001	265,920	48,805
2002	259,890	48,340

FORECAST (NEXT 10 YEARS)

YEAR	FFB RECEIVED (MT)	CPO PRODUCED (MT)
2003	270,010	50,492
2004	274,300	51,294
2005	269,070	50,316
2006	265,840	49,712
2007	256,000	47,872
2008	242,580	45,362
2009	233,220	43,612
2010	228,110	42,657
2011	207,520	38,806
2012	150,000	28,050

CINI 3 PALM OIL MILL PRODUCTION FIGURES

ACTUAL (LAST 10 YEARS)

YEAR	FFB RECEIVED (MT)	CPO PRODUCED (MT)
1992	153,060	27,646
1993	213,540	38,288
1994	175,985	31,869
1995	215,510	38,294
1996	239,015	43,247
1997	217,195	40,500
1998	173,623	31,886
1999	215,240	37,930
2000	186,435	34,549
2001	222,815	41,707
2002	165,525	30,810

FORECAST (NEXT 10 YEARS)

YEAR	FFB RECEIVED (MT)	CPO PRODUCED (MT)
2003	224,500	41,982
2004	205,500	38,429
2005	136,000	25,432
2006	120,500	22,534
2007	96,500	18,046
2008	134,500	25,152
2009	157,500	29,453
2010	164,500	30,762
2011	192,800	36,054
2012	222,000	41,514

FELDA社へのヒアリング

1. 第1回打合せ

日時：平成14年1月17日（金）13:30～

場所：FELDA 本社

出席者：白井教授（九工大）、中村（エクス都市研究所）、Mr. Subash, Mr. Gopinath, 渡辺氏（以上、FELDA）

(1) Lepar Hilir での CP0 生産量予測について

- ・2010年過ぎに、生産量が減少するのは、やしのライフサイクルが25年程度で、その植替え時期にあたるからである。一度植替えると成長するまでに3年かかる。

(2) ボイラーの燃料について

- ・燃料として余っているのはシェル（多くても50%、繁忙期には100%利用）とEFBである。ファイバーは全部使っている。
- ・現在のシステムにEFBを加えようとする、ボイラーが小さいので、バイオマス貯蔵庫が必要となる。バランスがよくない。

(3) 発電量の増加の可能性について

- ・白井先生の推測（ポテンシャル11MW）は、コンデンシングタービンの場合であり、既存のバックプレッシャータービンを利用では1/4程度の（2.6MW程度）ではないか。
- ・バックプレッシャータービンの蒸気消費量は23kg/kWh、コンデンシングタービンの場合は、4-5kg/kWhである。
- ・Seriting Hilir（60t-FFB/h）は、ボイラー（40,000lbs/h（18t/h）×2基×効率90%）で32t/hの蒸気（300psi）をつくり、550kw×2基のバックプレッシャースチームタービンに入って40psiの蒸気が出てくる仕組みになっている。既存のエネルギーバランス（電気+蒸気の取り出し）が、最適の状態である。
- ・蒸気の放出はステアライザーだけである。40psiなので大きなタービンをまわせない（40psi用のタービンは高価）のと、連続して蒸気を出さない（バッチ処理のため）ので発電は難しい。今のところ他の利用方法（ヒーティングなど）を考えている。

(4) ボイラーの改善、更新について

- ・スバッシュの予想では、EFBを利用した場合でも精々5MW程度が限界。1MWを工場内で利用して、残りの3.5～4MWを売電する。
- ・既存のシステムでTNBへの売電を考えるのであれば、EFBも燃やせるボイラーに取り替えないとだめ。
- ・現在でもファイバー、シェルをボイラーに投入すると、相当の高さになるので、そこにEFBを入れると溢れる。そもそも既存の炉にFFBを投入するのは技術的に困難。（炉の側面にEFB付着してしまう。）

- ・ボイラーは FELDA で作れない。ボイラーメーカーはライセンスがいる。(ローカルメーカーはマグマ、ピカス、アンコの 3 社。)そのような状況で既存のボイラーを改善しようとすると、新規に購入するよりも相当に高価なものになる。
- ・サバ州にある E F B 専用ボイラー(7.2MW、16t-steam/h)は、37 百万 R M である。(シンガポールのボイラーメーカー(テンキ社)から輸入したもの。エコセキュリティのケース)。炉の部分はドイツ製、その他の部分は中国で組み立てたもの。タービン(extracting turbine)は「新日本造機株」製。
- ・NEDO(川崎重工)のケースではボイラーは 60 百万 R M/基。

