

# 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

## 報告書概要版

平成15年3月

(株) エックス都市研究所

# 目 次

第 1 章 調査の概要	1
1.1 今年度調査の目的	1
1.2 調査の内容	1
第 2 章 事業化検討の対象工場の選定	1
2.1 CDM事業の検討フレーム	1
2.2 対象工場の選定	2
第 3 章 ベースラインの検討	2
3.1 ベースラインの検討フレーム	2
3.2 FFB受入量の推計	3
3.3 メタン排出量の推計	4
3.4 化石燃料使用による温室効果ガスの推計	5
3.5 ベースライン排出量の推計	6
第 4 章 事業性の検討	7
4.1 事業性の検討フレーム	7
4.2 CDM事業の前提条件の設定	7
4.3 温室効果ガス排出削減量(CER)の推計	7
4.4 プロジェクトコストの積算	8
4.5 CER価格の試算	9
4.6 事業性の評価	13
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	13
5.1 CDM 事業計画案の作成	13
5.2 CDM 事業の実現化に向けた課題	15

# 第1章 調査の概要

## 1.1 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。

## 1.2 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。

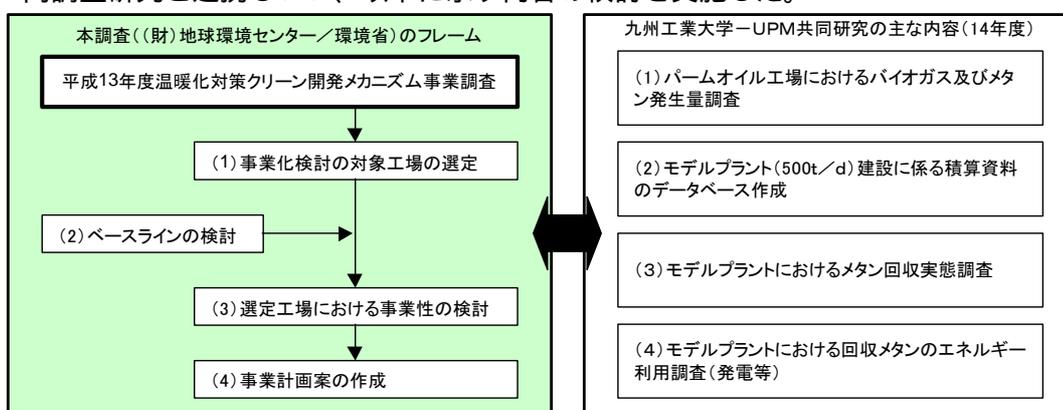


図1-1 今年度の調査フレーム

# 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、FFB (Fresh Fruit Bunch : 油ヤシ果房) を原料として、CPO (Crude Palm Oil : 粗<sup>o</sup>-<sup>o</sup>材<sup>o</sup>油) を生産しているが、その生産過程で副産物として繊維、殻、EFB (Empty Fruit Bunch : 油ヤシ空房) のバイオマスと、POME (Palm Oil Mill Effluent : <sup>o</sup>-<sup>o</sup>材<sup>o</sup>油<sup>o</sup>廃<sup>o</sup>液) からメタンが発生する。(図2-1 参照)

