

平成 21 年度 CDM/JI 実現可能性調査 最終報告書 概要版

調査名

インドネシア・北スマトラ州における廃棄バイオマスによる発電燃料転換 CDM 事業調査

団体名

住友林業株式会社

調査実施体制

調査実施事業体	役割
PT. Canang Indah(以下、CI)	設備改修の検討、事業計画の作成
	廃棄バイオマス確保計画の検討
	環境影響調査
	利害関係者のコメント収集
Carbon and Environmental Research Indonesia (以下、GERINDO)	調査支援
	PDD 作成支援
	DNA・ステークホルダーへの説明支援
PT. Plarenco	パームオイル・ゴム農園の調査
財団法人日本品質保証機構	プレバリデーションの実施

1. プロジェクトの概要

本プロジェクトは、インドネシア北スマトラ州メダン市に工場を構える、PT. Canang Indah(以下、CI)における発電燃料転換CDM事業に関して実現可能性調査を行なうものである。CIは、現地でパーティクルボード(Particle Board: PB)、中密度繊維板(Medium Density Fibreboard: MDF)を製造する工場を所有しており、生産量はPBが約65,000m³/yr、MDFが約120,000m³/yrである。当該工場は、発電容量14MWを持つ石炭発電設備、及び11.5MWのディーゼル発電設備を所有している。現在は、石炭発電設備が稼働し、ディーゼル発電設備は、石炭発電設備のオーバーホール時や非常事態に備えてスタンバイしている。

プロジェクトでは、石炭発電設備の燃料を石炭と廃棄バイオマスの混焼から、廃棄バイオマス100%へ切り替える。現在の混焼状況は、2007年1月～2009年8月の実績値平均で石炭46,716t/yr、廃棄バイオマス23,916t/yrを使用している。混焼比率はエネルギー基準で、石炭:廃棄バイオマス=7:3であり、廃棄バイオマスは、パーム核殻(Palm Kernel Shell:PKS)や自社工場から発生する廃材を利用している。プロジェクト実施後は、パームオイル工場から発生する廃棄バイオマス100%利用の発電を目指す。廃棄バイオマスの収集量不足、発電設備の安定した運転を考慮し、石炭を混焼することも念頭に置いておく。パームオイル工場以外から発生する廃棄バイオマスとしては、ゴムの老木の根や、木質廃材などの利用を考慮に入れている。

ベースラインは、現行通りの石炭と廃棄バイオマス混焼の継続となる。プロジェクト実施に

よる温室効果ガス排出削減予想量は、年平均93,609t-CO₂を見込んでいる。プロジェクト開始日は、長期安定供給契約の締結が完了するなど、廃棄バイオマス調達に関わる安定供給が確保される見込みが立った日か、プロジェクトがCDMとして登録された日を想定している。

適用方法論

AMS-I.A. version 13「Electricity generation by the user」

2. 調査の内容

(1) 調査課題

本プロジェクトの実施に必要不可欠であり、調査実施前には把握できていなかった項目については、以下の4点があげられる。

(a) 燃料としてのゴムの老木の根の利用可能性について

本プロジェクトでは、ゴムの老木の根を燃料として有効利用することを検討した。ゴムの老木の根は、北スマトラ州ではまだ燃料として利用されておらず、単純焼却されている。CIは、製品製造用の原料として、木質廃材を289,054t/yr使用している(2008年実績)。そのうち8割がゴムの老木であるため、約231,000t/yrのゴムの老木を利用している。ゴムの老木は、直径15cm以上のものは、CI以外の業者が製材用として加工利用し、15cm未満のものをCIがMDFやPB用の原料として利用している。根の発生量はCIが原料として利用している量の30~40%近く発生していると考えられる。

(b) 廃棄バイオマス収集可能量について

プロジェクトの実施には、廃棄バイオマスの収集量を安定的に確保することが必要不可欠である。廃棄バイオマスを収集するにあたり、自社からの廃材供給は少量であり、大半を外部調達に頼る必要がある。現在、外部から調達している発電用の廃棄バイオマスとして、パームオイル(CPO:Crude Palm Oil)工場から発生するパーム核殻がある。本プロジェクトで必要な廃棄バイオマス量(目標値)は、乾燥状態で58,168t/yr(全量パーム核殻を利用した場合)と試算される。

廃棄バイオマスの利用に際して競合が生じる場合は、競合によりCI以外の廃棄バイオマス利用者が化石燃料を使用する必要があることを確認する必要がある。収集可能な廃棄バイオマスの種類やその収集可能量を把握する必要がある。

(c) 廃棄バイオマスの供給体制について

(b)の結果より、本プロジェクトで対象とする廃棄バイオマスの収集方法、収集した廃棄バイオマスの管理方法を検討する必要がある。CIが製品の製造のために収集している原料の供給体制や、発電用燃料の収集体制が応用できるかどうかを確認し、効率の良い収集体制の構築を目指す。

(d) 石炭発電用ボイラーに廃棄バイオマスを利用することによるリスクについて

本プロジェクトでは、石炭発電用のボイラーの改造をしないで、廃棄バイオマスを燃料として100%利用することを予定している。しかし、石炭発電用ボイラーとバイオマスボイラーでは、燃焼炉の構造が異なる場合がある。そのため、石炭発電用ボイラーに大量に廃棄バイオマスを投入する場合に生じる設備の不具合について調査し、把握する必要がある。

(2) 調査内容

① 現地調査

第1回現地調査(2009/8/23~2009/9/5)	
【訪問先】	PT. Canang Indah、PT. Rimba Partikel Indonesia、インドネシア環境省、CERINDO
【調査内容】	<ul style="list-style-type: none"> ・キックオフミーティングの実施 ・プロジェクト実施体制の確認 ・廃棄バイオマス収集場所の視察 ・調査協力依頼や、調査スケジュールの確認
【結果】	<ul style="list-style-type: none"> ・CI は ISO9001 を取得しており、管理体制が整っていると考えられる。 ・CI は、環境管理計画(UKL)、及び環境モニタリング計画(UPL)に則り、環境報告書を年2回、行政に提出している(2009年11月にCIは、UKL/UPLに代わる環境影響評価(AMDAL)の認証を取得)。 ・ゴムの老木の根が燃料として利用されておらず、単純焼却されていることが確認されたが、ゴムの老木の根を燃料として利用するには、付着する土により生じる問題等、解決すべき課題が多い。 ・インドネシア環境省にプロジェクトの概要を説明したが、プロジェクト登録に向けた大きな問題はないと考えられる。

