

平成 17 年度 CDM/JI 事業調査 報告書概要版
「マレーシア・サバ州パームオイル工場バイオマス利用事業調査」

北海道電力株式会社

1. プロジェクト実施に係る基礎的要素

(1) 提案プロジェクトの概要と企画立案の背景

○提案プロジェクトの概要

本プロジェクトではサバ州のパームオイル工場をプロジェクトサイトとして、同工場から排出される廃液（POME : Palm Oil Mill Effluent）を有効活用し、バイオガス発電を行うものである。POME は、現在嫌気性および好気性で構成されるオープンラグーン方式を用いて処理されており、嫌気性オープンラグーンからメタンガス（CH₄）を含むバイオガスが大気中へ放出されている。本プロジェクトにおいては、閉鎖型メタン発酵システムを導入することにより従来大気中へ放出していた CH₄ を回収し、これを原料に発電を行って得られた電力をサバ州電力会社（SESB）へ売電するものである。図-1 にプロジェクト計画の概念図を示す。

これにより、嫌気性オープンラグーンから放出している CH₄ の排出を抑制するとともに、発電した電力をグリッド接続することによって SESB が所有する火力発電所のエネルギー代替による二酸化炭素（CO₂）排出削減効果が得られるものである。また、処理方式の変換に伴い、POME の浄化作用も強化されることから、河川環境の改善にも繋がるものである。

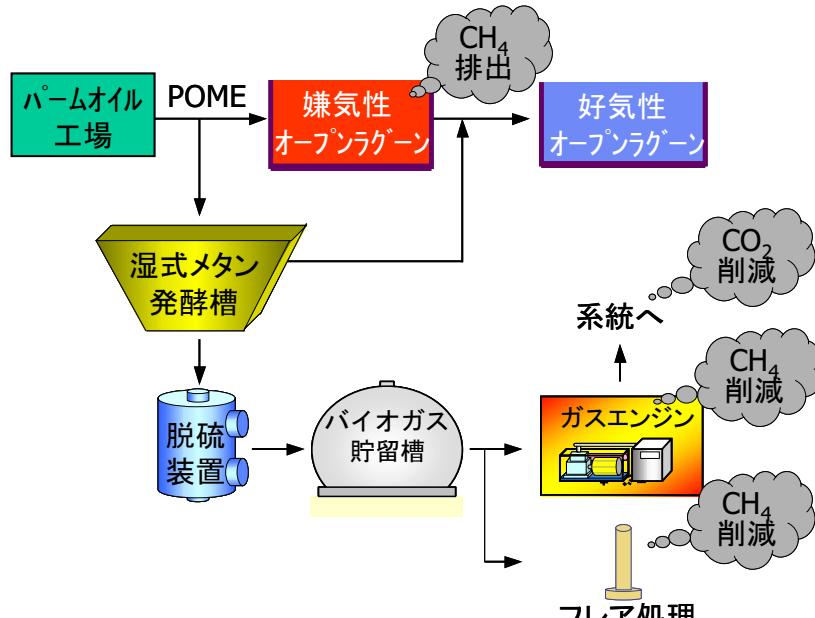


図-1 プロジェクト計画の概念図

○企画立案の背景

マレーシアの主産業の一つであるパームオイル産業は世界一位の生産高を誇り、国内に 3 百数十のパームオイル工場を有している。特にサバ州は約 110 工場が運転を行っており、

パームオイル産業が最も盛んな州の一つである。これらの工場でパームオイルを精製する過程において排出される POME は、浄化処理された後に河川へ放流されている。しかしながら、POME の河川放流はマレーシア政府によって管理されているものの、河川環境は悪化しており、大きな問題となっている。

パームオイル工場の POME 浄化処理にはいくつかの方式があるが、コストやメンテナンスの観点からパームオイル工場の 9 割以上ではオープンラグーン方式を採用している。オープンラグーン方式は嫌気性オープンラグーンと好気性オープンラグーンに大別され、前者の処理過程において CH_4 を含むバイオガスが大気中へ放出されている。 CH_4 は CO_2 と比較して 21 倍もの温室効果があることから、放出されているバイオガスを削減させることは地球温暖化防止の観点から重要な対策の一つである。また、バイオガスから生じる異臭は、パームオイル工場周辺に住む人々の生活環境や工場作業員の労働環境の観点から問題になっている。

