

平成17年度 CDM/JI 事業調査

マレーシア・ジョホール州パームオイル工場

メタンガス排出削減事業調査

報 告 書

平成18年3月

三和エンジニアリング株式会社

まえがき

2005年2月、ロシアが京都議定書を批准し、京都議定書が発効したことにより、わが国は第1約束期間において、1990年対比6%の温室効果ガス削減を達成しなければならない。その6%削減目標のうち1.9%はCDM等京都議定書で定められた「共同実施(JI)」、「クリーン開発メカニズム(CDM)」、「排出量取引」等の京都メカニズムを活用して削減することとなっている。CDMは、途上国の持続可能な開発に貢献するプロジェクトを通して、温室効果ガスの排出削減を実施するものであり、わが国が有する石油代替エネルギー技術の移転及び投資等により、アジア諸国の発展に貢献できるツールとして期待されている。平成9年12月に国連気候変動枠組み条約第3回締約国会議(COP3)で採択された京都議定書を、わが国は平成14年6月に批准している。

本調査事業は、財団法人地球環境センター(GEC)より、平成17年度CDM/JIフィージビリティ調査事業において、三和エンジニアリング株式会社が委託を受けたもので、マレーシア・ジョホール州にあるパーム油工場で排出される廃水処理工程において発生するメタンガスを回収し、エネルギー源として利用し、GHG削減を図り、将来、CDM事業化を行う事を目的として実施した。

マレーシアの基幹産業の一つであるパーム油生産は、生産工程から多量の有機物を含んだ廃水が排出され、低コストで処理のできるオープンラグーン方式で処理が行われている。これらのオープンラグーンにおける廃水処理工程において、多量のメタンガス(メタンガスは二酸化炭素の21倍の温室効果がある)と二酸化炭素が大気中に放出されている。本事業では廃水処理を密閉タンク方式のバイオガス処理装置を設置し、発生するバイオガス(メタンガスが主成分)を回収し、ボイラー燃料として利用し、蒸気及び電力を生産する。

カウンターパート企業であるBPI社はすでにパーム油工場残渣であるシェルやファイバーをボイラー燃料として利用しており、工場プロセス用蒸気と電力をまかなっている。このような利用形態はマレーシア国内に381あるパーム油工場のほとんどで行われていることから、本調査の成果は、マレーシアのパーム油工場CDM事業のモデルとなるものと確信しており、ラグーン方式の廃水処理を採用している他の産業や、さらにはマレーシア以外へのアジア諸国における事業化に適用されることを期待している。

調査の結果、回収したメタンガスを温室効果ガス排出削減量(炭素クレジット)として販売することにより、事業化の可能性は比較的有望であり、将来、CDMの事業化を推進していきたいと考えている。

なお、中小規模事業に関する公的融資については、事業化に際して重要である公的資金の融資対象とならないため、事業化が非常に厳しいことが判明した。中小規模の事業者が融資を受けられるような制度の検討・拡充・整備は大規模事業者以上に切実であり、ぜひとも具体化されることを切望するものである。

なお、本調査事業の実施に当たっては、株式会社テクノバの協力をいただいた。また、マレーシアサイドでは、ノバピロ・テクノロジー株式会社（マレーシア）、ベルグループ・カンパニー（マレーシア）の協力をいただいた。

これらの関係者、ならびにその他ご支援・ご協力をいただいた関係者のかたがたに、謝意を呈することとしたい。

平成 18 年 3 月

まえがき

目次

概要

1. 提案プロジェクトの概要
2. プロジェクトのホスト国の基本情報
3. マレーシア国における CDM への取組状況
4. プロジェクトの意義とニーズ
5. CDM プロジェクトの概要
6. プロジェクト効果
7. モニタリング計画
8. 環境影響分析
9. 事業化計画の検討
10. 水処理技術

添付資料 1 調査事業実施体制図

添付資料 2 事業化実施体制案

添付資料 3 事業収支資料

添付資料 4 現地調査写真

添付資料 5 ケクセン社システム写真・フロー図

添付資料 6 現地情報

概要

マレーシアは世界最大のパーム油生産国であり、世界の生産量の約 46%、世界のパーム油輸出量の約 52%を占めている。

パーム油の製造には多量の水と熱を消費し、多量の廃水(POME; Palm Oil Mill Effluent)が排出される。POME は高濃度の油分、有機質、SS などを含むため、水質浄化が不可欠であり、ラグーンと呼ばれる溜池に貯留され、微生物による水処理が行われるが、その過程でメタンガスが生成し、大気中に放散されている。メタンガスは二酸化炭素 (CO₂) の 21 倍の効果を有する温室効果ガス (GHG) であり、放散されているメタンガスを回収・利用することは、温暖化対策に大きく貢献する。

また、燃料として利用可能なメタンガスを放散することは、代替可能な化石燃料を浪費であり、マレーシア全土のパーム油工場から出される POME の排出量は 31,500 千トンのため、放散されているメタンガスを回収し、発電に利用すると、マレーシアにおける電力供給量の 3.8% (1,587Gwh/年) 相当量が発電可能と試算される。

ラグーン方式はマレーシアでは最も一般的な処理方法であり、普及しているのは、土地が安く入手でき、処理の仕組みが単純で、運営費および管理費が安いことが理由である。

本プロジェクトは、ジョホール州に立地する BPI 社 (Bell Palm Industry Sdn. Bhd.) を対象として、現在、大気中にメタンガスが放散されているオープンラグーン方式の嫌気性処理工程を、密閉型消化ガスシステムに入替え、生成するメタンガスを回収し、ボイラ燃料として利用し、GHG 削減を図る場合の事業性調査を行ったものである。

提案時は、化石燃料を使用したボイラーで蒸気を生産し、電力は電力会社から購入しているサイトで調整していたが、急遽、BPI 社に変更となった。BPI 社では、すでにパーム椰子から搾油した残渣であるシェルやファイバーを、ボイラー燃料として利用し、背圧蒸気タービンにより発電を行い、化石燃料を使用せずに工場のユーティリティをまかなっていた。回収したメタンガスは、ボイラー燃料として利用することとし、余剰となるシェルは、BPI の近くに立地しているセメント会社に売却することが決まり、化石燃料代替が結果的に可能となった。

PDD 作成に際して、適用するメソドロジーについて慎重に検討した結果、カテゴリ 13: "Waste Handling and Disposal" に該当する AM0013/Version 2 "Forced Methane Extraction From Organic Waste-water Treatment Plants for Grid Connected Electricity Supply And/Or Heat Production" (May 13th, 2005) が適用可能であると判断した。

なお、系統電力会社への売電は、送電線が遠距離にあり、購入価格が非常に安く、20 年間固定であることから、見送らざるを得なかった。

BPIにおけるGHG削減量は、BPIにおけるPOMEのCOD濃度を基礎として、IPCC1のガイドラインに従いメタンガスの排出削減量を算定した結果、二酸化炭素換算で24,172 t-CO₂/年となった。取引期間は、1ターム7年のサイクルを3回、21年である。

GHG排出量削減以外のプロジェクト効果は、代替エネルギー効果であり、本プロジェクトで回収されるバイオガス量は年間3,945,000 Nm³、熱エネルギー量に換算すると76,927,500MJに相当する。

BPIではすでにパーム椰子から搾油した残渣であるシェルやファイバーを、ボイラー燃料として利用し、工場の上記や電力をまかなっていたが、マレーシア・パームオイル協会(Malaysian Palm Oil Board;MPOB)にヒアリング調査を行った結果、マレーシア国内の殆どのパーム油工場において、BPIと同様にパーム椰子残渣のバイオマス燃料により工場のプロセス蒸気と電力をまかなっていることが判明した。バイオガスにより代替された余剰シェルが、安価ではあるが、セメント工場などに燃料として売却でき、事業収入が多少でも得られるCDM事業形態が構築できたことは、本事業がパーム工場におけるCDMの一つのモデルになり得るものであり、積極的に紹介していきたいと考えている。

事業実施可能性については、\$5/CO₂-tでCERを売却するケースで、IRRはGHG売却開始後7年目で-0.14%、14年目に10.16%、21年目に12.37%、単純投資回収年数は6.6年となり、無条件に事業化可能な数値とならなかったが、今後、設備費等さらに合理化策を検討し、事業化を積極的に進めたいと考えている。

資金調達に関しては、中小事業規模では、国際協力銀行(JBIC)環境融資等の公的融資を受ける規模とはならず、JBICが現地銀行RHB Bank Berhadを經由して、三和エンジニアリングの現地子会社サダサンワエンジニアリングに融資するツーステップローンと残額を国内金融機関から融資を受けることで検討を進めることとした。

マレーシアにおけるパーム工場は381存在するが、大規模資本は多くなく、今後のCDMが必ずしも大規模プロジェクトとは限らず、中小規模の事業者が候補となる可能性が大きいことを考慮すると、中小規模事業者が低利の公的融資を受けられるよう、中小企業対応の融資制度の創設・拡充・整備を強く要望したい。

当事業はCDMとして規模は大きくは無いものの、実施可能性は比較的高く、メタンガス回収事業からの炭素クレジットを販売して得られる収入は、今後はCER売却価格も\$10/CO₂-tになる見込みもありそうで、事業化にはフォローの風になるのではないかとというのが現地における感触であった。

本プロジェクトの調査において、マレーシア国のCDMに関するエネルギーセクター技術委員会事務局であるマレーシア・エネルギーセンター(PTM)に面談したところ、マレーシアは再生可能エネルギー、特にバイオマスエネルギーの利用に積極的であり、CDMの事業化に

大いに期待をしている、また、推進に努力しているとの力強い励ましがあった。マレーシアはアジア諸国の中で CDM の受け入れ体制が進んでいる国であり、マレーシア政府の期待度も大きく、積極的に CDM 事業化を進めたいと考えている。

最後ではあるが、本事業に御協力やご支援を頂いた方々にこの場を借りて、厚く感謝の意を述べたい。

1. 提案プロジェクトの概要

マレーシアでは、パーム油工場の廃水（Palm Oil Mill Effluent：POME）はラグーンと呼ばれる大気開放された溜池（オープンラグーン）に長期間貯留し、嫌気性処理及び好気性処理を行い、浄化された上澄み水を河川等の水系に放流している。嫌気性処理を行う工程ではメタンガスが発生するが、CO₂の21倍の効力を有する温室効果ガスであるメタンガスは、回収や利用をされないまま大気中に放散されている。

メタンガスは二酸化炭素（CO₂）の21倍の効果を有する温室効果ガス（GHG）であり、メタンガス放出を抑制することは、温暖化対策に大きく貢献するものであり、また、オープンラグーン方式は、大気中にメタンガスを放散させるだけでなく、臭気を発生し、近隣住民の居住環境を損ない、汚泥堆積によりラグーンが浅くなると水の浄化性能が低下するため、放流水水質が悪化し、河川や周辺海域の環境汚染リスクが増大する、などの問題点がある。また、燃料利用が可能なメタンガスを放散することは、代替可能な化石燃料を浪費していることになる。

本プロジェクトの対象サイトは、マレー半島南部ジョホール州に立地するBPI社（Bell Palm Industry Sdn. Bhd.）である。同工場では平均40 t/hのFFB（Fresh Fruit Bunch）を処理し、1日に480立方メートルの廃水（POME）を排出しているが、オープンラグーンにおけるPOMEの嫌気性処理工程を密閉型バイオガス装置に置換えることにより、大気放散されているメタンガスを回収し、ボイラー燃料として利用するもので、GHGの削減を図ると同時に、周辺地域に対する臭気対策効果、排水の確実な処理など環境改善効果が期待できる。

わが国では欧州メーカー等から技術導入を行い、バイオガス設備が広く利用されているが、主として畜産廃棄物や有機性廃棄物処理が主となっている。

提案者である三和エンジニアリングは、密閉型バイオガス装置などの環境装置、バイオマス処理装置を製造している会社で、バイオガス装置に対しても豊富な経験・知見を有している。また、マレーシア国内には系列会社であるサダサンワエンジニアリングがあり、日本の技術の移転、及び低廉な機器の提供が可能なアジア地域における拠点となっている。

本調査事業の適用技術については、バイオガス生産量と建設コストのバランスをとることに留意し、国内外の主要技術の調査検討を行った結果、POME処理に適した密閉型消化ガス装置を開発し、20年近く現地で運転を行っているパーム油会社であるケクセン社の技術を適用することとしたが、マレーシア国内で381社存在するパーム油工場において、このような密閉型処理システムは、2-3社において18-20年前に設置され、稼動しているとの報告があるが、これ以外には普及例はない。

三和エンジニアリングは、バイオガス技術の経験・知見を生かし、ハードの製造販売のみならず、本プロジェクトのような事業化にも取組んでいきたいと考えている。

2. プロジェクトのホスト国の基本情報

2.1 マレーシアの地勢と気候

2.1.1 地勢

マレーシアは東に南シナ海、西にマラッカ海峡を臨む西マレーシア（マレー半島南部）と、西に南シナ海、東にスル海、セレベス海を臨む東マレーシア（ボルネオ島の北西部地域）、および南シナ海やマラッカ海峡に点在する数々の島で構成されている。北緯 1° ～ 7° と赤道に極めて近く、東経 100° ～ 119° に広がっている（図 1-1-1 参照）。

総面積は $330,252\text{km}^2$ 。日本の約 90% に相当する。西マレーシアは $131,713\text{km}^2$ 、東マレーシアは $198,539\text{km}^2$ を占め、ボルネオ島側の東マレーシアが大半を占める。全土の約 80% が、世界でも代表的な熱帯雨林或いは湿地帯、または縦横に走る山脈となっており、平坦地は少ない。



図 2-1 マレーシアの地勢（出典：アセアン観光ガイド「マレーシア」）

国土は 13 州と 3 連邦直轄区に分割されている。このうち、サバ州、サラワク州および連邦直轄区ラブアン島が東マレーシア、残りの 11 州 2 直轄区が西マレーシアに含まれる。最大面積を誇るサラワク州（ $124,450\text{km}^2$ ）と第 2 のサバ州（ $73,997\text{km}^2$ ）が東マレーシアであるため、この 2 州だけで国土の半分を占めることになる。

西マレーシアの北はタイに、南はシンガポールに接し、東西の両海岸はクラン港、ペナン港、ジョホール港など良港に恵まれている。東マレーシアは、抱えるような形でブルネイと接し、東南をインドネシアと二分している。

主要都市は、首都のクアラルンプール（セランゴール州）、イポー（ペラ州）、クチン（サラワク州）、ジョホール・バル（ジョホール州）、ペナン（ペナン州）、コタ・バル（ケランタン州）等である。

2.1.2 気候

赤道地域に位置しているため、四季がなく、寒暖の差が少ない熱帯雨林気候である。モンスーンの影響により雨季と乾季があり、マレー半島の東海岸と、東マレーシアのサバ州、サラワク州は11～2月頃が雨季になる。マレー半島の西海岸は、あまりはっきりした雨季と乾季の区別はない。

図1-2-2に主要都市の年間最高気温と最低気温を示す。都市間で、最高・最低気温に差はほとんどない。

一方、年間の降水量は地域によって差がある。例えば、サラワク州のクチンでは年間の降水量（2002年）が4,710.7mmであるのに対し、クアラルンプールやペナンなどでは1,900mm以下に止まる。ただし、平均相対湿度は、いずれの地域も75%以上と高い。

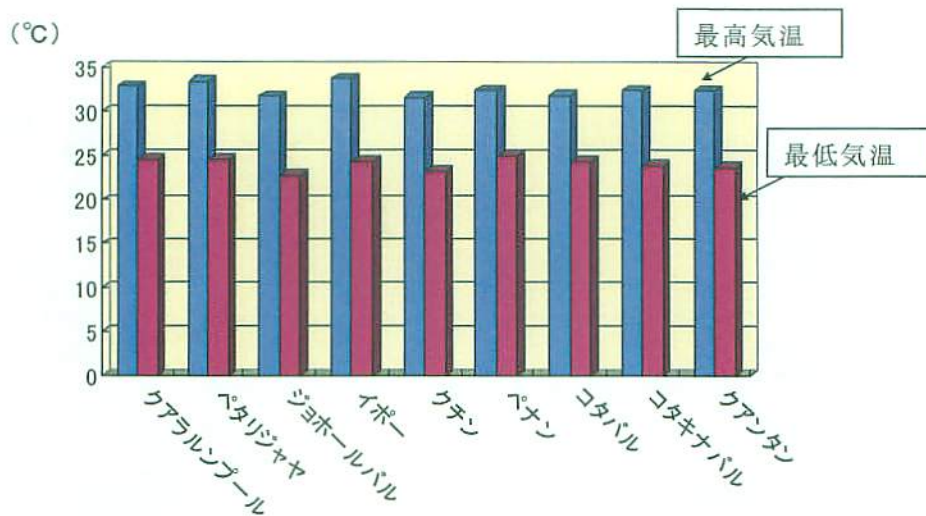


図2-2 マレーシア国内の主要都市における最高気温および最低気温（2002年）
（出典：OVTA ホームページ）

2.2 マレーシアの歴史

2.2.1 統一国家の誕生

マレー半島には古くからマレー人が住んでいたが、7世紀になって、スマトラ島南部のパレンバンに拠点を置くヒンズー系のシュリビジャヤ王国が、初めて国家を統一した。

14世紀に入って、シュリビジャヤ王国はマジャパヒト王国によって滅ぼされる。しかし、マジャパヒト王国が王位継承を巡って混乱したため、テマセク島（現在のシンガポール）に逃亡していた王子パラメスワラはマラッカに移住し、時期を得て、15世紀、マラッカ王国を設立する。マラッカ王国の人口は、パラメスワラ王の死亡時に6,000人、ポルトガルに征服された1511年に40,000人と、それほど増加せず、大規模国家には発展しなかった。しかし、マラッカ海峡に面し、整った行政組織および港湾の整備が貿易商人を魅了し、マラッカ王国は東西を結ぶ海上貿易の中継点として栄えた。その結果、94の外国語が話され、4,000人の外国商人が住んでいたと伝えられている。

交易は明を始めインドとも盛んに行われた。このため、イスラム教が徐々に普及し始め、

マラッカ王国 2 代目のイスカンダルがイスラム教に改宗したのに伴い、イスラム教はマレー半島全域に浸透していった。

2.2.2 欧州による支配と独立

1498 年、ポルトガルのバスコ・ダ・ガマがインド西海岸に到着したのをきっかけに、ヨーロッパのアジア進出が始まった。マラッカ王国も例外ではなく、ポルトガルによって滅亡に追いやられる。次にマレーシアに目をつけたのはオランダと英国で、東インド会社を設立した両国は植民地競争を繰り返しながら、1824 年に英蘭協定を結ぶ。これによりマラッカを含め、マレー半島はすべて英国の勢力下にあることが確認された。その間、マレー王朝は再考を図ったが、果たせないまま 19 世紀を迎える。

ヨーロッパにとってマレー半島の最大の魅力は、マレー半島から産出されるスズとゴムであった。産業革命が起こり、食物の保存法として、缶詰が脚光を浴びていた当時は、スズは缶詰の缶を作るのに不可欠であり、その需要はかなり大きいものであった。ゴムは、19 世紀後半に広がったパラゴム樹液（ラテックス）で、その採取は、米国で大規模化した自動車産業が追い討ちをかけた。スズの採掘に中国人労働者が、ゴム園にインド人労働者が動員され、異民族文化の基盤が形成されていった。1906 年にサバ州が英国領になったのをきっかけに、1909 年、北部 3 州の宗主権が英国に割譲され、英国のマレーシア支配が完成した。

1941 年の太平洋戦争開戦とともに、日本軍はコタバルなど 3 地点に上陸した。半島を南下して 1942 年 1 月 11 日にクアラルンプールを、2 月 15 日にはシンガポールを占領した。しかし、1945 年 8 月に日本が降伏すると、9 月には英国の支配が復活し、1946 年マラヤ連邦案を公表したが、マレー人が外国人に対する優位を主張してまとまらなかった。同年、マレー人が最初に組織した政党、統一マレー国民組織（UMNO）が発足する。続いてマレー華人協会（MCA）、マレー・インド会議（MIC）が結成され、この 3 者が連立したマレー連合党が、政権を担うことになる。

結局、マレー連邦の成立は 1948 年になってからで、1957 年 8 月 31 日には英国から独立した。1963 年 9 月には、マラヤ、シンガポール、およびボルネオ島のサバとサラワクで構成されるマレーシア連邦が正式に成立した。その後、1965 年に、シンガポールがマレーシア連邦から独立し、自治都市国家を形成した。

2.3 マレーシアの政治

2.3.1 政治体制

マレーシアは、先述したように 13 州および 3 連邦直轄区からなる連邦国家で、元首である国王は、9 人のスルタン（君主）の中からスルタン会議で互選される。国王は国の最高権威者として位置づけられ、任期は 5 年。互選とはいえ、実状は輪番制であり、どの州のスルタンも一度ずつ就任し、現在に至っている。現在の元首は、2001 年 12 月に就任したペルリス州スルトンのサイド・シラジュデイン第 12 代国王である。

行政権は、憲法で規定されているとおり、首相が主導する内閣に付与される。首相は国

会の下院議員で、国会で過半数を超える議席を獲得した政党に所属している者から、国王が任命する。大臣は国会両院の議員の中から選ばれる。

法律制度は、英国のコモンローに基づいている。連邦裁判所は、憲法事項および二州間または連邦政府と州間での紛争に伴い、第1管轄権を持つ上訴裁判所を再審理する。なお、マレー半島、およびサバ州やサラワク州の東部マレーシアにはそれぞれ高等裁判所がある。

1957年の独立以来、一貫してUMNO（統一マレー国民組織）を中心とする与党連合が政権を担っている。現在、与党連合であるBN（国民戦線）は、下院定数219議席中、199議席を占める。UMNOを含め、MCA、MIC等の14の政党で構成されている。

2003年10月31日、22年にわたりマレーシアを率いてきたマハティール前首相が引退し、アブドゥラ副首相が首相に昇格した。アブドゥラ首相は、マハティール路線を継承しつつも、農業振興重視、汚職対策強化、行政の透明性改善、大規模プロジェクトの見直しに優先的に取り組むなど、独自色も発揮している。

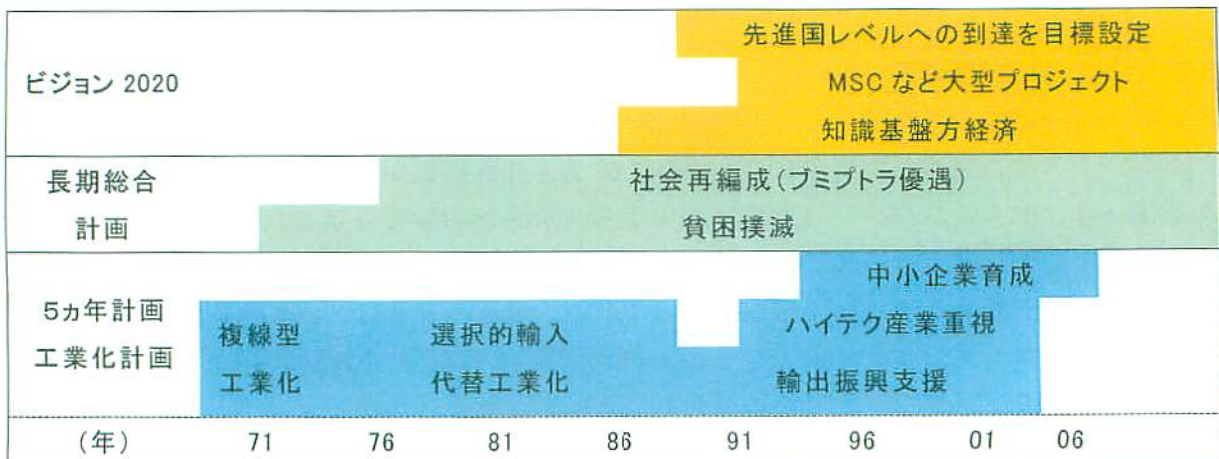
2004年3月21日には、アブドゥラ首相就任後初となる総選挙が実施され、与党連合BNは、下院において前回（76%）を大幅に上回る90%の議席（下院定数219議席中、199議席）を獲得した。同時に行われた州議会選挙でも、BNは、12州中10州において政権を維持した。

2004年3月末、アブドゥラ首相は第二次アブドゥラ内閣を発足させた。首相自身は、財務相、国内治安相（新設）の重要2ポストを兼任、ナジブ副首相兼国防相、サイド・ハミド外相、ラフィダ国際貿易産業相等の有力閣僚は留任したが、その一方で、14名の入閣（閣僚数は33名）があり、比較的大規模な入れ替えとなった。

2.3.2 産業技術政策

マレーシアは、独立以来5ヵ年ごとに国家計画を設定し、それに沿って計画的に開発を進めている。1971年からは10年以上をターゲットに入れた長期総合計画が設定されるようになり、1991年には、2020年までに先進国入りすることを最大の課題として位置づけている「ビジョン2020」と呼ばれる、30年間を視野に入れた極めて長期総合計画も発表した。（図2-3参照）

図2-3 マレーシア国家計画（マレーシア政府ホームページより）



なお、この頃から、5カ年国家計画は、長期計画の具体的なアクションプラン的な位置づけになった。

2001年に発表した第3次長期計画と第8次マレーシアプランでは、「持続可能な成長路線」と「回復力と競争力」を持つ経済の確立が目標に掲げられ、特に、労働集約型から知的集約型の知識基盤経済への移行を志向し、情報通信技術の活用、人材の育成、情報インフラの整備を積極的に進めるとともに、産業の生産性・効率性向上に力点が置かれている。

2006年4月には、2010年までの5カ年国家計画である第9次マレーシア計画が発表される。2005年9月に発表された予算案によると、農民の所得向上のための農業関連案件、既存のインフラ維持管理、教育訓練等に対して、重点的に予算配分されており、アブドゥラ政権の農業振興重視がより鮮明となった。

2.3.3 外交政策

ASEAN加盟国として域内諸国との連携強化、域内格差の是正に積極的なイニシアチブを発揮している。2005年12月12～14日、クアラルンプールで、第1回東アジア首脳会議（EAS:東アジアサミット）が開催された。これは、実現はしなかったものの、2001年に当時の韓国・金大中大統領がASEAN+3会議で提出した案に基づき、マレーシアが、2005年に開催されるADEAN+3会議の際に、引き続き東アジアサミット開催する意向を表明したことにより、実現した。当サミットでは、東アジアの将来と地域協力のあり方について大局的・戦略的に議論が進められ、東アジアサミットを毎年開催すること、東アジア協力に関する第二の共同声明を作成するための強調的な努力を開始すること、東アジア諸国の学生、学者、研究者、芸術家、メディアおよび青少年の交流を促進すること、などの内容が盛り込まれたクアラルンプール宣言が採択された。なお、マレーシアは、日本とともに共同議長国を務めた。

マレーシアはイスラム諸国との連携強化にも力を注いでいる。イスラム諸国会議（OIC）には、1969年の創立年に加盟、1971年には当時のアブドゥル・ラーマン首相が事務局長に就任し、OICの国際機構としての位置づけに一役を担った。2003年からは4年の任期でOIC議長国を務め、2003年にはOIC首脳会合の開催国となった。

日本との関係においては、東方政策を提唱したマハティール前首相の政権時より、頻繁な要人往来が続いている。2005年3月には、サイド・シラジュディン第12代国王が国賓として来日した。また、アブドゥラ首相は、2003年12月、日ASEAN特別首脳会議出席のため、首相就任後最初の外遊先として日本を訪問、2004年6月、2005年5月にもセミナー出席のため来日した。一方、わが国からも、2002年には当時の川口外相、2005年12月にはASEANおよび東アジアサミットのために小泉首相がマレーシアを訪問するなど、要人交流が途絶えた時期はない。

また、直接投資や貿易、技術協力等を通じた良好な経済関係も存在している。特に、1987年のアジア経済危機の際は、マレーシアは国際通貨基金（IMF）の支援を仰がず、独自の経済政策を取ったが、わが国からは総額68億ドルの大規模な資金援助を行い、さらに友好関係を深めた。

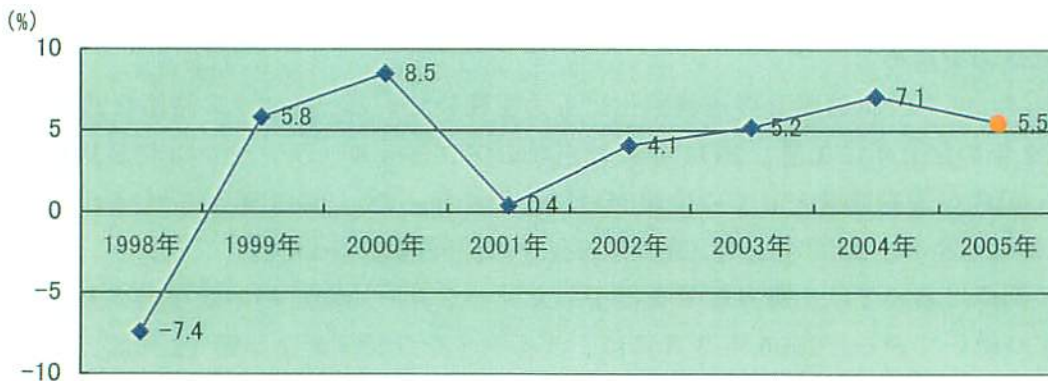
2.4 マレーシア経済の現状

2.4.1 一般情勢

かつては典型的な一次産品（ゴム、スズ）の輸出国であったが、外国資本の導入により製造業を中心に工業化を推進し、顕著な経済発展を遂げてきた。1991年に、当事の首相であったマハティール首相が表明した「ビジョン2020」により、好調な経済情勢に拍車がかかり、年平均8%以上の高い経済成長率を記録するまでとなった。

しかし、1997年、タイの通貨バーツの暴落をきっかけに発生した大規模な経済危機は、マレーシアにも大打撃を与え、IMFにより、各国への緊急支援を仰ぐとともに、緊縮財政や規制緩和などを条件にしたIMF型打開策が提唱された。これに対し、マレーシアはIMFの支援は受けず、積極的財政、金融緩和による景気刺激策を導入し、為替を米ドルに対して固定（1ドル=3.8リンギ）し、短期資本の国外持ち出しを禁止する措置等を講じた。こうした政策は、不良債権処理、さらには前述のわが国からの大規模な資本援助等と相まって効果を挙げ、GDP成長率はアジア経済危機直後の1998年には-7.4であったものが、翌年1999年には5.8%に持ち直し、2000年には8.5%を記録した。2001年には0.4%まで落ち込んだが、その後、徐々に回復傾向を示し、2003年には米国経済の減速、イラク情勢、SARS等の影響にもかかわらず、プラス成長を維持した。2004年は、特に上半期に世界経済の復調と世界的な電子関連投資の回復により製造業の輸出が好調であったことから、7.1%と高い成長率を記録した。2005年の成長率は、第1四半期が5.8%、第2四半期が4.1%となっており、政府は通年の成長率は5.5%を見込んでいる（図1-4-1）。

図2-4 実質GDP成長率（2005年は予測）



（出典：外務省ホームページ）

一方、消費者物価上昇率は、2002年1.8%、2003年が1.2%、2004年が1.4%と、伸び幅は小さいが年々、上昇している。失業率はアジア経済危機以降、ほぼ3.5%前後で一定している。

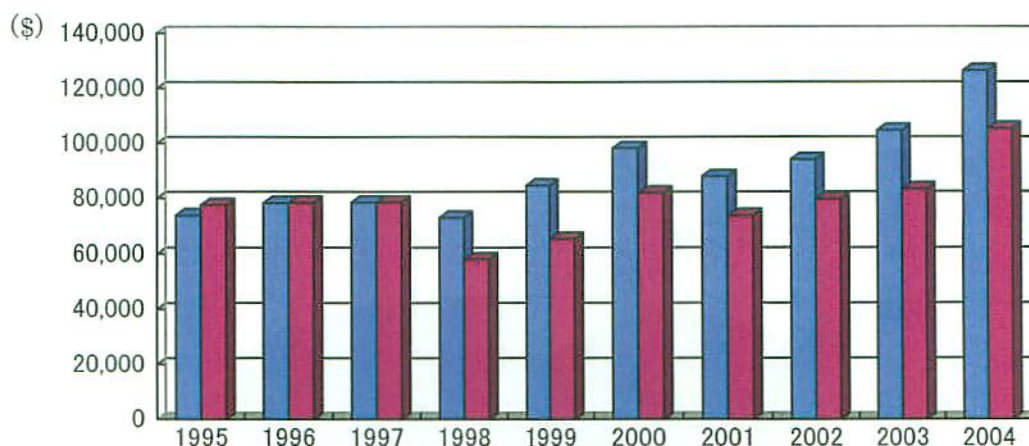
2.4.2 主力産業

1998年以降、輸出総額が輸入総額を上回り、黒字貿易を続けている。輸出総額は、2001

年にマレーシア経済全体が縮小したため、輸入総額および輸出総額がともに減少したが、翌年には持ち直し、順調な伸びを示している（図 1・4・2 参照）。

主力輸出入産業は電気機器を中心とする製造業、天然ゴム、パーム油、木材を対象とした農林業、およびスズ、原油、LNG を含む鉱業であり、2004 年のマレーシアの輸出総額 1,265.11 億ドルのうち、電気・電子製品が 53.5% と過半数を占め、化学・化学製品が 5.8%、原油が 4.4%、パーム油が 4.2%、天然ガスが 3.6% であった。

図 2-5 マレーシアの貿易



(出典：外務省ホームページ)

2.5 マレーシアの社会

2.5.1 人口

総人口は、2004 年、2,558 万人を数える。毎年、増加傾向にあり、2000 年が 2,350 万人、2001 年が 2,401 万人、2002 年が 2,453 万人、2003 年が 2,505 万人と 2% 強の増加率を維持している。男女比では、男性のほうが過去数年 3% 前後多い。

年齢構成推移を見ると、1991 年と 2003 年の比較では、少子高齢化というほどではないが、10 歳未満が 3.5 ポイント減少し、年間出生率が減少傾向にある。一方、60 歳以上の高齢者が人口に占める割合は 0.8 ポイント上昇している。

図 1・5・1 に人口の民族構成を示す。主にマレー系 (65.6%)、中国系 (25.6%)、インド系 (7.5%) および先住民などその他 (1.3%) に分けられ、民族の構成比は、常にほとんど変化がない。

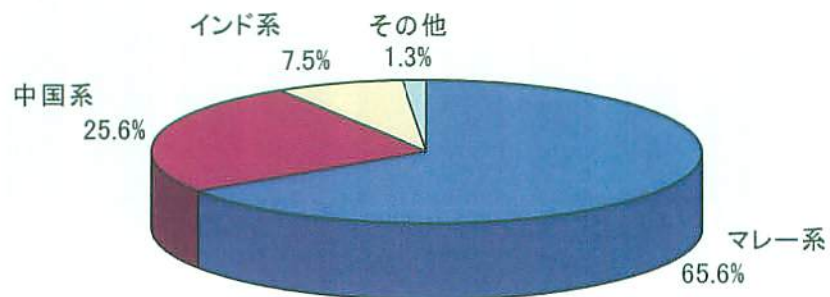
独立時から全人口に占めるマレー系の割合は最大ではあったが、経済の実権を握るのは中国系の人々で、マレー系の生活水準は低かった。これが元で、1969 年、首都クアラルンプールで民族暴動が発生した。死者は中国系 143 名、マレー系 25 名、インド系 13 名。負傷者は中国系 125 名、マレー系 37 名、インド系 17 名と、独立以来の大惨事となった。

この経験を踏まえ、1970 年に民族にかかわらず貧困を軽減すること、および所得・雇用・資本の所有における民族間の不均衡を軽減し、社会構造を再構成することを目標に、イン

ド系、中国系に対して、マレー系の国民を指すもので、「大地の子」という意味を持つプミプトラの言葉を使用したプミプトラ政策、別名マレー人優遇政策が取られた。特に教育・雇用分野で優遇され、マレー系国民には教科書の無料配布、授業料免除・奨学金制度や大学入学の割当制度などが導入された。このおかげでマレー系学生の教育の機会の拡大とそれに伴う社会的地域の向上が実現した。

しかし、その一方で、マレー系国民と同じくらい貧困に苦しむ中国系国民とインド系国民、或いはマレー系国民の雇用により失業した非マレー系国民の不満が募った。それに対し、マレーシア政府は、非マレー系国民にも多くの事業と雇用機会を与える拡大経済により、非マレー系国民の不満を最小限に抑える方針で対応しているが、非マレー系国民の間には、非マレー系国民であることによる諦めの感が強まり、民族問題は新たな局面を迎えている。

図 2-6 2004 年マレーシアの民族構成



(出典：外務省ホームページ)

2.5.2 宗教と言語

国教はイスラム教に定められているが、信仰の自由によって、中国の仏教・道教、インドのヒンドゥー教、キリスト教の信者もおり、4つの主要宗教の各祝祭日は公休日に指定されている。例えば、イスラム教のハリ・ラマまたはアイドゥルフィトリ、仏教のウェーサカ、ヒンズー教のディパバリ、キリスト教のクリスマスなどである。礼拝堂も、最も多いのはモスクであるものの、中国寺院、ヒンドゥー寺院、キリスト教会なども少なくない。

公用語はマレー語。ただし、複合多民族国家であるため、中国系やインド系の人、それぞれ中国語、タミール語を使っている。また、都市部では英語も通用する。先述のプミプトラ政策の一環として、「マレー語の国語としての地位の向上」を目指し、官公庁や役所関係では全てマレー語が使われている。

文化も、各民族独自の形態を持っているが、長い歴史を通して、それぞれの民族が融合されたこともあり、自分自身の宗教、言語、文化を守りつつ、互いのそれも認め合っている。

2.5.3 教育

マレーシア政府は、教育分野に高い予算を組んでおり、教育相は、小学校から大学まで、英国の学校制度に基づいた総合的な学校制度の運営を実施している。

2001年11月、当事の首相であったマハティール首相は、マレーシア日本国際工科大学（MJIUT）の設立を提案した。日本型の大学をマレーシアに設立し、日本の価値観・労働倫理・文化的環境の中で学生を教育するという構想であり、ASEANの人材育成の拠点とすることを目指している。本件構想の実現に向け、マレーシア側より既存のマレーシアの大学に大学設立準備のためのセンターを設置するとの提案がなされ、現在、政府間において協議を進めている。

マレーシアは政府留学生の派遣にも積極的で、英国、エジプトにつぎ日本に留学生を多く派遣している。

2.6 エネルギー事情

2.6.1 エネルギー産業

(1) 石油産業

マレーシアの石油産業は、1974年の石油開発法により設立された国営石油・ガス会社ペトロナスが、探鉱・開発・生産の上流部門から精製、販売、トレーディング、小売の下流部門まで幅広い活動を行っている。ペトロナスは、マレーシアの陸上・沖合いにおける全ての化石燃料資源に関する探鉱・生産の独占的な権利を保有しており、マレーシアで探鉱・生産活動を行おうとする外国石油企業は、ペトロナスと生産分与契約を締結しなければならない。

マレーシアの石油確認埋蔵量は長期にわたり減少傾向にあり、2004年現在で30億バレルと1996年の43億バレルから大幅に減少した。長期にわたる埋蔵量の減少を受け、ペトロナスはシリア、トルクメニスタン、イラン、パキスタン、中国、ベトナム、アルジェリア、リビア等で探鉱活動を展開している。

一方、国内における原油生産量は沖合での探掘が成功し、2002年の699,000b/dから2004年には750,000b/dに上昇した。マレーシア国内における石油生産地域は、主に海上およびマレー半島近辺であるが、産出される原油は概して、硫黄含有量が少なく、API比重が35度・50度と高品質である。国内最大の生産地域はTapis地区で、国内生産量の大半を占める。この地区の原油も、同じように硫黄成分が少なく、API比重は44度と良質である。

マレーシア最大の石油生産企業はEsso Production Malaysia Inc.で、生産量は国内総生産の5割近くを占める。一方、石油探査に関しては、Royal Dutch/Shell GroupのSabah Shell Petroleum Companyが、キナバル地区で規模を拡大している。Shellの報告によると、2004年にはサバ州の沖合で、Gamusut-1とMalikai-1の2つの新しい油田が発見された。どちらもまだ調査途中であるが、かなりの量の埋蔵量が期待されている。また、2000年2月にはスウェーデンのLundin Oil社の資本で長期開発プロジェクトが開始され、現在、40,000b/dに達している。