第2回現地調査(2009/10/4~2009/10/11)	
【訪問先】	PT. Canang Indah、PTPN IV(農園公社)、及びアチェ州CPO工場
【調査内容】	<ul style="list-style-type: none"> ・CIとCERINDOとの3社合同会議 ・廃棄バイオマス収集場所の視察
【結果】	<ul style="list-style-type: none"> ・廃棄バイオマスの利用はあくまでも試験的段階であるため、ベースラインは石炭100%として計算する(その後の調査の結果、最終的には石炭と廃棄バイオマスの混焼をベースラインとした)。 ・プロジェクトでは、廃棄バイオマス100%利用を目指す。廃棄バイオマスの安定供給と価格面を考慮すると、石炭との混焼を許容するプロジェクトシナリオを想定しておく。 ・EFB(Empty Fruit Bunches:パーム空房)は、肥料や燃料として利用されているが、余剰気味であるので、脱水等の処理をすれば、EFBを燃料として利用できる可能性が高い。 ・CPO工場からは、FFB(Fresh Fruit Bunches:パーム果房)投入量に対して、EFBは約22%、パーム核殻は約7%発生している。

第3回現地調査(2009/11/15~2009/11/29)	
【訪問先】	PT. Canang Indah 機械メーカー:PT. GIKOKO、PT. Suryamasinika Semestaraya
【調査内容】	<ul style="list-style-type: none"> ・各種調査状況、スケジュールについて ・インドネシア国内の発電、及び CDM 事情について ・石炭発電設備に廃棄バイオマスを燃料として利用するリスクについて
【結果】	<p><各種調査状況、スケジュールについて></p> <ul style="list-style-type: none"> ・廃棄バイオマス収集調査など進捗が遅れている調査について、改めて依頼した。 ・プロジェクト実施後のコベネフィットの効果を把握するために、排ガス量の測定などの調査を依頼した。 <p><石炭発電用ボイラーに廃棄バイオマスを燃料として利用するリスクについて></p> <ul style="list-style-type: none"> ・石炭と廃棄バイオマスを比べると、発熱量や含水率、燃焼後に発生する灰の融解温度等が異なるなど、燃料特性に大きな違いがある。そのため、石炭を燃料としてデザインされた発電設備に、廃棄バイオマスを燃料として用いた場合、熱効率・発電容量の低下につながる可能性がある。また、設備に不具合が生じるリスクを抱えることになる。 <p><インドネシア国内の発電、及び CDM 事情について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・インドネシア DNA は、大統領令 No. 46 (2008) に基づき、DNPI (Dewan National Perubahan Iklim: 気候変動に関する国家評議会) として事務所を移管している。 ・インドネシア国内でクレジット発行に伴う追加料金の徴収はない。

第4回現地調査(2010/1/17~2010/1/24)	
【訪問先】	PT. Canang Indah、PT. MITRA KARYA PUTRA 機械メーカー:PT. Suryamasinika Semestaraya
【調査内容】	<ul style="list-style-type: none"> ・コベネフィット調査データ確認 ・利害関係者集会の実施 ・灰の処理設備について説明、確認
【結果】	<p><コベネフィットの調査データについて></p> <ul style="list-style-type: none"> ・煙突からの大気質改善項目(煤塵、SO₂)の排出濃度(mg/m³)が、石炭を使用した場合より、パーム核殻を使用した方の値が高かった。その理由としては、パーム核殻は完全燃焼するが、石炭は完全燃焼しない場合があることが挙げられる。そのため、石炭は、燃えカス(灰)の中に成分が残留していることも想定される(計測会社談)。 <p><利害関係者集会について></p> <p>①コメント概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・利害関係者の中でも特に行政の環境担当者は、CI に対して、他の企業の環境に対する意識向上につながるような模範になることを求めた。

	<ul style="list-style-type: none"> ・石炭由来の燃焼灰は廃棄物となるが、バイオマス由来の燃焼灰は廃棄物でないため、プロジェクトの実施は、廃棄物削減につながる。 ・地域住民に雇用機会を与えること。 <p>②コメントに対する CI の対応</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気候変動、及び環境問題は、CI のみに留まらず、地域住民、行政の方と一緒に考えていきたい。 ・CI は労働者を、従来どおり工場の近隣エリアから雇う。したがって、地域に雇用機会を提供することとなる。また、雇用に際して、出生などで差別はしない。 <p><灰ブロック製造機について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・灰ブロック製造機械は、Rp. 15, 000, 000 程度で製造可能であり、成型後のブロックを乾燥するために特殊な設備は必要ない(天日乾燥で十分)。 ・石炭灰は廃棄物扱いされているため、取り扱うには許可が必要である。そのため、石炭を混焼した際に発生する灰を処理するためには許可を取得する必要がある。
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

第 5 回現地調査 (2010/2/07~2010/2/16)	
【訪問先】	PT.Canang Indah、PT.Rimba Partikel Indonesia
【調査内容】	<ul style="list-style-type: none"> ・SFC と CI の今後の事業計画について ・CDM として認められるバイオマスの証明について ・灰の処理設備実機視察
【結果】	<p><SFC と CI の今後の事業計画について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・CDM として認証される見込みがあるならば、バリデーション費用負担、クレジットの分配含め検討していく。 <p><CDM として認められるバイオマスの証明について></p> <ul style="list-style-type: none"> ・CI で利用するパーム核殻が、CDM として認められる再生可能バイオマスである事を証明する方法の情報収集のために、既にバイオマス発電事業が CDM として登録されている RPI を訪問した。 ・CI は、パーム核殻を競合することなく必要量を確保することができているのが実情であるが、RPI を参考に、その状況を数値化する方法を検討する。 <p><灰の処理設備実機視察></p> <ul style="list-style-type: none"> ・1 度の成型で路盤材を 5 個作れる新設備を視察。 ・製造コストは 14, 597Rp/m²であり、市販価格約 28, 000Rp/m²と比べると約半値で製造可能である。

②調査課題別の調査結果

(a) 燃料としてのゴムの老木の根の利用可能性について

ゴム農園は、CI 工場から約 100～300km 離れた場所にあり、CI の PB・MDF 原料(ゴムの老木)の仕入価格に占める運賃の比率は大きい。ゴムの老木の根は、現在未利用であるが、その原因として、根の形が不定形であるため積載効率が悪いこと、工場に持ち込んで粉碎した場合、根に付着する土によって作業環境が悪化することの 2 点が挙げられる。これらの問題を解決するために、移動式チップパーの導入を検討した。

