

平成 17 年度 C D M / J I 事業調査

インドネシア・ブカシ市廃棄物処分場
バイオガス回収有効利用調査

報告書概要版

平成 1 8 年 3 月

鹿 島 建 設 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、昨年度からの継続調査業務であり、今年度はホスト国の DNA 組織整備状況、サイト運用状況、ガス量調査などの基礎情報の継続調査並びにプロジェクト実施に向けた環境影響調査、事業実施体制の構築、現地利害関係者との調整と有効化審査に向けた PDD 作成を行ったものである。

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。

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、所管官庁であるインドネシア環境省を中心に設立準備中であったが、昨年 7 月に正式に環境省令が大臣名で出され、図-1 に示す組織体制が発足した。技術チーム (Technical Teams) は、専門家チーム (Expert Team) や利害関係者 (Stakeholders) の意見を聞きながら、持続可能な開発の評価基準に基づいて、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 (National Commission on CDM) に提出する。また、専門家チームは、理事会の求めに応じ、プロジェクト補足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。

インドネシア政府では CDM 承認における要件として、環境面での持続的貢献、経

済面での持続的貢献、 社会面での持続的貢献、 技術面での持続的貢献の4つをあげている。昨年末時点で5件の承認申請が出され、5件とも今年1月に政府承認が下りている。

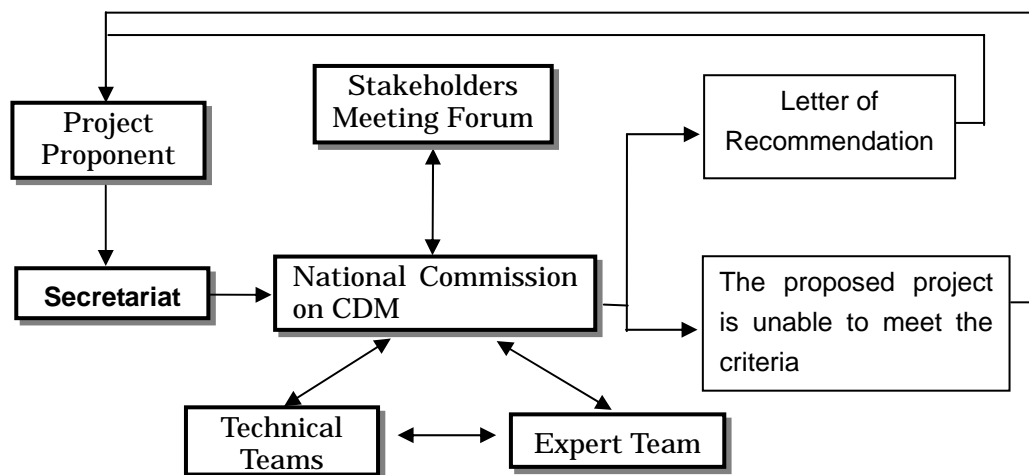


図-1 プロジェクト評価機関及び評価手順

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
 インドネシア国におけるほとんどのゴミ処分場では、発生するバイオガスによる悪臭と可燃性のメタンガスによる火事の発生、地球温暖化ガスの大気拡散、浸出水による周辺水環境の汚染、ハエや蚊などの病害虫の発生などが懸念されている。本プロジェクトでは、埋立てが完了したゴミ処分場表面を覆土することで、処分場の適正閉鎖を行い、更にバイオガスを有効に回収する。これにより、ハエや蚊などの病害虫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と同時に、回収したバイオ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、プロジェクトの経済的な持続性も高まる。

同種の埋立て処分場はインドネシア国内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、地球温暖化抑制のみならず、悪臭防止、病害虫発生抑制、浸出水抑制等周辺環境改善の観点からも処分場の適正閉鎖と発生ガスの回収有効利用による代替エネルギー技術の普及はインドネシア国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な開発の評価基準(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、同国の持続可能な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ガス回収有効利用による発電技術は、埋立て処分場周辺地域の住環境改善のみならず経済的にも貢献できることから、同国の持続可能な開発のためにも技術移転が強く望まれている。

