

平成 17 年度環境省委託事業

平成 17 年度 C D M / J I 事業調査

ブラジル・サンパウロ州臨海部埋立処分場
メタンガスの回収及びエネルギー利用事業調査
(概要版)
報告書

平成 18 年 3 月

株式会社 日本総合研究所

目 次

第1章	ホスト国ブラジルの概要	6
1.1	全般.....	6
1.2	エネルギー.....	6
1.3	電力.....	6
1.4	GHG排出インベントリー.....	6
1.5	CDMを巡る動き.....	6
1.6	廃棄物の現状.....	7
第2章	プロジェクトの内容	8
2.1	事業概要.....	8
2.2	プロジェクトの目的.....	8
2.3	プロジェクト実施サイトの概要.....	8
2.4	プロジェクトの概要.....	9
2.5	ベースラインの設定および追加性の証明.....	9
2.6	ベースラインシナリオおよび追加性.....	10
2.7	プロジェクトバウンダリーの設定.....	10
2.8	プロジェクト実施によるGHG削減量およびリーケージ.....	11
2.9	利害関係者のコメント.....	12
(1)	ブラジルDNA(科学技術省).....	12
(2)	地方自治体.....	12
第3章	経済性の検討	13
3.1	資金計画.....	13
3.2	経済性分析.....	13
(1)	収益性.....	14
(2)	CER価格による感度分析.....	14
第4章	事業化に向けた課題	15
4.1	経済性の向上.....	15
4.2	ガス発生量予測精度の向上.....	15
4.3	その他.....	15
(1)	現地の商習慣の理解.....	15
(2)	廃棄物処理の利権に関する課題.....	15

第1章 ホスト国ブラジルの概要

1.1 全般

ブラジルは、日本の約 23 倍という広大な国土と、1 億 8,410 万人（2004 年 8 月推計）の人口を有する南米の大国である。かつてはインフレにより経済の停滞を招いたが、近年はそれを脱却し、GDP も世界のトップテンに入るほどの経済大国にまで成長した。

1.2 エネルギー

2001 年の時点で、国内エネルギー供給源は石油・天然ガス関連燃料が 52%、水力及び電力が 13%、サトウキビ関連燃料（アルコール）が 12%となっている。ブラジルのエネルギーバランスの特徴として、第 1 にサトウキビ関連燃料が高い割合を示していることがあげられる。現在ではガソリンスタンドの全てのガソリンにエタノールが 20%混合されるに至り、エネルギーとしてのアルコールの地位を確立している。もうひとつの特徴は、天然ガスの消費量が増加していることである。現在は、インフラ設備の不足などが原因で、ブラジルの全エネルギー消費に占める天然ガスの割合は 3%に過ぎないが、ブラジル政府は 2010 年の天然ガス比率の目標として 12%を掲げている。

1.3 電力

ブラジルにおける電力事情の特徴は、水力発電への依存度が大きいことである。2002 年末の時点で、ブラジルの発電設備総量は、約 7,600 万 kW に達し、その大半が水力であり、火力・原子力への依存度は発電設備容量で約 15%、発電量で約 7%に過ぎない。しかし、近年は火力発電の利用の可能性が大きくなってきている。ONS（全国電力システム機構）は、電力需要の伸びなどから火力発電、特に天然ガスを利用した火力発電を 2009 年 / 2010 年より継続的に利用する必要があることを指摘している。

1.4 GHG 排出インベントリー

エネルギー起源の二酸化炭素排出量は、1980 年代の経済の停滞や再生可能エネルギーへの転換などの影響で減少したものの、増加傾向にある。部門別では、運輸部門の占める割合が最も大きく、次いで製造業、エネルギー産業の順となっている。1990 年から 1994 年までの伸び率では、鉄鋼業（約 32%増加）、アルミニウム製造（約 25%増加）、農業（約 25%増加）、自動車（約 17%増加）などの部門で大きくなっている。総排出量に占める割合と伸び率とを考慮すると、自動車部門からの二酸化炭素の増加が非常に大きな影響を与えていることが分かる。

