

平成 17 年度 CDM/JI フィージビリティ調査 報告書概要版

調査名 『インドネシア・廃棄バイオマスの高品位燃料化及び有効利用事業の CDM 事業化調査』

団体名 石川島播磨重工業株式会社

(1) プロジェクト実施に係る基礎的要素

提案プロジェクトの概要と企画立案の背景

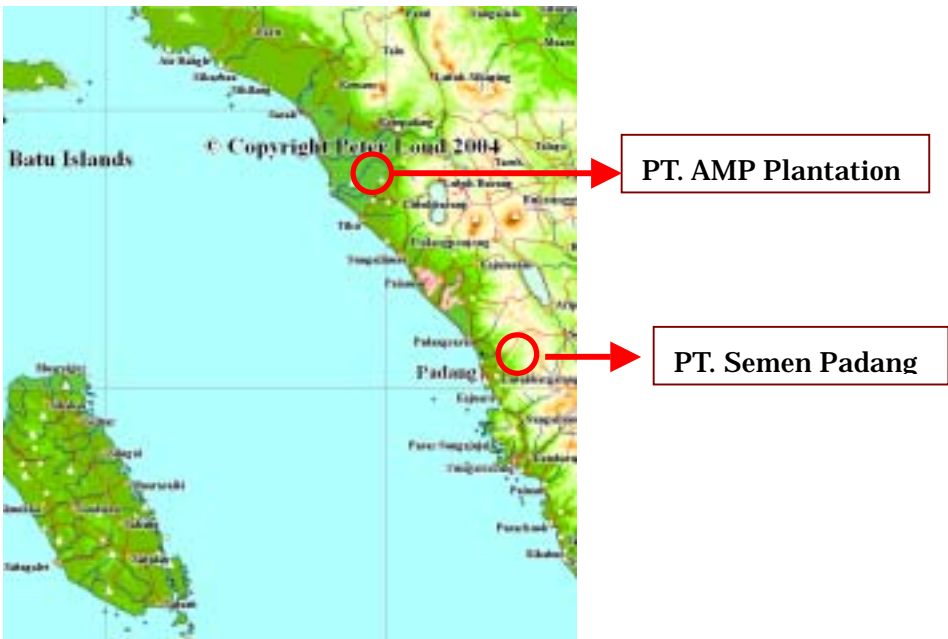
想定している CDM 事業: パーム搾油工場からの大量に発生するパーム油絞り滓等の廃棄バイオマスを炭化燃料化することで、さらに製造した炭化燃料は、セメント工場での石炭代替として利用し、CO₂ 削減を実現する。低品位なバイオマスを直接利用するのではなく、炭化燃料化することで燃料の高品位化を図り、事業の経済的な自立性を高める点に特徴を有する。さらに野外に放置されている廃棄バイオマスの腐敗により排出されている CH₄ も削減する。

水分の多い EFB は多くのパームミルで処理が問題となっており、野外放置による腐敗とこれによる悪臭、野焼きや単純な焼却炉による処理では不完全である上、煤煙等で周辺住民から苦情が来る等のケースもあり、パーム油生産で副生する厄介者扱いである。ただし、このパームは、インドネシア国内でも主要な商品作物であり、莫大な賦存量があるため、日本のバイオマス炭化技術と燃料生産者と変動する生産量の燃料を許容しうる利用者を結びつける経済的スキームを組み合わせる事により、季節変動性のあるバイオマスを有効に活用することが可能ではないかという点が、今回の事業立案の背景である。

ホスト国の概要

インドネシア共和国は、首都ジャカルタを有するジャワ島、赤道直下のスマトラ島、カリマンタン島を初めとした熱帯域に無数の島嶼を持つ人口 2 億 3 千万人のアジア第三位の人口を持つ民主国家である。パーム油の生産においてインドネシアは、マレーシアについて、世界第二位であるが、マレーシアは既に栽培面積の大幅な伸びが期待できないことから、いずれインドネシアがパーム油の生産において世界第一位となると予想されている。本プロジェクトの予定地域である南スマトラ州 パダン地区は、ほぼ赤道直下に位置し、植物の育成に好適な立地条件にあることから、外貨獲得に有用な商品作物であるパームの栽培が盛んであり、現在も尚、栽培面積は拡大しつつある。