なお、主な輸出国は、日本、タイ、韓国およびシンガポールである。

(2) 天然ガス産業

天然ガスに関しても国営石油・ガス会社のペトロナスが、探鉱・開発・生産の上流部門から精製、輸送、配給、LNG 液化、LNG の輸送、マーケティングまで幅広い活動を行っている。

天然ガスの探索・開発が最も活発に行われている地域は、マレーシアとタイの両国政府によって設立された共同機関 Malaysia-Thailand Joint Authority による、タイ湾沖における共同開発鉱区 Malaysia-Thailand Joint Development Area で A18、B17 および C19 の3つの鉱区がある。A18 はペトロナスとトリトン・オイルが、B17 と C19 はペトロナスとタイ国営会社が、それぞれ 50:50 の出資比率で開発している。

表 2.7 2004 年主要国の天然ガス埋蔵量と年間生産量 (cf:立法フィート)

国名	埋蔵量 (兆 cf)	生産量 (10 億 cf)	(%)	可採年数 (年)
1. ロシア	1,700.0	20,795.2	21.9	63.0
2. イラン	812.3	3,018.2	3.2	210.5
3. カタール	393.8	1,383.8	1.5	263.1
4. サウジアラビア	213.3	2,259.2	2.4	130.1
5. アメリカ合衆国	167.4	19,164.4	20.2	9.7
6. アルジェリア	159.7	2,894.6	3.0	55.8
7. アラブ首長国連邦	212.1	1,616.7	1.7	81.3
8. ベネズエラ	146.8	991.9	1.0	126.9
9. インドネシア	72.3	2,587.5	2.7	47.5
10. オーストラリア	44.6	1,242.6	1.3	93.5
11. ノルウェー	44.0	2,771.1	2.9	38.5
12. ナイジェリア	124.0	727.2	0.8	132.7
13. カザフスタン	65.0	653.1	0.7	134.1
14. トルクメニスタン	101.0	1,927.4	2.0	44.6
15. マレーシア	81.7	1,902.7	2.0	42.5
16. イラク	109.8	-	-	-
17. カナダ	61.0	6,452.8	6.8	9.5
18. クウェート	52.2	342.4	0.4	165.9
19. オランダ	62.5	2,428.6	2.6	23.1
20. エジプト	35.2	946.0	1.0	58.1
その他	619.8	20,908.1	22.0	31.8
世界合計	5,278.5	95,013.5	100.0	51.3

(出典：Oil Gas Journal)

マレーシアの天然ガス生産量は、世界で 15 番目に多く、世界総生産の 14%を占める(表 2-7 参照)。

現在、計画より遅れてはいるものの、サラワク州の Bintulu 天然ガス田を中心に、長期計画による開発拡大が進められている。その一つである MLNG Tiga は、年間輸送能力 370Bcf の液化輸送車を含む液化施設を 2003 年 4 月に建設した。この施設全体の規模は、今のところ世界最大を誇り、年間 1.1Tcf の能力を有する。この輸送車で搬送される天然ガスの大半には日本に送られる。また、2004 年 8 月には、2007 年あるいは 2008 年から 15 年計画で英国にも輸送する契約が締結された。さらにマレーシアはシンガポールに対してもパイプラインで 1 日あたり 150Mmcf を輸出している。一方、マレーシアはインドネシアから天然ガスを輸入している。2001 年 4 月、インドネシアの州立石油・ガス会社である Pertamina と契約を結び、Conoco's West Natuna 海上ガス田からガスを輸入することになっている。ただし、これは需要の観点から生まれた必要性ではなく、むしろ、東南アジアにおける天然ガスの拠点となるべく、マレーシアの戦略と考えられている。

(3) 電力産業

マレーシアは 14Gw の電力発電能力を有し、そのうち 86%は火力発電、残りの 14%は水力発電である。2002 年には 670 億 kwh の発電を行った。マレーシア政府は 2010 年までに電力使用部門で 97 億ドルの投資を見込んでおり、その大半は石炭火力発電所に投じる予定で、天然ガスに大々的に依存してきた今までの体制を見直し、天然ガスへの依存を軽減する方針を政府が固めたことによる。火力発電に占める石炭火力発電の割合を、2006 年までに 30%まで高め、徐々に拡大する計画である。

現在進行中のプロジェクトで最大のものは、700Mw 級の 3 施設からなる、総合能力 2,100Mw の石炭火力発電所を建設する Johor 州の Tanjung Bin プロジェクトで、日本の住友グループが 15 億ドルで建設契約を締結した。1 号機の稼働は 2006 年 8 月を予定している。

1994 年には、2002 年の完成を目指した 2.4Gw 級の水力発電所をサラワク州に建設し、発電される電力の 70%を 415 マイルに及ぶ高架線路、400 マイルの海底ケーブルおよびマレー半島に 285 マイルの配電設備を敷設し、クアラルンプールまで輸送する計画があり、1996 年に、スウェーデンの Asea Brown Boveri (ABB) が受注した。しかし、1997 年 9 月になって、敷設候補地、費用、国の経済的な理由等から延期となった。1999 年になって再開したものの、計画内容は大幅に改定され、ブルネイやインドネシアへの売電が改めて検討された。規模に関しては縮小も噂されたが、結局、2001 年 2 月に、当初計画どおりの 2,400Mw とすると政府が発表し、マレーシアおよび中国の複数の企業によって進められている。

マレーシア政府は競争力の強化およびコスト低減を目指した電力部門の見直しを検討している。現在、3 つの州立施設が国内の電力発電および配電を担っている。1994 年に市場が独立系発電事業者 (IPP) に公開され、15 の事業者がライセンスを受けたものの、事業

化しているものはない。

1999年、州立施設の一つである Tenaga Nasional Bhd は、電力発電施設の一部を売却した。これが引き金となり、競争力が増すことをマレーシア政府は期待したが、今のところ電力部門の建て直しは途上であり、具体的な構想も見えていない状況である。

2.6.2 エネルギー政策

(1) エネルギー関係省庁・機構

マレーシアでは、総理府がエネルギー行政における最高意思決定機関である（図 2-8 参照）。資源によって担当機関が異なり、石油・ガス分野は総理府直轄の経済計画局、電力はエネルギー・通信マルチメディア省、石炭は主要産業省が、それぞれ担当している。

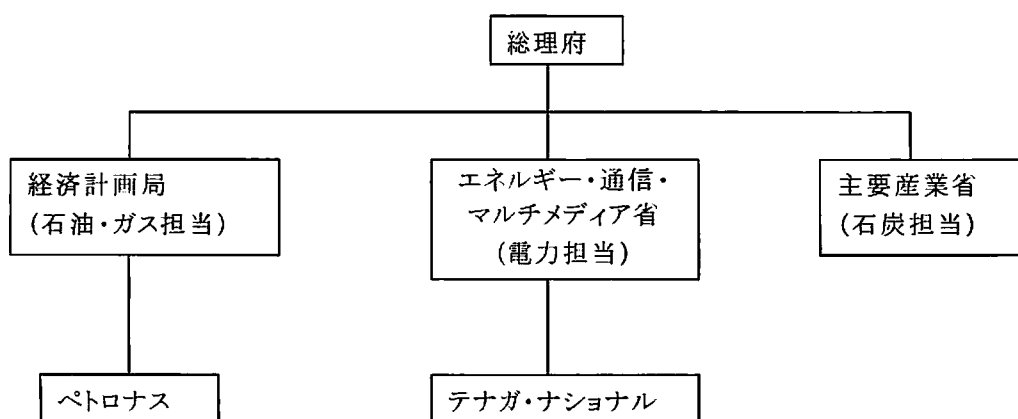
エネルギー政策における基本的な目標は次の通りである。

- 石油、天然ガス、水力、石炭を一次エネルギー源とし、十分なエネルギーの安定的かつ効率の良い供給を実現する。
- エネルギーの有効利用を促進する。
- エネルギーの生産、輸送、転換、利用による環境への影響を最小化する。

特に、エネルギーの安定的供給を達成するため、マレーシア政府はエネルギーの多様化戦略を打ち出している。これは、「4燃料政策（The Four Fuel Policy）」と呼ばれるもので、天然ガス、石炭、水力の国内資源の利用促進を図り、石油依存度を低減させる意図がある。この「4燃料政策」に基づき、マレーシアは発電・産業用重油の天然ガスへの転換、圧縮天然ガス自動車（CNGV）の普及促進、水力発電所の建設を推進してきた。その結果、「2-6-1 電力産業」で述べたように、発電部門の約7割が天然ガスによる発電となった。このため、発電燃料を石炭や再生可能エネルギーに転換する動きが出始め、2004年には、電力発電に占める石炭のシェアを28%から約40%に上昇させる方向が示されている。ただし、石炭への転換により、二酸化炭素排出量が増加することを懸念する動きもある。

一方、ASEAN 全体としてのエネルギー・セキュリティ強化への取り組みも進められている。

図 2-8 マレーシアのエネルギー行政機関



（出典：マレーシア政府ホームページ）

(2) 第8次マレーシア計画におけるエネルギー政策

マレーシア政府は、2001年4月に、2001から2005年を対象とした第8次マレーシア計画（Eighth Malaysia Plan）を発表した（表2-9参照）同計画の基本方針は、従来の労働集約産業から知識集約産業への意向により、経済競争力を高めることであるが、具体的にはエネルギー関連分野からのアプローチに期待が高まっており、第7次マレーシア計画における予算配分に比べ、第8次マレーシア計画ではエネルギー分野が2.3ポイント拡大している。これに対し、農業、商工業、運輸・交通に占める配分予算の全体に占める

表2-9 第7次マレーシア計画および第8次マレーシア計画の予算

	第7次マレーシア計画		第8次マレーシア計画	
	金額(百万リンギ)	全体比(%)	金額(百万リンギ)	全体比(%)
経済	49,351.6	47.7	50,514.6	45.9
農業	8,286.9	8.0	7,860.0	7.1
商工業	12,208.8	11.8	10,295.4	9.4
運輸・交通	21,729.0	20.9	21,965.4	19.9
エネルギー	5,657.5	5.5	8,590.0	7.8
その他	1,469.4	1.5	1,803.8	1.7
社会	32,156.1	31.0	37,518.0	34.1
教育・研修	20,185.8	19.5	22,660.0	20.6
保健	3,737.1	3.6	5,500.0	5.0
住宅	3,372.4	3.3	4,223.3	3.8
福祉サービス	1,624.9	1.6	2,972.5	2.7
地方開発	1,350.4	1.3	943.3	0.9
その他	1,885.5	1.7	1,218.9	1.1
安全保障	12,747.5	12.3	10,750.0	9.8
行政	9,309.7	9.0	11,217.3	10.2
合計	103,564.9	100.0	110,000.0	100.0

(出典：マレーシア政府)

割合が、前年と比べマイナスであった。

さらに、第8次マレーシア計画ではエネルギー関連で以下を重要ポイントとして明記している。

- 4燃料政策の強調、ガスと再生可能エネルギーの利用促進
- 工業・商業部門におけるエネルギー関連産業の開発と地方の活用
- 効率的かつ安定的な電力供給の確保
- エネルギー関連産業の開発と地方の活用

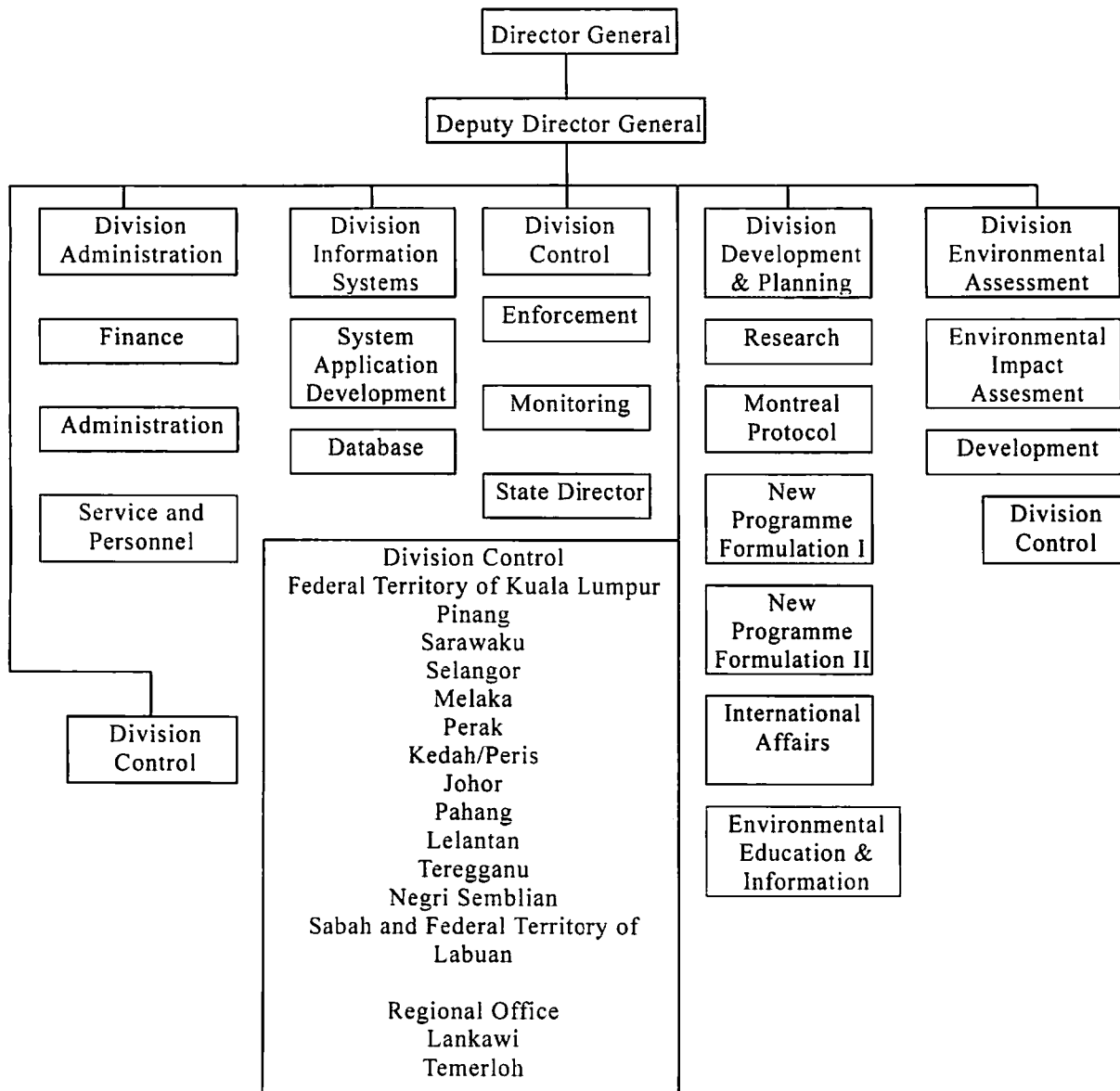
- エネルギー関連エンジニアリングサービスの促進

2.7 環境関係

2.7.1 環境関係省庁・機構

マレーシアの環境関係の省庁・機構を図 1-7-1 に示す。マレーシアでは 1974 年環境法に基づき、1975 年に設置された環境局 (DOE) がマレーシアの環境行政を統括している。

図 2-10 マレーシアの環境行政組織図



(出典：マレーシア政府)

行政組織上は、科学技術環境省に属しているが、独立性が高い。環境局は環境に関する法律や規制の制定、水質汚濁、大気汚染、有害物質に関する規制の実施と関連のモニタリング開発、開発プロジェクトに関する環境影響評価や工場立地適正評価の実施など、産業活動に関連する環境行政を総合的に担当している。また、環境局長官には環境行政を推進するため、1974年環境法によって大きな権限が与えられている。

また、マレーシアの環境行政組織にはもう一つ環境質委員会がある。環境質委員会は、環境法に関する様々な事項について科学技術大臣に助言・勧告することが主な役割で、委員は農業省や運輸省など環境関連省庁の局長クラス、パーム油製造などの伝統産業を含む産業界代表、学識者のほか自然保護団体の代表、遠隔地である東マレーシアのサバ、サラワク州などで構成され、事務局は環境局に設けられている。同委員会は1997年には化学物質規制や工場騒音に関する規制導入、指定産業廃棄物に関する命令の改正などについて協議している。

なお、マレーシアでは地方州政府は土地、農林業、漁業、水源などに関する権限を持っているが、環境行政に関しては連邦政府が権限を有している。そのため、州政府にはサラワク州を除いて環境問題を扱う部署がなく、各地に設置されている環境局の州事務所が環境行政を行い、サラワク州の場合でも、業務範囲は農業に関する環境問題に限られている。ただし、一般廃棄物の収集、処理・処分は地方凝視の担当である。

2.7.2 環境対策および環境基準

1974年、環境対策に関する初の基本法として、1974年環境法が制定された（表 2-11 参照）。それまでは森林法、鉱山法、水域法などの個別法規によって環境問題を処理していた。しかし、これらの法規は専ら関連事業の推進に伴う問題を扱い、環境保護を目的としたものではなかった。加えて、パーム油産業を代表とする伝統産業の進展・拡大と共に、産業公害が表面化し、環境保護を目的とした総合的な行政体制が求められるようになった。こうした背景の元に制定された同法の規定によって、それまでは規制のなかった産業排水、工場からの大気汚染や廃棄物問題などの産業公害対策に本格的に乗り出すことが可能となった。また、同年には環境行政を担当する環境局が科学技術環境省に設けられることになった。

表 2-11 1974 年環境法に基づき、環境局により施行される規制等一覧表

No.	規制／命令
1	1974 年環境法
2	1977 年ヤシ原油の特定事業所に関する環境規制
3	1977 年許認可に関する環境規則
4	1977 年ヤシ原油の特定事業所に関する環境命令
5	1978 年大気汚染防止に関する環境規則
6	1978 年犯罪宥恕に関する環境規則
7	1978 年天延ゴムの特定事業所に関する環境規則
8	1978 年天然ゴムの特定事業に関する環境命令
9	1979 年下水・産業排水に関する環境規則
10	1985 年自動車ガソリン中の鉛濃度の管理に関する環境規則
11	1987 年自動車騒音に関する環境規則
12	1987 年（特定活動）環境影響評価に関する環境命令
13	1989 年指定産業廃棄物に関する環境規則
14	1989 年指定産業廃棄物処理・処分設備の特定事業所に関する環境命令
15	1989 年指定産業廃棄物処理・処分設備の特定事業所に関する環境規則
16	1993 年海水汚染規制の権限委譲に関する環境命令
17	1993 年高圧ガス、噴霧ガス用フロンガス等の使用の禁止に関する環境命令
18	1994 年海水汚染規制の権限委譲に関する環境命令
19	1995 年石鹼・合成洗剤等その他の洗剤薬剤中の添加剤の使用禁止に関する環境命令
20	1996 年ディーゼルエンジンの排気ガス規制に関する環境規則
21	1996 年ディーゼルエンジンの排気ガス規制に関する環境規則
22	1999 年権限の委譲に関する環境命令
23	1999 年冷却剤管理に関する環境規則
24	1999 年ハロン管理に関する環境規則
25	2000 年（特定活動）野外焼却に関する環境命令
26	2000 年大気汚染防止に関する環境規則（改正）
27	2000 年（犯罪宥恕）野外焼却に関する環境規則
28	2000 年野外焼却調査の権限の委譲に関する環境命令
29	2000 年下水・産業排水に関する環境規則（改正）
30	2000 年ディーゼルエンジンの排気ガス規制に関する環境規則
31	2000 年（特定活動）環境影響評価に関する環境命令（改正）
32	2000 年ハロン管理の権限の委譲に関する環境命令
33	2000 年権限の委譲に関する環境命令（プトラジャヤ開発公社）
34	2001 年環境法改正
35	2003 年（申告活動）野外焼却に関する環境命令
36	2003 年ダイオキシン・フランに関する環境規則

(出典：マレーシア政府)

2.8 パーム油産業

2.8.1 世界のパーム油産業

世界で生産される植物油の原料は主に大豆、ナタネ、ひまわり、パーム等であるが、このうち大豆とパームを原料とする大豆油およびパーム油が植物油総生産量のそれぞれ約30%、ナタネ油が15%を占める（表 2-12 参照）。

近年、パーム油の生産量が大豆油の生産量をしのぐほどに増加しているのは、パーム油は大豆油と菜種油に比べ高い生産性を誇っているからである。年間の1haあたりの産出量は、パーム油が4~5トンに対し、大豆油は0.4トン、菜種油は0.6トンと1/10前後である。このため、大規模なプランテーションを実現することにより、事業効率がさらに高まるという経営上の理由が大きい。

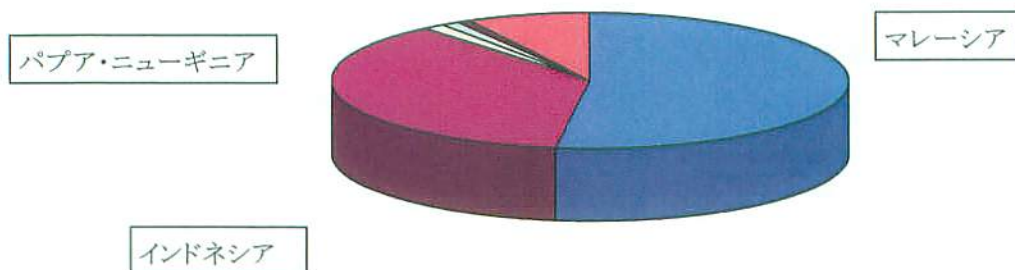
表 2-12 世界における植物油生産量の推移

	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05
大豆油	23,157	24,577	25,322	27,078	29,439	31,027	30,858	32,570
ナタネ油	12,219	12,711	14,551	14,018	13,459	12,411	14,361	16,108
ひまわり油	8,440	9,303	9,544	8,693	7,436	8,708	9,637	9,077
落花生油	4,348	4,784	4,462	4,940	5,332	4,469	4,816	4,496
綿実油	4,107	3,880	3,873	3,936	4,304	3,983	4,197	4,997
ごま油	706	685	693	722	837	784	794	774
コーン油	1,883	1,915	1,985	1,949	1,995	2,028	2,013	2,055
オリーブ油	2,616	2,537	2,412	2,732	2,780	2,685	3,170	2,730
パーム油	17,305	19,501	21,266	23,803	25,027	27,669	29,646	32,500
パーム核油	2,213	2,448	2,654	2,912	2,994	3,299	3,456	3,801
やし油	3,411	2,369	3,084	3,497	3,242	3,200	3,133	3,011
あまに油	679	731	709	669	589	597	629	604
ひまし油	442	438	479	521	451	431	469	522
世界合計	81,526	85,879	91,034	95,470	97,885	101,291	107,179	113,245

(出典：MPOB)

パーム油の主な生産輸出国はマレーシア、インドネシア、パプア・ニューギニアなどで、マレーシアは過去40年間に渡って世界トップを維持している。2004年の世界輸出力2,406.6万トンのうち、マレーシアの輸出力は1,257.5万トンで52.3%を占め、第2位のインドネシア(36.6%、882万トン)と併せると、世界輸出力総量の88.9%を占め、第3位のパプア・ニューギニアは、上位2国に比較し、1.4%と大幅に少ない。(図 2-13 参照)

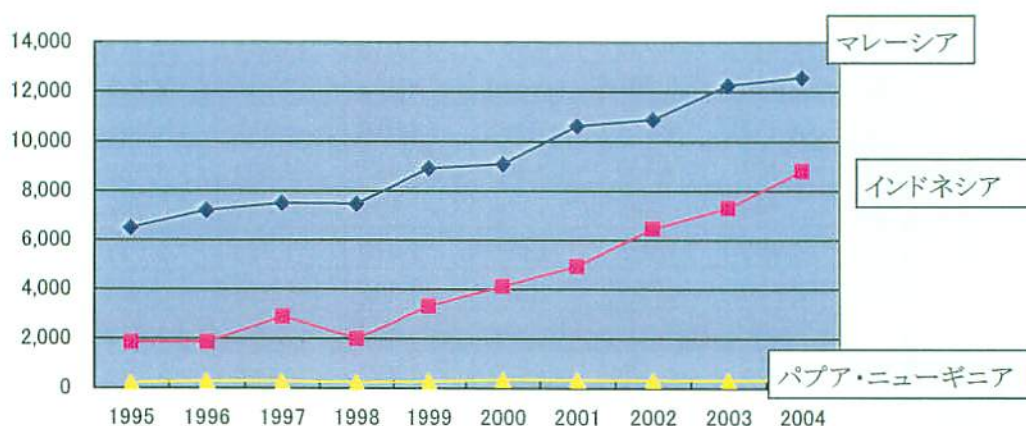
図 2-13 2004 年 世界のパーム油輸出シェア



(出典：MPOB)

上位 3 国は過去 20 年間、生産量は増加している (図 2-14 参照)。

図 2-14 パーム油輸出上位 3 国における輸出量の推移



(出典：MPOB)

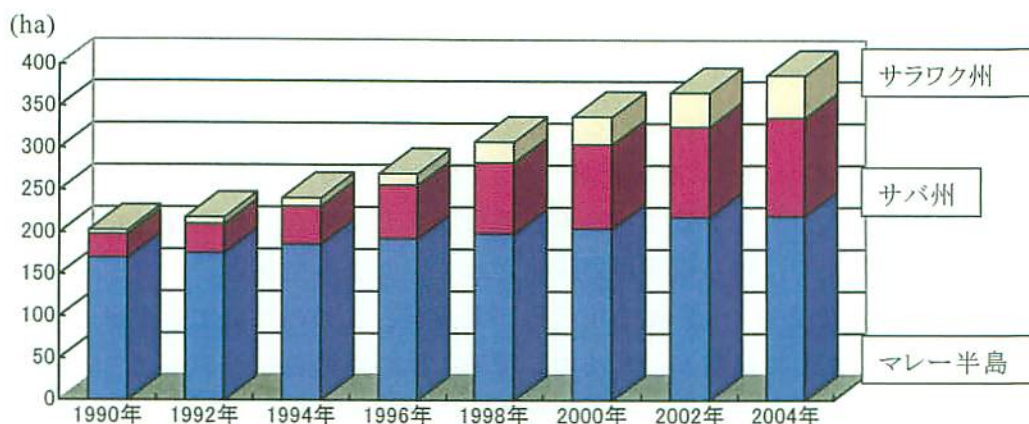
2.8.2 マレーシアのパーム油産業

マレーシアにおけるパーム油生産量増加の要因は、一つには CP0 の精製率の向上であり、精製率は 2004 年で 2003 年の 19.75% に比べ 0.28 ポイント上昇した。

もう一つには、栽培面積の拡大が挙げられる。図 1-9-3 に過去 15 年間のマレーシアにおけるパーム栽培面積の推移を示す。マレーシアにおける、パーム油の原料となるヤシの栽培面積は 1960 年の 55,000ha から 1998 年には約 3,100,000ha と、およそ 40 年間で 56.4 倍となった。ただ、パーム栽培のために森林を開拓する動きに対して、マレーシア政府は環境保護の立場から懸念を強めている。

現在、326 のパーム油生産工場、45 のパーム油精製工場、40 のヤシ核破壊工場があり、15 のパーム油化学企業が CP0 (粗パーム油)、ヤシ核ケーキ、精製パーム油、ヤシ核原油 (CPKO)、およびパーム油化学製品を製造している。1998 年には、マレーシアにおいて 830 万トンの CP0、100 万トンの CPKO、130 万トンのヤシ核ケーキが生産された。

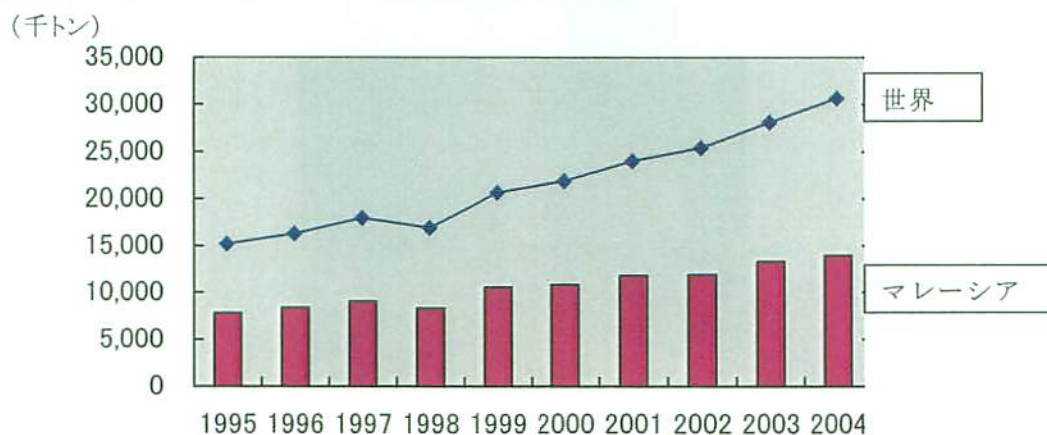
図 2.15 マレーシアにおけるパーム栽培面積の推移



(出典：MPOB)

マレーシアから輸出されるパーム油の96%以上は精製油である。パーム核油とその派生品も大部分輸出され、その中にはパーム油を原料とする化学製品が含まれている。輸出先は世界130カ国以上に上る。これはマレーシア産のパーム油製品の安定した供給と高品質を裏付けるものである。1998年のパーム油製品の輸出額は59億5000万ドルにのぼり、最大の外貨獲得商品となっている。

図 2.16 世界とマレーシアのパーム精製油輸出量推移



(出典：MPOB)

全世界のオイルと脂肪の市場では、マレーシアのCPO生産高830万トンは、1998年の世界のパーム油総生産高の49.5%を占め、オイルと脂肪生産高では8.2%のシェアを占めている。2005年には世界のオイルと脂肪消費量は現在の1億トンから1億2500万トンにまで増加すると期待されている。これは世界人口の増加とともに、特に発展途上国において一人当たりのオイルと脂肪消費量の増大が見込まれるからである。パーム油は引き続き

この需要にこたえていくことが期待されている。

2.8.3 パーム椰子について

パーム椰子は油ヤシとも呼ばれる。油ヤシは、高さ 20m にも達する多年生植物であって、西アフリカが原産と言われている（図 2・17 参照）。1848 年にインドネシアのボゴールにある植物園で 4 本のパーム樹を栽培した、1870 年にインドネシアからマレーシアに移植された。ただし、マレーシアでパームを農作物として栽培したのは 1900 年代になってからであり、それまでは専ら観賞用に栽培されていたようである。

油ヤシには直径が 4~5cm の楕円形の果実が、1 つの果房に数百個付く。この果実の果肉から抽出したものが粗パーム油で、種子の核の中の白みがかった胚乳から取れる油をパーム核油という。ちなみに、ヤシ油というのはココヤシから取れる油のことである。ココヤシは、生育が海岸線にのみ限定されているのに対し、パーム椰子は内陸でも成育できるため、大規模なプランテーションで栽培されているケースが多い。また、パーム椰子は、一度植えると、マレーシアにおいては約 25 年間、年間を通して果実を収穫できる。

図 2-17 パームヤシの木



(出典：MPOB)

マレーシアは雨季と乾季の違いはあるものの、年間を通して油ヤシの生長には適した気候であるため、マレー半島でも東マレーシアでも年間を通して新鮮な果実（FFB）を収穫できる。ただし、および月により収量は若干、異なっている。（表 2-18 参照）

表 2-18 州別月別平均 FFB 収量 (2004 年 t/ha)

州	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
ジョホール	0.22	0.22	0.25	0.26	0.29	0.31	0.33	0.32	0.35	0.34	0.31	0.32	3.35
ケダ	0.20	0.23	0.23	0.23	0.27	0.33	0.38	0.36	0.41	0.35	0.28	0.33	3.63
ケランタン	0.17	0.17	0.19	0.22	0.23	0.22	0.22	0.23	0.27	0.25	0.23	0.29	2.70
マラッカ	0.24	0.23	0.30	0.28	0.31	0.35	0.37	0.37	0.40	0.41	0.34	0.38	4.01
ネグリ・センビラン	0.19	0.20	0.22	0.23	0.25	0.27	0.27	0.27	0.30	0.30	0.27	0.28	3.06
パハン	0.20	0.21	0.24	0.26	0.28	0.29	0.31	0.31	0.36	0.32	0.31	0.32	3.42
ペナン	0.21	0.25	0.26	0.24	0.28	0.27	0.29	0.27	0.30	0.28	0.24	0.34	3.25
ペラク	0.30	0.30	0.32	0.31	0.33	0.36	0.41	0.37	0.39	0.35	0.31	0.36	4.13
セランゴール	0.26	0.28	0.31	0.30	0.29	0.34	0.36	0.32	0.37	0.33	0.28	0.30	3.75
トレンガヌ	0.16	0.15	0.17	0.19	0.19	0.21	0.25	0.27	0.30	0.25	0.24	0.23	2.63
サバ	0.31	0.26	0.27	0.32	0.34	0.35	0.39	0.44	0.51	0.46	0.45	0.45	4.56
サラワク	0.21	0.19	0.20	0.20	0.20	0.21	0.23	0.29	0.34	0.29	0.27	0.27	2.94
マレーシア	0.25	0.23	0.25	0.27	0.29	0.30	0.33	0.35	0.40	0.36	0.34	0.35	3.73

(出典：MPOB)

2.8.4 パーム油の製造工程

(1) パーム油の製造工程

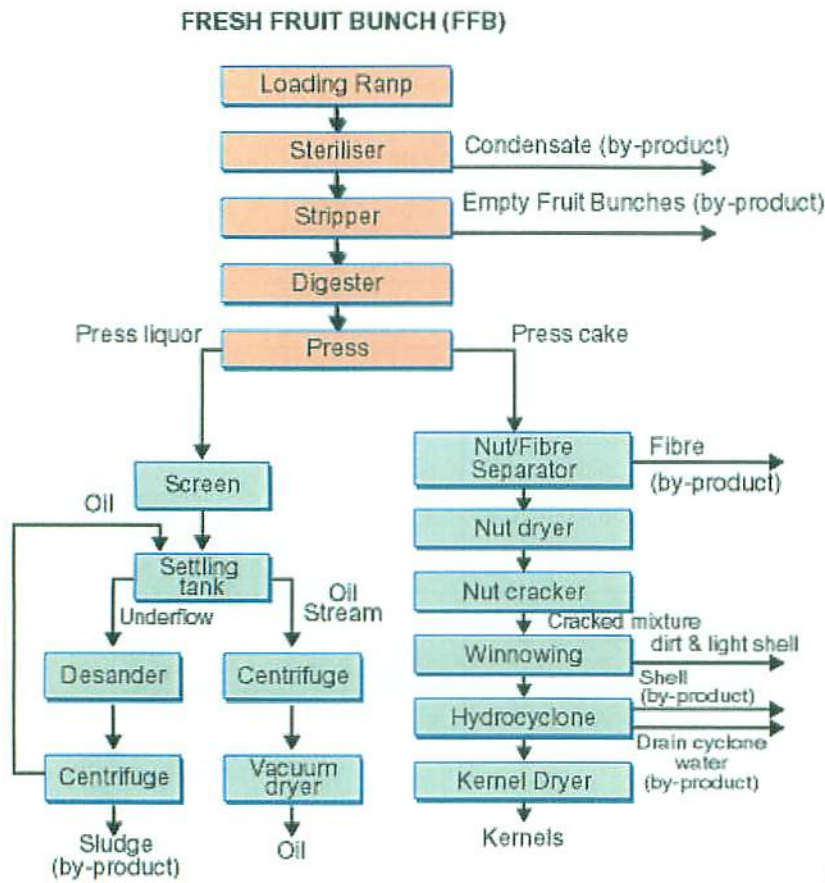
パーム油の製造工程は以下のとおり。

パームヤシから得られる果房 (FFB) は収穫後、パーム油工場に運ばれ、蒸気で滅菌される。その後、FFB を圧搾し、粗パーム油 (CPO) とヤシの核、繊維、殻と空房 (EFB)、その他、に分けられる。パーム油工場の生産工程からは大量のパーム油工場廃水 (POME) が排出される。

パーム油工場はマレーシア全州に散在している。特に多いのはサバ州で、現在稼働している搾油工場は 101 件。マレーシア全体の 26.5% を占める。ついでジョホール州の 68 件 (17.8%)、パハン州の 66 件 (17.3%)、ペラク州の 45 件 (11.8%) である。さらに、現在建設中あるいは建設予定の搾油工場もあり、マレーシアがパーム油産業育成に注力していることが良く理解できる。

2004 年のマレーシア国内におけるパーム油の搾油工場件数およびパーム油製油工場を示す。

図 2-19 パーム油製造工程



(出典：MPOB)

表 2-20 マレーシア国内におけるパーム油の搾油工場件数

州	2004 年末での許認可の搾油工場							
	既存の搾油工場				建設中および予定		合計	
	数	生産能力	数	生産能力	数	生産能力	数	生産能力
ジョホール	68	15,365,400	1	216,000	2	612,000	71	16,193,400
ケダ	4	740,000			3	312,000	7	1,052,000
ケランタン	9	1,619,200			1	96,000	10	1,715,200
マラッカ	3	552,000					3	552,000
ネグリ・センビラン	14	2,973,400			1	75,000	15	3,048,400
パハン	66	13,469,200	3	580,800	3	408,000	72	14,458,000
ペナン	3	438,000					3	438,000
ペラク	45	8,498,400			1		46	8,642,400
セランゴール	26	3,859,200				144,000	26	3,859,200
トレンガヌ	12	2,715,200					12	2,715,200
サバ	101	23,602,200			14	2,040,000	115	25,642,200
サラワク	30	5,908,400			12	1,748,000	42	7,656,400
マレーシア	381	79,740,600	4		37	5,435,000	422	85,972,400

(出典：MPOB)

表 2.21 マレーシア国内における製油工場

州	2004 年末での許認可の製油工場							
	既存の製油工場				建設中および予定		合計	
	数	生産能力	数	生産能力	数	生産能力	数	生産能力
ジョホール	17	6,975,400	0	0	0	0	17	6,975,400
ペナン	3	532,000	2	16,200	0	0	5	548,200
ペラク	3	789,000	2	216,000	1	825,000	6	1,830,000
セランゴール	10	2,482,000	1	240,000	1	60,000	12	2,782,000
その他	3	624,000	0	0	0	0	3	624,000
サバ	9	4,169,000	0	0	4	1,574,000	13	5,743,000
サラワク	3	1,090,500	0	0	4	1,004,000	7	2,094,500
マレーシア	48	16,661,900	5	472,200	10	3,463,000	63	20,597,100

(出典：MPOB)

(2) パーム油業界と環境基準

経済効果の裏側で、パーム油産業の拡大は環境面に深刻な問題を引き起こしている。一つには、大規模なプランテーション化や新規パーム栽培の開拓などによる、パーム椰子の単一栽培の拡大により、植生の多様化の希薄化と数の減少が挙げられている。マレーシア政府はこれを打開するため、1,937 万 ha の森林のうち、210 万 ha は国立公園、野生動物保護区、鳥類保護区および海洋国立公園用として確保した。

一方、マレーシア全土のうち 7%を占めるパーム栽培地、特にプランテーションの場では二酸化炭素を削減するために種々の努力が求められている。例えば、およそ 25 年の寿命を持つパー樹の植替え時に、老木となったパーム樹を燃やさず、自然分解しやすいようにチップ化したり、棚田のように栽培地をテラス状にしたり、地面を覆う被覆作物を植えるなどである。こうした手法は、燃やすことで派生する煙害をなくすだけではなく、本来樹木が持っている有機物を土壌に還元でき、土壌の侵食、土砂崩れなどの防止効果もある。また、被覆作物の栽培は、パーム樹の成長も促進する。

被覆作物、剪定された葉、空になったヤシの実、および廃液による栄養再循環については、既に調査がなされ、公表されている。例えば、1 トンの剪定された葉は土壌に還元され、窒素 7.5kg、リン 1.06kg、カリウム 9.81kg、マグネシウム 2.79kg となる。年間、1ha あたり 10 トンの葉が剪定される。この剪定した葉を土壌に還元することは、肥料費の削減だけではなく、それ以上に化石燃料への依存からの脱却への重要な一歩である。