メタンの排出量に関しては、農業部門、特に牛の消化管内発酵に伴うメタン発生量が大きく、全体の 68%を占めている。また、廃棄物部門は全体の発生量の 6.1%を占めており、1990 年～1994 年にかけての伸び率も約 12%と、全部門の中で最も大きい。

1.5 CDM を巡る動き

ブラジルにおける CDM の事業承認を担当する国家指定期間（DNA）は、気候変動に関する省庁間

気候変動委員会（CIMGC: Interministerial Commission on Global Climate Change）であり、科学技術省を委員長とする省庁から構成されている。

ブラジルの CDM プロジェクト承認に関する特徴は、ブラジルの社会問題への配慮をふまえた経済成長への貢献度を重視するという点にある。例えば、PDD（プロジェクト設計書：Project Design Document）には、当該プロジェクトの雇用貢献度や利益配分、それに技術発展への寄与が承認の条件として盛り込まれている。また、ブラジルには欧州の案件開発業者や認証機関が積極的に進出しており、すでに多数の CDM プロジェクトが承認されている。さらに、BM&F（ブラジル先物商品取引所）が排出権取引市場を開設し、CDM プロジェクト案件のマッチングを実施するなど、CDM に関する取り組みが進んでいる。

1.6 廃棄物の現状

経済の発展とともに廃棄物の発生量は増加傾向にあり、廃棄物問題は自治体を悩ます深刻な問題となっている。2000 年には、ブラジル全土において 125,000t/日の廃棄物が収集され、そのうち約 30%は何の環境汚染対策も施していないオープンダンピングで、約 22%は簡単な覆土のみがなされる埋立処分場で処分されている。自治体の多くは財政難のため、十分な環境対策を講じることができず、河川や地下水などの汚染を引き起こすなど、問題が広がっている。

さらに、環境対策が不十分なために、環境保全当局から TAC（Term of Adjustment and Commitment、環境ライセンス）の許可が得られず、新たな廃棄物処分場の確保が進んでいない自治体も少なくない。

図表 1-1 ブラジルにおける廃棄物の現状（2000 年）

項目		単位	
収集量		t/日	125,000
都市における 1 人あたり排出量		g/人・日	800
最終処分方法			
埋立	オープンダンピング	%	30
	簡単な覆土を施す埋立処分場	%	22
	衛生埋立処分場	%	43
コンポスト		%	3
リサイクル		%	2

第2章 プロジェクトの内容

2.1 事業概要

サンパウロ州の3都市（イタニャイン市・カラピクイバ市・モジグアス市）の廃棄物埋立処分場3ヶ所に、発生するランドフィルガス(LFG)を回収・有効利用するシステムの導入を検討する。各処分場には、回収したLFGを燃焼させるための焼却装置を設置する。これにより、CO₂の21倍の温室効果をもつメタンガス排出量を削減し、ブラジルおよび地域の持続的発展に貢献する。

なお、当初はイタニャイン市に新設される埋立処分場など6都市を対象に検討を進めていたが、計画自体の見通しが立たなくなったため、上記3ヶ所に変更したものである。

2.2 プロジェクトの目的

ブラジルでは環境汚染対策が施されていないオープンダンプングやTACの許可がなされておらず、周辺環境を汚染している廃棄物処分場が多く存在する。また、そのような自治体においては、財政難やノウハウの欠如などの理由で、問題のある廃棄物処分場の改善策を講じることができないでいる。

本プロジェクトは、CERを獲得するだけにとどまらず、CDMプロジェクトを通して当該発展途上国が抱える環境問題を解決し、さらに持続的な発展に貢献することができるものと考えられる。

