

平成 17 年度環境省委託事業

平成 17 年度 CDM/JI 事業調査

マレーシア・サバ州パームオイル工場  
バイオマス利用事業調査  
報告書

平成 18 年 3 月

北海道電力株式会社

## まえがき

本報告書は、財団法人地球環境センター（GEC : Global Environmental Center Foundation）から北海道電力株式会社（Hokkaido Electric Power Co., Inc.）が平成 17 年度事業として受託した CDM/JI 事業調査「マレーシア・サバ州パームオイル工場バイオマス利用事業調査」の結果をとりまとめたものである。

1997 年 12 月京都において国際連合気候変動枠組条約（UNFCCC : The United Nations Framework Convention on Climate Change）第 3 回締約国会議（COP3 : The 3<sup>rd</sup> Session of the Conference of the Parties to UNFCCC）が開催された。この会議では、二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素などの温室効果ガスによって地球温暖化が進行することを防止するため、先進国では「2008 年から 2012 年（第 1 約束期間）」の平均排出量を、1990 年レベルよりも少なくとも 5% 削減することを目標とした「京都議定書（Kyoto Protocol）」が採択され、我が国の削減目標は 6% となった。

京都議定書では目標達成方法に柔軟性を与える措置として、国際間の具体的なプロジェクトの実施を通じて温室効果ガスを分かち合う先進国間の「共同実施（JI : Joint Implementation）」、先進国と途上国とが協力して行う「クリーン開発メカニズム（CDM : Clean Development Mechanism）」、そして、排出権を市場取引する「排出権取引（ET : Emission Trading）」が決定された。我が国としてもこれらの制度を積極的に活用して目標を達成していくこととなっている。なお、我が国における京都議定書の国会承認は 2002 年 7 月に行われた。

一方、マレーシア政府は 1999 年 3 月に京都議定書を批准している。本調査は、マレーシア・サバ州においてパームオイル工場から排出される廃液処理の過程でメタンガスを回収し、これを燃料に発電を行い、得られた電力をサバ州電力会社へ売電するプロジェクトについて FS（Feasibility Study）を行い、将来の CDM プロジェクトに結びつけることを目的として実施したものである。

# 報 告 書

# 第 1 章

## 第1章 プロジェクトの基本情報

### 1. 1 マレーシアの概況

#### 1. 1. 1 地理・気候と宗教・言語

##### (1) 地理・気候

マレーシアは、図-1.1.1に示すようにアジア大陸最南端マレー半島の大部分を占める西マレーシアと、南シナ海を隔てて、東側に位置するボルネオ島（カリマンタン島）の北部を占める東マレーシアの2つの地域に分かれている。西マレーシアは、北緯6度43分～1度16分、東経104度17分～100度8分に位置し、北はタイ、南はジョホール水道を隔ててシンガポールと相対している。東マレーシアは、北緯7度25分～1度、東経119度20分～109度40分に位置し、南はインドネシアと接している。国土の総面積は、約33万km<sup>2</sup>（日本の面積の約90%）で、西マレーシアの約60%、東マレーシアの約80%が森林である。

人口は、2,380万人（2001年）でASEAN加盟国の平均人口5,257万人（2001年）の約半数である（表-1.1.1参照）。人口の約80%が西マレーシアに居住しており、首都クアラルンプールには約140万人が生活している。

気候は、海洋に面しているために年間を通じて高温多湿で降雨量も多い熱帯雨林気候となっている。年間平均気温は26～27°C、最高気温は32°C、最低気温は21°Cである（図-1.1.2参照）。季節の変化はほとんどないが、乾期（南西モンスーン期）と雨期（北東モンスーン期）があり、西マレーシアでは、5月～9月にかけて乾期、10月～2月は雨期で東海岸地方に多量の雨が降る。一方、東マレーシアのサバ州では雨期と乾期の別はあるものの、サラワク州では年間の変化がほとんどない多降雨地帯である。



図-1.1.1 マレーシア  
(出所：日本国外務省HP)

表-1.1.1 ASEAN 加盟国の国別人口  
(2001年)

順位	国名	人口（万人）
1	インドネシア	21,364
2	ベトナム	7,953
3	フィリピン	7,702
4	タイ	6,124
5	ミャンマー	4,832
6	マレーシア	2,380
7	カンボジア	1,227
8	ラオス	540
9	シンガポール	410
10	ブルネイ	35
平均	—	5,257

（出所：日本国外務省HP）

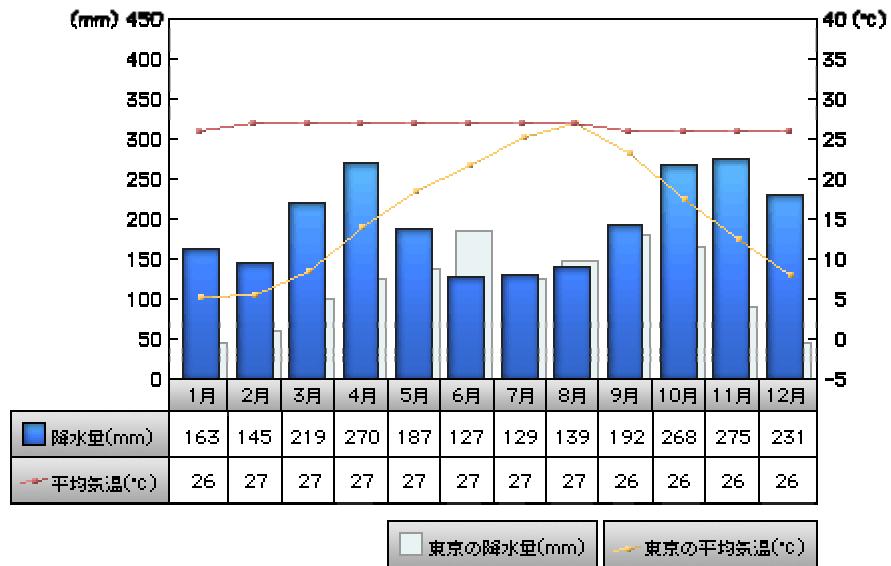


図-1.1.2 マレーシアと東京の降水量と平均気温

(出所：社団法人日本教育工学振興会 HP)

## (2) 宗教と言語

マレーシアは、マレー、中国、インドの文化・宗教が共存している。これは、19世紀イギリス植民地時代に錫鉱山の開発に伴い、中国やインドから多くの労働者や移民がマレー半島に導入されたためである。そのため、マレーシアの国教は「イスラム教」で、約60%の国民が信仰しているが、信仰の自由は認められており、表-1.1.2に示すように中国の仏教・道教、インドのヒンズー教、キリスト教などの宗教も信仰されている。

100年間以上もイギリスの統治下にあって以来、学校は全て英語教育が行われていたマレーシアだが、1957年の独立を機に憲法では国語がマレー語に変更された。そのため、今も年長者は英語を流暢に話せる。一方、日常生活の中では中国系は福建語・広東語・北京語、インド系はタミール語を用いている。

表-1.1.2 マレーシアの宗教

宗教	全体 (%)
イスラム教	60.4
キリスト教	9.1
ヒンズー教	6.3
仏教	19.2
その他中国宗教	2.6
地方宗教	0.8
その他	0.4
無宗教	0.8
不明	0.3
合計	100.0

(出所：Department of Statistics

Population Census 2000)

## 1. 1. 2 政治概況

マレーシアは、首都クアラルンプールをはじめとし、3つの連邦直轄地（ラブアン島、プトラジャヤ）と、西マレーシア11州、東マレーシア2州の計13州からなる。西マレーシアのマラッカ州およびペナン州を除く9州には、世襲によりスルタン（首長）が存在し、

スルタン会議の互選によってマレーシア国王（元首）が選出される。国王の任期は5年で、国王の下に立法、行政、司法の三権が分立している。

国会（連邦議会）は、上院と下院から成り、議院内閣制を採用している。上院は70議席で、内26議席は各州議会から選出され、残り44議席は国王によって任命される。下院は219議席で、国民の直接選挙により選出され、法案の否決権を有するなど、上院より大きな権限がある。

首相は、下院において多数の信任を得ている議院から国王が任命する。現首相は、2003年10月31日、当時副首相であったアブドゥラ氏が就任した。同氏は1981年7月から22年にわたったマハティール前首相の後を継ぎ、人材育成を柱とする知識集約型経済を目指すと述べる一方で、前政権が推進した大型プロジェクトを凍結し、農村新興や社会政策の充実などに軸足を移している。また、行政機関の抜き打ち検査を自ら行い、行政の効率化や汚職摘発にも積極的に取組んでいる。

マレーシアの行政政治体制を以下に示す。

- 政体 : 立憲君主制（議会制民主主義）
- 元首 : サイド・シラジュディン・サイド・プトラ・ジャマルライル国王（His Majesty Tuanku Syed Sirajuddin Syed Jamalullail）、第12代マレーシア国王、2001年12月13日即位。
- 首相 : アブドゥラ・アフマッド・バダウイ首相（Abdullah Ahmad Badawi）、第5代首相、2003年10月31日就任。
- 議会 : 2院制（上院：70議席、任期3年。下院：219議席、任期5年。）
- 政府 : 1府27省（表1.1.3参照）

1971年からマレーシアでは、ブミプトラ（マレー人及びその他原住民）の資本所有率の向上を目標に、雇用や教育面でブミプトラを優遇するブミプトラ政策を実施している。同政策に基づき、第3次長期総合開発計画（2001年～2010年）においては、ブミプトラの資本所有率を2000年現在の19.1%から2010年までに30%に引き上げることを目標に掲げている。一方、近年政府は、ブミプトラ政策の段階的縮小に着手していることを明らかにし、2002年の大学入学試験では、これまでの民族比率による入学者数割合制度を廃止し、成績主義による選考が行われた。

### 1. 1. 3 経済概況

マレーシアは、1997～1998年のアジア経済危機の影響から1998年の実質GDP成長率がマイナス7.4%を記録したが、翌1999年は5.8%、2000年は8.5%と回復した。その後、世界的な景気後退の影響から製品輸出が低下し、2001年は0.4%まで減速したものの、その間に行われた財政策の拡大や消費促進を柱とした新経済対策により、2002年は4.1%を記録した。

表-1.1.3 マレーシアの行政機関（2004年）

総理府	Prime Minister's Department
大蔵省	Ministry of Finance
国際貿易産業省	Ministry of International Trade & Industry
国内通産省	Ministry of Domestic Trade & Industry
外務省	Ministry of Foreign Affairs
農業・農業関連産業省	Ministry of Agriculture & Agro-based Industry
公共事業省	Ministry of Works
教育相	Ministry of Education
高等教育相	Ministry of Higher Education
運輸省	Ministry of Transport
情報省	Ministry of Information
一次産業省	Ministry of Primary Industries
エネルギー・水源・通信政省	Ministry of Energy, Water & Communication
人的資源（労働）省	Ministry of Human Resources
内務省	Ministry of Home Affairs
国内治安省	Ministry of Internal Security
国防省	Ministry of Defense
住宅・地方政府省	Ministry of Housing And Local Government
保健省	Ministry of Health
青年・スポーツ省	Ministry of Youth & Sports
企業家・協同組合開発省	Ministry of Entrepreneurial & Cooperative Development
観光省	Ministry of Tourism
農園・一次産業省	Ministry of Plantation Industries & Commodities
地方・地域開発省	Ministry of Rural & Regional Development
芸術・文化・遺産省	Ministry of Arts, Culture and Heritage
女性・家族・社会発展省	Ministry of Women, Family and Community Development
科学・技術・革新省	Ministry of Science, Technology and Innovations
天然資源・環境省	Ministry of Natural Resources & Environment
連邦直轄地省	Ministry of Federal Territories

2003 年以降のマレーシアの主要経済指標を表-1.1.4 に示す。2004 年の実質 GDP 成長率は 7.1% と好調だったものの、第 1 四半期 7.8% と第 2 四半期 8.2% に比べ、第 3 四半期 6.7%、第 4 四半期 5.6% と後半減速した。これは、エレクトロニクス関連需要が第 2 四半期をピークに減速したことが要因と見られている。一方、輸送機器や化学・同製品が伸びたほか、民間消費や観光などサービス業も好調だった。2005 年は原油価格の高騰などで、5.0 ~ 6.0% の成長が見込まれている。

2004 年の貿易額は、過去最高の約 2,318 億 USD (約 26.5 兆円) を記録し、前年比は 23.3% 増を示した。このうち輸出が前年比 20.8% 増の約 1,265 億 USD (約 14.5 兆円)、輸入が前年比 26.4% 増の約 1,053 億 USD (約 12 兆円) で、貿易収支はアジア通貨危機以降、7 年連続の黒字となっている。輸出では、主力品目である電気・電子製品のほか、機械・同部品や木材などが伸びを見せ、輸出先上位 3 ヶ国は、アメリカ、日本、シンガポールである。輸入では、中間財や資本財が増加し、輸入元上位 3 ヶ国は日本、アメリカ、シンガポールである。なお、中国は輸出・輸入とも第 4 位に位置している。

表-1.1.4 マレーシアの主要経済指標 (単位 : USD)

指標	2003 年	2004 年	2005 年予測
国民所得（1 人当たり）	3,905	4,352	4,470
実質 GDP 成長率	5.3%	7.1%	5.0~6.0%
貿易収支（国際収支ベース）	257 億 1,079 万	274 億 9,316 万	302 億 1,579 万
経常収支（国際収支ベース）	133 億 8,105 万	148 億 8,947 万	174 億 4,526 万
外貨準備高（年末）	448 億 5,600 万	667 億 1,400 万	—
対外債務残高	491 億 1,600 万	519 億 2,700 万	—
為替レート（1USD）	3.8 リンギット	同左	2005 年 7 月 21 日管理変動性へ以降

(出所 : 「Annual Report 2004」 中央銀行)

マレーシアと日本は、マハティール前首相が 2002 年 12 月に訪日した際に、日本との二国間 FTA を締結する用意があることを表明してから、両国間で協議を行っている。中川経済大臣（当時）が 2005 年 5 月 25 日にマレーシアを訪問した際に、両国が FTA 締結に向けて大筋合意し、2005 年中の締結を目指している。

#### 1. 1. 4 サバ州の概要

サバ州は、世界で第 3 目に大きい島であるボルネオ島の北東部に位置している。中央部を南北に走るクロッカーハイウェイ山脈が州を二分し、その北端に東南アジアの最高峰キナバル山（標高 4,095m）がそびえており平野は乏しい。面積は 73,711km<sup>2</sup> で北海道の面積（83,451km<sup>2</sup>）に近い。また、人口は約 290 万人で、州都コタキナバルには約 35 万人が在住している。同

州は地元の労働人口が不足していることから、隣国のフィリピンやインドネシアから多数の労働力を導入し、現在は約 70 万人が在住していると言わわれている。

気候は熱帯雨林気候で、年間平均気温は約 27°C、年間雨量は約 2,500mm、特に 11 月から 1 月にかけて北東モンスーンの影響で雨量が増えるが、雨季と乾季の区別は明瞭ではなく、年間を通して雨が降る。

宗教は、マレーシアの国教であるイスラム教が人口の約 35%を占める一方で、最も多いのがキリスト教で約 50%となっている。

国民生活では、一人当たりの GDP は 4,946RM(約 15 万円)、インフレ率 0.8%、失業率 5.4%となっている。

図-1.1.3 にサバ州の政府組織図を示す。サバ州では、マレーシア政府により任命された州王が置かれ、州政府の権限は、連邦憲法により制限されているものの、独自の入国管理を許すなどの憲法上の特権が与えられている。

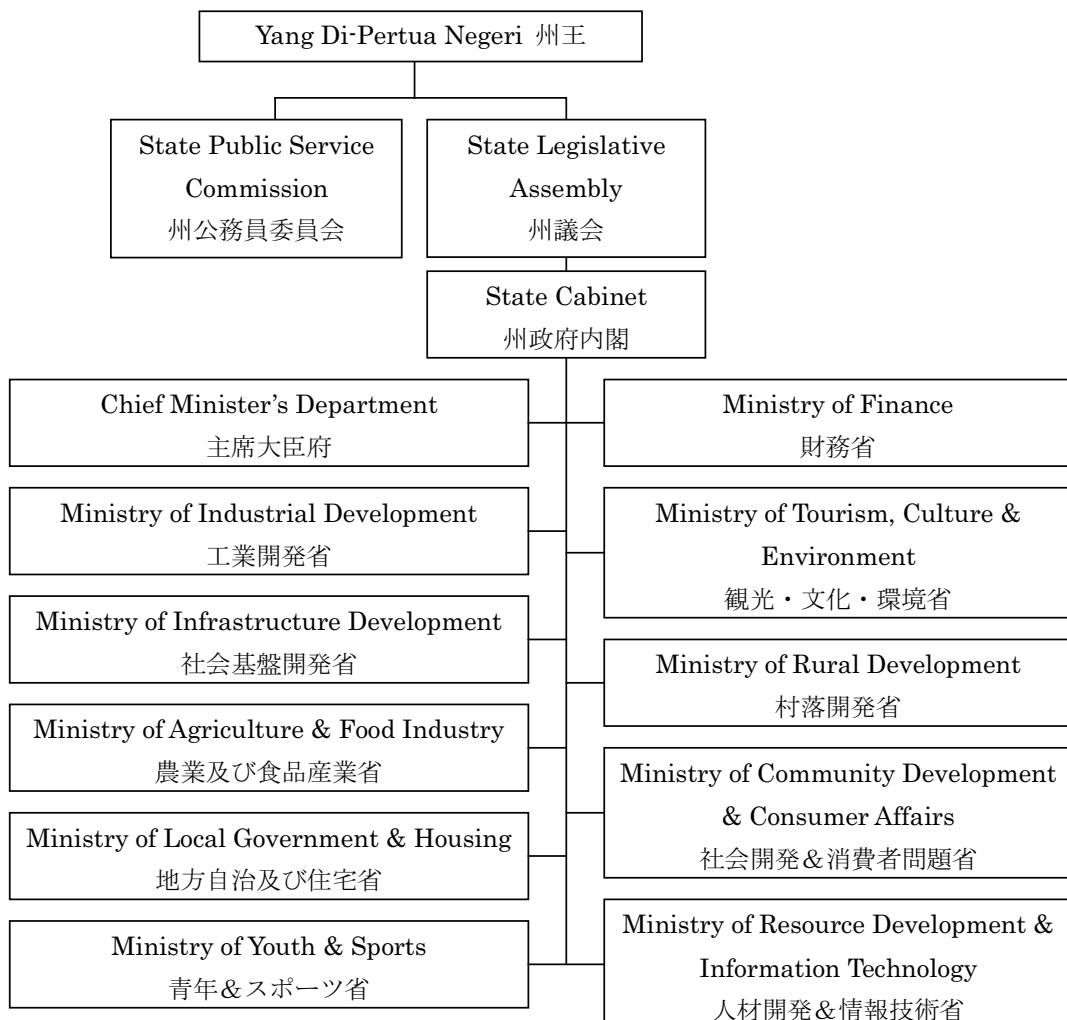


図-1.1.3 サバ州政府組織図

サバ州は、基本的にパームオイルを中心とする農林産業、石油を中心とする鉱業が主力産業となっている。2003年のサバ州経済は実質GDPが138億RM(1RM=3.8USD)で6.3%の経済成長を達成した。農林産業部門が31.2%を占め、州経済を支えてきた木材産業は原材料不足に直面し、停滞する一方でパームオイル産業が伸びを見せている。鉱業部門は12.6%を占め安定傾向にあるが、サバ州沖でガス田が発見されたことから、今後増加することも考えられる。

## 1. 2 エネルギー事情

### 1. 2. 1 エネルギー資源

マレーシアは、石油、天然ガス、石炭といった資源に恵まれており、エネルギー資源の開発と利用は、外貨の獲得と産業化に寄与しており、エネルギーはマレーシア経済の主要な構成要素となっている。1998年時点の天然資源の埋蔵量は、石油が34億バレル、天然ガスが82兆5,000億立方フィート、石炭が14億8,310万トンとなっている。しかしながら、石油については、十数年後には枯渇すると予想されている。

表-1.2.1 マレーシアのエネルギー埋蔵量(2001年12月現在)

	マレー半島	サワラク州	サバ州	計
石油 (億バレル)	19.2	8.5	6.2	33.9
天然ガス (兆立方フィート)	33.7	40.8	8.0	82.5
石炭 (百万トン)	17.0	1,228	238	1,483

(出所：National Energy Balance Malaysia 2000.)

表-1.2.2 エネルギー輸出(単位：石油換算千トン)

	1990年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年
原油	21,902	18,518	16,859	16,022	16,626	16,274	10,036
LNG	8,686	10,790	15,251	16,396	16,429	15,445	16,633
天然ガス	0	1,474	1,474	1,340	1,444	1,177	1,198
計	30,588	30,782	33,584	33,758	34,499	32,896	27,867

(出所：National Energy Balance Malaysia 2000.)

国内エネルギー生産量(石油換算)に占める石油の割合は、1980年に93%であったのが、1999年には51%と大きく低下している。これに対して、天然ガスは、5%程度から45%へと増加しており、石油から天然ガスへの転換が急速に進んでいる。

表-1.2.3 国内エネルギー生産量の推移(単位：石油換算千トン、%)

	1980年	1990年	1999年
石炭	—	70(0.1)	67(0.1)
石油	14,239(93.3)	31,204(66.5)	37,286(50.8)
ガス	703(4.6)	15,483(33.0)	32,942(44.9)
水力	312(2.0)	365(0.8)	647(0.9)
計	15,254(100.0)	46,942(100.0)	73,441(100.0)

(出所：OECD Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries)

1993年におけるマレーシアのエネルギー生産量は、一次エネルギー供給量の約1.7倍となっており、エネルギー生産の40%を輸出している。石炭は輸入量が勝るもの、石油は生産量の43%に当たる石油換算で16百万トン(Mtoe)を、ガスは生産量の47%に当たる15Mtoeを輸出している。一次エネルギー量に占める燃料の割合は、石炭2%、石油50%、ガス39%、水力2%となっている。

エネルギー消費は、1998年のアジア経済危機時には前年を下回ったものの、その年以外は概ねGDPの伸び率を上回る勢いで順調に伸びている。

また、部門別の最終エネルギー消費動向については、近年、輸送部門の消費の占める割合が徐々に伸びており、産業部門を抜き最大となっている。

表-1.2.4 部門別最終エネルギー消費(単位：石油換算千トン、%)

	1996年	1997年	1998年	1999年
産業	10,324(39.1)	11,073(40.0)	11,319(41.9)	11,259(39.6)
輸送	8,792(33.3)	9,167(33.4)	9,792(36.2)	11,392(40.1)
その他	5,072(19.2)	5,416(19.7)	5,288(19.6)	5,182(18.2)
うち家庭用	3,569(13.5)	3,690(13.4)	2,965(11.0)	3,135(11.0)
非エネルギー使用	2,187(8.3)	1,781(6.5)	614(2.3)	579(2.0)
計	26,875(100.0)	27,437(100.0)	27,013(100.0)	28,412(100.0)

(出所：OECD Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries)

## 1. 2. 2 電力事情

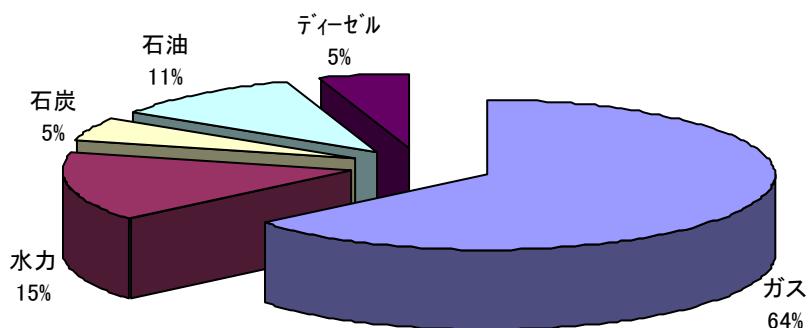
### (1) 電力需給

2000年におけるテナガ・ナショナル(TNB)、Sabah Electricity Sdn. Bhd.(SESB)及びサワラク電力供給会社(SESCO)の三事業者の合計最大電力量は、10.6GWであったのに対し、総発電容量は14,773MWとなっている。発電容量及び発電電力量の事業者別内訳、発電容量の電源別内訳を以下に示す。

表－1.2.5 発電容量と発電電力量(2000年)

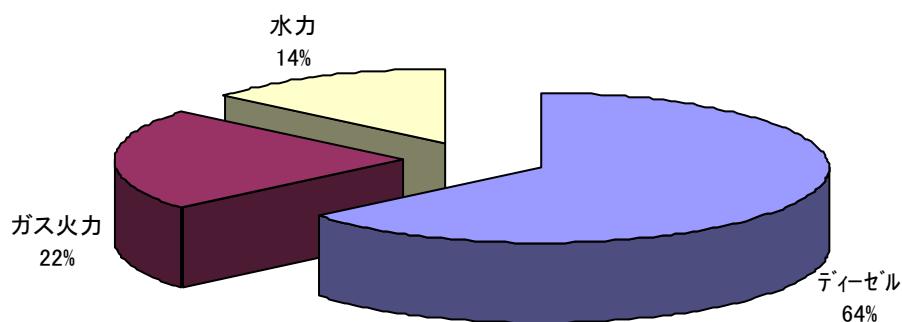
	発電容量(MW)	発電電力量(百万 kWh)
TNB	7,170	34,630
SESB	472	1,060
SESCO	551	3,350
IPP	5,090	29,060
商業用コージェネ	550	1,290
自家消費用コージェネ	220	760
自家発	720	950
計	14,773	71,100

(出所：Statistics of Electric Supply Industry in Malaysia)



図－1.2.1 発電容量の電源別内訳

(出所：Statistics of Electric Supply Industry in Malaysia)



図－1.2.2 サバ州における電源別内訳

(出所：Statistics of Electric Supply Industry in Malaysia)

また、販売電力量の用途別構成比は、工業用 53%、商業用 28%、家庭用 18%となっており、さらに、需要家数 560 万軒の内訳は、家庭用 84%、商業用 15%、工業用 0.5%となっている。一方、サバ州における SESB の発電容量(2000 年)は、472MW であり、その電源別内訳は以下のとおりとなっている

主な発電所には、Tenom Pangki 水力(66MW)とガス火力(104MW)のほか、59 箇所のディ

一ゼル発電と 6 箇所の小水力がある。また、ガス火力と石炭火力からなる 5 件の IPP が運転しており、その発電容量は 304.4MW であり、SESB に売電している。

## (2) 送変電設備

### ①マレー半島

マレー半島全域に、TNB の送電設備が敷設されている。送電系統は、66kV、132kV、275kV 及び 500kV から構成されており、1987 年に半島を周回する 275kV リンクが完成している。送電線は、半島北部でタイ国発電会社(EGAT)と 132kV の送電線で連係しており、この連係線の送電容量は 117MVA となっている。一方、南部では、容量 240MVA の 230kV 海底ケーブル 2 回線を介してシンガポールの系統と接続している。

### ②サバ州

サバ州では、西岸に唯一の送電網(West Coast Grid)がある。2000 年末の送電線亘長は 620km となっており、電圧 132kV と 66kV の送電線で構成されている。そのうち、Labuan と Beaufort を結ぶ 166km の送電線(LBI : Labuan-Beaufort Interconnection)は、29km の海底ケーブル部分を含み、民間が所有している。東岸に送電網は存在しないが、サンダカンなどの主要都市を結ぶ 275/132kV 送電線が 1998 年から建設されている。

また、SESB は北部地域の成長を促進させるため、州都コタキナバル、Kota Belud、Kota Marudu、Kudat を連係する電圧 275kV/132kV の送電線建設を計画している。さらに、SESB は、東岸と既存の西岸の送電網を接続する送電プロジェクトを計画しており、この完成は、SESB の経済的な電力供給に役立つものと期待されている。

## (3) 配電設備

マレーシアでは、配電電圧として 33kV、11kV、6.6kV、及び 415/240V が採用されており、2000 年の配電線亘長は、約 21.1 万 km に達している。半島部の配電業務は、TNB の子会社である TNB Distribution Sdn. Bhd. が実施している。供給信頼度に関しては、需要家一軒当たりの停電時間が 1975 年の 769 分であったものが、2000 年には 319 分へと大幅に削減されている。この減少は、ケーブルや接続部品の認可手続の強化、品質保証監査プログラムの実施などによるものである。

## (4) 地方電化

「第 7 次マレーシア計画(1995 年～2000 年)」では、総額 4 億 6,360 万リンギットが、地方電化プログラムに支出され、これにより、101,530 軒の家庭が新たに電化された。その内訳は、サバ州で 30,040 軒、サワラク州で 53,630 軒などとなっている。さらに、1997 年に産業界から資金供与を受けて設立した電気供給産業信託(Electric Supply Industry Trust Account)の電化プログラムにより、マレー半島で、8,200 軒の家庭が更に電化され、第 7 次計画終了時におけるマレーシアの世帯電化率は、93%に達している。

表-1.2.6 地域別世帯電化率

	1995年	2000年	2005年
マレー半島	99%	100%	100%
サバ州	72%	79%	85%
サワラク州	67%	80%	90%
全国	92%	93%	95%

(出所 : The Eighth Malaysia Plan.)