下記に今回、調査対象サイトを示す。



ホスト国の 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

これまでのインドネシアにおける地球温暖化対策 / 京都議定書取組の主な経緯を下記に示す。

- ・ 1994/8 気候変動枠組条約を非附属書 国として批准
- ・ 1996 共同実施活動 (AIJ) を開始。2001 年までに日本の 3 件 (NEDO2 件、JICA1 件) を含む 9 件を実施
- ・ 1998/7 京都議定書に署名
- ・ 2002/6 エネルギー・鉱物資源大臣令によりエネルギーセクターCDM 国家チームを設置
- ・ 2002/9 環境大臣が 2 件の地熱発電を CDM プロジェクト対象として承認

さらに最近では 2 月にインドネシア初の CDM プロジェクト承認登録がされた(提案国ドイツ)。CDM 審査のための組織としては、インドネシア環境省が中心となり、DNA 等が設置されている。実際に承認案件も出たことにより、これらの機関が実質的に活動するようになってきたといえる。尚、本件に関して、我々は、JICA 関係者である藤塚氏のセッティングにより、下記の通り、インドネシア環境省副大臣に面会し、インドネシアの状況および本件を説明する機会を得た。

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

インドネシアは比較的豊富な資源を有する国であるが、良質な石炭・ガス・油は外貨獲得のため輸出されている。国内では劣質な化石燃料の利用を余儀なくされ、自国のエネルギー需要を十分賄っていない恒常的なエネルギー不足状態である。このために、国内に豊富にあるバイオマスエネルギーの利用が期待され、インドネシア政府は 2020 年までに 5%のエネルギーを再生可能エネルギーで賄うとの目標を設定している。将来的にはこの目標数値は増大するものと予想される。

一方、現在国内のパーム搾油工場では、焼却炉で処理しきれない燃え殻等 (5,000kcal/kg 以上の熱量が残っている) が大量に放置されている他、特に EFB (Empty Fruit bunch: パーム果実から油脂採取部分を除いたもの) については一部焼却処理されるものの放置 (廃棄) される物も非常に多く、この放置 EFB は腐敗により CH₄ 等を発生するとともに、悪臭を放っている。大量の黒煙等を生じる焼却処理についても、既にマレーシアの法規制を参考に既存設備も含めて禁止される方向にあり、環境面からも高度な処理方法が期待されている。

また、エネルギー大量消費産業の代表格であるセメント工場は、国内需要の多いインドネシア国内にも数多く有り、大量の石炭が消費されている、この業界は比較的エネルギー効率が高いため、これ以上の炭酸ガス排出量削減の実現は燃料のバイオマス転換が非常に有効な手段であると考えられる。

本事業の主要な意義は、莫大な賦存量を有しながら、技術的、商用的に利用するのが困難とされるバイオマス事業を事業所連携という新しいスキームによって、この国の資源の有効活用につながる点である。これらが実施された場合、セメント工場、パーム工場は、いずれもインドネシアの主要産業であり、全国に大型工場も多いため、速やか且つ、広範囲の普及の可能性が高い

と言える。

本候補サイトのパーム油工場地域である南スマトラ州だけでも9個所の同様なパーム工場があり、さらにインドネシア国内のも多数の工場がある。また、パームはマレーシアを始めとした東南アジア各地域で広く栽培されており、本モデルのインドネシア以外の国へも広く普及が見込まれる。

また、炭化炉については技術指導と技術移転等により、構造体の主要部分がインドネシア現地生産することは可能である。これにより、現地生産の低コスト普及機の生産、流通が可能であると考えられる。また、石炭利用設備においては、今回、バイオマス燃料等異種燃料の混焼技術の普及も今後の燃料代替に有用であると考えられる。

調査の実施体制（国内・ホスト国・その他）

今回の調査の主体は、I H I（日本）であり、ホスト国（インドネシア）において下記の協力者により、調査実施した。

・ C D M事業実施サイト関係

- a. PT. AMP PLANTATION：パーム滓炭化事業実施対象予定事業所、パーム搾油工場からの廃棄バイオマス量や工場内エネルギー・マスバランスのデータ提供とサンプル採取
- b. PT. CEMEN PADANG：パーム滓炭化物利用（購入）対象予定事業所、セメント工場内のエネルギー・マスバランスデータ提供する。

・ P D D作成関係

- c. YBUL（Yayasan Bina Usaha Lingkungan）：インドネシア CDM 承認手続きなど全般情報提供，CDM 事業化推進、ステークホルダーのコメント聴取、とりまとめを担当
- d. Andaras 大学：パーム残渣に関する分析・解析、インドネシア国パダン地区内等のエネルギー・産業情勢の調査
- e. ITB（Institute of Technology Bandung）：インドネシア国内 C D Mに関するデータ収集、検討等