2.3 プロジェクト実施サイトの概要

プロジェクト実施サイトであるイタニャイン市、カラピクイバ市、モジグアス市はいずれもサンパウロ州に立地する市である。サンパウロ州における各市の位置を図表2-1の地図に示した。

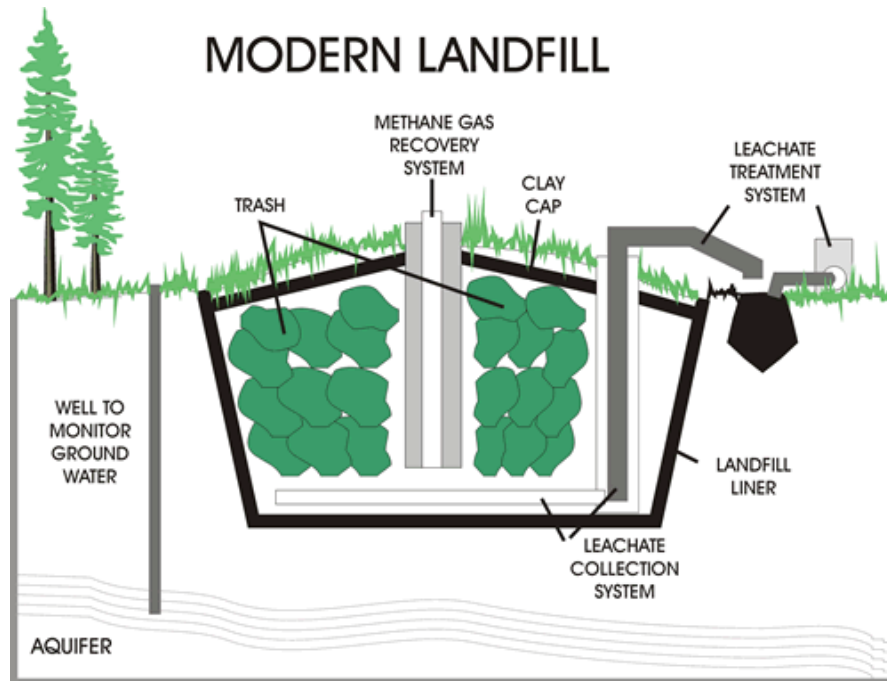
図表 2-1 プロジェクトの実施サイトの位置



2.4 プロジェクトの概要

イタニヤイン市、カラピクイバ市、モジグアス市の各廃棄物埋立処分場から排出されるランドフィルガス(以下、LFG と略す)を LFG 回収システムの導入によって回収し、それぞれのサイトにおいてフレア設備により LFG を焼却処理あるいは燃料としてガスエンジンにて発電し、サイトにおける電力需要に供給することを計画した。

図表 2-2 サイトの模式図



2.5 ベースラインの設定および追加性の証明

廃棄物埋立処分場から発生する LFG の回収に関するベースライン方法論については承認統合方法論 ACM0001 「Consolidated methodology for landfill gas project activities 廃棄物処分場ガスプロジェクト活動の統合方法論」が用意されている。本統合方法論を適用するためには以下の適用条件に合致している必要がある。

【前提条件】

ベースラインシナリオではガスの一部あるいは全量が大気中に放出され、以下に示された適用条件のいずれかを満たす LFG 回収プロジェクトに適用可能である。

【適用条件】

- 回収されたガスがフレア処理される
- 回収されたガスがエネルギー利用(例：発電/熱エネルギー)されるが、他のエネルギー源の代替や回避による排出削減量に対して、クレジットの獲得を求めない
- 回収されたガスがエネルギー利用(例：発電/熱エネルギー)され、他のエネルギー源の代替や回避による排出削減量に対してクレジットの獲得を求める。この場合、代替された電源

