

平成17年度環境省委託事業

平成17年度 CDM/JI 事業調査

マレーシア・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

報告書概要版

平成18年3月

三和エンジニアリング株式会社

目 次

A プロジェクト実施に係る基礎的要素

- A.1 提案プロジェクトの概要と企画立案の背景
- A.2 ホスト国の概要
- A.3 ホスト国の CDM/JI に関する政策・現状
 ホスト国の受入のクライテリアや DNA の設置状況など
- A.4 提案プロジェクトとホスト国
 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
- A.5 調査の実施体制（国内及びホスト国体制・その他）

B. プロジェクトの立案

- B.1 プロジェクトの具体的な内容
- B.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
- B.3 プロジェクト実施による温室効果ガス (GHG) 削減量及びリーケージ
- B.4 モニタリング計画
- B.5 環境影響/その他の間接影響
- B.6 利害関係者のコメント

C. 事業化に向けて

- C.1 プロジェクトの実施体制（国内及びホスト国体制・その他）
- C.2 プロジェクト実施のための資金計画
- C.3 費用対効果
- C.4 具体的な事業化に向けての見込み・課題

<添付資料>

- 添付資料 1： 調査実施体制図
- 添付資料 2： 事業化実施体制案
- 添付資料 3： 事業収支検討資料
- 添付資料 4： 現地調査写真

A. プロジェクト実施に係る基礎的要素

A.1 提案プロジェクトの概要と企画立案の背景

マレーシアは世界最大のパーム油生産国である。パーム油製造には、大量の水を使用する。パーム工場からの廃水 (POME) は、ラグーンと呼ばれる複数の溜池で最初に嫌気性発酵処理を行い、大半の COD を削減する。その後、好気性発酵処理を行い、COD・BOD を低減させ、浄化した上澄み水を河川に放流している。嫌気性発酵の段階で、温室効果ガス (GHG) であるメタンガスを大気中に放散しており、好気性発酵の際には二酸化炭素を排出し、パーム油製造工場 (POM) から放散される GHG 排出量は大きい。マレーシア国内では、1-2 工場の例外 (注 1) を除き、廃水処理はオープンラグーン方式によって行われており、発生するメタンガスは大気に放散されている。近隣住民に対する臭気の問題や周辺水域の水質悪化のリスクも小さくはない。さらにラグーンの処理時間も長く、ラグーンが占有する面積も大きい。

(注 1 ; 2004 年, MPOB (マレーシアパームオイル庁) 調査 稼働工場数 381、計画建設中 37)

これらの状況から、パーム油工場の排水の基準が定められたものの、他の産業排水の基準から比べると厳しいものではなく、生産拡大等によって、さらに水質が悪化する恐れもあり、臭気問題や汚泥の処理、土地利用の効率化と合わせて改善が望まれている。以上の様に放散メタンガス (GHG) の削減は、バイオマス資源の活用とあいまって大きな課題となっている。

A.2 ホスト国の概要

調査対象国 (ホスト国) であるマレーシアは、東南アジア諸国の中で、京都議定書批准を早期に行い (注 2)、CDM への対応体制も早いうちに整備され、社会体制が安定し、CDM を積極的に推進している。(注 2 ; 2002 年 9 月 4 日批准)

A.3 ホスト国の CDM/JI に関する政策・現状

ホスト国の受入クライテリアや DNA の設置状況など

マレーシアにおける DNA の役割は、天然資源環境省 (Ministry of Natural Resources and Environment: NRE) が担っている。同省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。

マレーシアにおける 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 (National Eligibility Criteria)

- 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. プロジェクトが、CDM 理事会で定める以下の諸条件を満たすものであること。
 - ・ 自発的参加である。
 - ・ 気候変動対策として、真の、かつ測定可能な長期的便益をもたらす。
 - ・ 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。
 - ・ 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。
 - ・ 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。
 - ・ 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。
 - ・ 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。
 - ・ 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。
 - ・ マレーシアで企業登録されている。(BPI:420850-P)
 - ・ 資本金が、10 万マレーシアリングギット以上である。(Paid-up Capital:2.0 百万 RM)
 - ・ 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。