検討の結果、移動式チップパーを導入し、ゴム農園で粉碎した場合、ゴムの老木の根をそのまま運ぶ場合と比べると積載効率が約 2 倍上がることが見込まれ、運賃コストが低下することによって、発熱量あたりの単価を石炭とほぼ同程度にできる可能性があることがわかった。また、移動式チップパーは、農園での粉碎が可能であるので、工場での作業環境悪化の問題を軽減できると推察される。しかし、ゴムの老木の根は、点在するゴム農園から 20～25 年周期で発生するものであり、毎月同じ場所からある程度決まった量がでてくるオイルパームの廃材と比べると、供給の安定性に欠ける。また、ゴム農園内の道は、雨季になるとぬかるみ、ゴムの老木の根を運び出せないの、雨季の間は燃料が不足することが懸念される。したがって、CI は原料同様に、ゴムの老木の根を乾季のうちにできるだけ集めること、及び貯蓄するためのストックヤード用の敷地を確保することが必要になる。ゴムの老木の根の安定供給については、ゴム農園の位置、樹齢構成等を正確に把握した上で調達計画を作成することにより、ある程度解決できる。しかし、現在有しているストックヤードは、原料のためにも不足状態であり、CI は新たにゴムの老木の根を利用するためにストックヤードを確保するという経営判断を、現段階で下す事は難しいと判断した。ただし、北スマトラ州における今後の廃棄バイオマス需給状況により、CI はゴムの老木の根を利用する必要性が出てきた場合には、根の粉碎に適した移動式チップパー等の設備導入、ストックヤード確保のために投資を行なう事により、ゴムの老木の根を燃料として利用する。



写真 1 集められたゴムの老木の根



写真 2 ゴムの老木の根の野焼きの様子

(b) 廃棄バイオマス収集可能性について

CI が現在最も多く使用しているパーム核殻の発熱量と含水率は、外部に調査委託して調べた結果から 4,489kcal/kg、12%であった。CI は、2009 年 2 月、3 月に試験的に、パーム核殻 100% を使用して発電しており、発電に必要な量は確保できるため、本プロジェクトでは、パーム核殻を主燃料として利用する。

本プロジェクトでは、(2)②(a)より、ゴムの老木の根を主燃料とすることは現段階では難しいと判断したが、仮にパーム核殻を利用する上で大きな競合が生じた場合は、設備投資を行ない、非競合燃料として存在するゴム農園から発生する老木の根を利用するため、廃棄バイオマスの競合によるリーケージを考慮する必要はない。保守的に考えて、仮にCIがPBやMDFの原料として利用している量の30%が根の発生量だとすると、69,373t/yrもの老木の根が発生している。これは、CIが必要としている燃料量の119%にあたるため、余剰バイオマスは十分に存在する。

本プロジェクトで使用する可能性のあるパーム核殻以外の廃棄バイオマスには、その他パームオイルの絞りかす(EFB、Fiber、etc)がある。そのうちEFBは、農園内に肥料という名目のもとで廃棄されているのが現状であり、競合も少ない燃料と考えられる。

(c) 廃棄バイオマスの供給体制について

CIから約4kmの場所には、北スマトラ州で唯一コンテナの取扱いが可能なBelawan港がある。国内外からBelawan港へ運ばれてきた品物は、トラックに載せられて、地方(CI工場から約100~300km)へ運ばれる。CIは、港から荷物を運び終わり、Belawan港に戻ってくる空のトラック(帰り便)に製品の原料や廃棄バイオマスを積んで地方から工場まで運ばせている。そのため、運賃を安く抑えられている。

CIは、パーム核殻の価格設定基準として、含水率を基準とした価格設定契約を供給者と結んでいる。契約は、供給業者が1ヶ月に収集できる量を目安に行い(例えば、1,000t)、入荷量が契約量に達すれば、次の契約量を定め、契約を更新していく。含水率の確認は、運搬されたトラックの中からサンプルを採取し、CI工場内の試験施設で確認している。

パーム核殻はもともと含水率が低いもの(20%程度)であるが、パーム核殻の運搬途中に、トラックの荷台上でパーム核殻に散水し、重量を増やすという行為が散見されたため、含水率を基準とした価格設定契約を結ぶことで、供給されるパーム核殻の品質を管理している。

プロジェクトでは、安定供給を確保するため、1ヶ月以上の長期契約の締結を目指す(1年間程度を想定)。

(d) 石炭発電用ボイラーに廃棄バイオマスを利用することによるリスクについて

石炭発電用ボイラーに廃棄バイオマスを大量に投入した場合の一般的なリスクについて、ボイラー利用・製造業者へヒアリングを行った。石炭発電用ボイラーで廃棄バイオマスを利用した場合のリスクとしては、以下の3つがあげられる。

(i) 燃焼炉サイズの問題

廃棄バイオマスは、石炭より発熱量が低いため、燃焼炉への投入量が石炭と比べると増える。そのため、燃料投入時の燃焼炉内の空きスペースが石炭利用時より少なくなるため、空気量が減り、熱効率が悪くなる。その結果、廃棄バイオマスを100%利用した場合、発電容量は設計値の70~80%しか得られなくなる。

(ii) 含水率、燃焼炉内の温度管理の問題

石炭発電用ボイラーの燃焼炉は、水管に直接熱が伝わるように設計されている。そこに、石炭と比べて含水率の高い廃棄バイオマスを投入すると、燃焼炉内の温度コントロールが難しく

なる。バイオマスボイラーでは、通常、水管と燃焼炉との間にレンガを貼り、投入されるバイオマスに混入する砂や土により水管が傷つくのを防いでいる。さらに、石炭発電用ボイラーとバイオマスボイラーでは、設計の段階で配管の数が異なる場合があり、ボイラーの構造が異なるため、熱効率に影響する場合もある。また、含水率の高いものを投入することにより、炉内の温度が下がる場合、排ガス量が増えることがあり、過負荷による排気設備の故障につながる可能性もある。これらの問題は、メーカーにより使用するシステム、考え方が異なるため、一概に言えない部分でもある。

(iii) 灰の問題

廃棄バイオマスの灰の溶解温度は、石炭灰と比べると低い。石炭発電用ボイラーへ廃棄バイオマスを入れると、温度設定が高いため、廃棄バイオマス由来の灰が溶解し、クリンカーができる。クリンカー自体が燃焼の邪魔になるとともに、ボイラー床からの空気口を塞ぐことによる燃焼効率の低下、及び、故障の原因となる。また、廃棄バイオマスの灰が水管に付着して、固まってしまうことによる熱効率の低下も考えられる。

クリンカーによる影響を防ぐために、階段式のストーカー炉を導入している企業もある(ヨーロッパの技術)。このシステムは、常に燃焼炉内の床が動いているため、クリンカーができた場合もその振動により、床にある空気口を塞ぐことを防げると考えられている。

CI のボイラー燃焼炉は、チェーンストーカーを採用しており、灰の融解については留意が必要である。上記①～③の影響が廃棄バイオマス使用後どのくらいの期間で表れるかわからないが、(iii) 灰の問題さえ解決できれば、発電容量は設計値の 70～80%で十分であるので、廃棄バイオマス 100%の利用は可能であると考えられる。CI は、本プロジェクトを実施するにあたり、クリンカー発生防止等のメンテナンス頻度が増えるため、維持管理費が現状より増え、追加的に約 62,000US\$/yr かかる想定している。