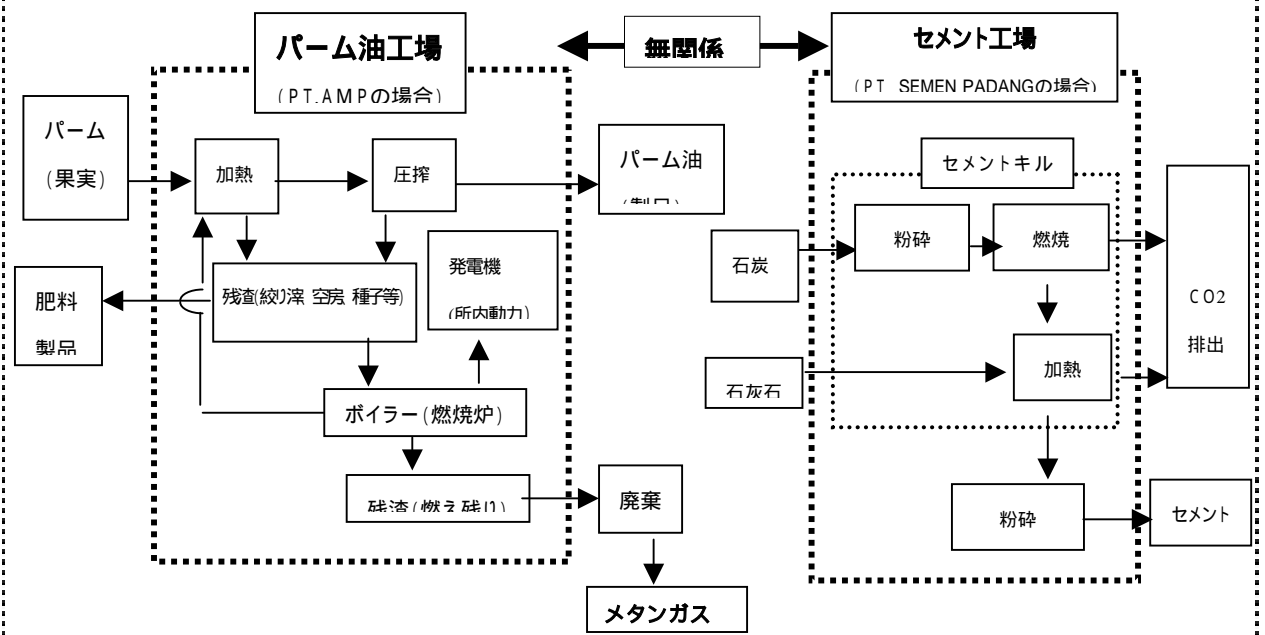
（ 2 ）プロジェクトの立案

プロジェクトの具体的な内容

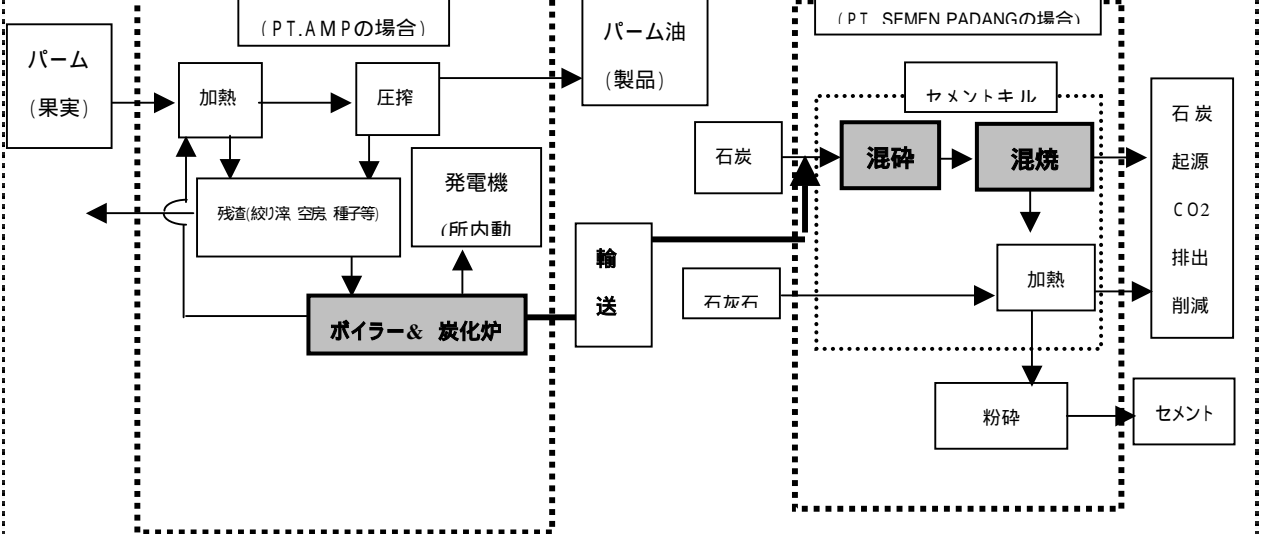
下図に示すようなスキームにより、プロジェクトの実施を想定している。今回の F . S を実施したサイトは、P T . A M P（パームミル）および P T . S E M E N P A D A N G であり、最初の実施予定地もここを想定している。ただし、同様のスキームで別のサイトで実施も可能である。多量のパーム果実が集積し、E F B が排出されるパームミル内またはその近郊に炭化炉を設置し、その炭化炉により E F B を炭化、バイオマス燃料化した後、セメント工場に輸送し、石炭と混焼し、セメント工場における化石燃料起源の二酸化炭素を削減する。また、同時に放置された E F