及び/又は熱エネルギー源のベースライン方法論を新たに提示するか、あるいは ACM0002 「Consolidated methodology for grid-connected electricity generation from renewable sources グリッド接続の再生可能エネルギープロジェクトの統合方法論」を含む承認方法論を適用すべき。発電容量が 15MW 以下、あるいは代替される熱エネルギーが 54TJ(15GWh)以下の場合には小規模 CDM の方法論の対象となる。

本プロジェクトではイタニヤイン市、カラピクイバ市、モジグアス市のいずれのサイトでも現状では LFG は大気中に放出されており、回収された LFG はフレア処理あるいは発電することを計画していることから、適用条件の a)あるいは b)に適合する。

2.6 ベースラインシナリオおよび追加性

本プロジェクトのベースラインシナリオおよび追加性の検討には CDM 理事会第 17 回会合で承認された「Tool for the demonstration and assessment of additionality 追加性の評価と証明のためのツール」を用いて行った。シナリオは以下の 3 つであり、検証の結果、ベースラインシナリオとしては選択肢 1 を選出した。

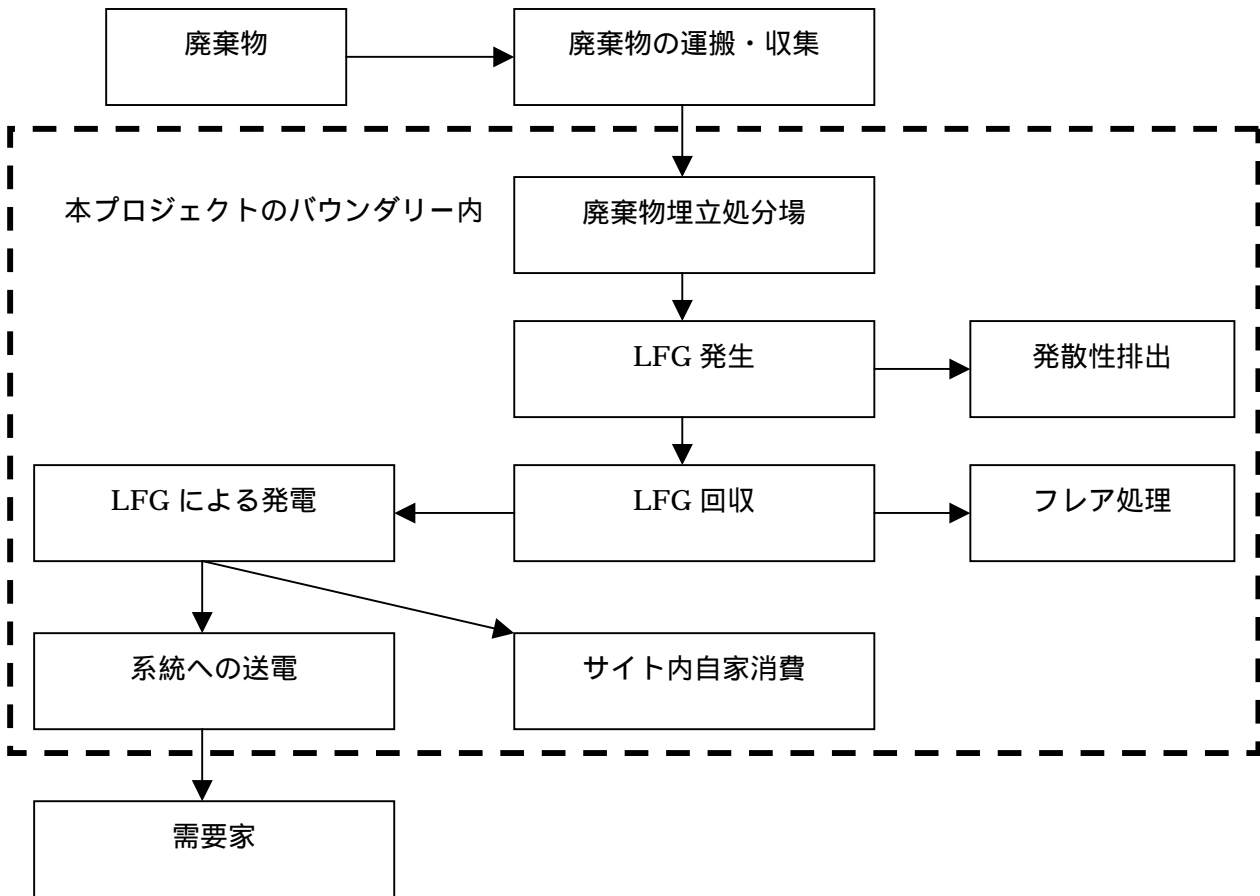
- 1) 選択肢 1: 廃棄物埋立処分場では LFG は回収やフレア設備による処理がされることがないか、一部の LFG が安全のためにフレア設備による処理をされるのみである。この運用はブラジルで一般的な運用であり、ほとんどの廃棄物埋立処分場がこのような状況にある。本ケースではオンサイトでの発電は行われず、ブラジルの系統に対する影響はない。
- 2) 選択肢 2: 廃棄物埋立処分場の管理者は LFG の回収およびフレア設備による処理に対して投資を行い(本プロジェクトの提案内容)、LFG を破壊する。本ケースではオンサイトでの発電は行われず、ブラジルの系統に対する影響はない。
- 3) 選択肢 3: 廃棄物埋立処分場の管理者は LFG の回収および発電設備の導入に対して投資を行い、LFG を破壊する。本ケースではオンサイト発電を行い、その電気をブラジルの系統に接続して売電することで、系統に接続する既存電源からの温室効果ガスの排出を削減する。