調査の実施体制（国内・ホスト国・その他）

鹿島建設が主体的に調査業務を実施したが、昨年度一部調査業務を委託した八千代エンジニアリングには昨年に引き続き、環境影響評価に関するプカシ市との協議を外注業務として依頼した。

2004年度、住宅インフラ省都市及び地域開発局都市課をリーダーとする本プロジェクトのホスト国カウンターパートチームが組織されたが、インドネシア政府機関の組織変更に伴い、リーダー部署が公共事業省環境衛生局に変更になり、カウンターパートチームについても再編成が行われた。新カウンターパートチームには、前回同様関係官庁として環境省、国家開発計画庁、ジャカルタ市清掃局、ベカシ市清掃局などが参加している他、現地での処分場運営委託先である PBB 社も新たに加わっている。同チームの役割は、本調査業務実施に必要な情報の提供とアドバイス及び支援であり、公共事業省から関係官庁に同チームが本プロジェクトの実現を支援していくことが公式書面で正式に通知されている。今回の調査においても同チームの協力のもとに、追加現地調査及び環境影響調査、ステークホルダーとの意見調整等を実施した。

(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。

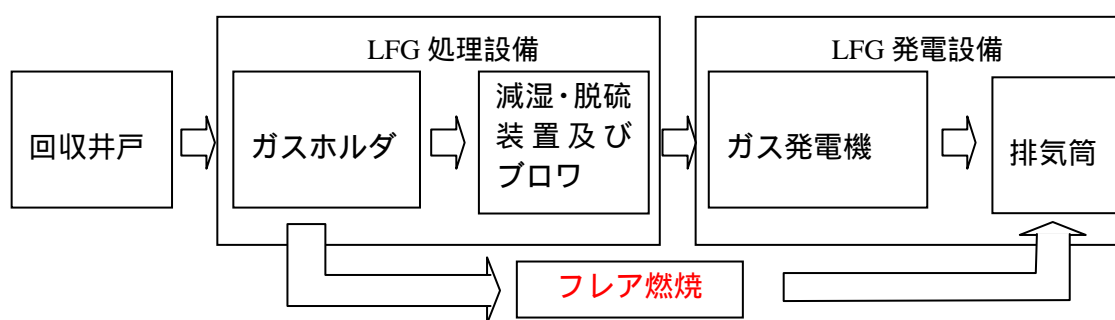


図-2 ガス回収有効利用フロー図

なお、ガスの回収井戸は図-3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。（井戸の配置については次頁図-4を参照）