(5) FELDA の考え

- ・今 F E L D A で考えているのはパームオイルミル工場に隣接して、E F B とメタンガス専用(ボイラーで混焼)の発電・蒸気プラント(ボイラー+スチームタービン(extraction turbine))を建設して、蒸気と電気をパームオイルミル工場へ(蒸気は無料、電気は有料)余剰電力を TNB へ売る計画である。運営は子会社形式。パームミル工場の既存のボイラーとタービンは隣接工場のバックアップ用として供与する仕組み。
- ・CDM として考えるとメタン回収がお得なので、FELDA としてはこれとバイオマス発電をミックスさせて考えたい。

2 . 第 2 回打合せ

日 時 : 平成 14 年 1 月 24 日 (金) 10:30 ~

場 所 : FELDA 本社

出席者 : 中村 (エックス都市研究所) , Mr.Subash, 渡辺氏 (FELDA)

(1) Lepar Hilir および Cini3 の現地視察の結果について

- ・Lepar Hilir での PJ は、技術的な側面において TNB 側から売電量の上限を設定される可能性がある。(TNB 本部がソフトウェアで計算して、上限値を計算する。また他のミル等でのバイオマス発電のグリッド接続の可能性があることから、上限値の制限がある可能性が高い。)
- ・MEC の工場は既に一部操業を開始している。
- ・Cini3 での PJ は、コスト的にも持続可能な発展の視点(特に排水処理)からも CDM として非常に可能性が高いと考えている。
- ・Cini3 の POME の排出先になっている川は MENTIGA 湖に流入するため、汚濁源になっている関係で、現在 POME の再生利用の実験(10%程度)をやっている。
- ・当初は、Cini3 からパイプラインを引っ張ってパハン川への POME の排出を考えていたが、コスト面で難しいので、バイオマス発電に伴う POME の処理技術の導入で何とか対応したい。
- ・TNB のディーゼル発電は通常の発電よりもコスト高になっており、TNB 側が良い条件で買電してくれる可能性が高い。

- ・ Cini3 での PJ は、EFB の発電プロジェクトと比較するとコスト的に安価格完全に商業ベース（投資と市中銀行からの借り入れ）として考えており、ODA の導入は考えていない。
- ・ ODA は条件が多く、運用面で柔軟性に欠けると、CDM として追加性の問題がある。
- ・ スバッシュが PTM(Pusat Tenaga Malaysia: Malaysia Energy Center)のミーティングで Cini2 の PJ が温室効果ガスの削減と地域環境の保全に資するものであり、CDM 事業として良い投資を呼び込めそうな環境にあることを発言したとのこと。

(2) エネルギーバランスについて

- ・ スチームタービンの後ろにレシーバーがあり、ここで蒸気が足りなければ、タービンを通らず直接レシーバーに入る仕組みになっている。ただし量は少ない。
- ・ スチームタービンの効率率は 30%程度である。
- ・ 23t-steam/kwh (22-25) は新しいタービンの値である。古いタイプは 30 t-steam/kwh 程度であったが、既に新しいタービンはどの工場にも導入されている。
- ・ 最近購入したバックプレッシャータービンの価格は 1.8MW で 630,000 R M/基である。この価格には electric governor control (電子自動制御) のオートメーション機能も含まれている。ドイツ製のタービンである。Single-stage turbine で、multi-stage ではない。
- ・ EFB を利用しない限り、余剰電力は創出できない。
- ・ サバ州の EFB 用ボイラーは、理論上カロリー計算では 30t-EFB/h(wet)、でも実際にはまだ運転していないでわからない。このケースは蒸気を供給するタイプだが、供給しないタイプでは 22t-EFB/h(wet)程度である。

(3) POME 発生率について

- ・ FELDA では t-EFB/t-POME を利用する。理由としては CPO は収率が変化するためである。
- ・ t-EFB/t-POME は 0.7~0.8 と考えている。
- ・ FELDA としては Cini2 と Cini3 が近いことから、これらの POME を一箇所に集めてバイオガス発電をすればコスト的にもより合理的になるのではと考えている。(TNB のディーゼル発電施設を全部代替することが可能ではないか。)

