

平成16年度CDM / JI事業調査

インドネ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

報告書概要版

平成17年3月

鹿島建設株式会社

八千代エンジニアリング株式会社

(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

本プロジェクトは、ジャカルタの南東約 40km に位置するブカシ市にあるバンタールグバン廃棄物処分場を対象に、埋立完了済及び使用中の処分場から発生する温室効果ガス（バイオガス）の回収と有効利用（ガス発電設備により電力に変換し売電）を行うものである。同処分場は 1989 年より供用されており 2004 年には閉鎖予定であったが、ジャカルタ市周辺に代替処分場がないことから、当面継続して使用される予定である。

処分場の構造は有機性廃棄物主体の嫌気性構造であることから、多量のメタンガスを主成分とするバイオガスが発生しているが、予算不足、適用技術不足のため閉鎖に際しても発生ガスの回収・有効利用は計画されていない状況である。

本プロジェクトは、回収したバイオガスを電力に変換することで既存系統電力の使用量を削減すると同時に、これに相当する化石燃料の使用削減が期待できる。また、処分場の適正閉鎖を実施することで周辺的环境汚染防止にもつながるものである。

ホスト国の概要

一般の家庭ゴミを中心とした有機性廃棄物のオープン方式の埋立処分場は同国に数多く存在しており、その多くが予算不足のため適切な覆土などの処理をしないまま運用されている。このため、周辺住民からは悪臭、害虫の発生などに対する苦情がでており、今後の環境保全の観点からも今回のプロジェクトにおける適性閉鎖は汎用性の高い技術として普及の意義が大きい。

即ち、温暖化抑制のみならず周辺環境改善の観点からも発生ガスの回収による処分場の適正閉鎖と発生ガスの有効利用による持続可能な代替エネルギー技術の普及が求められている。

また、同国は日常的なエネルギー不足に悩まされており、バイオガス等の再生可能なエネルギーの有効利用（ガス発電設備により電力に変換利用）は、化石燃料を使用した既存系統電力の使用量削減につながることから、一石二鳥の技術として期待されている。

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

インドネシアは 2004 年 9 月に京都議定書を批准し、11 月の大統領署名後正式に承認している。

DNA の組織については、現在所管官庁であるインドネシア環境省を中心に図-1 のような組織体制を基本に調整・準備中であり、まもなく正式に活動を開始する予定である。技術委員会 (Technical Committee) は、専門家グループ (Expert Group) や利害関係者 (Stakeholder) の意見を聞きながら、持続可能開発の評価基準に基づき提案されたプロジェ

クトを評価し、評価レポートを理事会(CDM National Board)に提出する。同時に、技術委員会は、キャパシティビルディング等 CDM プロジェクト推進のための諸活動に対し情報提供を行う。また、専門家グループは、理事会の求めに応じ、プロジェクト追加評価や評価レポートへの意見を述べる役割も持っている。