A.4 提案プロジェクトとホスト国

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

本プロジェクトの適用技術の選択に際しては、バイオガス生産量(メタンガス捕集量)と建設コストのバランスをとることに留意した。

わが国では欧州メーカー等からの技術導入による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。

さらに、低濃度有機性排水の嫌気性処理技術も実用化されており（ビール工場等）、バイオガス収率を最大限大きくする方策として、高濃度及び低濃度の嫌気性処理を行う方式が考えられる。試算として、バイオガス収率を85%とすると、2段方式では97.8%(85+85*(1-0.85))の収率となるが、設備コストは2倍となるため、経済性の面から選択肢とはなり難いことがわかった。

わが国の主要技術について調査検討を行ったが、パーム廃水(POME)は、BOD, COD, SS, VSS, 油分の全成分の含有量が多く、このような廃水処理に対する実施例は殆んど無い。このような廃水性状の場合は、攪拌による処理有機物と微生物の接触を効率よく行うことが不可欠である。

わが国では、パーム油工場排水あるいは類似排水の処理事例が殆んど無く、マレーシア現地における技術調査を行ったところ、パーム油工場を保有し、20年近くパーム油廃液を密閉型バイオガス処理装置により処理を行っているケクセン社があり（注3）、その技術内容と実績を調査し、コスト及び性能的面で持続的に利用可能な技術と判断した。（注3；Keck Seng (M) Berhad (8157-D at Masai, Johor)

マレーシアにおいて、このような密閉型処理システムは、過去2～3社で稼働したと事例報告がされているが、これ以外には普及例はない。普及しない理由は広い土地が安価に入手できるためと言われている。本事業調査では、国内メーカー技術の調査も行ったうえ、ケクセン社との比較を行った結果、コスト面及び現地実績があることから、ケクセン技術を適用し、事業性を検討した。

なお、三和エンジニアリング㈱はマレーシアにプラント製作会社である現地法人を有しており、本社が有するバイオガス技術及びプラント設計・製作・エンジニアリング技術の提供も可能と考えている。

A.5 調査の実施体制（国内・ホスト国・その他）

① 国内

- a. 実施主体： 三和エンジニアリング株式会社
- b. 協力企業： 株式会社テクノバ

バイオマス利用技術に関する調査研究・コンサルティングの経験を有する調査研究会社で技術検討・調査、システム検討、設備の基本計画、PDDの作成等を委託した。

② ホスト国（マレーシア）

- a. 協力企業： Novaviro Technology Sdn Bhd (527092-U)

マレーシアのエンジニアリング会社(Consultancy Service; Enviro-LIFT社も経営)で、カウンターパートであるB P I社のコンサルタントを行っている。パーム工場におけるパーム油生産と排水処理に関する本事業化計画に必要なデータ調査、現地工場調査の支援について委託した。調査内容はパーム油工場排水(POME)の排出量、

性状検査、現状の排水処理システムの概要などである。

b. カウンターパート： Bell Palm Industries Sdn Bhd (BPI : 420850-U, Johor)

B P I はマレーシア法人であるベルグループ (ホールディングカンパニー KUMPULAN BELL Sdn Bhd) の傘下にある代表的なパーム油製造会社で、本事業では B P I において実態調査を行い、調査に必要な諸データの提供をうけた。

B. プロジェクトの立案

B.1 プロジェクトの具体的な内容

本プロジェクトは、パーム油工場から排出される有機質、SS や油分を大量に含む廃水 (POME; Palm Oil Mill Effluent) の処理工程で大量に大気中に放散されているメタンガスを回収し、ボイラーの燃料として熱生産に利用することで GHG 排出を削減するものであり、CDM 理事会で承認され、公開されている方法論「AM0013/Ver. 2 “Forced methane extraction from organic waste-water treatment plants for grid -connected electricity supply and/or heat production “」(2005 年 5 月 23 日) を適用した。