2.7 プロジェクトバウンダリーの設定

本プロジェクトのプロジェクトバウンダリーには実際に LFG を回収し、フレア設備により処理を行い、メタンガスを燃焼・破壊しているイタニヤイン市、カラピクイバ市、モジグアス市の各サイトの敷地内である。

次項に本プロジェクトにおけるバウンダリーの概念図を図表 2-3 示す。

図表 2-3 本プロジェクトにおけるバウンダリー



2.8 プロジェクト実施による GHG 削減量およびリーケージ

イタニヤイン市、カラピクイバ市、モジグアス市の 3 サイトの合計によるGHG排出削減量は 7 年間では 294,772t-CO₂、21 年間では 698,067t-CO₂となった。詳細は以下の通り。

図表 2-4 イタニヤイン市におけるベースラインシナリオおよびプロジェクトにおける GHG 発生量

ERクレジット量 (tCO ₂ e)	Emissions			
	ベースライン	プロジェクト	グロス ERs	ネット ERs
7 年目	229,862	101,705	128,157	100,475
10 年目	288,630	120,070	168,560	132,151
14 年目	344,008	137,376	206,632	162,000
21 年目	400,691	155,089	245,602	192,552

図表 2-5 カラビクイバ市におけるベースラインシナリオおよびプロジェクトにおける GHG 発生量

ERクレジット量 (tCO ₂ e)	Emissions			
	ベースライン	プロジェクト	グロス ERs	ネット ERs
7 年目	104,178	46,095	58,083	45,537
10 年目	130,812	54,418	76,394	59,893
14 年目	155,911	62,261	93,650	73,421
21 年目	181,601	70,289	111,311	87,268

図表 2-6 モジグアス市におけるベースラインシナリオおよびプロジェクトにおける GHG 発生量

ERクレジット量 (tCO ₂ e)	Emissions			
	ベースライン	プロジェクト	グロス ERs	ネット ERs
7 年目	318,501	128,756	189,745	148,760
10 年目	466,203	174,913	291,290	228,372
14 年目	640,289	229,315	410,974	322,204
21 年目	818,477	284,999	533,478	418,247

2.9 利害関係者のコメント

(1) ブラジル DNA(科学技術省)