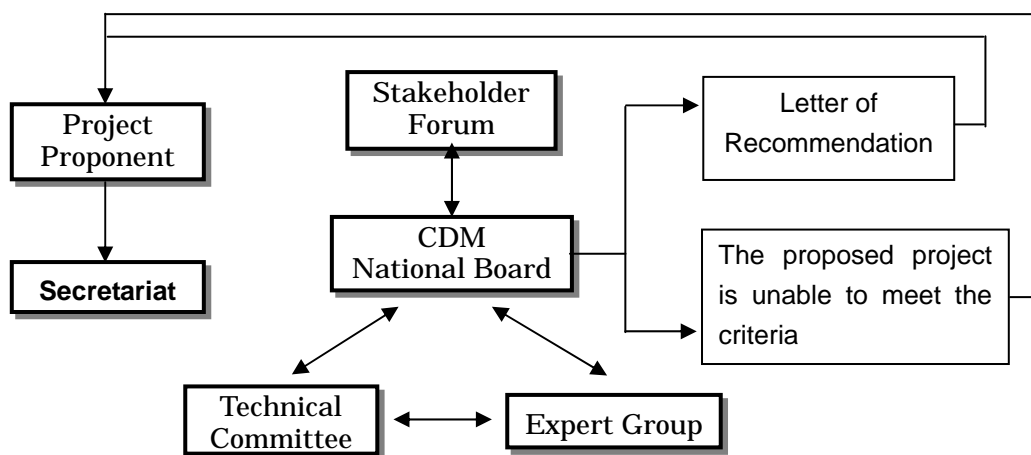
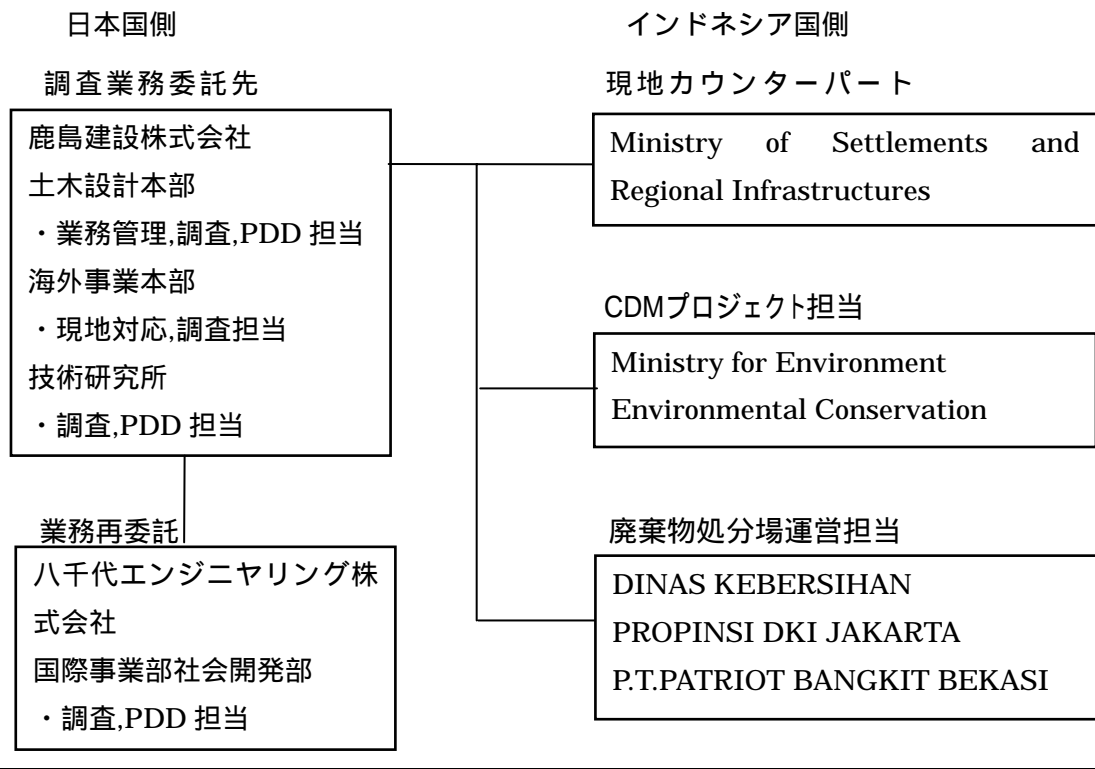


図-1 プロジェクト評価機関及び評価手順

出典：DNA for CDM in Indonesia and its sustainable development criteria; The Ministry of Environment, INDONESIA UNDP's Side Event, 2nd December 2003

調査の実施体制（国内・ホスト国・その他）



(2)プロジェクトの立案

プロジェクトの具体的な内容

本プロジェクトでは、図-2のフロー図に示すように廃棄物処分場から発生する温室効果ガス（バイオガス）の回収と有効利用（ガス発電設備により電力に変換し売電）を行う。

ガスの回収は対象とするゴミ埋立地に回収井戸を設置し、回収したガスをパイプラインでガス処理設備に送付する。処理設備では脱硫、減湿処理を行いガス発電機にこれを送付して発電を行う。ガス量の調整はガスホルダーで行い超過分はフレアにより燃焼させる。