現状は、パーム油製造に伴い排出される廃水 (POME) は、ラグーンと呼ばれる開放された溜池に長期間放置され、浄化された後の河川等に放流されている。まずはじめの工程で、嫌気性発酵を行わせることにより廃液の COD 濃度を低減させるが、この際にメタンガスが発生し、大気中に放出されている。この後、好気性発酵を行わせることにより COD、BOD、などを削減し、浄化した上澄み水を河川等に放流する。メタンガスは二酸化炭素 (CO₂) の 21 倍の効力を有する温暖化効果ガスの一つであり、本プロジェクトは大気中に放散されているメタンガスを回収し、燃料としてボイラに利用するものである。

本プロジェクトのバイオガス (メタンガス) 回収システムは、ラグーン処理と同様の嫌気性発酵をプロジェクトで設置する密閉型消化ガス装置で行わせ、メタンガス主成分のバイオガスを回収した後に、従来のオープンラグーンを利用して好気性発酵を行わせる。さらにもう一段の密閉型消化ガス装置を設置して低濃度まで嫌気性発酵を行わせ、回収メタンガス量の増加を図り、オープンラグーンの負荷量を軽減することも立案検討したが、前述のように、経済性の観点から一段の高濃度処理とした。

本プロジェクトの対象とした BPI パーム油工場の規模は、投入パーム量 (パーム果房ベース : FFB) が 40 t/時間である。メタンガスを回収することにより、削減可能と見込まれる GHG 量は二酸化炭素 (CO₂) 量に換算すると、年間 24,172t に相当する。

B.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

本事業が実施されない場合、BPI パーム油工場では依然としてオープンラグーンシステムが使用されることになるので、本件のベースライン・シナリオは現行の POME 処理システムとなる。

また、追加性については、密閉型消化ガス装置等の高度技術に対する投資コストが高いこと、BPI パーム油工場は廃水処理をオープンラグーン方式で行ってきており、ラグーン容量は不足していないこと、放流水基準等が厳しく規制された場合でも、所有土地面積が不足することはないため、BAU にならない。

現行の POME 処理システムはオープンラグーン方式で嫌気処理ラグーンからメタンガスが大気中に放散されている。

本調査では、BPI が測定した嫌気性処理ラグーンの入口における POME の実測性状データを基に、マレーシアパームオイル局 (MPOB) が行ったパーム工場のサンプリング調査データなども参考にし、IPCC のガイドラインで定められている計算式及び設定値を適用し、POME の COD 濃度を基礎としてメタンガスの排出量及び削減 GHG 量を推定した。

$$\begin{aligned} & \text{[嫌気性ラグーンで発生するメタンガス CH}_4 \text{ (kg/年)]} \\ & = \text{[嫌気性ラグーンで処理する COD (kg/年)]} \times \text{[嫌気性ラグーン COD 除去率(\%)]} \times \\ & \quad \text{[Bo (kg/CH}_4\text{/kg 除去 COD)} \times 0.738 \end{aligned}$$

処理 COD (kg/年) = POME 容量(m³/年) × COD 含有量 (kg/m³)

Bo = メタンガス CH₄の生成率係数

0.738 は地域による係数で、マレーシアは 0.738 である。

BPI パーム油工場から排出される POME は、年間で 144,000 m³である。

POME の平均 COD 値は 64.5 kg-COD/m³である。オープンラグーンシステムを密閉型消化ガス装置に置換えることによるメタンガス (CH₄) の排出削減量は二酸化炭素 (CO₂) 換算 24,172 t-CO₂/年と算定される。

B.3 プロジェクト実施による温室効果ガス GHG 削減量及びリーケージ

① GHG 排出量

本事業の密閉型消化ガス装置では攪拌方式を採用するため、補機の電力が追加で必要となるが、工場のプロセス用電力はバイオマスを燃料として発電され、また、工場全体の電力に比べると小さく、無視しうる量である。