エネルギー収支の観点では、パーム油は他の作物より秀でている。パーム油の 1ha あたりの年間エネルギー投資量は 19.2GJ。これに対し、生産エネルギーは年間、1ha 当たり 182.1GJ であり、約 9.5 倍の高効率である。こうした高効率の作物は稀で、同じ食用油の原料となる大豆およびナタネは、それぞれ 2.5 倍と 3.0 倍である。

また、パーム油を搾油した後の廃液である POME は排水され、工場敷地内の広大な嫌気処理の池（ラグーン）かあるいは開放型嫌気処理タンクに貯められる。このラグーンやタンクから大量のメタンが大気中に拡散されるが、メタンガスは二酸化炭素に比べ 21 倍の地球温暖化係数を有する温室効果ガスである。推計では、マレーシアのパーム油廃液から出るメタンガスは二酸化炭素換算で、200 年時点で年間 960 万トンと見られている。このままラグーンを使い続けると 2020 年には、計算上、年間 1,380 万トンになる。

これに対し、マレーシア政府は「1977 年環境基準（特定事業所）（パームオイル）規制」を定め、いかなるパームオイル工場（事業所）も特定事業所として排水基準を満たさなければ認可しないようにした（表 2-22 参照）。

表 2.22 POME 排出基準（単位 mg/l）

項目	基準A	基準B	基準C	基準D	基準E	基準F
pH	5-9	5-9	5-9	5-9	5-9	5-9
BOD	5000	2000	1000	500	250	100
COD	10000	4000	2000	1000	-	-
Total solid	4000	2500	2000	1500	-	-
Suspended solid	1200	800	600	400	400	400
Oil and Grease	150	100	75	50	50	50
Ammoniacal Nitrogen	25	15	15	19	150	100
Total Nitrogen	200	100	75	50	-	-
温度(℃)	45	45	45	45	45	45

この基準で最も重要なのは BOD であり、未処理の POME から出る BOD が 25,000ppm とし、最初の排出基準値は 5,000ppm、最終的には 100ppm まで低減させなければならない。この結果、汚染基準である BOD（生物化学的酸素要求量）は著しい改善を示し、排出される廃棄物総量に比例するパーム油廃棄物排出許可による収入は 1979 年以来 2000 年までに、88% の減少を示したという報告がある。しかし、最近では環境保護に対する関心がさらに強まっており、廃棄物ゼロを目指した、廃棄物の再利用あるいはリサイクル技術が求められている。

3. マレーシア国における CDM への取組み

3.1 CDM 関連制度と運営機関

表 3-1 にマレーシアにおける CDM を取巻状況と経緯を時系列に示す。ここにあるように、マレーシアにおける DNA の役割は天然資源・環境省環境保護管理局 (Conservation and Environmental Management Ministry of Natural Resources and Environment ;NRE) が担っている。同局は、マレーシア政府の環境政策を担当し、CDM を含めた気候変動の諸課題の対策についても、その政策と方針を策定し、全体を統括する。また、CDM 案件の審査に際しては、持続的開発の国家クライテリアとの整合性検証を行う。

表 3-1 マレーシアにおける CDM に関する動向

1994 年 7 月	気候変動枠組条約批准
1999 年 3 月	京都議定書署名 京都議定書批准
2002 年 9 月	マレーシアエネルギーセンタ (PTM) がエネルギーセクター CDM 技術委員会の事務局となる。 初の CDM プロジェクト申請がエネルギーセクター CDM 技術委員会に提出される。 天然資源・環境省が DNA に認定される。
2003 年 3 月	デンマーク国際開発庁 (DANIDA) によるキャパシティビルディングプロジェクトを PTM にて実施。
2003 年 8 月	CDM 国家委員会が国としての CDM クライテリアを承認

DNA である同局の下で気候変動の諸課題を検討するのが、気候変動に関する国家運営委員会 (National Steering Committee on Climate Change; NSC-CC) であり同委員会の下で CDM に関する審議を行うのが、CDM 国家委員会 (National Committee on CDM; NC-CDM) である。同委員会の下には、エネルギーおよび森林両セクターの技術委員会があり、これら技術委員会が、技術的・専門的見地から具体的な検討を行う。天然資源・環境省を最上位としたマレーシアにおける CDM プロジェクトの組織を図 3-2 に示す。

なお、CDM の承認基準には①ナショナルクライテリアと②エネルギーセクター小規模 CDM プロジェクト用クライテリアがある。

① ナショナルクライテリア

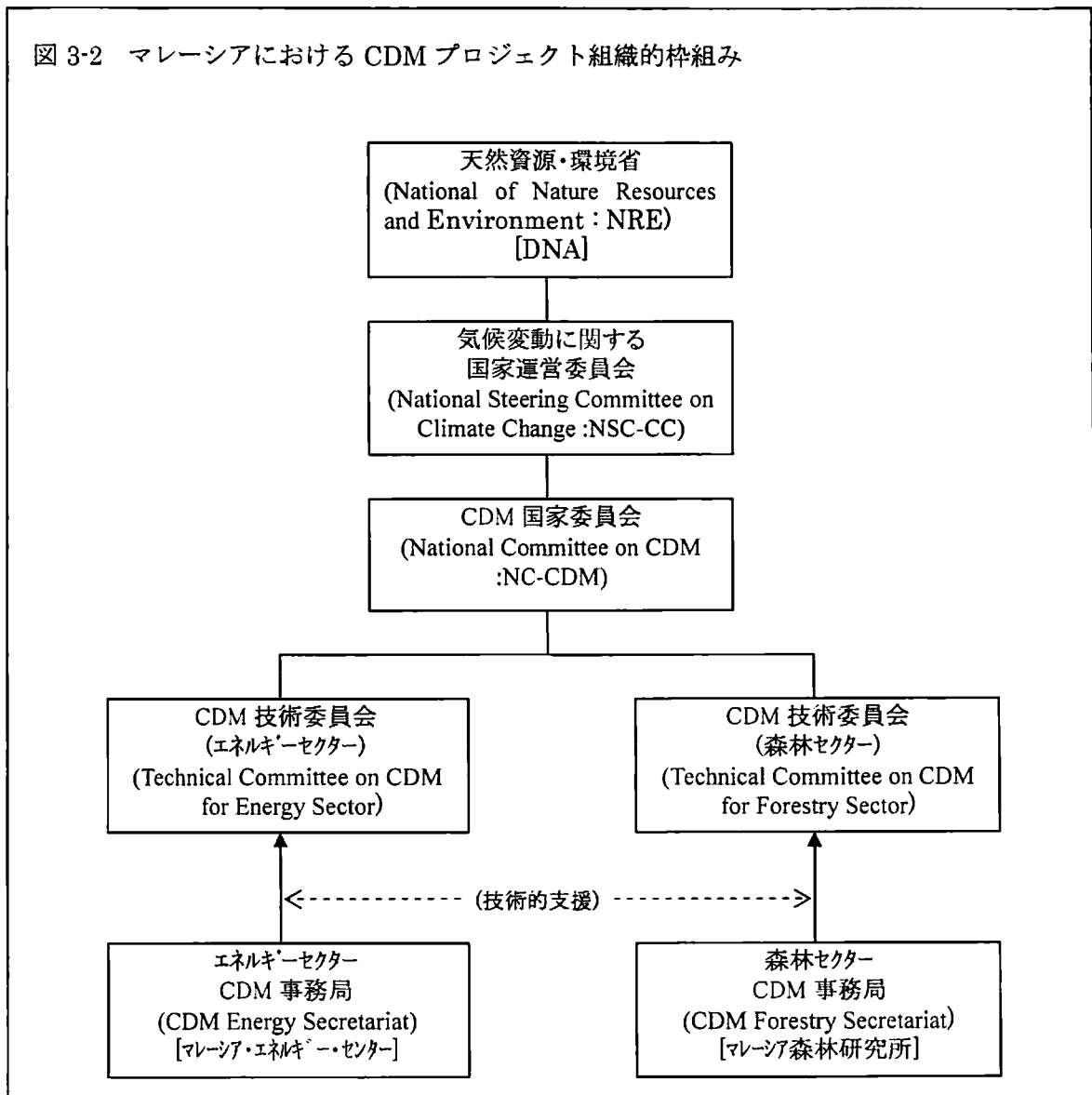
- a. プロジェクトが政府の持続的開発に関わる諸政策に沿っていること
- b. プロジェクト CDM 理事会で定められている以下の諸条件を満たすものである。

- i 自発的参加であること
- ii 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
- iii 当該プロジェクトの実施がない場合と比較し排出量の削減が認められる
- c. プロジェクトの実施がマレーシアと附属書 I (諸)国との協力により実施されること。
- d. 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。
- e. プロジェクトが持続的開発の達成に直接の便益をもたらすものであること。

② エネルギーセクター小規模 CDM プロジェクト用クライテリア

- a. 当該プロジェクトは国家エネルギー政策に定められているエネルギーセクターにおける持続的開発方針のうち少なくとも 1 つに合致している必要がある。
 - i 天然ガスおよび再生可能エネルギー利用を促進するだけでなく、燃料の安定供給を保障する。
 - ii 電力の生産性と効率を改善するだけでなく、十分な電力供給を保障する。
 - iii ローカルコンテンツを増やすだけでなく、エネルギー関連産業の発展に資する。
 - iv マレーシアをエネルギー関連の技術サービスの地域センターとして推進する。
 - v 産業および商業セクターの持続的開発の観点から、環境に十分に配慮している。
- b. 当該プロジェクトは、国の環境関連法規則を遵守しなければならない。
- c. プロジェクト提案者は、ローカル技術を含め、利用できる最適な技術を採用することにより、プロジェクトの正当性を維持しなければならない。
- d. プロジェクト提案者は以下により当該プロジェクトの実施能力を正当化しなければならない。
 - 1) マレーシアで企業登録されていること。
 - 2) 資本金が 10 万マレーシアリングット以上であること。
 - 3) 当該プロジェクトの資金融資候補がリストアップされていること。

図 3-2 マレーシアにおける CDM プロジェクト組織的枠組み



CDM 国家委員会 :

1994 年の気候変動枠組み条約の批准を踏まえ、マレーシア政府は気候変動に関する国家運営委員会 (National Steering Committee on Climate Change: NSC-CC) を設置した。同委員会には政府関係機関 (次官クラス) 及び NGO が参加。天然資源・環境省総括時間が議長を務め、同省環境保護管理局が事務局である。

NSC-CC の下に CDM 国家委員会 (National Committee on CDM: NC-CDM) が設置され、CDM にかかわるエネルギーセクターと森林セクターをカバーする。

NC-CDM の議長は、NRE 総括次官補が議長を、同省環境保護管理局が事務局を務める。気象庁 (科学技術・環境省が所管)、経済企画庁、エネルギー・水資源・通信省、第 1 次産業省ならびに NGO がメンバーに参加している。

技術委員会

技術委員会はエネルギーセクターと森林セクターに分かれ、CDM プロジェクトの申請を技術的な観点から審査し、CDM 国家委員会に当該案件の承認可否の勧告を行う組織である。

エネルギー技術委員会はエネルギー・水資源・通信省 (MEWC) が議長を務め、経済企画庁 (EPU)、エネルギー委員会 (Energy Committee)、マレーシア・パームオイル協会 (Malaysian Palm Oil Board:MPOB)、マレーシア製造業組合 (Federation of Malaysian Manufacturers:FMM)、銀行協会 (Association of Banks) がメンバーとなっている。

エネルギー技術委員会の事務局は、マレーシア・エネルギーセンター (Malaysia Energy Center/Pusat Tenaga Malaysia:PTM) が務め、CDM に関する以下の業務を行っている。

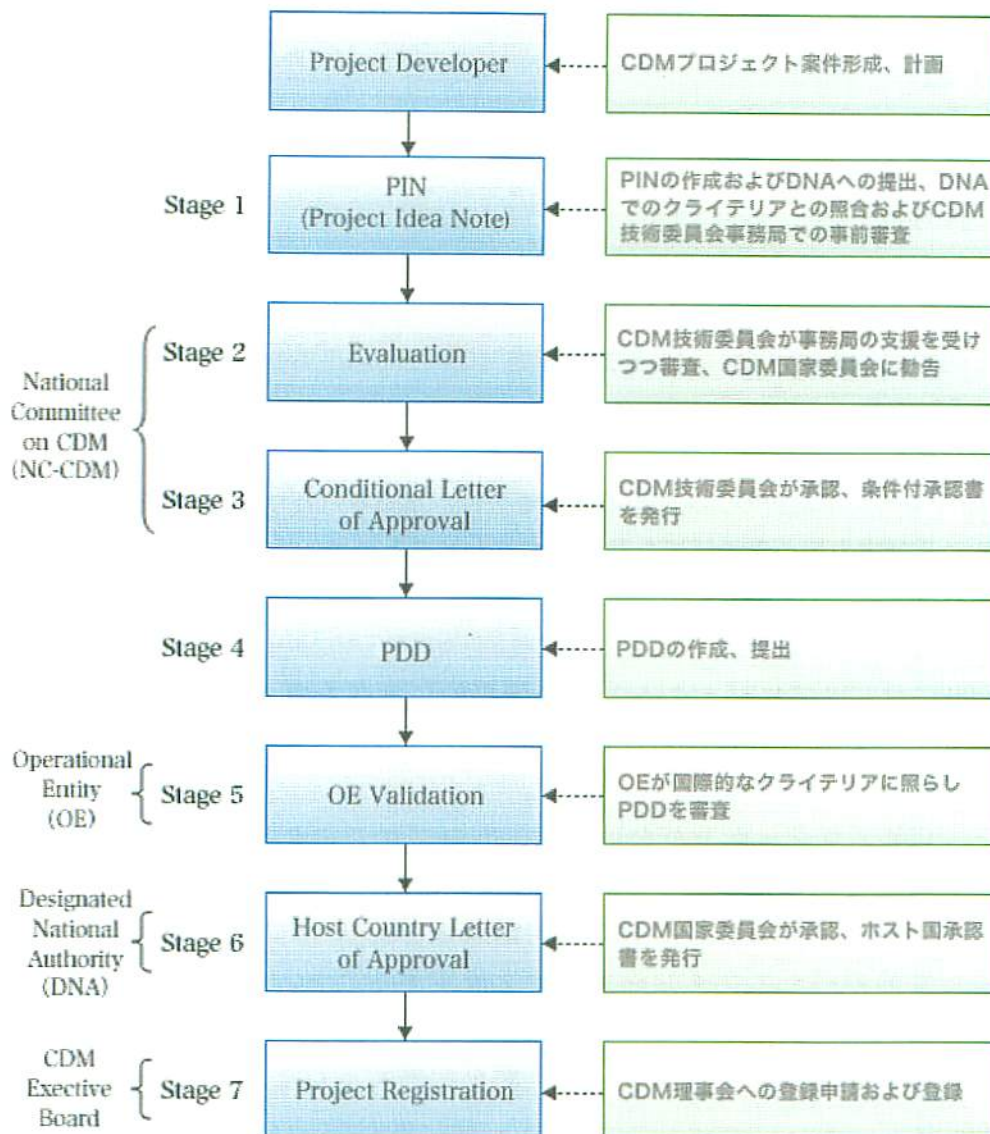
- ・ 技術的、経済的、財務的実施可能性の評価
- ・ 追加性の評価
- ・ 排出削減の検証
- ・ ベースラインの妥当性の検証
- ・ CDM による便益 (例えば排出権の売買等) 及び CDM プロジェクト運営費用 (例えば排出権取引にかかる費用、国際的な事務手続きにかかる賦課、コンサルタント費用等) の妥当性検討
- ・ 投資化とのマッチメイキングについてプロジェクト提案者の支援
- ・ ステークホルダーに対し、CDM 情報提供とキャパシティビルディングの機会提供
- ・ ステークホルダーからの相談対応
- ・ モニタリングレポートの評価
- ・ プロジェクト提案書 (PIN) の手続等進捗状況等のデータベース維持管理
- ・ ベースライン計算及び見直しのための関連エネルギー情報のデータベース維持管理

なお、現在のところ森林セクターの技術委員会は動いていない。

3.2 CDM 承認の流れと内容

以下に CDM の承認課程を示す。

図 3-3 CDM プロジェクト承認までのフロー



図中にある 1～7 までのステージの主な作業内容は右の欄に示したが、詳しく見ると、以下のようなになる。

【Stage1】

- プロジェクト実施者は DNA である天然資源・環境省環境保護管理局にプロジェクト・アイデアノート (PIN) を提出する。
- PIN はエネルギープロジェクトでは、マレーシアエネルギーセンター (Pusat Tenaga Malaysia; PTM) に送られ、森林セクターからのプロジェクトの提案では、マレーシア森林センター (Forest Research Institute of Malaysia; FRIM) に送られる。

【Stage2】

- 事務局はより詳細に情報を求めるため、場合によってはプロジェクト実施者と連絡を取る。必要ならば、事務局はタスクフォースの支援で技術的評価を行う。
- 技術委員会は事務局の技術的評価と勧告をレビューし、結果と勧告を CDM 国家委員会に送る。

【Stage3】

- CDM 国家委員会は、技術委員会の勧告と意見を基に決定する。
- CDM 国家委員会が提案されたプロジェクトがナショナルクライテリアを満たしていると判断した場合、DNA により暫定承認書 (Conditional letter of approval) が発行される。これにより、プロジェクトパートナーは CDM プロジェクトに参加することが認められる。
※ マレーシア政府の PIN による案件審査は、事業者 (及び審査する政府機関側) のリスク及び労力等の負担軽減を意図して行われるもので、あくまでオプションとされている。

【Stage4】

- PDD には CDM プロジェクトとして国際的に承認を得るために必要とされる情報が含まなければならない。PDD の中で解決される主な問題点は、以下の通り。
 - ・ CDM プロジェクトがなければ、そのプロジェクトが起こらなかったということを正当化すること。(追加性の証明)
 - ・ プロジェクトによる GHG 排出削減量を計算するために、プロジェクトのためのベースラインシナリオを設定すること。
 - ・ 排出削減が実際に起こっていることを実証するために、プロジェクトの運営段階でのモニタリング計画を記述すること。

【Stage5】

- プロジェクト実施者が PDD 作成を終えると、認定審査機関 (OE) が有効化審査を行う。
- OE は PDD 中の情報が正確であり、CDM プロジェクトの国際的クライテリアに準じているかを審査する。

【Stage6】

- 最終的な承認レターを得るための条件は、プロジェクトが次のステップ（PDD を作成しその PDD の有効化審査）を通過し、最初の PIN から大きな逸脱がない場合に限り、得ることができる。

【Stage7】

- OE はプロジェクトを実施するための承認を得るために、CDM 理事会に有効化審査を行った PDD と国家承認レターを提出する。

3.3 CDM プロジェクトサイクル

下図に CDM プロジェクトサイクルを時系列的に示す。

図 3-4 CDM プロジェクトの時系列的サイクル (1)

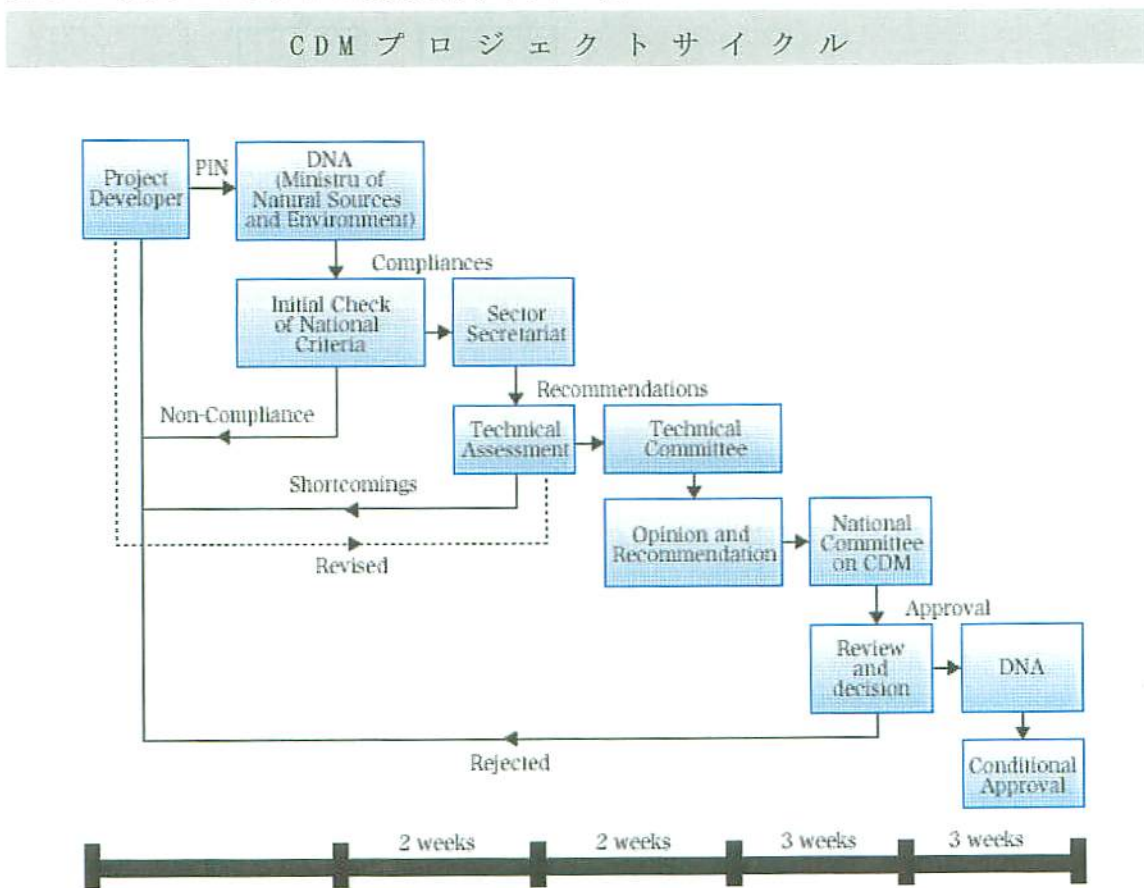
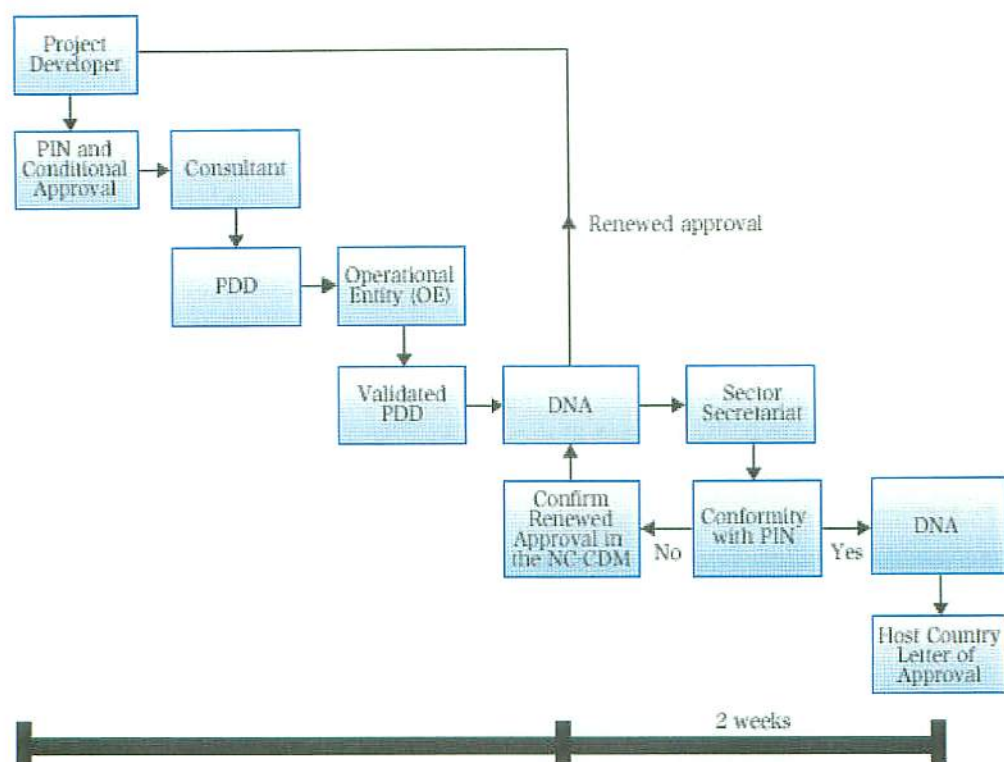


図 3-4 CDM プロジェクトの時系列的サイクル (2)



3.4 プロジェクト実施例

日本企業がマレーシア企業をカウンターパートとした CDM プロジェクトを示す。

表 3-5 日本のマレーシア CDM プロジェクト

GEC (FS)	<ul style="list-style-type: none"> 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 (2002年/(株)エックス都市研究所) マレーシアにおける椰子殻発電事業からの炭素クレジット獲得プロセスの実態調査 (2002年/三菱証券(株)) マレーシアパームオイル廃液嫌気処理池より放出されるメタン排出の削減技術の調査 (2001年/(株)エックス都市研究所) 炭化を組み入れた持続的生産可能な CO2 固定植林事業の可能性調査 (1999年, 2000年/(株)関西総合環境センター)
----------	--

- NEDO
(FS)
- マレーシア国における工場省エネ CDM プロジェクト可能性調査
(2004年/パシフィックコンサルタンツ(株))
 - マレーシア国におけるケナフボード廃材のエネルギー化事業
(2004年/三菱証券(株))
 - マレーシアにおける廃棄物処分場バイオガス回収有効利用調査
(2003年/鹿島建設(株))
 - マレーシア国におけるセメント焼成炉省エネルギー事業調査
(2003年/JFEエンジニアリング(株))
 - マレーシア国のパーム油精製工場におけるバイオガス回収事業
(2002年/東京三菱証券(株), クリーン・エネルギー・ファイナンス委員会)

(参考文献)

- NEDO 海外レポート NO.937, 2004. 8. 11 「マレーシアの京都議定書と CDM をめぐる動き (1/2)」
- NEDO 海外レポート NO.938, 2004. 8. 25 「マレーシアの京都議定書と CDM をめぐる状況 (2/2)」
- Country Presentation - Malaysia by CDM Energy Secretariat Pusat Tenaga Malaysia, Manila CDM Investor Forum 27-29/Oct. 2004

(Official website of CDM Energy Secretariat Pusat Tenaga Malaysia
http://www.ptm.org.my/CDM_website/index.htm)

なお、2005年3月に現地クアラルンプールで開催された NEDO・CDM フォーラムにおけるマレーシア政府および PTM による、マレーシア政府の政策と CDM プロジェクトの動向に関するプレゼンテーションを参考に添付した。

3.5 GHG 排出インベントリー

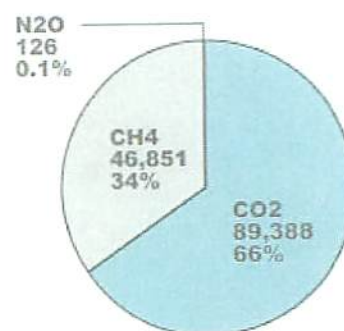
マレーシアにおける GHG 排出インベントリーを示す。

図 3-6 GHG 排出インベントリー

【 GHG 排出インベントリー 】

GHG Emissions in Malaysia/1994 (Gg/CO2e)

GHG	Quantity (Gg)	Percentage (%)
CO2	89,388	66%
CH4	46,851	34%
N2O	126	0.1%
HFC	-	-
PFC	-	-
SF6	-	-
total	136,365	-

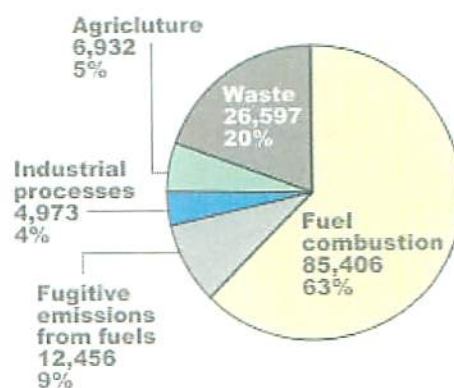


*CO2 removal by Land Use Change and Forestry (-61,081Gg) is excluded.

Source: UNFCCC GHG Inventory Data Base

GHG Emissions by Sources in Malaysia/1994 (Gg/CO2e)

Source	Quantity (Gg)	Percentage (%)
Fuel combustion	85,406	63%
Fugitive emissions from fuels	12,456	9%
Industrial processes	4,973	4%
Solvent and other products use	-	-
Agriculture	6,932	5%
Land-use, Change & Forestry	3	0%
Waste	26,597	20%



total 136,367 -

*CO2 removal by Land Use Change and Forestry (-61,081Gg) is excluded.
(出典：UNFCCC GHG Inventory Data Base)

4. プロジェクトの意義とニーズ

4. 1 プロジェクトの意義とニーズ

マレーシアは世界最大のパーム油生産国で、生産量における世界比率は約 46%、輸出量における世界比率は約 52%である。

パーム油の搾油製造には多量の水と熱を消費し、多量の廃水(POME: Palm Oil Mill Effluent)が排出される。POME には、高濃度の油分、有機質、SS などが含まれ、河川や海域に放流するためには、水質浄化が不可欠である。水処理はラグーンと呼ばれる大気開放された溜池で嫌気性微生物処理と好気性微生物処理を組み合わせ、長期間貯留しておこなわれる。

嫌気性処理がおこなわれる際には、CO₂ の 21 倍の効果を有する温室効果ガスであるメタンガスが発生し、大気中に放散される。マレーシア全土における POME の排出量は 31,500 千 t/年と想定され、回収して発電利用を行うとすると、マレーシアにおける電力供給量の 3.8% (1,587Gwh/年) 相当量が可能とされる。(4.2 本プロジェクトの相手国における政策的位置づけ、参照)

このまま地球の温暖化が進み、海面上昇等が発生すると、パームヤシやゴムのプランテーションなど、多くの農地が失われることになり、マレーシアにおいて外貨獲得に大きな役割を果たしている主要産業が大打撃を受けることになる。また、エネルギーセクターへの負の影響は見逃せない問題である。石油やガスに頼りすぎる発電セクターでは、設備の移設や海底からの採掘、輸送方法等の変更や保護に莫大な費用が掛かり、結局はその負担を国民に負わせることになる。また、現実に電力不足が起きる事があれば、家庭生活も産業界もパニック状態となり、危機的な状況を招くであろう。こうしたことから、出来るだけ早く本プロジェクトのような再生可能エネルギーの利用技術を実現し育てていく事は、国民に安心できる未来を約束し、且つマレーシア国内のみならず、地球規模でより良い環境づくりと保全に同国が貢献するために重要な意義を持つと考える。

4. 2 本プロジェクトの相手国における政策的位置付け

天然ガスなどの資源を重要な輸出品目としているマレーシアにおいては、経済が発展していることによるエネルギー消費量の増大は重要な課題であり、エネルギーとして有効利用が図れるバイオガスを回収して有効活用を図ることや、省エネルギーを推進して、化石燃料の代替を進めることは重要な政策となっている。

再生可能エネルギー—マレーシアの第5のエネルギー

再生可能エネルギーはマレーシア第8次計画(2001-2005)において石油、ガス、水力、石炭に続く国家の第5のエネルギーとして位置づけられた。2005年には全電力の5%、2010年には10%を代替することが目標とされた。

表 4-1 マレーシアにおけるバイオマス資源潜在量(1999)*

Sector	Quantity kton/yr	Potential Annual Generation, GWh	Potential Capacity (MW)
Rice Mills	424	263	30
Wood Industry	2,177	598	68
Bagasse	300	218	25
Palm Oil Mills	17,980	3,197	365
POME	31500	1,587	177
TOTAL	72,962	5,863	665

**From UNDP/GEF project document entitled: "Biomass-based Power Generation and Co-generation in the Malaysian Palm Oil Industry – Phase I", February 2002.*

POME からのバイオガスが利用されなくても、EFB が燃料利用可能となれば、パーム油産業からの発電量は 2005 年には 270-665Mw が可能とされている。270Mw はメソカープファイバーとパームシェルが利用された場合であり、この場合の余剰電力量はマレーシア全土の 1.4%に達する。もし 25%の EFB が利用可能となれば、312Mw の発電が可能で、余剰電力量はマレーシア全土の 1.8%となる。(もし、POME 由来のバイオガスが利用されると、3.8%となる)最大の 665Mw はすべての EFB、ファイバー、シェル、バイオガスが発電あるいは CHP 燃料として利用された場合である。この場合の余剰電力量は、2005 年における全電力量の 5%となる。

5. CDMプロジェクトの概要

5. 1 カウンターパート企業 について(BPI 社)

本プロジェクトのカウンターパート企業はベル・パーム・インダストリー社 (Bell Palm Industry Sdn. Bhd. : 以下 BPI と表記する) と称し、半島マレーシア南部のジョホール州 Batu Pahat の市街から 20km 北に位置し、周囲はプランテーションで囲まれている。マレーシアの首都であるクアラルンプールからは、250km 南に位置する。

本工場は、パーム椰子から天然パーム油を生産するため、1970 年代末に設立されたが、1986 年にマレーシア・ベルグループが工場を買収し、2005 年に BPI と改称された。(変更以前の名称は、Bell Prisawat Sdn. Bhd.)

本工場は、2002 年にパーム椰子果房 (FFB) 処理能力を 20t/h から 40t/h に増強され、現在に至っている。

マレーシア・ベルグループは傘下に関係会社 20 社以上を保有し、そのうちパーム油工場を保有する会社は 8 社あり、マレーシア全土に分散している。

5. 2 BPI 社をカウンターパートとして選定した理由

BPI 社はマレーシアに 8 社ある Bell Group Company 傘下のパーム油会社である。

ベルグループは中規模ではあるが、国内ではいち早く欧州企業の支援を受けコージェネを取入れるなど (COGEN3)、コスト削減を精力的に行っている会社である。また パーム油会社のみならず、オレオケミカルの分野まで幅広く展開している。

このように先進的要素を有するとともに、パーム油生産を比較的安定して行っている企業で、工場敷地も広く、バイオガス回収装置を設置するスペースの確保が容易であることが主要な要因である。

5. 3 BPI 社の沿革

年	FFB 処理能力 t:FFB/h	蒸気ボイラー		ST 発電機 k w*基	備考
		t/h	蒸気圧力等		
1982	10				会社設立 (Kilan Sawatt Bell 2)
1986					Bell グループ傘下に入る
1990	20	20	2.1Mpa:20ata		
2002	40	35 20	3.1Mpa:3lata 2.1Mpa:20ata	1.6Mw*1	St 量 : 30.6t/h 滅菌 : 12t/h Mill : 18.6t/h

5. 4 工場概要と位置

敷地面積 145,692m² (36 エーカー)

工場面積 24,282m² (6 エーカー)

水処理面積(ラグーン) 101,175m² (25 エーカー)

CPO 生産量	48,000t/年
FFB 処理量	240,000t/年
操業条件	6,000 時間/年(20 時間/日、300 日/年)
従業員	約 200 名
住所	Bell Palm Industry Sdn Bhd 4910 ,Parit Ju, Simpang Kiri,83000 Batu Pahat, Takzim Johor Darul. Malaysia
代表者	Bell Group Company Chairman: Dato' Low Boon Eng

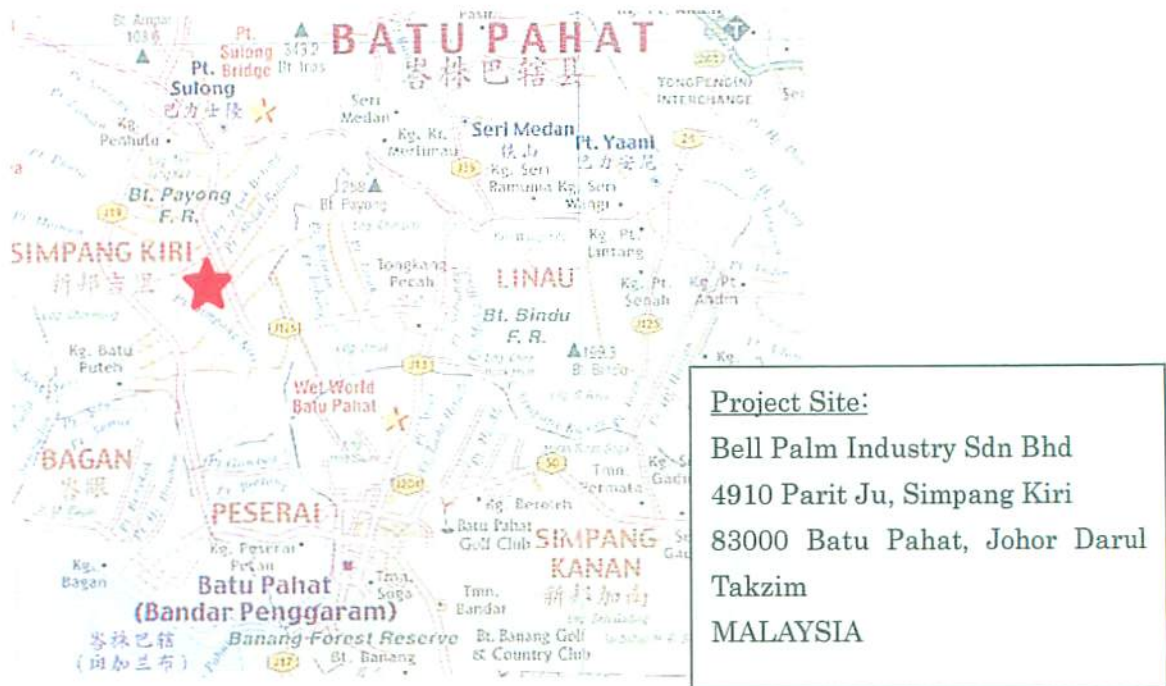
BPI 社では、粗パーム油 (CPO) を生産するために 40t/h(800t/日、240,000t/年)の F F B を処理し、排出される廃液 (Palm Oil Mill Effluent : POME) は、24m³/h(480m³/日、144,000m³/年)である。同社では、POME 処理にオープンラグーン方式 (Lagoon : 溜池) による嫌気性及び好気性微生物処理をおこない、排水基準を満足させたレベルに浄化して近隣水系へ排出している。POME は有機物の含有量が多い産業排水であり、パーム油工場から排出される量が非常に大きいため問題視されている。

マレーシアにおいて、この方式はパーム油工場あるいはその他の業種でも利用されている最も一般的な処理システムであり、仕組みが単純で運営費および管理費が安いことが普及している理由である。

オープンラグーン方式の嫌気性処理で発生するメタンガスは、大気中に放散され、全く利用されていない。メタンガスは二酸化炭素 (CO₂) の 21 倍の温室効果をもたらす温室効果ガス (GHG) であることを考えると、メタンガス放散を解決することは急務である。

图 5-1 BPI 社位置图





5.5 BPI 社の現状とパーム油製造プロセス

(1) BPI 社の現状

BPI 社では、粗パーム油 (CPO) を生産するために 40t/h(800t/日、240,000t/年)の FFB を処理し、排出される廃液 (Palm Oil Mill Effluent : POME) は、24m³/h(480m³/日、144,000m³/年)である。同社では、POME 処理にオープンラグーン方式 (Lagoon : 溜池) による嫌気性及び好気性微生物処理をおこない、排水基準を満足させたレベルに浄化して近隣水系へ排出している。POME は有機物の含有量が多い産業排水であり、パーム油工場から排出される量が非常に大きい問題視されている。

マレーシアにおいて、この方式はパーム油工場あるいはその他の業種でも利用されている最も一般的な処理システムであり、仕組みが単純で運営費および管理費が安いことが普及している理由である。

表 5-2 BPI 社パーム油生産量・処理量及び残渣

物質名	比率 %	投入/発生量		発熱量		備考
		t/h	t/y	kcal/kg	kJ/kg	
FFB	100	40	240,000	-	-	
CPO	20	8	48,000	-	-	
EFB	25	10	60,000	1,400	5.9	
K シェル	7	2.8	16,800	4,500	18.9	FFB*4%? RM220/Mt
M ファイバー	7	2.8	16,800	2,700	11.3	
POME	60	24	144,000*	-	-	
P カーネル	7	2.8	16,800	-	-	