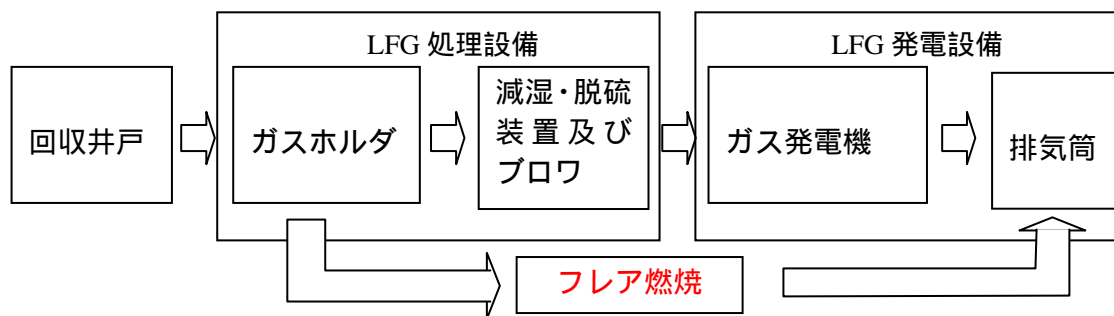


図-2 ガス回収有効利用フロー図

なお、ガスの回収井戸は右図に示すように有孔管を鉛直に設置する方式でゴミ埋立地内部のガスを回収する。ガスの回収井戸は今回ゾーン 及び を対象として 120 本設置する。