バイオガスに含まれている CH_4 は再生可能エネルギーとして活用できることから、パームオイル工場の POME から放出しているバイオガスの有効利用が望まれている。

○プロジェクトサイトの選定

プロジェクトサイトの選定にあたっては、カウンターパートである Sawit Kinabalu 社が所有する 8 工場の中から、パームオイル工場の処理工程が規格化されており、代表工場の事業性評価の結果を用いて他工場の事業性の概算評価ができることに加え、以下の事柄を考慮し、図-2 に示す Lumadan 工場をプロジェクトサイトとして選定した。

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

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

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

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

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



図-2 プロジェクトサイト位置図

(2) ホスト国のおよび概要

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

こうしたマレーシアの経済を支えている産業の一つがパームオイル産業であり、世界第1位の生産量を誇っている。パームオイルは、アブラヤシ（Oil Palm）を原料とする植物油で、マーガリン原料、スナック食品の揚げ油などの加工食品に広く利用されている。

(3) ホスト国のおよびCDM/JIの受入のクライテリアやDNAの設置状況など、CDM/JIに関する政策・状況

○CDMに関する政策・状況

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

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

○最近の動向

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

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

（4）提案プロジェクトがホスト国の持続可能な開発へ貢献できる点・技術移転できる点

○持続的可能な発展へ貢献できる点

- ①河川環境の改善効果
- ②嫌気性オープンラグーンからの異臭改善効果
- ③スラッジ発生量の低減効果
- ④環境改善プロジェクトとしての波及効果
- ⑤プロジェクト実現（建設、運用）による雇用の創出効果
- ⑥エネルギー資源の多様化
- ⑦エネルギーの有効利用効果

○技術移転

- ①メタン発酵に関する技術
- ②バイオガス発電に関する技術

（5）調査の実施体制

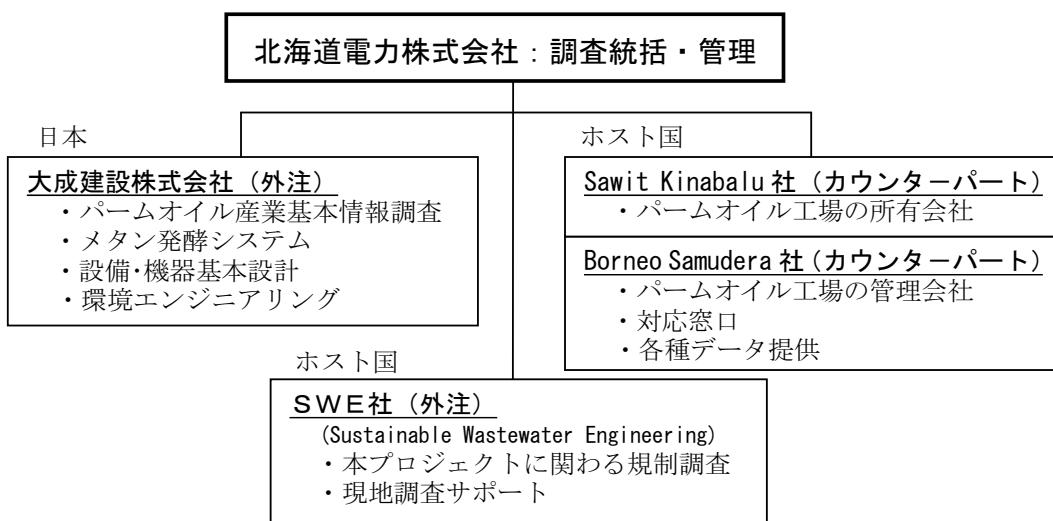


図-3 調査の実施体制

2. プロジェクトの立案

(1) プロジェクトの具体的な内容

○プロジェクトサイト

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

○今後の FFB 収穫計画

Lumadan 工場専用農園は植え替え時期に差し掛かっており、Sawit Kinabalu 社は FFB の収穫量を安定させるために専用農園の拡充を図る計画である。表-1 に Lumadan 工場の FFB 収穫計画を示す。なお、2015 以降の具体的な収穫計画はないことから、本調査においては 2014 年の FFB 収穫量と同値とした。