本事業から排出される GHG は、廃水をオープンラグーンシステムで処理を行う際発生するメタンガス (CH₄) である。

プロジェクトで排出される想定メタンガス (CH₄) 量は年間 288 t であり、二酸化炭素 (CO₂) 換算 6,048 t/年である。

② GHG 削減量

GHG の削減量についてはベースラインの GHG 排出量からプロジェクト実施により排出される GHG 量を差し引くことにより求められる。本事業による削減量は、ベースライン

のラグーン処理に代えて密閉型消化ガス装置を採用した場合のメタンガス (CH₄) 回収量であり、約 1,439t/年と予測される。二酸化炭素 (CO₂) 換算 30,219t-CO₂/年となる。ベースラインとプロジェクト排出量を差引きすると、二酸化炭素 (CO₂) 換算 24,172t-CO₂/年の GHG の削減が可能となる。

③ リークージについて

リークージについては小さいものと考え、無視とした。

B.4 モニタリング計画

① モニタリング手法

モニタリングの手法についても「AM0013/Ver.2 “Forced methane extraction from organic waste-water treatment plants for grid-connected electricity supply and/or heat production ”」のモニタリング手法を適用することを前提として計画・検討した。

② モニタリング計画

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) バイオガスプラントの操作状況や生産能力を管理・把握するためのモニタリング。
- 2) 本プロジェクトのメタンガス排出削減量の測定と記録のためのモニタリング。
- 3) ベースライン・シナリオの変化を測定するためのモニタリング。

B.5 環境影響/その他の間接影響

① 環境影響について

- a. 本プロジェクトでは密閉式システムを採用するため、既設嫌気性ラグーンからの臭気問題は解消される。大気、水質、悪臭等周辺への環境影響が改善されていることについては、定期的に臭気や水質などの分析を行い、記録する。
- b. 本プロジェクト実施により、放流水質の改善が図られ、環境負荷が低減される。
- c. ラグーンで占有されていた工場用地は、本プロジェクト実施により水処理プラントスペースが小さくなるため、他の用途に利用することが可能となる。
- d. 可燃性ガスであるメタンガスが従来は大気中に放散され、着火等の危険があったが、本プロジェクト実施により、それらの危険度が軽減される。

② その他の環境影響について

オープンラグーンにおける処理では汚泥が発生し、それらが堆積することにより、ラグーン水深が浅くなると、浄化性能が劣化するため、定期的に汚泥を除去し、それらの処理（堆肥化や焼却処理など）が必要であった。本プロジェクト実施により、水処理性能が変動することはなくなり、また、汚泥発生量が削減できる。

B.6 利害関係者のコメント

a. マレーシア政府関係機関

マレーシア国のエネルギー利用等に関する CDM 関係機関であるマレーシアエネルギーセンター(Pusat Tenaga Malaysia:PTM*)を訪問し、今回の CDM 事業調査の概要説明を行った。これに対し PTM 側からは、「マレーシアはエネルギーコストが安く、省エネルギーへの取組みが不足気みではあるが、国及び PTM は CDM を積極的に推進したいと考えている。」との見解を得た。

(注*; CEO/Director Dr. A. R. Anuar, Deputy Director Mr. Z. I. Ahmad)

b. その他の利害関係者

その他の政府機関、地域自治体、近隣住民代表、工場関係者等その他の利害関係者に対しては、将来、調査を行う。

C. 事業化に向けて

C.1 プロジェクトの実施体制（国内・ホスト国・その他）

CDM 事業化実施体制及び役割については、以下のように検討している。

① 国内

a. 事業実施者： 三和エンジニアリング株式会社

マレーシアにおける現地法人： Sadasanwa Engineering (M) Sdn Bhd

b. 事業化ファイナンス

国際協力銀行 JBIC (Two Step Loan)、東京貿易、金融機関等

c. 事業化計画

三和エンジニアリング㈱、東京貿易

② ホスト国（マレーシア）

a. 事業者： カウンターパート BPI

設備改善

b. コンサルティング： Novaviro Technology Sdn Bhd

プラント改修工事、工事監理

c. 事業化ファイナンス

RHB Bank Berhad (JBIC の Two Step Loan)、及び金融機関融資

C.2 プロジェクト実施のための資金計画

事業化に際しての資金計画は、三和エンジニアリング株式会社が債務保証を行い、現地子会社であるサダサンワ株式会社が RHB バンクから JBIC の Two Step Loan による融資を現地にて受ける。プロジェクトコストの 60%はこの融資でカバー可能である。残りの 40%は、日本側商社の協力を得て金融機関による融資で調達することを検討している。