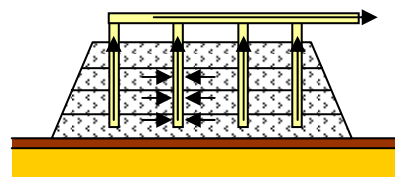


図-3 ガス回収イメージ図

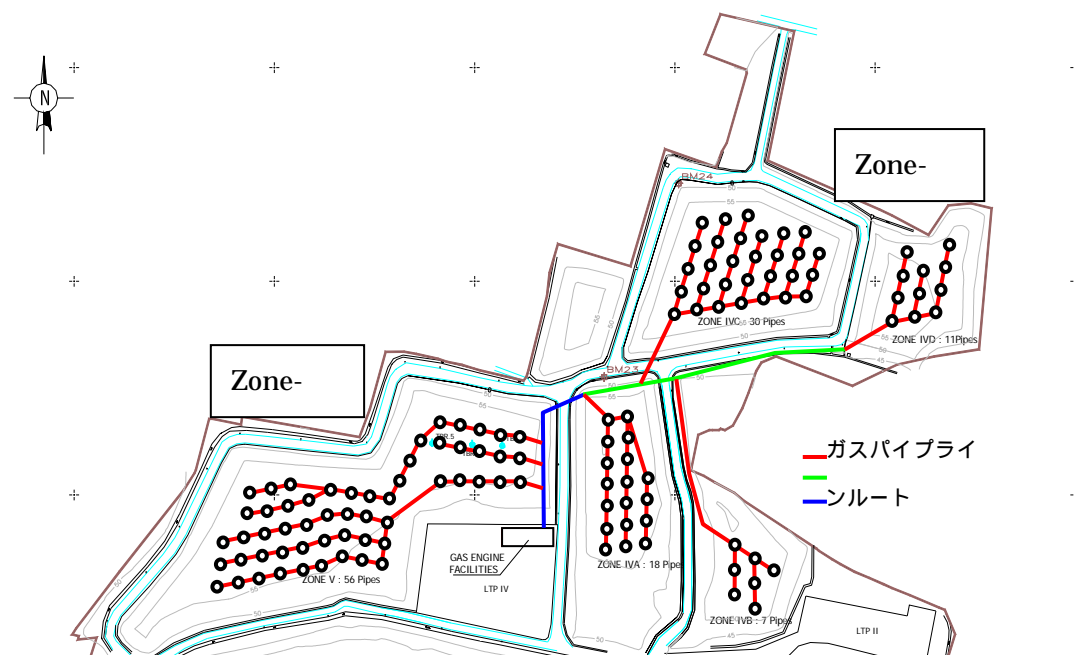


図-4 ガス回収井戸及びパイプライン計画図

プロジェクト境界・ベースラインの設定・追加性の立証

プロジェクトバウンダリー

バウンダリーについては、下図に示すプロジェクトの影響の及ぶ埋立処分場エリアと発電設備及び送電設備までをシステムバウンダリーとして設定した。

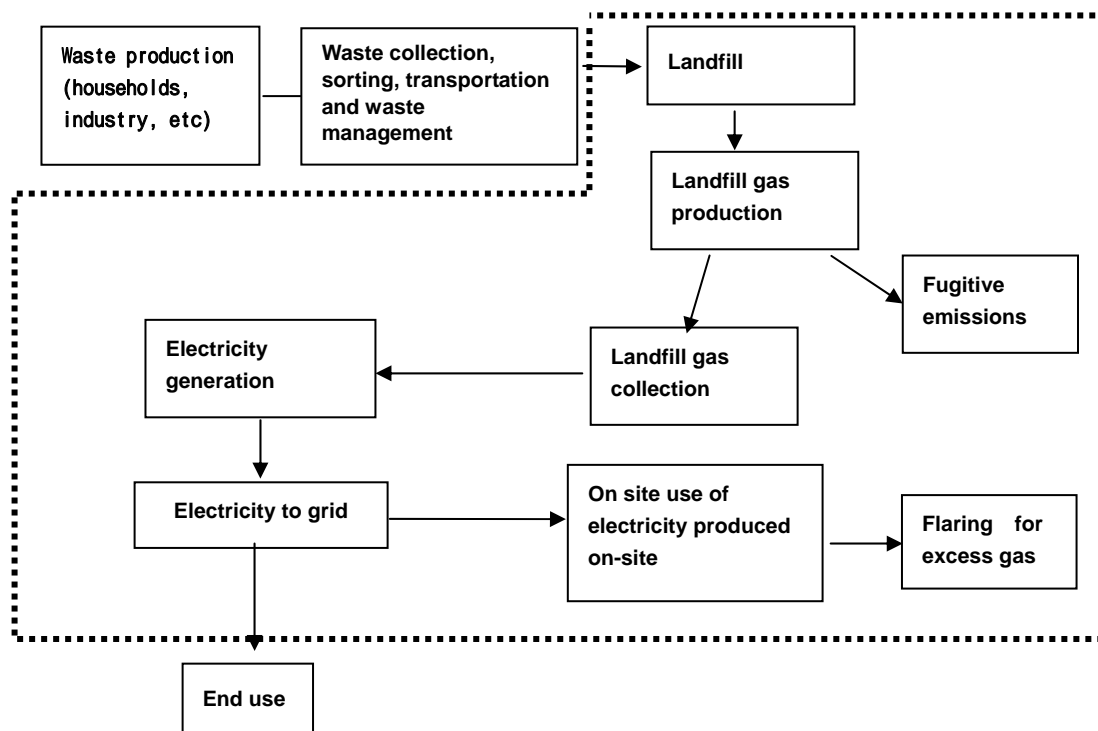
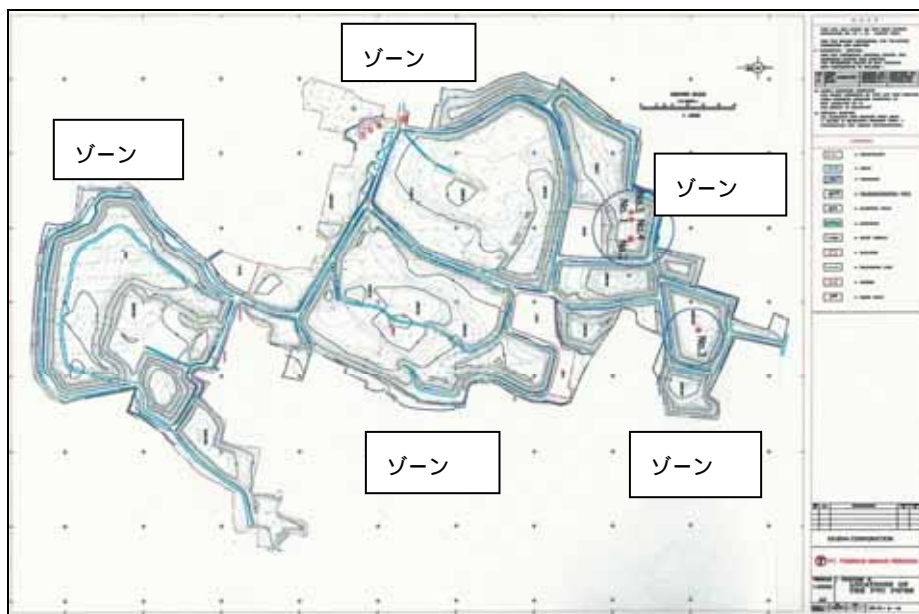


図-5 プロジェクトバウンダリーとシステムフローチャート

発電機の調達等は本プロジェクト実施によるオフサイトでの排出増と考えられるが、これらの影響は軽微であるため、本プロジェクトにおいてはリーケージは考慮しない。

また、今回のプロジェクトでは、バウンダリー内において発生する温室効果ガス（バイオガス）の内、表-1 に示すガスを対象とするが、ベースラインの排出量計算では処分場内のCH₄（メタンガス）及び系統電力の発電時CO₂（二酸化炭素）について検討する。