表-1 Lumadan 工場の FFB 収穫計画

年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
FFB 収穫量(t)	195,000	180,776	207,436	253,541	273,541
年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年以降
FFB 収穫量(t)	303,028	322,309	337,901	344,268	344,268

○POME の性状

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

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

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

Lumadan 工場では、Decanter 方式を採用しており、オープンラグーンへ排出する前に一定量のスラッジを抜き取っていることから、オープンラグーンへ排出している POME の COD が低いものと思われる。なお、今回の水質結果を確認するために Sawit Kinabalu 社

が所有する他の工場のうち、Decanter 方式を採用している 2 つの工場について水質分析を実施した。その結果、COD は Kunak 工場で 21,560ppm、Langkon 工場で 23,280ppm といずれも Lumadan 工場と同様の値を示した。

○プロジェクトケースの設定

Lumadan 工場の POME は、上記のとおり COD が約 20,000ppm と当初想定値である 50,000ppm よりも低く事業採算性が悪くなる可能性があるため、本調査では、表-2 に示すとおり POME の COD の値が異なる 3 ケースについて事業性の評価を行うこととした。

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

表-2 プロジェクトケース

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

○新排水処理設備

新排水処理設備の概念フローを図-4 示す。Grid Pond から出た POME は新設の Anaerobic Pond に入り、新設 Anaerobic Pond 全体で 10 日間滞留する。滞留期間内で Pond 内部のスラッジとともに嫌気発酵により CH₄を含んだバイオガスを発生して POME 中の有機物を消化することにより、COD を減少させる。

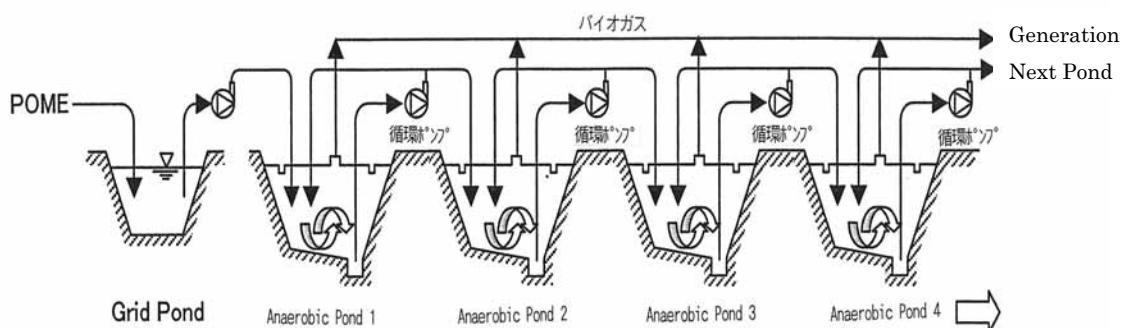


図-4 新排水処理設備の概念フロー

Anaerobic Pond の表面は大気との接触を防止するための蓋を設けており、Anaerobic Pond 内で発生したバイオガスは蓋下部に蓄積した後、系外に抜き出されてフレアスタック

又は発電機に送られる。Anaerobic Pond 内の液は循環ポンプにより循環される。この際底部に堆積したスラッジは循環液により舞い上がり槽内を浮遊することによって POME と十分接触し嫌気発酵効率が高くなる。循環液の一部は循環ラインより抜き出されて、隣接の Anaerobic Pond へ送液される。この繰り返しにより、処理液は最終の Anaerobic Pond より次工程である Aerobic Pond に入る。

(2) プロジェクトバウンダリー・ベースラインの設定・追加性の証明

○方法論

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

表-3 に同方法論の適応条件に対する本プロジェクトの適応性を示す。表に示すとおり本プロジェクトは AM0013.version02 の適応条件を全て満たしていることから、本方法論を用いることとする。