なお、JBIC が海外日系企業に融資する Two Step Loan は、ODA 原資とは異なるため、CDM に利用することに関しては、まったく問題は無い。(JBIC 担当者に確認済)

C.3 費用対効果

a. 事業収支

プロジェクトのコスト試算は、マレーシアに拠点を置く三和エンジニアリング (株) の子会社及び現地エンジニアリング会社による概算を元に行っている。初期投資コストは1億6百万円、運転コストは7.2百万円である。事業収入は、バイオガスのボイラ燃料利用で余剰となるパームカーネルシェルを、大手セメント会社等の外部企業に燃料用途で販売して得られる年間約8.3百万円の収入である。

b. 炭素クレジット販売による収益率

炭素クレジットの販売収入を得ることにより、収益率は投資可能な程度まで押し上げられる。日本からの機器を輸入することによるコスト上昇によって、投資採算性が悪化するのであれば、CDM を実施する意義は低くなるが、わが国が有する技術や知見を生かして基本デザイン・エンジニアリングを行い、工事及び資材調達を現地で行うことによるコスト軽減は本 CDM プロジェクトの事業可能性を高めている。

c. 事業性検討

回収メタンガス利用による炭素クレジットの売却収入に基づく、事業収益の試算を行った。

試算は CO₂ を \$5/CO₂-t で売却した場合と、CO₂ を \$10/CO₂-t で売却した場合の 2 ケースで行い、売却期間は 21 年 (7 年/ケ-ム x 3) である。

・ IRR (税引前) 及び単純投資回収年数

CO ₂ 売却価格			\$5/CO ₂ -t	\$10/CO ₂ -t
I R R	事業開始後	8 年目	-0.1%	16.2%
	同上	15 年目	10.2%	23.2%
	同上	22 年目	12.4%	24.2%
単純投資回収年数 (年)			6.6 年	3.4 年

・ GHG 削減コスト：

(設備投資金額) ÷ (クレジット期間中に削減した GHG 量 (CO₂ 換算))

クレジット期間	7 年目	626 円/t-CO ₂
同上	14 年目	313 円/t-CO ₂
同上	21 年目	157 円/t-CO ₂

C.4 具体的な事業化に向けての見込み・課題

① 事業化に向けての見込み

- a. 本プロジェクトはマレーシア国のカウンターパートの意識及び意欲も強く、CDM としての実施可能性は高い。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マレーシアの BAU では行われない事業を実施するのに十分なインセンティブになると思われる。
- b. マレーシアはアジア諸国の中では CDM の受入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、三和エンジニアリング株式会社としてはプラント技術を有するエンジニアリング力を生かして、積極的に CDM の事業化を進めたいと考えている。

② 事業化に向けての課題

- a. シェルなどのパーム廃棄物の受入先の確保、販売金額の調整。
- b. バリデーション

今回の調査業務は、プロジェクト実現可能性の調査、プロジェクト設計書 (PDD) の作成までであったが、実際の事業化までには更に DOE によるバリデーション、ホスト国の承認等の工程が必要である。