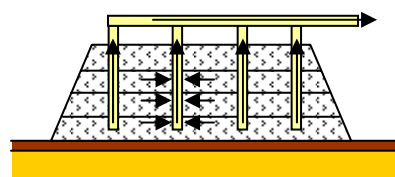


図-3 ガス回収イメージ図

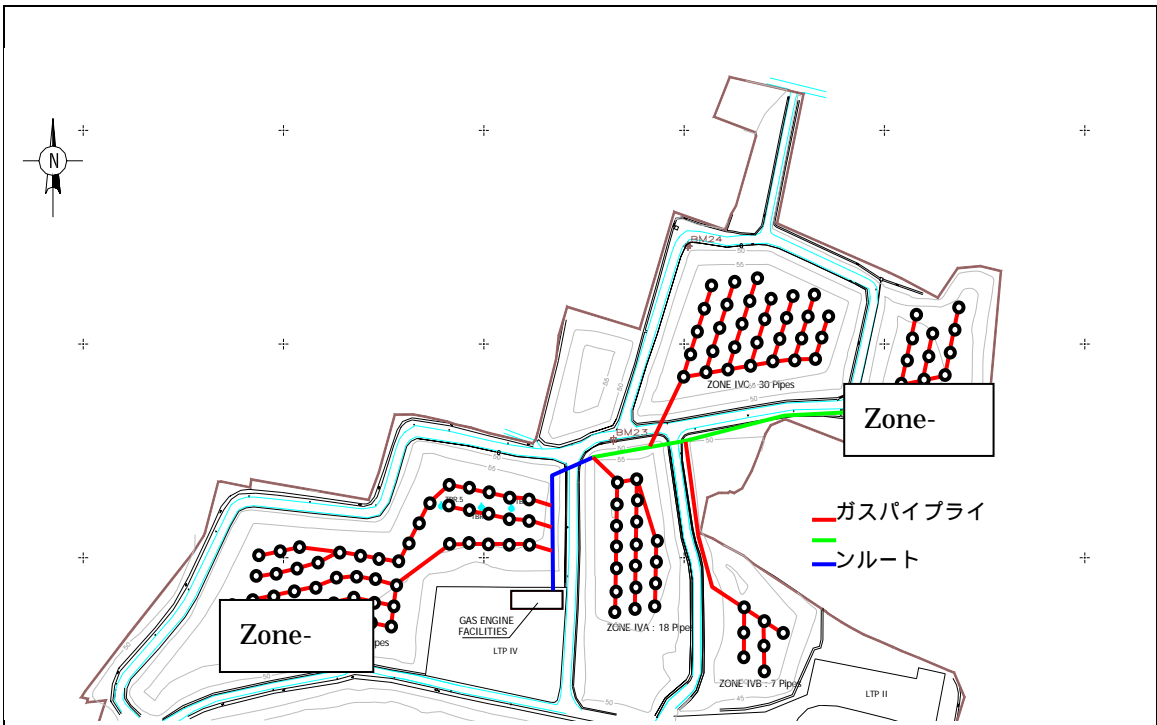
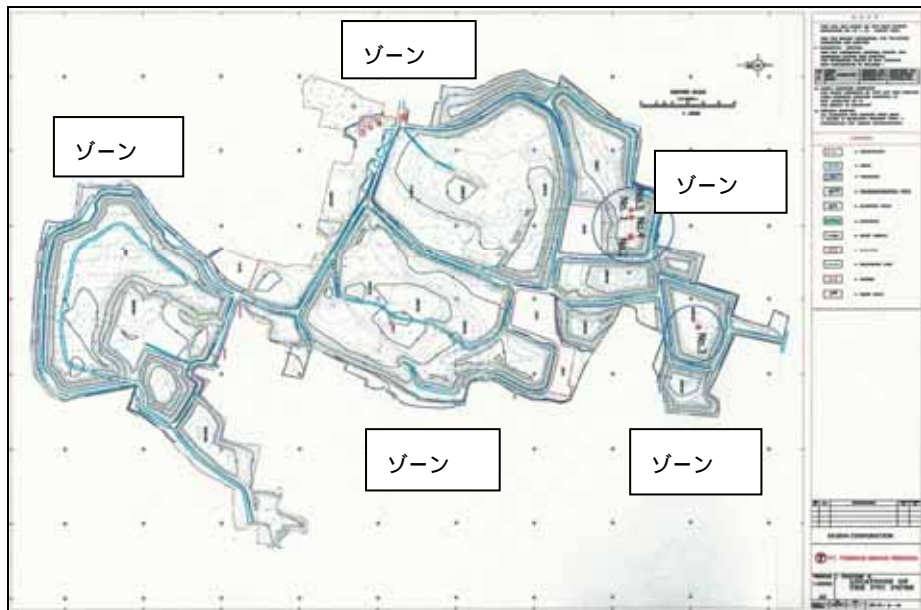