### 1. 2. 3 エネルギー有効利用に関する政策

#### (1) エネルギー政策

1979 年に発表されたマレーシアのエネルギー政策は、供給、利用、環境の 3 点に関し、以下のように定めている。

- ①十分な供給を確保するため、固有の非再生及び再生可能エネルギー資源の開発を通じて、安全でコスト効率のよいエネルギーを供給する
- ②エネルギーの効率的利用を促進し、不経済で非生産的なエネルギー消費を削減する
- ③環境への負の影響を最小限にする。

これらの目標に基づき、開発 5 カ年計画が制定されている。

#### (2) 再生可能エネルギー

政府は、再生可能エネルギーを在来型エネルギー資源の保管するものとして注目しており、優先すべき再生可能エネルギー資源として、バイオマス、バイオガス、都市廃棄物、太陽光及び小水力を挙げている。

また、2005 年までに総発電容量の 5%に相当する規模の再生可能エネルギー電源の導入を計画している。この目標は、再生可能エネルギーを 5 番目の燃料と位置付けた政府の「5 大燃料政策(Five Fuel Policy)」に沿ったものである。

表-1.2.7 バイオマスエネルギー資源

	量 (千トン/年)	年間発電可能量 (百万 kWh)	発電可能容量 (MW)
糞穀	424	263	30
木材	2,177	598	68
パーム油かす	17,980	3,197	365
バガス	300	218	25
計	20,881	4,276	488

(出所 : National Energy Balance Malaysia 2000.)

再生エネルギーを促進させるために、マレーシア政府は優遇処置制度として SREP (Small Renewable Energy Power Programme) を 2001 年 5 月より導入している。同制度は、エネルギー委員会が所管しており、同機関から入手したガイドラインによると適用条件の概要は以下の通りである。

- ① SREP は、バイオマス、バイオガス、都市廃棄物、太陽光、小水力および風力などの再生エネルギーに適用する。
- ② プロジェクト開発者は、電力会社と直接交渉し、電力買取契約 (PPA) を締結する必要がある。
- ③ SREP のライセンスは 21 年間有効である。
- ④ プロジェクト実施者は、電力グリッドへの連結に伴う費用を全額負担する必要がある。グリッド連結の電圧階級は 11kV～33kV とする。
- ⑤ 発電地点は、グリッド連結地点予定から 10km 以内とする。ただし、水力発電に関してはこの限りではない。
- ⑥ 緊急停止時の供給義務はない。
- ⑦ 発電方式をコジェネレーションにすることで、特別な優遇処置を受けることができる。
- ⑧ グリッド連結可能な最大電力量は、発電出力 10MW 以下とする。
- ⑨ プロジェクト実施者は、発電設備を新設する場合、REPA (Renewable Electricity Purchase Agreement) 締結後、24 ヶ月以内に発電できる状態でなければならない。
- ⑩ プロジェクト実施者は、マレーシア政府環境局が定めた環境規制を遵守しなければならない。
- ⑪ プロジェクト実施者の資本構成は、最低 30%をブミプトラ（マレー人及びその他原住民）にする必要がある。また、外資は最大 30%とする。

## 1. 3 パームオイル産業の概況

### 1. 3. 1 パームオイル産業の概要

#### (1) パームオイル産業の概要

図-1.3.1 に過去 10 年間の世界の植物油生産量を示す。パーム油は世界で生産され取引される主要油脂(約 17 種類)の一つであり、大豆油に次いで世界 2 位の生産量である。

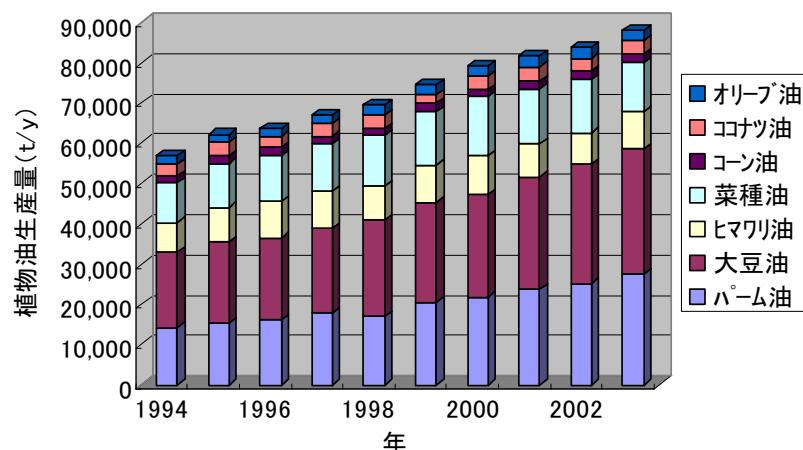


図-1.3.1 過去 10 年間の世界の植物油生産量 (t/y)

アブラヤシは油の含有量が最も多い油糧植物種であり、パーム油の単位耕作面積(ha)当たりの油の収穫量は 5,000kg で、他の油糧作物に比べても際立って多く、例えば大豆油(同 375kg/ha)の約 13 倍である(表-1.3.1 参照)。

マレーシアのパームオイル産業は、1875 年に西アフリカから初めて同国に導入されて以来大きく成長した。アブラヤシ(Oil Palm)は初め観賞植物として栽培された。初めて商業的に栽培されたのは 1917 年であるが、大規模栽培が行なわれるようになったのは 1960 年代になってからであり、それまで長い間天然ゴムが占めてきた地位を抜いて現在最も収益性の高い農作物となっている。2005 年現在でマレーシアは全世界の生産量の約 50%以上に相当する約 1,400 万トンを生産している。またマレーシアは世界最大のパーム油輸出国でもあり、2004 年現在で世界輸出の 63%に相当する約 1,300 万トンを輸出している。よってマレーシアは現在、生産・輸出で世界的に主導的地位にある。

マレーシアのパームオイル産業はその活動により次の様ないくつかの主要部門に分けることができる。

- ①プランテーション—アブラヤシの栽培とパーム果実房(FFB)の収穫
- ②パーム油工場—パーム果実房(FFB)を粗パーム油(CPO)とパーム核に加工
- ③パーム核油工場—粗パーム核油(CPKO)の抽出
- ④パーム油精製工場—精製、分留、下流製品の生産
- ⑤バラ積み施設—パーム油製品の貯蔵および世界の輸入国への出荷

表－1.3.1 油糧作物の単位耕作面積当たりの油収率

(出所 : Journey to Forever HP)

油種	単位耕作面積当たりの油収穫量 (kg·oil/ha)
<b>Oil palm</b>	5,000
Coconut	2,260
Avocado	2,217
Brazil nuts	2,010
Macadamia nuts	1,887
Jatropha	1,590
Jojoba	1,528
Pecan nuts	1,505
Castor beans	1,188
Olives	1,019
Rapeseed	1,000
Opium poppy	978
Peanuts	890
Cocoa (cacao)	863
Sunflowers	800
Tung oil tree	790
Rice	696
Safflower	655
Sesame	585
Camelina	490
Mustard seed	481
Coriander	450
Pumpkin seed	449
Euphorbia	440
Hazelnuts	405
Linseed (flax)	402
Coffee	386
<b>Soybean</b>	<b>375</b>
Hemp	305
Cotton	273
Calendula	256
Kenaf	230
Lupine	195
Oats	183
Cashew nut	148
Corn (maize)	145

マレーシアのパームオイル産業はこの30年間に急成長を遂げ、油脂の重要な供給源となつた。生産と輸出の急成長に伴い、苗木の販売からアブラヤシ製品の輸出に至るパームオイル産業の従事者数は急激に増加した。パーム油事業に従事する者はすべてMPOBの認可を得なければならない。これにはパーム油製品の販売、購入、圧搾、貯蔵、輸出入が含まれる。ディーラー、ブローカー、化学者、検査官も各々の活動に対して認可を得る必要がある。この認可の主な目的は、パームオイル産業に関連する活動のすべてを規制し、この産業に不利益となる不当行為をチェックし、生産・取引されるパーム油の品質を管理することである。

2000年に国内には約110のパーム油輸出・流通業者がおり、その大半はパーム油生産業者である。図-1.3.2にパーム油製品の一般的な流通経路を示す。

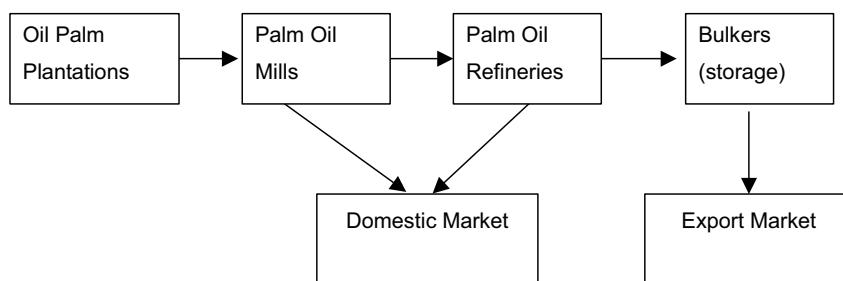


図-1.3.2 パーム油製品の流通経路

## (2) アブラヤシプランテーション

アブラヤシの栽培面積は、1960年は54,638ヘクタール(ha)にすぎなかつたが、1970年には261,199haにまで増加した。その後も増え続け1980年には1,023,306ha、1990年には2,029,464ha、2000年には3,376,664ha、2004年末の統計では3,875,327haとなっている。1960年代後期に栽培面積が急速に拡大したのは、政府が作物多様化計画でゴム栽培地のかなりの面積をアブラヤシに転換させたからである(図-1.3.3参照)。

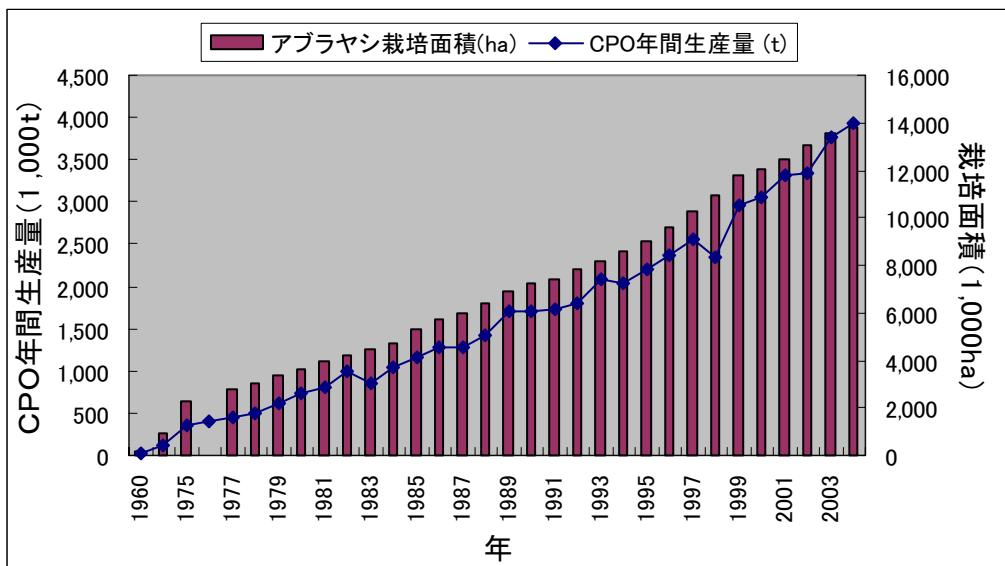


図-1.3.3 アブラヤシの栽培面積(ha)およびCPO年間生産量

(出所 : Department of Statistics, Malaysia/MPOB)

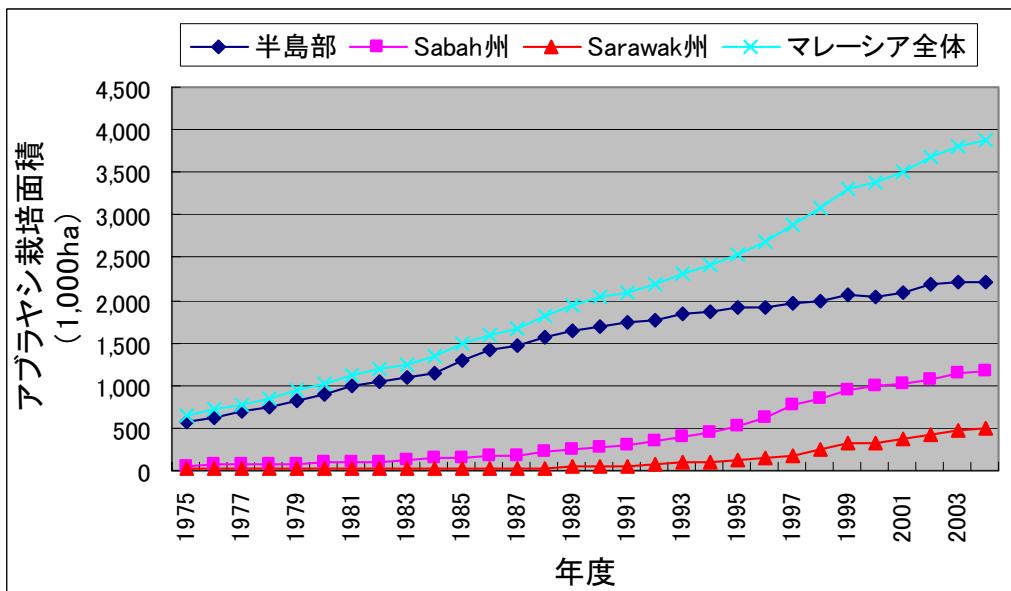


図-1.3.4 エリア別アブラヤシの栽培面積(ha)

(出所 : Department of Statistics, Malaysia/MPOB)

プランテーションにおけるアブラヤシの栽培から収穫までの生産プロセスは多岐にわたり、新耕地の場合であれば、「荒地の開墾と伐採—集積場の設置—整地—排水溝整備—運搬路整備—農園メンテナンス整備—苗木の育成、植え付け、施肥—植え替え、間引き、受粉作業—（育成3年後）収穫と運搬納入」のサイクルを繰り返す。

これらの実作業はそれぞれの作業ごとの専門業者への委託契約が一般的であり、各作業の賃金コストの積算がプランテーションコストとして FFB の原価ベースを構成し、パーム油製造工場への仕切り価格となる。

(3) CPO の生産及び供給現況

表-1.3.2 に過去 10 年間の CPO 生産量／パーム油製品輸出量と CPO 價格推移を、図-1.3.5 に過去 4 年間の CPO 價格の月間推移をそれぞれ示す。

表-1.3.2 過去 10 年間の CPO 生産量／パーム油製品輸出量と CPO 價格推移  
(出所 : MPOB)

年度	CPO 生産量 (1,000t)	パーム油製品輸出量 (1,000t)	国内渡し価格 (RM/t)
1995	7,811	6,656	1,472.50
1996	8,366	7,324	1,191.50
1997	9,062	7,609	1,358.00
1998	8,320	7,521	2,377.50
1999	10,554	8,964	1,449.50
2000	10,842	8,863	996.50
2001	11,804	10,600	894.50
2002	11,909	10,880	1,363.50
2003	13,350	12,270	1,544.00
2004	13,980	12,580	1,610.00

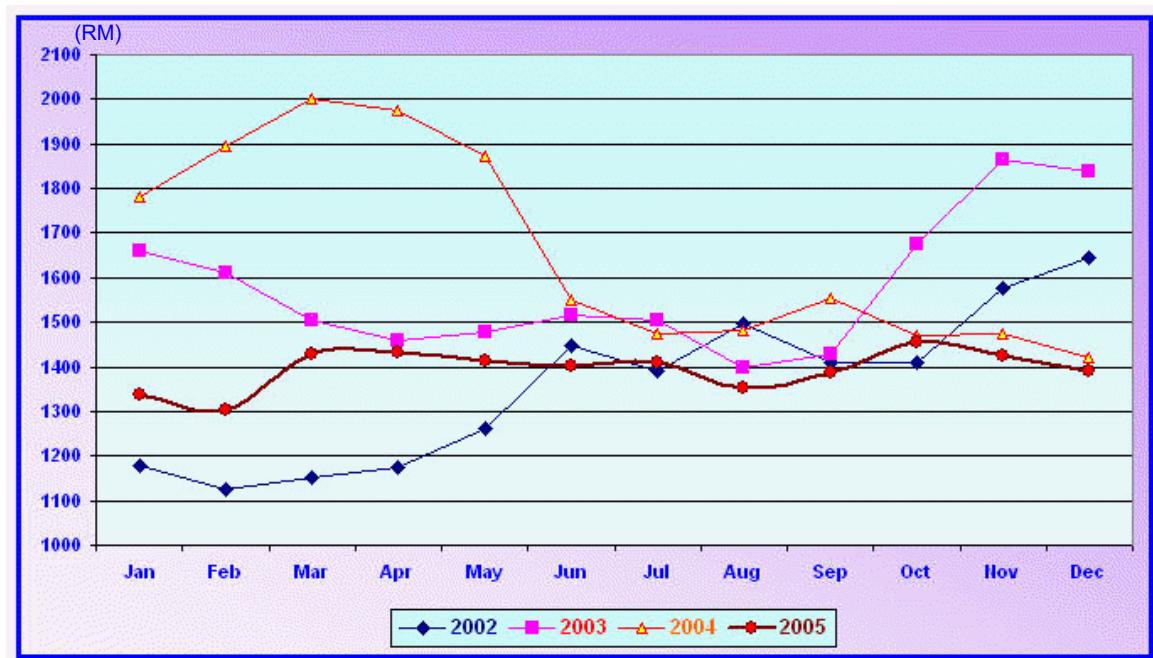


図-1.3.5 過去 4 年間の CPO 價格の月間推移

(出所 : MPOB)

アブラヤシ製品（パーム油、パーム核油、パーム核ケーキ、油脂化学製品、最終製品）全体の輸出は、2002年に前年比0.4%（約6万トン）の微増で1,468万トンであった（2001年は1,462万トン）。

マレーシアのパーム油の輸出は2002年現在2.5%（26万400トン）増の1,088万トンであった。主要輸出相手国は、中国（180万トン）、インド（170万トン）、EU（150万トン）、パキスタン（110万トン）、エジプト（50万トン）、日本（40万トン）である。この6ヵ国でマレーシアのパーム油輸出全体の65%を占める。輸出の伸びをもたらしたのはパーム油の価格競争力と政府の輸出税自由化、カウンタートレード奨励措置である。

2003年の生産高は1,335万トンで前年比12%増、輸出は1,227万トンであった。2004年の生産高は1,398万トンで前年比5%増、輸出は1,258万トンであった。生産高の増加は、アブラヤシの成木率向上とCPO搾油効率向上によるものであり、最大輸出国は中国であり280万トンであった。

CPOの年平均価格は、1998年のトン当たりRM2,378が最高値、1986年の同RM579が最低値であった。パーム油価格は1999年1月の約RM2,200から2001年2月にはRM700に下落したが、2002年にはアブラヤシ製品価格は著しい回復を見せ、CPOの平均価格も前年のRM894.50からRM1,363.50と52.4%急騰した。2002年のCPO月別平均価格の変動をみると、12月がRM1,645.50で最も高く、同2月がRM1,123.50で最も低かった。

2003年のCPO価格は、年平均で前年比13.2%増のRM1,544、同8月のRM1,868が最高値で市場の堅調さは底堅いままであった。2004年のCPO価格は、年平均でRM1,610とやはり前年を上回り、最高値は同3月のRM2,000.50であった。最安値の7月でもRM1,476で2003年平均を凌駕するほど、堅調な需要に支えられてきた。2005年のCPO価格は、RM1,300からRM1,450の間で推移した。

### 1. 3. 2 パームオイル産業の政策

#### （1）パームオイル産業に対する省庁の方針

パームオイル産業に直接的に関係する省庁は農園事業及び商品作物省（The Ministry of Plantation and Commodities）である。アブラヤシからの生成加工製品のうち、最大収率製品であるCPOは大豆油、菜種油、ココナッツ油とならんで国際相場商品である。そのためマレーシアのパームオイル産業が抱える最大の課題は、以下のとおりである。

- ①市況の安定化
- ②適正在庫バランス

これまで第一次産業省がパームオイル産業の基本政策（価格政策と農園計画）を管掌し、栽培技術の研究・開発、栽培技術指導、育成コンサルティングなどは同省の下部機関であるマレーシアパーム油研究所（Malaysia Palm Oil Board : MPOB）が担当し、パームオイル産業の関連産業団体の取り纏め役も務めている。

適正在庫バランスの緩衝手段を図ると同時に、既述のエネルギー政策課題の取り組み手段として、CPO を化石ディーゼル燃料(Fossil Diesel Fuel : FDF)の代替燃料としてバイオディーゼル燃料(Bio Diesel Fuel : BDF)に変換することにより用途拡大を図り、かつ大気汚染と CO<sub>2</sub> 排出削減に貢献しようという複数効果を実現する試みが MPOB を中心になされてきた。BDF を使用して 10 年におよぶ走行距離 12,000 km 以上のバスとトラックの実車走行テストのデータも同研究所によってまとめられている。

また CPO の BDF 利用促進、並びに CPO 工場よりのバイオマス資源である椰子房残渣(Empty Fruit Bunch : EFB)、纖維残渣(Fiber)、殻から(Nut Shell)などの資源利用促進などは旧第一次産業省の大蔵の対業者スピーーチやプレスリリースなどにおいても機会あるたびに表明されてきた経緯がある。

## (2) CPO 價格安定政策

現行の CPO 市況は 2002 年後半以後、食用油の世界市況の高騰、特に中国向け大豆油需要の急激な増加に伴う CPO の連動相場が続いているが、それでも 2005 年現在 RM1,300/t 台の推移を見ている。今後も当面は世界商品市況の安定需要を反映して急落相場の可能性は薄いと思われる。

マレーシア政府当局(農園及び商品作物省)は CPO の世界第 2 の供給国であるインドネシアに対し栽培技術の指導、協力を申し入れ、両国による CPO 供給量バランスの世界的適性バランスを図ろうとしており、その意味においてもマレーシア国内の、特に中小栽培農家(Small Holders)の育成と組織化、効率的経営の指導などの各種施策の検討が行われている。

## (3) エネルギー有効利用に関する政策

### ①エネルギー利用の多様化と効率化

マレーシアの第 8 次 5 ヶ年計画(期間 5 カ年の経済戦略プラン)では次の 5 つのエネルギー基本戦略が設定されている。

- ・ ガス及び再生可能エネルギーの利用を促進すると共に、十分かつ安全な燃料供給を確保する。
- ・ 生産性及び効率性の向上を図りながら十分かつ安全に電力供給量を確保する。
- ・ 増加する地方部の需要を満たすと共に、エネルギー関連産業やサービスを開発する。
- ・ マレーシアをエネルギー関連エンジニアリングサービスの ASEAN の地域センターとする。特に産業及び商業セクターにおけるエネルギーの効率的な利用を促進する。
- ・ 環境を重視しエネルギー資源の多様化を図るために、第 5 のエネルギー源を再生可能エネルギー (Renewable Energy : RE) としてその開発利用の促進と啓蒙を進める。

マレーシアのエネルギーの使用方法は、既に直接消費からいわゆる工業国型に転換しており、省エネを含むエネルギー戦略の転換は、ソーラー、水力、風力、バイオマスなどの再生可能エネルギー源の利用促進によって具体化されていくと思われる。

## ②再生可能エネルギー(RE)に対する政府ならびにパームオイル産業の取り組み

マレーシア政府はこれまで述べたとおり、再生可能エネルギー (RE) の重要性と潜在性については十分に認識し、的確な施策を次々に打ち出して来ている。2005 年までには全エネルギー供給量の 5% を RE 燃料に代替する計画であり、利用エネルギーの多様化により石油への従来的依存を低減し、国内に賦存する資源を長期温存していくとする戦略である。

第五のエネルギーとされる RE はこの意味でマレーシアにとって決定的な意味を持ち、そのため TNB 電力会社が RE 由来の電力をインセンティブ価格で買い取ることを 2002 年 9 月に宣言している。

一方、パームオイル産業界にあっては、CPO 工場から排出される多種、多量の植物性残渣(バイオマス)は、CPO 製品化プロセス過程で再利用化(蒸気や電力として)のための燃料として有価値物であり、CPO 工場でも従来それぞれに利用してきた。利用技術の進歩と設備の低価格化、設備投資のための優遇策、RE 買取り価格と方法の多様化、そのための各種インセンティブ施策の官民両セクターから支援が今後も期待される。

### 1. 3. 3 パームオイル産業の課題

#### (1) パームオイル産業が抱える問題点

##### ①価格変動

現在の価格動向はパームオイル産業に非常に有利であるが、価格の安定はこれまでこの産業に関わるすべての者にとって最大の関心事の一つであった。

CPO 価格を高いレベルで安定させるためには、マレーシアの戦略備蓄は常に 100 万トン以下に保ち、在庫のだぶつきによる CPO 価格低下を防ぐ必要がある。また短期および中期の価格変動を安定させるためには、CPO を BDF に転換して余剰 CPO を吸いあげるバイオディーゼル燃料事業が重要であると思われる。

市場価格が懸念されるようになるまでの間、当面はパームオイル産業に大きな問題はないようにみえるが、こうした価格の上昇は、不測の事態によって価格が急降下した場合に、マレーシアのパームオイル産業の大きな損失となる。従って逆説的にいえばマレーシアのパームオイル産業が直面している問題は、輸出等による CPO の国際価格にリンクしすぎて、国内の内需による実勢価格を大きく上回り、高止まりしている点である。輸出部門に対するマイナスの影響の一つに、インドが CPO の輸入関税の切り下げを実施しないと言明したことである。

## ②栽培面積

アブラヤシの栽培面積は 1980 年の 1,023,306 ha から 2000 年には 3,376,664 ha と 20 年間で 3 倍強に急拡大し、2004 年には 3,875,327 ha になっている（表-1.3.3 参照）。しかしながら熱帯雨林保護政策等により、半島部及び Sabah 州では栽培面積の拡大は難しい状況であり、Sarawak 州に栽培面積拡大の余地が残るだけである。

マレーシアのアブラヤシ栽培は、その大部分が所有地管理システムと小規模栽培業者の組織化の併用によって進められて來たが、これにより資源の最適利用と最新の管理栽培技術の普及が可能となった。

栽培面積のおよそ 59.43% が民間所有であるため、競争力を維持しながら産業への寄与を向上させるために、先端技術の導入や近代設備の推進、また熟練労働者の育成などの施策により、それら民間部門には一層の公的努力が注がれる可能性がある。実際に公的関係諸機関ならびに民間部門によっても様々な奨励策がとられて來た。

約 10% ほどの小規模（独立系）民間栽培業者も、今後は同様の奨励策付与が検討されることになると思われる。

## ③植替え

老齢化し採算性が低くなったアブラヤシの植替えは、普通樹齢 20~25 年の木について行なわれる。ほとんどの耕地で植替え計画が実施され、1995~1997 年に合わせて 7 万 2,000ha 行なわれた。2003 年までに植替えが必要な栽培地は合わせて 50 万 ha と推定されている。その大部分が民間と公的機関のプランテーションである。

しかし CPO の価格が高値を続けた場合、植替え計画に若干の遅れが生じるかもしれない。連邦土地開発庁(FELDA)と他の連邦／州の土地関係機関を含むプランテーション経営会社はアブラヤシ植替え計画の資金を調達するためのファンドを独自に設立した。一方独立系の小規模栽培業者は、一部の金融機関から融資を受けられたにもかかわらず特別に植替え計画を持たなかった。

パーム油の国内生産を増やし輸出収入を上げると同時に、小規模栽培業者の所得改善を図るためにこの問題への取り組みがなされている。

## ④栽培技術の向上と環境保全

栽培技術の向上と単位面積(ha)当たりの収穫率の向上は MPOB が中心となってその研究・開発が進められているが、半島部ではプランテーションの開発が飽和状態になりつつあり、開発の主力は Sabah 州と Sarawak 州に移りつつある。

半島部のプランテーション、特に都市部近郊の農園では大気汚染の影響を受け FFB 単位の CPO 収率の低下、脂肪酸成分の劣化などの兆候があるようであり、また経済が先進国化して行くとともに、都市のスプロール化による農園の廃止、売却も進み、半島周辺部へとプランテーションが移らざるを得ない状況である。

CPO の品質安定と収率、生産量の安定や確保のためには、新たなプランテーション

開発を持続しなければならず、かつての自然林を伐採・開墾することにより植生バランスが失われ、二酸化炭素の自然吸収力がそれだけ減少する。言い換えればマレーシア自体の GHG インベントリーはその分増加して行くことになるというトレード・オフ課題となる。

次に農園で使用される化学肥料の問題がある。アブラヤシの倒木、葉、枝、表皮などは収穫時にそのまま現場に放置されるか、粉碎して自然堆肥とするのが良いとされるが、現実的には処理量と再利用バランスが取れず、焼却や埋め立て処分が多いと言われている。また自然放置のままではヤシの根元への換気、日当たり、間伐作業など生育効率の低下原因ともなり、施肥は化学肥料に頼るのが現状で、環境問題にもなっている。

気候変動によるアブラヤシの植生が影響をうける可能性(旱魃と沿岸地域農園の洪水被害により全体の 6%が消失)も無視できず、CPO 工場の立地と農園開発の整合性も経済的評価を超えた観点から検討される必要があり、従来型の面的拡大だけの政策は再考されるものと思われる。

## 1. 4 環境政策および環境規制

### (1) パームオイル産業関連の環境法規

国際的な温室効果ガス規制への動きを受けて、マレーシアでも最近「1999 年の環境基準(冷却剤管理)規則」、「1999 年の環境基準(Halon 管理)規則」、「2000 年の環境基準(野焼き等の禁止命令)」など地球規模の環境への影響に関する新しい法規が公布された。マレーシアの環境保護管理の歴史は 1974 年に遡り、「ENVIRONMENTAL QUALITY ACT,1974」の制定、Department of Environment の設置を始まりとしている。公害の防止、減少、管理を規定している主務官庁は天然資源・環境省である。

環境政策目標は、環境的に健全で持続可能な開発を通してマレーシアの経済、社会、文化的な継続的発展と生活の質の向上を確保することを目指し、以下のことを達成することである。

- ・ 現在ならびに将来の世代のためのクリーン・安全・健康的・豊かな環境
- ・ 社会のすべての分野の効果的な参加による国独特の文化と多種多様な文化、ならびに自然遺産の保全
- ・ 持続可能なライフスタイル、生産と消費のパターン

持続可能な成長へと大きく転換したマレーシアの環境維持および保護に関する基本的法律および規則は 15 の強制法と法令からなり、次いで各業界別の定めがあり法令実施管理が行われる。