表-3 AM0013.version02 の適応条件と本プロジェクト

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

○プロジェクトバウンダリー

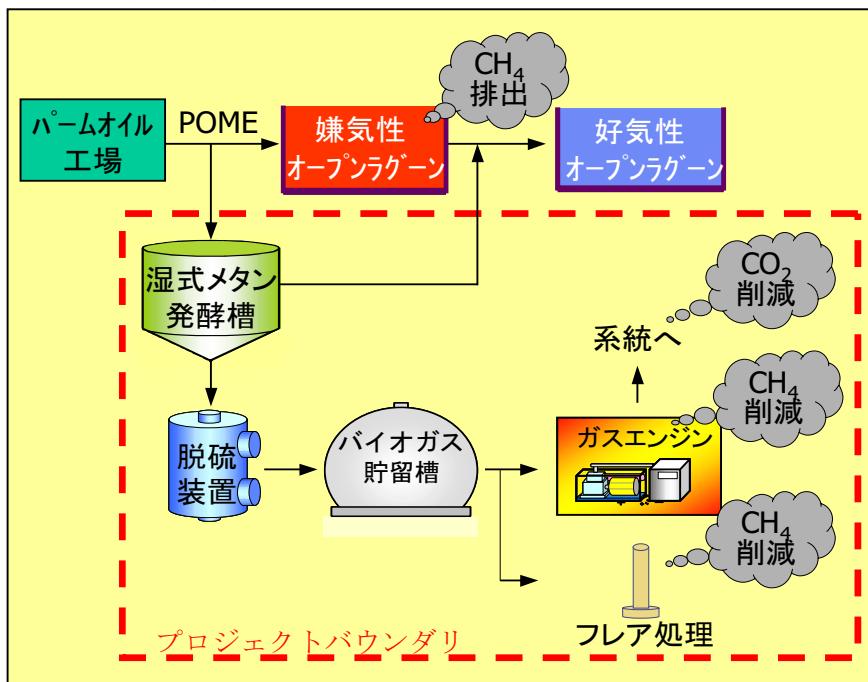


図-5 プロジェクトバウンダリー

○ベースラインの設定／追加性の立証ツール

承認済方法論 AM0013.version02においては、ベースラインの設定／追加性の立証ツールとして2つのOptionが提示されている。Option Aの方法は、図-6に示すフローチャートで表現されている。Option Bは、CDM理事会が承認している追加性立証ツール("Tool for the demonstration and assessment of additionality")のうち、最新のツールを用いるものである。本プロジェクトにおいては、ベースラインの設定方法が明確であることから、Option Aを採用した。図に示すフローチャートのうち、ベースラインの設定に関わる項目は①～⑤である。各項目の本プロジェクトにおける検討結果を表-4に示す。図および表より、本プロジェクトにおけるベースラインが嫌気性オープンラグーンを用いたプロジェクト、すなわち現状維持であることが分かる。

表-4 ベースラインの設定に関する検討結果

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

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

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

CDM 理事会の追加性立証ツール (“Tool for the demonstration and assessment of additionally”) における投資分析のうち、本プロジェクトでは、CER 以外に売電による収入があることを踏まえベンチマーク分析を用いて分析を行う。ここでベンチマークには、マレーシアの長期国債の利回りを採用した。

本プロジェクトでは、売電収入のみ (CER による収入がない場合) による IRR は最大でも 0.3%未満である。一方、マレーシアにおける長期国債利回りは 4.21% (2005 年 12 月平均) であることから、売電収入による効果は廃水処理方式をアップグレードするに十分ではない。

⑦BAU は提案プロジェクトと異なるか。

このプロジェクトに似たプロジェクト（マレーシアで行われ、同じ技術を採用し、同じ規模で、規制環境、投資環境、技術状況が比較可能なもの）が、CDM プロジェクト以外のものとして過去、現在、未来に、マレーシアで行なわれた、行われている、行われようとしている、という事実はない。