図-4 ガス回収井戸及びパイプライン計画図

プロジェクトバウンダリー・ベースラインの設定・追加性の証明

プロジェクトバウンダリー

バウンダリーについては、図-5 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。



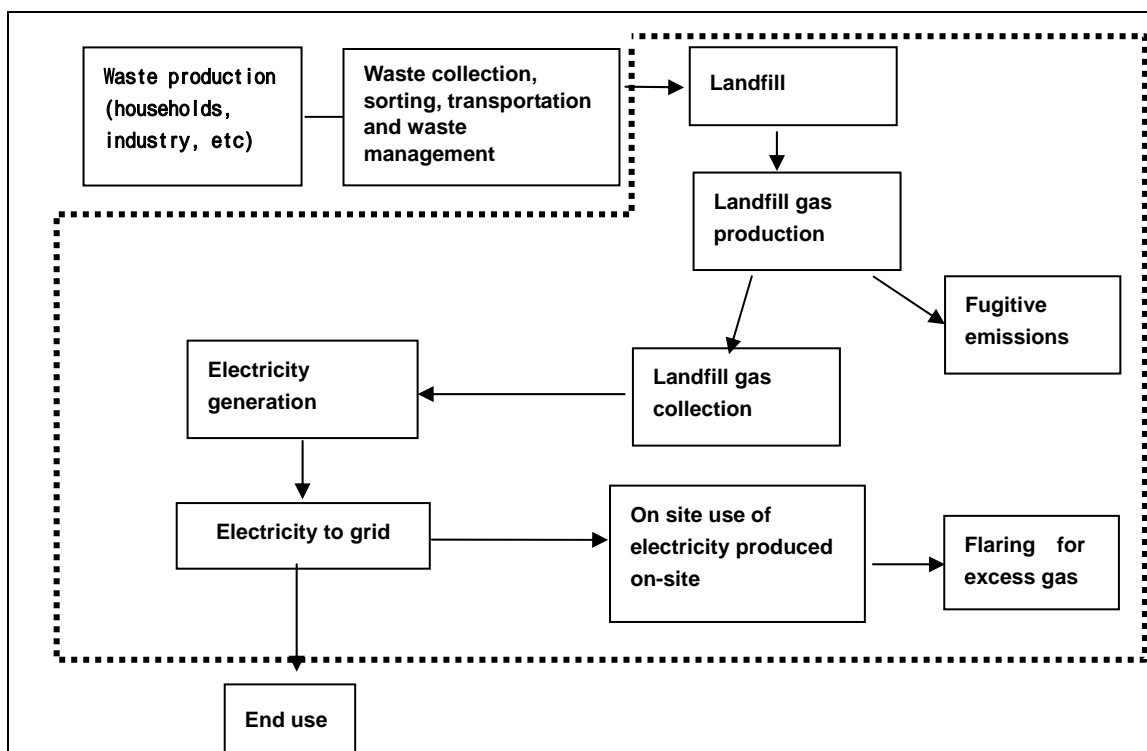


図-5 プロジェクトバウンダリーとシステムフローチャート

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を考慮しない。

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）について検討した。

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 Ver.2 が認定されている。PDD 作成では Ver.2 の追加性の証明ツールに従い内容を見直している。

追加性の証明

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、コンポスト化も導入が始まったばかりで埋立て処分に替わる有効な処理方法は見つかっていない。よってこれらの埋立処分場は当分継続して使用され、ここから発生するバイオガスも大気中に継続して放出されることになる。

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、現地における追加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した。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

なお、追加ポーリング調査結果によれば廃棄物成分及びガス排出量については昨年度調査結果と同様な値を示していることから、温室効果ガス発生量及びCO₂削減量については昨年度と同じ値とした。また、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