この中でパームオイル業界に関わるものでは、「The Environment Quality Act (Prescribed Premises) (Crude Palm Oil) Regulations 1977」、「The Environment Quality (Clean Air) Regulations 1978」、及び「The Environment Quality (Scheduled Wastes) Regulations 1989」がある。

## (2) 本プロジェクトに求められる環境基準

Department of Environment Sabah へ出向き、上記の環境法規の本プロジェクトへの適用に関するヒアリングを行った結果、大気・水質・煙突・騒音に関しては各対象法規に定める環境基準に対する評価が必要であることが判明した。

### ① 大気に関する基準

「ENVIRONMENTAL QUALITY (Clean Air) REGULATIONS 1978」の中の Stack Gas Emission Standards が適用される。具体的な基準値は「3. 7. 1 環境影響評価」で述べる。

### ② 水質に関する基準

「ENVIRONMENTAL QUALITY ACT,1974」において種々の基準値はあるが、Department of Environment Sabah では、新設工場を対象に BOD, Suspended Solids, Oil and Grease, Ammoniacal-Nitrogen, pH, Temperature の 6 項目に関する独自の基準値を定めている。具体的な基準値は「3. 7. 1 環境影響評価」で述べる。

### ③ 煙突に関する基準

「CHIMNEY HEIGHTS Third edition of the 1956 Clean Air Act Memorandum」に基づき設置する様に指導している。

### ④ 騒音に関する基準

マレーシアにおける騒音の規制法規としては、「Guidelines For the Siting and Zoning of Industries, Environmental Requirements, Seventh Edition, November 2000」において緩衝範囲 500m において、65dB を上回ってはならないことが記載されている。本プロジェクトにおいては、同基準を満たすように対策を施す計画である。

## 1. 5 投資優遇処置

マレーシアでは、投資に対する税制上の優遇処置として、パイオニア・ステータスと投資税額控除（ITA）の 2 種類があり、いずれか一つを選択することができる。以下の製造業に対する主な優遇処置を示す。なお、同制度はマレーシア工業開発庁において所管している。

### ① パイオニア・ステータス

パイオニア・ステータスが認められた企業は、所得税納付の一部免除を 5 年間受けることができる。この場合、生産日（生産レベルが生産能力の 30%に達した日）から

始まる免税期間中は、法定所得の 30%に対してのみ課税される。

なお、奨励地域への投資を促進するために、追加的な優遇処置として、サバ州、サラワク州、指定された半島マレーシアの東海岸投資奨励地域へ投資する企業については、5 年間法定所得の全額が免税となる。

## ②投資税額控除（ITA）

ITA を認められた企業は、最初に適格資本的支出が生じた日から 5 年以内に発生した適格資本的支出（認可プロジェクトで使用される工場、プラント、機器、その他の設備に対する支出）総額の 60%に相当する控除枠が得られる。企業は、この控除枠で該当賦課年度の法定所得の 70%を相殺することができ、残りの 30%に現行の法人税率が課税される。また、未利用の控除枠は、全額が利用されるまで翌年以降に無制限で繰り越すことが可能である。

なお、奨励地域への投資を促進するために、追加的な優遇処置としてサバ州、サラワク州、指定された半島マレーシアの東海岸投資奨励地域へ投資する企業については、発生した適格資本的支出の 100%に相当する控除枠が得られる。この控除枠で、該当賦課根戸の法定所得の 100%を相殺することができる。

## 1. 6 CDM の承認体制・承認状況

マレーシアは、東南アジア諸国の中で最も CDM に関する体制が整備されている国の一つである。同国は 1994 年 7 月に気候変動枠組条約を、1999 年 3 月に京都議定書をそれぞれ批准し、その後 2002 年 9 月に天然資源・環境省を DNA として認定したほか、2003 年 8 月にはマレーシア政府としての CDM クライテリアを承認している。

マレーシアの CDM クライテリアや承認体制については、エネルギーセクターの CDM プロジェクト窓口である PTM（マレーシアエネルギーセンター）のホームページ（<http://www.ptm.org.my>）に最新情報が掲載されており、京都メカニズム情報プラットホームのウェップサイトにも日本語版の概要が掲載されており、同ウェップサイトを基にその概要を記載する。

### （1）CDM クライテリア

マレーシアの CDM クライテリアには、ナショナルクライテリアおよび小規模 CDM エネルギーセクター用のクライテリアがあり、2005 年 9 月に改正されている。以下にナショナルクライテリアを示す。

- ・ プロジェクトが政府の持続的開発に関わる諸政策に沿っていること
- ・ プロジェクトの実施がマレーシアと付属書 I 国との協力により実施されること
- ・ プロジェクトの実施に技術移転および／もしくは技術的な改善を伴うこと

- ・ プロジェクトは CDM 理事会で定められている以下の諸条件を満たすものであること
    - 自発的参加であること
    - 気候変動対策としての真の、かつ測定可能な長期的便益をもたらすこと
    - 当該プロジェクトの実施がない場合と比較して排出量の削減が認められること
  - ・ 提案プロジェクトの遂行能力があることをプロジェクト提案者は証明すること
- マレーシアのクライテリアの特徴としては、ユニラテラル CDM を認めていないことから、CDM プロジェクトを行うためには、付属書 I 国の参画が絶対条件となっている。

## (2) 承認体制

図-1.6.1 にマレーシアにおける CDM プロジェクトの組織的枠組みを示す。現在マレーシアにおける DNA は、天然資源・環境省環境保護管理局 (Conservation and Environmental Management Division, Ministry of Natural Resources and Environment) が担当している。同局は、マレーシアの環境政策を担当し、CDM を含む気候変動に関する諸課題について、その政策と方針を所管する部署である。同局の下で気候変動の諸課題を検討しているのが、気候変動に関する国家運営委員会 (National Steering Committee on Climate Change: NSC-CC) で、同委員会の下で CDM に関する議論を行うのが、CDM 国家委員会 (National

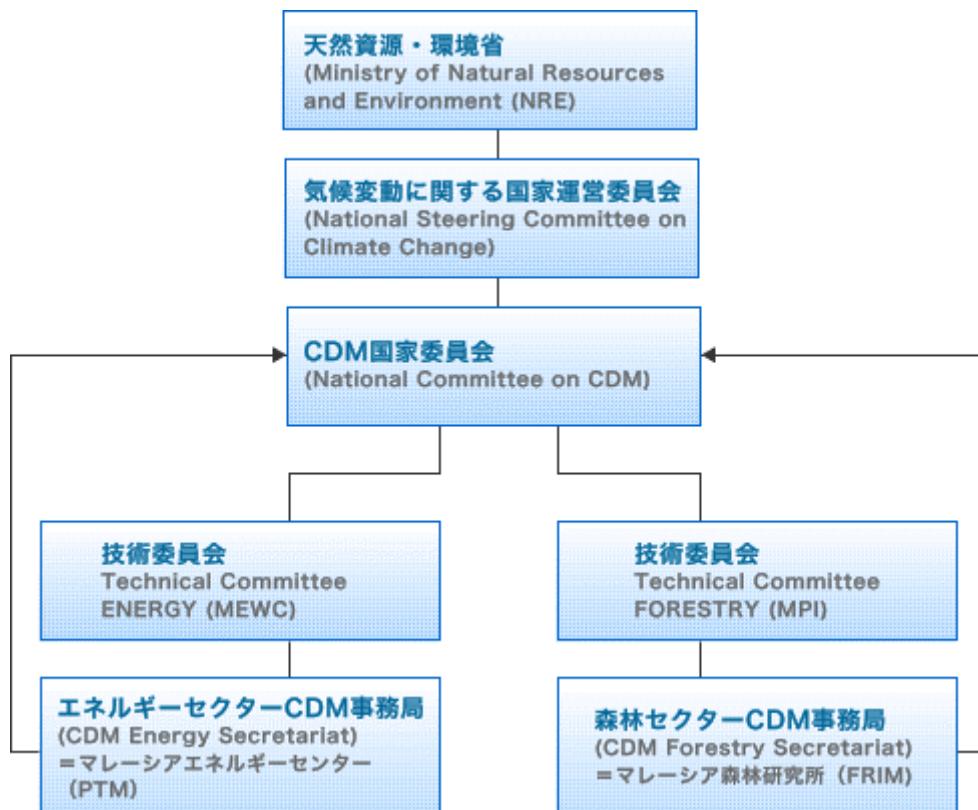


図-1.6.1 マレーシアにおける CDM プロジェクトの組織的枠組み  
(出所：京都メカニズム情報プラットホームのウェップサイト)

Committee on CDM: NC-CDM) である。更に同委員会の下には、エネルギーセクターおよび森林セクターに分けられた技術委員会が設立されており、同委員会において技術的・専門的な検討が行われている。エネルギーセクターの CDM 事務局は、PTM が担当しており、CDM プロジェクトの対応窓口の一つとなっている。

### (3) 承認工程

図-1.6.2 にマレーシア政府承認までに全体工程を示す。図に示すように、全体工程は大きく 7 つのステージに分類される。マレーシアの CDM プロジェクト審査手続きの特徴として、PDD による提案プロジェクトの本格審査を行う前に、PIN による審査を実施している。

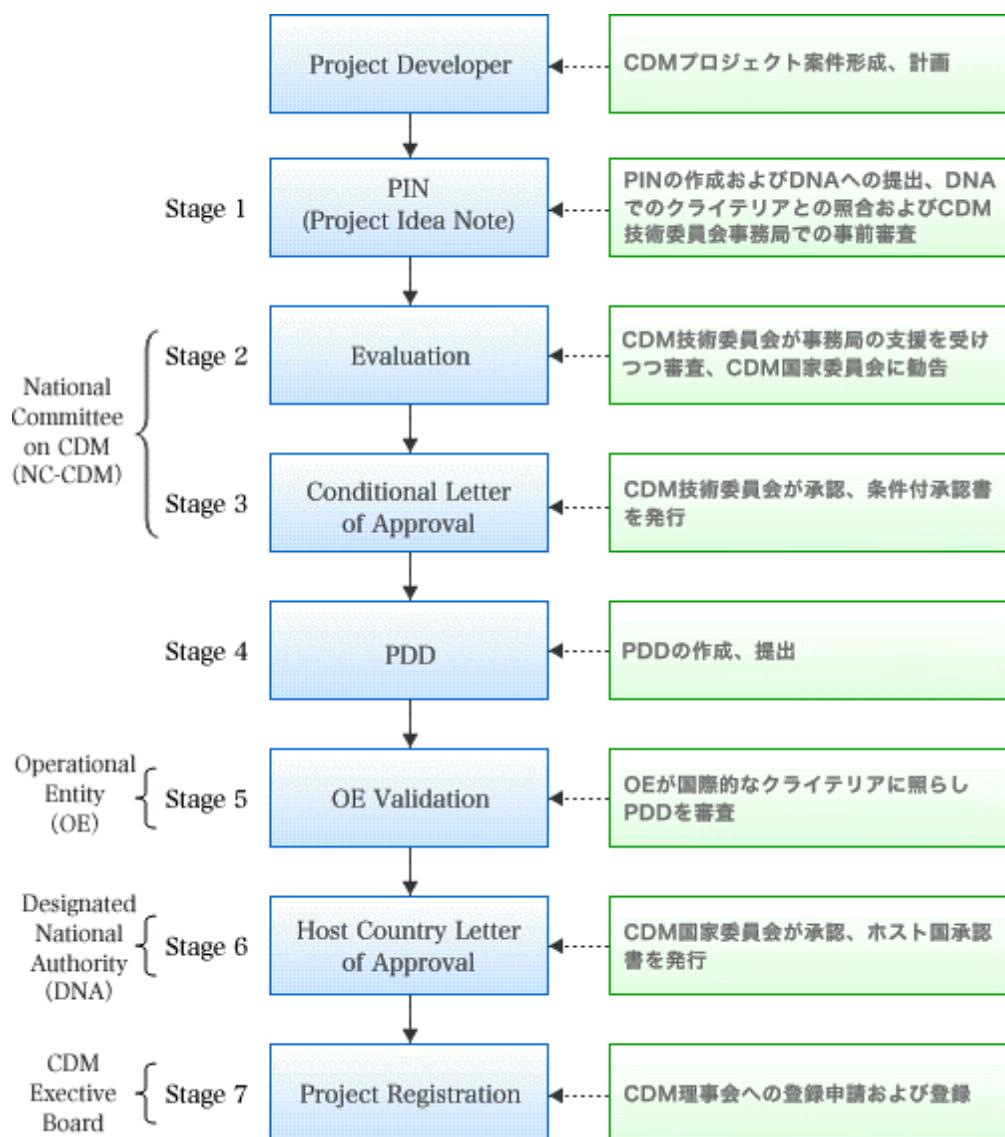


図-1.6.2 承認までの全体工程

(出所：京都メカニズム情報プラットホームのウェップサイト)

これは、申請者側に不必要に過度な負担を生じないように配慮するためで、PIN に盛り込まれるべき内容は以下のとおりである。なお、PIN の提出は絶対条件ではなく、直接 PDD を提出することも可能である。

- ・ プロジェクトの概要、タイプ、サイトおよび実施スケジュール
- ・ クライテリアを満たしているかどうか
- ・ 環境面および社会面の便益
- ・ 財務計画
- ・ プロジェクト実施に伴うリスク

図-1.6.3 および図-1.6.4 にマレーシア政府承認までの詳細な工程を示す。同工程に示すように、マレーシア政府の承認体制は明確になっている。

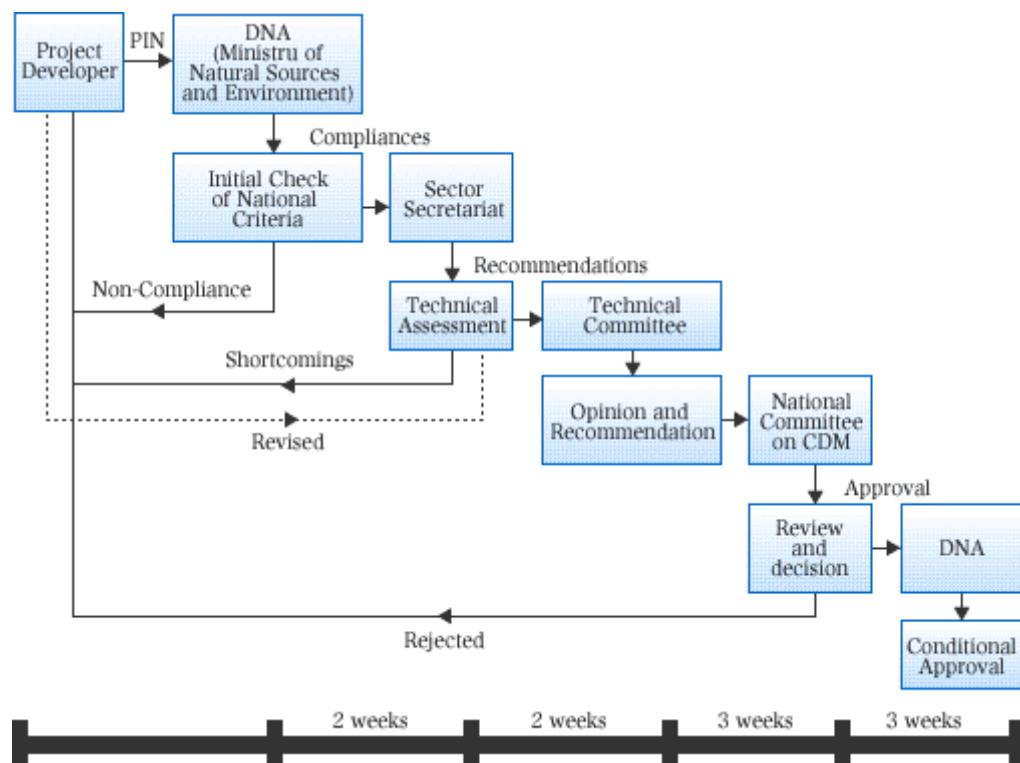


図-1.6.3 条件付承認までの詳細な工程  
(出所：京都メカニズム情報プラットホームのウェップサイト)

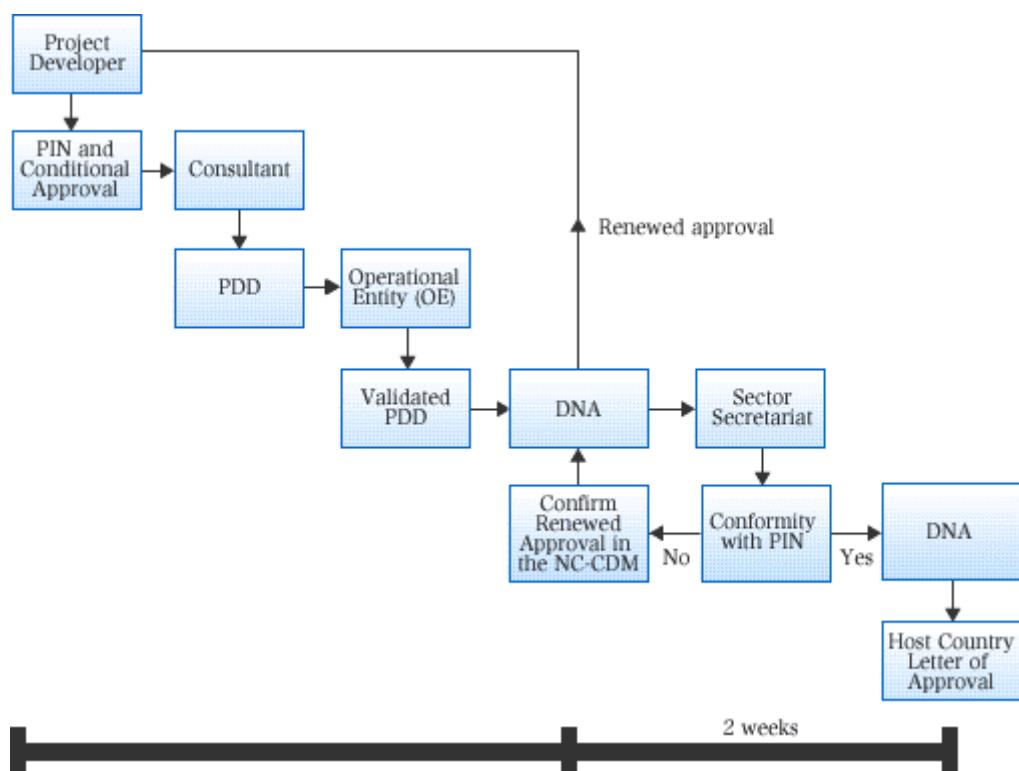


図-1.6.4 条件付承認から本承認までの詳細な工程  
(出所：京都メカニズム情報プラットホームのウェップサイト)

#### (4) 最近の動向

2005年12月20日現在、マレーシア政府が承認しているCDMプロジェクトは5件で、投資国は日本（2件）、デンマーク（2件）、フランス（1件）である。これらのプロジェクトには、パームオイル産業に関するプロジェクトとして工場のEFB（Empty Fruit Bunch）を用いた発電プロジェクトがあるものの、本プロジェクトのように排水を用いたプロジェクトはない。

また、メタンガス回収プロジェクトのうちフレア処理のみを行う場合のマレーシア政府承認についてはこれまでに提案がなかったが、現在PINが提出され技術委員会において議論が行われていることから、近々明らかとなる見通しである。なお、DNAへの聞き取り調査においては、環境改善など持続発展に寄与する事柄を明記すればフレア処理のみを否定する理由がないことから、承認される可能性は高いとの見解が示された。

# 第 2 章

## 第2章 プロジェクト計画

### 2. 1 プロジェクト調査の概要

#### 2. 1. 1 プロジェクト調査の目的

本調査は、CDM として温室効果ガスの排出削減につながる効果の高いプロジェクトを発掘するとともに、CDM 等に関わる国内及び国際ルール作りに必要な知見を蓄積することを目的として、マレーシア・サバ州パームオイル工場バイオマス利用事業の実現可能性について調査し、プロジェクト設計書（PDD）の作成を行うものである。当該プロジェクトは、CDM プロジェクトとしてパームオイル工場から排出される廃液（POME : Palm Oil Mill Effluent）の処理方式を、現状のオープンラグーン方式から密閉型嫌気処理方式へ転換することによりメタンを回収し、これを燃料とする発電を行い、得られた電力をサバ州電力会社（SESB）へ売電するものである。本プロジェクトにより、パームオイル工場の廃水処分場周辺の環境改善およびメタンを回収して有効利用することによる温室効果ガス削減と化石燃料の消費抑制を図ることができる。

#### 2. 1. 2 プロジェクト計画の背景・ニーズ

マレーシアの主産業の一つであるパームオイル産業は世界一位の生産高を誇り、国内に 3 百数十のパームオイル工場を有している。特にサバ州は約 110 工場が運転を行っており、パームオイル産業が最も盛んな州の一つである。これらの工場でパームオイルを精製する過程において排出される POME は、浄化処理された後に河川へ放流されている。しかしながら、POME の河川放流はマレーシア政府によって管理されているものの河川環境は悪化しており、大きな問題となっている。

パームオイル工場の POME 処理にはいくつかの方式があるが、コストやメンテナンスの観点から 9 割以上ではオープンラグーン方式を採用している。オープンラグーン方式は嫌気性オープンラグーンと好気性オープンラグーンに大別され、前者の処理過程においてメタンガスを含むバイオガスが大気中へ放出されている。メタンガスは二酸化炭素と比較して 21 倍もの温室効果があることから、放出されているバイオガスを削減させることは地球温暖化防止の観点から重要な対策の一つである。また、バイオガスから生じる異臭は、パームオイル工場周辺に住む人々の生活環境や工場作業員の労働環境の観点から問題になっている。

バイオガスに含まれているメタンガスは再生可能エネルギーとして活用できることから、パームオイル工場の POME から放出しているバイオガスの有効利用が望まれている。

本プロジェクトでは、嫌気性オープンラグーンの処理方式を変換してメタンガスを含むバイオガスを回収し発電に用いることにより、工場周辺の環境改善および温室効果ガスの削減、

エネルギーの有効利用を図るものである。また、処理方式の変換に伴い、POME の浄化作用も強化されることから、河川環境の改善にも繋がるものである。

### 2. 1. 3 プロジェクト計画の概要

本プロジェクトではマレーシアで最もパームオイル産業が盛んな州の一つであるサバ州において、パームオイル工場から排出される POME を有効活用し、バイオガス発電を行うものである。POME は、現在嫌気性および好気性で構成されるオープンラグーン方式を用いて処理されており、嫌気性オープンラグーンからメタンガスを含むバイオガスが大気中へ放出されている。本プロジェクトにおいては、閉鎖型メタン発酵システムを導入することにより従来大気中へ放出していたメタンガスを回収し、これを原料に発電を行い、得られた電力をサバ州電力会社（SESB）へ売電するものである。図-2.1.1 にプロジェクト計画の概念図を示す。

これにより、嫌気性オープンラグーンから放出しているメタンガスの排出を抑制するとともに、発電した電力をグリッド接続することによって SESB が所有する火力発電所のエネルギーを代替し二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出削減効果が得られるものである。

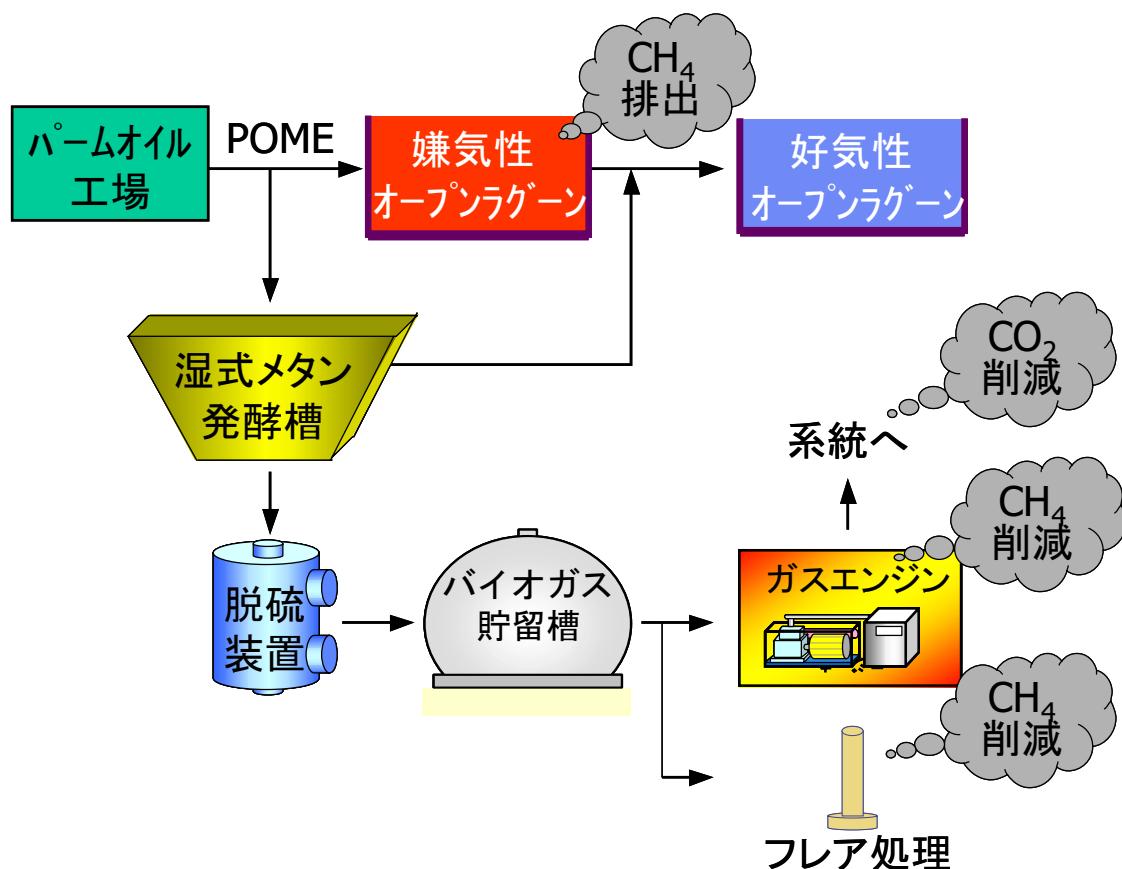


図-2.1.1 プロジェクト計画の概念図

## 2. 1. 4 持続可能な開発・技術移転

### (1) 持続可能な開発への貢献

本プロジェクトを実施することにより、期待される持続的な発展へ貢献する事項としては、以下のものが考えられる。

#### ①河川環境の改善効果

POME は、現在オープンラグーン処理方式により浄化し、マレーシア政府の管理下で河川へ放流しているものの、河川環境は悪化している。本プロジェクトにおいて閉鎖型処理方式を導入することにより、より高い嫌気処理の効果が得られるとともに、既存の嫌気性オープンラグーンを好気性オープンラグーンとして活用することにより更なる浄化作用が働くことから、河川環境の改善に大きく貢献できるものと考えられる。

#### ②嫌気性オープンラグーンからの異臭改善効果

嫌気性オープンラグーンから発生している異臭は、パームオイル工場作業員の労働環境を著しく損なうものである。本プロジェクトにおいては、閉鎖型処理方式を導入して異臭の原因となっているバイオガスを回収することで、異臭問題は大きく改善されると考えている。

#### ③スラッジ発生量の低減効果

本プロジェクトで採用した新廃水処理システムは、既設のオープンラグーン方式と比べて処理効率が優れているため、スラッジの発生量が低減しラッジ中の有機物含有量も低下する。また余剰スラッジをスラリー状で運転中に抜き取ることができるため、定期的な浚渫によるスラッジ除去作業は必要がなくなる。そのため、以下の効果が期待できる。

- ・ 浚渫時および浚渫前後の POME 河川放流に伴う水質悪化の改善
- ・ 浚渫作業回数の削減
- ・ 廃棄スラッジの分解による大気中へのメタンガス放散量の低減

#### ④環境改善プロジェクトとしての波及効果

本プロジェクトは、パームオイル産業における POME 対策のモデル事業として認知される可能性があることから、マレーシアをはじめとし、インドネシアやタイのパームオイル工場への波及効果が期待できる。

#### ⑤プロジェクト実現（建設、運用）による雇用の創出効果

本プロジェクトに伴い、建設や運用による雇用の創出効果が得られる。

#### ⑥エネルギー資源の多様化

本プロジェクトでは、再生可能なバイオマスエネルギーの開発によりエネルギー資源の多様化に貢献できる。

#### ⑦エネルギーの有効利用効果

本プロジェクトでは、回収したメタンガスを原料に発電を行い、得られた電力は売電することから、グリッド電力の化石燃料代替に伴い、化石燃料の消費抑制効果が得られる。

### (2) 技術移転

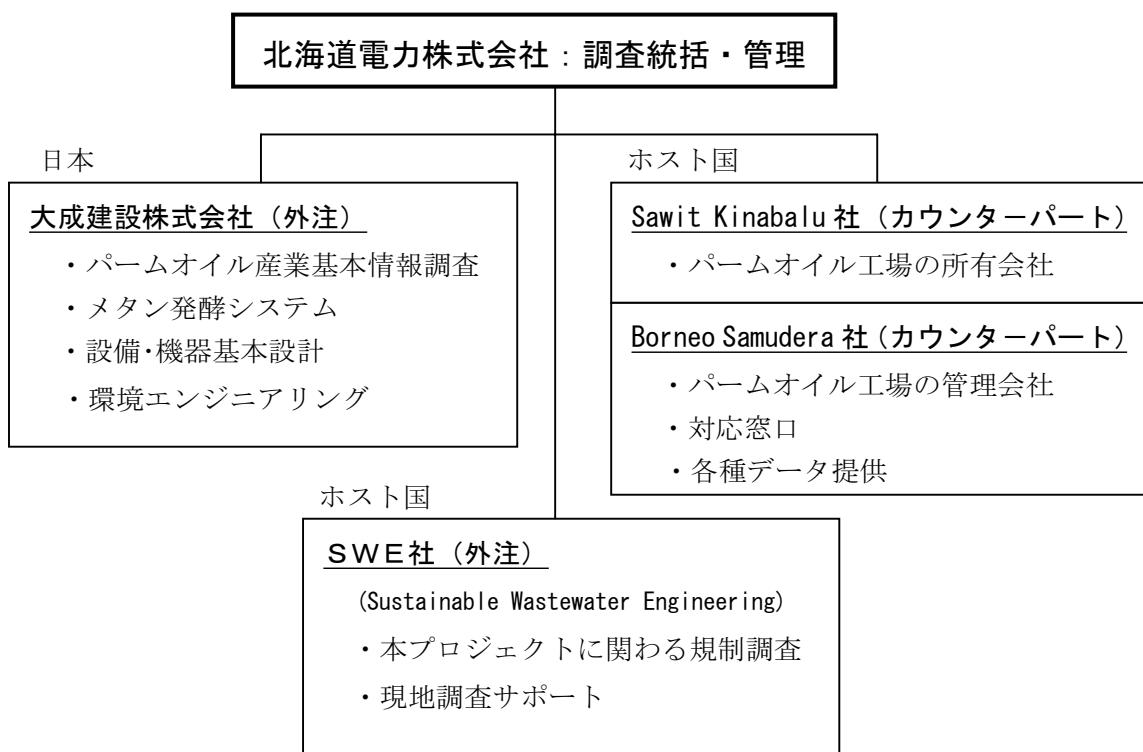
#### ①メタン発酵に関する技術

メタン発酵を促進させメタンガスを回収・利用することは、再生可能エネルギーであるバイオマスを活用する上で重要な技術である。本プロジェクトの運用に伴い、これらの技術移転が期待される。