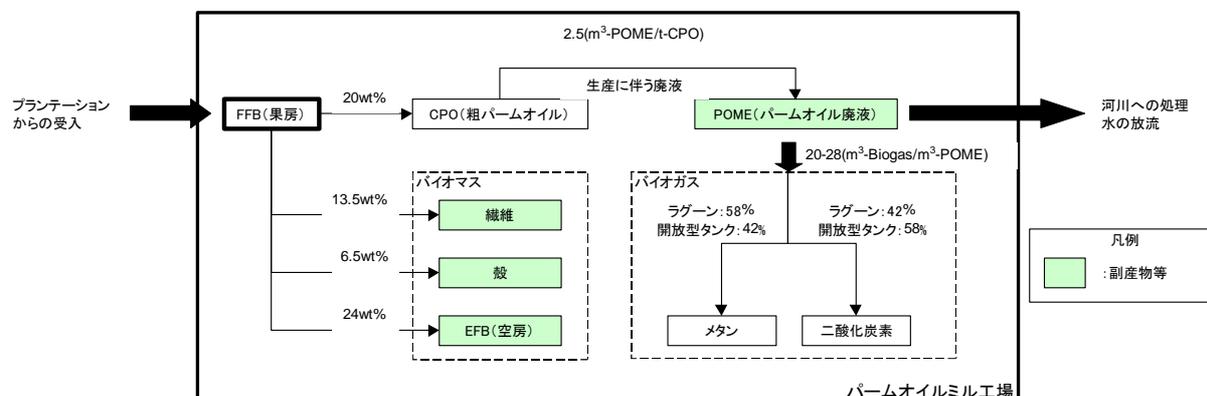


図2-1 パームオイルミル工場から発生する副産物等

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 CPO 生産プロセスに必要な蒸気と電気に利用されており、工場内の必要なエネルギー需要を満たしている。したがって、CDM 事業の主な対象副産物は、未利用である EFB とメタンが対象となる。

検討対象として想定する事業を表 2 - 1 に示す。

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

## 2.2 対象工場の選定

FELDA 社がマレーシア国内に所有する 72 のパームオイルミル工場の中から CDM 事業の対象とする工場を選定する。前節でのケース設定を踏まえて、対象工場の選定条件を電力会社への売電が可能であること、FFB の受入量が多いこと、の 2 つとした。

FELDA 社と協議を行った結果、上記の条件に合う工場の中からパハン州のクアンタン周辺にある Lepar Hilir 及び Cini3 を選定の優先場所として検討していくこととした。

## 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。

メタン発酵施設の導入がなかった場合の POME からのメタンガス発生量の推移

そのメタンガスを利用しなかった場合の発電による化石燃料の排出量の推移

EFB を利用しなかった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。

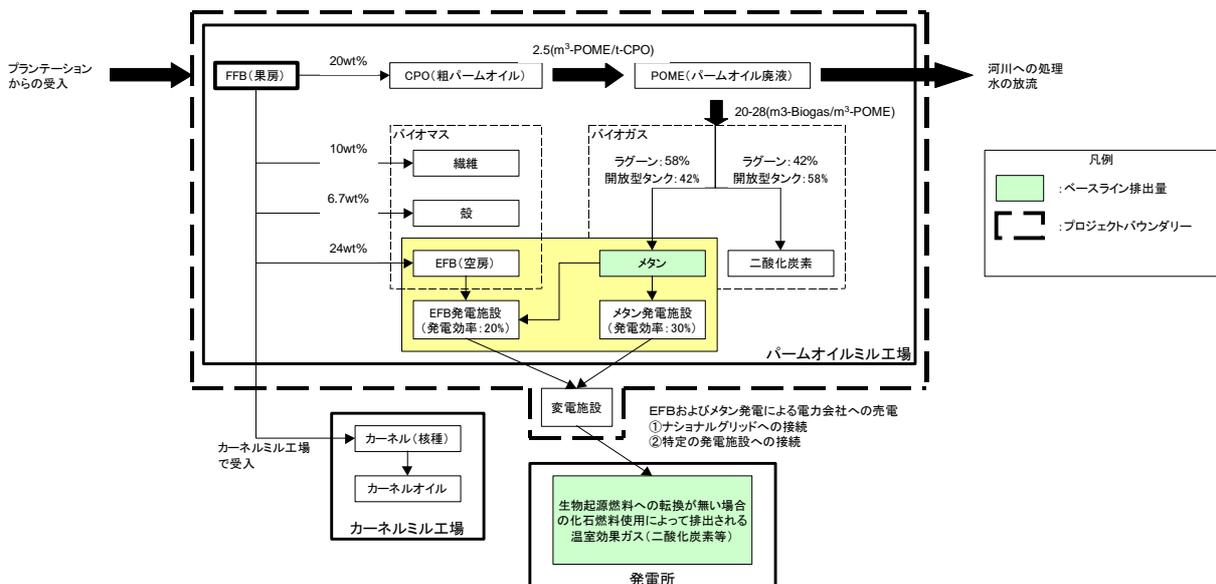


図 3 - 1 ベースラインの検討フレーム

### 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

FELDA 社では、植樹後の FFB の収穫量については、どのプランテーションのどのロット（小区画）においても同じ特性をもつものとして、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 FFB の収穫量予測を行っている。本調査では FELDA 社が採用している FELDA 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。