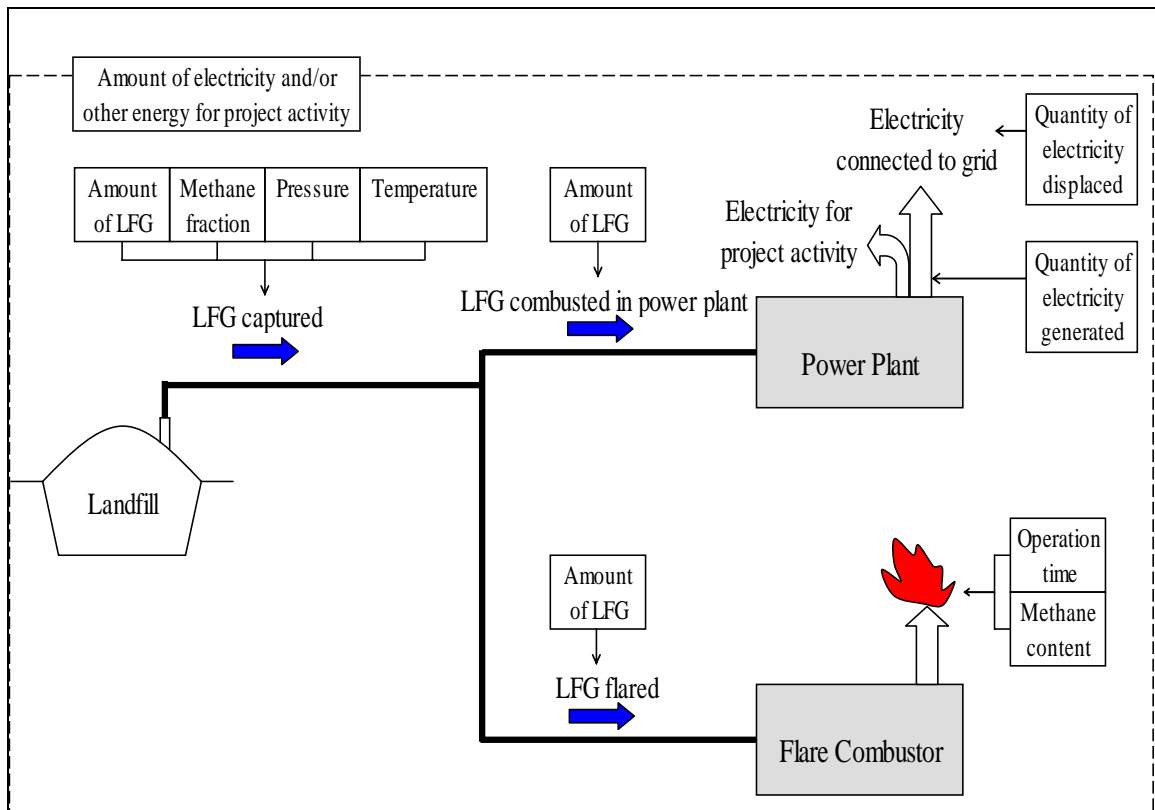
また、リーケージについては、オフサイトでの資材調達やオペレーション時の温室効果ガス排出増の影響は無視できる範囲であると考え、本検討では考慮しない。

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、次頁の図-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、フレアー燃焼時、発電電力量、売電電力量等を連続して計測する。

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。



* Note

Measurement Item

図-6 モニタリングシステム計画図

環境影響/その他の間接影響

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。(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。)

しかし、所管官庁であるベカシ市環境局の見解によれば、AMDAL に基づく環境影響評価調査は不要であるが、UKL (環境管理計画書) と UPL (環境モニタリング計画書) の提出と承認が必要なため、現在専門コンサル会社である WASECO 社を通じて環境調査を含めた現地調査を実施中であり、3 月には UKL と UPL をベカシ市環境局に提出予定である。

本プロジェクトは、汎用性のある技術を普及させることで、埋立て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も貢献できる他、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。

利害関係者のコメント

本プロジェクトでは公共事業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再編成しており、すでに説明会も実施している。また、再編成後発行した公式通知書面で本プロジェクトの実現を支援する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の他、新たに処分場の管理運営委託会社である PBB 社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。このため、ベカシ市については別途公式な説明を行う必要があるため、環境局を通じて市長と調整中である。