(4) 環境アセスメントについて

- ・ FELDA ではバイオガス、バイオマス発電の EIA を実施したことはない。
- ・ 環境基準法(Environment Act)については情報があるので、提供する。

(5) EFB の輸送について

- ・ EFB の輸送コストは、FELDA の輸送会社 (FELDA Cargo) を利用したサバ州のケースで 15RM/t (50km 程度の場合)

(6) TNB との関係について

- ・ 旨く行けば MOU を今月末までに結ぶ予定。
- ・ FELDA としては 10 のポテンシャルサイトがあると TNB に伝えてある。TNB はそのうちの 3 つは興味を示すであろう。
- ・ 3 つのサイトは MOU が結ばれるまでは、決まらない。MOU には 10 のサイトが含まれており、クアantan地区の Lepar Hilir もそのうちのひとつ。
- ・ Cini2 の PJ については、PTM の Dr. Zamzam が大変興味を持っており、PJ を進めたいと考えている。(TNB のディーゼル発電では売電コストが高くついており、PJ によって代替される可能性が高いこと)
- ・ FELDA は TSPL (TNB の子会社 : 送配電セクション) とも MOU を結ぶ予定である。
- ・ MOU が結ばれれば、PJ の実施に向けてスピードアップする。

(7) 再植樹について

- ・ 一つの区画 (通称 : スキーム、平均 5,000ha) を一度に全部植え替える。ミルは通常は 4 ~ 5 のスキームを持っている。
- ・ 現在はまだ一期目である。

TNB社へのヒアリング

日 時：平成 15 年 1 月 17 日（金）15:30～

場 所：TNB 本社

出席者：藤曲氏（東電設計）、中村（エックス都市研究所）、Mr. Zaharuddin TajulArus ら 3 名（TNB の送電・配電セクション）、Mr. Tengku Azhar（TNB の電力調達セクション）

（ 1 ）買電の条件について

- ・再生可能エネルギーの購入上限は 10MW
- ・グリッド接続に関する TNB のスコープは、33to11kV。10MW 程度の発電であれば 11kV で十分であろうと考えている。
- ・TNB グリッドまでは発電者側の責任。
- ・TNB としては価格が安ければベター。ただし、遠隔地や TNB が配電するにはコスト高になりそうな地域ではプレミアム価格（0.16RM/Kwh）以上で購入することも可能。
- ・重要なのはインターコネクションポイント（変電所）がどこにあるかと送電ロス（発電施設と変電所までの距離）がどの程度であるかである。
- ・送電線の整備コストは 10～20 万 RM/km である。

（ 2 ） FELDA との関係について

- ・コタティングで TNB と FELDA の共同の F/S が実施され、それに基づいて TNB と FELDA との包括的な MOU を協議している。（現在、協議継続中である。FELDA の Azman によれば近いうち(soon)に MOU が結ばれる予定とのこと。ただしこの中身の詳細については余り言及したくない様子。）MOU が結ばれて、もし、発電がフィージブルと判断されるサイト（72 工場のうちのいづれか）があれば、TNB はコンサルタントサービスと、ベンチャー会社への資本出資（最大で 20%）の可能性がある。
- ・TNB としては、日本側と FELDA とプロジェクトの詳細を詰めて欲しい。

（ 3 ）ライセンス関連について

- ・発電に関する F / S の後に、Energy commission（政府機関）の、Mr. Jemeri に IPP としてのプロジェクト申請書を提出する必要がある。（プロジェクトプロファイル：ロケーション、発電量、グリッドとの関係などプロジェクトの詳細）その後、Energy commission から TNB に連絡がいき、TNB と発電主体との PPA（Power Purchase Agreement）の協議が始まる。
- ・発電事業者との PPA（Power Purchase Agreement）は、TNB の電力調達セクションが担当する。
- ・27 の IPP ライセンスが発行されているが、サバ、サラワク、半島マレーシア（これは TNB の子会社が IPP）の 3 つしか TNB は PPA を出していない。
- ・同じ会社、子会社だろうが、隣接する工場に売電するには、まず IPP のライセンス、さ

らに PPA が必要になる。

・ PPA のサンプルは、プロジェクトプロフィールが明確になった時点で、TNB から供与。



入手資料1 TNB社のグリッド(送電線網)