#### ②バイオガス発電に関する技術

バイオガスは通常の油や天然ガスと異なり、必ずしも均一な燃料ではない。これを効率的にかつ安全に利用するためには、様々なノウハウを必要とし、これらの技術移転が期待される。

### 2. 1. 5 調査の実施体制



## 2. 2 プロジェクト実施サイトの概況

### 2. 2. 1 パームオイル工場運営会社の概況

Sawit Kinabalu 社は、それまで 33 年間、州政府のパームオイル事業を手掛けていたサバ土地開発公社（SLDB : Sabah Land Development Board）の民営化部門として 1996 年 11 月 26 日に設立された。しかしながら、現在もなお会社の株は全て州政府が所有し、州政府のトップ（日本でいう知事）である Mr. YAB Datuk Seri Musa Bin Haji Aman が会長として 2003 年 3 月より就任している。同社は現在 8 つのパームオイル工場を保有し、これらの工場を運営・管理している Borneo Samudera 社をはじめとし、工場に関連して 15 社の子会社を有するサバ州最大のパームオイル関連会社である。また、同社は新たに Serudong Mill 工場をタワウの Kalabankan に建設しており、2006 年中旬に運転する予定である。

図-2.2.1 に各工場の位置（建設中を除く）、表-2.2.1 に各工場の FFB 处理規模を示す。



図-2.2.1 各工場の位置（建設中を除く）

表-2.2.1 各工場の FFB 处理規模

工場名	FFB 处理規模	工場名	FFB 处理規模
Lumadan Mill	45 t/h	Apas Balung Mill	60 t/h
Langkon Mill	20 t/h*	Kunak Mill	45 t/h
Sandau Mill	70 t/h	Sg Manila Mill	40 t/h
Sebrang Mill	90 t/h	Sepagaya Mill	45 t/h

\*2004 年 8 月より 45t/h に増設

各工場の合計 FFB 处理量は 415t/hr で、図 - 2.2.2 に FFB 处理規模の推移を示す。2004 年の全工場 FFB 处理量は 1,555,737t で、うち 65% は自社農園から収穫し、残りの 35% は個人農園から収穫したものである。また、FFB 处理量に対する CPO 精製量の割合は、平均で 20.5% であった。図 - 2.2.3 に Sawit Kinabaru 社が所有する農園面積の推移を示す。

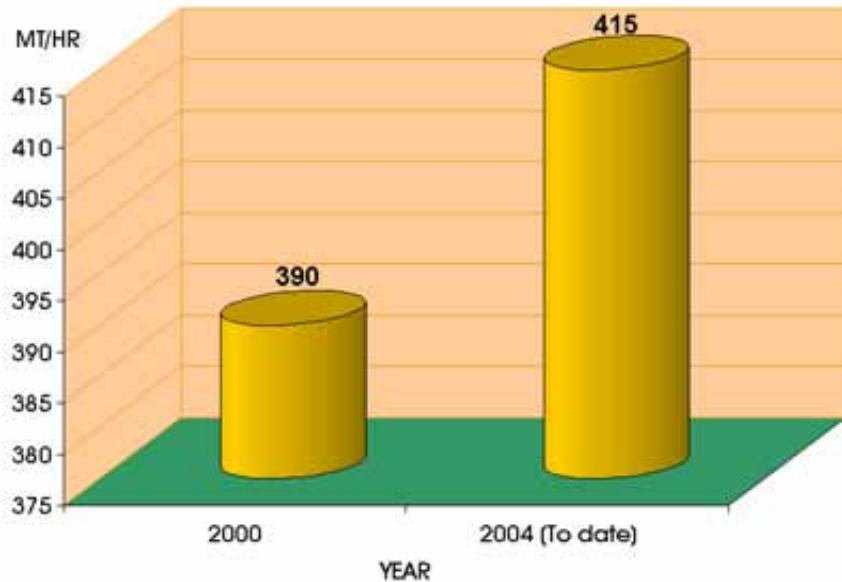


図 - 2.2.2 Sawit Kinabaru 社が所有するパームオイル工場の FFB 处理規模の推移

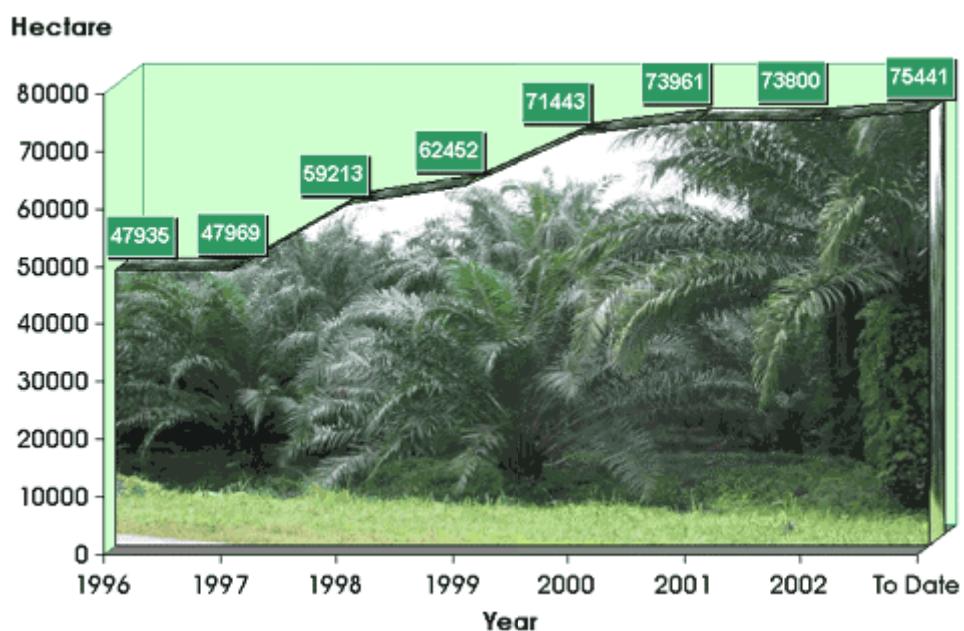


図 - 2.2.3 Sawit Kinabaru 社が所有する農園面積の推移

## 2. 2. 2 プロジェクト実施サイトの概況

### (1) プロジェクトサイトの選定

プロジェクトサイトの選定にあたっては、Sawit Kinabalu 社が所有する 8 工場の中から、パームオイル工場の処理工程が規格化されており、代表工場の事業性評価の結果を用いて他工場の事業性の概算評価ができることに加え、以下の事柄を考慮し、Lumadan 工場をプロジェクトサイトとして選定した。

- ① 各種調査の実施や建設時の資材搬入、プロジェクト実施後の管理を踏まえ、工場へのアクセスが容易であること。

Lumadan 工場は、サバ州で唯一の国際空港を保有する州都コタキナバルの南西 100km（車両で片道 2 時間程度）に位置しており、Sawit Kinabalu 社が所有する工場の中で最もアクセスが優れている（図-2.2.1 参照）。

- ② 本プロジェクトは得られた電力を売電する計画であることから、電力グリッドが近くにあること。

一般にパームオイル工場は、原料であるパーム椰子の輸送コスト削減のためにプランテーション周辺に建設されることから、周辺に民家が少なくグリッドも遠い。西マレーシア（マレー半島）においては、200 以上の工場のうち最寄変電所が 20km 以内に位置する工場は約 20 と、極めて少ない（九州工業大学白井教授からの聞き取り情報<sup>※1</sup>）。また、西マレーシアにおける 2000 年現在の世帯電化率が 100%<sup>※2</sup>であるのに対しサバ州は 79%<sup>※2</sup>で、サバ州におけるグリッドの整備状況が西マレーシアよりも劣っていることから、同州におけるパームオイル工場周辺のグリッド環境は、良くないものと想定される。

このような状況のなかで、Lumadan 工場は最寄の変電所から約 17km の距離にあることから、他工場と比較してグリッド連携の条件は良好であると思われる。

※九州工業大学 白井教授は、パームオイル工場からの POME を用いたメタン発酵によるバイオガス回収等の事業性調査を、平成 13 年度～15 年度 CDM/JI 事業調査において実施しており、また現在はマレーシアプトラ大学および FELDA 社と POME のメタン発酵技術について共同研究を行っていることから、同国のパームオイル産業に精通している。

※ 2 : The Eighth Malaysia Plan より

## (2) Lumadan 工場の概要

図-2.2.4 に過去 3 カ年の月間 FFB 处理量の推移を、表-2.2.2 に年間 FFB 处理量および最大・最小月間 FFB 处理量を示す。各年を比較すると、最も年間 FFB 处理量が多いのは、2004 年の 215,554t/yr で最大月間 FFB 处理量も 21,274t と最大であった。一方、最も年間 FFB 处理量が少ないのは、2003 年の 167,832t/yr で、最小月間 FFB 处理量は 9,886t であった。年別に比較すると、FFB 处理量の変動率は最大約 30%、また年間変動率は、表-2.2.2 に示すとおり最大で 2003 年の約 70%である。

これらの FFB は Sawit Kinabalu 社が所有する Lumadan 工場専用の農園 6,832ha (表-2.2.3 参照) の他に SLDB (Sabah Land Development 社) や個人経営の農園から収穫している。

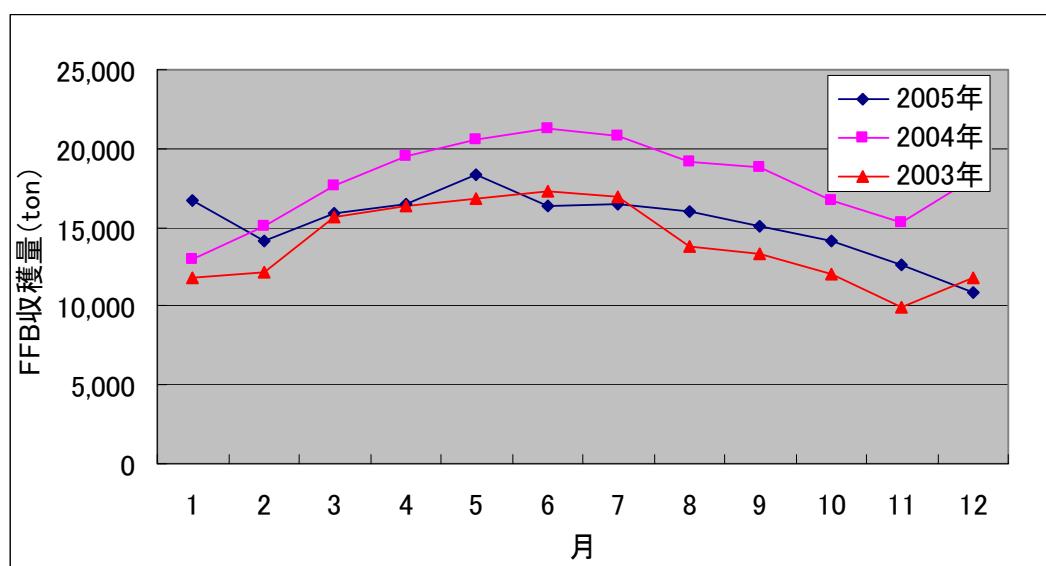


図-2.2.4 Lumadan 工場月間 FFB 处理量の推移

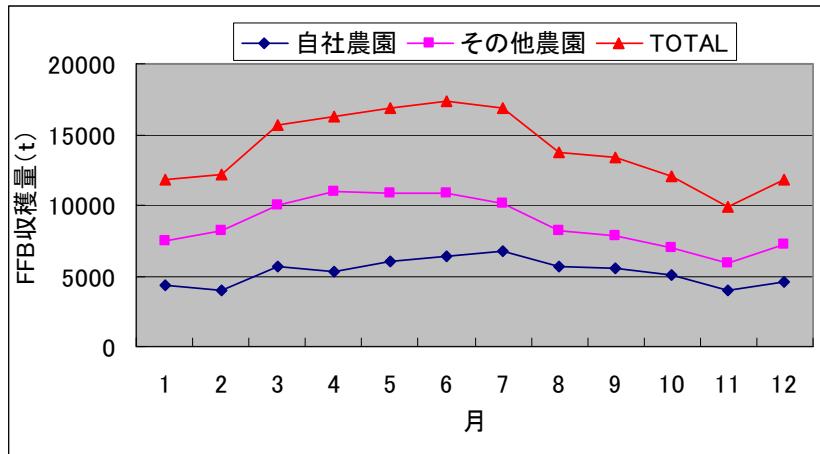
表-2.2.2 Lumadan 工場月間 FFB 处理量

年	Total(t/yr)	Max(t/月)	月	Min(t/月)	月	Max/Min
2003	167,832	17,293.6	6 月	9,886.0	11 月	1.75
2004	215,554	21,274.0	6 月	13,001.3	1 月	1.64
2005	183,035	16,522.4	7 月	10,834.5	12 月	1.52

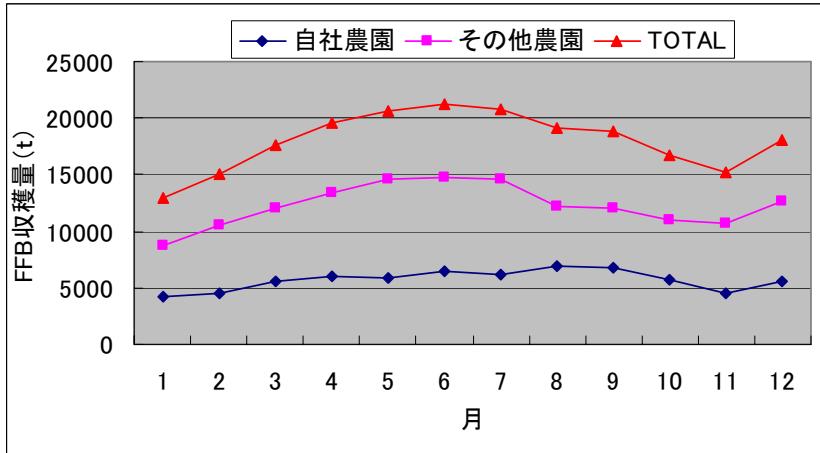
表-2.2.3 Lumadan 工場周辺の自社農園

Estate	Planted Area (ha)	Estate	Planted Area (ha)
Kimanis	1,643	Lumadan/Menunuk	1,456
Bongawan	1,378	Klias	376
Mawao	1,257	Magindanau	722
-	-	Total	6,832

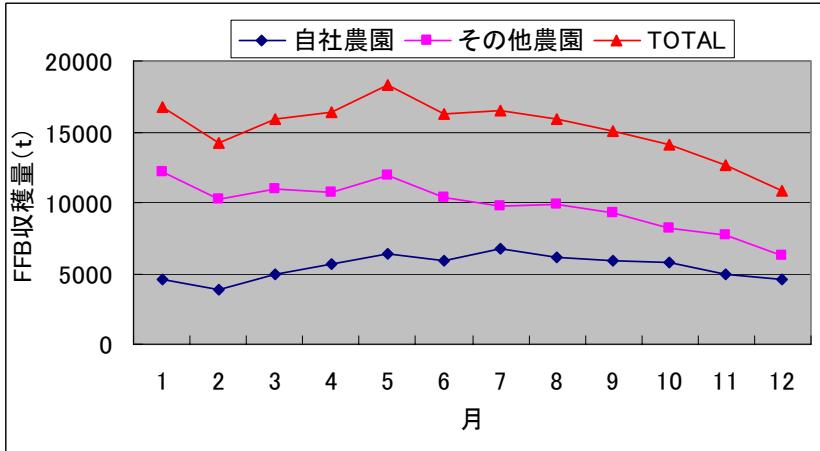
FFB の月間収穫量推移を自社農園とその他農園に分け図－2.2.5-(1)～図－2.2.5-(3)に示す。図より自社農園の収穫量は各年とも比較的安定しているのに対し、その他農園の変動が著しく、Lumadan 工場へ供給する FFB 全体量の変動要因となっていることが分かる。これは、その他農園の FFB が、Lumdan 工場に隣接する他工場との間で獲得競争が行われて いることに起因しているものと思われる。



図－2.2.5-(1) 2003 年 月間 FFB 収穫量の推移



図－2.2.5-(2) 2004 年 月間 FFB 収穫量の推移



図－2.2.5-(3) 2005 年 月間 FFB 収穫量の推移

Lumadan 工場の平面図を図-2.2.6 に示す。同工場の FFB 处理規模は 45t/h であるが、将来の FFB 収穫量の増加を想定して処理規模を 90t/h で設計している。工場周辺の土地は Sawit Kinabalu 社が所有しており、作業員の住居が隣接しているものの一般住民は 2~3km 以内には居住いない。

図-2.2.6 に Lumadan 工場の平面図を示す。パームオイル工場において POME 処理方式の多くは、嫌気性および好気性から構成されるオープンラグーン方式を採用し、浄化した水は周辺河川へ放流している。これは、建設コストやメンテナンスコストを考慮し採用したもので、Lumadan 工場においても、4 つの嫌気性オープンラグーン、3 つの好気性オープンラグーンから構成されている。オープンラグーン内に堆積しているスラッジは、4 年に 1 回程度の除去作業を行っている。

現在は、これらのオープンラグーンのうち、Grid および嫌気性オープンラグーンにおいて嫌気性環境下でメタン発酵が行われており、地球温暖化係数（GWP : global warming potential）が 21 のメタンガスが大気中に放出されている。なお、マレーシア国内においてオープンラグーンから放出されるメタンガスを取り締まる規制はなく、将来においても規制する計画はない。また、Lumadan 工場において、同工場の所有会社である Sawit Kinabalu 社が現行の処理方式を変更する計画はない。

Lumadan 工場の最寄変電所は約 17km 離れたところにあるが、11kV 送電線が最短距離は約 1km と極めて近接している。

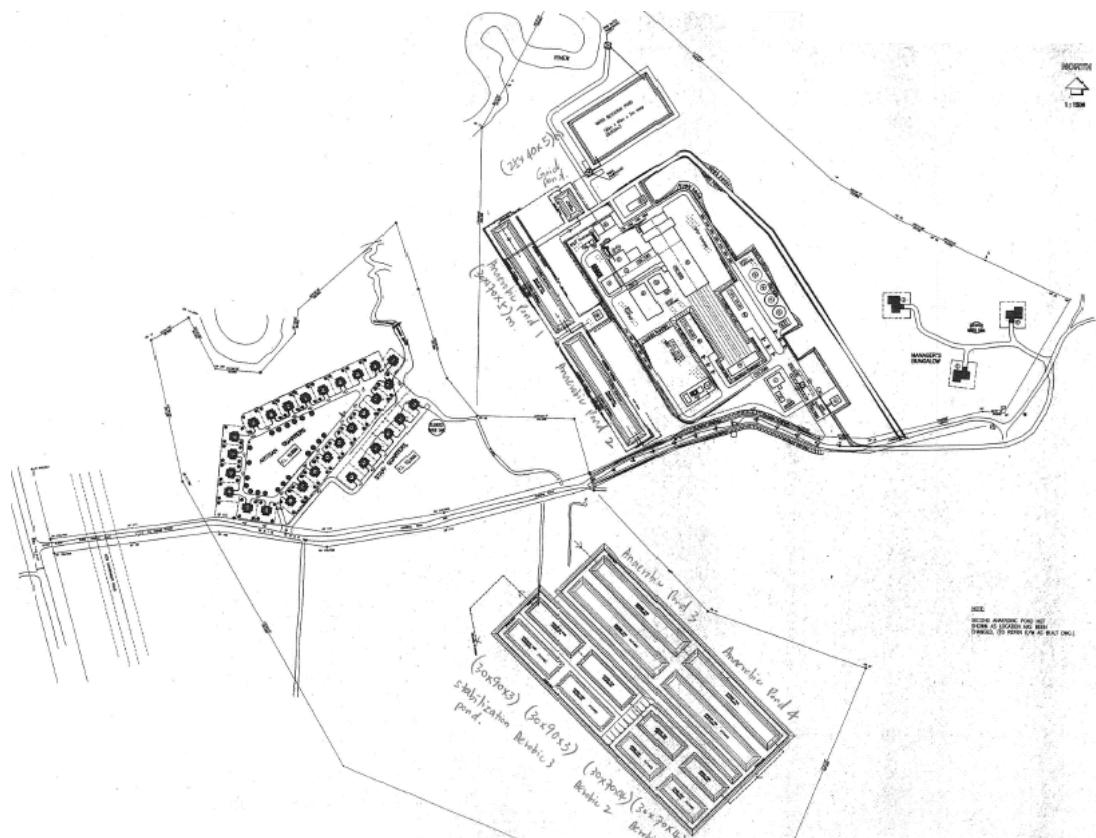


図-2.2.6 Lumadan 工場の平面図



写真-2.2.1 パーム椰子搬入口



写真-2.2.2 パームオイル工場



写真-2.2.3 パームオイル工場内



写真-2.2.4 嫌気性オープンラグーン



写真-2.2.5 メタン発酵状況



写真-2.2.6 好機性オープンラグーン

### (3) 既設排水処理方式

POME の処理方式としては、一般に嫌気性処理と好気性処理が両方用いられている。嫌気性処理とは、酸素が存在しない条件下で生育する微生物（嫌気性菌）の働きを利用して行うものであり、高濃度の排水処理や汚泥処理に用いられ、排水中の有機物は最終的にメタンガスと二酸化炭素とに分解する。嫌気性処理の処理機構を図-2.2.7 に示す。

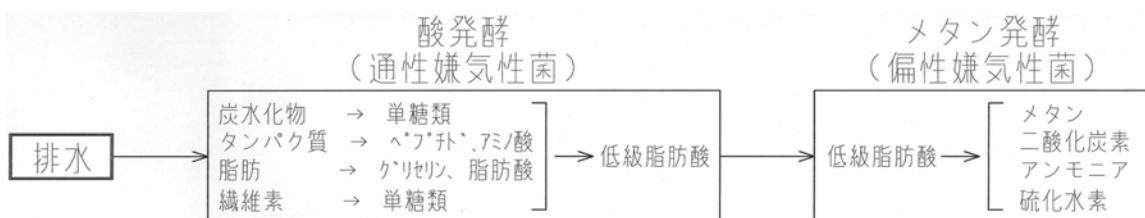


図-2.2.7 嫌気性処理の機構

嫌気性処理は、酸発酵工程とメタン発酵工程の二段階の反応機構で排水を処理するものである。酸発酵工程は通性嫌気性菌により排水中の炭水化物、タンパク質、脂肪、繊維素などの栄養源を最初に単糖類、ペプチド、アミノ酸、グリセリン、脂肪酸などに分解し、さらに低級脂肪酸に変換する。このため排水中の pH は低くなる (pH4 程度)。この低級脂肪酸は、続いてメタン発酵工程において偏性嫌気性菌により、メタン、二酸化炭素、アンモニア、硫化水素に変換される。生成したアンモニアにより排水中の pH は上昇する (pH7 程度)。偏性嫌気性菌は酸素が少しでもあると発育できないため、嫌気性処理においては空気の排水中の混入及び空気との接触を防ぐことが必要である。POME の処理においては、嫌気性処理だけでは COD を 1,000ppm～2,000ppm 程度までしか低下できないため、嫌気性処理に続いて好気性処理を行う必要がある。

好気性処理は、排水中の有機物を水中の微生物に酸化分解させて処理する方法であり、代表的な方式として活性汚泥法がある。活性汚泥法のフローシートを図-2.2.8 に示す。これは細菌や原生動物を主体とする泥状の活性汚泥を排水と混合して、これに機械的に空気を吹き込む（曝気）させることにより排水中の有機物を酸化分解処理する方式である。

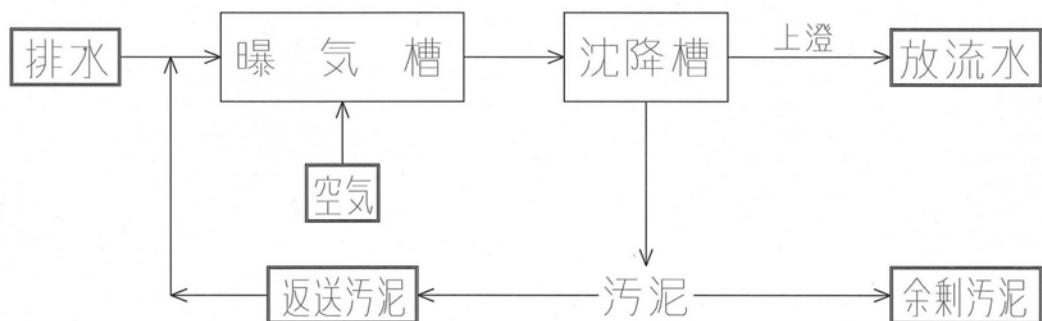


図-2.2.8 活性汚泥法フローシート

活性汚泥法では COD を 10ppm 程度まで低下させることができるが、曝気のためのブローアーが必要であり、排水中の有機物を活性汚泥中の微生物内に取り込むために微生物の増殖に伴い汚泥量が増加するので余剰汚泥の引き抜きが必要となる。

一方、マレーシアにおいては POME 排水の好気性処理として、活性汚泥法の代わりに生物酸化池法（オープンラグーン法）が用いられる。生物酸化池法のフローシートを図-2.2.9 に示す。

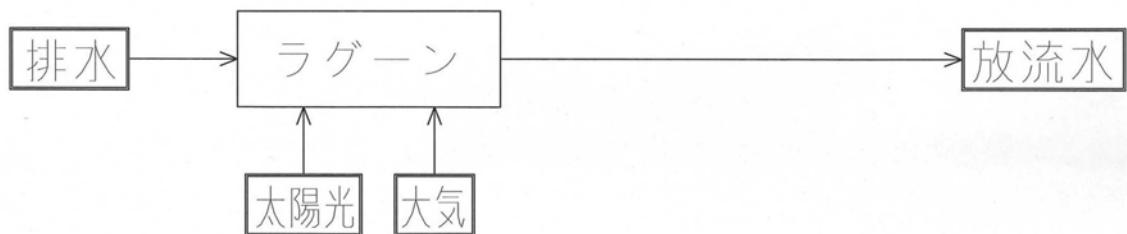


図-2.2.9 生物酸化池法フローシート

生物酸化池法は人口又は自然の池（ラグーン）で排水を処理する方法であり、ラグーンに排水を滞留させ、その中で繁殖する植物プランクトン（緑藻類）の光合成作用で発生する酸素と、大気中から溶け込む酸素を利用する好気性処理方法である。生物酸化池法では、太陽光が十分に当ることと、ラグーンの水深が浅いことが必要であり、水深が深い（5 m以上）場合は嫌気発酵が起こる。生物酸化池法は建設費・メンテナンス費が安価であり、技術的に簡易であるため、広大な土地が利用でき、日照の豊かな途上国において広く採用されている。活性汚泥法との比較では次の様な特徴を有する。

- ・ 沈降槽が不要
- ・ 汚泥の返送が不要
- ・ 菌体量が活性汚泥法より極めて少ない
- ・ 温度の影響が大きく、低温地帯では効率が悪い
- ・ 悪臭や蠅、蚊の発生などの周囲への影響が大きい

一般的なパームオイル工場における POME 排出源のフローを図-2.2.10 に示す。図に示すとおり、パームオイル工場からの POME は主に Steriliser, Centrifuge, Hydrocyclone 等から排出される。