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 社担当者には既にヒアリングを行っており、今後事業内容が具体化した時点で売電方法などについて基本契約書を交わす予定である。

処分場周辺の地元住民代表の利害関係者については、現在ベカシ市清掃局の担当者を通じて関係 1 郡 3 村から構成される住民団体である LPM と調整をお願いしており、今年 3 月には正式に説明会を実施する予定である。

(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。図-7 に運用管理体制の組織図を示す。

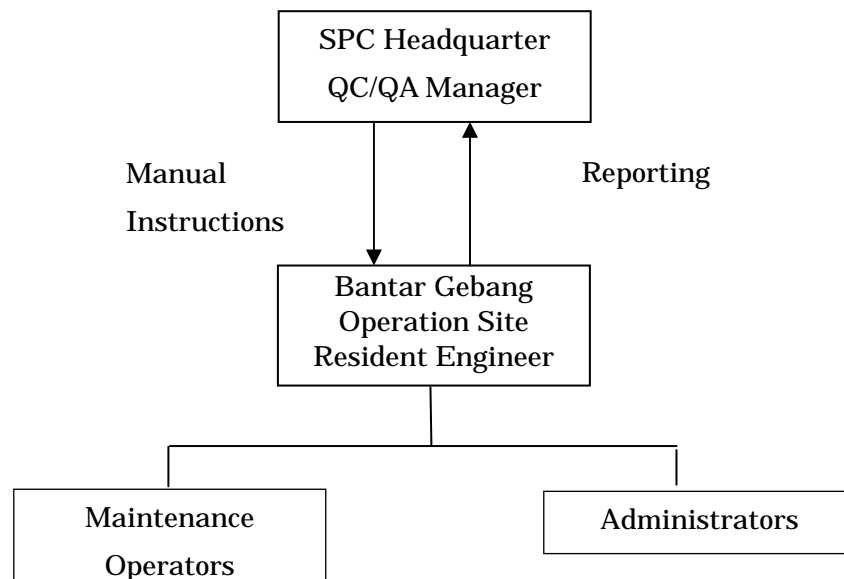


図-7 運用管理体制組織図

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。

現地参加企業を含めた事業実施体制が決定した段階で、正式にカウンターパートチームを通じてジャカルタ市、ブ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、再度地元住民に対する説明会なども開催する予定である。

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 12% 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 US\$5、市場価格 US\$10 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 US\$600 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非公式ではあるが、ベカシ市が事業への参画の可能性を打診してきている。ただし資金的余裕は自治体にはないと考えられることから、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予定である。

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% ~ 19%）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同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、処分場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て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事業主体であるが、実際の処分場運用は民間会社である PBB 社に委託している。この委託契約は 2006 年 9 月で終了するが、その後の運営方法についてはまだ決定していないため、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、今後の運用をめくっては地元住民との調整が非常に重要である。

現地のカウンターパートナーチームとの連携は事業を円滑進める上で非常に重要であり、政府関係の組織、担当者等が変更になった場合でも引継ぎが確実に行われるよう書面による確認をしておく必要がある他、チームのメンバーに事業パートナーの現地民間企業を加えてもらい、情報収集、連絡を密に行う体制とする必要がある。

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、地元パートナー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を探しているが、カウンターパート先の公共事業省からは処分事業の具体的な計画が見える時期までビジネスパートナーの決定を待ったほうが良いとのアドバイスを受けている。このため、当面は具体的なインドネシア側パートナーなしで事業スケジュール等を決定し、具体的な条件等が整った段階で処分場運営企業及びベカシ市、ジャカルタ市等をパートナーとする事業主体を設立していく予定である。

(4)バリデーション/デターミネーション

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、昨年度 OE である LRQA に依頼し実施しており、今年度は実施していない。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。