DNA からは、今回の取り組みについては、これまでブラジルにおいて様々な CDM プロジェクトが行われてきたが、それらとは異なった新しい取り組みであるとの見解が示された。DNA としては、CDM プロジェクトを通じて、ブラジルにおける環境問題を解決していきたいと考えていた。ブラジルにおける廃棄物処理は様々な環境問題を抱えているが、自治体が所有権を持つ廃棄物埋立処分場を対象とした今回の取り組みは、それらの解決に貢献すると期待しているとのコメントがあった。DNA としても CDM プロジェクトはできるだけ承認したいと考えていることから、側面的にサポートしていきたいとしていた。

(2) 地方自治体

問題を抱える市からは、CDM プロジェクトによって、現状の廃棄物投棄場が衛生的な廃棄物埋立処分場として整備できるのあれば、実施をしたいという期待を込めたコメントがあった。基本的には LFG の所有権は市当局にあるため、CDM プロジェクトを行うためには、コンペによる事業実施主体の選定が必要であるとの見解が示された。

第3章 経済性の検討

3.1 資金計画

本プロジェクトにおける初期投資に必要な設備費及び工事費に関しては、ブラジル連邦貯蓄銀行（Caixa Econômica Federal）をはじめとした政府系金融機関、地元金融機関からの融資によって調達が見込まれている。これは、本プロジェクトが廃棄物処分場周辺の環境改善を望む政府の意向に沿った事業であること、また CER の販売による一定の収益が見込める事業であることに起因している。

検討のために設定した諸条件は次の通りである。

図表 3-1 各種条件設定

項目	設定条件
為替レート	1US\$=2.26Rs
減価償却	残存簿価 10%、10 年償却（定額法）
法人税	34%（利益が 24,000Rs 以下は 24%）
金利	6%
イニシャルコスト	イタニャイン市：US\$ 546,570 カラピクイバ市：US\$ 396,552 モジグアス市：US\$ 489,870
人件費	施設管理者：US\$ 4,200/人・年×1名 運転員：US\$ 1,392/人・年×6名
メンテナンス費等	イタニャイン市：US\$18,000/年 カラピクイバ市：US\$ 9,000/年 モジグアス市：US\$ 12,000/年
CDM 化費用	Verification：US\$ 5,000/年 Adaptation Fee：US\$ 0.2/CER
発電コスト	US\$ 70.0/MWh
CER 販売価格	US\$ 8.0/t-CO ₂
売電価格	US\$ 50.0/MWh

3.2 経済性分析

以上のような前提条件の下で、それぞれのサイトにおいて、ランドフィルガスの回収・焼却のみを実施するケースと回収したガスを利用して発電を行うケースの2ケースについて経済性の検討を行った。

(1) 収益性

発電しないケースのキャッシュフロー

モジグアス市では事業開始後2年目で黒字となり、プロジェクト実施期間のIRRは19.5%となった。これより、設定した条件の下では十分に収益性が見込める事業であることが分かった。

これに対し、イタニヤイン市及びカラピクイバ市では厳しい結果となった。イタニヤイン市では事業開始当初は黒字で推移するものの、ランドフィルガス発生量の減少によって徐々に収益性が悪化する結果となった。