Bから発生したメタンガスをその発生源となる放置E F Bを削減することにより、地球温暖化ガスの排出を抑制する。元来、まったく無関係な事業所を炭化バイオマスを媒体に結びつけることにより、生産量が季節変動するバイオマス燃料を経済的に成り立つ事業とすることができる。基本的なスキーム図を下記に示す。

事業導入前



事業導入後



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

a. プロジェクトバウンダリー

プロジェクトはセメント工場での化石燃料の部分代替であり、バウンダリーはすべてのセメント製造に関する生産プロセスである。セメント製造での化石燃料の燃焼は、高温・長滞留時間であるため、地球温暖化ガスとしては CO₂ のみを考慮する。事業に含まれる炭化プロセスは、バイオマスの前処理プロセスとして扱う。

b. ベースラインの設定

本プロジェクトがない場合には、セメント工場での石炭大量消費が継続されるか、他の化石燃料（重油や天然ガス）やバイオマスへの転換が考えられる。この中で重油・天然ガスについては、熱量当たりの価格が高いこととインフラの制約のため今後、石炭に取って代わることは考え難い。バイオマスと考えた場合には、今回のプロジェクト実施先となる PT. Semen Padang では、Padang 市周辺でパーム油に生産が盛んでありパームミルからの廃棄物として Shell・Fibre・EFB の 3 つが考えられる。このうち、Shell と Fibre は既にほぼ 100% をパームミル内の発電用ボイラ燃料として消費されており、セメント製造の石炭代替に供給する余地は非常に小さい。また、EFB は水分含有量が 60% 程度と高いため、直接利用が難しい。更に、エネルギー密度が小さいことから、輸送費用が問題となる。

以上より、本プロジェクトのベースラインとしては、現状の石炭によるエネルギー供給を考える。

c. 追加性の証明

バイオマスによる石炭代替は、経済的な面での障壁がある。本プロジェクト対象である PT. Semen Padang 周辺で Available なバイオマスは、パームミルからの廃棄物が現実的な選択である。パーム廃棄物は、水分量が多く、単位重量当たりの熱量が石炭の 1/2 ~ 1/3 であり、かつ、見かけ比重が小さいことから輸送容量が 6 ~ 10 倍となりコスト的に実現性がない。本プロジェクトでの炭化燃料は、乾燥・炭化を行うことでエネルギー密度を石炭同等まで引き上げるため、輸送コストの問題は縮小できる。ただし、エネルギーの面だけを見ると、燃料価格は石炭同等が限度であり、そのままでは炭化燃料化が普及することはない。ここに GHG 削減による CER を得ることで、事業採算性の確保が可能となる。s

プロジェクト実施による GHG 削減量及びリーケージ

プロジェクト実施での GHG 削減は、炭化燃料で代替した石炭からの排出 CO₂ 量であり、45,000t-CO₂e/年と算定できる。リーケージには、炭化燃料製造プロセスで新たに排出される CO₂ と野積み EFB の腐敗を無くすことで削減する CH₄、炭化燃料輸送での GHG 排出を加味する必要があり、最終的な GHG 削減量は 53,000t-CO₂e/年と算定している。