表-1 : プロジェクトバウンダリー-内の対象となる温室効果ガス

Activities		Source	Gas	Remarks
Baseline	Direct onsite	Landfill gas	CH ₄	Considered
			CO ₂	Carbon neutral
	Direct offsite	Fuel combustion for grid power	CO ₂	Considered
			N ₂ O	Not considered on conservative side
Project	Direct onsite	Landfill gas	CH ₄	Considered
			CO ₂	Carbon neutral
		LFG combustion for power	CO ₂	Carbon neutral
			N ₂ O	Negligible
		Battery use for start-up	CO ₂	Nominal (ignored)
Project Operation	CO ₂	Electricity by LFG used and carbon neutral		

ベースラインの設定

ベースラインの方法論については、認定方法論 ACM0001: "Consolidated baseline methodology for landfill gas project activities" をベースとして、発電による化石燃料消費抑制を考慮した統合化方法論を使用する。

ACM0001 は、電力代替によるグリッドからの電力需要削減分に相当する発電用化石燃料（プロジェクトサイトの供給電源の電源構成に準じる）から生じるCO₂発生量を排出削減量として考慮する方法論であり、最近認定されたものである。

追加性の立証

インドネシアにはバンタールグバン処分場と同種の埋立処分場が多数存在しており、それらの殆どが開放型の嫌気性構造の埋立処分場である。また、同国ではゴミ焼却施設は未だ導入されていない上、現在計画もない。

よってこれらの埋立処分場から排出されているバイオガスは回収されておらず、大気中に放出されている。

現在の状況では CDM プロジェクトなしに、メタンガスを多量に含むバイオガスを回収するような対策がインドネシア政府によって実施されることは考えにくい。さらに、同国は経

済発展途上にあり、他に優先する重要公共プロジェクトが多数存在する。また、本プロジェクトの収益性は低く、クレジットなしには経済的に実現しない。よって、本プロジェクトには十分な追加性が認められる

プロジェクト実施による GHG 削減量(CO2 吸収量)及びリーケージ

温室効果ガスの発生量については、現地におけるボーリング調査での廃棄物成分分析結果及びガス発生量調査結果、毎年のゴミ処分量の統計値に基づいて、IPCC の提案式をベースにしてベースライン発生量と年度毎の発生量を推定する。温室効果ガスの発生量の計算に用いたパラメーターの値を表-2 に、年度毎の温室効果ガス発生量及び本プロジェクトによる CO2 削減量を表-3 に示す。

表-2 Parameters for Gas Volume Estimation

Total Organic Carbon in Waste (TOCO)	80.00	kg/t
Decay Rate (k value)	0.15	/yr
Methane Concentration in Landfill Gas (CH4)	50	%
Methane Gas Potential (Ge)	146.45	m ³ /t
Temperature	50	
Borehole Diameter	0.07	m
Average Velocity	0.93	m/s
Number of Boreholes	120	-

表-3 Annual Gas Generation and GHG Reduction

	LFG Emission Vol. (m ³ /day)	CH ₄ Emission (m ³ /day)	CH ₄ Capture (m ³ /day)	CO ₂ Reduction (ton/yr)	CO ₂ Emission by Baseline (ton/yr)	CO ₂ Emission by Project (ton/yr)
2008	195,765	97,883	28,044	153,538	535,907	382,369
2009	168,497	84,248	26,641	145,861	461,260	315,398
2010	145,026	72,513	25,239	138,184	397,010	258,825
2011	124,825	62,413	23,837	130,508	341,710	211,202
2012	107,438	53,719	22,435	122,831	294,112	171,281
2013	92,473	46,236	21,033	115,154	253,145	137,991
2014	79,592	39,796	19,630	107,477	217,884	110,407
2015	68,506	34,253	18,228	99,800	187,534	87,734
2016	58,963	29,482	16,826	92,123	161,412	69,289
2017	50,750	25,375	15,424	84,446	138,929	54,483

上記の計算はゾーン 及び を対象に推定したものであり、本プロジェクトのバウンダリ-である処分場全域での温室効果ガス発生量及び CO2 削減量については今後の処分場埋立計画に基づいて最終的に見直す必要がある。