3. CDM プロジェクト実施に向けた調査結果

(1) ベースラインシナリオ及びプロジェクトバウンダリーの設定

①方法論の正当性について

本プロジェクトは、発電容量 15MW 以下の発電設備から発電された電力を、自グループ内のみで消費する。燃料は廃棄バイオマスを用いるため、方法論としては AMS-I. A. が適用される。

タイトル	参照
「Electricity generation by the user」	AMS-I. A. /version13 EB42 Valid from 10 Oct 08 onwards

②ベースラインの設定について

ベースラインは、以下のケースが考えられる。

- (a) 現状通りの石炭混焼発電
- (b) ディーゼル発電設備の利用
- (c) ガス発電へ転換
- (d) グリッドからの電力購入
- (e) バイオマス燃料への転換

これらの中では、(c)は天然ガス供給設備(パイプライン等)、天然ガス発電設備を導入する必要があり、多額の投資が必要であるため、ベースラインとなりえない。(d)は、PLNが電力不足の状態であり、停電のリスクが高く、利用できない。(b)については、CI社は既に、所内必要電力を賄えるだけの容量があるディーゼル発電機を所有している。しかし、インドネシアの国策は、石油からのエネルギー利用率を引き下げ、石炭のエネルギー利用率を上げる方向性にある。また、インドネシアは石油の輸入国であり、軽油の利用は、国際価格の変動による影響を受け易いため、安定した経営状態を得るためにはリスクが大きい。(e)については、バイオマス燃料へ転換することにより、設備維持管理費や燃料収集に追加的に費用がかかるために、ベースラインとなりえない。そこで、投資コストの必要ない(a)現状通りの石炭混焼発電がベースラインとなる。

③プロジェクトバウンダリーについて

バウンダリーについては、以下の図1に示す。プロジェクトで対象とする温室効果ガスは、CO₂のみとする。

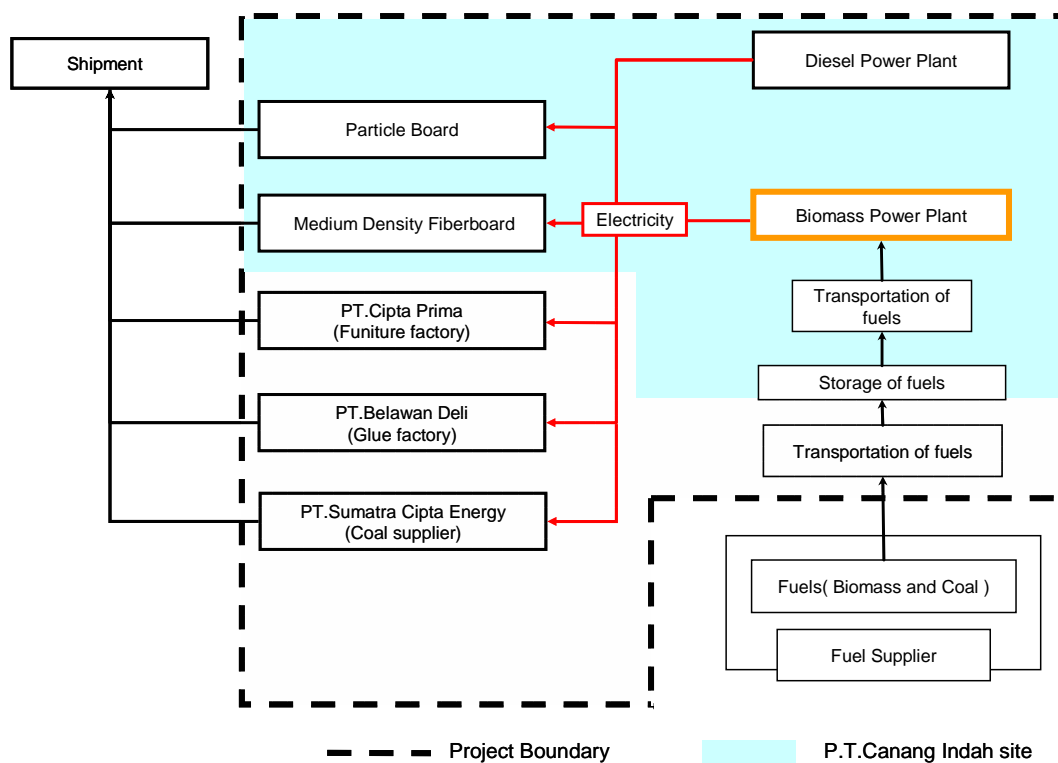


図1 プロジェクトバウンダリー

④排出削減量の計算方法

本プロジェクトの排出削減量は、以下の式で計算される。

$$ER = BE - PE - LE \quad (1)$$

ER	排出削減量 (tCO ₂ /yr)
BE	ベースライン排出量 (tCO ₂ /yr)
PE	プロジェクト排出量 (tCO ₂ /yr)
LE	リーケージ排出量 (tCO ₂ /yr)

⑤ベースライン排出量の計算方法

AMS-I. A. パラグラフ 7 のオプション 3 により、ベースライン排出量は、発電用の燃料として使用している石炭と軽油の過去の平均使用実績を用いて算出する。計算式は以下の通りである。

$$BE = BE_{\text{coal}} + BE_{\text{diesel oil}} \quad (1)$$

BE_{coal} 石炭消費によるベースライン排出量 (tCO₂/yr)

$BE_{\text{diesel oil}}$ 軽油消費によるベースライン排出量 (tCO₂/yr)

➤ 石炭消費によるベースライン排出量 (BE_{coal})

石炭消費によるベースライン排出量 (BE_{coal}) は、以下の式で計算される。

$$BE_{\text{coal}} = FC_{\text{coal-baseline}} \times NCV_{\text{coal}} \times EF_{\text{coal}} \quad (2)$$

BE_{coal} 石炭消費によるベースライン排出量 (tCO₂/yr)

$FC_{\text{coal-baseline}}$ ベースラインシナリオにおける石炭消費量 (tonnes/yr)

NCV_{coal} 石炭の正味発熱量 (TJ/tonne)

EF_{coal} 石炭の二酸化炭素排出係数 (tCO₂/TJ)

ベースラインシナリオにおける石炭消費量 ($FC_{\text{coal-baseline}}$)、石炭の二酸化炭素排出係数 (EF_{coal}) は、プロジェクトで事前に特定できる値である。石炭の正味発熱量 (NCV_{coal}) は、以下の式で算出される。

● 石炭の正味発熱量 (NCV_{coal})

$$NCV_{\text{coal}} = (GCV_{\text{coal}} \times Inc - (SE_{\text{water}} \times MC_{\text{coal}})) / 10^6$$

NCV_{coal} 石炭の正味発熱量 (TJ/tonne)