以上のことから、本プロジェクトは追加的である。

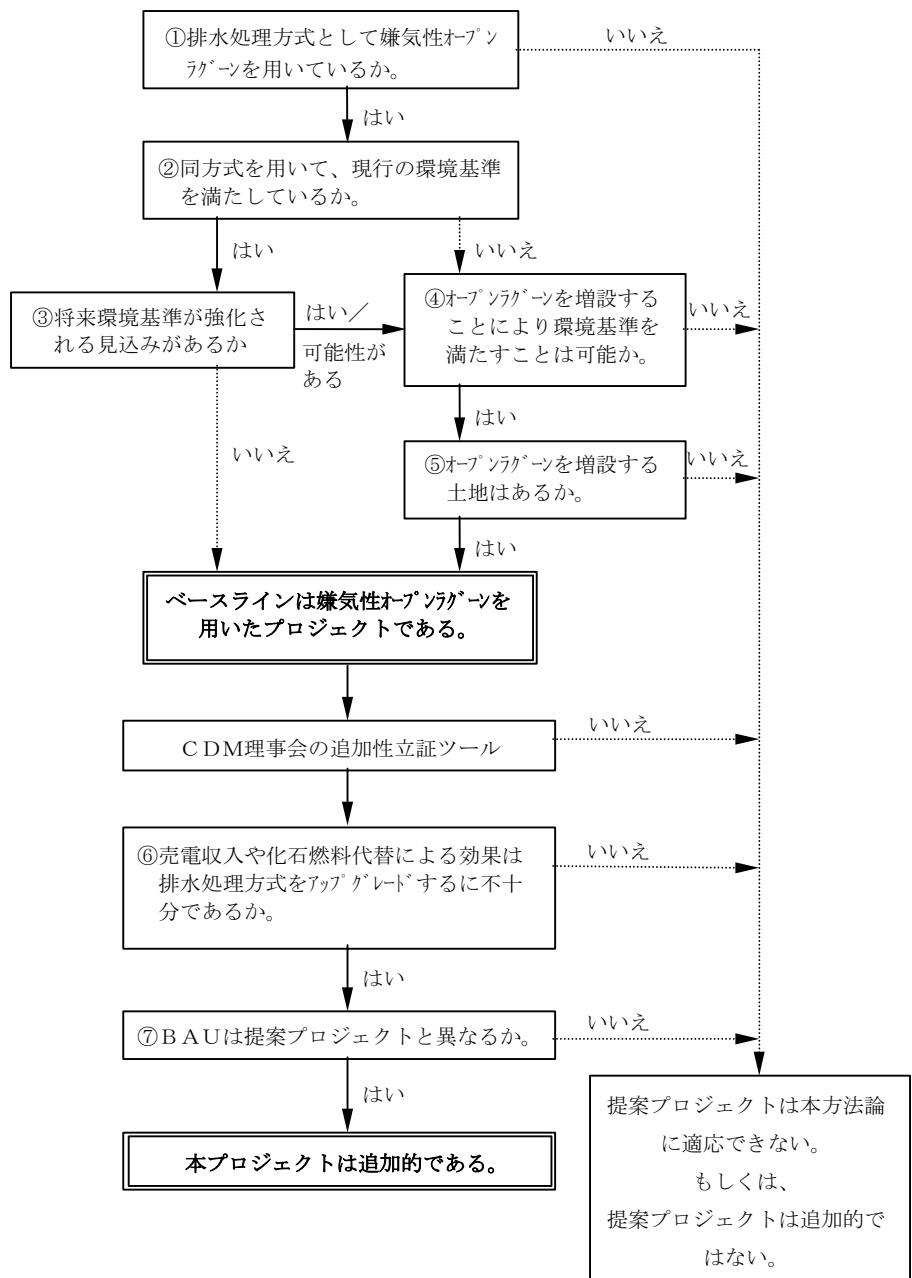


図-6 ベースラインの設定／追加性の立証ツールのフローチャート
(AM0013.version02)

(3) プロジェクト実施による GHG 削減量及びリーケージ

○対象温室効果ガス

表-5 プロジェクト活動に伴う温室効果ガス一覧

	発生源	温室効果ガス	
		CH ₄	対象 (D)
ベースライン シナリオ	廃水処理設備 (オープンラグーン)	CO ₂	カーボンニュートラルであることから対象外
	グリッド電力	CO ₂	対象 (E)
		N ₂ O	保守的な観点から対象外

プロジェクト シナリオ	廃水処理設備 (既設オープンラグーン)	CH ₄ CO ₂	対象 (A) カーボンニュートラルであることから対象外
	廃水処理設備 (閉鎖型処理設備)	CH ₄	対象 (B)
	ガス貯留槽	CH ₄	発生量が極めて少ないとから対象外 ※ただし、モニタリングを行い、GHG 発生量が全 GHG 削減量の 1%を超える場合には計上する。(C)
	起動時のための 化石燃料消費	CO ₂ /N ₂ O	

○プロジェクト実施による GHG 排出量

(A) オープンラグーンからのメタン排出量

$$PE_{y1} = COD_P \times Bo \times MCF \times GWP_{CH4} \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad [\text{式 } 1]$$

PE_{y1} : オープンラグーンからのメタン排出量 (kgCO₂/yr)