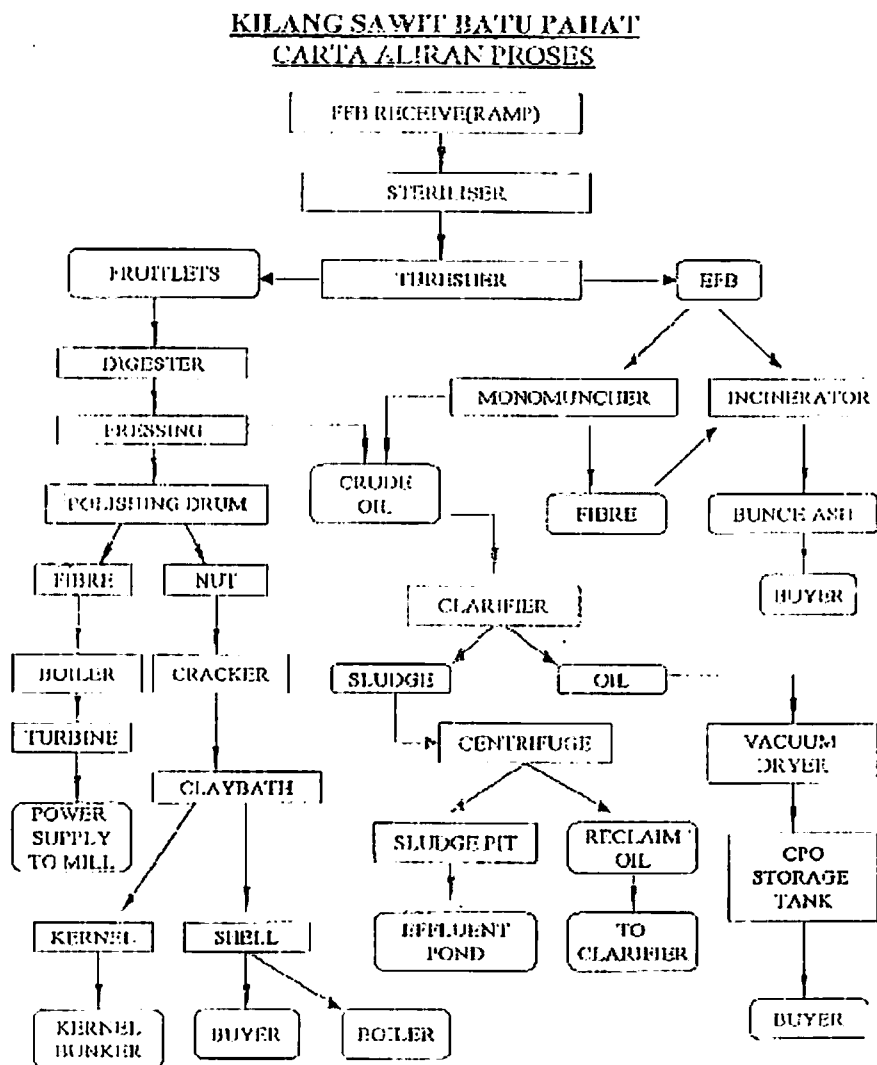
投入/発生量の単位：POME 以外は ton；*POME は m³

なお、工場の稼働は 20 時間/日、300 日/年で、年間稼働時間は 6,000 時間/年である。

(2) BPI 社のパーム処理プロセスフロー

BPI 社ではプランテーションを持たず、近隣の農場からパーム椰子の果実(FFB)を購入している。工場入口で計量され、貯留場に搬入される。パームの処理工程はその後蒸気滅菌されたのち、果実だけ分離され、残った房状ものは EFB といわれる。EFB は含水率が大きく、乾燥させれば燃料利用可能であるが、焼却処理される。この焼却灰は肥料として売却される。

図 5-3 BPI 社パーム処理プロセスフロー



分離された果実は搾油機にかけられ、粗パーム油(Crude Palm Oil;CPO)を分離する。

残渣は種(Nut)とファイバーで、種はさらに殻を除去され、核(Kernel)を得る。核からは、上質な油が得られるが、BPI では製油会社に売却している。

ファイバー及びシェルはボイラー燃料として場内で利用されるが、余剰分は売却可能である。

分離された粗パーム油は静置分離及び遠心分離により水分等不純物が分離される。

分離精製された粗パーム油は製品として売却される。

また、分離された水分が POME として排水される。

図 5-3 に処理プロセスフローを示す。(BPI 社資料)

5.6 POME の処理

(1) オープンラグーンシステム

BPI 社は現在 POME 処理に溜め池(ラグーン)を使った方式(オープンラグーン方式)を使用している。この方式はオープントank方式とともに業界では最も一般的な処理システムであり、仕組みが単純で、運営費および管理費が安いことが普及している理由である。

POME は蒸気で加温された汚泥タンクに貯められ、最終的な油の分離を行ない、スラッジと分離された後、60℃以上の温度で工場から排出される。

最初に冷却池に導かれ、酸性度などを調整した後、オープンラグーンに入る。

BPI 社にはオープンラグーンが7槽あり、そのうちの3槽が嫌気性処理ラグーン、残り4槽が好気性処理ラグーンであり、滞留時間は排水処理基準を満足するよう設定されている。オープンラグーンによる水質処理は、深部では嫌気性発酵が行われ、表層部では空気と接触するため好気性発酵がおこなわれる。嫌気性発酵を行わせるためには水深が4m以上必要とされており、逆に好気性発酵を行わせる好気性処理ラグーンでは水深が2.5m以下となっている。

嫌気性処理ラグーンでは嫌気性微生物によりメタンガスが生成し、大気中に放散され、好気性処理ラグーンでは好気性微生物により空気中の酸素と有機物が接触することによりCO₂が生成し、水質の浄化がおこなわれる。

好気性処理をおこなう2つのラグーンにはエアレーター(曝気装置)が設置され、酸素を供給し好気性分解を促進する。BPI 社では、エアレーターは常時運転されている。

POME はラグーンからラグーンへ重力を利用して移動するため、各池での滞留時間が長い。

ラグーンの滞留時間は実測が困難であるが、6-8ヶ月程度といわれている。

ラグーン方式による有機物を含んだ排水処理は、食品工場などでも使用されており、一般的な処理技術であり、マレーシアは土地が安価で入手しやすいため、ほとんどのパームオイル工場が採用している。

ラグーン処理は、水深が汚泥やスラッジで浅くなると、その処理効果が減少するので、水深を保つ保守管理が重要である。

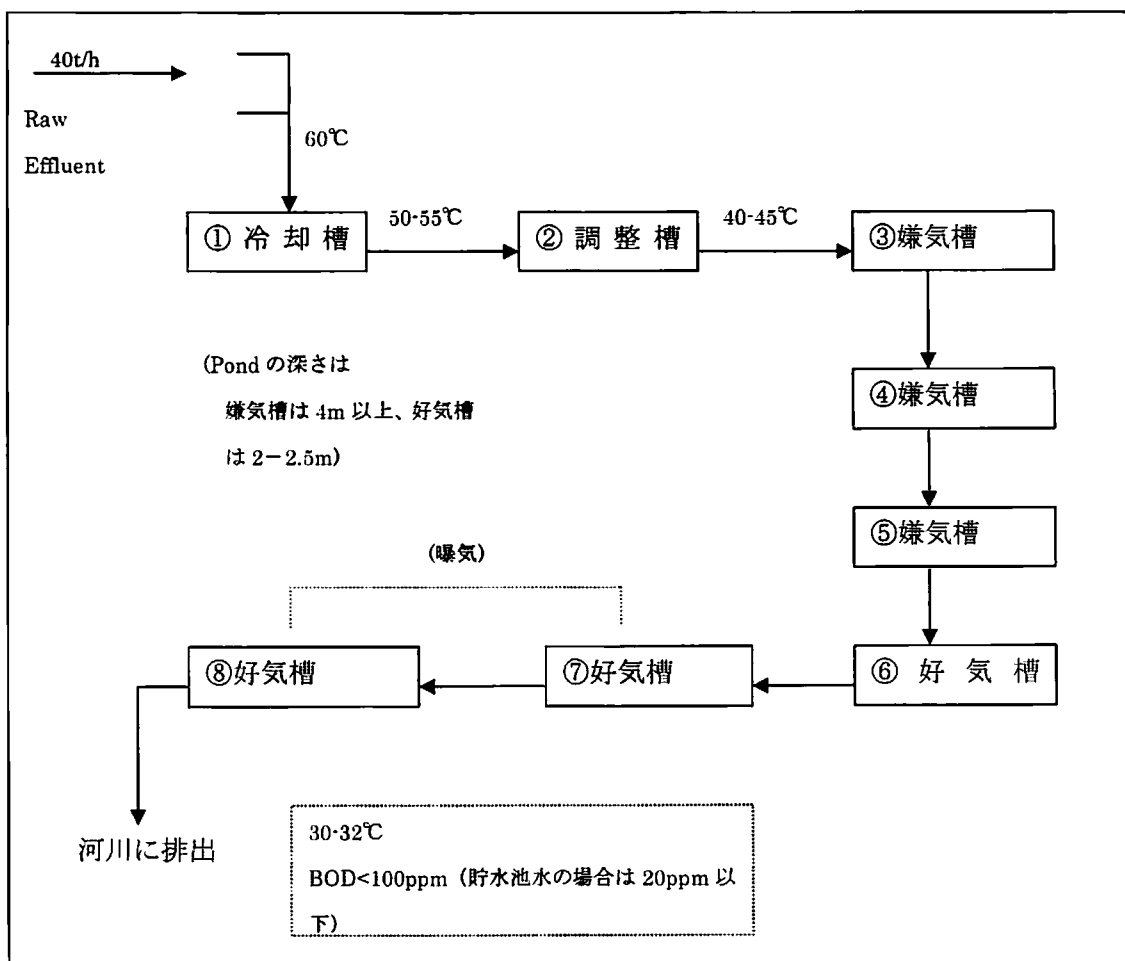
BPI における放流水の排水性状は、水温 30-35℃、BOD100ppm 以下、COD400ppm 以下で、マレーシアにおける排水基準値を満足している。パーム油工場排水の放流水の水質基準値は下表のとおりである。

表 5-4 粗パーム油工場排水に対する排出基準

項目	単位	基準値	備考
BOD	mg/L	100	3-days at 30°C
COD	mg/L	—	BPI は 400ppm 以下を目標
Total Solids	mg/L	—	
SS	mg/L	400	
Oil & Grease	mg/L	50	
Ammoniacal Nitrogen	mg/L	150	Value of Filtered Sample
Total Nitrogen	mg/L	200	Value of Filtered Sample
pH	—	5-9	
Temperature	°C	45	BPI は 30-32°Cを目標

出典：1) マレーシアパームオイル局 HP (www.mpob.gov.my)

図 5-5 BPI 社の POME 排水処理のフロー (オープンラグーン方式)



(BPI 社調査による)

(3) POME 発生量および性状

POME はパーム油工場廃液 (Palm Oil Mill Effluent) の略で、茶色がかったコロイド状の懸濁液

である。表に示した性状で、油分や高純度の懸濁したセルロース物質と溶け込んだ固形物を含む。

工場から排出された POME の温度は高く (60-90℃)、酸性で (pH 4.5) 多量の有機物を含有する。(BOD、COD、SS とともに高い)

BPI 社は、40t/h(年間 240,000t/年)の FFB を処理しており、POME の発生量は 24m³/h(年間 144,000m³/年)である。

POME の発生源は上記 BPI 社フローに示すとおりで、沈降分離システム (デカンター)、滅菌室、濾過 (クレバスフィルター) システムなどである。

表 5-6 に BPI 社の POME 性状を示す。

表 5-6 Characteristics of POME

Parameters	統計値		2004/July 実測値	代表値 (PDD 採用値)
	Concentration			
	代表値	実測値範囲	Concentration	Concentration
pH	4.7	3.5-4.7	3.5	—
Oil & Grease	4,000	6,302-8,370	6,302	—
BOD	25,000	15,000-35,000	30,240	(25,000)
COD	64,500	38,800-81,988	64,500	* 64,500
Total Solids	40,500	34,183-43,635	34,183	—
SS	19,020	18,000-25,700	25,700	—
Total Volatile SS	34,000	-36,515	—	—
Ammoniacal Nitrogen	35	-72	7.2	—
Total Nitrogen	770	1,129	1,129	—

Parameters in mg/L except pH

* メタンガス回収量算出基準は COD によるものとする。

(4) 既存のオープンラグーン方式廃水処理システムにおける問題点

オープンラグーン方式の問題点は以下の通りである。

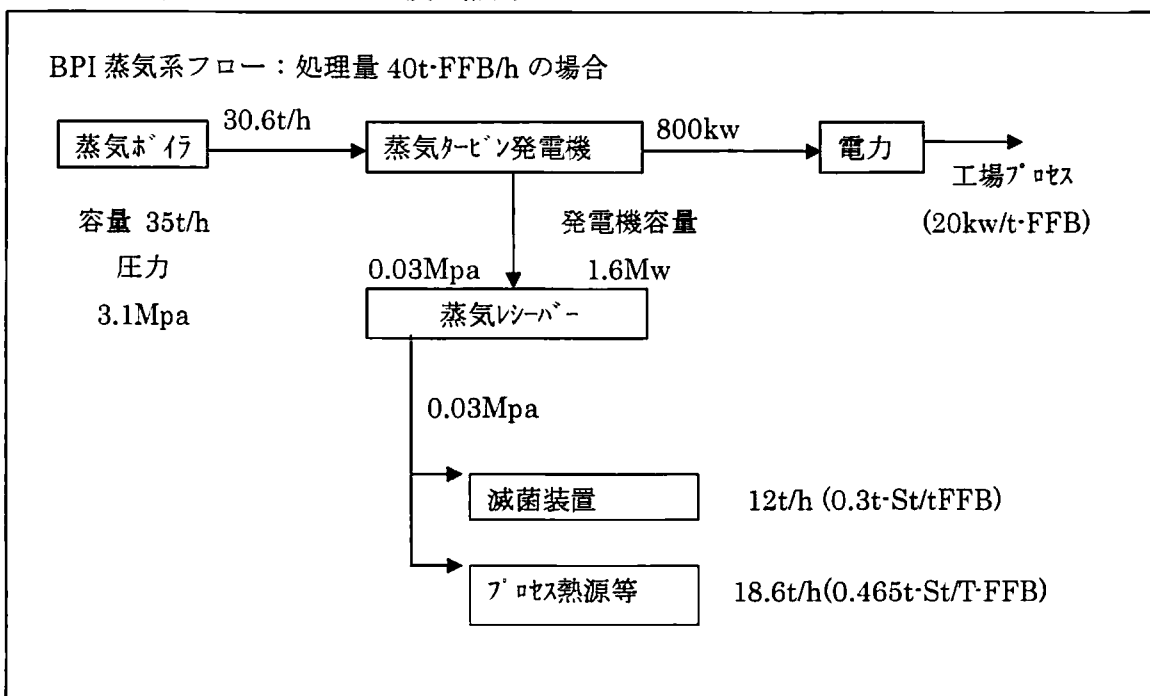
- ・ ラグーンに堆積するスラッジ除去を定期的におこなうなどの保守管理がなされないと、排出放流水の水質が悪化し河川水系および海岸線地域の環境汚染が発生するリスクがある。
- ・ 周辺地域の迷惑となるラグーン処理システムからの臭気
- ・ 嫌気性微生物処理池から出されるバイオガス (メタン、CO₂ 等の GHG) が排出され、温室効果ガス (GHG) が大気中に放散される。

5.7 BPI 社のボイラーシステム

BPI 社では、ボイラー燃料にパーム油製造の残渣であるパームシェル及びメソカープファイバーを燃料として利用している。

EFB は含水率が高いため燃料には利用されず、焼却炉にて焼却され、発生する灰は肥料として利用される。

図 5-7 BPI 社ボイラーシステム及び蒸気フロー



() 内は原単位 (BPI 社調査より)

ボイラーで発生した蒸気は背圧蒸気タービンにより発電を行い、工場の電力をまかなっている。蒸気タービンを出た蒸気は滅菌などの工場プロセスに利用される。

系統電力は、管理棟事務所の空調・照明などに購入される程度である。

BPI 社のように、パーム油工場の廃棄物をボイラー燃料に利用することは、マレーシアのパーム油工場のほぼ全工場でおこなわれている。(MPOB ヒアリング調査による)

5.8 本プロジェクトの説明

本プロジェクトでは、POME の嫌気性処理をおこなうオープンラグーンを、密閉型バイオガス装置に代替し、従来は大気に放散していたメタンガスを回収し、ボイラー燃料に利用する。なお、BPI 社では、すでにパームシェルやファイバーをバイオマス燃料としてボイラー燃料として利用している。ボイラーで発生した蒸気は蒸気タービンで発電し、背圧蒸気 (タービンから出た低圧の蒸気) を滅菌などの工場プロセスに利用し、ユーティリティー全量をまかなっている。本プロジェクトでは、回収したバイオガスをボイラー燃料として利用するが、その際余剰となったシェルはセメント会社の燃料として外販する計画である。

(1) プロジェクト適用技術

プロジェクトに適用する技術は、マレーシアのパーム工場の実績があるケクセン(KS)技術とした。わが国においては 100 件近い嫌気性バイオガス装置が、すでに設置され、運転されているが、POME 性状に近い廃液処理をおこなった例は殆どなく、ケクセン社は実績があり、コスト面でも有利であることを評価した。

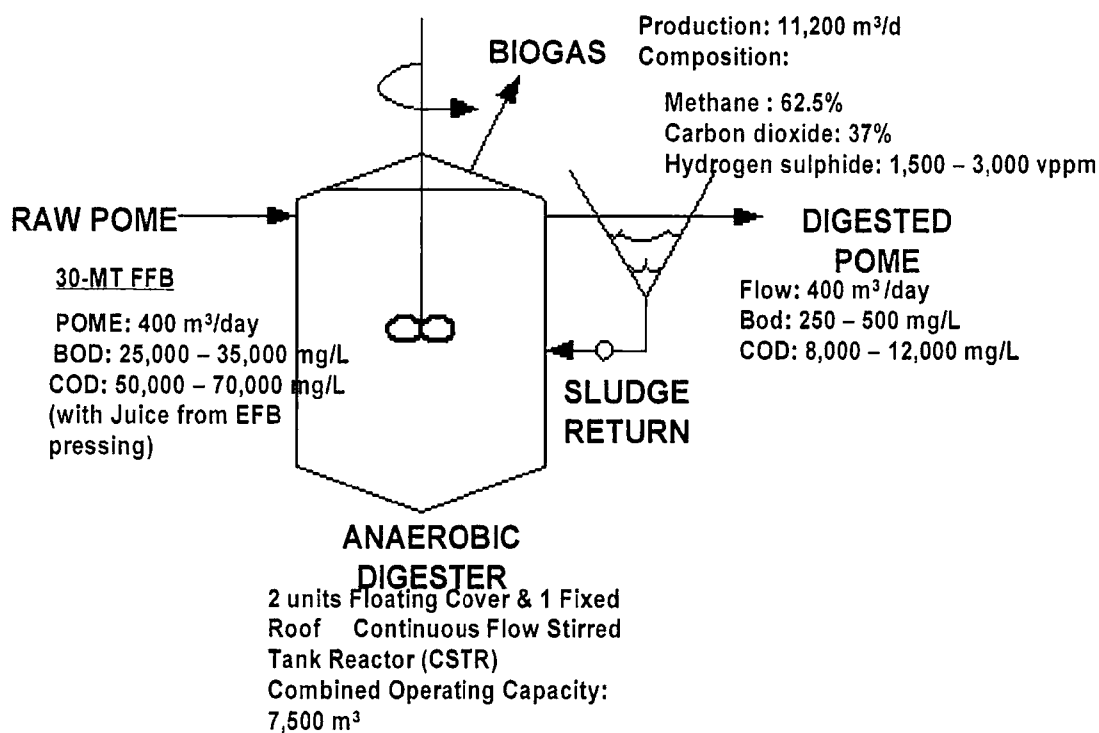
また、嫌気性バイオガス装置自体は比較的単純な製品であり、わが国から製品を輸出することは、コストの面からも非常に難しい状況である。マレーシアにおいても三和エンジニアリングがエンジニアリング支援をおこなうことにより、十分実現可能と考えられるからである。ケクセン社の密閉型消化ガス技術(KS-CSTR 消化ガスシステム)は、消化槽内を攪拌し、十分な保持時間(~16-18日)を保持する複合機能を持たせることにより、処理効率を最適化するよう設計されている。(図 5-8 参照)

POME は、COD、BOD、SS が高く、乳化した油分が多い特有の性状を有するため、有機性廃水の中でも処理が困難とされるものである。

密閉型消化ガス装置で嫌気性処理を行った廃水は、既設の浅い好気性ラグーンでさらに処理をされ、上澄み水が放流される。

密閉型消化ガス装置は高い消化率が維持でき、処理時間も従来のオープンラグーンにくらべると短縮され、後流のオープンラグーンによる好気性処理の負荷が軽減され、処理性能が改善されるため、放流水の放流規制値を常に維持する水質管理が可能となる。

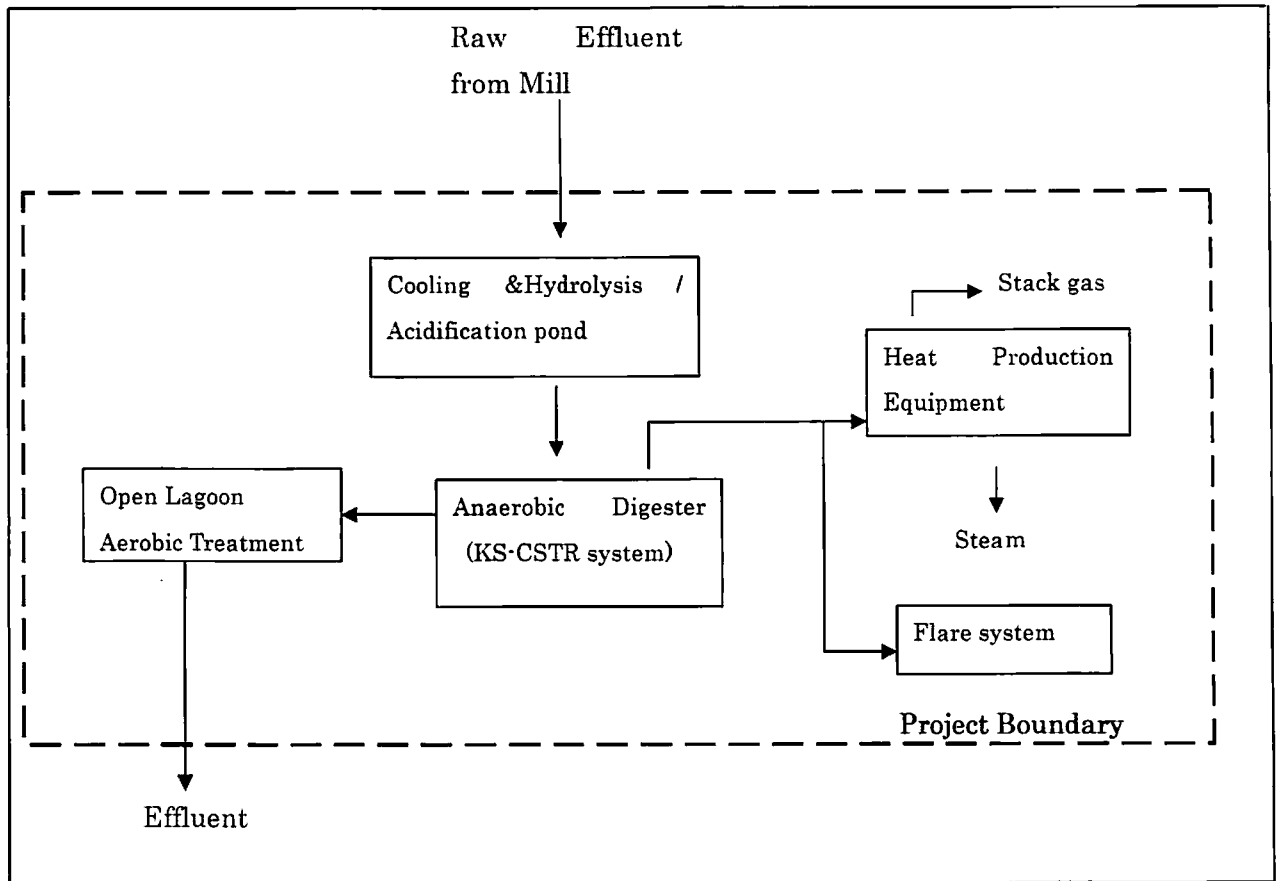
図 5-8 ケクセン社密閉型消化ガス装置フロー



Design Specifications of KS Anaerobic Digester System

(2) プロジェクトの領域

図 5-9 プロジェクトの領域



上記の図にて、点線で囲まれた部分がプロジェクトの範囲である。

(3) ベースライン

POME (廃水)は、従来、オープンラグーンにより処理され、発生するメタンガスは大気中に放散されている。GHG であるメタンガスを削減するため、メタンガス発酵槽を新設し、バイオガスとして回収する。回収されたバイオガスは、ボイラー燃料として利用され、CO₂ に転換され、排出される。

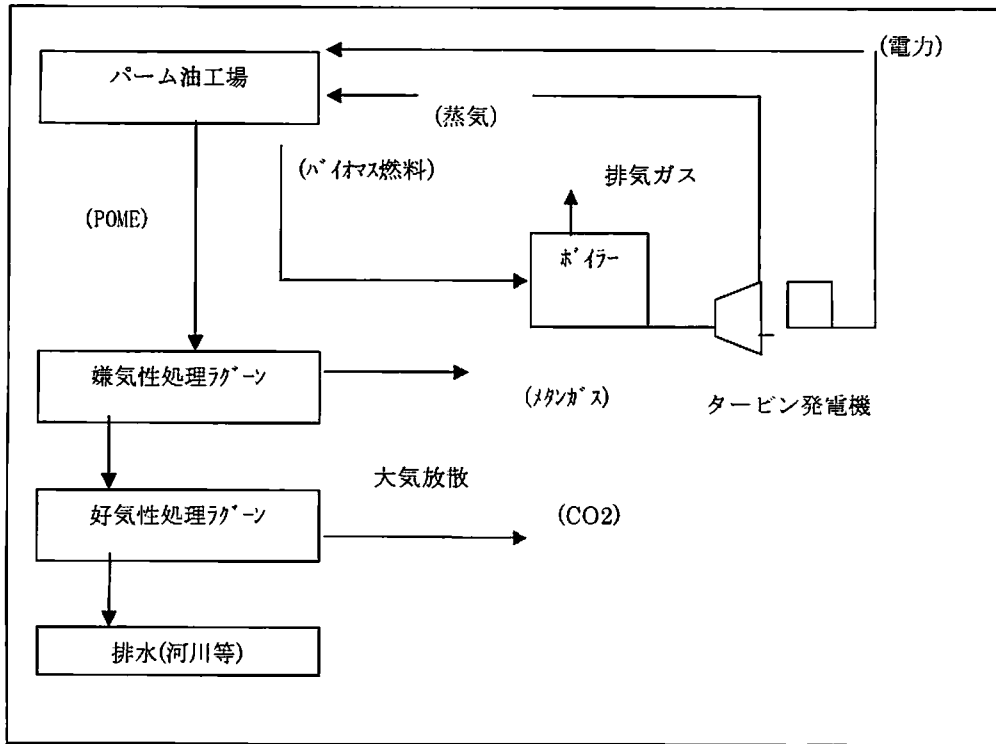
① ベースラインシナリオ：当該プロジェクトが実行されない場合のシナリオ

パーム工場から排出される残渣の一部であるパームシェル、ファイバー等を燃料として、ボイラーで高圧蒸気を発生させ、蒸気タービンで発電を行い、背圧蒸気（タービンを出た圧力が下がった蒸気）をプロセス用に利用する。

POME は大気に開放されたラグーンにより処理され、嫌気性処理によりメタンガスを、好気性処理により二酸化炭素を大気中に放散する。

処理された排水は河川等に放流される。

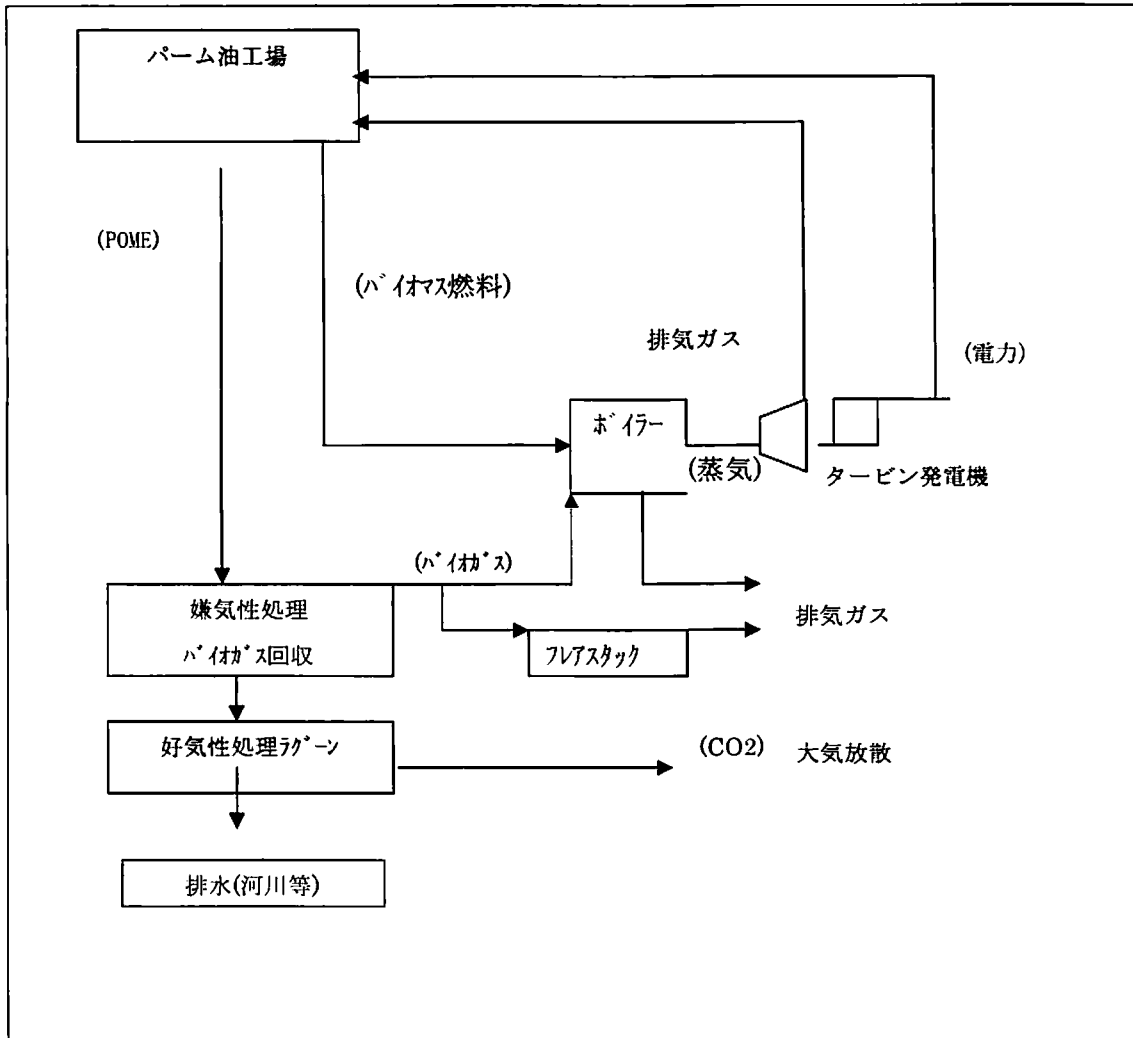
図 5-10 プロジェクトベースライン



②プロジェクトシナリオ：

POME は新設された密閉型消化ガスシステム(メタンガス発酵槽)により嫌気性発酵を行い、発生するバイオガスを回収し、ボイラー燃料として利用し、バイオガス中のメタンはCO2に転化され、大気中に放散される。密閉型消化ガスシステムから排出された POME は排水基準に適合するよう、既設の好気性処理ラグーンに導入されさらに処理がおこなわれる。

図 5-11 プロジェクトシナリオ



(4) プロジェクトに適用する方法論

本プロジェクトに適用する方法論は、AM0013/Ver.2である。

AM0013/Version02 “Forced methane extraction from organic waste-water treatment plants for gridconnected electricity supply and/or heat production” (May 13th, 2005) を適用したが、回収したメタンガスを熱生産（ボイラー）に利用することで適合可能と判断したものである。この方法論は“Existing actual or historical emissions as applicable”、CDM 形式と手続きの 48 節のベースラインアプローチをベースにしている。

当初提案時は、化石燃料を使用するボイラーで蒸気を生産し、電力は電力から購入している工場をサイトとして調整していたが、急遽、BPI 社に変更となったもので、BPI 社ではすでにパーム椰子から搾油した残渣である、シェルやファイバーをボイラー燃料として利用し、蒸気背圧式蒸気タービンにより発電を行い、工場プロセスに必要なユーティリティーをまかっていた。

本プロジェクトで回収したメタンガスはボイラー燃料として利用するが、従来のバイオマス燃料は一部余剰となるため、シェルの余剰分を近隣のセメント会社に売却する承諾を得てお

り、化石燃料代替も結果的に可能となる見込みである。

なお、系統電力への売電については、接続可能な送電線が遠距離であることと、売却価格が非常に安いこと、ならびに、売却期間が 20 年間の契約で売却金額も 20 年間固定であるという条件であるため、見送らざるを得なかったものである。

a) 本プロジェクトの適用条件

提案されたプロジェクト活動は、承認された方法論 AM0013/Ver.2 において定義された以下の適応性基準を満たす。：

- ・Methane recovery project activities involving an industrial organic wastewater treatment plant
- ・Existing waste water treatment system is an open lagoon system, with:
 - ・depth of the open lagoon system is at least 1 m
 - ・residence time of the sludge in the open lagoons should be at least one year
 - ・temperature at the sludge in the open lagoons is always higher than 15° C
- ・The project activity includes a forced CH₄ extraction
- ・There is a process change from open lagoon to accelerated CH₄ generation in a closed tank digester or similar system
- ・Captured methane is used for electricity generation and/or for the production of heat
- ・The renewable power generation capacity is lower than 15 MW

b) AM0013/Ver.2 適用による検証・評価

パーム油工場からの廃水の嫌気性消化装置を用いる承認されたベースライン方法論 AM0013/Ver.2 を “Forced Methane Extraction from POME at Bell Palm Industry Sdn. Bhd., Johor, Malaysia ” に適用するにあたり、以下の観点から検証・評価を行う。

- ・プロジェクト活動の排出量
- ・リーケージ
- ・ベースライン排出量
- ・排出削減量
- ・プロジェクトの追加性

① 排出量

AM0013/Ver.2 の適用に際し、リーケージの可能性潜在量を考慮に入れた上で、削減量はベースライン排出量とプロジェクト排出量の差異として算出する。

ベースライン排出量は POME 処理を行う既存のオープンラグーンからのメタン放散量と、もし存在するなら、熱生産と発電及びパーム工場プロセスに使用する化石燃料の消費による CO₂ 排出量である。

プロジェクト排出量は嫌気性処理後の好機性処理ラグーンからのメタン放散量を含み、もし存在するなら、消化ガスシステムの補助動力(電力消費)と熱生産と発電プ

ロセスで発生するものの合計である。

AM0013/Ver. 2 に従い、リーケージはプロジェクト活動では発生しない。

②排出削減量

排出削減量は以下の式による。

$$ER [t CO_2e/yr] = \text{Baseline emissions} [t CO_2e/yr] - \text{Project emissions} [t CO_2e/yr]$$

ここに、ベースライン排出量は以下の式で計算される。

$$\begin{array}{l} \text{Baseline} \\ \text{emissions} \\ (t CO_2e/yr) \end{array} = \begin{array}{l} \text{Baseline} \\ \text{emissions from} \\ \text{open lagoons} \\ (t CO_2e/yr) \end{array} + \begin{array}{l} \text{Baseline} \\ \text{emissions from} \\ \text{grid electricity} \\ \text{generation} \\ (t CO_2e/yr) \end{array} + \begin{array}{l} \text{Baseline emissions from} \\ \text{portion of fossil fuel} \\ \text{displaced by biogas used} \\ \text{in heating equipment} \\ (t CO_2e/yr) \end{array}$$

本プロジェクトの場合は、化石燃料代替がなく、売電を行わないため、ベースライン排出量は以下のように示される。

$$\begin{array}{l} \text{Baseline} \\ \text{emissions} \\ (t CO_2e/yr) \end{array} = \begin{array}{l} \text{Baseline} \\ \text{emissions from} \\ \text{open lagoons} \\ (t CO_2e/yr) \end{array}$$

次に、プロジェクト排出量は以下の式で計算される。

$$\begin{array}{l} \text{Project} \\ \text{emissions} \\ (t CO_2e/yr) \end{array} = \begin{array}{l} \text{Emissions from} \\ \text{open lagoons} \\ (t CO_2e/yr) \end{array} + \begin{array}{l} \text{Physical leakage} \\ \text{from biodigester} \\ (t CO_2e/yr) \end{array} + \begin{array}{l} \text{Emissions from electric} \\ \text{consumption by auxiliary} \\ \text{heating equipment} \\ (t CO_2e/yr) \end{array}$$

本プロジェクトにおける物理的リーケージはなく、補機が消費する電力はバイオマス燃料によるものであり、無視する量であることから、プロジェクト排出量は以下のように示される。

$$\begin{array}{l} \text{Project} \\ \text{emissions} \\ (t CO_2e/yr) \end{array} = \begin{array}{l} \text{Emissions from} \\ \text{open lagoons} \\ (t CO_2e/yr) \end{array}$$

したがって、本プロジェクトによる排出削減量は以下のように示される。

$$ER [t CO_2e/yr] = \begin{array}{l} \text{Baseline} \\ \text{emissions} \\ \text{open lagoons} \\ (t CO_2e/yr) \end{array} - \begin{array}{l} \text{Emissions from} \\ \text{open lagoons} \\ (t CO_2e/yr) \end{array}$$

③追加性の検証

プロジェクトの追加性の検証は “Tool for the demonstration and assessment of additionality” (Version 2) 28 November 2005, as decided at the 22nd Meeting of the CDM-EB を適用する。

追加性検討チャートを図 5-16 に示す。

表 5-12 Key information and data used to determine the baseline scenario

Parameter	Data source (<i>ex ante</i> figures)	Monitoring after project implementation	Value used for <i>ex ante</i> baseline calculation
Production capacity palm oil plant	Plant operator	--	800 tonnes/day
Production days	Plant operator	--	300 days/year
Flow rate of effluent (as generated by production process)	Plant operator, Measurement	実施	480 m ³ /day
COD concentration of effluent (digester inlet)	Plant operator, Measurement	実施	64.5 g/litre
Reduction of COD in tank digester	Measurement	実施	80%
Biogas production	Measurement	実施	13,150 m ³ /day
Biogas producing capacity (Bo)	Default value as specified in AM0013, based on IPCC default values	--	0.21 kg CH ₄ /kg COD
Methane conversion factor (MCF)	Default value as specified in AM0013, based on IPCC default values	--	0.738
Electricity supplied to grid	Technical specifications, installation planning	実施	0
Global warming potential	UNFCCC	--	21
CH ₄			
Calorific value biogas	Feasibility Study	実施	19.8 MJ/m ³

Calorific value palm kernel shells	Palm Oil Industry value in Malaysia	---	13.8 MJ/kg
Regulations on discharge limits (COD)	Environmental Quality Act, 1974, Malaysia	実施	No applicable regulations on COD

頻度を監視して/記録するだけでなくプロジェクト活動の間に監視された将来のデータについてのより具体的な情報は、モニタリングの章で述べる。

④回収 GHG 量

7 年間 3 タームのクレジット期間の最初の 7 年間の削減量の概算は下表のとおり。

表 5-13 クレジット期間の削減量

Years	Estimation of annual emission reductions, t CO ₂ -e
2008	24,172
2009	24,172
2010	24,172
2011	24,172
2012	24,172
2013	24,172
2014	24,172
Total estimated reductions	169,204
Total number of crediting years for the first crediting period	7
Annual average over the crediting period of estimated reductions	24,172

提案する CDM プロジェクト “Forced Methane Extraction from POME at Bell Palm Industry Sdn. Bhd., Johor, Malaysia” は、本 CDM 事業がなされない場合に発生する人為的排出量の削減に貢献する。本 CDM が無い場合はプロジェクト活動もない。

以下、“Tool for the demonstration and assessment of additionality” (Version 2), 28 November 2005 as decided at the 22nd meeting of the CDM-EB を適用する。