GCV_{coal} 石炭の総発熱量 (kcal/kg)

Inc 国際カロリー (kJ/kcal)

SE_{water} 水のエンタルピー (kJ/kg)

MC_{coal} 石炭の含水率 (%)

石炭の総発熱量 (GCV_{coal})、国際カロリー (Inc)、水のエンタルピー (SE_{water})、石炭の含水率 (MC_{coal}) については、プロジェクトで事前に特定できる値である。

➤ 軽油消費によるベースライン排出量 ($BE_{\text{diesel oil}}$)

軽油消費によるベースライン排出量 ($BE_{\text{diesel oil}}$) は、以下の式で計算される。

$$BE_{\text{diesel oil}} = FC_{\text{diesel oil-baseline}} \times NCV_{\text{diesel oil}} \times EF_{\text{diesel oil}} \quad (3)$$

$BE_{\text{diesel oil}}$ 軽油使用によるベースライン排出量 (tCO₂/yr)

$FC_{\text{diesel oil-baseline}}$ ベースラインシナリオにおける軽油消費量 (tonnes/yr)

$NCV_{\text{diesel oil}}$ 軽油の正味発熱量 (TJ/tonne)

$EF_{\text{diesel oil}}$ 軽油の二酸化炭素排出係数 (tCO₂/TJ)

ベースラインシナリオにおける軽油消費量($FC_{\text{diesel oil-baseline}}$)、軽油の正味発熱量($NCV_{\text{diesel oil}}$)、軽油の二酸化炭素排出係数($EF_{\text{diesel oil}}$)は、プロジェクトで事前に特定できる値である。軽油の密度は、国営石油会社プルタミナが提供している値(0.837 kg/litre)を使用した。

(2) プロジェクト排出量

① プロジェクト排出量(PE)の計算方法

プロジェクト排出量は、廃棄バイオマス供給不足時に混焼する石炭からの排出量、及び石炭発電設備のメンテナンス時などに稼動するディーゼル発電機で使用する軽油からの排出量が対象となる。計算式は、以下の通りである。

$$PE = PE_{\text{coal}} + PE_{\text{diesel oil}} \quad (1)$$

PE_{coal} 石炭消費によるプロジェクト排出量(tCO₂/yr)

$PE_{\text{diesel oil}}$ 軽油消費によるプロジェクト排出量(tCO₂/yr)

➤ 石炭消費によるプロジェクト排出量(PE_{coal})

石炭消費によるプロジェクト排出量(PE_{coal})は、以下の式で計算される。

$$PE_{\text{coal}} = FC_{\text{coal-project}} \times NCV_{\text{coal}} \times EF_{\text{coal}} \quad (2)$$

PE_{coal} 石炭消費によるプロジェクト排出量(tCO₂/yr)

$FC_{\text{coal-project}}$ プロジェクトシナリオにおける石炭消費量(tonnes/yr)

NCV_{coal} 石炭の正味発熱量(TJ/tonne)

EF_{coal} 石炭の二酸化炭素排出係数(tCO₂/TJ)

プロジェクトシナリオにおける石炭消費量($FC_{\text{coal-project}}$)は、(3)②を参照。石炭の二酸化炭素排出係数(EF_{coal})は、プロジェクトで事前に特定できる値である。石炭の正味発熱量(NCV_{coal})は、計算により求められる。

➤ 軽油消費によるプロジェクト排出量($PE_{\text{diesel oil}}$)

軽油消費によるプロジェクト排出量($PE_{\text{diesel oil}}$)は、以下の式で計算される。

$$PE_{\text{diesel oil}} = FC_{\text{diesel oil-project}} \times NCV_{\text{diesel oil}} \times EF_{\text{diesel oil}} \quad (3)$$

$PE_{\text{diesel oil}}$ 軽油消費によるプロジェクト排出量(tCO₂/yr)

$FC_{\text{diesel oil-project}}$ プロジェクトシナリオにおける軽油消費量(tonnes/yr)

$NCV_{\text{diesel oil}}$ 軽油の正味発熱量(TJ/tonne)

$EF_{\text{diesel oil}}$ 軽油の二酸化炭素排出係数(tCO₂/TJ)

プロジェクトシナリオにおける軽油消費量($FC_{\text{diesel oil-project}}$)は、(3)②を参照。軽油の二酸化炭素排出係数($EF_{\text{diesel oil}}$)、軽油の正味発熱量($NCV_{\text{diesel oil}}$)は、プロジェクトで事前に特定できる値である。

➤ 特定燃料消費量(SFCi)について

AMS-I. A. パラグラフ 16 より、化石燃料と廃棄バイオマスを混焼する場合は、それぞれ特定燃料消費量を求めておくことが定められている。本プロジェクトでは、石炭とパーム核殻の特定燃料消費量を求めておく(それ以外の燃料を使用した場合は、その燃料の特定燃料消費量を使用前に特定する)。

特定燃料消費量を求めるための計算式は、以下の通りである。

$$SFCi = (PTE \times 10^3) / ((NCVi \times 10^9) / Inc) \quad (1)$$

SFCi	燃料 i の特定燃料消費量 (tonnes/MWh)
PTE	発電に必要な発熱量 (kcal/kWh)
NCVi	燃料 i の正味発熱量 (TJ/tonne)
Inc	国際カロリー (kJ/kcal)

発電に必要な発熱量(PTE)、国際カロリー(Inc)は、プロジェクトで事前に特定できる値である。燃料 i の正味発熱量(NCVi)は、計算により求められる。

● 燃料 i の正味発熱量(NCVi)

$$NCVi = (GCVi \times Inc - (SE_{water} \times MCi)) / 10^6$$

NCVi	燃料 i の正味発熱量 (TJ/tonne)
GCVi	燃料 i の総発熱量 (kcal/kg)
Inc	国際カロリー (kJ/kcal)
SE _{water}	水のエンタルピー (kJ/kg)
MC _{kernel}	燃料 i の含水率 (%)

国際カロリー(Inc)、水のエンタルピー(SE_{water})については、プロジェクトで事前に特定できる値である。燃料 i の総発熱量(GCVi)、燃料 i の含水率(MCi)については、パーム核殻以外のバイオマス燃料を使用する場合に特定される((3)②を参照)。

②リーケージ排出量(LE)について

AMS-I. A. パラグラフ 13 により、「エネルギー生成装置が、他の活動から移送されてきた場合、あるいは既存装置が、他の活動に移送される場合、リーケージを考慮しなければならない。」と、定められている。また、小規模 CDM プロジェクトの簡易指針には、廃棄バイオマス収集に関わるリーケージが定められている(Attachment C to Appendix B, EB47 General guidance on leakage in biomass project activities (version 03))。