発電するケースのキャッシュフロー

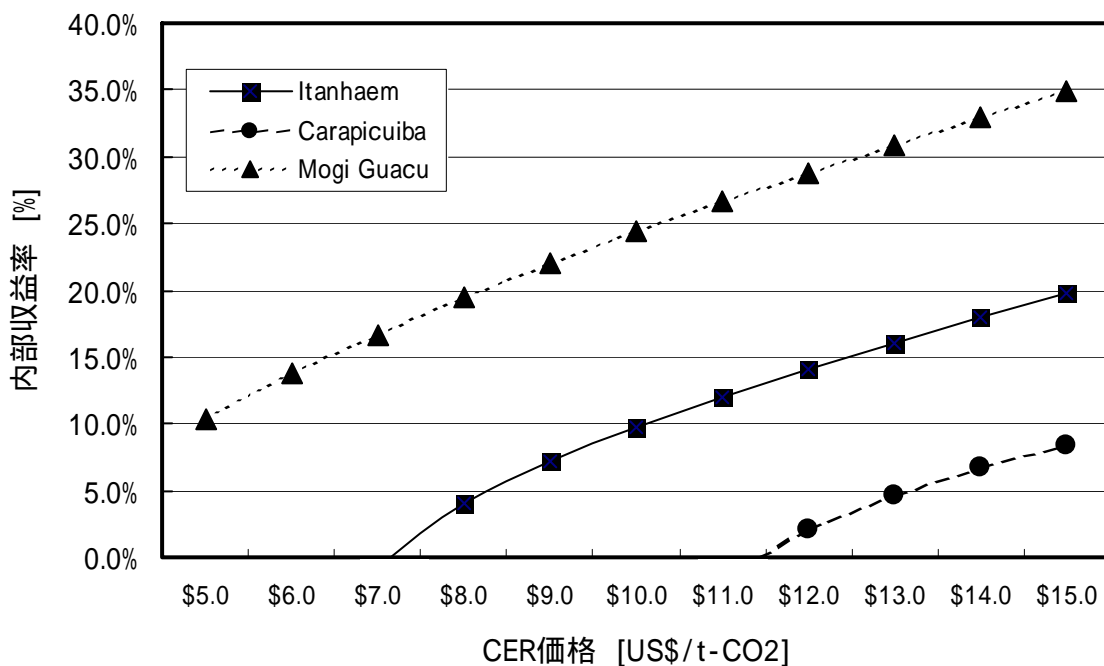
発電を実施する場合には、すべてのサイトにおいてプロジェクト期間を通して赤字で推移する結果となり、設定した条件においては事業として成り立たないことが分かった。

(2) CER 価格による感度分析

CERの販売価格がUS\$5.0~15.0まで変化した場合の内部収益率(IRR)と正味現在価値(NPV: Net Present Value)を算出して評価を行った。

これより、前提条件として設定したCER価格(US\$8.0)においては、モジグアス市でIRRが19.5%となり、投資の対象としてある程度の魅力があることが確認できた。一方で、イタニヤイン市及びカラピクイバ市では、ともに要求収益率(6%)を確保できず、厳しい結果となった。

図表 3-2 CER 価格による感度分析結果



第4章 事業化に向けた課題

4.1 経済性の向上

今回検討したような小規模な埋立処分場の整備を進めていくためには、CDM プロジェクトとしての経済性向上のための方策をさらに検討していく必要がある。

経済性向上のためには、次のような方策が考えられる。

- ・ 埋立処分場の集約によるごみ収集量の確保
- ・ ランドフィルガス回収技術の向上による回収率改善
- ・ CDM 化経費に対する公的支援（補助金等）の拡大

4.2 ガス発生量予測精度の向上

ランドフィルガスの発生量を精度よく予測するためには、モデルで使用する各種パラメータが現地の諸条件を適切に反映している必要がある。

本調査では、パラメータの設定に影響を及ぼす因子について、十分な検討を実施することはできなかったが、事業化に向けてさらに調査を実施する必要があると考える。

4.3 その他

(1) 現地の商習慣の理解

ブラジルにおいて事業及び事業化に向けた調査を実施するにあたっては、現地の商習慣を理解することが重要と考える。途上国では珍しくないことであるが、事業に重大な影響を及ぼす事項が口約束で決定されることも多く、注意すべき課題である。

(2) 廃棄物処理の利権に関する課題

ブラジルに限ったことではないが、廃棄物処理に関する事業には様々な利権構造が存在していることが分かった。

事業化を進めていく段階においては、これらの利権構造が大きな障害になる可能性も否定できないことから、十分な調査が必要である。