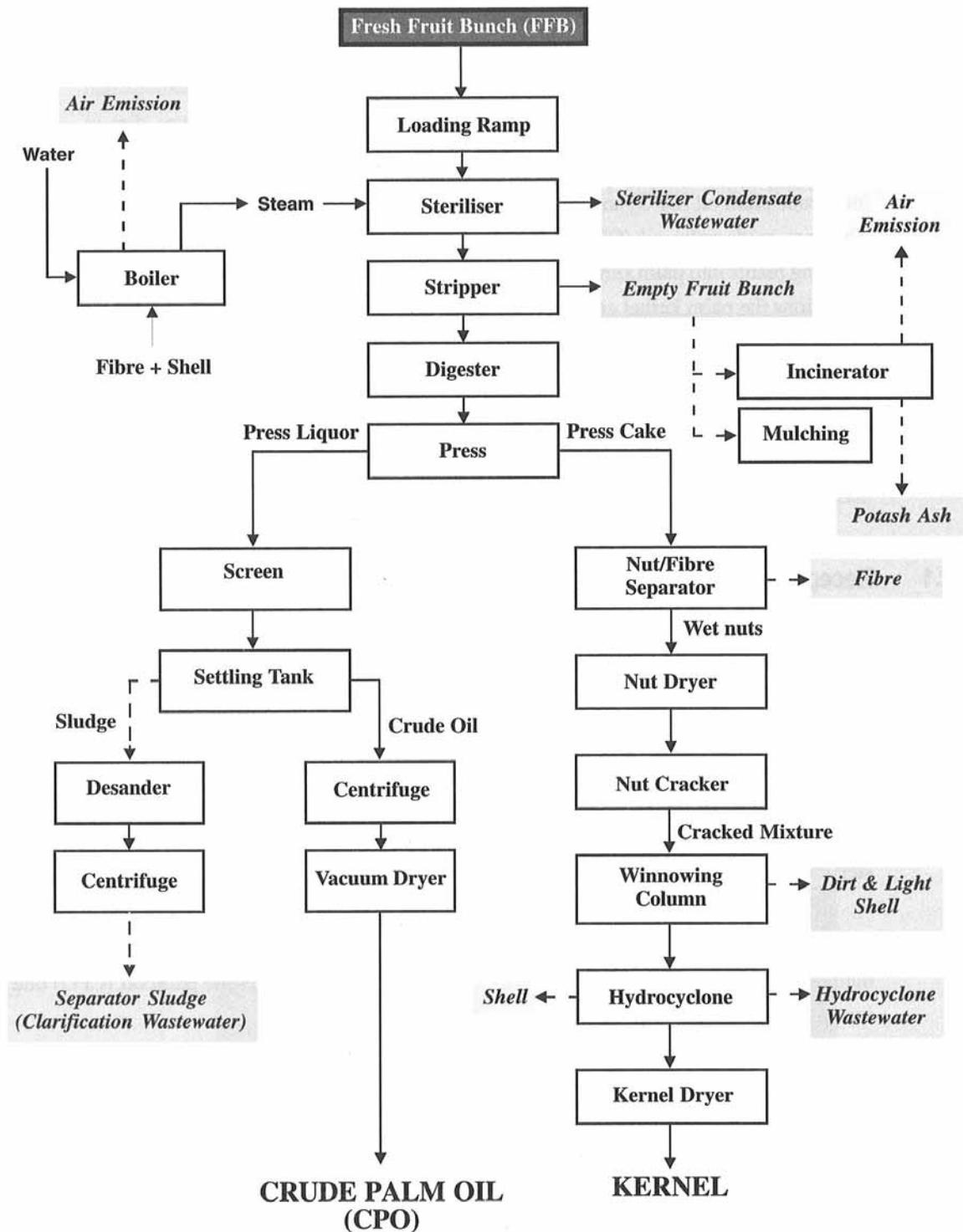


図 2.2.10 パームオイル工場からの POME 排出源フローシート  
(出典 : Industrial Processes & The Environment Handbook No.3)

工場から排出される POME の化学的酸素要求量 (COD) は、現在九州工業大学がマレーシアアントラ大学および FELDA 社とともに国際産学連携共同研究をマレーシア中南部に位置する FELDA 社 Serting Hilir 工場において行っており、同研究へ聞き取り調査を行った結果、工場から排出される POME の COD は FFB の性状によって異なるものの、30,000ppm ～90,000ppm 程度であることが分かった。また、以下の文献においては、代表値として 50,000ppm が用いられている。

- Industrial Processes & The Environment (Handbook No.3) Crude Palm Oil Industry (Department of Environment, Ministry of Science, Technology and the Environment)
- Baseline study of methane emission from anaerobic ponds of palm oil mill effluent treatment (Science of The Total Environment, In Press, Corrected Proof, Available online 24 August 2005, Shahrakbah Yacob, Mohd Ali Hassan, Yoshihito Shirai, Minato Wakisaka and Sunderaj Subash)
- Ma & Ong (1985)

一方、Lumadan 工場において実施した 2 度の水質分析の結果では、COD は 18,964ppm および 22,736ppm で、およそ約 20,000ppm と一般的な値と比較して 6 割程度低い値を示した。各種の聞き取り調査の結果、パームオイル工場の POME 処理工程において、Centrifuge 方式と Decanter 方式の 2 方式があり、その処理方式の違いによって COD が低いことが分かった。

Centrifuge 方式は従来から用いられている方式であり、Decanter 方式と比較して機器のコストが安いことが特徴である。一方 Decanter 方式は、比較的新しい方式で機器コストは高いものの処理工程において一部のスラッジを抜き取ることが可能であるため、工場から排出される POME 内のスラッジを減量させることができ、オープンラグーンのメンテナンスが容易になる特徴を有している。両処理方式には一長一短があることから、工場の設置環境に応じて採用されている。

Lumadan 工場では Decanter 方式を採用しており、オープンラグーンへ排出する前に一定量のスラッジを抜き取っていることから、オープンラグーンへ排出している POME の COD が低いものと思われる。なお、今回の水質結果を確認するために Sawit Kinabalu 社が所有する他の工場のうち、Decanter 方式を採用している 2 つの工場について水質分析を実施した。その結果、COD は Kunak 工場で 21,560ppm、Langkon 工場で 23,280ppm といずれも Lumadan 工場と同様の値を示した。

図-2.2.11 に Lumadan 工場の POME 処理施設ブロックフローを示す。パームオイル工場から排出された POME は最初に Grid Pond に入る。ここで POME 中の油分を静置分離して、油分は回収してパームオイル工場へ返送される。油分を除去された POME は Grid Pond の中層部より抜き取られて Anaerobic Pond 1 (嫌気性オープンラグーン No. 1) に入

る。Anaerobic Pond 1 は 幅 30m×長さ 170m×深さ 5m の地面を素掘りしただけのピットであり、同じ形状のものが 4 基直列に配置されている。ここで POME は嫌気発酵により、その化学的酸素要求量 (COD) を約 20,000 ppm から約 2,000 ppm 程度まで減少させるとともに、メタンガスと二酸化炭素から成るバイオガスを発生している。また Anaerobic Pond 内部においてはバイオガスの発生と共に、菌体と未分解有機物から成るスラッジが生成される。Anaerobic Pond を出た POME は続いて Aerobic Pond 1 (好気性オープンラグーン No.1) に入る。Aerobic Pond 1 は 幅 30m×長さ 70m×深さ 4m の地面を素掘りしただけのピットであり、同じ形状のものが 2 基と幅 30m×長さ 90m×深さ 3m のピットが 1 基の計 3 基が直列に配置されている。ここで POME は好気発酵により、その COD を約 1,000 ppm 程度まで減少させた後、Stabilization Pond (調整池) を通って隣接河川に放流されている。

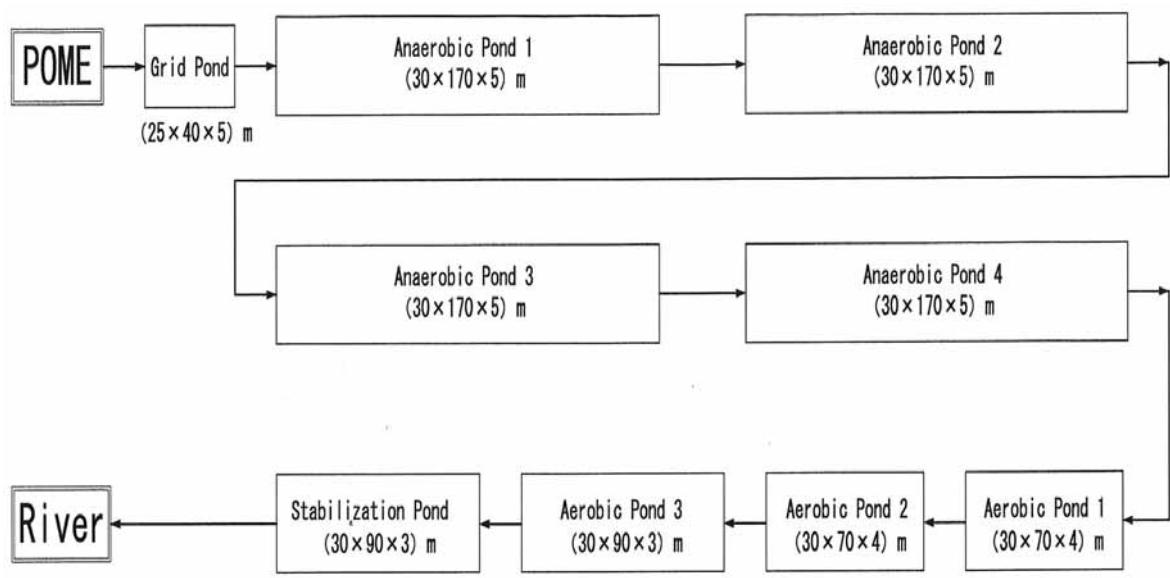


図-2.2.11 既設 POME 処理設備ブロックフロー

#### (4) 今後の FFB 处理計画

Lumadan 工場専用農園は植え替え時期に差し掛かっており、Sawit Kinabalu 社は、この植え替え時期に伴い、FFB の収穫量を安定させるために専用農園の拡充を図る計画である。図-2.2.12 に Lumadan 工場の FFB 収穫計画（2006 年～2014 年）を示す。また、各値を表-2.2.4 に示す。なお、図表中の SLDB はサバ土地開発公社 (Sabah Land Development Board) を示すもので、同社から Sawit Kinabalu 社が分社・設立された経緯もあり、同社が保有する農園からの FFB は比較的安定して Lumadan 工場へ供給される。

現在、Lumadan 工場に搬入している FFB の量は、その約 4 割が自社農園および SLDB 農園から供給しており、残りの 7 割が個人農園である。図および表に示すとおり、専用農園の拡充に伴い 2014 年には約 7 割を自社農園および SLDB 農園から供給する計画であることから、今後は比較的安定した FFB の収穫量が見込めるものと思われる。

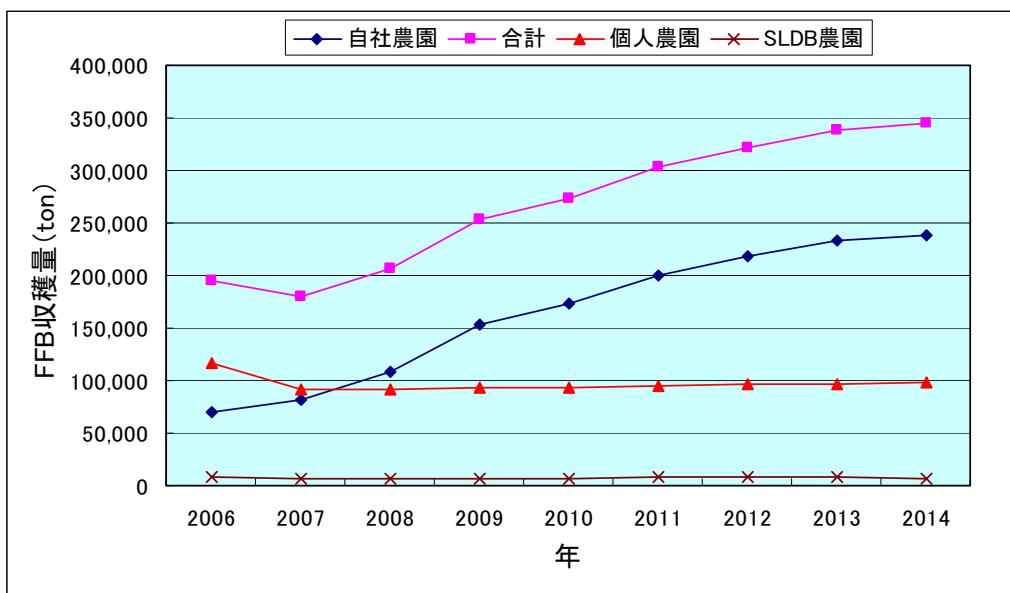


図-2.2.12 年間 FFB 収穫計画（2006 年～2014 年）

表-2.2.4-(1) 年間 FFB 収穫計画（2006 年～2010 年）

(単位 : t)

収穫先	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
自社農園	70,545	81,276	108,136	153,241	172,541
SLDB 農園	7,730	7,500	7,300	7,300	7,000
個人農園	116,725	92,000	92,000	93,000	94,000
合計	195,000	180,776	207,436	253,541	273,541

表-2.2.4-(2) 年間 FFB 収穫計画（2011 年～2014 年）

(単位 : t)

収穫先	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	平均
自社農園	200,228	218,609	233,301	238,768	164,072
SLDB 農園	7,800	7,700	7,600	7,500	7,492
個人農園	95,000	96,000	97,000	98,000	97,081
合計	303,028	322,309	337,901	344,268	268,644

## 2. 2. 3 本プロジェクトへの関心度

POME 処理は、河川環境の悪化や周辺住民・工場作業員への異臭問題など、環境面での処理対策がパームオイル産業全体の大きな課題の一つである。Sawit Kinabalu 社および

Borneo Samudera 社もこの課題を重要なものと認識しており、何かしらの対策を行いたいと考えている。一方で、同社は民間企業であることから、事業性があることも重要な要素である。

本プロジェクトでは、閉鎖型メタン発酵システムを導入することにより、POME の浄化作用が強化されることから、河川や工場労働者の環境を改善する。また、同システムを導入することにより得られたメタンガスを用いて発電を行い SESB へ売電すること、また CDM プロジェクトとして行うことにより売電収入および CER 収入が得られることから、事業性も見込まれる。更に、売電する計画ではあるものの得られた電力は同工場の貴重なエネルギー源にも成り得る。

以上のことから、Sawit Kinabalu 社および Borneo Samudera 社は、本プロジェクトに対して極めて高い関心を示している。

## 2. 3 プロジェクトケースの設定

Lumadan 工場の POME は、COD が約 20,000ppm と当初想定値である 50,000ppm よりも 6 割低い。これは「2. 2. 2 プロジェクト実施サイトの概況」に記載のとおり、処理方式の違いによるもので、Lumadan 工場は、工場内の POME 処理過程で Decanter 方式を採用しており、スラッジを一部抜き出しているからである。COD の低い POME を用いて本プロジェクトを行う場合には、エネルギー生成効率が低いことから、事業の採算性が悪くなる可能性が高い。そのため、本調査では表-2.3.1 に示すとおり、POME の COD の値が異なる 3 ケースについて事業性の評価を行う。

ケース 1 は、Lumadan 工場の現状の POME (COD=20,000ppm) を用いてプロジェクトを実施した場合を想定したもので、ケース 2 は、Lumadan 工場内の処理過程で抽出したスラッジを工場から排出された POME に加えてから、メタン発酵システムの原料として活用した場合のプロジェクトを想定したものである。すなわち、ケース 2 において、メタン発酵システムの原料となる POME は、一度抽出したスラッジを再活用することにより COD を当初想定した値 (COD=50,000ppm) にまで引き上げてプロジェクトを実施するものである。ケース 3 は、処理過程に Centrifuge 方式を用いている Lumadan 工場と同規模の工場 (POME の COD=50,000ppm) で、プロジェクトを実施する場合を想定したものである。

表-2.3.1 プロジェクトケース

ケース	工場から排出される POME の COD(ppm)	メタン発酵システムに投入する POME の COD(ppm)
1	20,000	20,000
2	20,000	50,000
3	50,000	50,000

なお、本調査においては、メタン発酵システムを導入して得られたメタンガスを発電に用いずに、フレア処理のみを行った場合についても一部検討を行った。しかしながら、本プロジェクトにおいては、発電に伴う収入が大きな割合を占めていることから、事業性が低くなることが明らかとなつたため、検討ケースから除外した。

## 2. 4 排水処理方式

「2. 3 プロジェクトケースの設定」に記載のとおり、本調査においては、3つのケースを想定して事業性の検討を行うものであるが、基本的なシステムは同様であることから、ここではケース2を想定したシステムを記載する。

### 2. 4. 1 既設処理方式の問題点

現在 Lumadan 工場においては「2. 2. 2 プロジェクト実施サイトの概況」で述べたようにオープンラグーン方式にて POME の処理を行っているが、下記の様な問題点が挙げられる。

#### ① バイオガスの大気放散

POME の嫌気発酵処理は大気オープンの状態で行われているため、Anaerobic Pond 1~4において発生したメタンガスはそのまま大気中に放散されている。現状の Lumadan 工場の FFB 処理量 (183,035 t/yr)においては約 450 t/yr のメタンガスが大気放散されていると推測される。これは二酸化炭素換算で約 9,450 t/yr に相当する GHG 量である。

#### ② スラッジの堆積

Anaerobic Pond 1~4においてはバイオガスと共に槽内でスラッジが発生し、比重が重いために河川に流れることなく、除去しなければ槽内で堆積して最悪の場合、Anaerobic Pond を閉塞させてしまう。そこで Lumadan 工場では Anaerobic Pond の浚渫を 1 回/4 年程度の周期で定期的に行っている。

#### ③ 排水基準規制強化への対応

現状の POME 処理設備からの河川放流水の水質は、基準値である BOD 100mg/L 以下を満足しているが、サバ州環境局 (DOE : Department of Environment Sabah)においてこの基準値の見直し（強化）が検討されており、施行される可能性が高い。Lumadan 工場は、FFB 処理規模が 45t/h であるものの、設計は 90t/h で行われてお

り、オープンラグーンの増設が可能であることから、この環境基準は満たすことがでると思われるが、増設に伴い一定の費用の支出が必要である。

本プロジェクトにおいては、上記の問題点を解決すること目的とした新排水処理システムを採用することとした。

## 2. 4. 2 システムの考え方

新排水処理システムを計画するにあたり、下記の項目を満足する必要がある。

- ① バイオガスの大気放散防止
- ② スラッジの堆積防止
- ③ 排水処理性能の向上

以下にその方法を記す。

### (1) バイオガスの大気拡散防止

POME の嫌気発酵処理を行う際にはメタンガスと二酸化炭素の混合ガスであるバイオガスの発生を伴う。既設排水処理システムはオープンラグーン方式を採用しているため、発生したメタンガスはそのまま大気中に放散されている。また嫌気発酵プロセスは酸素を嫌い、酸素が存在すると発酵効率が著しく低下する。そこで本プロジェクトにおいては嫌気発酵処理をクローズドシステムで行う必要がある。クローズドシステムにて嫌気発酵を行わせる方法として、密閉タンク内で POME を嫌気処理することが一般に行われているが、タンクを新設する必要があるため、高い設備費用を伴う。よって本プロジェクトでは、既設の Anaerobic Pond 1 を 500m<sup>3</sup>ごとの区画に分けて蓋を設けて密閉することにより、バイオガスの収集・漏洩防止、酸素流入防止を図った。

### (2) スラッジの堆積防止

POME の嫌気発酵処理においては、バイオガスの発生と共に菌体と未分解有機物から成るスラッジが生成される。既設のオープンラグーン方式による嫌気発酵処理においては、生成したスラッジは比重が液より重いため Anaerobic Pond の底部にスラッジが堆積し、定期的な除去が必要となる。Anaerobic Pond 内のスラッジを浮遊させて POME とともに嫌気発酵処理することにより発生スラッジ量を低減させることができる。よって本プロジェクトでは、既設の Anaerobic Pond 1 を分割した区画毎に循環ポンプを設置して、Anaerobic Pond 底部に堆積したスラッジを浮遊させることにより、スラッジの堆積防止、発生量の低減を図った。なお、スラッジを循環させても POME 嫌気処理に伴いスラッジは発生するため、Anaerobic Pond 内部のスラッジ濃度を一定に保つために、循環ラインから定期的にスラッジの抜き取りを行う。

### (3) 排水処理性能の向上

新排水処理システムを本プロジェクトに採用することにより、従来既設の Anaerobic Pond 1～4 の 4 基で行っていた嫌気発酵処理を Anaerobic Pond 1 の半分以下の区画で処理することが可能となる。従って新排水処理システムを採用後は、現在 3 基 ( $8,400\text{m}^3 \times 2$  基 +  $8,100\text{m}^3 \times 1$  基 =  $16,500\text{m}^3$ ) で行っていた好気発酵処理を、現在の Anaerobic Pond 1 の  $3/4$  ( $19,125\text{m}^3$ ) と Anaerobic Pond 2,3,4 ( $25,500\text{m}^3 \times 3$  基 =  $76,500\text{m}^3$ ) を加えた容積 ( $112,125\text{m}^3$ ) で行うことができる様になることから、好気発酵処理容量が 6 倍強に増加することになる。本システムを導入することによって、現在 DOEにおいて検討されている河川放流水の新基準値 (BOD 20mg/L 以下) の達成が可能になると思われる。

## 2. 4. 3 新排水処理システム

### (1) 新排水処理設備の概念

新排水処理設備の概念フローを図 2.4.1 に示す。Grid Pond から出た POME は新設の Anaerobic Pond に入り、新設 Anaerobic Pond 全体で 10 日間滞留する。滞留期間内で Pond 内部のスラッジとともに嫌気発酵によりメタンガスを含んだバイオガスを発生して POME 中の有機物を消化することにより、COD/BOD を減少させる。

Anaerobic Pond の表面は大気との接触を防止するための蓋を設けており、Anaerobic Pond 内で発生したバイオガスは蓋下部に蓄積した後、系外に抜き出されてフレアスタック又は発電機に送られる。Anaerobic Pond 内の液は循環ポンプにより循環される。この際底部に堆積したスラッジは循環液により舞い上がり槽内を浮遊することによって POME と十分接触し嫌気発酵効率が高くなる。循環液の一部は循環ラインより抜き出されて、隣接の Anaerobic Pond へ送液される。この繰り返しにより、処理液は最終の Anaerobic Pond より次工程である Aerobic Pond に入る。

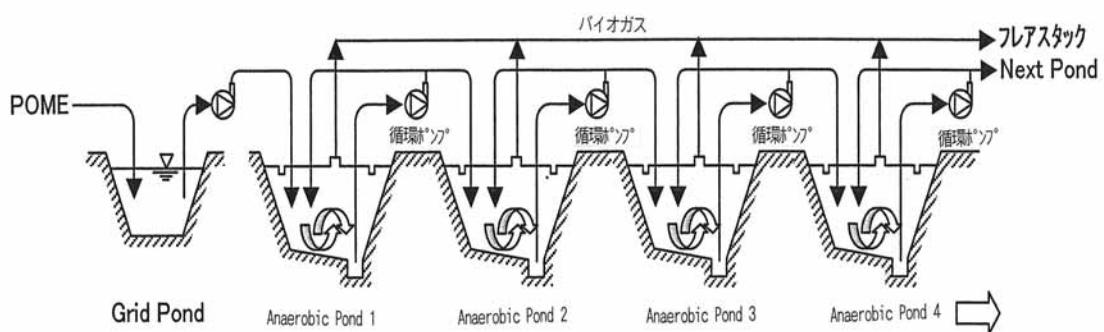


図-2.4.1 新排水処理設備の概念フロー

## (2) 新排水処理システム基本設計

### ① 設置場所

本プロジェクトは Borneo Samudera 社 Lumadan 工場からの排水処理に関するものであるため、同工場内の既設排水処理設備内に設置する。プラント用地としては、新排水処理設備( $40\text{m} \times 30\text{m} = 1,200\text{m}^2$ )を既設 Anaerobic Pond 1( $170\text{m} \times 30\text{m} = 5,100\text{m}^2$ )の内部に設置する。プロットプランを図-2.4.2 に示す。

### ② 設備概要

新排水処理システムの設計諸元を表-2.4.1 に示す。本プロジェクトにおいて、COD 含有量 50,000 mg/L の POME を年間 177,000 t 処理することにより、今まで大気中に排出していたメタンガスを年間 1,839 t 回収できることになる。またガスエンジン発電機を設置することにより、バイオガスを燃料として発電を行い、980 kW の電力を回収して隣接のグリッドに供給する。

表-2.4.1 新排水処理システムの設計諸元

項目	数量	備考
FFB 処理量(t/y)	334,000	
POME 排出量(t/y)	177,000	
COD 含有量(mg/L)	50,000	
COD 除去率(%)	0.9	
Bo(kg-CH <sub>4</sub> /kg-COD)	0.238	
MCF(%)	0.97	
メタンガス発生量(t/y)	1,839	
メタンガス含有量(%)	55	in バイオガス
バイオガス発生量(Nm <sup>3</sup> /day)	12,840	8.9 (Nm <sup>3</sup> /min)

## (3) 新排水処理システムフロー

新排水処理システム全体のフローシートを図-2.4.3 に示す。システム全体の流れは下記の通りである。

- ① CPO 工場から出た POME は既設 Grid Pond (5,000m<sup>3</sup>)に入る。
- ② POME は Grid Pond 内で約 10 日間滞留し、この間に酸発酵が行われる。また POME 中の油分は Grid Pond 内で静置分離され、CPO 工場へ返送される。
- ③ Grid Pond で油分を除去された POME は新設の Anaerobic Pond に入る。Anaerobic Pond は 1 基当り容量 500m<sup>3</sup>、B8m×L15m×H5m のコンクリート製の貯槽であり、隣り合った 10 基で構成する。

- ④ 各 Anaerobic Pond から発生したバイオガスは Desulfurization Unit（脱硫装置）においてガス中の硫化水素を除去された後、Gas Holder に入る。発生ガス量は約 535Nm<sup>3</sup>/h である。
- ⑤ Gas Holder の容量は 500m<sup>3</sup> であり、Gas Holder から出たバイオガスは通常はガスエンジン発電機に送る。
- ⑥ ガスエンジン発電機において発電した電気は最寄のグリッドに接続し送電する。
- ⑦ ガスエンジン発電機がメンテナンス等で停止する場合は、Gas Holder から出たバイオガスはフレアスタックに送り、燃焼処理する。
- ⑧ 10 基の Anaerobic Pond は直列に配置され、10 日間で嫌気発酵処理は完了し、続いて Aerobic Pond に入る。
- ⑨ 新排水処理システムは既設 Anaerobic Pond 1 の 1/4 の面積で収まるため、既設 Anaerobic Pond 1 の残りの 3/4 と既設 Anaerobic Pond 2,3,4 が新排水処理システムを設置することにより Aerobic Pond として使用できることになる。よって好気発酵の処理時間は既設設備の 6 倍強になる。
- ⑩ Aerobic Pond を出た POME は Stabilization Pond を通って隣接の河川へ放流する。