本プロジェクトでは、既存の設備を用いるので、他からの移送、及び、他への移送は無く、設備の流用に関するリーケージを考慮に入れる必要は無い。廃棄バイオマス収集に関わるリーケージとしては、ゴムの老木の根が未利用の状態であることが確認されており、余剰廃棄バイオマスは十分に存在するため、リーケージを考慮に入れる必要は無い。

以上より、本プロジェクトからのリーケージ排出量(LE)は 0t-CO₂/yr となる。

(3) モニタリング計画

①モニタリング体制

CI は、ISO9001 認証を PB・MDF 工場で取得している。そのため、モニタリング体制を ISO 手順書に記載することで、モニタリング体制を維持できる。また、CI は、CDM のモニタリング体制を充実したものにするために、発電部門のスタッフによって構成された新部門を作る。関連データは、毎日記録し、月単位、年単位でまとめ、報告される。関連データは、発電設備から取得できる情報だけでなく、廃棄バイオマスの収集量、収集範囲(距離)、価格も記録する。収集された廃棄バイオマスについては、収集時にサンプリングし、発熱量や含水率を CI 工場内にある試験施設で測定する。廃棄バイオマスの収集量が不足し、石炭を使用した場合も、関連データを記録する。

必要な計測機器の校正については、CI のQA/QC部門が行い、必要な場合は、外部機関へ委託する。

廃棄バイオマスの競合状態については、プロジェクトで使用する量の25%以上の余剰廃棄バイオマスがあることを、クレジット期間の更新毎に確認する。

本プロジェクトに関わるCIの管理体制を図2に示す。

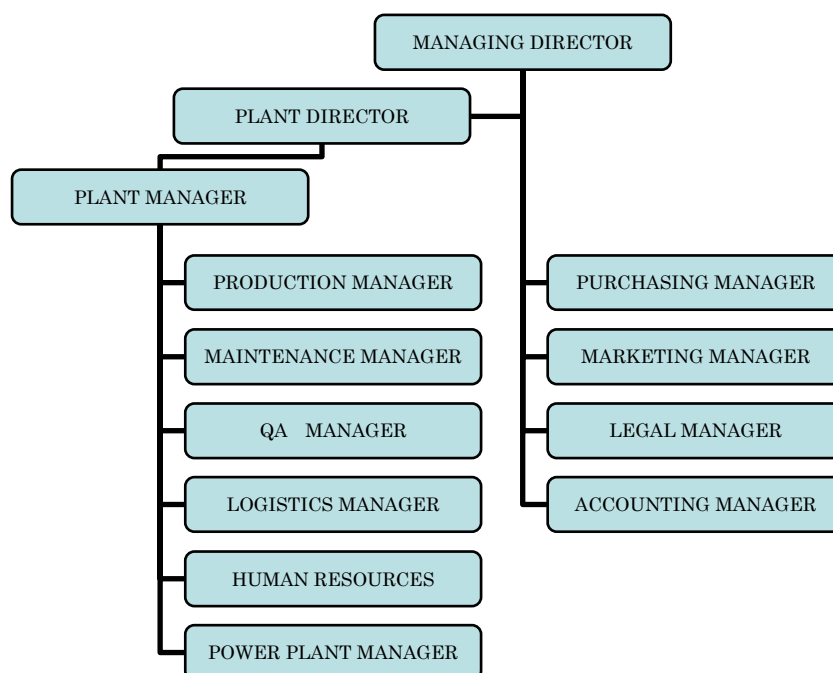


図 2 管理体制図

②モニタリングすべきデータ

変数	値	単 位	説 明	出 所
$FC_{\text{coal-project}}$	0	tonnes/yr	プロジェクトシナリオにおける石炭消費量	CIによるモニタリングより
$FC_{\text{diesel oil-project}}$	232.49	tonnes/yr	プロジェクトシナリオにおける軽油消費量	CIによるモニタリングより
FC_{kernel}	58,168	tonnes/yr	プロジェクトシナリオによるパーム核殻消費量	CIによるモニタリングより
FC_i	—	tonnes/yr	燃料 i の消費量	CIによるモニタリングより
GCV_i	—	kcal/kg	燃料 i の総発熱量	CIによるモニタリングより
MC_i	—	%	燃料 i の含水率	CIによるモニタリングより
EG	59,784	MWh/yr	石炭発電設備からの総発電量	CIによるモニタリングより

(4) 温室効果ガス削減量

3. (1)④、及び 3. (2) の式を基に計算すると、以下の通りである。

Year	Estimation of baseline emissions (t-CO ₂)	Estimation of project emissions (t-CO ₂)	Estimation of leakage (t-CO ₂)	Estimation of overall emission reductions (t-CO ₂)
2011	94,350	741	0	93,609
2012	94,350	741	0	93,609
2013	94,350	741	0	93,609
2014	94,350	741	0	93,609
2015	94,350	741	0	93,609
2016	94,350	741	0	93,609
2017	94,350	741	0	93,609
TOTAL	660,450	5,187	0	655,263

(5) プロジェクト期間・クレジット獲得期間

クレジットの獲得期間は 7 年間の 2 回更新で、計 21 年間で予定している。プロジェクト開始日は、長期安定供給契約の締結が完了するなど、廃棄バイオマス調達に関わる安定供給が確保される見込みが立った日か、プロジェクトが CDM として登録された日を想定している。

(6) 環境影響・その他の間接影響

CI は、2009 年 11 月に環境影響評価 (AMDAL) の認証を取得した。環境影響の調査結果は、メダンの市の行政に年 2 回提出する。

データの測定は、SUCOFINDO、HEALTH Laboratory といった調査機関が実施しており、測定の結果、仮に基準値を上回った場合には、1 ヶ月以内に改善し、報告する。具体的には、以下の項目の調査を行っている。

【調査項目】			
大気汚染	騒音	振動	水質汚染
洪水対策	土壌汚染	有害物質	従業員及び、周辺住民の健康

(7) 利害関係者のコメント

①利害関係者集会の実施について

日時:2010/01/19(火)9:30~13:00

場所:Nuri Meeting Room at Hotel Garuda Plaza in Medan

参加者:CI—5名

CERINDO—2名

Sumitomo Forestry Co., Ltd.—2名

利害関係者—13名

②利害関係者からのコメント

利害関係者の中でも特に行政の環境担当者から、プロジェクト活動が、他の企業の環境に対する意識向上につながる模範になることが求められた。また、参加者からは、気候変動問題に対する更なる情報や、地元住民にも雇用機会を与えることが求められた。

プロジェクトの効果としては、石炭由来の燃焼灰は廃棄物となるが、バイオマス由来の燃焼灰は廃棄物ではないため、廃棄物の削減につながる点が評価された。また、プロジェクトの履行への協力的な意見が得られた。