モニタリング計画

次の項目を計測・分析することにより、モニタリングする。

・代替燃料による GHG 削減量

セメント製造工程に投入された炭化燃料の消費量と性状から GHG 削減量が算出できる。

- ・炭化燃料の輸送にかかる GHG 排出量

輸送で消費された燃料の量と性状によって計算可能である。

- ・炭化燃料製造プロセスでの GHG 排出量

炭化設備の運転立ち上げ時の助燃燃料の量と性状による計算ができる。

- ・野積み EFB からの嫌気性発酵メタン量

焼却炉からのオーバーフロー分である EFB 量と IPCC の default values を用いることで算出できる。

環境影響/その他の間接影響

広大な自社敷地を持つパーム搾油工場(PT. AMP PLANTATION)敷地内には、事業者関係者以外に利害および環境面のステークホルダーとなる居住住民はほとんどいないが、本地域にはパーム工場関係者以外の人々も居住しており、後述のステークホルダーミーティングにより意見を聴取した。本工場では不完全ながら EFB の焼却処理を実施しているが、その焼却にかかわる煤煙についてはかねてより周辺住民から苦情が出ている。

本事業では、基本的には EFB の既存の処理法からは、新たに発生する排出物等はなく、逆に本プロジェクトの実施により、既存の処理法からの煤煙等は削減されるため、排出周辺環境は向上すると予想される。このため新たに問題となる利害、自然破壊等の問題は生じないと考えられる。尚、今回の調査では分析した EFB よりパーム栽培時に使用された農薬によると思われる塩素分が検出されているため、野焼きや焼却炉での処理方式ではダイオキシン等の発生の可能性を考えられる。このため、本プロジェクトの炭化炉では排ガスの処理方法として 800 度以上の高温処理を行う機構を設ける予定である。(本機構そのものは日本の都市ゴミ処理等に適用済みである。)

PT. CEMEN PADANG は都市部にあり、地元関係者、地元環境行政担当者からの意見聴衆を行うステークホルダーを実施して意見聴取を行ったが、こちらでも煤煙に関する関心(現行の工場の排出ガス等の状態への不満)が多い。ただし、こちらで実施するプロジェクト内容は燃料の代替であり、大幅な設備関係等への改造は想定されていないので、バイオマス燃料の採用による若干の環境の改善(バイオマス燃料では石炭よりも硫黄分、窒素分の含有量が少ないことによる)を除き、現行の状況を大幅に変えることはない。(尚、本件は下記ステークホルダーミーティングを参照のこと)

利害関係者のコメント

2月9日時点で本プロジェクトにかかわる利害関係者のステークホルダーミーティングはすべて終了した。

a. PT. AMP におけるステークホルダーミーティング

2005年12月8日にパダン地区、PT. AMP 内の集会施設で実施した。参加者はパーム農園関係者や州関係者、環境省(地方局)Palm Oil Mill 関係者、地元民(周辺集落住民および酋長、ハジと呼ばれるメッカ巡礼済みの宗教上尊敬される人、農家など)、環境省(地域)など50名以上の参加があった。本ミーティングでは、事業当事者である PT. AMP Plantation, IHI, YBUL (インドネシアにおける CDM コンサル)から以下の説明を実施し、それに対する質疑を受けた。

- ・PT. AMP : 自身の事業である Palm 搾油プロセスの紹介と、CDM となりうる EFB の利用およ

び排水からのメタン回収について概説

- ・ IHI : 京都議定書・CDM について概説し、今回の EFB 炭化利用について説明
- ・ YBUL : CDM と PDD について説明

質問については、PT.AMP が現在の操業で排出している煤煙についての苦情等に絡めて本プロジェクトで発生する排煙に関する質問があったが、実施予定の炭化炉ではバグフィルターの設置等が考慮されており、問題はない旨回答した。また、実施が決定してから、StakeHolder から許可をもらうのではなく、計画当初から対話をすべきである。地方政府からアドバイスもできる等、計画の推進に協力的といえる発言等があった。その他は、FS 段階であることもあり、混乱なく meeting を終了し、地元首長と PT.AMP Plantation で meeting 実施の確認書に相互サインした。これにより、Project 実施検討には基本合意を得た。

b. PT . SEMEN PADANG におけるステークホルダーミーティング

2006年2月9日にパダン市内、プミナホテルのレセプションルームにおいて、ステークホルダーミーティングを実施した。参加者は、PT . SEMEN 関係者、州関係者、環境省（地方局）、周辺住民代表者等、約40名が出席した。下記の順に説明を行った後、質疑を実施した。