Step 0. Preliminary screening based on the starting date of the project activity

プロジェクト参加者は、プロジェクト活動を登録する前にクレジット期間を決めることを望まない。

Step 1. Identification of alternatives to the project activity consistent with current laws and regulations

Sub-step 1a. Define alternatives to the project activity:

1. マレーシアに現在、約 380 のパーム油工場がある。パーム油工場の排水 (POME) 処理に関しては、利用可能な既知技術は 3 つだけである。
 - (i) 深いオープンラグーンによる嫌気性処理と浅いオープンラグーンによる好気性処理の組み合わせ；好気性処理は機械的エアレーションを含む場合もあり、含まない場合もある
 - (ii) 開放タンク式の嫌気性消化システムと浅いオープンラグーンによる好気性処理の組み合わせ；好気性処理は機械エアレーションを含む場合もあり、含まない場合もある。
 - (iii) 連続処理の攪拌密閉方式の嫌気性処理と浅いオープンラグーンによる好気性処理の組み合わせ；好気性処理は機械エアレーションを含む場合もあり、含まない場合もある。
- 発生したメタンが大気中に放散される、オープンラグーン方式の POME の最初の処理技術が、プロジェクト活動の選択肢、または上記の現状に含まれない。
- 唯一の現実的で信頼できる技術は上記 (ii) で、オープンタンク方式の嫌気性消化システムと浅いオープンラグーンによる好気性処理の組み合わせである。しかしながら、方式はベースラインシナリオに比べて、メタン回収して熱と発電を行うあるいはメタン排出削減には寄与しない。
- 実際的な POME 処理技術として実証されていない新技術を採用すると、プロジェクト参加者は以下のようなリスクに直面する。
 - (a) システムは POME 処理について要求される期待値を満足しない可能性がある。
 - (b) 要求性能を達成するための運用条件を最適化するため、購入まで長期間かかる可能性がある
 - (c) 放流基準を満足するように POME 処理が効果的に行えない。従って、この選択肢は現実的な、信頼できる選択肢にはなり得ない。
- 従って、提案されたプロジェクト活動が CDM プロジェクト活動とし認められないなら、唯一の選択肢は現在の状況を続けるしかない。

Sub-step 1b. Enforcement of applicable laws and regulations:

2. 現状、すなわちプロジェクト活動が無い場合と、提案されたプロジェクト活動の両方もが、適用可能な国内法令・規則を満足する。特に排水の放流基準に関する環境基準 (Prescribed Premises) (Crude Palm Oil) Regulations, 1978。

Step 2. Investment analysis

以下の投資分析は、提案されたプロジェクト活動が排出量取引が無い他の選択肢より経済的ではなく、財政的にも魅力的でないことを示している。

CDM プロジェクト活動が、財政的利益あるいは経済的利益が、CDM による収入以外の利益を発生させる場合は、以下の投資比較分析(オプション II)が適用される。

Option II. Apply investment comparison analysis

提案されたプロジェクト活動は下表のような投資データを有する。マレーシアには、再生可能エネルギー開発プロジェクトを支援するスキームや補助金はない。プロジェクト開発者は、彼ら自身がプロジェクト実現のための資金調達を行わなければならない

表 5-14 投資データ

Investments and incomes	RM
1. Initial investment	
1.1 Total capital costs for closed tank anaerobic digester system	3,000,000
1.2 Capital costs for conversion of biomass-fired boiler to biomass-biogas dual-fired boiler	200,000
2. Average annual expenditure	
2.1 O&M (5% of total investment per annum)	170,000
2.2 Personnel (1 technician + 1 labourer)	48,000
2.3 Average loan interest	96,000
3. Annual income	
3.1 Sale of palm kernel shells displaced	250,000
4. Payback period	Not viable
5. IRR	Not viable

Remarks

1. Interest rate of credit at 5% per year; for first 7 years of operation
2. Palm kernel shells price of RM50/t; 5,000 t/year kernel shells displaced per annum

Sensitivity analysis

回収バイオガスで代替されたカーネルシェルを販売することによる収入は、資本投下と支出にほとんど関連していない。従って、感度分析を行う必要はない。

Step 3. Barriers analysis

上述のように、密閉タンク式嫌気性処理は、現在、マレーシアのパーム油産業の中でまったく一般的ではない。従って、提案されたプロジェクト活動はこの産業分野に新しい技術的アプローチを行っている。廃水処理は BPI の中核業務ではないため、BPI が新しい一般的でない技術に投資するには、心理学的なハードルがある。

技術的な観点からも、生成ガスの発熱量が下回ったり、不安定になるリスクがある。

全体に、本プロジェクト活動は複合的プロセス監視と管理が必要である。バイオガスの発生量と CH₄ 含有率は、恒久的に監視される必要があり、分解プロセスは、化学的モニタリングが必要である。

Step 4. Common practice analysis

公表されているマレーシアのパーム油産業の情報では、ほとんどの工場が POME 処理をオープンラグーン処理で行っていることが明らかにされている。嫌気性をオープンタンクで行い好気性処理により最終処理をラグーンで行っているのは、381 ある工場の 10%以下である。2 工場が POME 処理とメタン回収のため密閉タンク方式の嫌気性処理を行っているが、現在まで運転を継続していると報告されているのは 1 工場のみである。従ってマレーシアのパーム産業においては密閉タンク式嫌気性処理システムは一般的とは考えられない。

Step 5. Impact of CDM registration

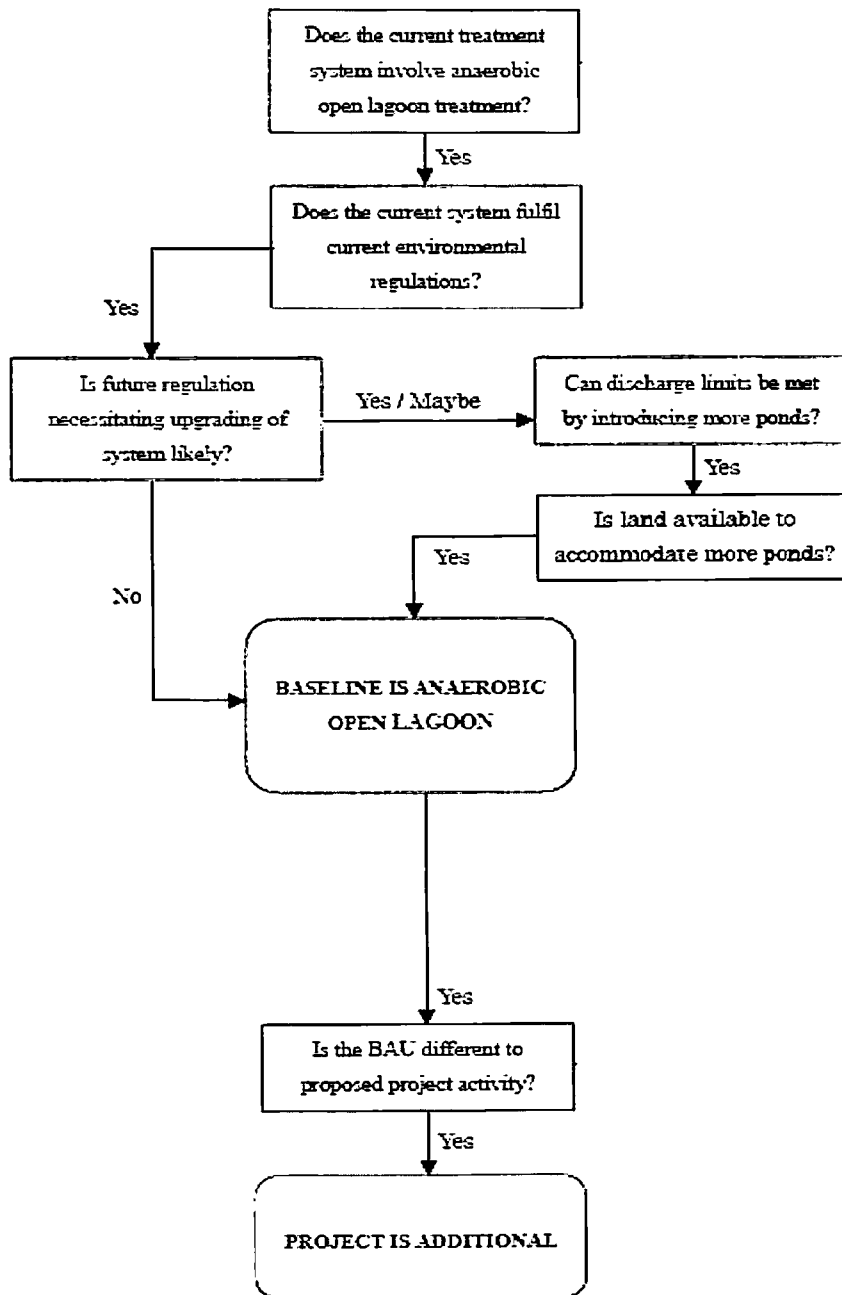
CER の売却による 追加収入は RM906,862 - 1,813,730/年と期待される。これらの数値は CER 売却単価を、それぞれ US\$5.0/CER and US\$10.0/CER と想定した場合である。

表 5-15 CER 売却収入

Income through CERs	US\$	RM
@ US\$5.0 /CER	120,860	453,226
@ US\$10.0/CER	241,720	906,452

CER 売却単価を US\$10.0/CER に設定した場合のほうが経済性・投資性に優れるのは明らかである。

図 5-16 追加性検討チャートと結果



(6)プロジェクトコスト

表 5-17 プロジェクトコスト一覧

Investments and incomes	RM
1. Initial investment	
1.1 Total capital costs for closed tank anaerobic digester system	3,000,000
1.2 Capital costs for conversion of biomass-fired boiler to biomass-biogas dual-fired boiler	200,000
2. Average annual expenditure	
2.1 O&M (5% of total investment per annum)	170,000
2.2 Personnel (1 technician + 1 labourer)	48,000
2.3 Average loan interest	96,000
3. Annual income	
3.1 Sale of palm kernel shells displaced	250,000
4. Payback period	Not viable
5. IRR	Not viable

注1. プロジェクト第1期間7年間の利率は5%を想定した。

注2. パームカーネルシェルはMR50/tの価格で売却する。量は5,000t/年

注3. 売却されたカーネルシェルは、セメント工場燃料として、石油燃料を代替する。

(7)システムの配置計画

POMEの嫌気性バイオガス装置の後処理は従来の好気性処理ラグーンでおこなう。これは投資額を最小限に抑えるとともに、バイオガス装置、バイオガス利用システムなどのトラブル発生時においても、工場の操業及び放流する排水が基準値を満足することを確保するためである。

プラントの配置計画を図5-18に、密閉消化ガス装置のタンク外形図を図5-19に示す。

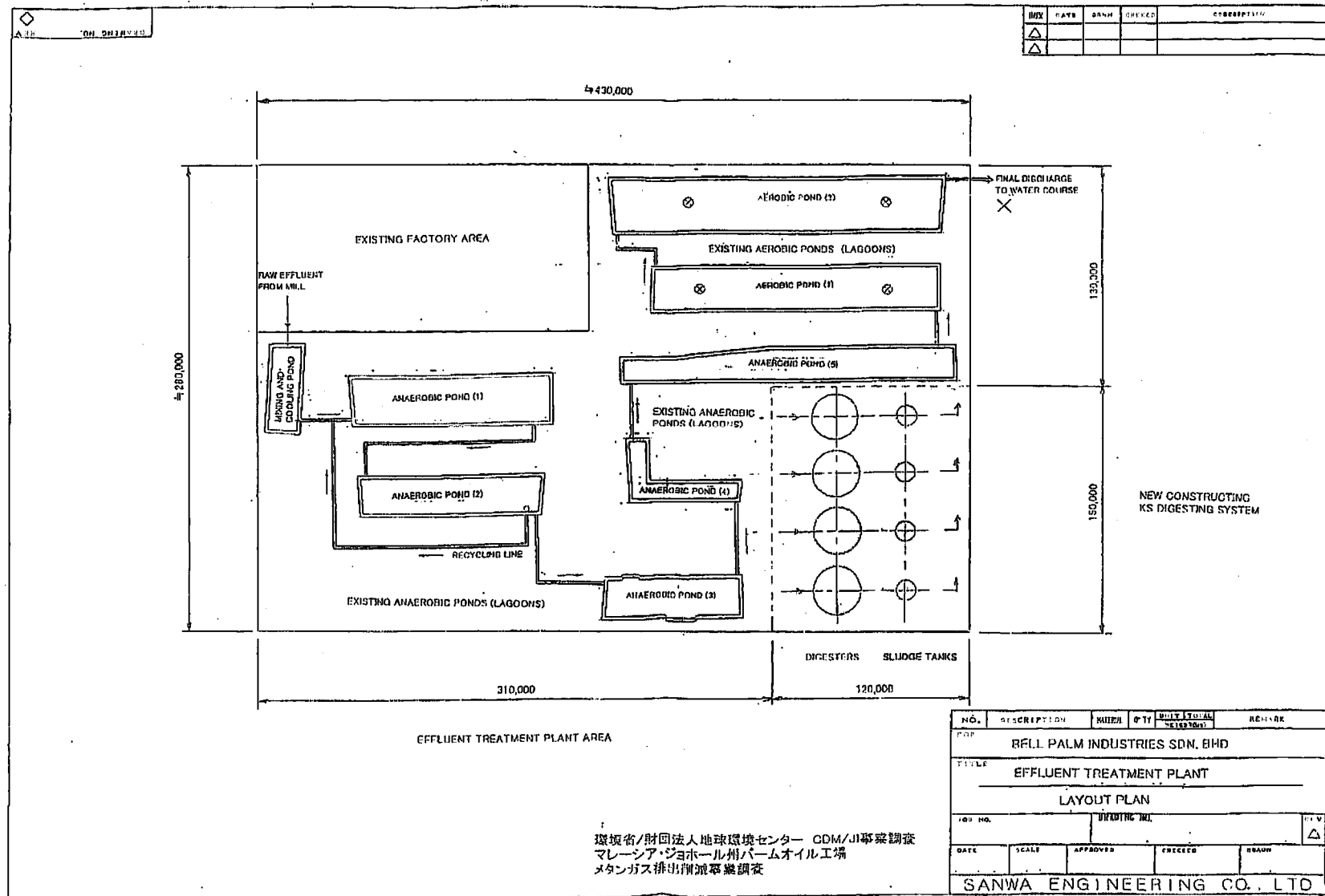


図 5-18 プラント配置計画

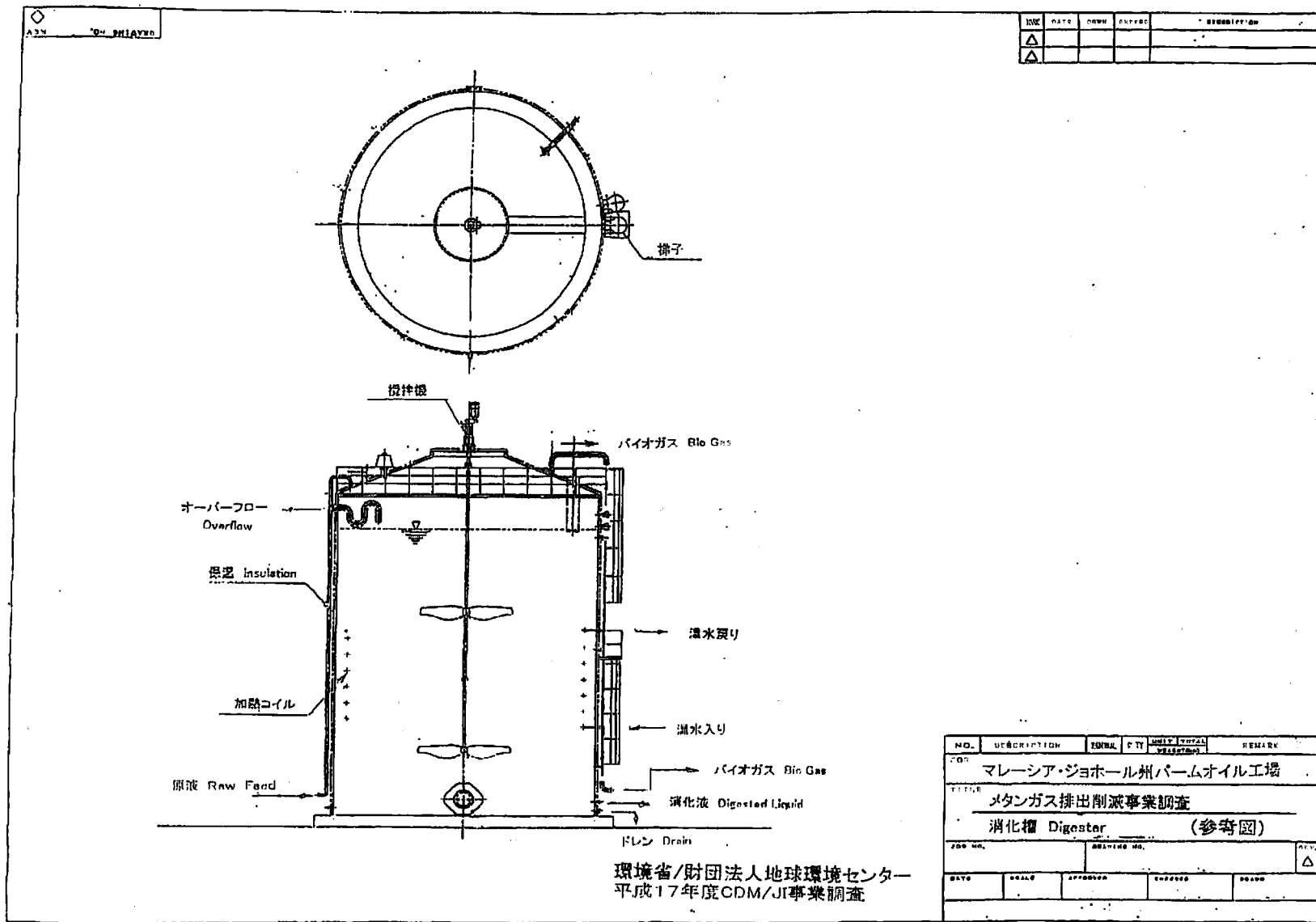


図 5-19 密閉型消化ガス装置の消化槽外形図

6. プロジェクト効果

6.1 POME 性状とバイオガス発生量(年間想定値)

FFB	240,000ton/y (40t/h x 6,000h/y)
POME / FFB	60% (24t/h)
排出 POME 量	144,000m ³ /y
COD(POME)	64,500 mg/L
総 COD 負荷量	9,288,000kg/y
COD 除去率	80.0% (Lagoon により一般排水基準 100mg/L まで処理する)
総 COD 変換量(バイオガス)	7,430,000kg/y
メタンガス生成率	0.21kg·CH ₄ /kg·COD
バイオガス発生量	3,494,400N m ³ /y 成分：CH ₄ 62.5%；CO ₂ 37%；H ₂ S 2,500 ppm
メタンガス発生量	2,184,000Nm ³ /y:1,560,000kg/y (メタンガス比重量:0.714kg/Nm ³)

6.2 GHG 削減量の算出

(1) オープンラグーンからの GHG 発生総量(現状)

CH₄ 発生量 = 総 COD 負荷量 x メタンガス生成率 x MCF

$$9,288,000 \times 0.21 \times 0.738 = 1,439,000 \text{ kg}\cdot\text{CH}_4/\text{年}$$

マレーシアにおける MCF の地域デフォルト値は 0.738

等価 CO₂ 発生量

$$1,439,000 \times 21 = 30,219,000 \text{ kg}\cdot\text{CO}_2/\text{年} = \underline{30,219 \text{ t}\cdot\text{CO}_2/\text{年}}$$

(2) プロジェクトの GHG 排出量(メタンガス発酵槽出口以降の発生量)

CH₄ 発生量 = 総 COD 負荷量 x メタンガス生成率 x (1 - COD 除去率) x MCF

$$9,288,000 \times 0.21 \times (1 - 0.80) \times 0.738 = 287,891 \text{ kg}\cdot\text{CH}_4/\text{年}$$

等価 CO₂ 発生量

$$287,891 \times 21 = \underline{6,047 \text{ t}\cdot\text{CO}_2/\text{年}}$$

(3) プロジェクトによるメタンガス回収量

CH₄ 回収量：総 COD 負荷量 x COD 除去率 x メタンガス生成率 x MCF

$$= 9,288,000 \times 0.80 \times 0.21 \times 0.738$$

$$= 1,151,563 \text{ kg}/\text{年} = 1,152 \text{ t}\cdot\text{CH}_4/\text{年}$$

等価 CO₂ 発生量：24,192 t・CO₂/年

(4)プロジェクトによる等価 CO₂ 排出削減量

等価 CO₂ 排出削減量(t・CO₂/yr)

= ベースライン排出量 - プロジェクト排出量

ベースライン排出量(t・CO₂/yr) =

オープンラグーンからのベースライン排出量 +

系統電力発電からのベースライン排出量 +

バイオガスにより代替された熱源装置の化石燃料からの排出量

プロジェクト排出量(t・CO₂/yr) =

オープンラグーンからの排出量 +

密閉型嫌気性消化ガス装置からの物理的リーケージ +

補機等が消費する電力からの排出量

従って、

等価 CO₂ 排出削減量(t・CO₂/yr) = 30,219 - 6,047

= 24,172t・CO₂/年

7. モニタリング計画

モニタリング及び検証計画案は、プロジェクトの適切な評価を行い、確実な CER 量を確保するために不可欠な手段と手順を明確にするもので、プロジェクトデザインドキュメント (PDD) に記載しているが、ベースライン、バウンダリーにも対応するものである。

検証とは、CER 評価を確実におこない、データ等の透明性及び確実性を保証するために、第三者が実施するモニタリング・データを監査することによりおこなわれる。

本プロジェクトに関わるモニタリングは、大別すると以下の3種類である。

- 1) 本プロジェクト実施による GHG 排出削減量の測定と記録のためのモニタリング
- 2) ベースライン・シナリオの変化のモニタリング
- 3) バイオガスプラントの操業状況や生産能力を管理・把握するためのモニタリング

定期的に測定・記録をおこない、プラントを正常に運転し、維持管理を適切に行うことにより、確実な CER 量確保が可能となる。

7.1 本プロジェクトによる GHG 削減量 (CO₂換算) 算出を目的とするモニタリング

BPI の既存のラグーン処理システムのうち、嫌気性処理ラグーンは本プロジェクトのバイオガス回収プラントに代替されるため、現状が続いた場合 (BAU シナリオ) と本プロジェクトの比較によって GHG 排出削減量が求められる。従って、本プロジェクト実施後にモニターすべき項目は以下のとおりである。

1) POME (パーム油工場廃液) の排出量：

パーム油工場から排出される嫌気性バイオガス装置に供給される POME 流量を測定する。嫌気性ラグーン処理システムに代ってバイオガス反応槽に流れ込む POME の量を正確に計測することは、メタンの排出削減量の証明には必須である。事業者は、バイオガス装置の入口に流量計を準備する。毎日の流量を測定・記録することにより、嫌気性ラグーン処理に代替したバイオガス装置に供給される POME 量の正確な流量が保証される。処理した POME 量とバイオガス生成回収量のモニタリングと、EPC 契約者が計測したバイオガスプラントの性能値に基づき、点検が可能である。

2) バイオガスプラント操業のために消費する電力量

ここで使用する電力は、バイオマスを燃料とした場内電力であり、使用量比率も小さいため、CER に対する影響は無視する。

3) シェルの外販量と利用先

燃料として化石燃料を使用しているセメント会社や食品工場などの多様なユーザーに売却可能な市場があるため、固定化した需要化との取引があり、シェル燃料使用量と代替燃料消費量を測定・記録をおこなうことにより、CER にカウントできる可能性は有している。

なお、実際のデータの収集および管理は、BPI 社が実施し、CER を算出することとなる。

7.2 ベースラインからのメタン排出量（ベースライン・シナリオ）

7.2.1 確定すべき数値

本プロジェクトにおけるベースラインは、現在のラグーン処理システムをこのまま継続した場合のメタン排出量である。算出は POME 排出量のデータから年排出量 144,000m³ を基礎とする。

IPCC のガイドラインで特定されているように、嫌気性ラグーンシステムのメタン発生量は POME の COD として計測される有機成分の含有量によって変化する。CPO 生産プロセスは連続的であるので、混合サンプルから POME の COD 含有量を毎週モニターすることによってパーム油工場から排出される POME の COD 含有量の代表値を求める。この計測は、認証された実験室で、国際認証標準化法に従って実施される。本プロジェクトの F/S で使用した数値は、64.5kg/m³ である。そのほか、必要な数値は COD 除去率、バイオガス発生率 (B₀)、及びメタン転化率(MCF)であるが、AM0013VER.2Annex において UNFCCC が与えた数値、B₀= 0.21、MCF=0.738 を使用する。

7.2.2 ベースライン・シナリオモニター

バイオガス装置で POME 処理をおこない発生・回収された GHG の排出削減量を評価するために必要とされる指標とモニタリング方法を記載する。

モニター・管理をおこなうべき者は以下のとおり。

- ・ BAU シナリオ、つまり本プロジェクトが実施されなかった場合に POME 処理により排出されるメタンガス量の評価
- ・ BAU シナリオ自体。これは第一に、関係する CDM 条件を本プロジェクトが確実に遵守するためである。

なお、本報告書に示した方法は、本ベースライン計画案が既存の嫌気性ラグーンシステムに基づいて構築されていることを前提とする。ベースラインの変更が必要になった場合は、本報告書で述べた方法も修正されなければならない。そしていかなる修正や変更も、事前に監査側の承認を得る必要がある。

社会あるいは政治情勢、科学の進歩などによって、BAU のベースライン・シナリオを変更せねばならないことがある。その場合、影響を受ける項目は以下のとおり。

- 1) 嫌気性条件下で最終的に削減される微量の COD(MCF)
- 2) バイオガス中のメタンガス比率

仮にマレーシア政府がパーム油産業に対して、より厳しい排水基準を導入した場合、有機物の除去率を高めるために、POME 処理システムは現在普及しているラグーンシステムを変更せざるを得なくなる。とすれば、ラグーンシステム以外の方法が普及した場合を前提としたベースライン策定方法を再検討することは避けられないであろう。

以上のような将来予想される事態の変化に備えて、ベースライン・シナリオが炭素クレジット期間中、十分に、確実に認識されているようにすることは必須である。そのためには、マレーシアの環境規制の動向と、マレーシアパーム油産業界の採用する一般的な POME 処理方法を徹底的に観察することが肝要である。つまり、ベースラインに変更が加えられる場合は、いかなる変更であっても、実際のメタン排出削減量の算出に修正が必要となる。

ベースラインと本プロジェクトの排出削減量に関わるデータのモニタリングについて下記にまとめる。

(1)本プロジェクト設備の性能管理のためのモニタリング

バイオガスプラントが正常に操業されず、プロジェクト事業実施が困難になれば CER も生産されない。メタンガス回収プロジェクトは以下の目的のために定期的にモニターされなければならない。

- ・ 経済的および環境的パフォーマンスの最適化
- ・ 供給原料および製品の品質管理の評価
- ・ 産出物やシステムプロセスの記録のチェック
- ・ 排出物をモニターおよび管理し、サイトの排出量が予め設定した制限内であることの確認

継続的モニタリングをおこなうことにより、最適条件下で嫌気性消化プロセスが確実に進行し、また、バイオガス生産量の予想外の変動を防ぐ。

前に述べたように、嫌気性ラグーンの COD 除去効率係数はより正確に決定され、モニターされなければならない。バイオガス設備の引渡し前には、基本となる未処理 POME の COD 値と本プロジェクトのモニタリングで最初の好気性ラグーンに排出される嫌気性廃液の COD の定期測定が実施されるべきである。このようなモニタリングは、BPI パーム油生産工場における嫌気性ラグーン処理システムの COD 除去効率係数の評価用データを得るために重要である。

主要な監視ポイントと ID 番号を以下の図にまとめて示す。プロジェクトシナリオとベースラインシナリオのモニタリング排出量とモニタリングポイントはそれぞれのモニタリング表に記載している。

図 7-1 モニタリングポイント

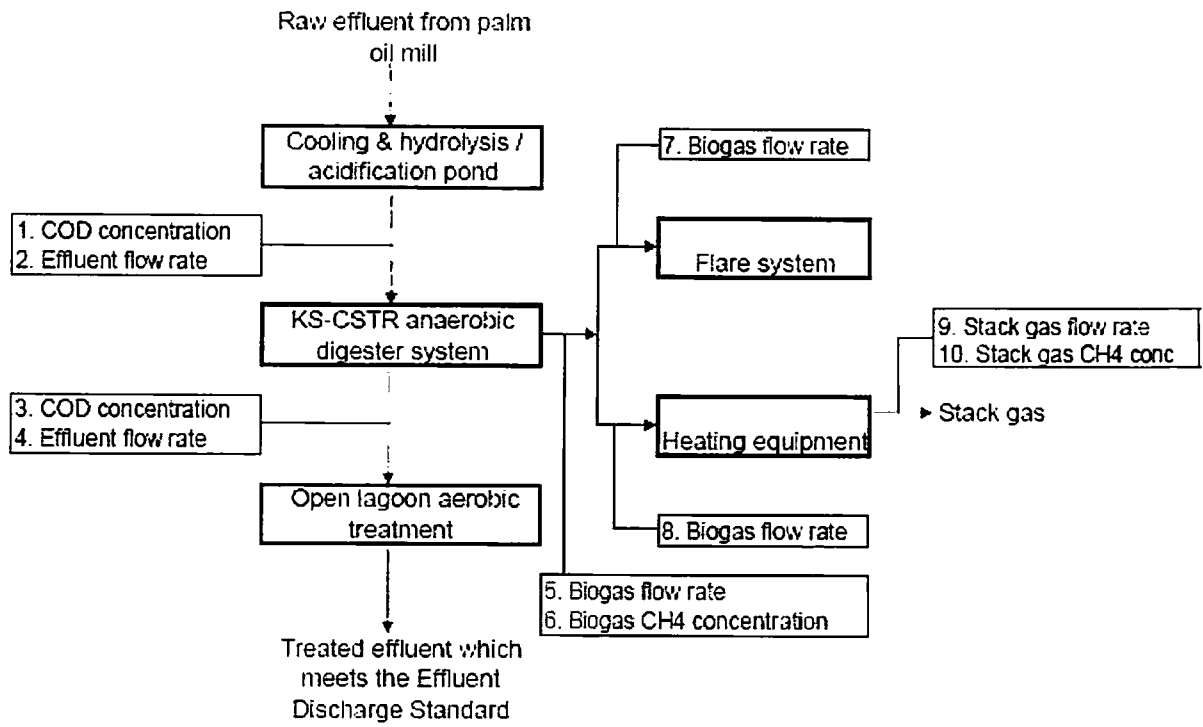


表 7-2 モニタリング項目

D.2.1.3. Relevant data necessary for determining the baseline of anthropogenic emissions by sources of GHGs within the project boundary and how such data will be collected and archived :

ID number <i>(Please use numbers to ease cross-referencing to table D.3)</i>	Data variable	Source of data	Data unit	Measured (m), calculated (c), estimated (e),	Recording frequency	Proportion of data to be monitored	How will the data be archived? (electronic/paper)	Comment
1.	COD concentration of effluent (at digester inlet)	Measurement	kg COD/m ³ raw effluent	m	at least monthly	100%	electronic	
2.	Flow rate of effluent (at digester inlet)	Measurement	m ³ raw effluent/hr	m	continuously	100%	electronic	

All data will be kept for at least two years following the end of the crediting period or the last issuance of CERs (whatever is the late)

8. 環境影響分析

8.1 環境影響分析

PDD には、プロジェクトの環境影響についてその分析結果と、必要であれば環境影響評価の結果を報告するように CDM 理事会が定めている。該当部分である項目 F の「環境影響」には具体的に以下のように規定されている。

F1: (プロジェクト境界線内外における環境影響について分析し、文書化した上で PDD に添付すること。)

マレーシアの環境に関する法規制と基準、特に環境規制法 (Environmental Quality Act 1974) と環境基準に則ると本プロジェクト活動には環境評価アセスメントは不要である。しかし、プロジェクト実施の前には必要とされる認可等を得なければならない。

本プロジェクトはパーム油工場における POME 処理システムを、従来のオープンラグーンシステムから密閉型嫌気性バイオガス装置に代替しメタンガスを回収利用するため、環境改善効果は大きい。

F2: (プロジェクト事業者またはホスト国が当該プロジェクトの環境影響を重大と認めた場合には、ホスト国の要求する手順に従って実施された環境影響評価を裏付けるすべての参考資料と共にその結果を報告すること。)

マレーシアの環境規制の法規に従えば、本プロジェクト活動は環境アセスメントは不要である。

8.2 バイオガス燃焼利用による排ガス

バイオガスを燃料として利用する場合も、現状の排ガス規制が適用されるので、従来システムより環境に悪影響を与える要素はない。

8.3 本プロジェクトによる GHG 排出削減効果

a) 本プロジェクトで回収したバイオガスを燃料利用して排出されるのはカーボンニュートラルな (carbon-neutral) CO₂ である。本プロジェクトでは FFB から CPO を抽出し、バイオガスを回収してボイラー利用で燃焼させるまでの過程において、全く化石燃料を使っていない。廃液中に含まれる有機物等は FFB 由来のものであり、バイオガス燃焼時の CO₂ 排出量は、原料のパームヤシの木が光合成時に吸収した CO₂ 量と相殺されるからである。また、従来システムもボイラー燃料には、FFB から CPO を抽出する際に得られるファイバーやシェルを使用しているため、排出される CO₂ はカーボンニュートラルである。

b) 本プロジェクトで適用するバイオガス技術は、バイオマスの固体および液体の混合廃棄物処理

をおこなうために重要な環境技術である。バイオガス技術を POME 処理に適用した場合の主要な環境影響は以下のことが想定される。

密閉型嫌気性消化ガスシステムは処理条件を一定に保持でき、従来のラグーン方式よりも短時間で処理がおこなえるので、

- ・余剰スラッジの削減
- ・POME 処理に必要とする土地面積が少なく済む(従来のオープンラグーンシステムに比べて、スペースが 5 分の 1 程度まで削減可能)
- ・GHG 排出量が削減できる
- ・排水性状の安定化が図れ、水系の水質が維持できる
- ・ラグーンシステムから排出される臭気が削減される

8.4 GHG 排出削減以外の環境への影響

安全対策：

空気中のメタン濃度が 5% から 15% になると爆発の危険があるので、メタンの取扱いには注意が必要。

バイオガスをボイラー利用する場合、不完全燃焼した場合を想定し、フレアシステムやフレームアレスター等の設置が必要。

硫化水素 (H₂S) は最も危険な物質であるため、検知器などを設置し安全を確保する必要がある。

8.5 汚泥量の減少

バイオガスプラントは、ラグーンシステムより反応時間が早く、また消化効率が向上するため、汚泥量が削減される。

8.6 土地の有効利用

POME 処理にオープンラグーン方式のような広大な土地を必要としない。

9. 事業化計画の検討

9.1 実施体制

(1) プロジェクト実施企業

a) 三和エンジニアリング株式会社

三和エンジニアリングは、マレーシアに系列会社サダワンワエンジニアリングを有し、環境・バイオマス関係に注力をしている会社である。

b) 東京貿易株式会社

東京貿易は、かつてはロシア、中国などの諸国に優位性を有していたが、近年は固有の技術を有する技術立地の商社として、活動範囲を拡大している。

c) Bell Group Company

BPI を所有するグループのホールディングカンパニーであり、CDM 事業に理解があり、マレーシア国内でのプロジェクト推進に積極的である。

(2) 事業形態・スキーム

プロジェクト規模が大きくなり、設備内容も BPI 社内設備増設・更新のレベルであるので、別会社を設立する必要性はないと考える。三和エンジニアリングと東京貿易は協力して資金調達を行い、三和エンジニアリングの技術支援の下で、BPI 社構内に密閉型消化ガスシステムを製作設置する。設備の運転およびメンテナンスは BPI 社が受託し、行う。

(3) プロジェクト推進能力

ケクセン社及びその技術ライセンスを有する現地メーカーを利用し、三和エンジニアリングのエンジニアリング経験と知見を組み合わせることにより、プロジェクトの技術的側面は十分である。(日本技術の移転)

また、必要に応じて、技術商社である東京貿易の支援協力を得る。

(4) 管理体制

BPI 社は 200 名ほどの従業員がおり、本プロジェクトに関する専門エンジニアとオペレータを追加する。運転およびメンテナンス、モニタリング等における管理体制はまったく問題ない。

(5) 経営基盤、経営能力

三和エンジニアリング、BPI ともまったく問題はない。

(6) 資金負担、調達能力

両社とも十分な信用を有し、資金負担、調達能力に不安はない。東京貿易は技術立地の商社で、両社の協力による金融機関の融資も十分検討可能である。

(7)要員

BPI 側でオペレーション対応として、技術者 1 名とオペレーター 2 名を新規に充当する予定。
特にモニタリング対応の計測や記録及びデータ整理解析の経験者採用を検討している。

(8)実施体制

添付資料 2 を参照。

9.2 プロジェクトコスト

日本メーカーのコストは非常に高く、三和エンジにリングの指導の下で、現地で製作し、設置を行う計画である。

(1) 設備費用等内訳

投資額及び年間収支	マレーシア 金額 RM	日本円換算金 額 千円
1. 設備費		
1.1 密閉型消化ガス装置	3,000,000	99,000
1.2 ボイラー改造費	200,000	6,600
小計		105,500
2. 年間経費		
2.1 運転及び修繕費 (年間設備費の 5%とする)	170,000	5,600
2.2 運転要員 (技術者及び作業員各 1 名)	48,000	1,600
2.3 平均借入金利息	96,000	3,180
小計		
3. 収入 (シェルを燃料として外販)		
3.1 シェル売却	250,000	8,300
収支計		1,100

Remarks

1. Interest rate of credit at 5% per year; for first 7 years of operation
2. Palm kernel shells price of RM50/t; 5,000 t/year kernel shells displaced per annum
3. マレーシアリングと日本円の換算レートは、1MR=33 円とした。

(2) CER 売却想定収入

CER 売却金額	US\$	RM	日本円換算 千円
単価@ US\$5.0 /CER	120,860	453,226	15,000
単価@ US\$10.0/CER	241,720	906,452	31,000

(3) プロジェクトの事業性

CER 価格を \$5/t-CO₂、及び\$10/t-CO₂ の場合について、内部利益率 IRR 及び投資単純回収年数、CO₂ トンあたりのイニシャルコストについて検討評価した。\$10/t-CO₂ に排出量取引金額が上昇すると、かなり有望な事業性が見込めるため、更なるコスト削減・合理化検討は必要であるが、事業化を積極的に進めていく。(図 9-1 参照)

9.3 プロジェクト実施に際しての資金計画

三和エンジニアリング株式会社はマレーシアに現地法人サダサンワエンジニアリングを子会社として保有しており、国際協力銀行 (JBIC) が現地 RHB Bank Berhad を経由して行う海外日本企業に対するツーステップローン投資額の 60% (上限) 受ける。三和エンジニアリング株式会社はその引き受け保証を行うとともに、残分は東京貿易株式会社と協力して、日本国内金融機関の融資を受けることとしている。

なお、国際協力銀行のツーステップローンはいわゆる ODA とは異なる原資によるものであり、CDM に対してはまったく影響は無い。(JBIC に確認済み)

9.4 プロジェクト効果

マレーシアにはパーム油工場が 381 箇所あり、大手企業工場は CDM 調査や検討を始めているが、中小企業・中小規模工場はまだ余裕がないためか、検討は進んでいない。

本プロジェクトのカウンターパートであるベルグループ会社は、マレーシアのパーム油業界では後発であり、また、規模も大きくはない。

しかしながら、大手企業では、まだ、化石燃料や系統電力を購入しているケースもあるが (Felda 等)、MPOB 情報によれば、ほとんどのパーム工場は、本プロジェクトのカウンターパート企業のようにパーム油を搾油した後に排出されるファイバーやシェルをボイラー燃料として使用しており、電力もまかなっているということである。