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

Bo : 最大メタン生成係数 (kgCH₄/kgCOD) = 0.238 kgCH₄/kgCOD

MCF : メタン変換係数 (-) = 0.97

GWP_{CH4} : 温暖化係数=21 (IPCC より)

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

$$COD_P = COD_X \times FFB_y \times PCF \times (1 - RER) \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad [\text{式 } 2]$$

COD_X : 1m³POME あたりの COD 値 (kgCOD/m³POME[※])

FFB_y : 年 FFB 处理量 (tFFB/yr)

PCF : 1tFFB 处理量あたりの POME 発生量 (m³POME/tFFB)

RER : COD 除去効率 (=0.90)

PCF については、以下の式に基づき算出している。

$$PCF = CFF \times 2.5 \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad [\text{式 } 3]$$

CFF : 1tFFB 处理量あたりの CPO 精製量 (tCPO/tFFB)
(=0.212 tCPO/tFFB)

PCF : 1tCPO 精製量あたりの POME 排出量 (m³POME/tCPO)
(=2.5 m³POME/tCPO)

(B) メタン発酵システムからの CH₄ 排出量

本プロジェクトにおいてはフレア処理システムを導入し、発電機が停止した場合においても CH₄ は燃料することから、メタン発酵システムからの CH₄ の漏出は極めて少ないものである。しかしながらシステム自体からの漏出は否定できないことから、保守的な観点よりプロジェクト実施時に回収した CH₄ の 5% 分とする。なお、NM0085 "Vinasce Anaerobic Treatment Project - Compañía Licorera de Nicaragua, S. A. (CLNSA)" の PDD においても同値が用いられている。

(C) メタン発酵システムに伴う CO₂ 排出量

メタン発酵システムの起動時電源からの CO₂ 排出および同システムからの CH₄ 漏出や排気ガス中の CH₄ 排出については、その量が極めて少ないとから negligible であると考えられる。しかしながら、これらはモニタリングして年間 CER 量の 1%を超える場合には本プロジェクトの対象ガスとしてカウントする。

算出結果の一例として表-6 にケース 2 の結果を示す。

表-6 プロジェクト活動に伴う温室効果ガス排出量 (tCO₂/yr) : ケース 2

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

○ベースラインにおける温室効果ガス排出量

(D) オープンラグーンからのメタン排出量

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

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

(E) 売電量に相当する化石燃料からの CO₂ 排出量

売電量に相当する化石燃料からの CO₂ 排出量については、AM0013.VERSION02 のオプション 1 に基づき排出係数にはグリッド全電源平均を用い、以下の式より算出する。

$$BE_{Ey} = EG_y \times EF_E$$

BE_{Ey} : 売電量に相当する化石燃料からの CO₂ 排出量 (tCO₂/yr)

EG_y : 売電量 (MWh/yr)

EF_E : SESB のグリッド全電源平均 (=0.55 tCO₂/ MWh)

表-7 にベースラインにおける GHG 排出量 (=BEy) の一例としてケース 2 の結果を示す。なお、これは試算であり、実際の GHG 排出量は計測値に基づいて算出する。

表-7 ベースラインにおける GHG 排出量 (tCO₂/yr) : ケース 2

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

No.	項目	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	オープソラグーン	17,692	17,692	17,692	17,692	17,692	17,692	17,692	17,692
2	売電	3,467	3,467	3,467	3,467	3,467	3,467	3,467	3,467
合計 (=BEy)		21,159	21,159	21,159	21,159	21,159	21,159	21,159	21,159

○リーケージ

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

○温室効果ガス削減量

本プロジェクトによるケース毎の GHG 削減量を表-7 に示す。なお、プロジェクト期間である 16 年間では、ケース 1 : 246,145 tCO₂、ケース 2 : 218,399 tCO₂、ケース 3 : 614,645 tCO₂ の GHG 削減効果が得られる。

表-8 本プロジェクトによる GHG 削減量（単位 : tCO₂/y）

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ケース 1	9,114	12,184	13,145	14,562	15,488	16,238	16,541	16,541
ケース 2	6,796	10,915	11,776	13,046	13,876	14,537	14,745	14,745
ケース 3	22,786	30,459	32,862	36,404	38,721	40,584	41,283	41,283
年	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ケース 1	16,541	16,541	16,541	16,541	16,541	16,541	16,541	16,541
ケース 2	14,745	14,745	14,745	14,745	14,745	14,745	14,745	14,745
ケース 3	41,283	41,283	41,283	41,283	41,283	41,283	41,283	41,283