- ・ PT . SEMEN PADANG（現行の操業およびエネルギー収支等）
- ・ IHI 実施予定プロジェクト説明（パーム炭化およびバイオマス燃料のセメントキルンへの混焼）
- ・ YUBL（CDM制度の紹介と説明）

このミーティングでも工場から排出される煤煙への関心が高く、新たなプロジェクトによる排出量の増大の有無に対して質問が集まった。IHIからは、本プロジェクトの範囲（最大でも石炭の数%が代替できるだけであるので）では基本的には排出状況は現在と変わらないことを回答した。

ミーティング内では、本提案は特に反対なく了承され、終了後のアンケート調査でも、殆どの参加者が実施に対して賛成であったが、本事業の実施により、地元民の雇用の機会が失われないかという懸念を示す意見も1件あった。（石炭搬入に関わる仕事が失われると考えたものと推定されたが、実際にはバイオマスの混入率から見て雇用機会に影響を与える可能性はほとんど無いと考えられる。）

これによりPT . SEMENでのProject 実施検討には基本合意を得た。

(3) 事業化に向けて

プロジェクトの実施体制（国内・ホスト国・その他）

現在想定している実施体制は、今回の調査サイトの事業所であり、事業の推進母体は日本側の出資によるSPC（特定目的会社）等を想定している。

ホスト国であるインドネシア側には、詳細の事業計画立案時に参加してもらう事を想定しているが、初回の事業主体としては、日本側を想定している。（但し、地元企業の出資等を拒むもので

はない。) パームミル側からはE F Bの処分を請負い、主としてS P C側の出資で新規の自立型(化石燃料等外部エネルギーを必要としない。) E F B処理施設を設置し、余剰熱量、電力等をパームミル側に供給する。製造されたバイオマス燃料は全量、セメント会社が購入し(熱量当たりで市場価格相当額よりやや低額)、現行の石炭利用工程に本燃料を混入して利用する。基本的にはセメント会社側には大規模な改造は行わない。発生したC D Mはインドネシア政府の承認の元、S P Cが所有する。

プロジェクト実施のための資金計画

本事業の総事業費は約10億円を想定しており、大部分が設備費である。その1/2~1/3は政府関係の補助金残りを日本開発銀行(D B J)等の融資を含めた日本企業の出資によることを想定している。

費用対効果

取得可能C E R量は現在の見積では5年間で26.5万トン(C O 2換算)であり、C E Rの価格を5ドル/トンとした場合、直接のC D M事業としての5年間の回収費用は約130万ドル(1億5千万円)程度である。但し、バイオマス燃料による売り上げは約5億円程度が見込まれるため、全投資費用の60%以上が5年で回収可能であり、民間出資分はその時点で回収されているという見方も可能である。その後もバイオマス燃料は持続的な事業運営が可能であるため、独立した事業としての資金回収が可能である。さらに本事業は2号機以降、現地生産により設備費の大幅なコストダウンを図ることが想定されており、その場合はさらに短期間で投資回収が可能である。

具体的な事業化に向けての見込み・課題

事業化に向けての課題は

- ・ホスト国のC D M事業承認
- ・事業・プラント建設コストの精査
- ・出資計画の確定

であると考えられる。技術的な面ではI H Iの過去の納入実績と経験からみて、大きな問題はないと予想しているが、適切なプロジェクトコスト内で実施するためには詳細な設計検討時点では何らかの課題が新たに派生する可能性はあると思われる。

ホスト国の承認は最近のインドネシア政府の姿勢からみて、自国の産業育成にプラスとなる事業であるとの認識が得られれば承認に大きな問題はないと想定される。

事業・プラント建設コストの精査は、今回のF Sでは事業の詳細設計には達していないが、基本的な仕様は固まっており、適当な期間と費用を付加することで、これらは実施できる。

出資計画は現行、企業に課せられていないC O 2排出抑制等がある程度実現性をおびた場合には出資者を求めることは容易になると考えられるが、現行ではこのようなC D M事業に付加価値を見出す企業を探す必要があると思われる。(尚、I H I自体の出資および実施も考えられている。)

以上、完全に事業開始が可能と言えないまでも、きわめて有望なC D M事業として成立の可能性の高い案件であると考えられる。