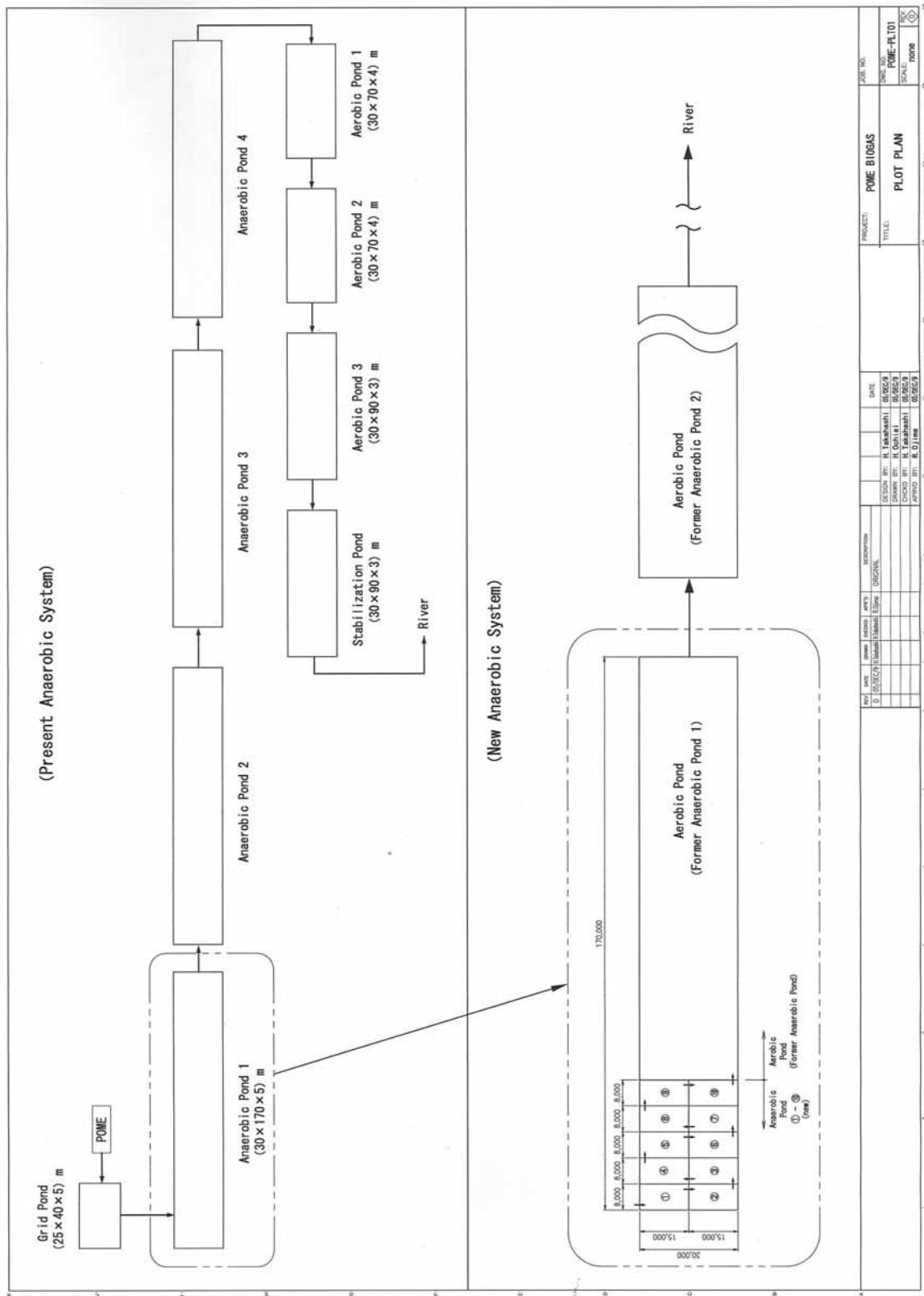


図-2.4.2 新排水処理システムのプロットプラン

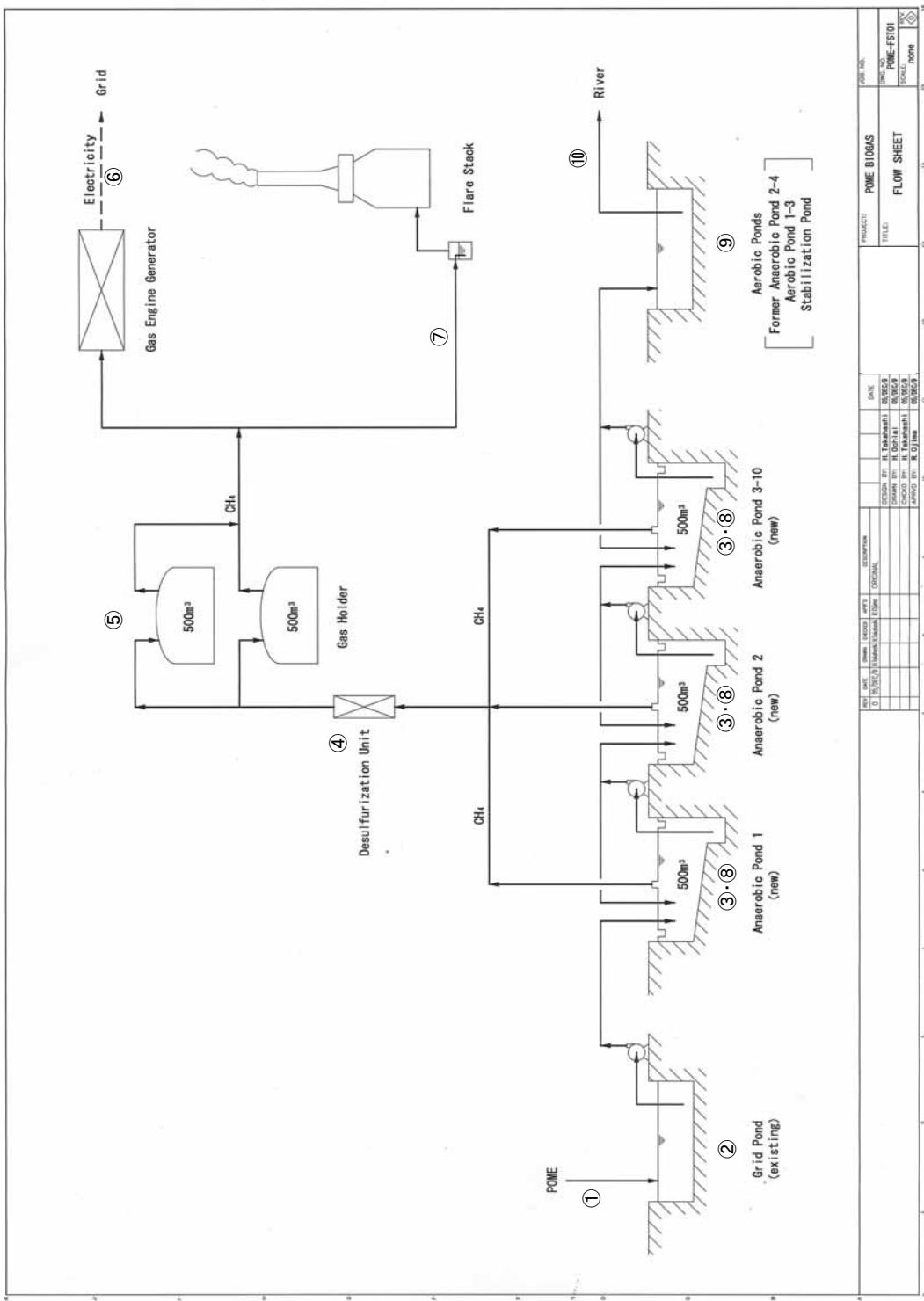


図-2.4.3 新排水処理システム フローチート

## 2. 4. 4 発電設備

「2. 4. 3 新排水処理システム」で述べたとおり、バイオガスの発生量は、 $12,840 \text{Nm}^3/\text{day}$  と試算している。パームオイル工場の稼動時間は一般的に最大で 20 時間であるが、バイオガスは夜間も継続して発生することから、発電設備の運転は、24 時間連続運転となる。実際にはシステム運転中と停止中ではガス発生量に差があるため、ガスホルダーを設置してガスの平均的な利用が可能となるようなシステムとしている。従って、平均ガス発生量=利用可能量は、 $535 \text{Nm}^3/\text{h}$  となる。このバイオガスのメタン濃度は 55%程度であることから、メタンガス利用可能量は、 $294 \text{CH}_4 \cdot \text{Nm}^3/\text{h}$  となる。

この様なバイオガスを燃料とする場合、実績などから適していると考えられるのは、新潟原動機、ドイツエナジー、イエンバッハの 3 メーカーである。新潟原動機は油着火方式による確実な運転と日本製であるために品質が高いことが特徴であり、1,000kW 以上のクラスにラインナップがあるが、海外のメンテナンス体制の確立には課題がある。ドイツエナジー社製ガスエンジンの日本でのパッケージャーは日立造船であり、近年バイオガスに多くの実績があって信頼性は高い。比較的小規模のラインナップが充実している。イエンバッハ社は長年にわたってバイオガス発電に多くの実績があり、日本国内でも都市ガス燃料を中心に相当数の実績がある。

ここでは、機種選定における自由度の高さから、ドイツエナジー社製ガスエンジンを選択することとした。表 2.4.2 に各機種のヒートバランスを示す。

本プロジェクトにおけるメタンガス発生量は平均  $294 \text{Nm}^3/\text{h}$  を想定していることから、980kW の機種を選定する。

表 2.4.2 ドイツエナジー社ガスエンジンのヒートバランス

型式名称	単位	TBG616FV12	TBG616FV16	TBG620FV12	
発電出力	kW (e)	480	648	980	
発電電圧	V	6600/3300			
発電効率	%	38.8	39.0	41.0	
燃料消費率	k J/kWh	9,278	9,231	8,780	
燃料消費量(メタンガス)	m <sup>3</sup> /h	123	165	238	
外形寸法	m	4.0×1.4×2.1h	4.4×1.4×2.2h	4.7×1.8×2.7h	
重量	kg	5,000	5,600	8,800	

# 第 3 章

### 第3章 プロジェクト効果

#### 3. 1 方法論の検討

本プロジェクトに適応可能な承認済方法論として、以下の AM0013 が挙げられる。本方法論の前身である NM0038 は、本プロジェクトと同様に、マレーシアのパームオイル工場の廃液（POME）を活用してバイオマス発電を行うプロジェクトの方法論として確立されたものであることからも、AM0013 の本プロジェクトへの適応性が高いことがわかる。なお、同方法論は 2005 年 5 月に一部内容が改正されている。

Revision to approved baseline methodology AM0013

“Forced methane extraction from organic waste-water treatment plants for grid-connected electricity supply and/or heat production”

表-3.1.1 に同方法論の適応条件に対する本プロジェクトの適応性を示す。表に示すとおり本プロジェクトは AM0013.version02 の適応条件を全て満たしていることから、本方法論を用いることとする。

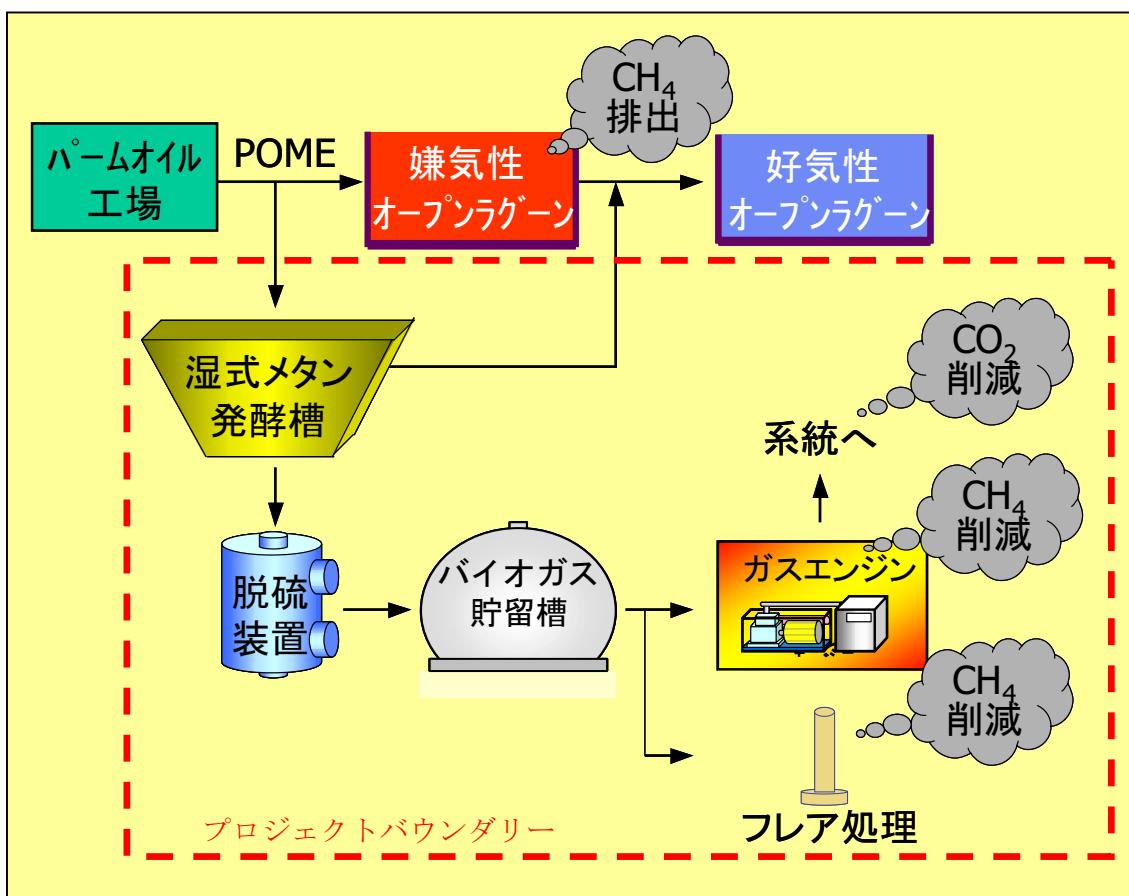
表-3.1.1 AM0013.version02 の適応条件と本プロジェクト

No.	AM0013. version02 の適用可能条件	本プロジェクトの適用性
1	現状の排水処理設備は、活動中の嫌気性環境下にあるオープンラグーンを用いている。具体的には、以下の条件を満たすオープンラグーンであること。 ①深さは 1m 以上であること。 ②スラッジの滞留時間は 1 年以上であること。 ③スラッジの温度が常に 15°C 以上であること。	本プロジェクトについては、以下の通り各条件を満たしている。 ①深さは 5m である。 ②スラッジの滞留時間は、4 年程度である。 ③スラッジの温度は、25°C 以上である。
2	対象プロジェクトは、強制メタンか異種プロジェクトで、現状のオープンラグーンから閉鎖型メタン発酵槽もしくは類似した技術を用いてメタン発酵を促進させるものである。	本プロジェクトは、現状のオープンラグーンから閉鎖型へ処理方式を転換することによりメタン発酵を促進させることから、本条件を満たしている。

3	回収したメタンは発電に用いることにより、電力グリッドの化石燃料代替効果が得られること。	本プロジェクトは、回収したメタンを発電に用いることから、本条件を満たしている。
4	発電出力は、15MW 以下であること。	本プロジェクトにおける発電出力は、1MW 程度であることから、本条件を満たしている。

### 3. 2 プロジェクト活動と境界

本プロジェクト活動の模式図を図－3.2.1 に示す。プロジェクトバウンダリーは AM0013.version02 に基づき、図中の赤点線とする。



図－3.2.1 プロジェクト活動の模式図

### 3. 3 対象とする温室効果ガス

本プロジェクト活動に伴う温室効果ガスの一覧を表-3.3.1に示す。

表-3.3.1 温室効果ガス一覧

	発生源	温室効果ガス	
ベースライン シナリオ	廃水処理設備 (オープンラグーン)	CH <sub>4</sub>	対象
		CO <sub>2</sub>	カーボンニュートラルであることから対象外
	グリッド電力	CO <sub>2</sub>	対象
		N <sub>2</sub> O	保守的な観点から対象外
プロジェクト シナリオ	廃水処理設備 (閉鎖型処理設備)	CH <sub>4</sub>	対象
	廃水処理設備 (既設オープンラグーン)	CH <sub>4</sub>	対象
		CO <sub>2</sub>	カーボンニュートラルであることから対象外
	ガス貯留槽	CH <sub>4</sub>	発生量が極めて少ないとから対象外 ※ただし、モニタリングを行い、GHG 発生量が全 GHG 削減量の 1%を超える場合には計上する。
	起動時のための化石燃料 消費	CO <sub>2</sub> ／N <sub>2</sub> O	

### 3. 4 ベースラインの設定／追加性の立証

#### 3. 4. 1 ベースラインの設定／追加性の立証ツール

承認済方法論 AM0013.version02においては、ベースラインの設定／追加性の立証ツールとして 2 つの Option が提示されている。Option A の方法は、図-3.4.1 に示すフローチャートで表現されている。Option B は、CDM 理事会が承認している追加性立証ツール (“Tool for the demonstration and assessment of additionality”) のうち、最新のツールを用いるものである。本プロジェクトにおいては、ベースラインの設定方法が明確であることから、Option A を採用した。

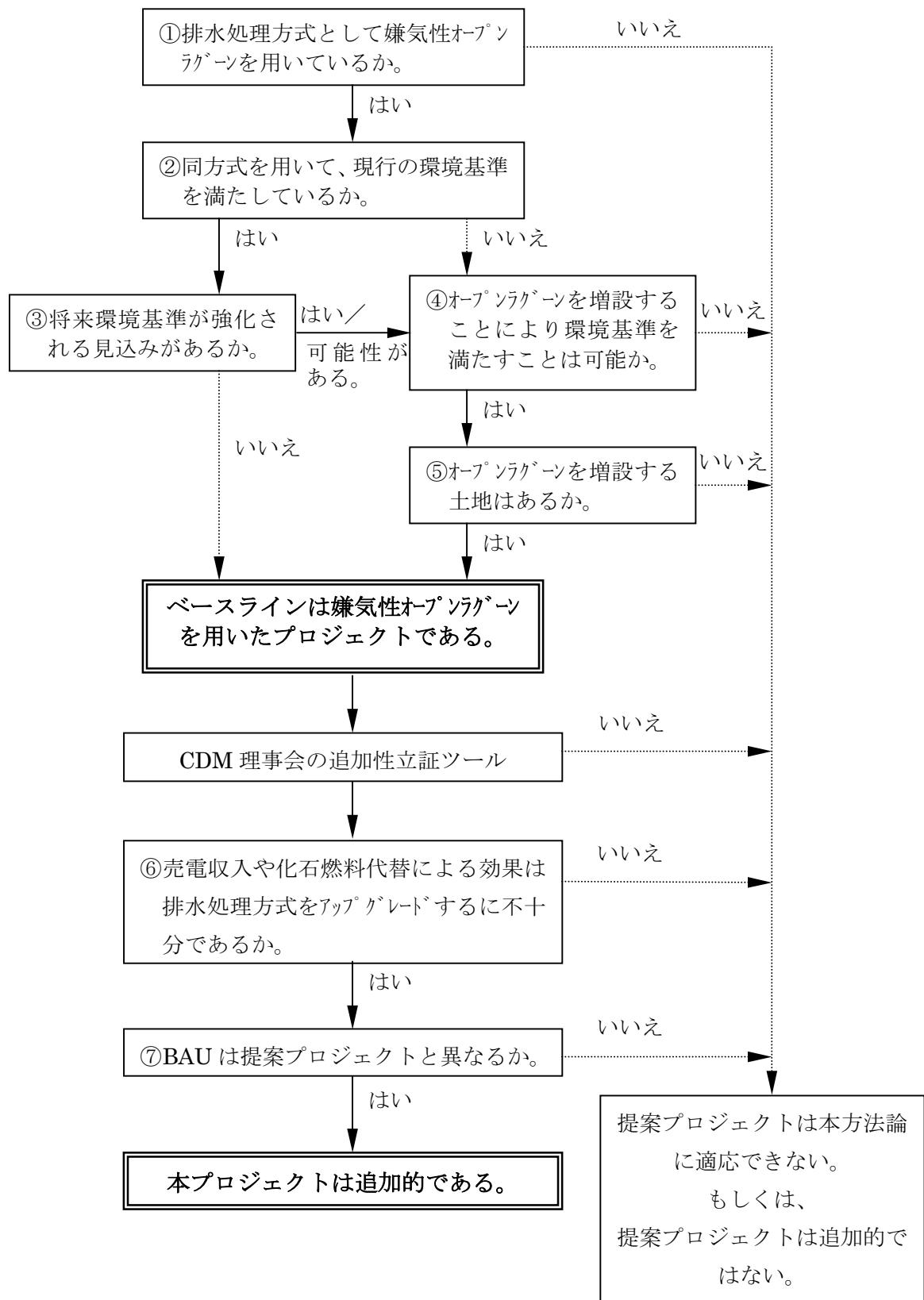


図-3.4.1 ベースラインの設定／追加性の立証ツールのフローチャート  
(AM0013.version02)

### 3. 4. 2 ベースラインの設定

図-3.4.1 に示すフローチャートのうち、ベースラインの設定に関する項目は①～⑤である。各項目の本プロジェクトにおける検討結果を表-3.4.1 に示す。図および表より、本プロジェクトにおけるベースラインが嫌気性オープンラグーンを用いたプロジェクト、すなわち現状維持であることが分かる。

表-3.4.1 ベースラインの設定に関する検討結果

検討項目	本プロジェクト	
①嫌気性オープンラグーンを用いているか。	はい	嫌気性オープンラグーンを用いている。
②現行の環境基準を満たしているか。	はい	天然資源環境省サバ州環境局（DOE）の管理下で、環境基準を満たしている。
③将来環境基準が強化される見込みはあるか。	ある	DOE は、今後廃水基準を強化する計画がある。
④オープンラグーンを増設することにより環境基準を満たすことは可能か。	はい	環境基準は BOD などオープンラグーンを増設することにより同基準を満たすことが可能である。
⑤オープンラグーンを増設する土地はあるか。	はい	対象工場周辺の土地も Sawit Kinabalu 社が所有しており、増設は可能である。

### 3. 4. 3 追加性の立証

図-3.4.1 に示すフローチャートの各項目のうち、追加性の立証に関する項目は⑥および⑦である。なお、図中には「CDM 理事会の追加性立証ツール」と記載されているが、AM0013. Version02 においてその具体的な適応方法の説明はない。一方、同方法論には⑥について IRR や NPV などを用いて証明する必要があること、⑦についてはホスト国において提案プロジェクトの類似プロジェクトが行われていないことを説明する必要があるなど、具体的な解説が記載してある。また、⑥および⑦の解説が CDM 理事会の追加性立証ツールの Step -3（経済分析）および Step-4（慣行分析）と同様であることから、フローチャート中の「CDM 理事会の追加性立証ツール」は、同ツールを用いて⑥および⑦を検討することを示しているものと捉え、本プロジェクトの追加性の立証を行った。

以下に各項目に関する検討結果を示す。

⑥売電収入や化石燃料代替による効果は廃水処理方式をアップグレードするに不十分であるか。

CDM 理事会の追加性立証ツール（“Tool for the demonstration and assessment of additionally”）における投資分析には、以下の 3 つの選択肢がある。

- ・ 選択肢 1：単純なコスト分析（Option I. Apply simple cost analysis）」
- ・ 選択肢 2：投資比較分析（Option II. Apply investment comparison analysis）
- ・ 選択肢 3：ベンチマーク分析（Option III. Apply benchmark analysis）

本プロジェクトでは、CER 以外に売電による収入があることを踏まえ「選択肢 3：ベンチマーク分析」を用いて分析を行う。ここでベンチマークには、マレーシアの長期国債の利回りを採用する。この理由は、次のとおりである。

- ・ 日本の民間企業がマレーシアでのプロジェクトに投資判断をする場合、最低でもそのプロジェクトの利回りがマレーシアの長期国債の利回りを越えていなければ、企業はそのプロジェクトへの投資をする魅力を全く感じないし、国債を買った方が良いと判断するだろうからである。
- ・ 国債の利回りには、公正性、透明性がある。

なお、IRR の計算方法は、Project IRR と Equity IRR の 2 通りがあるが、ここでは、このプロジェクトの資金調達の方法がまだ決まっていないことから、Project IRR にて計算を行った。

本プロジェクトでは、売電収入のみ（CER による収入がない場合）による IRR は、最大でも 2%未満である。一方、マレーシアにおける長期国債利回りは 4.21%（2005 年 12 月平均）であることから、売電収入による効果は廃水処理方式をアップグレードするに十分ではない。

## ②BAU は提案プロジェクトと異なるか。

このプロジェクトに似たプロジェクト（マレーシアで行われ、同じ技術を採用し、同じ規模で、規制環境、投資環境、技術状況が比較可能なもの（以下追加性証明ツールの原文「in the same country/region and/or rely on a broadly similar technology, are of a similar scale, and take place in a comparable environment with respect to regulatory framework, investment climate, access to technology, access to financing, etc.」）が、CDM プロジェクト以外のものとして過去、現在、未来に、マレーシアで行なわれた、行われている、行われようとしている、という事実はない。

以上のことから、本プロジェクトは追加的である。

### 3. 5 温室効果ガス削減量およびリーケージ

#### 3. 5. 1 プロジェクト活動に伴う温室効果ガス排出量

##### (1) オープンラグーンからのメタン排出量

本プロジェクトでは、新たなメタン発酵システムで COD を大幅に削減した後に既設オープンラグーンへ排出する。既設オープンラグーンは好気性環境下であることから、MCF (methane conversion factor) は 0 で、CH<sub>4</sub>は放出されない。しかしながら、本プロジェクトが実施された後の好気性と嫌気性の環境区分けが不明確であることの不確実性を考慮し、保守的な観点から以下のとおりベースライン算出時と同様の手法を用い、Bo および MCF についても同じ値を採用し、CH<sub>4</sub>排出量 (CO<sub>2</sub>換算) を算出した。

$$PE_{y1} = COD_P \times Bo \times MCF \times GWP_{CH_4} \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad \text{【式 1】}$$

PE<sub>y1</sub> : オープンラグーンからのメタン排出量 (kg CO<sub>2</sub>/yr)

COD<sub>P</sub> : オープンラグーン入口 (発酵槽出口) の化学的酸素要求度 (計測値)  
(kgCOD/yr)

Bo : 最大メタン生成係数 (kgCH<sub>4</sub>/kgCOD) = 0.238 kgCH<sub>4</sub>/kgCOD

MCF : メタン変換係数 (-) = 0.97

GWP<sub>CH<sub>4</sub></sub> : 温暖化係数=21 (IPCC より)

COD<sub>P</sub>については、プロジェクト実施後の計測値を用いるものである。一方、本プロジェクトにおいては、事業性を検討するために以下の手法を用いて COD<sub>P</sub> を算出した。

$$COD_P = COD_x \times FFB_y \times PCF \times (1 - RER) \quad \dots \dots \dots \dots \dots \quad \text{【式 2】}$$

COD<sub>x</sub> : 1m<sup>3</sup>POME あたりの COD 値 (kgCOD/m<sup>3</sup>POME<sup>※</sup>)

FFB<sub>y</sub> : 年 FFB 処理量 (tFFB/yr)

PCF : 1tFFB 処理量あたりの POME 発生量 (m<sup>3</sup>POME/tFFB)

RER : COD 除去効率 (=0.90<sup>※</sup>)

※“UPM-KIT-FELDA International R&D Collaboration: Biogas Bilot Plant”(BIOTECH COMMUNICATIONS Vol.2,July)で、実証プラントから得られた結果より 0.97 が提示されているが、本 PDD においては保守的な観点から 0.9 を採用する。

COD<sub>x</sub>については、「2. 3 プロジェクトケースの設定」に記載のとおり、ケース1では20,000 kgCOD/m<sup>3</sup>POME、ケース2・3では50,000 kgCOD/m<sup>3</sup>POMEを用いる。

FFB<sub>y</sub>は、「2. 2. 2 プロジェクトサイトの概況」に記載しているFFB収穫計画に基づき、表-3.5.1の値を採用する。なお、2015年以降については具体的な収穫計画がないことから、2014年の収穫量が継続されると想定している。

表-3.5.1 年FFB処理量(FFB<sub>y</sub>)

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
FFB(t)	207,436	254,541	273,541	303,028	322,309	337,901	344,268	344,268
年	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
FFB(t)	344,268	344,268	344,268	344,268	344,268	344,268	344,268	344,268

PCFについては、以下の式に基づき算出している。

$$PCF = CFF \times 2.5 \quad \dots \quad \text{【式3】}$$

CFF : 1tFFB処理量あたりのCPO精製量(tCPO/tFFB)  
(=0.212 tCPO/tFFB<sup>※</sup>)

※Boruneo Samudera社の過去の実績に基づく値。

PCF : 1tCPO精製量あたりのPOME排出量(m<sup>3</sup>POME/tCPO)  
(=2.5 m<sup>3</sup>POME/tCPO<sup>※</sup>)

※マレーシアパームオイル研究所(PORIM:Palm Oil Research Institute Malaysia)の調査に基づく値。

Boについては、IPCCガイドラインで、0.25 kgCH<sub>4</sub>/kgCODがデフォルト値として記載されている。また、AM0013.VERSION02においては、同値の不確実性の観点から0.21kgCH<sub>4</sub>/kgCODがデフォルト値として記載されている。しかしながら、いずれの値についてもPOMEを対象にしたものではなく、一般的な工業や農業などの廃水を対象にしたものである。一方、九州工業大学白井教授および脇坂助手が現在マレーシアにおいて行っている国際産学共同研究において研究された結果から、0.238kgCH<sub>4</sub>/kgCOD("Baseline study of methane emission from anaerobic ponds of palm oil mill effluent treatment "(Science of The Total Environment, In Press, Corrected Proof, Available online 24 August 2005, Shahrakbah Yacob, Mohd Ali Hassan, Yoshihito Shirai, Minato Wakisaka and Sunderaj Subash)より)を提示している。一般的に同じ国で、同じオイル精製方式を用いたパームオイル工場から排出されるPOMEは、同様の性状を示すことから、本プロジェクトにおいては、0.238kgCH<sub>4</sub>/kgCODを用いて算出する。

MCFについては、IPCC ガイドラインで特定のデフォルト値を示していないが、アジア地域の係数として 0.9 が提示されている。また、AM0013.VERSION02においては、同値の不確実性の観点から 0.738 がデフォルト値として記載されている。しかしながら、いずれの値についても Bo と同様に POME を対象にしたものではなく、一般的な工業や農業などの廃水を対象にしたものである。この値についても、九州工業大学白井教授および脇坂助手の研究結果から 0.97 (“Baseline study of methane emission from anaerobic ponds of palm oil mill effluent treatment “(Science of The Total Environment, In Press, Corrected Proof, Available online 24 August 2005, Shahrakbah Yacob, Mohd Ali Hassan, Yoshihito Shirai, Minato Wakisaka and Sunderaj Subash)) を提示しており、本プロジェクトにおいても同値を採用する。

#### (2) メタン発酵システムからの CH<sub>4</sub> 排出量

本プロジェクトにおいてはフレア処理システムを導入し、発電機が停止した場合においても CH<sub>4</sub> は燃焼することから、メタン発酵システムからの CH<sub>4</sub> の漏出は極めて少ないものである。しかしながら、システム自体からの漏出は否定できないことから、保守的な観点よりプロジェクト実施時に回収した CH<sub>4</sub> の 5% 分とする。なお、NM0085 ” Vinassee Anaerobic Treatment Project - Compañía Licorera de Nicaragua, S. A. (CLNSA)” の PDDにおいても同値が用いられている。

#### (3) メタン発酵システムに伴う CO<sub>2</sub> 排出量

メタン発酵システムの起動時電源からの CO<sub>2</sub> 排出および同システムからの CH<sub>4</sub> 漏出や排気ガス中の CH<sub>4</sub> 排出については、その量が極めて少ないと negligible であると考えられる。しかしながら、これらはモニタリングして、年間 CER 量の 1% を超える場合には本プロジェクトの対象ガスとしてカウントする。

#### (4) プロジェクト活動に伴う温室効果ガス排出量

以上より、プロジェクト活動に伴う温室効果ガス排出量 (=PEy) は表-3.5.2 に示すとおりである。

表-3.5.2-(1) プロジェクト活動に伴う温室効果ガス排出量 (tCO<sub>2</sub>/yr) : ケース 1

No.	項目	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	オープソラグーン	1,066	1,303	1,406	1,557	1,656	1,736	1,769	1,769
2	メタン発酵システム	480	586	633	701	745	781	796	796
3	予備電源	0	0	0	0	0	0	0	0
	合 計 (=PEy)	1,546	1,889	2,038	2,258	2,402	2,518	2,565	2,565

No.	項目	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	オープソラグーン	1,769	1,769	1,769	1,769	1,769	1,769	1,769	1,769
2	メタン発酵システム	796	796	796	796	796	796	796	796
3	予備電源	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計 (=PEy)		2,565	2,565	2,565	2,565	2,565	2,565	2,565	2,565