図 3 - 2 に Lepar Hilir 及び Cini3 における受入量の推計結果を示す。

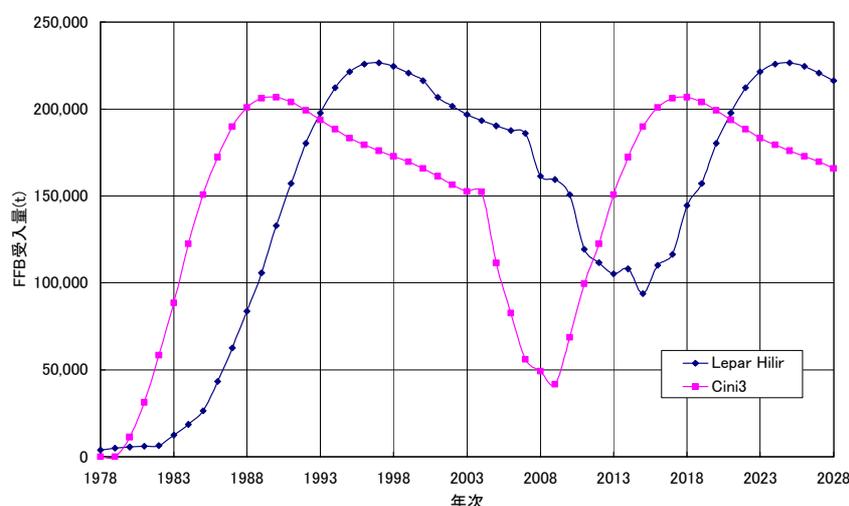


図 3 - 2 自社プランテーションのみの FFB の受入量（FELDA モデルによる予測）

#### (2) 他社のプランテーションで収穫した FFB の受入量

FELDA 社は、2002～2012 年までの FFB 受入予測値のみ公表しており、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 - 1 に Lepar Hilir、表 3 - 2 Cini3 における受入予測を示す。

表 3 - 1 FFB の他者からの受入予測（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）

表 3 - 2 FFB の他者からの受入予測（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）

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。

ただし、各ミル工場においては、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3-4参照) 図3-3および図3-4にLepar HilirとCini3におけるFFB受入量の推計結果を示す。

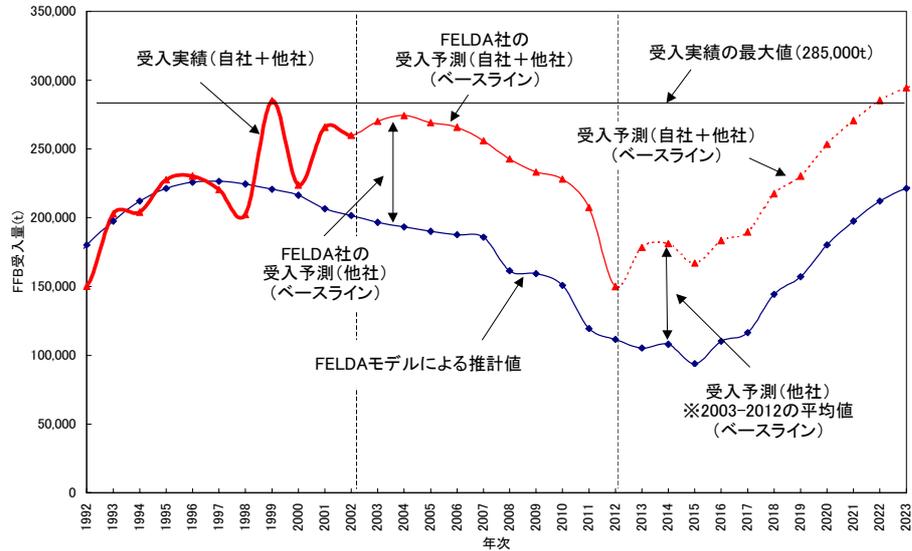


図3-3 FFBの受入予測(自社+他社)(Lepar Hilir)