（4）モニタリング計画

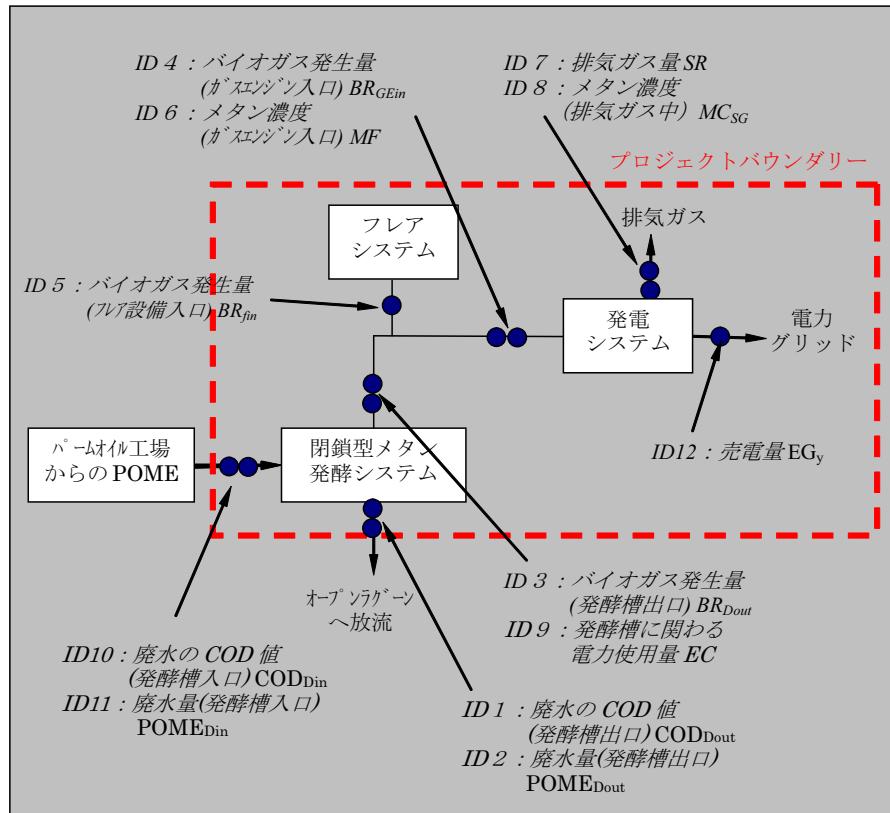


図-7 モニタリング計画図

(5) 環境影響/その他の間接影響

○環境影響

本プロジェクトに関して、Department of Environment Sabah へ環境規制についてのヒアリングを行った結果、Environmental Impact Assessment (EIA)の実施は不要であるとの回答を得た。しかしながら、大気・水質・煙突・騒音に関しては環境規制に対する評価が必要であることが判明した。基本的にはいずれの規制値の満たすものと考えているが詳細な検討は、今後行う計画である。

○その他の間接影響

- ①スラッジ発生量の低減
- ②土地の有効活用
- ③運転管理・メンテナンスの高度化
- ④経済的影響

(6) 利害関係者のコメント

表-9 利害関係者コメントの一覧

利害関係者	コメント
天然資源環境省環境保護管理局 (DNA)	提案プロジェクトは、マレーシアの主産業であるパームオイル産業の廃水環境改善効果が得られること、またエネルギーの有効利用の観点からも、CDMとして推進することを歓迎する。
天然資源環境省 サバ州環境局	提案プロジェクトは、マレーシアの主産業であるパームオイル産業の廃水環境改善効果が得られることから、歓迎する。 EIAは必要ないが、簡易な環境影響を評価した報告は必要である。
マレーシア エネルギーセンター (PTM)	提案プロジェクトは、マレーシアのクライテリアを満たしている。マレーシアの主産業であるパームオイル産業の廃水環境改善効果が得られること、またエネルギーの有効利用の観点からも、CDMとして推進することを歓迎する。 提案プロジェクトは、マレーシアにおいて実施されていないことから、その波及効果は大きいと思われる。
エネルギー委員会 マレーシア工業開発庁 (MIDA)	提案プロジェクトは、マレーシアにおいて初めてのプロジェクトになると思われる。プロジェクトが実施されれば、その波及効果は大きいと思われ、エネルギー有効利用の観点から歓迎する。
サバ州観光・文化・環境省	提案プロジェクトは、環境改善に大きく貢献するプロジェクトであり、サバ州観光・文化・環境省は全面的に協力する。
サバ州電力会社 (SESB)	提案プロジェクトは再生可能エネルギーを活用するプロジェクトであり歓迎する。
ボーフォート町	案プロジェクトは、マレーシアの主産業であるパームオイル産業の廃水環境改善効果が得られること、またエネルギーの有効利用の観点からも、CDMとして推進することを歓迎する。