③利害関係者からのコメントへの対応

CI は、気候変動、及び環境問題について、CI のみに留まらず、地域住民、行政の方と一緒に考えていきたい。また、雇用については、プロジェクトの有無に関わらず、従来どおり工場の近隣エリアから雇い、出生などで差別はしない。したがって、地方に雇用を提供することとなる。また、燃焼灰の利用についても積極的に取り組んでいく。

(8) プロジェクトの実施体制

本プロジェクトの運営・管理については、プロジェクト実施工場である CI が責任を持つ。住友林業は、CDM に関わる手続きを行う。主な役割は、表 1 の通りである。

表 1 プロジェクト実施に関わる役割

住友林業(CDM 手続き)	CI(プロジェクトの運営・管理)
PDD 作成	資金調達
DOE へ審査手続き	インドネシア DNA へ申請、及び説明
日本国 DNA へ申請、及び説明	設備管理
クレジット購入	モニタリング

(9) 資金計画

本プロジェクトでは、設備投資は予定していないため、巨額の初期投資は必要ない。そのため、本プロジェクトを支援する公的な資金は必要なく、ODA の流用にも当たらない。プロジェクト実施後の維持管理費は、プロジェクト実施者である CI が全て負担する。

(10) 経済性分析

本事業では下記試算条件のもと、プロジェクトが行われない場合(ベースラインシナリオ:Case1)とプロジェクトを実施した場合(プロジェクトシナリオ:Case2)について、それぞれ NPV (Net Present value: 正味現在価値) を試算した(詳細は、資料 1: 事業性試算シート参照)。

<試算条件>

- 投資資金 US\$250,000
- 事業性試算期間 10 年間
- 割引率 15.12%
- 石炭単価 430Rp/kg
- パーム核殻単価 450Rp/kg
- 軽油単価 5,900Rp/liter
- クレジット単価 10US\$/ton

上記条件で試算した結果、以下のように、クレジットが無い場合(Case2(without CER))は、Case1(Baseline)より NPV が低くなり、クレジットによる収入がないと事業化の見込みが立たないことが確認された(表 2)。

表 2 NPV (US\$) 試算結果 (Baseline を NPV = 0 として比較)

	NPV (US\$)
Case 1(Baseline)	0
Case 2(without CER)	-1,174,701
Case 2(with CER)	1,755,285

そこで、現状よりも最適な事業ケースを想定するために、感度分析を行った。変動条件は、Case1 は、事業に大きな影響を与えるパーム核殻の購入単価、石炭の購入単価を変動させ、Case2 は、石炭の購入単価は関係ないため、クレジットの価格とバイオマスの価格を変動させた。

それらの結果を表 3、4 に示す(上記試算条件における Baseline を NPV = 0 として比較)。また、それらを図式化したものを図 3 に示す。

表 3 感度分析の結果 (Case1: ベースライン)

単位: NPV (US\$)

パーム核殻 単価	石炭単価		
	Rp. 387 (/kg)	Rp. 430 (/kg)	Rp. 473 (/kg)
Rp. 405 (/kg)	1,632,104	528,612	-574,881
Rp. 450 (/kg)	1,103,493	0	-1,103,493
Rp. 495 (/kg)	574,881	-528,612	-1,632,104

表 4 感度分析の結果 (Case2: プロジェクトシナリオ)

単位: NPV (US\$)

パーム核殻 単価	with CER				without CER
	US\$8/CER	US\$10/CER	US\$12/CER	US\$14/CER	—
Rp. 405 (/kg)	2,595,988	3,193,196	3,790,405	4,387,613	263,210
Rp. 450 (/kg)	1,158,077	1,755,285	2,352,494	2,949,703	-1,174,700
Rp. 495 (/kg)	-528,612	317,375	914,583	1,511,792	-2,612,611

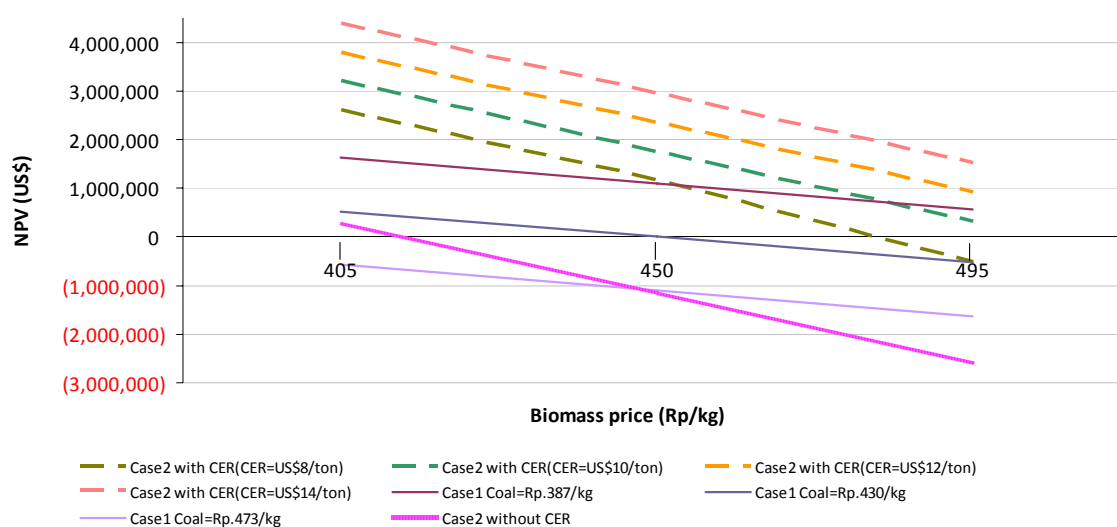


図 3 感度分析の結果

図 3 より、Biomass 価格 405Rp/kg の場合、クレジットの収入が無くても事業が成り立つ可能性が示唆される (Case2 without CDM の NPV が、Case1 Coal=473Rp/kg より高くなる)。

しかし、バイオマスの価格は今後高くなる傾向にある。実際に、パーム核殻が 500~600Rp/kg で取引されている事例もあるため、クレジットによる収益は、事業を持続させるためには必要不可欠である。また、石炭の価格動向は、世界景気に左右されるため、クレジットによる収益は、価格変動によるリスクを緩和することにもつながる。

(11) 追加性の証明

①投資障壁

実際の投資金額は CDM 登録に必要な経費 US\$250,000 であるが、廃棄バイオマスを利用するためには、発電設備の維持管理費用が嵩む(追加的に US\$140,507/yr 必要)。そのため、CER からの収益を考慮しないと、事業が成り立たないため、投資障壁があると言える(資料 1:事業性試算シート、及び(10)経済性分析参照)。

②技術障壁

発電設備は、石炭を燃料として利用することを基本としてデザインされているので、廃棄バイオマス 100%を利用した場合、発電容量の減少、設備に不具合が生じる可能性がある(詳細は、2.(2)②(d)参照)。