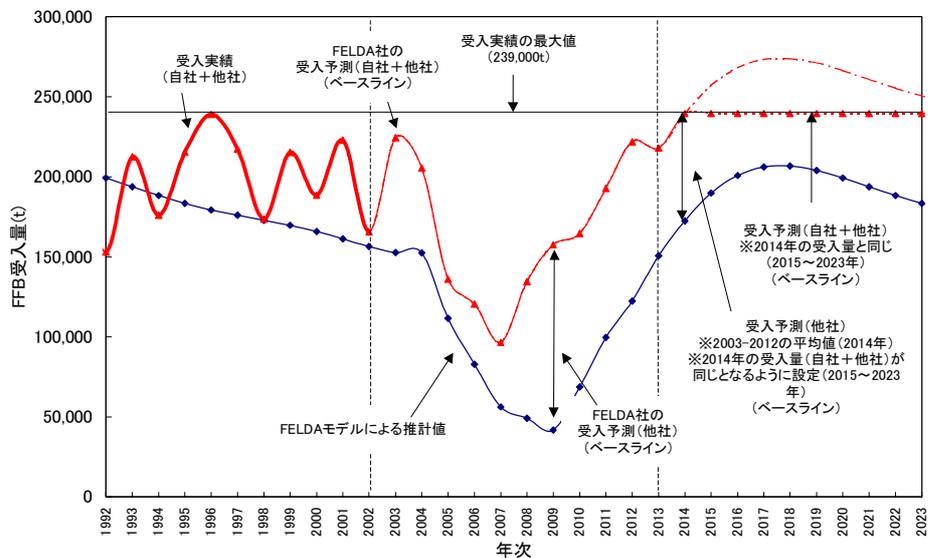


図3-4 FFBの受入予測(自社+他社)(Cini3)

### 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。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。

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

(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

0.5m<sup>3</sup>-POME/t-FFB (=2.5m<sup>3</sup>-POME/t-CPO × 0.2 t-CPO/t-FFB) を採用した。

2) POME からのバイオガス発生率

20 ~ 28 m<sup>3</sup>-Biogas/ m<sup>3</sup>-POME の平均値である 24m<sup>3</sup>-Biogas/ m<sup>3</sup>-POME を採用した。

3) バイオガス中のメタン含有率

今年度調査結果に基づいて、ラグーンでは 58%、開放系消化タンクでは 42%とした。

(3) POME の処理方式の検討

Lepar Hilir では、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した。Cini3 では、プロジェクト期間中にラグーンが開放系消化タンクに変更されるとして、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

(1) 発電施設への接続方法

Lepar Hilir では、TNB のナショナルグリッドの変電施設がミルから約 4km 地点に存在するこから、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 のディーゼル発電施設 (最大 3MW) がミルから約 2km 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。

表 3 - 3 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

表 3 - 4 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)

(2) 発電効率

ケース1 (メタン発電) の場合は 30%、ケース2 (EFB 発電) の場合は 20%、ケース3 (メタン + EFB 発電) の場合はケース2 と同様に 20%をとした。