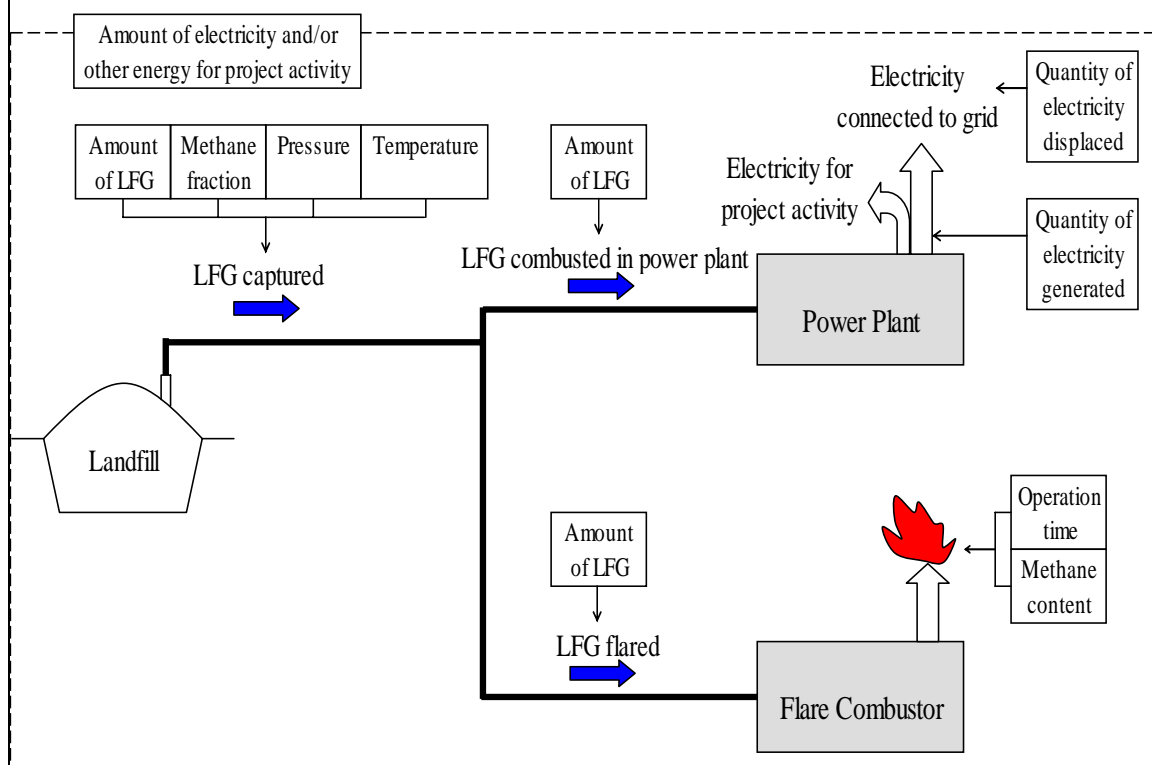
なお、本プロジェクトでは温室効果ガスに含まれるメタンガスの最終的な削減量について、基本的に事業実施時に回収活用した温室効果ガス量のモニタリング結果をベースに算定することにしており、これらの推定値を基に CO2 クレジットを算定するものではない。

リーケージについては、オフサイトでの資材調達やオペレーション時の温室効果ガス排出増の影響は無視できる範囲であると考え、本検討では考慮しない。

モニタリング計画

ベースライン同様モニタリング手法についても、方法論については、認定方法論 ACM0001: "Consolidated baseline methodology for landfill gas project activities" をベースとして、発電による化石燃料消費抑制を考慮した統合化方法論を使用する。

本プロジェクトにおけるモニタリングシステムの計画図を、図-6 に示す。計画図によれば、モニタリングは温室効果ガス回収時、ガス発電機での燃焼時、フレア燃焼時、発電電力量、売電電力量等を連続して計測する。



* Note Measurement Item

図-6 モニタリングシステム計画図

なお、モニタリング方法等については ISO9001 の規定に従い、マニュアルに基づいて 24 時間体制で計測、記録を実施する。

環境影響/その他の間接影響（植林の場合、リスク調査結果も含む）

本プロジェクトは温暖化ガス回収に伴うゴミ埋立処分場の適正閉鎖により、ハエや悪臭に悩まされている周辺住居地域の環境改善に寄与することから、周辺環境への負のインパクトは発生しない。また、プロジェクト自体が運用中の処分場内で実施され、その規模も比較的小規模で法的規制を受けないことから、環境影響評価調査等は実施する必要はないと考えられる。（インドネシアでの環境影響評価については AMDAL の規定に従うが、発電事業の場合、10MW 以下の事業では EIA は不要とされている。）