③一般的慣行障壁

インドネシアにある木材加工工場では、発電用の燃料として自社工場から発生する木質廃材を使用することは、一般的に行われている。CI のように、発電用の廃棄バイオマスを外部から調達している企業もあるが、これまで入手した情報では、インドネシアの北スマトラ州において、CI と同程度の発電規模で、外部から調達した廃棄バイオマス 100%利用で発電している CI と同種の工場は、他にない。

本プロジェクトは小規模 CDM であるので、上記障壁により、本プロジェクトには追加性があるといえる。

(12) 事業化の見込み

現在の状況下では、パーム核殻の発熱量あたりの単価が石炭より高いこと、及び設備維持管理のコストが嵩むため、CER による収益がないと本プロジェクトは成り立たないことがわかった。しかし、プレバリデーションの結果、CDM 化に向けてクリアーにしなければならない課題が多数あり、再調査を含めて、CI との協議が必要である。特に、プロジェクトで燃料として使用するパーム核殻については、CI の周辺(半径 100km 内)にある CPO 工場では、パーム核殻を自社利用、及び外部へ販売しており、捨てられている現場は見られなかった。しかし、CI はパーム核殻を競合することなく必要量を確保することができているのが実状であり、CDM 事業化を目指し、余剰状況を証明する方法を検討する。また、新たな設備投資を伴うが、EFB やゴムの老木の根等のパーム核殻以外の廃棄バイオマスを利用した CDM 事業化についても、CI と協議を行なう予定である。

4. プレバリデーション

(1) プレバリデーションの概要

プレバリデーションの依頼を財団法人日本品質保証機構(JQA)に 2010 年 2 月 8 日に依頼した。審査範囲は Desk Review のみであり、Desk Review Report として結果を得た。

(2) DOE とのやりとりの経過

DOE からの指摘事項は、追加性に関わる事項、及びベースラインに関わるものが多かった。CAR(Corrective Action Request:是正措置要求事項)に関する指摘のうち、本プロジェクトの登録

に大きく影響する指摘、及びその対応について以下にまとめる。DOE の審査結果をもとに、今後の事業の進め方について、CI と協議を行なう。

是正措置要求事項 (CAR)	対応
ベースラインシナリオを特定するために、必要十分な代替シナリオをリストアップしていない、そして、ベースラインシナリオ特定のプロセスが不十分である。	方法論ツール「Combined tool to identify the baseline scenario and demonstrate additionality」に則り、修正を行う。
追加性を証明するための文書や証拠が不十分である。	必要な証拠書類(北スマトラ州のバイオマスの利用状況等)を揃えるため、CI 社と協議を行なう。
方法論に沿ったモニタリング項目が示される必要がある。	モニタリングの必要の無い項目を削除し、利用する可能性のあるバイオマスに関する項目を追加する。そのため、使用するバイオマス燃料特性に関わる情報を再収集する。

5. コベネフィットに関する調査結果

(1) ホスト国における環境汚染対策等効果の評価

①評価対象項目

【大気質改善分野】		
(a) 煤塵排出量	(b) NOx 排出量	(c) SOx 排出量

②ベースライン/プロジェクトシナリオ

本プロジェクトにおけるコベネフィットのベースライン/プロジェクトシナリオは、以下の通りである。

【大気質改善分野】
プロジェクトのベースラインシナリオ同様、現状の石炭発電設備における石炭と廃棄バイオマスの混焼がベースラインとなる。/燃料として、廃棄バイオマス 100%を利用したときの排出量が、プロジェクトシナリオとなる。

③ベースラインの評価方法とモニタリング計画

ベースラインの評価は、環境省発行のコベネフィット定量評価マニュアル第 1.0 版に則って行なう。CI は、AMDAL に則り、煙突からの排ガス量 (m³/h)、煤塵、NOx、SOx 濃度 (mg/m³) を測定している (外部委託)。そのため、SOx 削減量の計算には、コベネフィット定量評価マニュアルの煤塵・NOx 排出量の式と同様の式 (排ガス量 × 濃度) を用いて算出する。CI は石炭 100% の場合とパーム核殻 100% の場合のデータを計測しており、本報告書では、そのデータを用いてコベネフィットの効果を推測する。そのため、ベースライン排出量を算出する際は、混焼比率 (石炭: 廃棄バイオマス = 7:3) を考慮して、排出量を算出する。また、モニタリング体制については、CDM プロジェクトのモニタリング体制と同様である。

④プロジェクト実施前の試算の計算過程と結果

計算に使用したデータの一覧とインドネシア政府が定めている排出基準を示す。

	ベースライン	プロジェクトシナリオ	
	実測値	実測値	排出基準(※)
煤塵濃度 (mg/m ³)	0.115	0.164	<300
NOx濃度 (mg/m ³)	0.550	0.379	<800
SOx濃度 (mg/m ³)	0.427	0.573	<600
乾き排ガス量 (m ³ /h)	1.06	1.16	—
年間稼働時間 (h/yr)	8,223	8,223	—

(※排出基準は、環境大臣令 No. 07 (2007) より)

上記データを用いて、計算すると以下のような結果が得られる。

	ベースライン排出量 (t/yr)	プロジェクトシナリオ (t/yr)	排出削減量 (t/yr)
煤塵	1.13	1.56	-0.43 (排出増)
NOx	4.79	3.62	1.17 (排出減)
SOx	3.69	5.47	-1.78 (排出増)

上記より、プロジェクトの実施の効果として、NOx は排出減となり、煤塵、SOx は排出増となる結果が得られた。また、石炭を利用しているベースラインの方が、廃棄バイオマス 100% を利用するプロジェクトシナリオよりも、燃料の使用量が少ないためか、排ガス量が少ないという結果になった。

石炭利用の場合とパーム核殻を利用した場合の排出基準を比較すると、パーム核殻の方が石炭より煤塵排出基準が高くなっており、石炭の代わりにバイオマスを利用すると必ずしも大気汚染物質の排出量が減るとは言えない(表 5)。

表 5 石炭とパーム核殻を燃料とした場合の大気汚染物質排出基準の比較

	石炭利用の場合		パーム核殻利用の場合
煤塵	230 mg/m ³	<	300 mg/m ³
NOx	825 mg/m ³	>	800 mg/m ³
SOx	750 mg/m ³	>	600 mg/m ³

(※排出基準は、環境大臣令 No. 07 (2007) より)

上記の理由としては、パーム核殻は完全燃焼するが、石炭は完全燃焼しない場合があり、パーム核殻が含有する成分は、すべて排ガス中に出てくるが、石炭は、燃えカス(灰)の中に成分が含まれている場合が想定され、石炭の方の値が低くなるケースも考えられる(計測会社談)。

6. 持続可能な開発への貢献に関する調査結果

なし

別添

- 資料 1: 事業性試算シート