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。

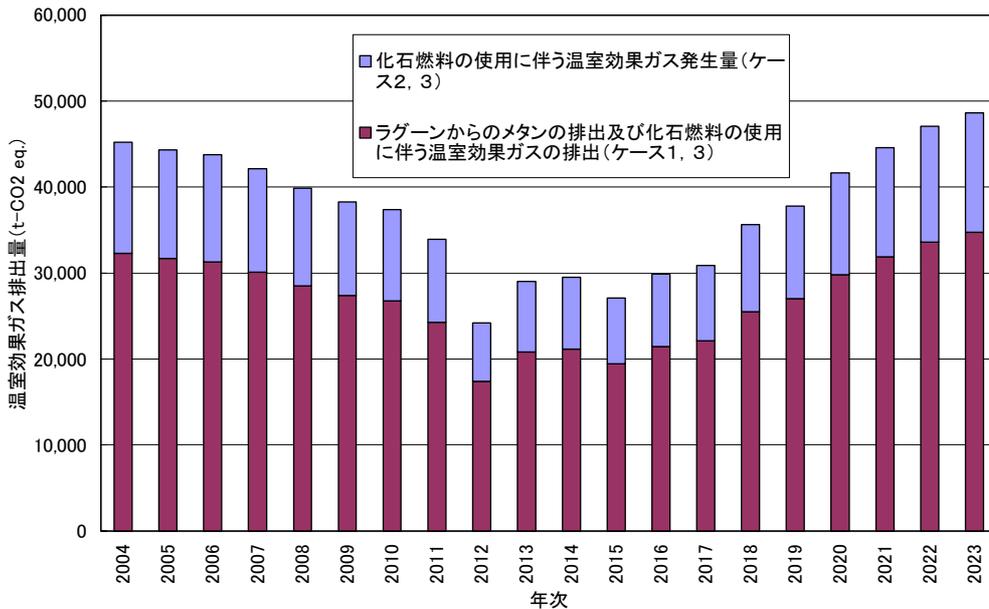


図3-5 ベースライン排出量 (Lepar Hilir)

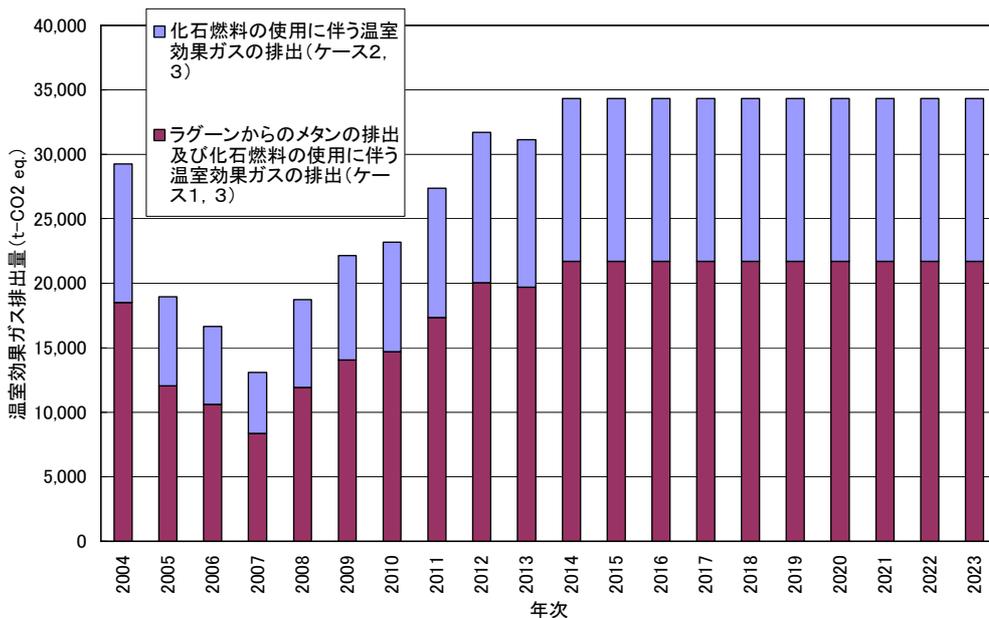


図3-6 ベースライン排出量 (Cini3)

## 第4章 事業性の検討

### 4.1 事業性の検討フレーム

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）
IRR	発電事業として15%（2004～2023年）