同時に、回収ガスによる発電により定常的な電源が確保でき、売電による収益も期待できるため、プロジェクトの事業性も高まり、地元への経済的な貢献もできる。

同種の埋立処分場は同国に数多く存在しており、今後の環境保全の観点から汎用性の高い技術として普及の意義が大きい。即ち、温暖化抑制のみならず、悪臭防止、害虫抑制等周辺環境改善の観点からも発生ガスの回収による処分場の適正閉鎖と発生ガスの有効利用による代替エネルギー技術の普及は地域の持続可能な開発に貢献できる。

インドネシア国の持続可能開発の評価基準(Sustainable Development Criteria)には、地域住民の健康や安全に関する環境持続可能性に加え、同国の持続可能開発のための技術移転も含まれている。本プロジェクトのような汎用性のある技術が普及することで、埋立処分場周辺地域の住環境改善のみならず同国への技術移転に貢献できると考えられる。

利害関係者のコメント

本プロジェクトでは住宅インフラ省が中心となってインドネシア側のカウンターパートチームを組織しており、その公式通知書面で本プロジェクトの実現を支援し、適切な情報提供と指導を行うことが明記されている。同チームには環境省、ジャカルタ市清掃局、ベカシ市清掃局などの関係者がメンバーとして入っており、政府関係の利害関係者としての役割を担っていると考えられることから、上記書面をもって利害関係者のコメントとする。

ベカシ市については処分場の所在地であり、過去に反対運動などもあったことから、同処分場に関する事項についてはすべてベカシ市関係部局で組織する特別委員会で協議し、市長名での文書で通知することになっている。

また、民間事業関連の利害関係者として、発電した電力の売電先である PLN 担当者と処分場の埋立管理業務を委託されている PBB 担当者のインタビューを行い、事業への協力及び事業参加の可能性などについて前向きなコメントをもらっている。

処分場周辺の地元住民代表の利害関係者については、現在ジャカルタ市清掃局及びベカシ市清掃局を通じて適切な人選をお願いしており、3月下旬にはインタビューを実施する予定である。また、現地参加企業を含めた事業実施体制が決定した段階で、正式に上記カウンターパートチームを通じてジャカルタ市、ベカシ市を含めた政府関係部局に本事業の協議書を提出し、パブリックコメントを含めた意見書をもらう他、地元住民に対する説明会なども開催する予定である。

(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）

本プロジェクトの実施にあたっては、インドネシアに特別目的会社（SPC）を設立し、事業の運営を行う予定である。SPC への出資会社としては鹿島建設と日本の電力系会社及びインドネシアの民間会社などが候補に上げられるが、現在の段階では確定していない。今後詳細な経済性検討を進め、今年度中には具体的な事業運営体制のスキームを決定する予定である。なお、SPC の運用管理体制の組織図を図-7 に示す。