これらの情報から判断すると、ボイラー燃料を化石燃料から回収バイオガスに代替し、回収バイオガスを燃料とするコージェネで生産した電力を系統電力会社の売却し、電力会社の化石燃料代替も図るといった、過去に行われた CDM 事業性調査の例よりは、本プロジェクトの BPI 社の類型企業が圧倒的に多いことがわかり、そのような企業のモデルに十分なりうるものと考えられ、本調査事業はマレーシアのパーム油工場の CDM 事業化推進を行う

上で、モデル事業として大きく貢献できるものと考えている。

9.5 事業化見込みと課題

(1) 事業化の見込み

事業化メリットは大きいですが、IRR や単純投資回収年数がやや厳しいと思われるが、今後、同様な規模のパーム工場が事業化の可能性を有することを考慮すると、さらに設備コストの合理化検討を進めること可能であると考えている。

(2) 課題

- ・ 中小規模の CDM に対する公的融資 (JBIC など) の体制や条件が整備されていないため、早急に中小企業に対する融資などについての対応や整備を双方の政府で協議していただくことを要望する。
- ・ 技術移転を行ったり、日本の技術支援によりマレーシアのメーカーがプラント製作を担当した場合の補助制度や支援体制がなく、充足整備を検討いただきたい。
- ・ 民間主導で進められる部分もあるが、2 国間協定やプロジェクト承認・UNFCCC への手続など国がおこなうべき業務も多く、また、それらの比重が大きく、手続費用やコンサルタント費用、化石燃料代替やエネルギー利用以外の CDM プロジェクト (畜糞処理フレアリングやランドフィルフレアリングなど) も発展途上国では避けられないことが想定され、それらのプロジェクトに対する調査事業費やプロジェクト経費の補助などの新設・整備を検討いただきたく、大きく期待したいところである。

表 9-1 事業性検討結果

FFB処理量 40t/h

事業開始2007年
 排出量取引期間 21年(7年/Term X 3)
 2008-2014(第1ターム)

	CER無し	\$5/t-CO2	\$10/t-CO2	備考
1.IRR				
事業開始後8年目のIRR(%)(税引後)	-15.91 (税引前)	-0.14	16.18	
事業開始後15年目のIRR(%)(税引後)	-6.37 (税引前)	10.16	23.24	
事業開始後22年目のIRR(%)(税引後)	-4.66 (税引前)	12.37	24.24	
2.単純投資回収年数 年	96.4	6.6	3.4	
3.想定条件				
(1)設備投資金額(百万円)		106		
(2)借入金額(百万円)		106		金利は5%
借入金利 利率%		5%		
借入期間 年		7年		
返済方法		元利金等返済		
(3)支出 小計(百万円/年)		7.2		
O&M費用(百万円/年)		5.6		CPOの5%
運転要員費(百万円/年)		1.6		要員3名
(4)収入 小計(百万円/年)	8.3	23.3	38.2	
シェ尔売却(百万円/年)		8.3		シェ尔外販量:5,000t/y 単価:1,650円/t
CER 排出量(t-CO2/年)		24,172		
売却益(百万円/年)	0	15	31	
(5)収支(百万円/年)	1.1	16.1	29.8	
(6)法人税 税率(%)		28		現地税率
(7)減価償却 償却期間(年)		7		定率法による
残存簿価(%)		10		
(8)その他				

10. 水処理技術

マレーシアのパーム油工場の廃水 (POME) は、オープンラグーン方式によって、空気中の酸素と触れないよう深さの深いラグーンにおいて (5m以上必要と言われている) 嫌気性細菌の作用により COD、SS、BOD、油分などを分解させる。(嫌気性発酵) その際に、メタンガス、二酸化炭素が発生し、大気中に放散される。

また、有機物には硫黄分が含有されているので、硫化水素も同時に発生し、大気中に放散され、悪臭の主な原因となる。

その後、好気性細菌の作用により、大気中の酸素と接触させ分解する。(好気性発酵) その際に発生するのは、主に二酸化炭素、水蒸気などである。モーターで攪拌羽根により攪拌ばつきを行って、空気との接触を促進することは良く行われることである。

また、分解残渣と菌体が有機汚泥として残る。

放流するのは、上澄み水である。

汚泥は、経年的に堆積していくので、ラグーンの深さを維持し、排水処理機能を保つためには、定期的に浚う必要がある。

代表的なオープンラグーンシステムによる排水処理工程を図 10-1 に示したが、滞留時間が非常に多く、ラグーン面積を要するが、非常に簡単なシステムであり、また、土地の価格が安ければ動力も不要である。各層への移動は、重力による流下によっている。

一般的には、滞留時間は数ヶ月から1年近くに及ぶものもあり、菌の作用には通常 35°C以上の温度が必要である。

オープンラグーン方式に対し、欧州やわが国で利用されているのが密閉型消化ガスシステムであり、発酵温度 35-40°Cの中温菌を利用する中温システムと、発酵温度 50-60°Cの高温菌を利用する高温システムがある。

いずれも、オープンラグーンシステムに比べると、非常に反応処理速度が速いが、特に高温システムは顕著である。一般的には処理効率は80-85%である。

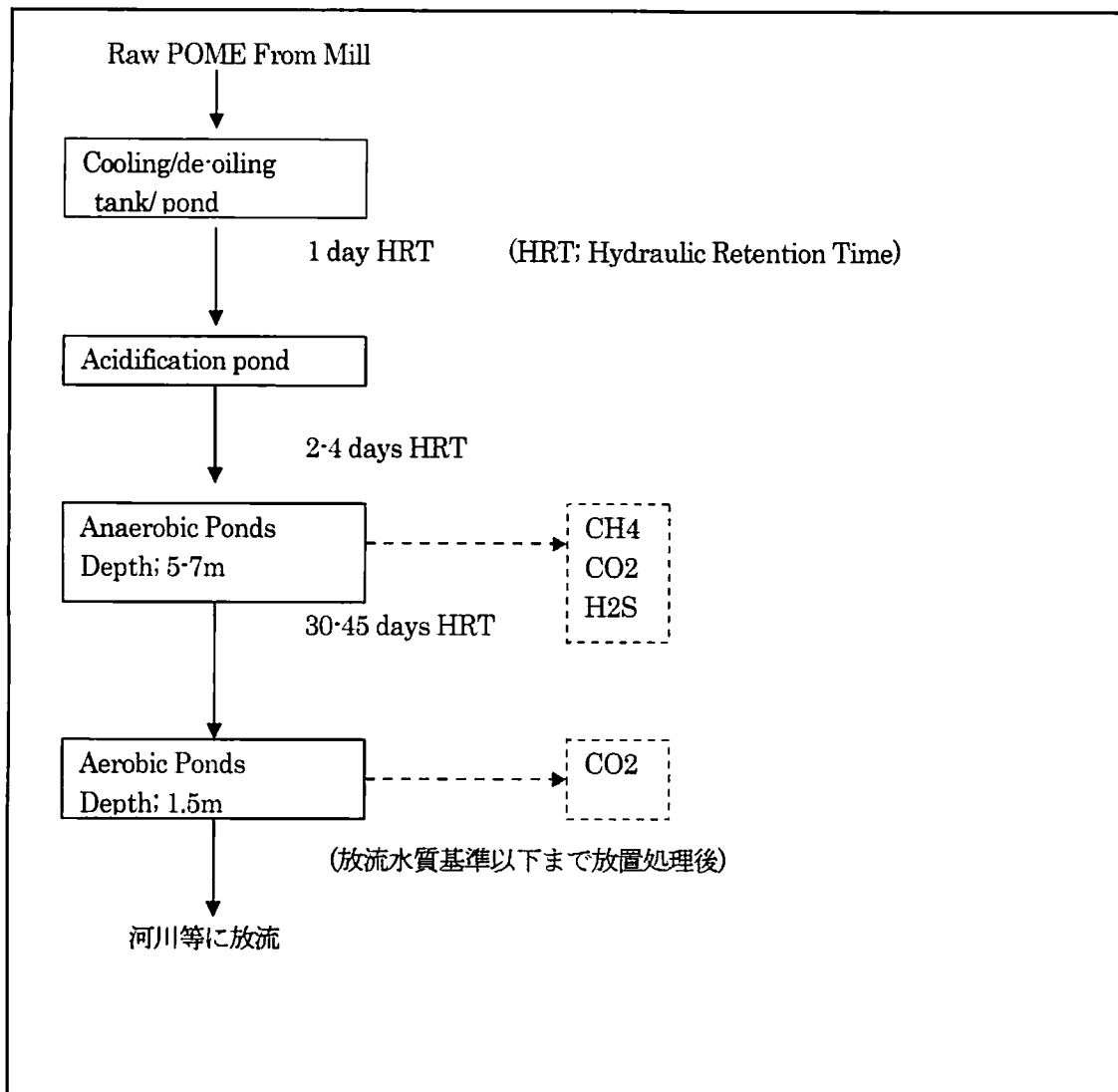
三和エンジニアリング株式会社も、密閉型消化ガスシステムを扱っているが、欧州やわが国で多い処理物は、下水汚泥や食品加工などで発生する有機汚泥、畜糞、生ごみ(有機性残渣)などである。

本事業提案時には、密閉型消化ガス装置を2段として構成し、初段で高濃度処理、2段目で初段度処理された排水を処理する方法も検討した。ビール工場などでも使用され始めており、メタンガス回収率が大きく取れる有利性がある。

85%の処理効率とすると、通常は85%処理に対応したメタンガスが回収できるが、2段処理では、 $85 \times 85 = 97.75\%$ の処理効率となる。12%回収率が向上するが、設備はちょうど2倍となり、コスト的には1段処理に比べ不利である。

10.1 オープンラグーンシステム概要、10.2 BPI社の現状、10.3 20年の長期間にわたりマレーシアでPOME処理実績があるケクセン社の概要と密閉型消化ガスシステム概要、10.4 ケクセン社と他社の密閉型消化ガスシステムの比較、10.5 メタンガス回収設備として、密閉型消化ガスシステムの反応機序・プロセスを解説した。

10.1 オープンラグーンシステム



オープンラグーンシステム採用の Mill : 85%以上
 オープンダイジェスタータンク方式採用の Mill : 5-10%

10.2 BPI 社ユーティリティ設備データ

(1) ボイラー・蒸気系統

年	FFB 処理能力 t-FFB/h	蒸気ボイラー		ST 発電機 kw*基	備考
		t/h	蒸気圧力等		
1982	10				会社設立 (Kilan Sawatt Bell 2)
1986					Bell グループ傘下に入る
1990	20	20	2.1Mpa:20atm		
2002	40	35 20	3.1Mpa:31atm 2.1Mpa:20atm	1.6Mw*1	St 量 : 30.6t/h 滅菌 : 12t/h Mill : 18.6t/h
将来					省エネ後 St 量 : 23.0t/h 滅菌 : 4.4t/h Mill : 18.6t/h

エネルギー消費原単位(対 FFB 処理トン)

電力 : 20kw/t-FFB

蒸気 : (現状) 0.765t-St/t-FFB

内訳 : 滅菌 0.3t-St/t-FFB

Mill 0.465t-St/t-FFB

(省エネ : FFB スプリッター) 0.574t-St/t-FFB

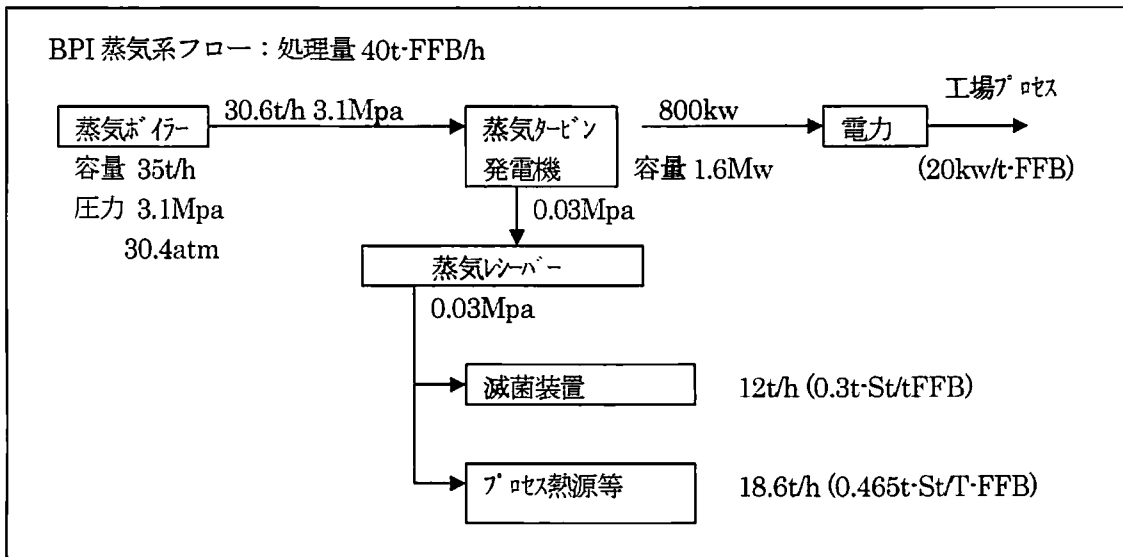
内訳 : 滅菌 0.109t-st/t-FFB

Mill 0.465t-st/t-FFB

(参考)同系列会社のエネルギー消費原単位

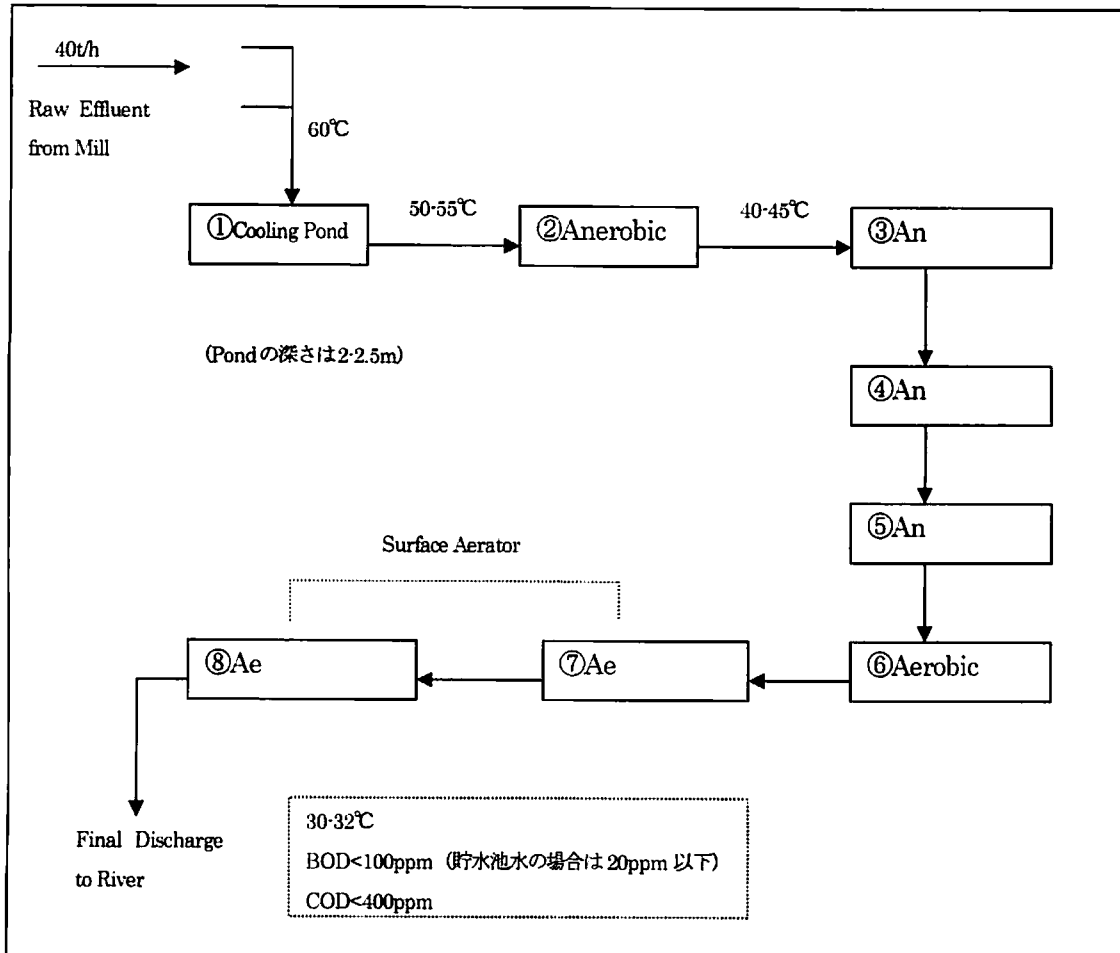
電力 16 kwh/t-FFB

蒸気 0.5 t-St/T-FFB



(2) BPI 社水処理設備概要

POME 排水処理(オープンラグーン方式)



水処理面積(ラグーン)

101,175m² (25 エーカー)
 敷地面積 145,692m² (36 エーカー)
 工場面積 24,282m² (6 エーカー)

排ガス及び周囲環境測定結果

<p>Stuck Monitoring (Boiler Chimny)</p> <p>Dust Particulates < 0.4g/Nm³ (実績値: 0.046)</p> <p>Sulpher Oxides < 0.2g/Nm³ (実績値: 0.031)</p> <p>Nox < 2.0g/Nm³ (実績値: 0.119)</p> <p>Ambient Air Monitoring</p> <p>D.P. < 260 μ g/m³</p> <p>Sox < 350 μ g/m³</p> <p>Nox < 320 μ g/m³</p>	<p>実績値は May05</p> <p>排ガスは 2 回/年報告</p> <p>環境測定は 3 回/年報告</p> <p>SPKS</p> <p>Mill Industry Std</p> <p>Industry Std</p> <p>基準値は立地により異り、居住地に近い場合は Ind Std が適用される。</p>
--	--

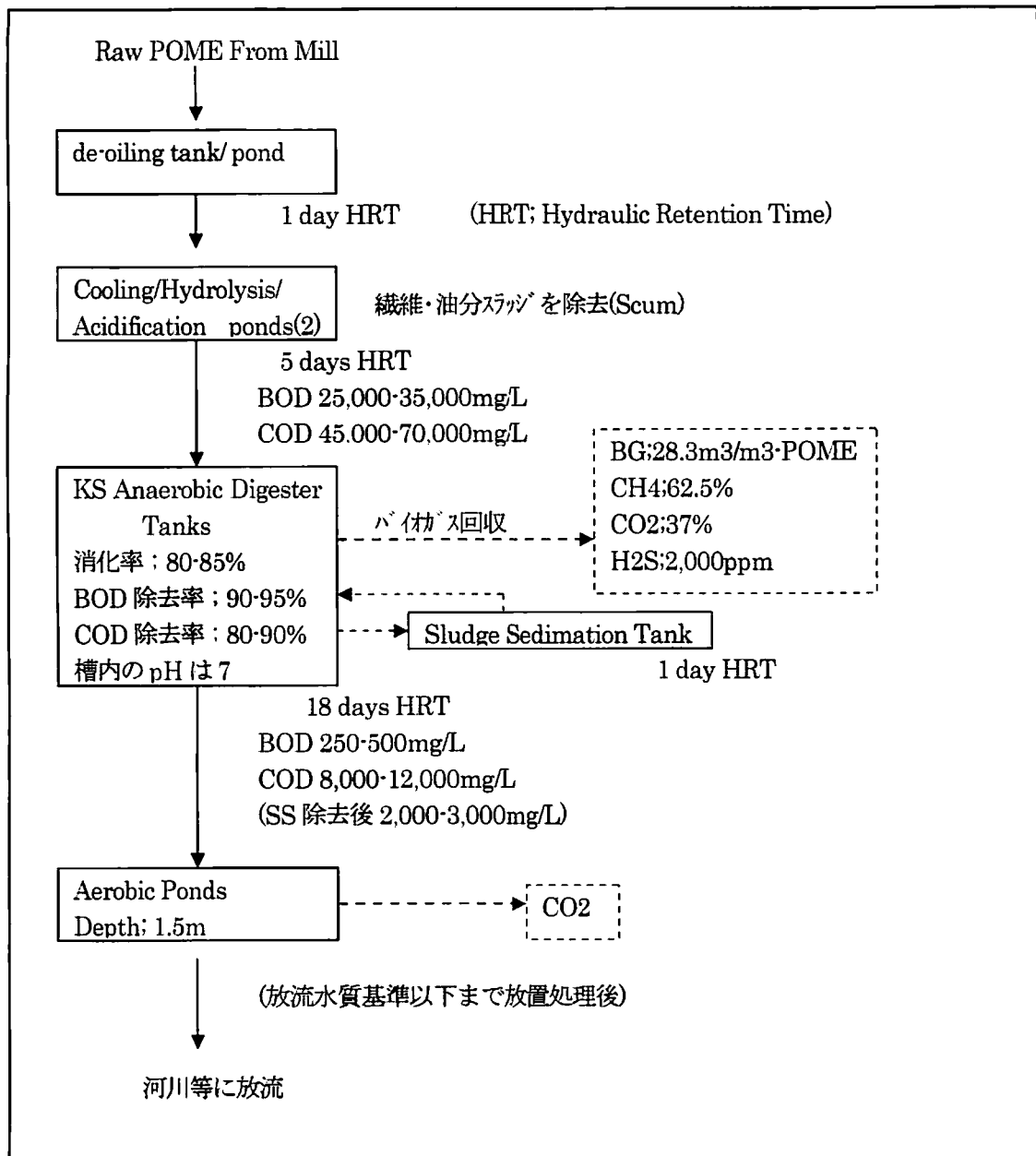
10.3 ケクセン社概要と密閉型消化ガスシステムプロセス

(1) ケクセン社の概要(1984-)

項目	容量	生産量・消費量	特性・性能等	備考
嫌気消化 ガス槽	2,500m ³ *3 (18days retention time)	BG 11,200Nm ³ /d 466.7Nm ³ /h	BOD 除去率 99% COD 除去率 85% 槽深さ 6m 滞留時間 20 日 槽内 pH 7	
ボイラー	Mill: Refinery: 1.058Mcal/h 68.6kg/cm ² 320°C 9.1t/h 10.1kg/cm ² 180°C	33.6t/d 1.4t/h 30t/d 1.25t/h		
STG	850kw	20Mwh/d 833kw		
蒸気	688t/d 28.7t/h 16.9kg/cm ² 215°C	Mill:413t/d 17.21t/h Ref:275t/d 11.46t/h	St 消費原単位 Mill:0.574t/t-FFB Ref:0.382t/t-FFB 節減分 滅菌 110t/d カーネル乾燥 40t/d	* *
FFB	30t/h			
メタン		6,610nm ³ /d 276Nm ³ /h		
バイオガス		11,120m ³ /d at 35°C 463m ³ /h		

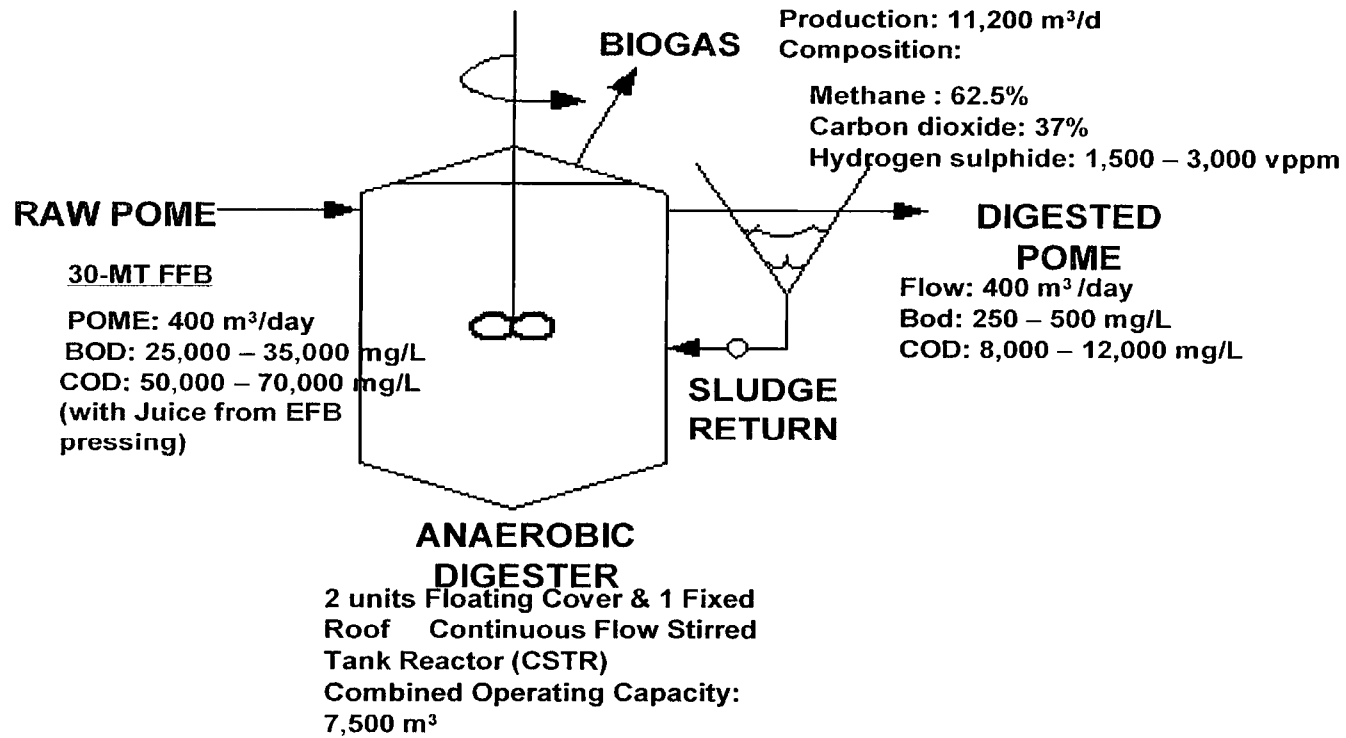
*節減 滅菌蒸気 従来 0.273t-St/t-FFB → FFB スプリッター 0.109t-St/t-FFB
 カーネル乾燥 従来 40t-St/t-FFB → 排ガス熱交換乾燥 0t-St/t-FFB

(2) 密閉型嫌気性消化ガスシステム(Keck Seng Bhd, Masai, Johor, Malaysia)



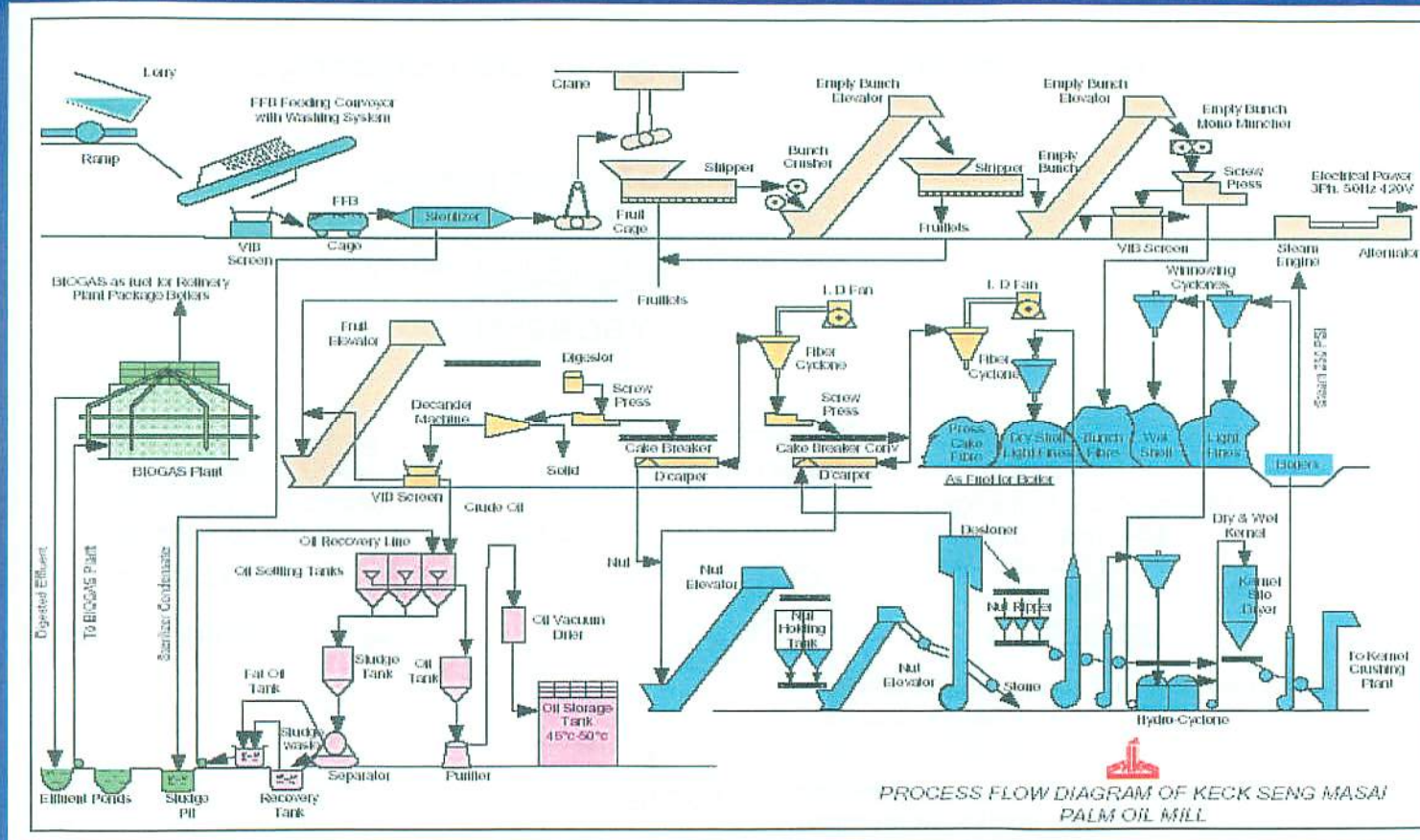
密閉型ダイジェスタータンク方式採用の Mill : 1-3 例(1981、1984、1986 に報告例あり)
(現在まで稼働しているのは 1 件)

(3) ケクセン社密閉型消化ガスシステムフロー



Design Specifications of KS Anaerobic Digester System

(4) ケクセン社パーム工場工程



Maximising Biomass (fibre, shell & EFB) Utilisation

10.4 ケクセン社と他社の比較

その1

No.	項目	Keck Seng 発酵槽 (マレーシア)	A社発酵槽 (デンマーク)	B社発酵槽 (オーストリア)
1	槽形式	鋼板製コンルーフタンク及び フローティングルーフタンク	鋼板製コンルーフタンク	縦型円筒鉄筋コンクリート造り
2	発酵温度	高温発酵 (55℃)	高温発酵 (53℃)	中温発酵 (35℃)
3	滞留日数	18日以上	同左程度と推定	同左程度と推定
4	バイオガス発生量	高温発酵のため、ガス発生量は 中温発酵に比べ、多い。	高温発酵のため、ガス発生量は 中温発酵に比べ、多い。	中温発酵のため、高温発酵に 比べ、ガス発生量は少ない。
5	攪拌方式	機械攪拌	機械攪拌	回分型無動力式差圧攪拌
6	攪拌動力	機械攪拌のため、攪拌は完全で あり、発酵槽内の汚泥濃度が均 一となり、良好な状態での発酵が 促進される。	機械攪拌のため、攪拌は完全で あり、発酵槽内の汚泥濃度が均 一となり、良好な状態での発酵が 促進される。	自己発生ガスによって発生した 液位差を利用したユニークな 攪拌方法である。
7	特徴	1 発酵槽形式としてフローティングルーフ タンクを組み合わせることにより、 負荷変動に対応し易くしている。 2 槽内にバイオガスの脱硫機能があり 別置の脱硫装置が不要である。	1 北欧での畜産廃液に実績が多い。	1 攪拌動力がないため、全体と しての消費電力が少なくなる。

その2

No.	項目	Keck Seng 発酵槽 (マレーシア)	A社発酵槽 (デンマーク)	B社発酵槽 (オーストリア)
8	実績	パーム油の世界最大生産国であるマレーシアのパーム油工場廃液(POME)用に開発されたバイオガス化技術であり、マレーシアで実績が多い。	農業国であるデンマークで畜産廃液のバイオガス化技術として実績が多い。 (20基以上)	1 畜産廃液のバイオガス化技術としてヨーロッパで実績が多い。 2 日本へのバイオマス発酵技術導入の先行技術である。
9	建設費	○ (マレーシア現地製作)	△	△
10	評価	採用		
	備考	建設費の経済性を高めるため、本方式でのマレーシア現地での製作とする。 推定建設費 (発酵槽:鋼板製 3,000m ³ ×3基) マレーシア現地製作ケース 90,000,000 円 (PDD) 日本国内製作ケース 298,000,000 円 (推定試算)	三和エンジニアリング(株)の導入技術。	実績例: 京都府内 家畜糞尿+事業系生ごみ 発酵槽 鉄筋コンクリート製 中温 2,100 m ³ (高温 600m ³ :増設)

(注) 平成18年2月 三和エンジニアリング(株)作成

10.5 消化ガスシステム技術

メタン発酵は、有機物を嫌気性細菌の作用によりメタンに転換させることで、有機性廃水処理や有機性廃棄物の減量化、安定化、無害化（病原性微生物の死滅）を図りつつ、エネルギー資源の回収を実現する処理システムである。

10.1 メタン発酵の機構

メタン発酵は、酸素のない嫌気的条件下において嫌気性細菌の作用により有機物をメタン（ CH_4 ）と二酸化炭素（ CO_2 ）に分解する生物学的プロセスであり、古くから汚水・下水汚泥の処理に用いられてきた。最近 20 年間、欧米を中心とした研究開発により、メタン発酵技術はめざましい進歩を遂げ、溶解性有機物に対応する UASB リアクターや固形廃棄物に対応する高濃度発酵装置などの新しい技術が確立されている。

(1) メタン発酵における物質変換の概要

有機性廃棄物のメタン発酵における生分解性有機物の分解過程は、大きく分けて以下の 4 段階からなる。

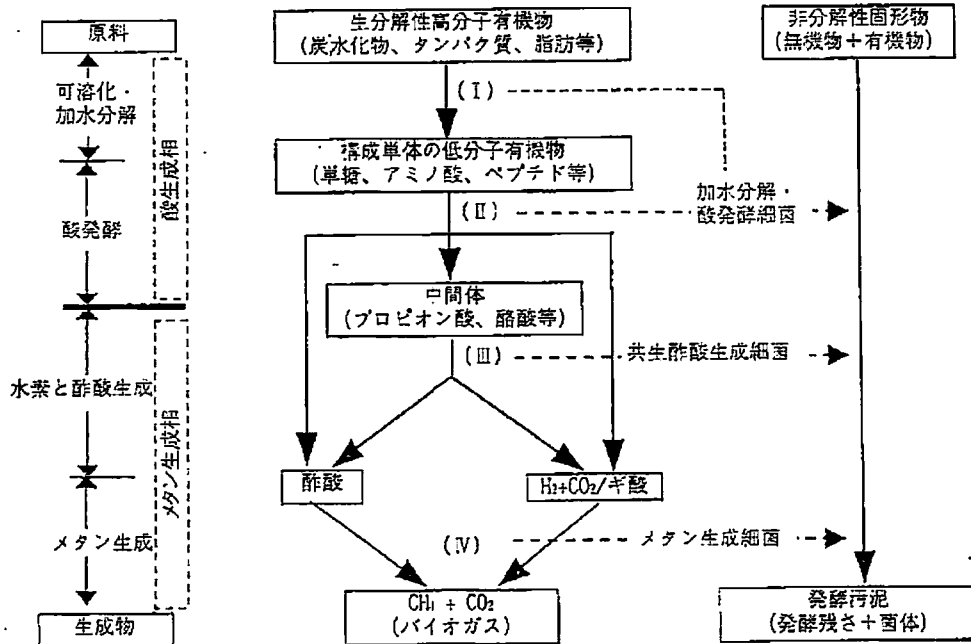


図 10-1 有機物のメタン発酵プロセスの概要

- (I) 固形または高分子有機物から低分子有機物（糖、アミノ酸及び高級脂肪酸）に分解する可溶化・加水分解
- (II) 低分子有機物から有機酸（ギ酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸など）、アルコール

類などを生成する酸生成

(Ⅲ) 有機酸から酢酸と水素を生成する酢酸生成

(Ⅳ) 水素や酢酸などからメタンと二酸化炭素を生成するメタン生成

排水処理・廃棄物処理の分野では、(Ⅰ) (Ⅱ) の 2 つの段階を併せて酸生成相、(Ⅲ) (Ⅳ) の 2 段階を併せてメタン生成相と呼ぶことが一般的である。

メタン発酵の結果、生分解性有機物の大部分がバイオガスに転換され、残りが増殖菌体となって非分解性固形物とともに汚泥となる。また窒素 (N) とリン (P) の挙動として、タンパク質に含まれている窒素はアミノ酸の分解に伴い NH_4^+ の形態で液相に放出するが、有機性廃棄物に含まれているリンは、鉄、マグネシウムなど金属イオンと反応して難溶性の沈殿物となって固形物になることが多い。また、メタン発酵では嫌気性反応による病原性微生物の死滅効果がある。

(2) メタン発酵に関わる細菌とその役割

メタン発酵に関与している細菌群をその作用から分類すると、以下の 3 グループに分けられる。

- ① 加水分解・酸発酵に関与する酸生成菌
- ② プロピオン酸や酪酸などの分解に関与する水素生成性酢酸生成菌
- ③ メタン生成を行うメタン生成菌

各細菌が関与できる工程は限られているので、有機物がメタンに分解されるまでに多くの細菌が逐次的に作用する。正常に運転されているメタン発酵槽では、これら異種細菌の緊密的な共存関係が形成されるので、プロセスは比較的安定である。

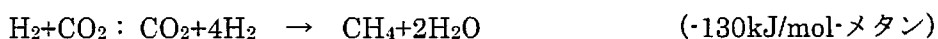
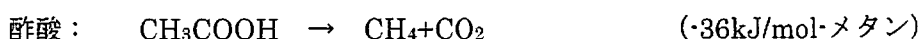
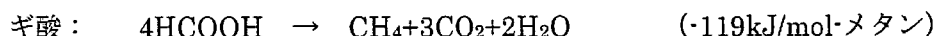
① 加水分解・酸発酵細菌 (酸生成菌)

加水分解細菌は分解酵素を細胞外に分泌し、生ごみ・汚泥等に含まれている炭水化物、タンパク質、脂肪などの高分子有機物を糖類、アミノ酸とペプチドおよびグリセロールと高級脂肪酸などの低分子有機物に分解する (この分解反応を加水分解または可溶化反応という)。生成された糖類やアミノ酸などは、その加水分解細菌もしくは別の発酵性細菌によって有機酸 (酢酸、プロピオン酸、酪酸、吉草酸、ギ酸)、 H_2 (水素ガス) と CO_2 に分解される。糖類発酵において乳酸またはアルコール (エタノールなど) を多く生成する場合がある。このように、加水分解と酸発酵反応は極めて複雑だけでなく、同じ細菌で両方の反応を行う場合も多い。実用的に加水分解や酸発酵に関与する細菌群を一括して酸生成菌と呼ぶ。

② メタン生成菌

メタン生成菌に利用できる基質は酢酸、ギ酸、 H_2+CO_2 、メタノール、メチルアミンの 5 種類しかない。メタン発酵において酢酸、 H_2+CO_2 、ギ酸がメタン生成の前駆物質

となる。それらの反応式は次のとおりである。



上記の3つの反応をすべて行えるメタン生成菌はなく、酢酸を利用できるものはギ酸を利用せず、ギ酸を利用できるものは水素も利用できる。従って、メタンの生成は基本的に酢酸経由および水素とギ酸経由に分かれる。一般的に生成されるCH₄の約70%は酢酸分解によるものであり、残りの30%はH₂+CO₂由来とされている。また、水素やギ酸からのメタン生成に比較して酢酸の分解は遅いので、酢酸利用のメタン生成はメタン発酵の律速段階となる。

酢酸を分解するメタン生成菌は、糸状性のMethanosaetaと連球状のMethanosarcinaの二つの属があり、中温条件におけるそれぞれの世代時間が4~9日と1~2日と報告されている。一方、55℃の高温条件で増殖したMethanosaeta及びMethanosarcinaの世代時間はそれぞれ約30時間及び12~15時間で、中温菌のそれぞれ半分以下となっている。即ち、高温メタン生成菌は中温菌の倍以上の増殖速度がある。