C. 設備コストについて

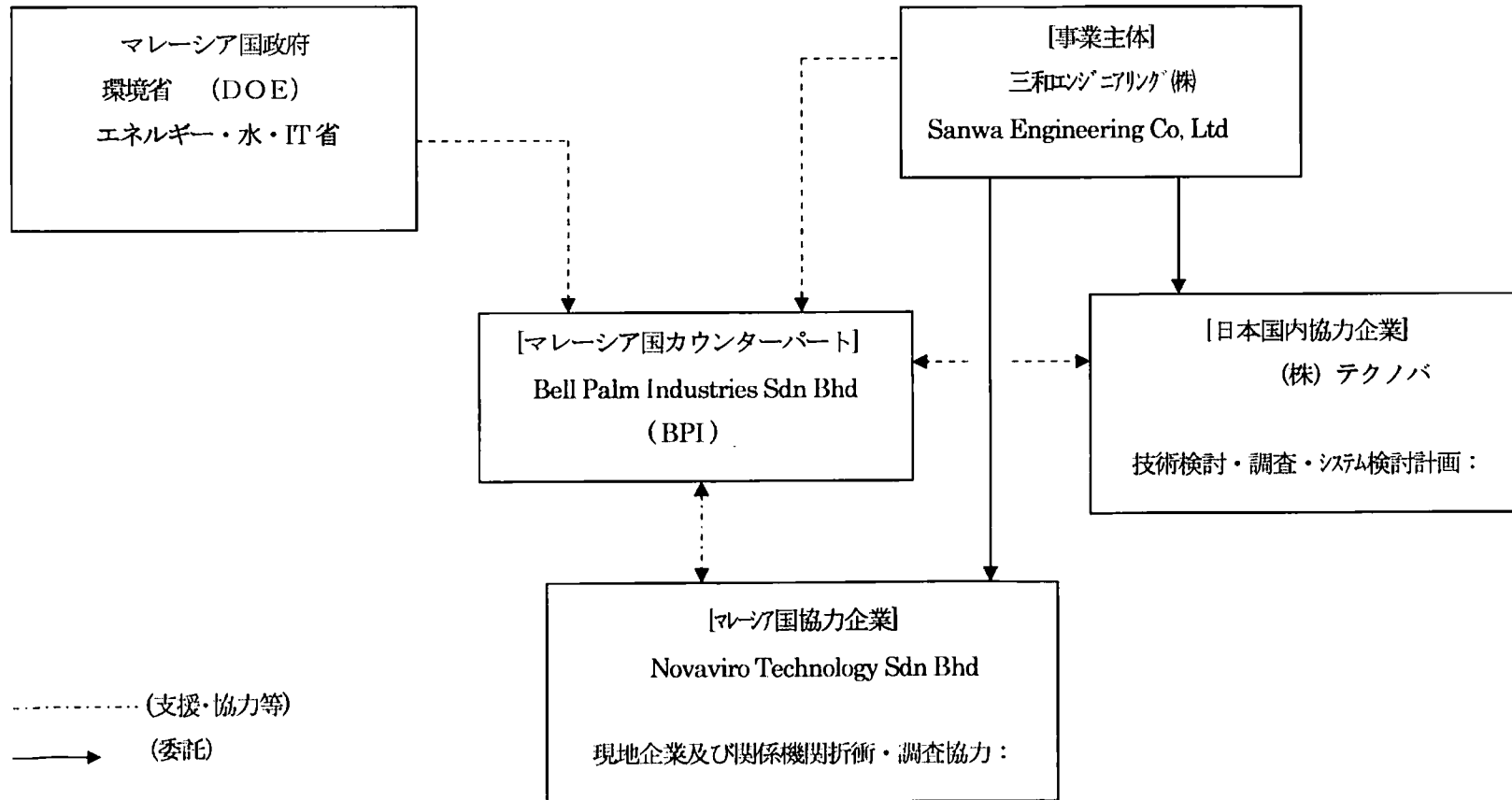
設備コストについては、日本からプラントを調達することに比較すれば非常に合理的価格になったと考えられるが、IRR 等を見るとさらに削減努力は必要であり、PDD バリデーションを実施し、準備を進める中で、今後も事業化計画検討を進め、更なる合理化を検討し、事業収支の向上を図ることとしたい。