表-3.5.2-(2) プロジェクト活動に伴う温室効果ガス排出量 (tCO<sub>2</sub>/yr) : ケース 2

No.	項目	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	オープソラグーン	2,665	3,257	3,514	3,893	4,141	4,341	4,423	4,423
2	メタン発酵システム	1,199	1,466	1,581	1,752	1,863	1,954	1,990	1,990
3	予備電源	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計 (=PEy)		3,864	4,723	5,096	5,645	6,004	6,295	6,413	6,413
No.	項目	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	オープソラグーン	4,423	4,423	4,423	4,423	4,423	4,423	4,423	4,423
2	メタン発酵システム	1,990	1,990	1,990	1,990	1,990	1,990	1,990	1,990
3	予備電源	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計 (=PEy)		6,413	6,413	6,413	6,413	6,413	6,413	6,413	6,413

表-3.5.2-(3) プロジェクト活動に伴う温室効果ガス排出量 (tCO<sub>2</sub>/yr) : ケース 3

No.	項目	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	オープソラグーン	2,665	3,257	3,514	3,893	4,141	4,341	4,423	4,423
2	メタン発酵システム	1,199	1,466	1,581	1,752	1,863	1,954	1,990	1,990
3	予備電源	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計 (=PEy)		3,864	4,723	5,096	5,645	6,004	6,295	6,413	6,413
No.	項目	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	オープソラグーン	4,423	4,423	4,423	4,423	4,423	4,423	4,423	4,423
2	メタン発酵システム	1,990	1,990	1,990	1,990	1,990	1,990	1,990	1,990
3	予備電源	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計 (=PEy)		6,413	6,413	6,413	6,413	6,413	6,413	6,413	6,413

### 3. 5. 2 ベースラインにおける温室効果ガス排出量

#### (1) オープンラグーンからのメタン排出量

嫌気性環境下におけるオープンラグーンより排出されるメタン排出量は、式1を用いて算出する。

$$BE_{OLy} = PE_{y1} = COD_B \times Bo \times MCF \times GWP_{CH4}$$

ここで、 $COD_B$ は式2に基づき算出するものであるが、同式で用いられる  $COD_x$  については、「2. 3 プロジェクトケースの設定」に記載のとおり、ケース1・2では 20,000 kgCOD/m<sup>3</sup>POME、ケース3では 50,000 kgCOD/m<sup>3</sup>POME を用いる。

#### (2) 売電量に相当する化石燃料からの CO<sub>2</sub>排出量

売電量に相当する化石燃料からの CO<sub>2</sub>排出量については、AM0013.VERSION02 のオプション1に基づき排出係数にはグリッド全電源平均を用い、以下の式より算出する。

$$BE_Ey = EG_y \times EF_E$$

$BE_Ey$  : 売電量に相当する化石燃料からの CO<sub>2</sub>排出量 (tCO<sub>2</sub>/yr)

$EG_y$  : 売電量 (MWh/yr)

$EF_E$  : SESB のグリッド全電源平均 (=0.55 tCO<sub>2</sub>/ MWh<sup>※</sup>)

※PTM (マレーシアエネルギーセンター) の聞き取り値

$EG_y$  については、プロジェクト実施後の計測値を用いるものである。一方、本プロジェクトにおいては、事業性を検討するために以下の条件のもとで、発電に伴う GHG 削減量を算出した。

- 回収した CH<sub>4</sub> を全量発電に用いる。

- 発電稼動日数 : 335 日

※365 日/年のうち、30 日程度はメンテナンスや不足の事態によって停止すると想定した。

- 日発電稼動時間 : 24 時間

#### (3) ベースラインにおける温室効果ガス排出量

ベースラインにおける GHG 排出量 (=BEy) は下表のとおりである。但し、これは試算であり、実際の GHG 排出量ではないことに注意すべきである。実際の GHG 排出量は計測値に基づいて算出する。

表-3.5.3-(1) ベースラインにおける GHG 排出量 (tCO<sub>2</sub>/yr) : ケース 1

No.	項目	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	オープソラグーン	10,660	13,029	14,057	15,572	16,563	17,365	17,692	17,692
2	売電	0	1,044	1,126	1,247	1,327	1,391	1,415	1,415
合 計 (=BEy)		10,660	14,073	15,183	16,820	17,890	18,755	19,107	19,107
No.	項目	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	オープソラグーン	17,692	17,692	17,692	17,692	17,692	17,692	17,692	17,692
2	売電	1,415	1,415	1,415	1,415	1,415	1,415	1,415	1,415
合 計 (=BEy)		19,107	19,107	19,107	19,107	19,107	19,107	19,107	19,107

表-3.5.3-(2) ベースラインにおける GHG 排出量 (tCO<sub>2</sub>/yr) : ケース 2

No.	項目	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	オープソラグーン	10,660	13,029	14,057	15,572	16,563	17,365	17,692	17,692
2	売電	0	2,609	2,815	3,118	3,317	3,467	3,467	3,467
合 計 (=BEy)		10,660	15,638	16,872	18,691	19,880	20,831	21,159	21,159
No.	項目	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	オープソラグーン	17,692	17,692	17,692	17,692	17,692	17,692	17,692	17,692
2	売電	3,467	3,467	3,467	3,467	3,467	3,467	3,467	3,467
合 計 (=BEy)		21,159	21,159	21,159	21,159	21,159	21,159	21,159	21,159

表-3.5.3-(3) ベースラインにおける GHG 排出量 (tCO<sub>2</sub>/yr) : ケース 3

No.	項目	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	オープソラグーン	26,650	32,573	35,143	38,931	41,408	43,411	44,230	44,230
2	売電	0	2,609	2,815	3,118	3,317	3,467	3,467	3,467
合 計 (=BEy)		26,650	35,182	37,958	42,049	44,725	46,878	47,696	47,696
No.	項目	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	オープソラグーン	44,230	44,230	44,230	44,230	44,230	44,230	44,230	44,230
2	売電	3,467	3,467	3,467	3,467	3,467	3,467	3,467	3,467
合 計 (=BEy)		47,696	47,696	47,696	47,696	47,696	47,696	47,696	47,696

### 3. 5. 3 リーケージ

本プロジェクトでは承認済方法論 AM0013.version02 に基づき、リーケージはない。

### 3. 5. 4 溫室効果ガス削減量

本プロジェクトによる GHG 削減量は、表-3.5.4 に示す通りで、プロジェクト期間である 16 年間では、ケース 1 : 246,145 tCO<sub>2</sub>、ケース 2 : 218,399 tCO<sub>2</sub>、ケース 3 : 614,645 tCO<sub>2</sub> の GHG 削減効果が得られる。

表-3.5.4-(1) 本プロジェクトによる GHG 削減量（単位：tCO<sub>2</sub>/y）：ケース 1

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
プロジェクト排出量	1,546	1,889	2,038	2,258	2,402	2,518	2,565	2,565
ベースライン排出量	10,660	14,073	15,183	16,820	17,890	18,755	19,107	19,107
排出削減量	9,114	12,184	13,145	14,562	15,488	16,238	16,541	16,541
年	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
プロジェクト排出量	2,565	2,565	2,565	2,565	2,565	2,565	2,565	2,565
ベースライン排出量	19,107	19,107	19,107	19,107	19,107	19,107	19,107	19,107
排出削減量	16,541	16,541	16,541	16,541	16,541	16,541	16,541	16,541

表-3.5.4-(2) 本プロジェクトによる GHG 削減量（単位：tCO<sub>2</sub>/y）：ケース 2

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
プロジェクト排出量	3,864	4,723	5,096	5,645	6,004	6,295	6,413	6,413
ベースライン排出量	10,660	15,638	16,872	18,691	19,880	20,831	21,159	21,159
排出削減量	6,796	10,915	11,776	13,046	13,876	14,537	14,745	14,745
年	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
プロジェクト排出量	6,413	6,413	6,413	6,413	6,413	6,413	6,413	6,413
ベースライン排出量	21,159	21,159	21,159	21,159	21,159	21,159	21,159	21,159
排出削減量	14,745	14,745	14,745	14,745	14,745	14,745	14,745	14,745

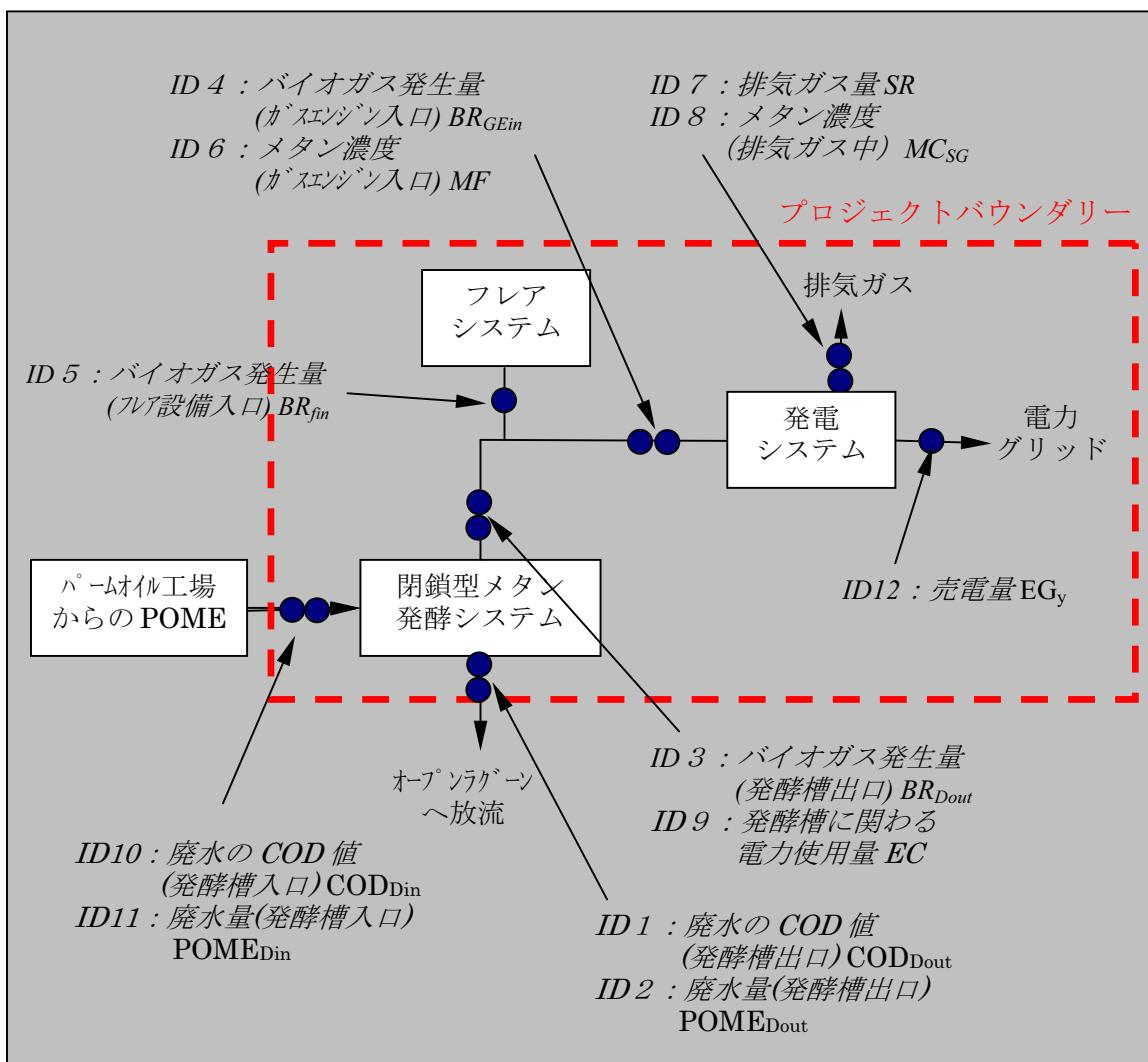
表-3.5.4-(3) 本プロジェクトによる GHG 削減量（単位：tCO<sub>2</sub>/y）：ケース 3

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
プロジェクト排出量	3,864	4,723	5,096	5,645	6,004	6,295	6,413	6,413
ベースライン排出量	26,650	35,182	37,958	42,049	44,725	46,878	47,696	47,696
排出削減量	22,786	30,459	32,862	36,404	38,721	40,584	41,283	41,283
年	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
プロジェクト排出量	6,413	6,413	6,413	6,413	6,413	6,413	6,413	6,413
ベースライン排出量	47,696	47,696	47,696	47,696	47,696	47,696	47,696	47,696
排出削減量	41,283	41,283	41,283	41,283	41,283	41,283	41,283	41,283

### 3. 6 モニタリング計画

本プロジェクトのモニタリング項目を図-3.6.1 に示す。また、各項目に関する事項を表-3.6.1 に示す。表中の ID.13 グリッドの排出係数  $EF_E$  については、マレーシアの CDM エネルギーセクターの担当窓口である PTM がデータを収集管理していることから、同機関から入手する。また、表中の ID.14 廃水規制については、サバ州のパームオイル工場に関する環境を管理している天然資源環境省サバ州環境局 (DOE) から毎年データを収集する。

図-3.6.1 モニタリング項目



各モニタリング項目に用いる計測機器については以下のとおりである。

#### ①サンプリング分析

サンプリング分析を用いて計測する項目は以下のとおりである。

- ID1 : 廃水の COD 値(発酵槽出口) COD<sub>Dout</sub>
- ID10 : 廃水の COD 値(発酵槽入口) COD<sub>Din</sub>において行う。

COD はサンプリングし、水質分析を行い計測する。COD とは、試料水に対し強力な酸化剤を反応させることによって、被酸化性物質の量を求めるものである。特殊な水以外では主に有機物量の指標として扱われ、特に海域や湖沼の水質汚濁に関わる環境基準である。河川の指標には BOD を用いるが、測定に日時を要することから COD で代用することもある。BOD 値と COD 値には相関があるが、同一になるとは限らない。一般に、酸化剤としては過マンガン酸カリウム、ニクロム酸カリウムの二種類が用いられている。前者は酸化率は必ずしも高いとは言えないが、簡便であって再現性が良い。後者は酸化率が高いが、クロムを扱う点から、廃液の処理に注意を要する。

ここでは、ニクロム酸カリウムを用いた COD 測定を行う。なお COD は化学的酸素消費量と呼ばれることもある。

## ②POME 流量計

POME 流量計を用いて計測する項目は以下のとおりである。

- ID2 : 廃水量(発酵槽出口) POME<sub>Dout</sub>
- ID11 : 廃水量(発酵槽入口) POME<sub>Din</sub>において用いる。

流量計には様々は形式のものがあるが、ここでは液体の流量を測定する。発酵槽の入口及び出口の POME 中にはスラリーが含まれている。よって面積式流量計や容積式流量計では閉塞の懼れがあるので、電磁流量計又は渦流量計を用いる。

電磁流量計とは、磁場中に導電性流体が一定方向に流れると、管内径×磁束密度×平均流速に比例して電圧が発生するという「ファラデーの電磁誘導の法則」を利用し流量を検出するもので、流路に障害物のない貫通構造になっており、圧力損失が極めて少ない。

渦流量計とは、流れの中に柱状物体（渦発生体）を挿入すると、その後方には規則的なカルマン渦列が発生し、この渦の発生によって生ずる圧力の変化を応力の変化として検出したものを流量に換算して測定する。渦流量計の流路には渦発生体があるだけで、可動部のないシンプルな構造で、信頼性、耐久性に優れる。

## ③ガス流量計

ガス流量計を用いて計測する項目は以下のとおりである。

- ID3 : バイオガス発生量(発酵槽出口) BR<sub>Dout</sub>
- ID4 : バイオガス発生量(ガスエンジン入口) BR<sub>Gein</sub>
- ID5 : バイオガス発生量(フレア設備入口) BR<sub>fIn</sub>

- ID7 : 排気ガス量 SR

流量計には様々は形式のものがあるが、ここでは気体の体積流量を測定する。気体の体積流量の瞬時値は、渦式流量計や超音波式流量計など多様の計測機器があるが、ここでは圧力や温度を同時に測定し、標準状態の流量に補正する積算機能付の機器を用いる。

ガス流量を測定する流量計としては、オリフィス流量計、ピトー管流量計、アニーバ流量計、渦流量計が適用できる。排気ガス流量測定においては、ガスが高温であることと、流路面積が大きいことから、ピトー管流量計、アニーバ流量計を用いる。

#### ④赤外線式メタンガス濃度計

赤外線式メタンガス濃度計を用いて計測する項目は以下のとおりである。

- ID6 : メタン濃度 (バイオガス中) MC<sub>BG</sub>
- ID8 : メタン濃度(排気ガス中) MC<sub>SG</sub>

ガス中のメタンガスの体積濃度を計測する方法は、ガスクロマトグラフによる分析、固体センサー濃度計、光学センサー濃度計、水素炎イオン化式濃度計などがある。ここで要求される濃度計の性能は、価格が比較的安く（即ち広く普及しているもので）も正確で、濃度に多少の変動があっても精度が大幅に下がることがないもの、堅牢なもの、保守に手間のかからないものである。濃度の変動は、0～70%のオーダーであり、ppmのオーダーではない。また、手軽に測定ができ、校正に手間がかからないものが望まれる。この要求に合致するものは光学センサー濃度計であり、このうちの赤外線式が適当である。

赤外線式メタンガス濃度計は、校正が容易である。濃度が既知の基準メタンガスガスボンベと、ゼロ校正用のメタンガス濃度ゼロのボンベを用意すれば、この基準ガスにより校正を行うことが可能である。すなわち、ボンベを持ち込むる場所なら、赤外線式メタンガス濃度計はどこでも校正することが可能である。

赤外線式メタンガス濃度計は、酸素濃度も計測できるものが望ましい。モニタリングとは直接関係ないが、LFG 中の酸素濃度が異常に上昇すれば爆発の危険性があるので、システムを停止させることが必要となるからである。バイオガスや排気ガス中のメタン濃度は、バイオガスや排気ガス中の流量の記録時期と合わせて、原則として、最低でも1週間に1回は、表示に異常がないかを確認し、1ヶ月に1回は記録をとるものとする。

#### ⑤電力量計

電力量計を用いて計測する項目は以下のとおりである。

- ID9 : 発酵槽に関わる電力使用量 EC
- ID12 : 売電量 EG<sub>y</sub>

電力量計は、CDM プロジェクトとしてのモニタリングに使用する以外に、売電、買電に使用するものである。このため、電力送配電グリッドの所有者が要求あるいは支給するものを設置することになり、電力送配電グリッドの所有者が要求あるいは実施する校正を行うことになる。

電力量は、連続的に計測され、自動的に積算される。必要とするデータは瞬時電力ではなく積算電力量であることから、頻繁に目測して記録をとる必要はない。バイオガスの流量の記録時期と合わせて、原則として、最低でも 1 週間に 1 回は、表示に異常がないかを確認し、1 ヶ月に 1 回は記録をとるものとする。

表-3.6.1 モニタリング項目に関する事項

ID	項目	計測方法	単位	記録頻度	データ保管方法	備考
1	廃水の COD 値(発酵槽出口) COD <sub>Dout</sub>	サンプリング 分析	kgCOD/m <sup>3</sup> POME	最低毎月	電子	CER 発行後、最低 2 年間はデータを保管する。
2	廃水量(発酵槽出口) POME <sub>Dout</sub>	流量計	m <sup>3</sup> POME/ Hr	連続的に計測して毎月記録	電子	同上
3	バイオガス発生量(発酵槽出口) BR <sub>Dout</sub>	流量計	m <sup>3</sup> /hr	連続的に計測して毎月記録	電子	同上
4	バイオガス発生量(バクテリック入ロ) BR <sub>Gin</sub>	流量計	m <sup>3</sup> /hr	連続的に計測して毎月記録	電子	同上
5	バイオガス発生量(ケア設備入口) BR <sub>fifn</sub>	流量計	m <sup>3</sup> /hr	連続的に計測して毎月記録	電子	同上
6	メタン濃度(バクテリック中) MC <sub>BG</sub>	メタン濃度計	%	最低年 4 回	電子	同上
7	排気ガス量 SR	流量計	m <sup>3</sup> /hr	連続的に計測して毎月記録	電子	同上
8	メタン濃度(排気ガス中) MC <sub>SG</sub>	メタン濃度計	%	最低年 4 回	電子	同上
9	発酵槽に関わる電力使用量 EC	電力量計	MWh	毎月	電子	同上
10	廃水の COD 値(発酵槽入口) COD <sub>Din</sub>	水質分析	kgCOD/m <sup>3</sup> POME	最低毎月	電子	同上
11	廃水量(発酵槽入口)POME <sub>Din</sub>	流量計	m <sup>3</sup> POME/ Hr	連続的に計測して毎月記録	電子	同上
12	売電量 EG <sub>y</sub>	電力量計	MWh	連続的に計測して毎月記録	電子	同上
13	グリッドの排出係数 EFE <sub>E</sub>	—	tCO <sub>2</sub> /kWh	毎年	電子	PTM から収集する
14	廃水規制	—	—	毎年	電子	DOE から収集する

### 3. 7 環境影響評価／その他の影響

#### 3. 7. 1 環境影響評価

本プロジェクトに関して、Department of Environment Sabah へ環境規制についてのヒアリングを行った結果、Environmental Impact Assessment (EIA)の実施は不要であるとの回答を得た。しかしながら、大気・水質・煙突・騒音に関しては環境規制に対する評価が必要であることが判明した。以下にその規制内容を述べる。

##### ①大気に関する規制

本プロジェクトに対する大気規制は、「ENVIRONMENTAL QUALITY (Clean Air) REGULATIONS 1978」の中の Stack Gas Emission Standardsにおいて表-3.7.1に示す項目が規制されている。本プロジェクトにおいては、ガスエンジン発電機とフレアスタックからの排出が生じるが、いずれもこれら規制値を満足できると考えている。

表-3.7.1 Stack Gas Emission Standards

Pollution	Standards
1.Dark Smoke	Ringelmann Chart No.1
2.Dust	0.4 mg/Nm <sup>3</sup>
3.Metal and Metallic Compound	Mercury : 0.01 mg/Nm <sup>3</sup>
	Cadmium : 0.015 mg/Nm <sup>3</sup>
	Lead : 0.025 mg/Nm <sup>3</sup>
	Antimony : 0.025 mg/Nm <sup>3</sup>
	Arsenic : 0.025 mg/Nm <sup>3</sup>
	Zinc : 0.1 mg/Nm <sup>3</sup>
	Copper : 0.1 mg/Nm <sup>3</sup>
4.Gases	Acid gases : 0.2 mg of SO <sub>3</sub> /Nm <sup>3</sup> and no persistent mist
	Chorine gas : 0.2 mg of HCL/Nm <sup>3</sup>
	HCL : 0.2 mg of HCL/Nm <sup>3</sup>
	Fluorine, Hydrofluoric acid, inorganic fluorine compound : 0.10 mg of Hydrofluoric acid/Nm <sup>3</sup>
	Hydrogen Sulphide : 5 ppm (vol%)
	Nox : 2.0 mg of Nitric oxide/Nm <sup>3</sup>

(出所：ENVIRONMENTAL QUALITY (Clean Air) REGULATIONS 1978)

## ②水質に関する規制

本プロジェクトに対する水質規制は、「ENVIRONMENTAL QUALITY ACT,1974」において規制されているが、Department of Environment Sabah ～環境規制についてのヒアリングを行った結果、本プロジェクトのように新規に排水処理設備を導入する場合には、表-3.7.2 に示す様な値を満足する必要があることが分かった。これら規制値に関しては今後の詳細に対応策の検討を行う。

表-3.7.2 Parameter Limits of Effluent

Parameter	Standards
1.BOD	20 mg/L
2.Suspended Solids	200 mg/L
3.Oil and Grease	15 mg/L
4.Ammonium-Nitrogen	25 mg/L
5.pH	5.0～9.0
6.Temperature	45 °C

## ③煙突に関する規制

本プロジェクトに対する煙突の規制は、「CHIMNEY HEIGHTS Third edition of the 1956 Clean Air Act Memorandum」において、その高さ、位置条件等が規制されているが、いずれの規制項目も問題なくクリアできるものと考えている。

## ④騒音に関する規制

マレーシアにおける騒音の規制法規としては、「Guidelines For the Siting and Zoning of Industries, Environmental Requirements, Seventh Edition, November 2000」において緩衝範囲 500m において、65dB を上回ってはならないことが記載されている。本プロジェクトにおいては、同基準を満たすように対策を施す計画である。

## 3. 7. 2 その他の影響

### ①スラッジ発生量の低減

本プロジェクトで採用した新排水処理システムは、既設のオープンラグーン方式に比べて処理効率に優れているため、スラッジの発生量は低減し、スラッジ中の有機物含量も低下する。また余剰スラッジをスラリー状で運転中に抜き取れるため、定期的な浚渫によるスラッジ除去作業はなくなる。これらの付帯効果としては下記項目が考えられる。

- ・ 廃棄スラッジの分解による大気中へのメタンガス放散量の低減
- ・ 浚渫時及び浚渫前後における放流水の水質悪化の解消
- ・ 浚渫作業がなくなる

#### ②土地の有効活用

新排水処理システムは処理効率に優れているため、設置面積が従来方式の数分の1でよく、余った土地の有効活用を図ることができる。

#### ③運転管理・メンテナンスの高度化

ガスエンジン発電機及びフレアスタックなどの高い技術力が必要な機器を使用しているため、従来設備よりも高度な運転管理能力とメンテナンス力が求められる。また今まで大気放散して希釈されていたバイオガスを爆発範囲内で取り扱うことになったので、爆発物取り扱いに配慮した運転管理が求められる。

#### ④経済的影響

経済的には、外資の導入による環境プロジェクトの実現が挙げられる。マレーシアは日本などからの企業進出が多く、海外からの投資の面では比較的進んでいる。しかしこれらは工業生産分野への投資がほとんどであり、環境分野については、国内産業も必ずしも進んでいるとはいえない。この様な状況の中で、本プロジェクトのような環境改善型のプロジェクトが外資の導入によって行われることは、マレーシアの持続可能な開発に貢献するものであり、今後の社会面への影響は大きいといえる。

### 3. 8 利害関係者のコメント

本プロジェクトの実施にあたり、以下のとおり利害関係者のコメントを入手した。

#### ①天然資源環境省（Ministry of Natural Resources and Environment）

○環境保護管理局（Conservation and Environmental Management Division）

Dr. Nadzri Yahaya, Deputy Undersecretary

Mr. Chong Poon Chai, Principal Assistant Secretary

- ・ 提案プロジェクトは、マレーシアの主産業であるパームオイル産業の廃水環境改善効果が得られること、またエネルギーの有効利用の観点からも、CDMとして推進することを歓迎する。

○サバ州環境局 (Department of Environment Sabah)

Mr. Ruslan HJ. Mohamad, Principal Assistant Director

Ms. Rosni Ismail, Environmental, Control Officer

Mr. Mohd Suhaimi Azmi, Control Officer

- ・ 提案プロジェクトは、マレーシアの主産業であるパームオイル産業の廃水環境改善効果が得られることから、歓迎する。
- ・ 発電規模が 10MW 未満であることから EIA は必要ないが、簡易な報告は必要である。報告事項は、大気・排水・騒音・煙突の高さで、マレーシアの環境基準を満たす必要がある。大気・排水・騒音の環境基準は、”Environmental Requirements, A Guide for investors”に記載されている。煙突の高さについては、具体的な基準は設けられていないことから日本の基準に基づいて検討し、提示して欲しい。

②マレーシアエネルギーセンター (Malaysia Energy Centre, PTM) Policy Analysis and Research Management Division

Mr. Azman Zainal Abidin, Deputy Director,

Ms. Yuzlina Mohd Yusop, Programme Manager,

Ms. Koh Fui Pin, Research Officer,

- ・ 提案プロジェクトは、マレーシアのクライテリアを満たしている。マレーシアの主産業であるパームオイル産業の廃水環境改善効果がえられること、またエネルギーの有効利用の観点からも、CDM として推進することを歓迎する。
- ・ 提案プロジェクトは、マレーシアにおいて実施されていないことから、その波及効果は大きいと思われる。
- ・ EIA については、天然資源環境省サバ州環境局 (Department of Environment Sabah, Ministry of Natural Resources and Environment) にその必要性を確認すること。

③エネルギー委員会 (Energy Commission, Suruhanjaya Tenaga)

Ms. Hafiz Binti Yob, Assistant Director

マレーシア工業開発庁 (Malaysian Industrial Development Authority)

Ms. Nor' Aini Binti Mat Talha, Assistant Director

- ・ 提案プロジェクトは、再生可能エネルギーを活用したプロジェクトであり、SREP 制度を適用可能である。
- ・ 提案プロジェクトは、マレーシアにおいて初めてのプロジェクトになると思われる。プロジェクトが実施されれば、その波及効果は大きいと思われ、エネルギー有効利用の観点から歓迎する。

④サバ州観光・文化・環境省（Ministry of Tourism, Culture and Environment）

Mr. Datuk Hj Karim Hj Bujang, Assistant Minister

- 提案プロジェクトは、環境改善に大きく貢献するプロジェクトであり、サバ州観光・文化・環境省は協力を惜しまない。
- 現在、サバ州に環境関連評議会が設立されており、多くの政府機関がメンバーとなっている。提案プロジェクト実施前に同評議会で周知し、関係機関の協力を得ることが望ましい。

⑤サバ州電力会社（Sabah Electricity Sdn. Bhd.）

Mr. Andrew Amaladoss , Manager System Planning

- 提案プロジェクトは再生可能エネルギーを活用するプロジェクトであり、歓迎する。
- 提案プロジェクトに関して、プロジェクト実施にあたり特に支障はないと思われる。

⑥サバ州ボーフォート（Beaufort）町役場

Mr. Wong Foo Tin, Mayo

- 提案プロジェクトは、マレーシアの主産業であるパームオイル産業の廃水環境改善効果が得られること、またエネルギーの有効利用の観点からも、CDMとして推進することを歓迎する。

⑦プロジェクトサイト周辺住民

- 本プロジェクトサイトの周辺（2～3km 以内）に住民は居住していない。

# 第 4 章

## 第4章 プロジェクト事業化

### 4. 1 プロジェクト費用

#### 4. 1. 1 イニシャルコスト

本プロジェクトのイニシャルコストを表 4.1.1 に示す。

表 4.1.1 - (1) イニシャルコスト (ケース 1)