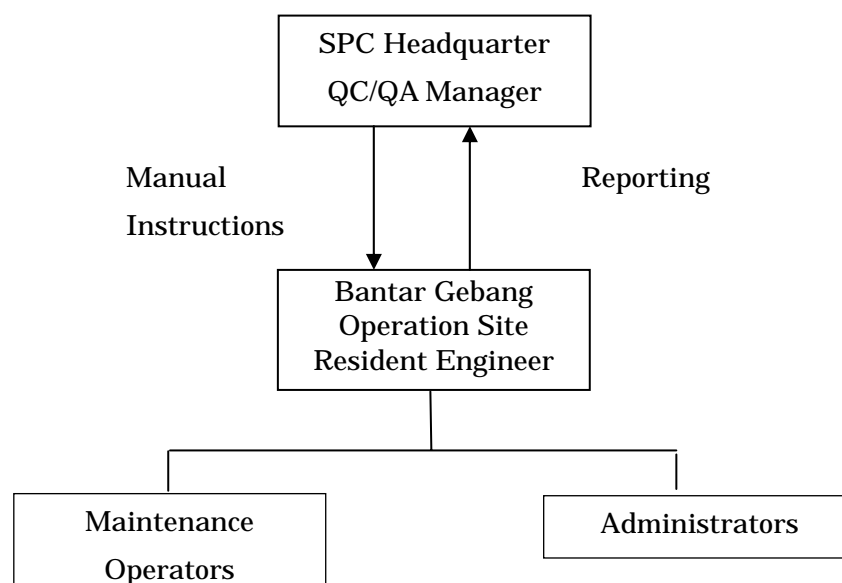


図-7 運用管理体制組織図

プロジェクト実施のための資金計画

現地での温暖化ガス発生量及びゴミ成分分析の調査結果に基づいた温暖化ガスの削減量、ガス発電量等の推算結果、インドネシアにおける売電価格、ガスエンジンを含むプロジェクトに必要な設備・施工費用の概算見積りにより、IRR の試算を行った（なお、試算はゾーン および のみを対象として行った）。この結果によれば、CO2 クレジットを考慮しない場合には 13%の赤字事業となるが、クレジットの売却を考慮した計算では IRR が 10%～19%（クレジット価格については現状の EU での取引価格を参考に固定契約価格 US5 \$、市場価格 US10 \$とし、売却バランスを変えた感度分析を行った結果）に好転する。

以上の結果より、本事業は採算性の取れる事業であり、クレジットの獲得の観点から日本側出資者については魅力的であると考えられる。また、初期投資額も約 US600 万 \$と比較的金額が少ないことから、公的な資金を期待しなくとも日本側出資企業の資金で十分まかなえる範囲である。

なお、インドネシア側企業の出資については現地 SPC 設立に必要な最小限の範囲とし、経済的負担をできるだけ軽減した事業計画とする。

費用対効果

前述したように、本プロジェクトは CO2 クレジット価格の変動を考慮しても採算性の取れる事業であるが、費用対効果の点で利益(事業期間 10 年で IRR10%なら利益はほぼゼロ、19%で利益は約 600 万\$)だけを考えればそれほど有望ではない。特にインフレ率の高い国では逆に赤字になりうる可能性がある。しかし、今回の試算はあくまで一部のエリアを対象に計算したものであり、全体を対象にすればさらに利回りが上がることや CO2 クレジットの獲得の必要性やインドネシアでの持続可能な環境事業としての観点からみれば非常に重要であり、費用対効果だけで判断すべき事業ではないと考えられる。

具体的な事業化に向けての見込み・課題

本プロジェクトの持つ CDM 事業としてのポテンシャルは非常に高いものであり、採算性の面でも期待できる事業である。但し具体的な事業化にあたっては、以下の課題を解決していく必要がある。

現地でのゴミ埋立処分事業が将来も継続されるため、事業を行うエリアとゴミ埋立を継続するエリアとを分けてゾーン毎に事業計画を立てていく必要がある。

埋立処分事業はジャカルタ市が行っているが、今後新会社を設立し民間に委託する予定とのことであり、今後の運用期間・運営方式・事業主体が流動的である。

地元住民は現在の処分場の運用に反対しており、今後の運用をめぐる地元住民との調整が非常に重要である。

これらの課題については今後もジャカルタ市、ベカシ市、地元住民との協議を継続することが必要条件であるが、地元企業のバックアップなしでは非常に難しいと考えられる。現在インドネシア側の参加企業との協議を行っており、具体的な条件等が整った段階で地元との協議に対するサポートを依頼し、事業を進めていく予定である。

(4)バリデーション/デターミネーション(本プロセスを行った場合)

バリデーション(デターミネーション)又は、デスクレビューの概要

本プロジェクトにおける PDD のデスクレビューは、OE である LRQA に依頼した。なお、LRQA は現在すでに UNFCCC から Indicative Letter を受領しており、まもなく DOE に認証される予定である。デスクレビューの内容は、あくまで IETA のバリデーションマニュアルに従って今回の PDD のドキュメントレビューのみを行い、レポートの作成を依頼した。

OE とのやりとりの経過

ドキュメントレビューの結果によれば、事業実施体制やプロジェクト実施計画が確定していないことに関連した指摘を多く受けている他、ホスト国の承認体制や評価基準に関連した指摘も多かった。しかし、これらの指摘は今後事業内容が具体化すれば自然と解決できる他、ホスト国側での具体的な体制整備が進めば問題ない範囲のものであり、現在の段階では特に重大な障害にはならないと判断される。