以上

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

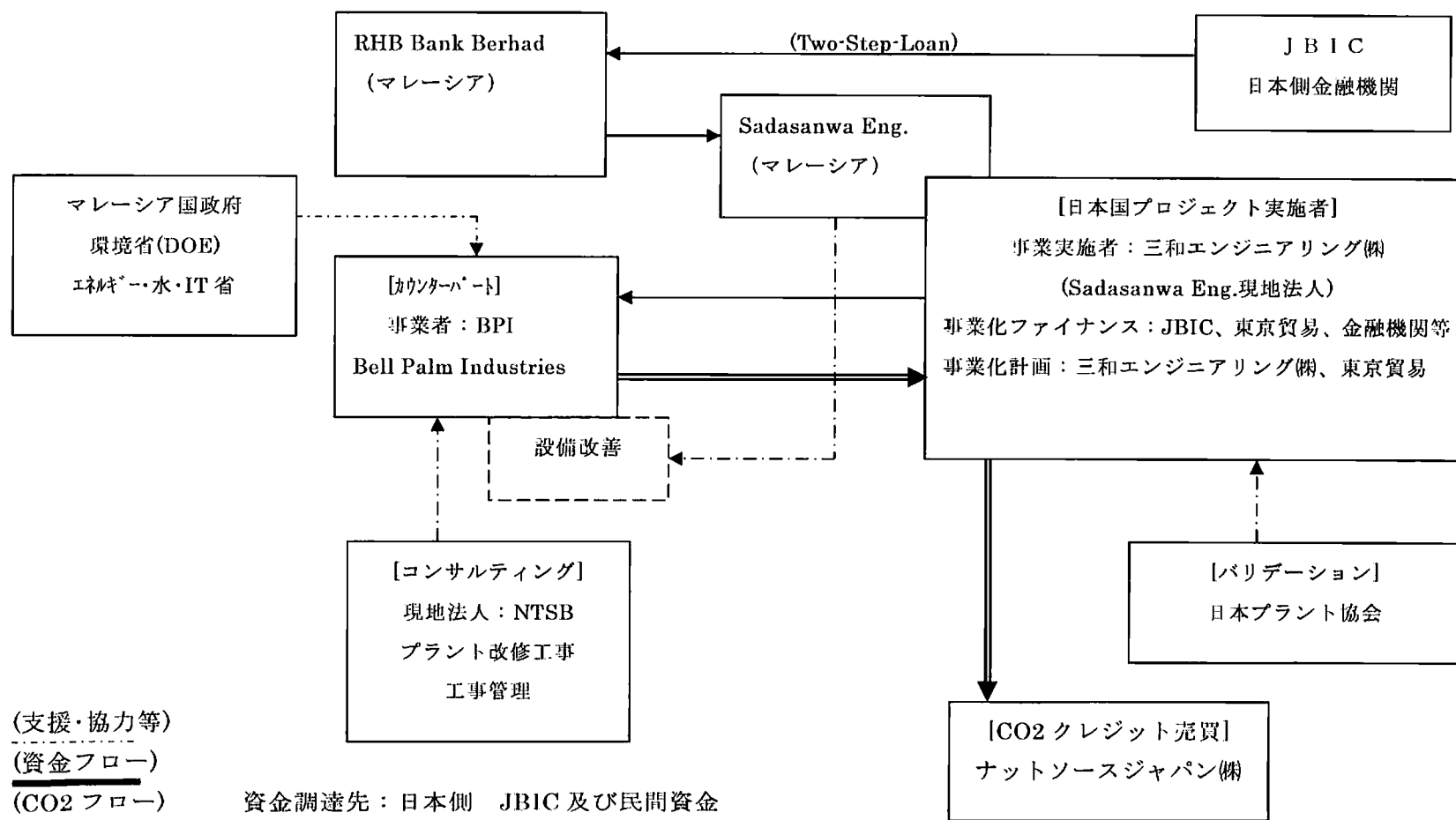


添付資料2 事業化実施体制案

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

—
—



(支援・協力等)
(資金フロー)
 (CO2 フロー)

添付資料3 事業収支資料

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)

2007-2013

	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)支払 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				

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