4.燃料消費(トン)表

項目	単位	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	備考	単位	出典	
総消費量	t/y	289	180	174	189	184	227	231	278	320	314	348	348	348	348	348	348	348	348	348	348				
NAH	kg/y	22,781	22,288	18,838	18,882	22,110	23,898	27,241	28,802	30,483	28,228	28,282	28,282	28,282	28,282	28,282	28,282	28,282	28,282	28,282	28,282	28,282	28,282	28,282	28,282
発電用(シナ+木)消費	tW	0.094	0.210	0.202	0.400	0.142	0.162	0.213	0.204	0.221	0.204	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240
発電効率		20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
発電量(定格)	tW	1,842	1,278	1,282	880	1,238	1,412	1,428	1,328	1,381	1,388	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348
燃料消費量(定格)	tW	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
発電量(平均)	tW	1,742	1,118	982	780	1,128	1,212	1,278	1,428	1,381	1,388	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348	1,348
燃料消費量	tW/y	10,281	6,828	6,082	4,798	6,828	7,488	7,828	8,828	8,281	8,288	7,828	7,828	7,828	7,828	7,828	7,828	7,828	7,828	7,828	7,828	7,828	7,828	7,828	7,828
二酸化炭素排出削減率	tCO ₂ /y	10,231	6,884	6,038	4,712	6,811	7,409	7,881	8,881	8,231	8,238	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778
燃料削減削減率	tCO ₂ /y	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
CO ₂ 削減率	tCO ₂ /y	10	0	1	6	8	10	10	12	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
燃料消費削減率(平均)	tCO ₂ /y	10,744	7,242	6,242	4,712	6,811	7,409	7,881	8,881	8,231	8,238	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778	7,778

5.固定燃費削減率削減率(CO₂)表

項目	単位	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023			
CO ₂ 削減率(平均)	tCO ₂ /y	15,442	10,222	9,282	7,222	10,122	11,822	12,222	14,422	15,222	14,222	14,222	14,222	14,222	14,222	14,222	14,222	14,222	14,222	14,222	14,222	14,222	14,222	
CO ₂ 削減率(燃料)	tCO ₂ /y	3,821	1,821	1,822	1,122	1,822	2,222	2,222	2,222	2,222	2,222	2,222	2,222	2,222	2,222	2,222	2,222	2,222	2,222	2,222	2,222	2,222	2,222	
CO ₂ 削減率(燃料)	tCO ₂ /y	10,224	12,222	10,222	6,222	11,222	14,222	14,222	17,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222
CO ₂ 削減率(燃料)	tCO ₂ /y	10,244	9,222	9,242	4,712	9,211	9,211	9,211	10,211	11,211	11,211	11,211	11,211	11,211	11,211	11,211	11,211	11,211	11,211	11,211	11,211	11,211	11,211	11,211
CO ₂ 削減率(燃料)	tCO ₂ /y	20,288	18,222	18,222	13,222	18,222	22,244	22,222	27,222	27,222	27,222	27,222	27,222	27,222	27,222	27,222	27,222	27,222	27,222	27,222	27,222	27,222	27,222	27,222

6.固定燃費削減率削減率(CO₂)表

項目	単位	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
CO ₂ 削減率(燃料)	tCO ₂ /y	15,442	25,222	24,212	41,222	52,222	62,212	72,222	82,222	102,444	122,222	142,222	152,222	172,222	192,222	212,222	232,222	252,222	272,222	292,222	312,222	332,222	352,222
CO ₂ 削減率(燃料)	tCO ₂ /y	3,821	4,222	4,242	7,222	9,222	11,222	12,222	14,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222	15,222
CO ₂ 削減率(燃料)	tCO ₂ /y	10,224	20,222	20,222	34,222	43,222	51,222	58,222	68,222	87,222	107,222	127,222	137,222	157,222	177,222	197,222	217,222	237,222	257,222	277,222	297,222	317,222	337,222
CO ₂ 削減率(燃料)	tCO ₂ /y	10,744	17,242	17,242	33,212	42,212	51,212	60,212	69,212	88,212	107,212	126,212	145,212	164,212	183,212	202,212	221,212	240,212	259,212	278,212	297,212	316,212	335,212
CO ₂ 削減率(燃料)	tCO ₂ /y	20,288	40,222	40,222	77,222	97,222	117,222	137,222	157,222	177,222	197,222	217,222	237,222	257,222	277,222	297,222	317,222	337,222	357,222	377,222	397,222	417,222	437,222