### 4.3 温室効果ガス排出削減量（CER）の推計

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。

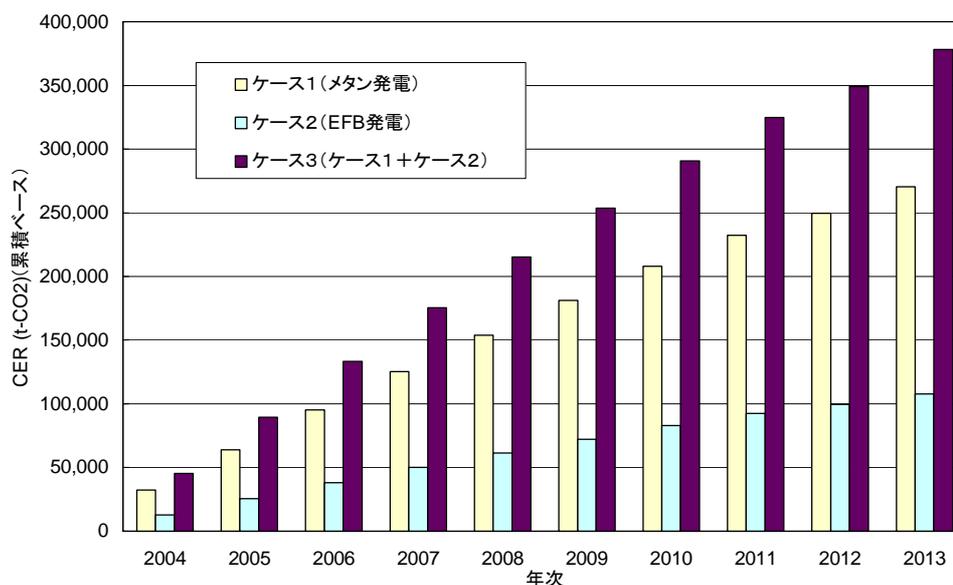


図4-1 CER (Lepar Hilir、10年間の累積ベース)

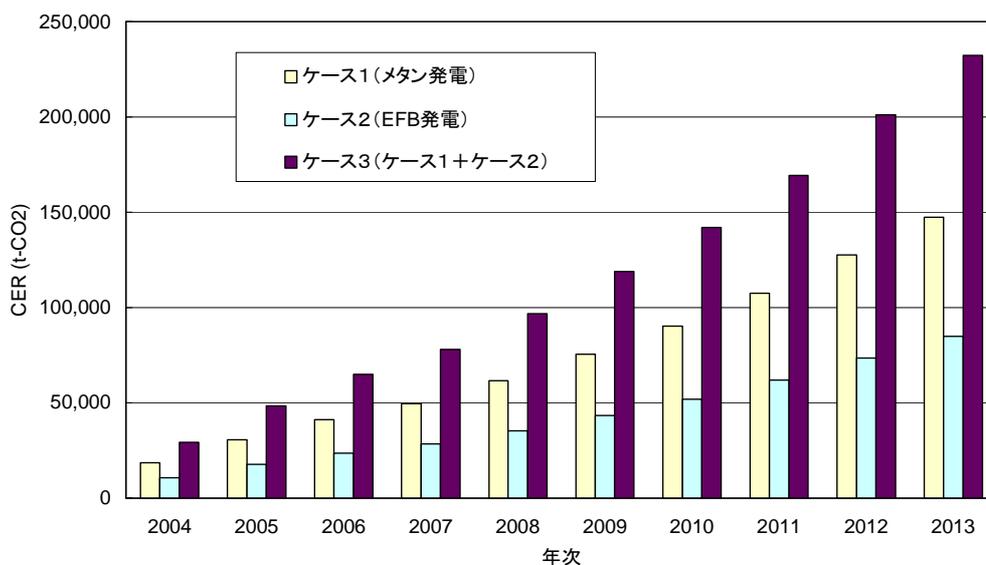


図4 - 2 CER (Cini3、10年間の累積ベース)

#### 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 <sup>3</sup>	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 <sup>3</sup>	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
E F B 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 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。

(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。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 <sup>3</sup> ×3基	-	3,000m <sup>3</sup> ×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)を達成するとした
		メタン回収・貯蔵施設	1,024	0	1,024				
		発電施設	490	0	0				
	EFB発電施設	0	6,495	7,219	-	1,500kW×2基	1,500kW×1基 2,000kW×1基	・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	
	送電設備	158	158	158	4km			・ミル工場から変電施設までの距離	
	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	・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 <sup>3</sup> ×3基	-	2,500m <sup>3</sup> ×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
		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	・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	
	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	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

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 価格を試算した。図4-3に算定方法の概略、表4-6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。