3. 事業化に向けて

(1) プロジェクトの実施体制

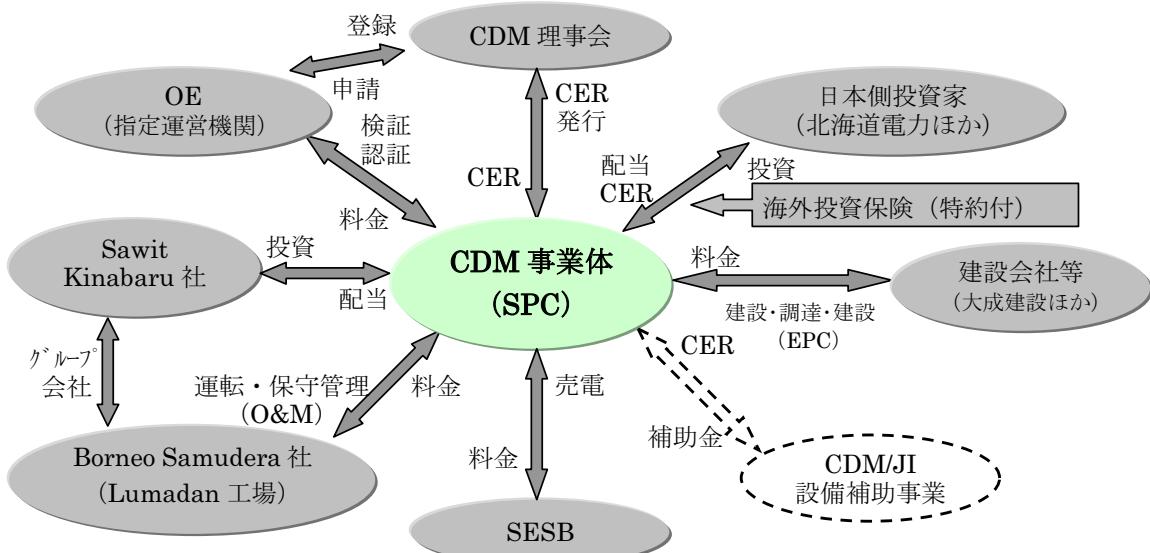


図-8 プロジェクト実施体制図

(2) プロジェクト実施のための資金計画

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

(3) 費用対効果

○初期投資額

- ・ケース1：3.0億円
- ・ケース2・3：4.6億円

○内部收益率（IRR、税引き後）

表-10 内部收益率（IRR）：税引き後

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

表より、CERがない場合（CER獲得期間0年）においては、いずれのケースでも1%以下であった。CERがある場合（CER獲得期間5年、16年）において、ケース1・2では、最大でも5%程度であった。一方、ケース3においてはCER獲得期間が16年、CER価格10USD/tCO₂において12%程度を示し、CER獲得期間が5年においても5%であることから、マレーシアのカントリーリスクを考慮しても民間プロジェクトとして実施できる可能性があることが分かった。なお、他のスキームとしてフレア処理のみ（発電を行わない場合）

についても検討を行ったものの、売電収入の割合が大きいことから事業性が低いことが分かった。

(4) 具体的な事業化に向けての見込み・課題

本プロジェクトでは、Lumdan 工場を対象としたケース 1・2 については事業性が低い一方で、Centrifuge 方式を用いている工場を対象としたケース 3 においては、民間プロジェクトとして実施できる可能性があることが分かった。

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

①POME の性状

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

②POME の排出量

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

③温室効果ガス削減量算定時の係数

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

④売電価格

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

⑤メタン発酵システム

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