No.	項目	金額 [千円]	備考
1	メタン発酵槽本体	85,000	5,000 m <sup>3</sup>
2	ガスエンジン発電機	75,000	400 kW
3	フレアスタック	10,000	3.57 Nm <sup>3</sup> -バーカス/min
4	ガスホルダー	16,000	400 m <sup>3</sup>
5	脱硫設備	10,000	3.57 Nm <sup>3</sup> -バーカス/min
6	ポンプ・ブロアー	10,000	
7	据付・配管・電気・計装工事	35,000	プラント内
8	間接工事・仮設工事	24,000	プラント内
9	グリッド連結	35,000	11kV 連結、SESB 聞き取り価格
合計		300,000	

表 4.1.1 - (2) イニシャルコスト (ケース 2・3)

No.	項目	金額 [千円]	備考
1	メタン発酵槽本体	90,000	5,000 m <sup>3</sup>
2	ガスエンジン発電機	180,000	980kW
3	フレアスタック	20,000	8.9 Nm <sup>3</sup> -バーカス/min
4	ガスホルダー	30,000	1,000 m <sup>3</sup>
5	脱硫設備	20,000	8.9 Nm <sup>3</sup> -バーカス/min
6	ポンプ・ブロアー	10,000	
7	据付・配管・電気・計装工事	45,000	プラント内
8	間接工事・仮設工事	30,000	プラント内
9	グリッド連結	35,000	11kV 連結、SESB 聴き取り価格
合計		460,000	

表において主要機器の調達先は下記をベースに算出した。

- ・ 現地調達：メタン発酵槽本体、ポンプ・ブロアー
- ・ 海外調達：ガスエンジン発電機、フレアスタック、ガスホルダー、脱硫設備

本プロジェクトは、SREP を活用して事業を実施する計画である。同制度では、グリッド連結はその地域の電力会社が実施するが、費用は事業者の負担となる。また、メンテナンスはサバ州では電力会社である SESB が行うことになっている。本調査では、プロジェクトサイトの地域電力会社である SESB にグリッド連結に伴う概算費用を聞き取り調査し、計上している。

#### 4. 1. 2 運営コスト

本プロジェクトに伴う運営支出を表-4.1.2 に示す。なお、本プロジェクトでは運開後 1 年目にバイオガス発生量を確認し、2 年目以降に発電設備を導入する計画である。そのため、1 年目の運営コストには発電に関わる費用は含まれていない。

表-4.1.2-(1) 運営支出（1年目）

No.	項目	金額（千円/年）		算出根拠	備考
		ケース 1	ケース 2・3		
1	オペレーション (排水処理装置)	963	963	349USD/月/人×2人	メンテナンス技術者
3	維持管理費	1,900	2,450	仁シャルコスト×1%	発電機器含む
4	一般管理費	286	341	上記合計 10%	
5	合計	3,049	3,754	—	—

表-4.1.2-(2) 運営支出（2年目以降）

No.	項目	金額（千円/年）		算出根拠	備考
		ケース 1	ケース 2・3		
1	オペレーション (排水処理装置)	963	963	349USD/月/人×2人	メンテナンス技術者
2	オペレーション (発電機器)	524	524	380USD/月/人×1人	電気技師
3	維持管理費	3,000	4,600	仁シャルコスト×1%	発電機器含む
4	一般管理費	449	609	上記合計 10%	
5	合計	4,936	6,696	—	—

## 4. 2 資金計画

### 4. 2. 1 クレジット価格の動向

EU-ETSにおける炭素クレジット取引価格の推移を図-4.2.1に示す。2005年1月当初は10ユーロ/tCO<sub>2</sub>以下で推移していたが、世界的な石油価格の高騰に伴い、炭素クレジット価格も上昇し、最大30ユーロ/tCO<sub>2</sub>程度で価格取引が行われた。その後は、20~25ユーロ/tCO<sub>2</sub>程度で推移している。

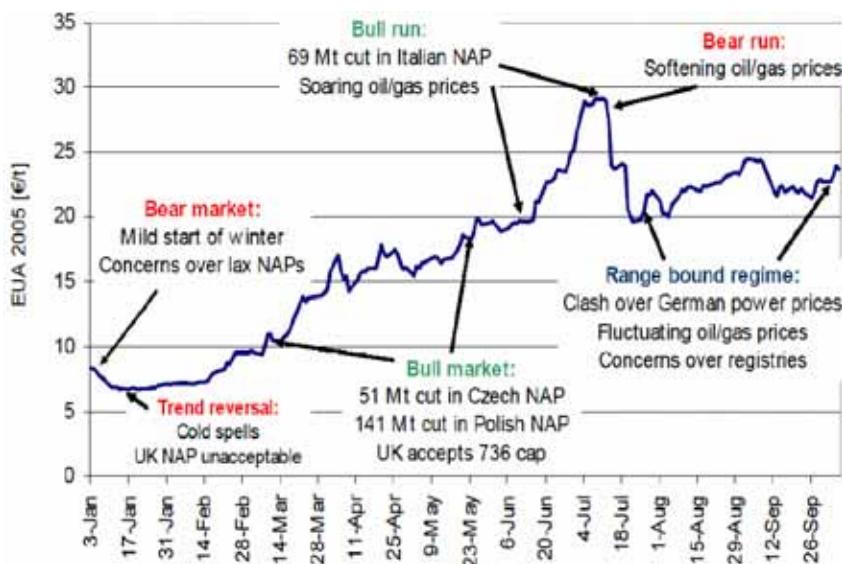


図-4.2.1 EU-ETS取引価格の推移（2005年、出所：Point Carbon）

図-4.2.2に2004年1月～2005年4月までの炭素クレジット取引価格の範囲を示す。図に示すようにCERは3～7USD/tCO<sub>2</sub>で推移していた。現在は、7～12USD/tCO<sub>2</sub>で取引が行われている模様である。

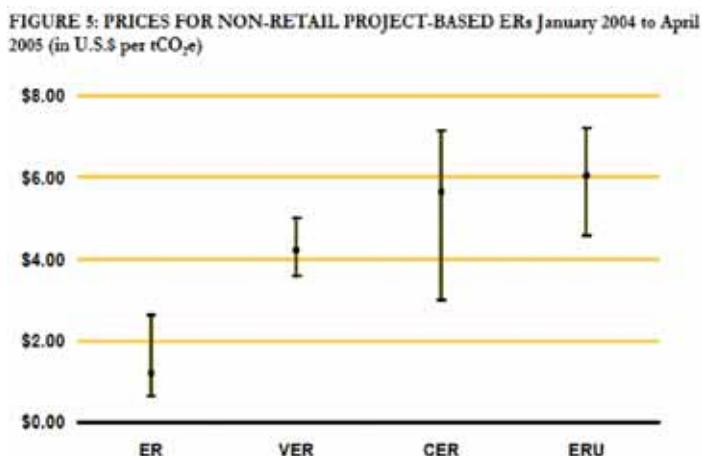


図-4.2.2 炭素クレジット取引価格（出所：世銀）

以上のように炭素クレジットは、いずれの市場においても価格は大きく変動している。炭素クレジットの価格は基本的には、取引当事者間の交渉結果による合意によって決定することから、一般に約定価格が公表されていない。また、削減プロジェクトのホスト国、実施者、プロジェクトの種類、プロジェクトの実施期間、排出権の移転に関する保証事項などによっても異なる。更に、国際ルールの変更や将来枠組みの不透明性、ロシアやウクライナの排出権の市場流出など多くのリスクもあることから、適正なクレジット価格の判断は極めて難しいものである。

#### 4. 2. 2 クレジット獲得期間の設定

クレジットの獲得期間には、更新可能なクレジット期間（7年×最大3回）と固定クレジット期間（10年）がある。前者は最長21年間のクレジットが獲得できる可能性があるものの、プロジェクト活動の環境が変化して更新時に登録が認められないなどのリスクがある。一方、後者は前者よりも3年長い10年間はクレジットが獲得可能であることがメリットである。

本プロジェクトは、マレーシアの主産業の一つであるパームオイル産業を対象としており、比較的安定した事業であると考えている。そのため、クレジット期間は更新可能な7年で申請を行い、プロジェクト期間である16年までCERを取得することを想定している。

#### 4. 2. 3 投資環境

中国やインドの目覚しい経済成長を受けて、世界のアジアに対する注目が高まっている。90年代後半に深刻な金融危機を経験したものの、「アジア債券市場構想」など金融市場の整備が進む中、現在は経済も堅調に推移している。そのため、危機を繰り返すリスクは一段と低下し、金融市場のアジア各国に対する信認も高まっている（図-4.2.3 参照）。

90年代後半にアジアで危機が起こった要因としては、主として以下の3つが挙げられる。

- ① アジア各国の経済収支の赤字が続いたこと
- ② 高い貯蓄率にもかかわらず、受け皿となる債券市場の整備が遅れたこと
- ③ 各国の企業や金融機関が、海外からの借入を外貨建ての短期資金に大きく依存していたこと

そのため、国内の貯蓄が海外の金融機関に一度預けられた上で、短期資金として国内に還流する構造が続いた。そこで、景気の先行きや金融システムに対する不安が高まると、債務の返済に対する懸念が強まり、多額の資金が一斉に引き揚げを起こした。それが銀行の企業向け貸出の圧縮に繋がり、景気後退と大幅な通貨の切り下げを迫られる結果となった。

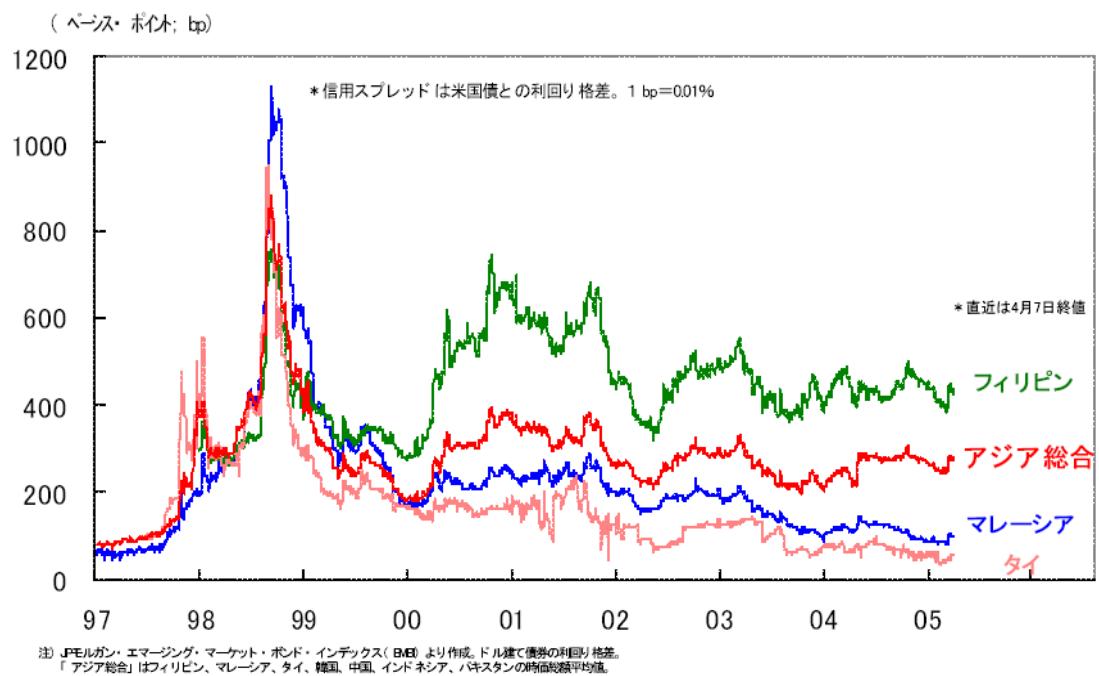


図-4.2.3 アジア諸国の信用スプレッドの推移（出所：Datastream）

こうした教訓を生かして、金融危機後の東南アジアでは、現地通貨建て債務の発行が急増している。特に97年の通貨危機の発端ともなったタイでは、当時96億USDの大きさだった現地通貨建ての債券市場が、2003年には584億USDと6倍の大きさに発展している（表-4.2.1 参照）。

投資環境についても、外需の増加に伴って経常収支は黒字へと転換しており、金融危機のリスクも一段と低下している。加えて、今後もアジア経済は、主要先進国より高い成長率を維持することが期待される。表-4.2.2に示すようにアジア開発銀行による2005年以降3年間の見通しでは、中国は8%台の成長が続き、マレーシアなども安定した成長を辿ることが予想される。一方で、表-4.2.3に示すようにインフレ率は低位安定が続く見通しで、1990年以降、5年毎の平均で見ても、各国のインフレ率は低下基調にあることが分かる。

現在のアジア経済にとって、中国経済が急速するリスクには引き続き注意が必要ではあるが、金融危機に見舞われた90年代後半とは、金融・経済の構造が大きく変革していることから、マレーシアを含む今後のアジア各国は、経済の力強い拡大と低いインフレが同居する良好な投資環境が期待できる。

表－4.2.1 アジア各国の自国通貨建て債券市場の規模

	1997年		2003年	
	(億 USD)	対 GDP 比(%)	(億 USD)	対 GDP 比(%)
中国	1,164	12.9	4,404	31.3
マレーシア	570	56.4	988	95.3
シンガポール	238	24.9	672	73.6
タイ	96	6.1	584	40.7
フィリピン	185	22.4	250	31.6
日本	44,219	110.8	82,017	31.3

出所：アジア開発銀行

表－4.2.2 実質 GDP 成長率の推移と見通し（単位：%）

	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年
中国	8.0	7.5	8.3	9.3	9.5	8.5	8.7	8.9
韓国	8.5	3.8	7.0	3.1	4.6	4.1	5.1	4.9
マレーシア	8.9	0.3	4.1	5.3	7.1	5.7	5.3	5.8
タイ	4.8	2.2	5.3	6.9	6.1	5.6	5.8	6.0
フィリピン	4.4	1.8	4.3	4.7	6.1	5.0	5.0	5.0

注) 2005年以降はアジア開発銀行による予測値

出所：アジア開発銀行

表－4.2.3 消費者物価上昇率の推移と見通し（単位：%）

	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年
中国	0.4	0.7	-0.8	1.2	3.9	3.6	3.3	3.2
韓国	2.3	4.1	2.7	3.6	3.6	3.0	3.3	3.6
マレーシア	1.6	1.4	1.8	1.2	1.4	2.4	2.5	2.5
タイ	1.6	1.6	0.7	1.8	2.7	3.5	3.0	2.5
フィリピン	4.0	6.8	3.0	3.0	5.5	6.5	6.0	5.5

注) 2005年以降はアジア開発銀行による予測値

出所：アジア開発銀行

#### 4. 2. 4 プロジェクトの資金

本プロジェクトにおいては、日本国政府の補助制度活用を視野に入れながら、直接投資を中心検討する計画である。

#### 4. 3 プロジェクトの実施体制

本プロジェクトの実施体制を図-4.3.1 に示す。

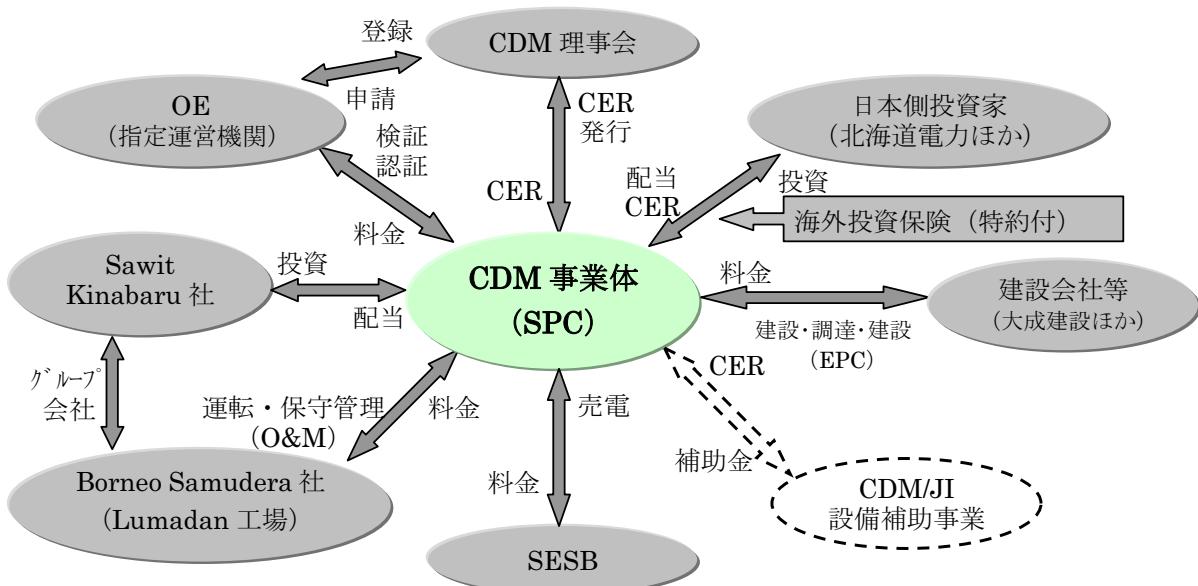


図-4.3.1 プロジェクト実施体制

#### 4. 4 プロジェクト実施スケジュール

本プロジェクトの実施スケジュールを下表に示す。

表-4.4.1 プロジェクト実施スケジュール

	作業項目	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
1	FS	.....	.....			
2	PDD(案)作成	....	....			
3	有効化審査		—			
4	両国政府承認		—			
5	CDM理事会登録			—		
6	詳細調査・設計		—	—		
7	SREP 登録			—	—	
8	建設・試運転			—		
9	運転開始				—	→
10	発電機導入					▼

## 4. 5 プロジェクトの実現性

### 4. 5. 1 前提条件

#### (1) 売電単価

本プロジェクトではCERの他に売電収入があり、その単価はSREPに基づき定められる。同制度に基づく売電価格は所管機関であるエネルギー委員会が仲介役となり、プロジェクト実施者と電力会社間で協議し、PPAを締結することによって定められる。SESBへの聞き取り調査の結果、同社はSREP制度下で5件のPPAを締結しており、契約売電単価は21年間の固定相場で0.165～0.2152RM/kWhの間にあることが分かった。これらのプロジェクトは、サイト周辺の電力供給が不足していること、初めて行われるプロジェクトなので社会的貢献度が高いことなど、プロジェクト特有の事情を考慮して定められたものである。本プロジェクトは、サバ州において初めて行われるプロジェクトであり、主産業であるパームオイル産業からの廃液(POME)を再利用していることや河川環境を改善できることなど、社会的な貢献度は極めて高いものと思われる。また、カウンターパートとの協議において0.21RM/kWhを用い事業性を評価することが適正であるとの提案を受けている。

以上のことから、本プロジェクトにおいては、売電単価を0.21RM/kWhで16年間の固定相場として事業性を評価することとした。

#### (2) 温室効果ガス削減量

本プロジェクトに伴う温室効果ガス(GHG)の削減量をプロジェクトケース毎に表4.5.1に示す。なお、表に示す値の算出方法は「第3章 プロジェクト効果」に記載のとおりである。表より、本プロジェクトでは、プロジェクト期間である16年間の合計で、ケース1：246,145 tCO<sub>2</sub>、ケース2：218,399 tCO<sub>2</sub>、ケース3：614,645 tCO<sub>2</sub>のGHG削減効果が得られる。

表-4.5.1-(1) 本プロジェクトによるGHG削減量(単位:tCO<sub>2</sub>/y)：ケース1

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
排出削減量	9,114	12,184	13,145	14,562	15,488	16,238	16,541	16,541
年	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
排出削減量	16,541	16,541	16,541	16,541	16,541	16,541	16,541	16,541

表-4.5.1-(2) 本プロジェクトによるGHG削減量(単位:tCO<sub>2</sub>/y)：ケース2

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
排出削減量	6,796	10,915	11,776	13,046	13,876	14,537	14,745	14,745
年	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
排出削減量	14,745	14,745	14,745	14,745	14,745	14,745	14,745	14,745

表－4.5.1-(3) 本プロジェクトによる GHG 削減量（単位：tCO<sub>2</sub>/y）：ケース 3

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
排出削減量	22,786	30,459	32,862	36,404	38,721	40,584	41,283	41,283
年	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
排出削減量	41,283	41,283	41,283	41,283	41,283	41,283	41,283	41,283

### (3) 税金等

本プロジェクトに関する税金、物価上昇率等の前提条件を表－4.5.2 に示す。本プロジェクトでは「1. 5 マレーシアにおける投資優遇処置」に記載の ITA を活用する計画である。同制度においてサバ州は東海岸投資奨励地域であるため、最初に適格資本的支出が生じた日から 5 年以内に発生した適格資本的支出（プラント・機器等の設備費）総額の 100% に相当する控除が得られる。

表－4.5.2 税金等の前提条件

No.	項目	値	単位	備考
1	法人税	28	%	MIDA
2	物価上昇率	1.8	%	日本外務省 HP
3	換算レート（円 ⇄ USD）	115	円/USD	
4	換算レート（円 ⇄ RM）	31	円/RM	
5	減価償却（プラント・機器、初年度）	20	%	MIDA
6	減価償却（プラント・機器、2 年目以降）	14	%	定額法、MIDA

### 4. 5. 2 内部収益率（IRR）

本プロジェクトの内部収益率（IRR）の算出結果を表－4.5.3 に示す。IRR は、CER の獲得期間 0 年、5 年、16 年の 3 通りについて検討を行った。これは、CER がなかった場合を 0 年、京都議定書の第 1 約束期間のみ CER が獲得できた場合を 5 年、プロジェクト実施期間中に毎年 CER が獲得できた場合を 16 年と想定して設定した。また、CER 価格については、市場の価格変動を考慮し、5USD/tCO<sub>2</sub> および 10USD/tCO<sub>2</sub> の 2 通りについて検討を実施した。以上のことから、表に示すとおり、プロジェクトケース毎に 6 通りの検討を行った。

ここでの IRR による収益性評価は、投資の的確性を判断するための仕様として算出するものであるため、金利および借入金返済を考慮しないプロジェクト IRR の値を用いるものとする。なお、IRR の算出期間はプロジェクト期間である 16 年間とする。また、() 内は税引き後の値を示す。

表-4.5.3 各ケースの内部収益率 (IRR)

プロジェクト ケース	CER 價格 (USD/tCO <sub>2</sub> )	CER 獲得期間		
		0 年	5 年	16 年
ケース 1	5	マイナス (-)	マイナス (-)	マイナス (-)
	10	マイナス (-)	マイナス (-)	4.3% (4.3%)
ケース 2	5	0.3% (0.3%)	1.0% (1.0%)	3.0% (3.0%)
	10	0.3% (0.3%)	1.9% (1.9%)	5.3% (5.1%)
ケース 3	5	0.3% (0.3%)	2.6% (2.6%)	7.1% (6.8%)
	10	0.3% (0.3%)	5.2% (5.2%)	12.5% (11.6%)

表より、CER がない場合 (CER 獲得期間 0 年) においては、いずれのケースでも 1% 以下であった。また、CER がある場合 (CER 獲得期間 5 年、16 年) においても、ケース 1・2 では、最大でも 5% 程度であった。一方、ケース 3 においては CER 獲得期間が 16 年、CER 價格 10USD/tCO<sub>2</sub>において 12% 程度を示し、CER 獲得期間が 5 年においても 5% 程度であることから、マレーシアのカントリーリスクを考慮しても民間プロジェクトとして実施できる可能性があることが分かった。なお、フレア処理のみ（発電を行わない場合）の検討も行ったが、キャッシュフロー計算書（添付資料）から明らかのように、売電収入の割合が大きいことから事業性が低い結果となった。

#### 4. 5. 3 投資回収年数

投資回収に必要な CER 價格をプロジェクトケース毎に図-4.5.1 に示す。CER 獲得期間はプロジェクト期間である 16 年で検討した。

投資回収年は、事業収支が黒字に転換した年で下式に基づいて算出した。なお、事業税については、法人税 28% を計上している。

$$\text{事業収支} = \text{事業収入} - \text{ランニングコスト} - \text{減価償却} + \text{CER} - \text{事業税}$$

算出結果より、京都議定書の第 1 約束期間である 5 年までに投資回収を行うためには、最低でもケース 3 の 19USD/tCO<sub>2</sub> が必要である。一方、投資回収年 10 年では、ケース 3 において 5USD/tCO<sub>2</sub> であり、現在の CER 市場価格を考慮すると実現性があるものと思われる。また、投資回収年 16 年以降では、ケース 2・3 において売電収入が大きいため、投資回収するために CER を必要としないことが分かる。

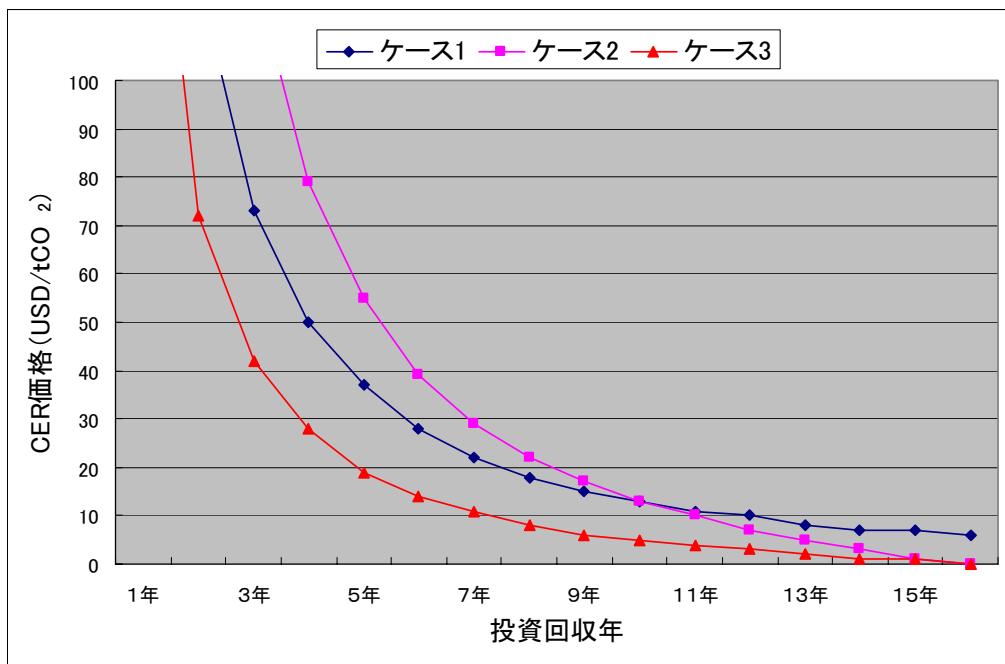


図-4.5.1 投資回収に必要なCER価格

CER価格で比較すると、5USD/tCO<sub>2</sub>の場合には、投資回収年はケース1で15年以上、ケース2で13年、ケース3で10年といずれも10年以上必要である。一方、CER価格10USD/tCO<sub>2</sub>の場合には、ケース3で投資回収が8年で可能となっており、カントリーリスクが比較的低いマレーシアにおいては、良好な結果であると考える。

#### 4. 6 今後の課題・見通し

マレーシアは、NEXIの海外投資保険地域別カテゴリーにおいて韓国や中国と同じ「C」で、東南アジア諸国の中ではシンガポールに次いで2番目に高い評価を得ている。また、多くの邦人企業が参入していることからも、カントリーリスクが極めて低い国の一つである。

本プロジェクトについては、「4. 5 プロジェクトの実現性」において検討したとおり、Lumdan工場を対象としたケース1およびケース2については事業性が低い一方で、Centrifuge方式を用いている工場を対象としたケース3においては、比較的事業性が高いことが分かった。更に、マレーシアのカントリーリスクを踏まえると、有望なプロジェクトであると考えている。

今後は、ケース3と同等の条件を有する工場を対象に以下の課題について検討を行いたいと考えている。

本プロジェクトの今後の課題は、以下のとおりである。

#### ①POME の性状

POME の原料である FFB は収穫時期によってその性状は異なり、POME の COD が 30,000～90,000ppm と大きく変動することから、メタン発生量も変動する。メタン発生量の変動を考慮して発電規模を設定する必要があることから、COD の年間変動について把握し詳細な設計を行う必要がある。

#### ②POME の排出量

POME を浄化処理した後の排出量については、モニタリングを行っているものの工場から直接排出される量についてはモニタリングされていないのが現状である。本調査においては CPO の精製量を調査し、その値を用いて POME を算出した。FFB あたりの CPO 精製量は収穫時期によって多少異なることから、その変動量を把握し、必要に応じてメタン発酵システムの規模を見直す必要がある。

#### ③温室効果ガス削減量算定時の係数

本プロジェクトにおいては、AM0013.Version02 の方法論を用いて温室効果ガスの削減量を算出しているものの、算出時に用いる係数については同方法論のデフォルト値を採用していないことから、CDM 登録リスクがある。そのため早い段階において Validation をを行い、CDM 理事会登録を進める必要がある。

#### ④売電価格

売電は本プロジェクトにおいて大きな収入源である。本プロジェクトでは、再生エネルギーの優遇制度である SREP を活用する計画であることから、売電価格はプロジェクトサイトの電力会社と交渉に基づいて定められるものである。そのため、早い段階で SREP への登録手続きを行って売電単価を確定する必要がある。

#### ⑤メタン発酵システム

メタン発酵に関する技術は既に日本で確立されているものの、POME を原料にしたシステムは世界的にも導入された実績は少ない。そのため、POME 特有の性状に伴う不確実性があることから実証プラントを導入してその性状を把握し、詳細な設計を行う必要がある。

以上のような項目について、今後はモニタリング等によるリスクヘッジを行い、事業実施に向けて推進していく計画である。最後に本プロジェクト調査において、九州工業大学白井教授、渡辺教授および脇坂助手をはじめとし、ご協力を頂いた多数の方々に厚く謝意を申し上げます。