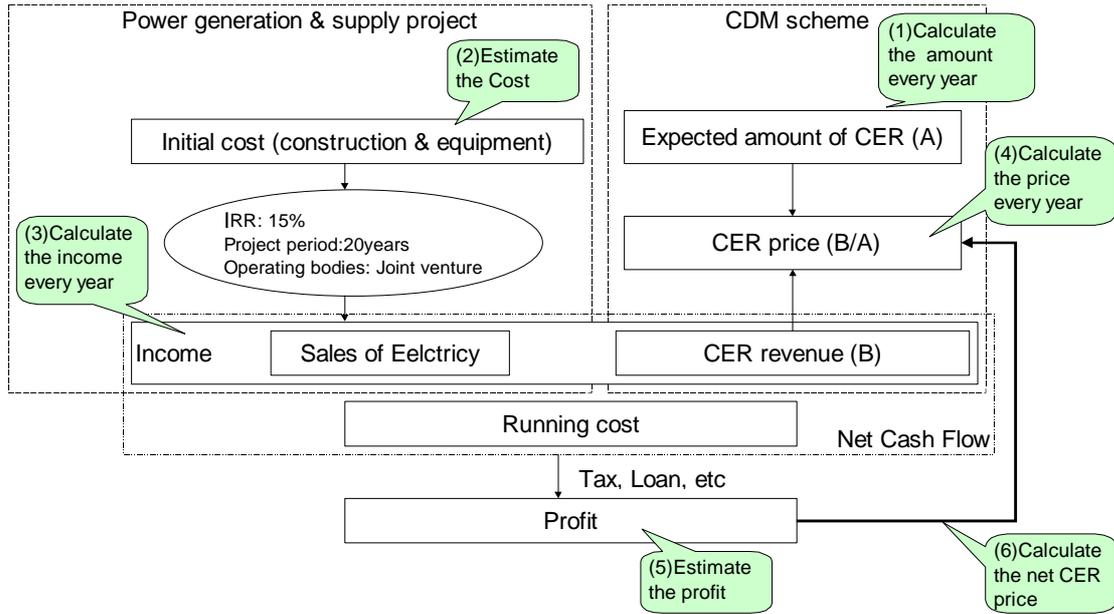


図 4 - 3 算定方法の概略

表 4 - 6 CER 価格

ケース名	ケース 1		ケース 2		ケース 3	
	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 <sub>2</sub> -t)	270,526	147,313	107,549	84,930	378,075	232,243
CER価格(b) (US\$/CO <sub>2</sub> -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 <sub>2</sub> -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 <sub>2</sub> -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 - 7 は、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。表 4 - 6 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 - 7 CER 価格 (FFB 量の増加)

ケース名	ケース1		ケース2		ケース3	
	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 <sub>2</sub> -t)	322,960	216,981	129,020	126,281	451,979	343,263
CER価格(b) (US\$/CO <sub>2</sub> -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 <sub>2</sub> -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 <sub>2</sub> -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

表4 - 8は、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 - 6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 - 8 CER 価格 (借入金利の低下)

ケース名	ケース1		ケース2		ケース3	
	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 <sub>2</sub> -t)	270,526	147,313	107,549	84,930	378,075	232,243
CER価格(b) (US\$/CO <sub>2</sub> -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 <sub>2</sub> -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 <sub>2</sub> -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 - 9 に示す。表 4 - 6 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いる。

表 4 - 9 CER 価格 (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	
	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 <sub>2</sub> -t)	322,960	216,981	129,020	126,281	451,979	343,263
CER価格 (b) (US\$/CO <sub>2</sub> -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 <sub>2</sub> -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 <sub>2</sub> -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。

表 4 - 10 CER 価格 (建設費の増加)

ケース名	ケース 1		ケース 2		ケース 3	
	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 <sub>2</sub> -t)	270,526	147,313	107,549	84,930	378,075	232,243
CER価格 (b) (US\$/CO <sub>2</sub> -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 <sub>2</sub> -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 <sub>2</sub> -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

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-CO<sub>2</sub>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-CO<sub>2</sub>程度と言われている。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-CO<sub>2</sub>程度と試算された。世界的に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。

## 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。

#### (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

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

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。ベースラインは、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。

#### (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-CO<sub>2</sub> eq.になる。

#### (9) 間接影響(正・負)

正の影響としては、温室効果ガスの排出削減効果以外に、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、他が考えられる。負の影響としては、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。

#### (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-CO<sub>2</sub> 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。

#### (11) モニタリング計画

##### 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。

(12) プロジェクトの持続可能性

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。

- 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

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 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

表 5 - 3 に事業化に向けたステップとスケジュールを示す。

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	実用化に向けた研究		モル施設建設		モル施設の運転・評価		事業化へ		

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

ベースラインについては FFB 生産量やバイオガス中のメタン含有率の変動の可能性について十分な調査が行えておらず説得力のあるものとはなっていない。メタンの排出量については、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ことから、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、広く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

現在、国際市場における炭素クレジットは 5US\$/t-CO<sub>2</sub> 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で事業化リスクを軽減することが必要である。

(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。

(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。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。