(出典: Zinder H.S., Anaerobic Digestion 1988, pp.1-12, 5th International Symposium on Anaerobic Digestion, Bolona)

③ 水素生成酢酸生成菌

上述の通り、酸生成相ではプロピオン酸や酪酸などの脂肪酸が生成されるが、メタン生成菌はこれらを直接利用することができない。そこで水素を生成しながら酢酸を生成する第三グループの水素生成性酢酸生成菌による中間分解が必要になる。このグループの細菌は代謝性生物の水素や酢酸に阻害されやすく低い水素分圧を要求するので、メタン生成菌との共生が必要である。

(3) 化学量論と物質収支

汚泥や生ごみに含まれる有機物は炭水化物、タンパク質、脂質および粗繊維に大別されるが、その主な元素構成は炭素(C)、水素(H)、酸素(O)及び窒素(N)である。メタン発酵における物質転換を次式のような化学量論式で簡潔に表現できる。この化学量論式により表10-2のようにガス生成、NH₄⁺およびアルカリ度生成を概算できる。

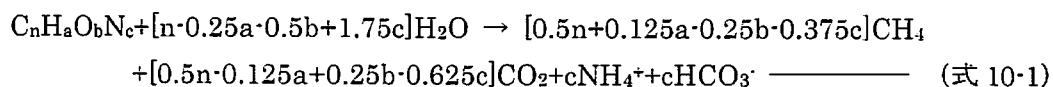


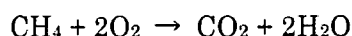
表 10-2 生ごみと余剰汚泥のバイオガス生成量及びその組成の理論計算

(10-1式に基づく)

メタン発酵の原料		ガス生成量	バイオガスの組成		NH ₄ ⁺ 生成 (最大値)	アルカリ度 生成
廃棄物	擬似分子式	(m ³ N/kg・VS分解)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	(mg/g・VS分解)	(mg/g・VS分解)
余剰活性汚泥	C ₅ H ₇ O ₂ N	0.793	62.5	37.5	123	443
食品系生ごみ ^{a)}	C ₁₇ H ₂₉ O ₁₀ N	0.880	57.8	42.2	34	122

《出典：佐々木ら、水環境学会誌、第22巻第12号、pp.983-989(1999)》

メタン発酵による有機物からのメタン発生量は、次の理論式から比較的容易に求めることができる。



理論的に1molのCH₄(0℃で22.4l)を酸化するのに、2molの酸素(64g)が必要である。従って、1gの酸素は22.4/64=0.35L(0℃、1気圧の標準状態)のメタンに相当する。一般的に生ごみ、汚泥および食品廃棄物の理論酸素消費量はCOD_{Cr}で近似できるので、1gのCOD_{Cr}の分解から0.35Lのメタンが生成し、メタンの含有率を60%とすれば、バイオガス生成量は0.35L/0.6=0.583Lという計算になる。

(4) 運転管理に関わる指標

① pH

メタン生成菌はほぼ中性付近のpH条件を好むので、メタン発酵の最適pHが6.8~7.6と言われている。良好に運転されているメタン発酵槽のpHはだいたい6.5~8.2の範囲にある。汚泥や生ごみなどの固形廃棄物のメタン発酵においてはアンモニア性窒素濃度が比較的高いので、pHは一般的に7.2~8.0の範囲にある。

② 温度

メタン発酵は、その操作温度域により無加温(<25℃)、中温発酵(30~40℃)および高温発酵(50~60℃)に分けられるが、実用的には中温の最適温度35℃前後または高温の最適温度55℃前後で行われる。最近の研究によれば、中温発酵および高温発酵に関与する優勢菌種が異なっており、しかも高温発酵に比較して中温発酵に関わる細菌構成は豊かである。また、処理特性の観点から中温発酵と高温発酵を比較すると、高温発酵は加水分解率や病原性微生物の死滅率が高く、発酵速度が速くて高負荷を実現しやすい反面、有機酸が蓄積しやすい。それに対して、中温発酵は分解速度が遅いものの、安定性がある。中温と高温のメリットを最大限に生かすために、処理対象と目的によって中温発酵と高温発酵を使い分けることも考えられる。

③ 有機酸

メタン発酵の中間生成物として酢酸、プロピオン酸、酪酸などの有機酸が生成するが、メタン発酵が順調に進んでいる場合、生成した有機酸は速やかにメタン生成菌に利用されるので、有機酸の濃度が低く、しかも検出されるものはほとんど酢酸、プロピオン酸および酪酸である。従って、これら3種類の揮発性脂肪酸の挙動（濃度と構成）を把握すれば、メタン発酵槽の運転状況を知ることができる。また、有機酸の蓄積はアルカリ度やpHと連動しているため、pHとアルカリ度の推移よりその動向を容易に把握することができる。

メタン発酵において、急激な温度変化、酸素の混入、pHの変動、有機物の過負荷などの要因によってメタン生成菌の活性が阻害された場合に、有機酸濃度が増大し、pHが低下していわゆる酸敗現象が起こる。揮発性脂肪酸によるメタン発酵の阻害機構に関してはこれまで次のような報告がされている。

- 1)メタン生成菌は高濃度(酢酸換算 $>2,000\text{mg/l}$)の残存有機酸によって阻害される。
- 2)メタン生成菌が、有機酸由来の系内pH低下($\text{pH}<6.5$)によって阻害される。

しかし、高濃度発酵においてpHが7.5以上で揮発性脂肪酸濃度が酢酸換算 $5,000\text{mg/l}$ 以上になっても安定したメタン発酵ができるケースも見られることから、揮発性脂肪酸によるメタン発酵への阻害は有機酸の絶対濃度で判断するのではなく、pHとアルカリ度との関連としてみるべきであろう。

④ アンモニア

表10-2と式10-1に示すとおり、生ごみや汚泥などの有機性廃棄物のメタン発酵においてタンパク質の分解に伴い、 NH_4^+ が生成する。この NH_4^+ がメタン生成菌増殖の栄養成分になったり、重碳酸イオン(HCO_3^-)と平衡してアルカリ度になったりするので、良好なメタン発酵にとって不可欠な成分である。しかし、 NH_4^+ 濃度が高すぎると、それに起因するメタン発酵の阻害(有機酸の蓄積とメタン生成速度の低下)が起こる。アンモニア毒性はさまざまな要因に影響されるので、文献に報告されている阻害濃度には幅があり、汚泥の馴養によりアンモニア耐性が強くなることも知られている。また、アンモニアの状態は、解離しているアンモニア(NH_4^+)より分子状の遊離アンモニア(NH_3)の方がより強い毒性を有する。この解離平衡はpHと温度によって変化し、pHが高いほど、また温度が高いほど、より多くの遊離アンモニアが生成するので、アンモニア阻害はpHと温度が高いほど起こりやすい。

アンモニア阻害は高濃度発酵、特に NH_4^+ の前駆物質であるタンパク質の濃度が高い場合に問題となりやすいので、設計・運転において十分留意する必要がある。なお、アンモニア阻害は殺菌性のもではなく、pHや温度の調整または希釈で回復する場合が多い。

⑤ アルカリ度

アルカリ度は、酸を中和する溶液の容量を示す指標であり、メタン発酵プロセスの安定性に関わる。一般的にメタン発酵におけるアルカリ度は原液由来のものと代謝物由来のものに分けられるが、汚泥や生ごみの発酵においては原液にアルカリ度がほとんどないので、主に発酵代謝物に由来する。表 10-1 にまとめたとおり、代謝物由来のアルカリ度は主にタンパク質の分解で放出する NH_4^+ に起因する。 NH_4^+ は等モルの HCO_3^- と平衡して NH_4HCO_3 となるので、理論的に 1g の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ は 3.6g のアルカリ度をもたらす。したがって、メタン発酵槽におけるアルカリ度は投入物の TS 濃度とタンパク質含有率に比例して増大する。投入物の C/N 比の影響もあるが、一般的に投入 TS 濃度が 10% ぐらいなら、総アルカリ度が 5,000~10,000mg/L の範囲にある。

⑥ ガス組成と硫化水素

メタン発酵により生成するバイオガスの主成分はメタンと二酸化炭素であり、表 10-1 に例示したように CH_4 と CO_2 の含有率は廃棄物の種類に若干影響されるが、一般的にそれぞれ 60% (±5%) と 40% (±5%) で安定している。 CH_4 含有率の傾向として、タンパク質と脂肪成分が多い場合に高めになるが、逆に炭水化物が多い場合には低めになる。また、 CO_2 含有率の急上昇または CH_4 含有率の急低下はメタン発酵の阻害と連動する場合が多い。

メタン発酵において、原料中の硫黄成分が硫化水素 (H_2S) の生成をもたらす。硫化水素の発生は硫酸塩の還元とタンパク質の発酵に由来するので、原料中の硫酸塩濃度とタンパク質濃度に影響される。バイオガス中の硫化水素濃度は、処理対象により数百 ppm から数千 ppm の範囲で変化する。硫化水素が多くなると、バイオガスの品質を低下させるだけでなく、メタン発酵に阻害を及ぼす場合もある。

硫化物は水中で $\text{H}_2\text{S}=\text{HS}^-+\text{H}^+$ という平衡で解離し、硫化水素阻害は主に遊離 H_2S によるものである。pH7.0~7.2 での毒性影響は 40mg-S/L (バイオガス中 1.5% H_2S) から始まると報告されている。また硫化水素阻害は鉄塩の投入で抑えられることはよく知られている。その機構として、硫化水素は鉄と反応して難溶性の硫化鉄 (FeS) となり、遊離 H_2S 濃度が低く抑えられるからである。したがって鉄が多くある場合にバイオガス中の硫化水素濃度は数十 ppm 以下になる。

⑦ 滞留時間

滞留時間は、有機物の分解率と運転の安定度に影響を及ぼすだけでなく、投入負荷とも関連する重要な指標である。メタン発酵槽の安定運転を維持するために、メタン生成菌の保持と過負荷の防止が重要である。単純に菌体維持の観点から考えると、メタン生成菌世代時間の 3 倍以上の滞留時間 (安全係数 3) を確保しようとする、中温では 6

日（世代時間 2 日×3 倍）以上、高温では 4 日（世代時間 1.3 日×3 倍）以上が必要という計算になる。また汚泥や生ごみの分解には固形物の加水分解に時間がかかるので、高い分解率を得るのに、固形物滞留時間（SRT）をある程度長くする必要がある。実用技術として滞留時間を 15 日程度以上とすることが一般的である。

10.2 メタン回収設備の構成

メタン回収設備は、受入・供給設備で貯留された生ごみ等の有機性廃棄物や水処理設備からの汚泥等を、メタン発酵に適した性状にするための前処理設備、嫌気性反応によりメタンを発生させるメタン発酵設備、発生メタンを貯留するバイオガス貯留設備及びバイオガス利用設備から構成される。

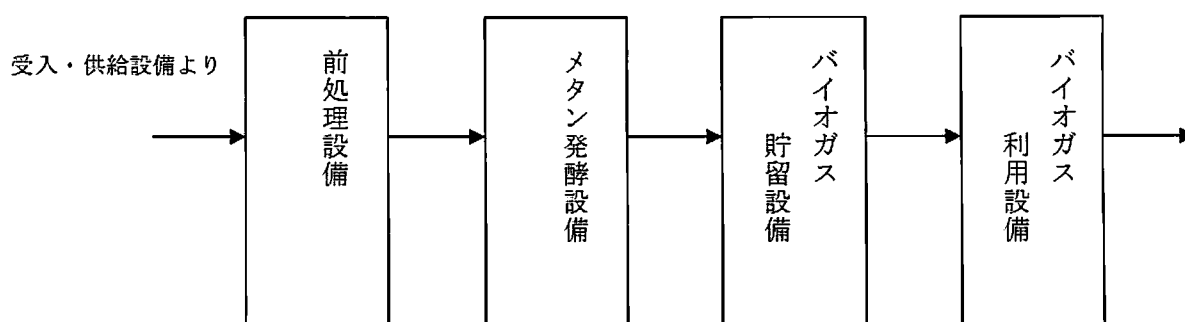


図 10-3 メタン回収設備のブロックフローシート

10.3 メタン発酵設備

メタン発酵設備は、嫌気性反応により有機物からメタンを安全かつ効率よく回収するとともに、汚泥の減量化を主目的とした設備である。メタン発酵槽は、鉄筋コンクリート造りまたは、鋼板製等の水密かつ気密構造であり、有機物の投入及び引抜装置、反応槽内を攪拌装置、反応槽の温度調整装置等で構成される。また、メタン発酵槽の前後には、推量バランスの調整等を目的とした投入調整槽、発酵汚泥貯留槽が設けられることが多い。

(1) 投入調整槽

投入調整槽はメタン発酵槽の前に設置され、水量調整や、濃度調整、各種有機性廃棄物の混合を主な目的とする。また、メタン生成反応の前段である酸生成反応や、汚泥の可溶化を投入調整槽で積極的に行う例もある。投入調整槽は高濃度な生ごみ等の有機性廃棄物や汚泥に対応した攪拌機構を持つことが望ましく、腐食への対策も必要である。

メタン発酵への投入調整のため、受入・供給から投入調整槽までのいずれかに 3 日分程度の容量を有していることが望ましい。

(2) メタン発酵槽

① メタン発酵の方式

メタン発酵は、1槽で行う場合もあるが、酸生成やメタン生成等の反応過程の分離や維持管理性などによって2槽を組み合わせたものもある。

投入有機物中に粗大な固形物が多い場合、あるいはメタン発酵後の混合液濃度が脱수에不適なほど低くなる場合は、前段あるいは後段に固液分離を主目的とした水槽を設置する例がある。逆に、投入有機物に粗大な固形物の混入が少なく、混合液濃度が充分高い場合は1槽でも対応可能である。

また、1槽目で中温発酵を行い、2槽目で高温発酵を行う2段式メタン発酵の事例もある。

② 反応槽の構造等

メタン発酵を担う細菌は酸素が存在する状態では死滅する絶対嫌気性細菌であるので、反応槽内への空気の混入を防ぐため、メタン発酵槽は、鉄筋コンクリート造りあるいは鋼鉄製の水密かつ気密な構造とする必要がある。なお、メタン発酵によって発生するバイオガスには硫化水素などの腐食性ガスが含まれているので、これらのガスと接触する部分では使用する材質に注意が必要であり、防食ライニングなどを施すことが多い。

また、メタン発酵槽では、槽内液の均質化や温度分布の均一化によってメタン発酵を促進させるとともに、スカムの発生を防止するために攪拌を行うが、攪拌方式には、ガス攪拌方式、機械攪拌方式、ポンプ攪拌方式及び発生ガスの圧力を利用して攪拌を行う無動力攪拌方式などがある。

メタン発酵に適した温度として、30～40℃の中温と50～55℃の高温があり、メタン発酵槽内をこの温度に保つために加温装置や発酵槽の保温が必要となるが、加温方法としては、熱交換器による槽外加温、蒸気吹込みによる直接加温、ヒーティングパイプ埋め込みによる間接加温などがある。

ここで、加温に要する熱量は、投入有機物の昇温に必要な熱量に反応槽からの放熱等を加えたものとし、その熱源にはメタン発酵により発生したバイオガスを使用することが一般的であるが、試運転時などガス発生量の低い時期や冬季など、発生ガスだけでは十分な熱量を得られない場合を考慮して、重油などの補助熱源による加温を考慮する必要がある。

また、放熱を少なくするため、発酵槽を熱伝導度の小さい材料などで覆ったり、あるいは槽外に温水パイプを取り付けるなど、保温をすることが望ましい。

その他、メタン発酵槽には、ガスドーム、投入及び引抜配管、点検用マンホール、試料採水口、液位計、温度計、安全装置などが付帯されることが一般的であり、運転管理や点検、清掃などへの配慮が求められる。

なお、下水汚泥を処理対象とする場合は、高い固形物濃度に対応した発酵槽が用いら

れるが、図 10-4、10-5、10-6 にその代表的な構造例を示す。

構造例 1 の構造説明：（図 10-4）

内部はセンターチューブ、主発酵部、上部室に分けられている。投入有機物はセンターチューブから攪拌翼を通り、主発酵部へ、さらにミキシングシャフトを通り上部室へ流れて槽外へ排出される。

攪拌は、発生するバイオガスの圧力によって液を上部室に押し上げ、続いてバイオガスを開放することによって押し上げられた液を短時間で流下させることで強力な攪拌渦流を生み出す無動力攪拌方式である。

構造例 2 の構造説明：（図 10-5）

メインチャンバーとプレチャンバーの 2 つの水槽から構成されている。投入有機物は、プレチャンバーに一旦貯留され、その後メインチャンバーに送られる。

プレチャンバーには、短絡流を防止して効果的な反応を行わせるとともに、重量物や砂などの発酵不適物を沈降させ、底部から引抜く機能がある。

攪拌は、ガス攪拌装置、機械スクラム破碎装置及びポンプ循環を必要に応じて組合せて行う。

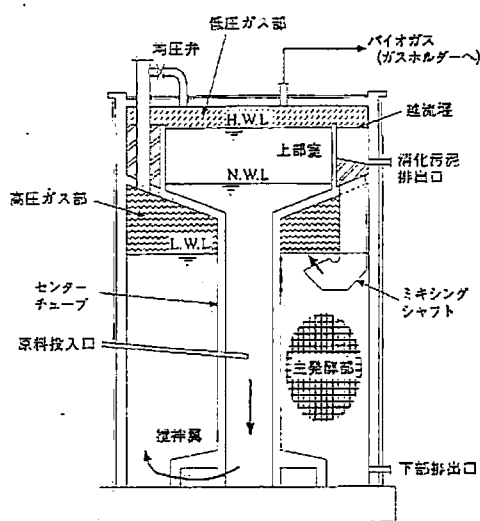


図 10-4 メタン発酵槽の構造例 1

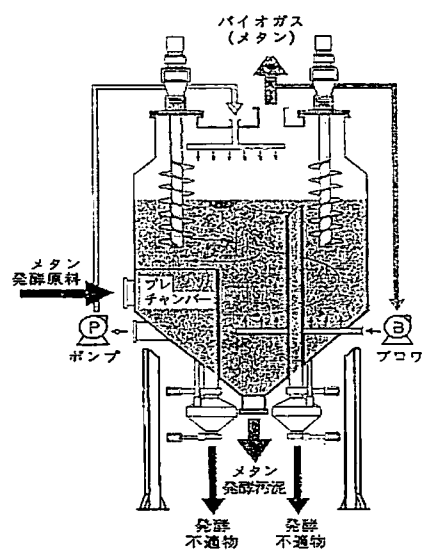


図 10-5 メタン発酵槽の構造例 2

構造例 3 の構造説明：

上向流式であり、内部は複数枚の多孔板で仕切られている。

攪拌は、発酵槽上部の容器に貯留されている混合液をポンプにより発酵槽下部に急速に押し出すポンプ攪拌方式であり、上向流と多孔板によって生み出される乱流によって

攪拌効果がを高めている。

発酵槽下部には沈殿物引抜装置が設置されており、比重の大きい砂等の沈殿物を引き抜くことができる。

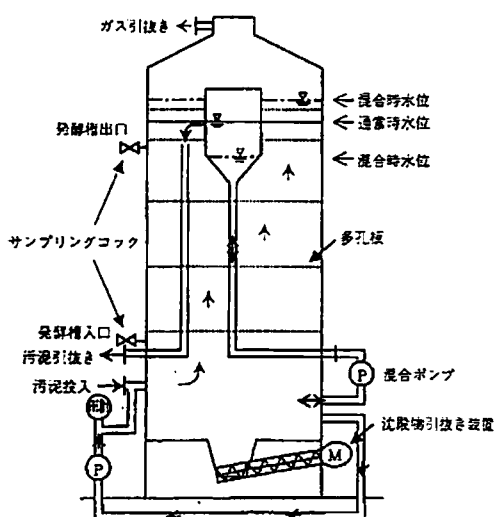


図 10-6 メタン発酵槽の構造例 3

(3) メタン発酵槽容量

メタン発酵槽の容量は、各種廃棄物の処理に必要とされる経験的な滞留日数に 1 日当たりの投入量に乗じて決定される。

1 日当たりの投入量は、投入物の固形物濃度を調整することで容易に変えることができ、従来のし尿処理等ではメタン発酵への投入固形物濃度は 1~2%程度であったが、生ごみ等も対象とした汚泥再生処理センターでは、5~12%程度の高濃度で設計される例が多い。

また、生ごみ等の有機性廃棄物の分解率は対象となる物質により大きく異なり、汚泥の有機物分解率は生ごみの分解率に対して半分以下となっている。一般に、生ごみ等の有機性廃棄物と汚泥等を混合して行うメタン発酵においては、VTS (揮発性蒸発残留物：有機物の指標として用いられる) や COD_{Cr} (化学的酸素要求量) 等の投入有機物量や負荷が簡便的な指標としてよく用いられている。

また、反応速度については、一般に中温発酵よりも高温発酵の方が速いといわれている。一概に論ずることはできないが、標準的な滞留日数、固形物濃度及び有機物負荷を表 4.2.5-1 に示す。

なお、膜分離等により発酵槽内の液のみを引き抜く方法 (発酵槽内の菌体濃度維持と有機酸やアンモニア蓄積の防止) や、微量金属を添加する方法 (菌体活性向上) 等により COD_{Cr} 容積負荷をかなり上げた例もある。

表 10-7 メタン発酵槽容量算出のための数値例

項 目	値
滞留日数	16 日以上
固形物濃度	12%以下
有機物負荷	VTS 4.0~8.0kg·VTS/(m ³ ·d)以下 COD _{Cr} 6~12kg·COD _{Cr} /(m ³ ·d)以下

(4) バイオガス発生量

バイオガスは、投入される有機性廃棄物の分解によって発生するものであり、その発生量は投入物の組成によって異なる。汚泥再生処理センターでは、生ごみ、余剰汚泥等、種々の有機性廃棄物を処理するため、各有機性廃棄物毎にバイオガス発生量を設定することが多く、その量は、有機物量を示す VTS や COD_{Cr} を基準にしていることが多い。表 4.2.5-2 に生ごみと余剰汚泥の有機分解率とバイオガス発生量の例を示す。

表 10-8 有機性廃棄物からのバイオガス発生量 (参考)

項 目	生ごみ	余剰汚泥
メタン発生量	0.45~0.55Nm ³ /kg・分解 VTS 0.35 Nm ³ /kg・分解 COD _{Cr}	
有機物分解率		
VTS として	75~80%	35~40%
COD _{Cr} として	70~75%	30~35%
メタン濃度	60%	
バイオガス発生量	0.75~0.92 Nm ³ /kg・分解 VTS 0.58 Nm ³ /kg・分解 COD _{Cr}	

(5) 発酵汚泥分離水の性状

メタン発酵後の発酵汚泥は、有機物の分解により固形物が減量し、性状も安定している。また、バイオガス発生量と同様、有機物の分解率も発酵温度や有機性廃棄物の種類によって異なることが知られている。固形物 (TS) の減量化率の例を表 10-9 に示す。

メタン発酵によって BOD は分解されるが、窒素は分解されず、アンモニアとして残留する。

表 10-9 減量化率の例

種類	TS 減量化率
生ごみ	70%程度
汚 泥	30%程度

(6) エネルギー回収と熱利用

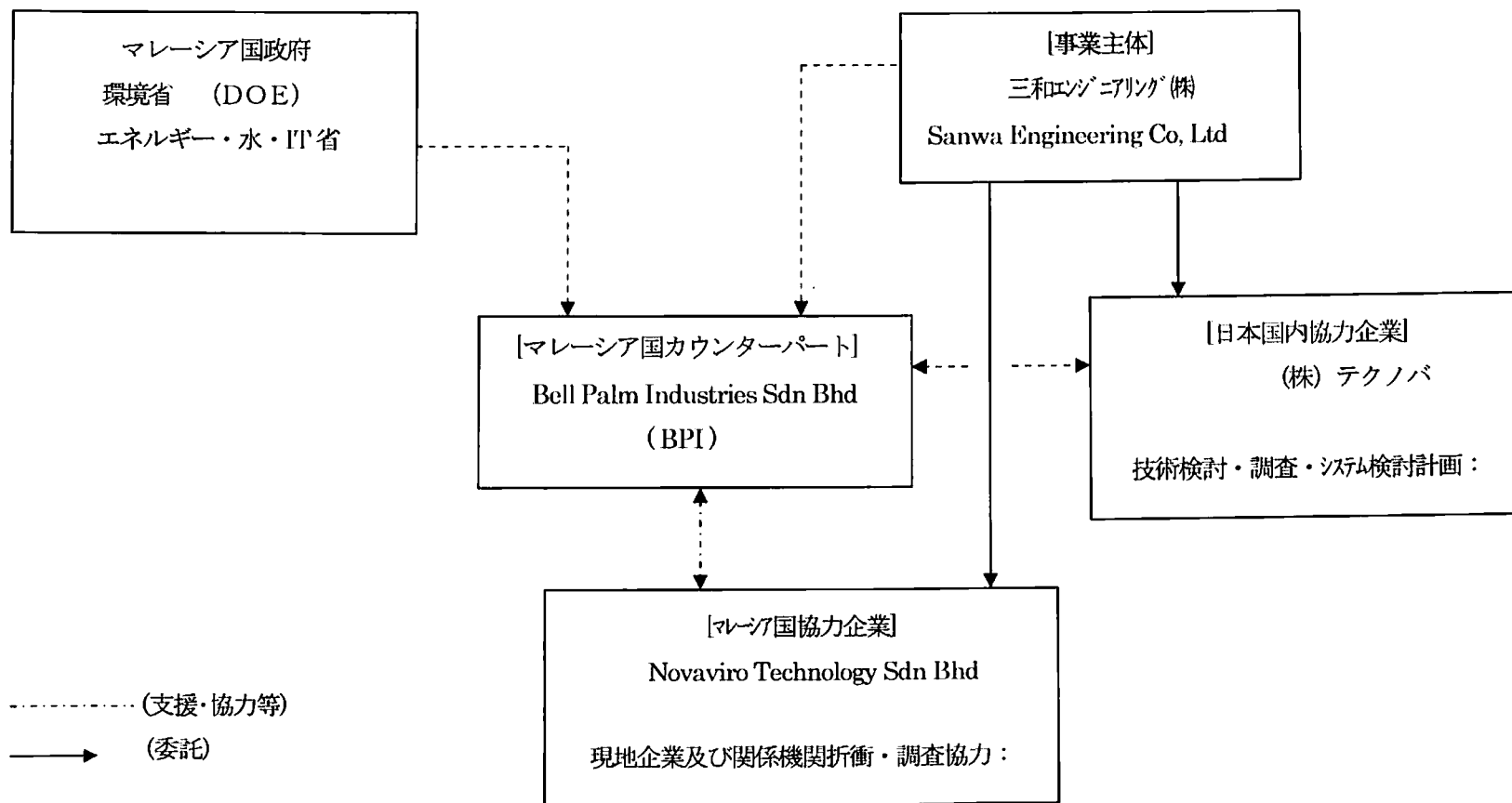
メタン発酵は回収ガスによるエネルギー利用を主な目的としており、ボイラーやコージェネなどに利用される例が多い。なお、メタン発酵槽及び前処理装置などの運転に要する電力や、投入有機物を発酵に適した温度まで加温する熱量といった消費エネルギーにも配慮が必要で、特に高温発酵の場合は回収メタンによる発生熱で加温するケースが多い。

(出典：(社)全国都市清掃会議、汚泥再生処理センター等施設整備の計画設計要領)

添付資料 1 調査・実施体制図

平成17年度 CDM/JI 事業調査

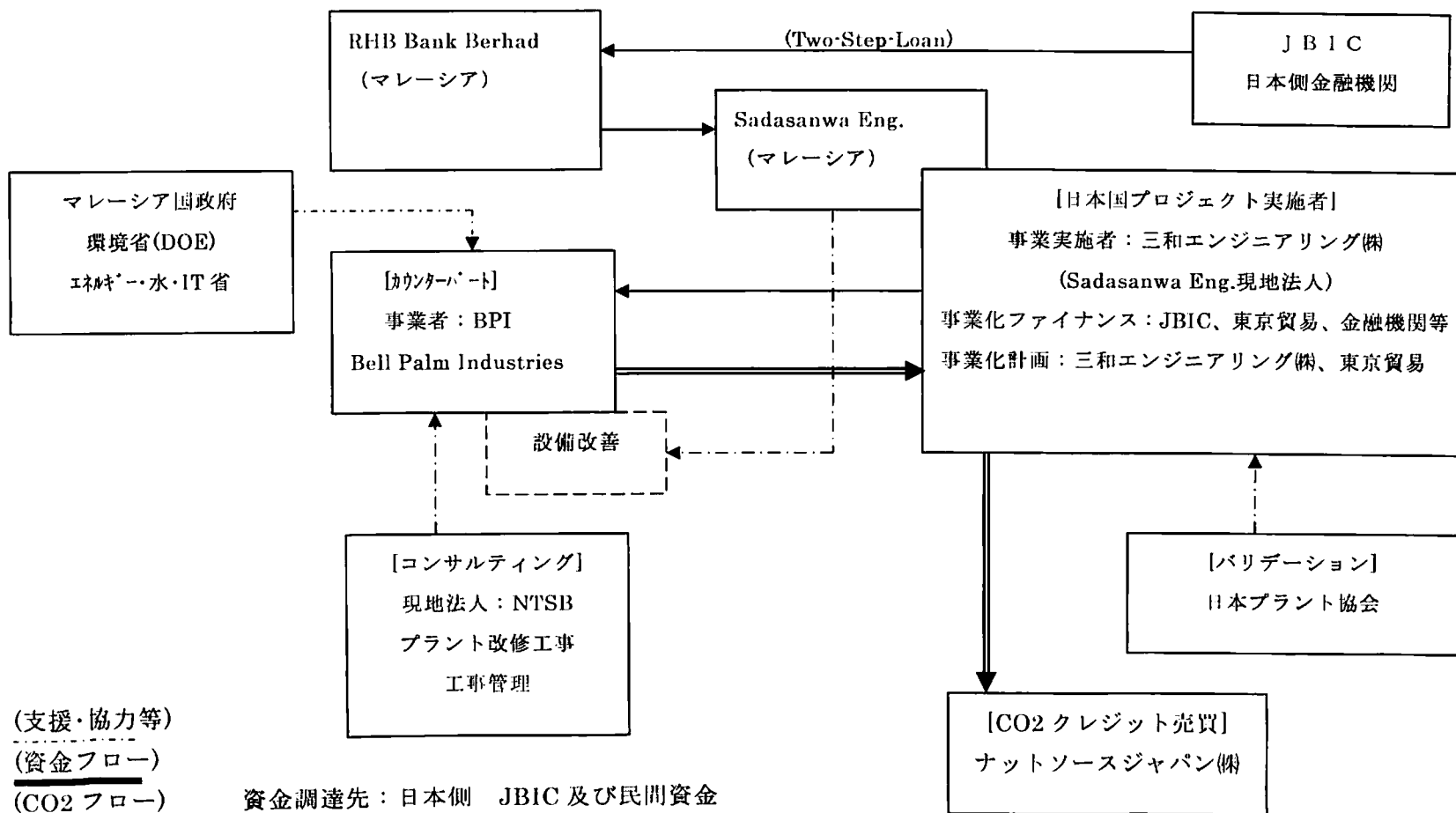
マレーシア・ジョホール州パームオイル工場メタンガス排出削減事業調査



添付資料 2 事業化実施体制案

平成17年度 CDM/JI 事業調査

マレーシア・ジョホール州パームオイル工場メタンガス排出削減事業調査



添付資料 3 事業収支検討資料

- 1) 事業収支総括表
- 2) 収支一覧表

添付資料3 事業収支総括表

FFB処理量 40t/h

事業開始2007年
排出量取引期間 21年(7年/Term X 3)
2008-2014(第1ターム)

	CER無し	\$5/t-CO2	\$10/t-CO2	備考
1.IRR				
事業開始後8年目のIRR(税引後)	-15.91 (税引前)	-0.14	16.18	
事業開始後15年目のIRR(税引後)	-6.37 (税引前)	10.16	23.24	
事業開始後22年目のIRR(税引後)	-4.66 (税引前)	12.37	24.24	
2.単純投資回収年数 年	96.4	6.6	3.4	
3.想定条件				
(1)設備投資金額(百万円)		106		
(2)借入金額(百万円)		106		金利は5%
借入金利 利率%		5%		
借入期間 年		7年		
返済方法		元利金等返済		
(3)支出 小計(百万円/年)		7.2		
O&M費用(百万円/年)		5.6		CPOの5%
運転要員費(百万円/年)		1.6		要員3名
(4)収入 小計(百万円/年)	8.3	23.3	38.2	
シェル売却(百万円/年)		8.3		シェル外販量:5,000t/y 単価:1,650円/t
CER 排出量(t-CO2/年)		24,172		
売却益(百万円/年)	0	15	31	
(5)収支(百万円/年)	1.1	16.1	29.8	
(6)法人税 税率(%)		28		現地税率
(7)減価償却 償却期間(年)		7		定率法による
残存簿価(%)		10		
(8)その他				

《収支一覧表》40t \$5/t-CO2

(単位:百万円) 事業年度
 (*: 記入不要欄、網掛け部分は記入) CER

	2007 1	2008 2	2009 3	2010 4	2011 5	2012 6	2013 7	2014 8	2015 9	2016 10	2017 11	2018 12	2019 13	2020 14
損益計算書														
1 売上高	-	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3
(上記売上高のうち、クレジット収入分)	-	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
2 コスト														
<合計>	-	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
O&M	-	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
Personnel	-	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
3 減価償却費	-	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0
営業利益(*)	-	13	7	8	8	9	10	10	11	12	12	13	13	13
4 支払利息(*)	-	2	4	3	2	1	0	-	-	-	-	-	-	-
5 繰延資産償却費(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
税引前当期利益(*)	-	11	3	4	6	8	9	10	11	12	12	13	13	13
6 法人税等(*)	28.00%	3	1	1	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4
当期利益(*)		8	2	3	4	6	7	8	8	9	9	9	9	9

キャッシュフロー計算書

税引前当期利益	11	3	4	6	8	9	10	11	12	12	12	13	13	13
償却費(設備)	11	10	9	8	7	6	6	5	5	4	4	3	3	3
資金調達合計	21	12	13	14	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16
法人税等支払	3	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4
借入金返済	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
剰余金増減	18	11	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12
資金運用合計	21	12	13	14	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16

貸借対照表

流動資産(剰余金)	18	30	41	54	66	79	92	105	118	131	144	156	169	181
固定資産(償却資産)	106	95	86	77	70	63	56	46	41	37	33	30	27	24
繰延資産	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
資産合計(資産の部)	106	114	115	119	123	129	136	143	151	159	168	177	186	196
借入金(当初借入)	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
不足資金借入金(追加借入)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
負債合計	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
資本金	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(上記資本金のうち、クレジット購入分)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
剰余金	8	9	13	17	23	30	37	45	53	62	71	80	90	99
資本合計	8	9	13	17	23	30	37	45	53	62	71	80	90	99
負債・資本合計(負債及び資本の部)	0	114	115	119	123	129	136	143	151	159	168	177	186	196

A	(借入金額: 記入)	106.0	106.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(返済金額: 記入)	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(返済後残高: *)	88.0	70.0	52.0	34.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(支払利息: 金利のみ記入 5.00%)	2	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
B	(借入金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高: *)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息: 金利のみ記入 0.00%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	(借入金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高: *)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息: 金利のみ記入 0.00%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	(借入金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高: *)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息: 金利のみ記入 0.00%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	(借入金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高: *)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息: 金利のみ記入 0.00%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	(借入金額: *)	106.0	106.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(返済金額: *)	0.0	18.0	18.0	18.0	18.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(返済後残高: *)	0	88.0	70.0	52.0	34.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(支払利息: *)	2	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0

《収支一覧表》40t \$5/t-CO2

(単位:百万円) 事業年度 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027
 (*: 記入不要欄、網掛け部分は記入)

損益計算書	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	15	16	17	18	19	20	21
1 売上高	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3
(上記売上高のうち、クレジット取入分)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
2 コスト <合計>	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
O&M	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
Personnel	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
3 減価償却費	2	2	2	2	2	1	1
営業利益(*)	14	14	14	14	15	15	15
4 支払利息(*)	-	-	-	-	-	-	-
5 繰延資産償却費(*)	-	-	-	-	-	-	-
税引前当期利益(*)	14	14	14	14	15	15	15
6 法人税等(*)	20.00%	4	4	4	4	4	4
当期利益(*)	10	10	10	10	10	11	11

キャッシュフロー計算書

税引前当期利益	14	14	14	14	15	15	15
償却費(設備)	2	2	2	2	2	1	1
資金調達合計	16	16	16	16	16	16	16
法人税等支払	4	4	4	4	4	4	4
借入金返済	0	0	0	0	0	0	0
余剰資金増減	12	12	12	12	12	12	12
資金運用合計	16	16	16	16	16	16	16

貸借対照表

流動資産(余剰資金)	193	205	218	230	242	254	266
固定資産(償却資産)	22	20	18	16	14	13	12
繰延資産	0	0	0	0	0	0	0
資産合計(資産の部)	215	225	235	246	256	267	277
借入金(当初借入)	106	106	106	106	106	106	106
不足資金借入金(追加借入)	-	-	-	-	-	-	-
負債合計	106	106	106	106	106	106	106
資本金	-	-	-	-	-	-	-
(上記資本金のうち、クレジット購入分類)	-	-	-	-	-	-	-
剰余金	109	119	129	140	150	161	171
資本合計	109	119	129	140	150	161	171
負債・資本合計(負債及び資本の部)	215	225	235	246	256	267	277

借入金		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
		15	16	17	18	19	20	21
A	(借入金額: 記入)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(返済金額: 記入)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(返済後残高: *)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B	(支払利息: 金利のみ記入) 5.00%	0	0	0	0	0	0	0
	(借入金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0
C	(返済後残高: *)	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息: 金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0	0
	(借入金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0
D	(返済金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高: *)	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息: 金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0	0
E	(借入金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高: *)	0	0	0	0	0	0	0
合計	(支払利息: 金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0	0
	(借入金額: *)	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額: *)	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高: *)	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息: *)	0	0	0	0	0	0	0

採算計算																
税引後キャッシュフロー	-	18	11	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12
税引後キャッシュフローの累計 [S]	-	18	30	41	54	66	79	92	105	118	131	144	156	169	181	
[S] - 投下資本	-106	-95	-86	-77	-70	-63	-56	-51	-46	-41	-37	-33	-30	-27	-24	
内部利益率 [IRR] (利息除外、税金繰込)					-17.89%			-0.14%		4.85%						10.16%
(IRR計算データ)	-106	20	15	15	14	14	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12
内部利益率 [IRR] (利息除外、税引前)					#VALUE!			#VALUE!		-11%						-1%
(IRR計算データ)	-106	8	2	3	4	6	7	8	8	8	9	9	9	9	9	10

設定項目			
償却率	残存簿価	10.00%	← 7 年償却
繰延資産償却年数		7 年	

採算計算								
税引後キャッシュフロー		12	12	12	12	12	12	12
税引後キャッシュフローの累計 (S)		193	205	218	230	242	254	266
(S) - 投下資本		-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12
内部利益率 (IRR) (利息除外、税金繰込)			11.11%					12.37%
RR計算データ)		12	12	12	12	12	12	12
内部利益率 (IRR) (利息除外、税引前)			1%					4%
RR計算データ)		10	10	10	10	10	11	11

《収支一覧表》40t \$10/t-CO2

(単位:百万円) 事業年度
 (*:記入不要欄、網掛け部分は記入) CER

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
損益計算書														
1. 売上高	-	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2
(上記売上高のうち、クレジット収入分)	-	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9
2. コスト	-	-	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
<合計>	-	-	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
O&M	-	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
Personnel	-	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
3. 減価償却費	-	11	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	3
営業利益(*)	-	28	21	22	23	24	25	26	26	27	27	28	28	29
4. 支払利息(*)	-	2	4	3	2	1	0	-	-	-	-	-	-	-
5. 繰延資産償却費(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
税引前当期利益(*)	-	25	18	19	21	23	24	25	26	27	27	28	28	28
6. 法人税等(*)	28.00%	7	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	8	8
当期利益(*)	-	18	13	14	15	16	18	18	19	19	20	20	20	20

キャッシュフロー計算書

税引前当期利益	25	18	19	21	23	24	25	26	26	27	27	28	28	28
償却費(設備)	11	10	9	8	7	6	6	5	5	4	4	3	3	3
資金調達合計	30	27	28	29	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31
法人税等支払	7	5	5	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	8
借入金返済	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
余剰資金増減	29	22	23	23	23	24	24	24	24	23	23	23	23	23
資金運用合計	36	27	28	29	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31

貸借対照表

流動資産(余剰資金)	29	51	74	96	120	144	168	191	215	238	262	285	308	331
固定資産(償却資産)	106	95	86	77	70	63	56	51	46	41	37	33	30	27
繰延資産	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
資産合計(資産の部)	106	124	137	151	166	182	200	218	237	256	275	295	315	335
借入金(当初借入)	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
不足資金借入金(追加借入)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
負債合計	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
資本金	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(上記資本金のうち、クレジット購入分額)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
剰余金	18	31	45	60	76	94	112	131	150	169	189	209	229	249
資本合計	18	31	45	60	76	94	112	131	150	169	189	209	229	249
負債・資本合計(負債及び資本の部)	0	124	137	151	166	182	200	218	237	256	275	295	315	335

A	(借入金額:記入)	106.0	106.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(返済金額:記入)	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(返済後残高:*)	88.0	70.0	52.0	34.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(支払利息:金利のみ記入) 5.00%	2	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
B	(借入金額:記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額:記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高:*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息:金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	(借入金額:記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額:記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高:*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息:金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	(借入金額:記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額:記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高:*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息:金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	(借入金額:記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額:記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高:*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息:金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	(借入金額:*)	106	106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額:*)	0	18	18	18	18	16	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高:*)	0	88	70	52	34	16	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息:*)	2	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0

《収支一覧表》40t \$10/t-CO2

(単位:百万円)

事業年度

2021

2022

2023

2024

2025

2026

2027

(*:記入不要欄、網掛け部分は記入

損益計算書

	15	16	17	18	19	20	21
1 売上高	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2	38.2
(上記売上高のうち、クレジット収入分)	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9	29.9
2. コスト <合計	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
O&M	5.6	5.6	5.0	5.6	5.6	5.6	5.6
Personnel	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-
3 減価償却費	-	-	-	-	-	-	-
営業利益(*)	2	2	2	2	2	1	1
4. 支払利息(*)	-	-	-	-	-	30	30
5. 繰延資産償却費(*)	-	-	-	-	-	-	-
税引前当期利益(*)	29	29	29	29	29	-	-
6 法人税等(*)	28.00%	8	8	8	8	0	30
当期利益(*)	21	21	21	21	21	21	21

キャッシュフロー計算書

税引前当期利益	29	29	29	29	29	30	30
償却費(設備)	2	2	2	2	2	1	1
資金調達合計	31	31	31	31	31	31	31
法人税等支払	8	8	8	8	8	8	8
借入金返済	0	0	0	0	0	0	0
余剰資金増減	23	23	23	23	23	23	23
資金運用合計	31	31	31	31	31	31	31

貸借対照表

流動資産(余剰資金)	354	377	400	423	446	468	491
固定資産(償却資産)	22	20	18	16	14	13	12
繰越資産	0	0	0	0	0	0	0
資産合計(資産の部)	376	397	418	439	460	481	503
借入金(当初借入)	106	106	106	106	106	106	106
不足資金借入金(追加借入)	-	-	-	-	-	-	-
負債合計	106	106	106	106	106	106	106
資本金	-	-	-	-	-	-	-
(上記資本金のうち、クレジット購入分額)	-	-	-	-	-	-	-
剰余金	270	291	312	333	354	375	397
資本合計	270	291	312	333	354	375	397
負債・資本合計(負債及び資本の部)	376	397	418	439	460	481	503

A	(借入金額:記入)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(返済金額:記入)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(返済後残高:*)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(支払利息:金利のみ記入) 5.00%	0	0	0	0	0	0
B	(借入金額:記入)	0	0	0	0	0	0
	(返済金額:記入)	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高:*)	0	0	0	0	0	0
	(支払利息:金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0
C	(借入金額:記入)	0	0	0	0	0	0
	(返済金額:記入)	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高:*)	0	0	0	0	0	0
	(支払利息:金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0
D	(借入金額:記入)	0	0	0	0	0	0
	(返済金額:記入)	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高:*)	0	0	0	0	0	0
	(支払利息:金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0
E	(借入金額:記入)	0	0	0	0	0	0
	(返済金額:記入)	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高:*)	0	0	0	0	0	0
	(支払利息:金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0
合計	(借入金額:*)	0	0	0	0	0	0
	(返済金額:*)	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高:*)	0	0	0	0	0	0
	(支払利息:*)	0	0	0	0	0	0

採算計算																			
税引後キャッシュフロー	-	20	22	23	23	23	24	24	24	24	23	23	23	23	23	23	23	23	23
税引後キャッシュフローの累計 [S]	-	20	51	74	96	120	144	168	191	215	238	262	285	308	331	354	377	400	423
[S] - 投下資本	-106	-95	-86	-77	-70	-63	-56	-51	-46	-41	-37	-33	-30	-27	-24	-21	-18	-15	-12
内部利益率 [IRR] (利息除外、税金繰込)					0.72%				16.18%	19.90%									
(IRR計算データ)	-106	31	26	26	25	25	24	24	24	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
内部利益率 [IRR] (利息除外、税引前)					-20%				1%	7%									
(IRR計算データ)	-106	18	13	14	15	16	18	18	19	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20

設定項目			
償却率	残存簿価	10.00%	← 7年償却
繰延資産償却年数		7	年

採算計算								
税引後キャッシュフロー		23	23	23	23	23	23	23
税引後キャッシュフローの累計 [S]		354	377	400	423	446	468	491
[S] - 投下資本		-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12
内部利益率 [IRR] (利息除外、税金繰込)			23.72%					24.24%
RR計算データ]		23	23	23	23	23	23	23
内部利益率 [IRR] (利息除外、税引前)			14%					15%
RR計算データ]		21	21	21	21	21	21	21

《収支一覧表》40t CER無し

(単位:百万円) 事業年度
 (*:記入不要欄、網掛け部分は記入) CER

損益計算書	2007 1	2008 2	2009 3	2010 4	2011 5	2012 6	2013 7	2014 8	2015 9	2016 10	2017 11	2018 12	2019 13	2020 14
1 売上高	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
(上記売上高のうち、クレジット収入分)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 コスト	-	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
O&M	-	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
Personnel	-	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
3 減価償却費	-	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0
営業利益(*)	-	-2	-8	-7	-7	-6	-5	-4	-3	-3	-3	-2	-2	-2
4 支払利息(*)	-	2	4	3	2	1	0	-	-	-	-	-	-	-
5 繰延資産償却費(*)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6 法人税等(*)	-	-4	-12	-11	-9	-7	-6	-5	-4	-3	-3	-2	-2	-2
20.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
当期利益(*)	-	-4	-12	-11	-9	-7	-6	-5	-4	-3	-3	-2	-2	-2

キャッシュフロー計算書

税引前当期利益	-4	-12	-11	-9	-7	-6	-5	-4	-3	-3	-3	-2	-2	-2
償却費(設備)	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0
資金調達合計	6	-3	-2	-1	-0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
法人税等支払	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
借入金返済	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
剰余金増減	6	-3	-2	-1	-0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
資金運用合計	6	-3	-2	-1	-0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

貸借対照表

流動資産(剰余金)	6	3	1	0	0	1	2	3	4	5	6	7	9	10
固定資産(償却資産)	106	95	86	77	70	63	56	51	46	41	37	33	30	27
繰延資産	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
資産合計(資産の部)	106	102	89	79	70	63	57	53	49	45	42	40	37	34
借入金(当初借入)	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
不足資金借入金(追加借入)	-	-	3	2	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
負債合計	-	106	109	108	107	106	106	106	106	106	106	106	106	106
資本金	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(上記資本金のうち、クレジット購入分額)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
剰余金	-4	-17	-27	-36	-43	-49	-53	-57	-61	-64	-66	-69	-71	-72
資本合計	-4	-17	-27	-36	-43	-49	-53	-57	-61	-64	-66	-69	-71	-72
負債・資本合計(負債及び資本の部)	0	102	92	81	71	63	57	53	49	45	42	40	37	34

A	(借入金額:記入)	100.0	106.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(返済金額:記入)	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(返済後残高:*)	88.0	70.0	52.0	34.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(支払利息:金利のみ記入) 5.00%	2	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
B	(借入金額:記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額:記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高:*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息:金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	(借入金額:記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額:記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高:*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息:金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	(借入金額:記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額:記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高:*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息:金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	(借入金額:記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額:記入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高:*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息:金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	(借入金額:*)	106	106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額:*)	0	18	18	18	18	16	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高:*)	0	88	70	52	34	16	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息:*)	2	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0

《収支一覧表》40t CER無し

(単位:百万円)

事業年度

2021

2022

2023

2024

2025

2026

2027

(*: 記入不要欄、網掛け部分は記入

損益計算書

	15	16	17	18	19	20	21
1 売上高	8.3	0.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
(上記売上高のうち、クレジット収入分)	-	-	-	-	-	-	-
2 コスト	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
<合計>							
O&M	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
Personnel	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
3 減価償却費	-	-	-	-	-	-	-
営業利益(*)	-1	-1	-1	-1	-0	-0	-0
4 支払利息(*)	-	-	-	-	-	-	-
5 繰延資産償却費(*)	-	-	-	-	-	-	-
税引前当期利益(*)	-1	-1	-1	-1	-0	-0	-0
6 法人税等(*)	20.00%	-	-	-	-	-	-
当期利益(*)	-1	-1	-1	-1	-0	-0	-0

キャッシュフロー計算書

	15	16	17	18	19	20	21
税引前当期利益	-1	-1	-1	-1	-0	-0	-0
償却費(設備)	2	2	2	2	2	1	1
資金調達合計	1	1	1	1	1	1	1
法人税等支払	-	-	-	-	-	-	-
借入金返済	0	0	0	0	0	0	0
余剰資金増減	1	1	1	1	1	1	1
資金運用合計	1	1	1	1	1	1	1

貸借対照表

	11	12	13	14	15	16	17
流動資産(余剰資金)	11	12	13	14	15	16	17
固定資産(償却資産)	22	20	18	16	14	13	12
繰延資産	0	0	0	0	0	0	0
資産合計(資産の部)	33	31	31	30	29	29	29
借入金(当初借入)	106	106	106	106	106	106	106
不足資金借入金(追加借入)	-	-	-	-	-	-	-
負債合計	106	106	106	106	106	106	106
資本金	-	-	-	-	-	-	-
(上記資本金のうち、クレジット購入分)	-	-	-	-	-	-	-
剰余金	-73	-75	-75	-76	-77	-77	-77
資本合計	-73	-75	-75	-76	-77	-77	-77
負債・資本合計(負債及び資本の部)	33	31	31	30	29	29	29

		15	16	17	18	19	20	21
A	(借入金額: 記入)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(返済金額: 記入)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(返済後残高: *)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(支払利息: 金利のみ記入) 5.00%	0	0	0	0	0	0	0
B	(借入金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高: *)	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息: 金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0	0
C	(借入金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高: *)	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息: 金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0	0
D	(借入金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高: *)	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息: 金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0	0
E	(借入金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額: 記入)	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高: *)	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息: 金利のみ記入) 0.00%	0	0	0	0	0	0	0
合計	(借入金額: *)	0	0	0	0	0	0	0
	(返済金額: *)	0	0	0	0	0	0	0
	(返済後残高: *)	0	0	0	0	0	0	0
	(支払利息: *)	0	0	0	0	0	0	0

繰上計算																		
税引後キャッシュフロー	-	6	-3	-2	-1	-0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
税引後キャッシュフローの累計 [S]	-	6	3	1	0	0	1	2	3	4	5	6	7	9	10			
[S] - 投下資本	-106	-95	-86	-77	-70	-63	-56	-51	-46	-41	-37	-33	-30	-27	-24			
内部利益率 [IRR] (利息除外、税金繰込)					#VALUE!													#VALUE!
(IRR計算データ)	-106.00	8.30	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
内部利益率 [IRR] (利息除外、税引前)					#NUM!													
(IRR計算データ)	106.00	-4.50	-12.39	-10.54	-8.78	-7.10	-5.56	-4.53	-3.97	-3.46	-3.01	-2.60	-2.23	-1.89	-1.59			

既定項目			
償却率	残存簿価	10.00%	7 年償却
繰上資産償却年数		7 年	

採算計算								
税引後キャッシュフロー		1	1	1	1	1	1	1
税引後キャッシュフローの累計 [S]		11	12	13	14	15	16	17
[S] - 投下資本		-22	-20	-18	-16	-14	-13	-12
内部利益率 [IRR] (利息除外、税金繰込)		#VALUE!						#VALUE!
IRR計算データ		1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
内部利益率 [IRR] (利息除外、税引前)			-5.52%					-4.66%
IRR計算データ		-1.32	-1.08	-0.86	-0.67	-0.49	-0.33	-0.19

ローン返済予定表

借入金額106,000千円(RM3200,000)

金利(%)	5
返済期間(年)	7
借入金額(万円)	106,000

毎年の返済額	¥18,318,900
--------	-------------

年数	返済額	利息額	元金額	ローン残高
				¥106,000,000
1	¥18,318,900	¥5,300,000	¥13,018,900	¥92,981,100
2	¥18,318,900	¥4,649,055	¥13,669,845	¥79,311,255
3	¥18,318,900	¥3,965,562	¥14,353,338	¥64,957,917
4	¥18,318,900	¥3,247,895	¥15,071,005	¥49,886,912
5	¥18,318,900	¥2,494,345	¥15,824,555	¥34,062,357
6	¥18,318,900	¥1,703,117	¥16,615,783	¥17,446,574
7	¥18,318,902	¥872,328	¥17,446,574	¥0

添付資料 4 現地調査写真



工場のパームプランテーション隣地



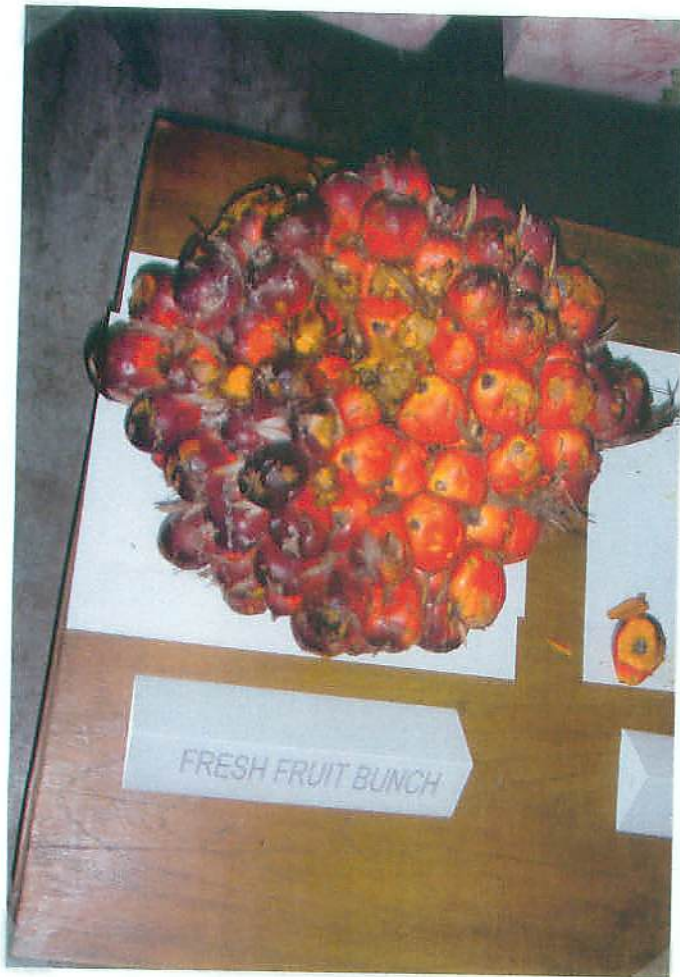
消化槽設置予定地



調査団メンバー



調査風景



油ヤシ果房(FFB)



油ヤシ殻 (EFB)



ファイバーとシェル



嫌気性処理ラグーン



好気性処理ラグーン（曝気中）



ステライザー（滅菌器）



シェル、ファイバー



PTM 事務所



PTM 事務所玄関



シエルサイロ



シエル



FFB 搬入トラック（空車）及びスケール

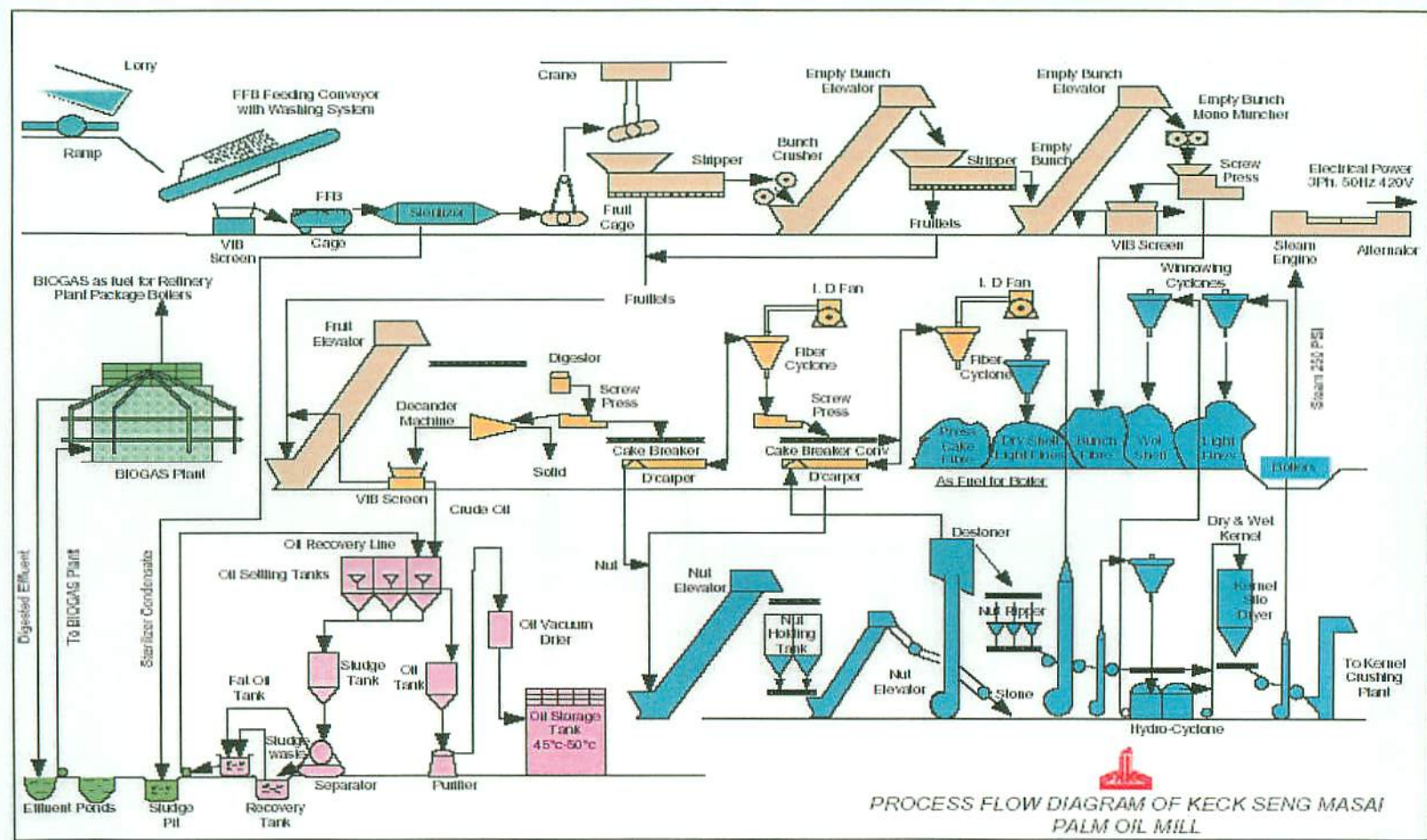


SPKS 工場

添付資料5 ケクセン社システム写真・フロー図



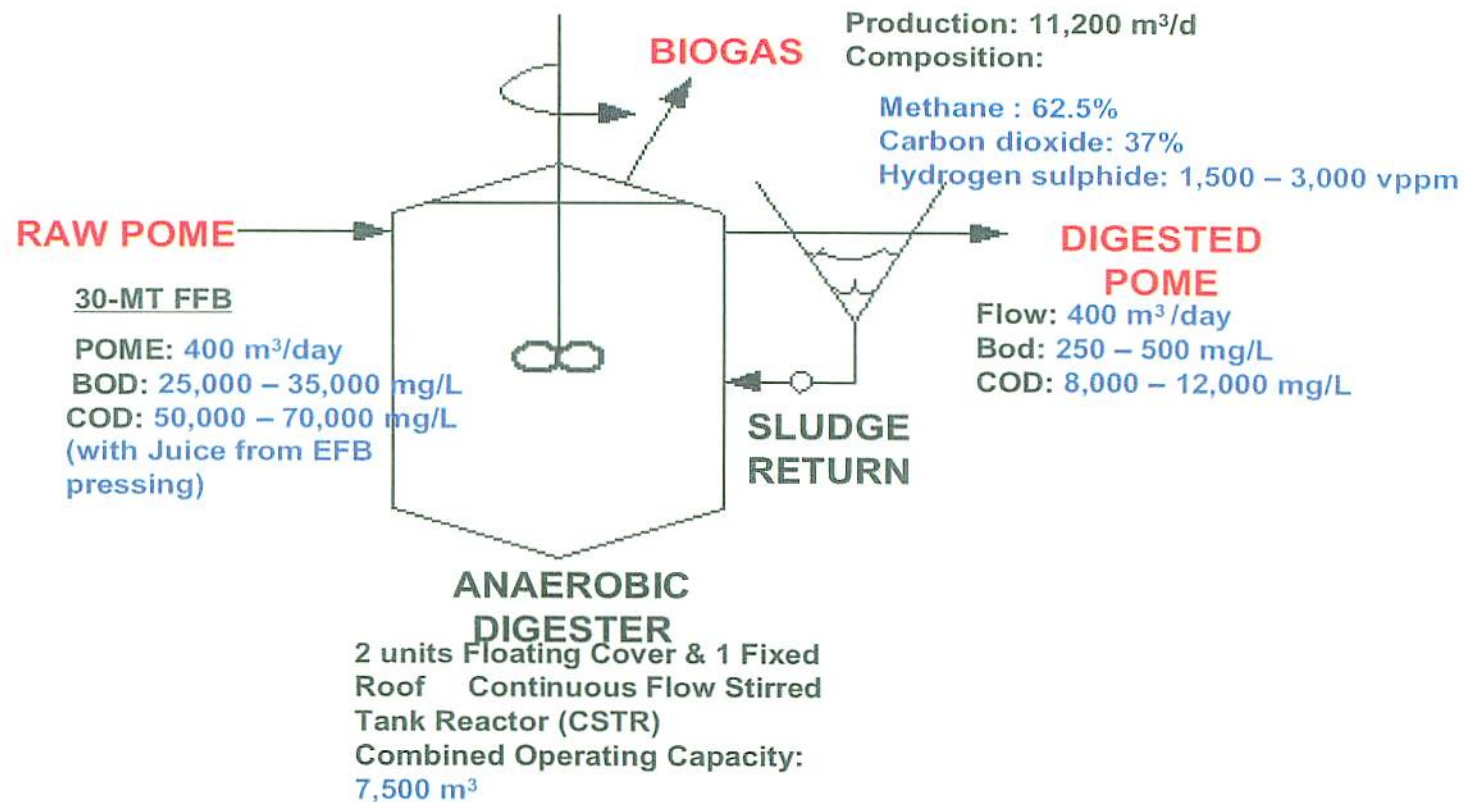
Aerial Photo of Keck Seng (M) Bhd
Masai Palm Oil Mill/Refinery



Maximising Biomass (fibre, shell & EFB) Utilisation



A View of the Floating Top Closed-Tank Anaerobic Digester



Design Specifications of KS Anaerobic Digester System

添付資料6 現地情報

2006年3月10日 NEDO CDM セミナー（クアラルンプール）資料

- 1) マレーシア政府 CDM 政策
CDM in Malaysia : Policies and Rules
- 2) マレーシアエネルギーセンター (PTM)
INTRODUCTION OF POTENTIAL CDM IN MALAYSIA

CDM in Malaysia: Policies and Rules

BY

NADZRI YAHAYA, PH.D

Deputy Undersecretary

CONSERVATION AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT DIVISION
MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND THE ENVIRONMENT

At the

The CDM Seminar in Malaysia
10 March 2005, Nikko Hotel

Introduction

- Kyoto Protocol sets the targets/commitment for emission limitation or limitation based on 1990 as the base year
- Japan (-6%), Denmark (-8%), Australia (+8%)
- Malaysia Ratified on 4 September 2002
- **3 Methods/Mechanisms to achieve these targets**
 - Joint Implementation (JI) - Article 6
 - Clean Development Mechanism – Article 12
 - Emission trading (ET) – Article 17

DEFINITION OF CDM

- Article 12 of the Kyoto Protocol
- A project activity between Annex 1 and Non Annex 1 Country which will reduce/mitigate ghg emissions

OBJECTIVES OF CDM

- Assist developing countries (non annex 1) to achieve sustainable development and meets the objective of the UNFCCC
- **By engaging in the CDM activities, developing countries are participating in mitigation activities and thus meeting the objectives of the UNFCCC**
- Assist developed countries (annex 1) to meet their commitments under Article 3 (achieve compliance with their quantified emission limitations and reduction commitment)

MALAYSIA'S POLICIES

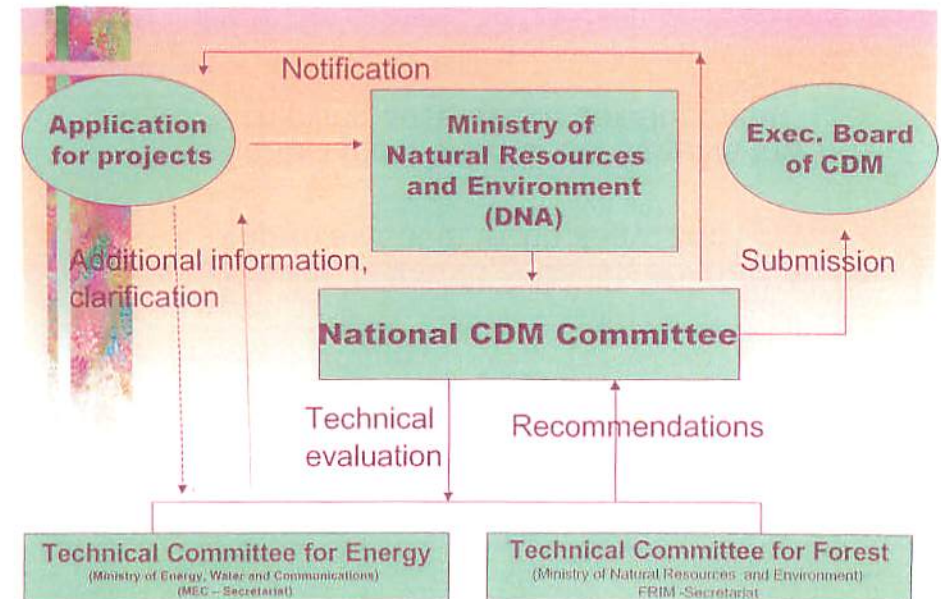
- Being a signatory to the Protocol, Malaysia is committed to the full implementation of CDM in a fair and equitable manner
- By engaging in the CDM activities, MALAYSIA is participating in mitigation activities and thus meeting the objectives of the Convention
- Developed countries shall implement domestic action;
- The use of the CDM shall be supplemental to domestic action;
- Result in a reduction in anthropogenic emissions by sources of greenhouse gases that are additional to any that would occur in the absence of the proposed project activity

MALAYSIA'S POLICIES

- Public funding for CDM should not result in diversion of ODA and is to be separate from and not counted towards the financial obligations of Parties included in Annex I,
- High priority on Energy Efficiency & Energy Renewable projects
- Low Priority on forestry Projects

INSTITUTIONAL ARRANGEMENT

- National Committee on CDM established on 31 May 2002 – Chaired by Deputy Secretary General NRE
- Established 2 Technical Committees:
 1. Technical Committee on Energy- Chaired by Ministry of Energy, Communication and Multimedia
 2. Technical Committee on LULUCF (afforestation & reforestation) - Chaired by Ministry of Primary Industries
- Ad Hoc Committees
 - Specific Projects –MARDI for composting projects



Process of Project's Application and Evaluation

National Criteria

- In accordance with the sustainable development policies of the government
- Must fulfil all conditions underlined by the CDM Executive Board as follows:
 - i. voluntary participation;
 - ii. real, measurable and long-term benefits related to mitigation of climate change; and
 - iii. Reductions in emissions that are additional to any that would occur in the absence of the certified project activity;

National Criteria

- Implementation of CDM projects should involve participation between at least two parties: Malaysia and Annex 1 Party/parties;
- Provide technology transfer benefit and/or improvement in technology; and
- Project must bring direct benefits towards achieving sustainable development.
-

National Criteria- Small Scale Energy Project

- The project shall be in accordance with one or more of the **sustainable development** strategies of the energy sector:
 - i. ensuring adequacy and security of fuel supply as well as promoting the utilisation of gas and renewable energy;
 - ii. ensuring adequacy of electricity supply as well as improving productivity and efficiency;
 - iii. developing the energy-related industries and services as well as increasing local content;

National Criteria- Small Scale Energy Project

- iv. promoting Malaysia as a regional centre for energy-related engineering services;
- v. encouraging efficient utilisation of energy;
- vi. The project shall conform to the **environmental regulations** of the country;
- vii. The project proponent should justify that the project utilises the **best available technologies, including local technologies**;
- viii. The project proponents must justify their ability to **implement** the proposed project based on the following:
 - locally incorporated company
 - minimum paid up capital of RM 100,000
 - likely sources of financing for the project

Conclusions

We have the Conducive Environment:

- Institutional Arrangement in place
- Institutional process clear and transparent
- Energy Policy & 8th Malaysia Plan - aim for RE & EE as source of energy supply,
- stable economic and political situation
- Government endorses CDM - Ratification of Kyoto Protocol

TERIMA KASIH

INTRODUCTION OF POTENTIAL CDM PROJECTS IN MALAYSIA

Dr. Anuar Abdul Rahman
Pusat Tenaga Malaysia

The CDM Seminar in Malaysia
10 March 2005

Institutional Framework

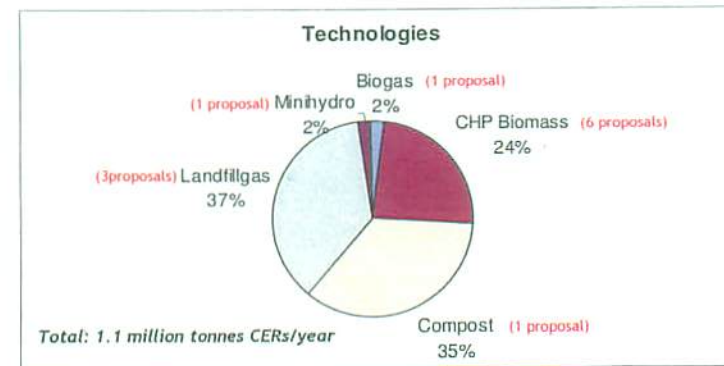
- All national institutions for CDM project approval are in place
 - Designated National Authority in NRE
 - National Committee on CDM (NCCDM)
- Guidelines on the administration process are in place
- National CDM Criteria for project evaluation exist

- → Malaysia is ready to approve and host CDM projects

CDM Projects in Malaysia

Project type	Size MW	Size CER
Biogas wastewater	0.6	24,000
CHP biomass	14	39,000
CHP biomass	7	72,000
CHP biomass	6	20,097
CHP biomass	9	37,660
CHP biomass	0.8	52,900
CHP biomass	14	34,000
Compost/CH4 avoided	n/a	370,000
Landfill gas	2	80,000
Landfill gas	0.3	175,000
Landfill gas	11	162,000
Minihydro	9	22,858

CDM Projects in Malaysia



CDM Projects in Malaysia



Application year	2002	2003	2004
Number of projects	3	3	7
Ton of CERs/year	111,000	427,757	530,758

Trend is expected to increase with interest of Buyers from Japan, Denmark, Canada, The Netherlands and other European Countries



Projects Size



Project size Ton CERs/year	Number of projects	Amount of credits Ton CERs/year	Share of credits
Less than 30000	4	66,955	6,5%
30000-50000	2	76,660	7,4%
50000-100000	3	184,900	17,9%
Above 100000	3	707,000	68,3%
Total	12	1,035,515	100%

Projects Status



Status Dec. 2004	Withdrawn	On Hold	PIN Submitted	PDD Submitted	Validated PDD
Number of projects	1	1	8	1	2

11 Projects are in the pipeline for official national approval

- A total of 60 MW electric from 11 projects
- **Conditional letter of approval** from DNA issued to **three** CDM projects developers in the energy sector as at December 2004
- 2 Validated PDD Submitted.
- 1 biomass project received the Final Host Country Approval

Malaysia As Attractive CDM Host Country



- Positive economic development
- Politically stable
- Favourable investment climate
- CDM Institutional Framework established

Possible CDM Projects



Energy Efficiency

- Emission reductions via e.g. fuel switch, motor replacement, process improvement, etc.



Anaerobic digestion Of biowaste

Renewable Energy

- Cleaner fuel e.g. biogas, hydro, bio-diesel, biomass etc.

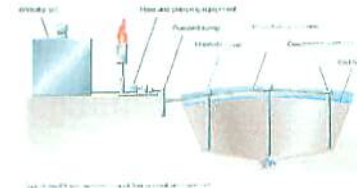


Pusat Tenaga Malaysia

Methane Avoidance Projects



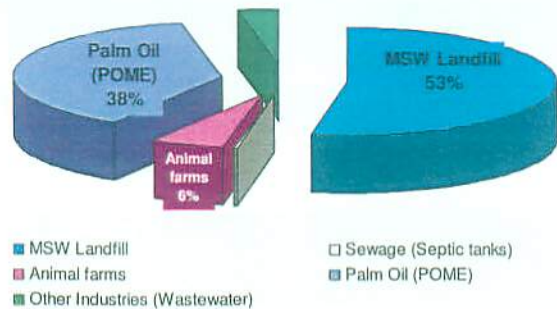
1. Landfill
2. Palm Oil Mill Effluent
3. Sewage Treatment
4. Other anaerobic treatment (e.g. centralisation of animal farms presents opportunities)



Pusat Tenaga Malaysia

- 148 -

Methane Emission Avoidance Potential in Waste Sector



Total Methane emission avoidance potential: 1.3 million mT/yr
> 27 mil CO₂ Equivalent (GHG)

Pusat Tenaga Malaysia

CDM Project Potential in the Oil & Gas Sector



- Methane Avoidance
Gas Flaring – System Efficiency
etc.
- Others
CO₂ Venting – Operation Efficiency
etc.



Pusat Tenaga Malaysia

Potential CERs in Malaysia

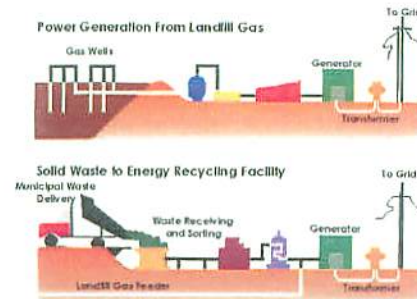


Project type	CERs per year in 2010	MW electricity as SREP
Biogas POME + animal manure	5,900,000	190 MW
Landfill gas	3,700,000	45 MW
Reduction of gas flaring from oil production	4,600,000	N/A
Mini hydro	70,000	25 MW
Biomass CHP	380,000	90 MW
Other projects	3,150,000	N/A
Total	17,800,000	350 MW

Note: These are preliminary results

Case studies: Impact of CDM on projects

1. Landfill
2. POME
3. CHP



Case study 1 - Impact of CDM for landfill to energy projects



- Threshold for producing power from landfill gas is 150 tonnes of waste per day.
- Emission reductions generated by avoiding methane emissions from deposited waste and displacement of grid connected fossil fuel plants.
- Table below indicates impact CDM on IRR for different sizes of landfills.

Project (mT/d MSW to landfill)	Output	Capital costs (RM)	Operation and Maintenance costs (RM/year)	CDM Credit Value, (RM per year)	IRR without CDM, (%)	IRR with CDM, (%)
150	1.5MW	2,300,000	500,000	150,000	6.3%	11.3%
300	3.0MW	4,600,000	1,000,000	300,000	6.3%	11.3%
400	4.0MW	6,100,000	1,300,000	400,000	6.3%	11.3%



Case study 2 - Impact of CDM for POME



- Mill with capacity of 40 ton of Fresh Fruit Bunches per hour.
- Power generated will be connected to the grid.
- Impact of CDM is different per technology used.

Technology Option	Capital cost (RM)	O & M cost (RM)	IRR without CDM (%)	IRR with CDM (%)
Power and Heat Generation (Gas Turbine)	13,341,000	355,230/yr	5.8	11.0
Power and Heat Generation (Gas Engine)	11,435,000	303,130/yr	9.6	15.0
Power Generation (Gas Engine)	10,067,000	262,090/yr	7.6	13.7



Case study 3 - Impact CDM on CHP project



- CHP technology used at a palm oil mill (for in-house consumption).
- Excess power generated can be connected to the grid.

Technology Option	Capital cost (RM)	O & M cost (RM)	IRR without CDM (%)	IRR with CDM (%)
Power and Heat Generation 6 MW	19,500,000	1,800,000	0.2%	1.5%
Power and Heat Generation 14 MW (10 MW for the grid)	40,000,000	3,100,000	16.3%	18.3%

CDM in Energy Efficiency



Types Of EE Projects



1. Demand Side
Commercial / Residential:- Retrofit new efficient lighting, reduce energy losses in process, introduce new efficient appliances
Industries:- heat recovery
2. Supply Side
 e.g. Improve efficiency of generator, upgrade transmission line and transformers to reduce losses, upgrade steam boiler for greater efficiency, recycle waste heat.

Barriers in EE



- Limited knowledge / awareness about EE technologies, lifecycle costing, ROI, IRR.
- Investments generally focus on production – related rather than efficiency.
- Lack of financiers ready to finance EE projects.
- Limited / inexistence of EE regulations.
- Limited resources of ESCOs.
- Few / limited EE technology demonstration projects.

Conclusions (1/2)



- CDM potential in Malaysia are associated with energy and waste management.
- CDM : tool to turn economically unviable projects into attractive investments.
- Total of 18 million tonnes CERs/yr estimated in 2010.

Pusat Tenaga Malaysia

Conclusions (2/2)



- Difficulty – EE projects are small
 - Need bundling – which institutions?
 - Monitoring – High cost
 - Additionality – many projects have short payback period even without CDM

Pusat Tenaga Malaysia

Thank You



Our Function :
Coordinator and lead manager in energy research, development and demonstration projects

What PTM Can Offer :
• A list of energy research and development projects and ongoing research and development projects
• A list of energy research and development projects
• A list of energy research and development projects
• A list of energy research and development projects
• A list of energy research and development projects

PTM Membership
We have a total of 55 Members (29 March 2004):
• 33 Corporate Members
• 27 Individual Members
• List of PTM Members
• Who become a member?
• Download registration form (Corporate/Individual)

Upcoming Events
• Continuation Session of the 5th Workshop on National Solar, Hydrogen and Fuel Cells Roadmap
Date: 13 May 2004, Residence Hotel, Ulu Yam
• Integrated Energy Design Workshop for Engineering Firms
Date: to be announced

Malaysia Industrial Energy Efficiency Improvement Project (MIEEIP)

Biogas Generation & Cogeneration in Palm Oil Mill in Malaysia (Biogen)

Malaysia Building Integrated Photovoltaic (BIPV) Technology Application Project

Pusat Tenaga Malaysia
Level 8, SAPURA@MINES
No. 7, Jalan Tasik
The Mines Resort City
43300 Seri Kembangan
Selangor Darul Ehsan
Malaysia

Tel. No.: (603) 8943 4300

Fax. No.: (603) 8941 1121

Website: www.ptm.org.my

E-mail: info@ptm.org.my

Pusat Tenaga Malaysia