平成 17 年度環境省委託事業

# 平成 17 年度ＣＤＭ／ＪＩ事業調査

# ブラジル・レシフェ市廃棄物処分場埋立ガス回収・発電事業調査

# 報告書

平成 18 年 3 月

あずさサスティナビリティ株式会社

目次

*第１章　プロジェクト基礎情報 1*
1-1　提案プロジェクトの概要と企画立案の背景 1
1-2　ブラジル国の概要 1
1-3　プロジェクトサイト 2
1-4　国土、自然、人口 4
1-5　政治 5
1-6　人種 5
1-7　外交 6
1-8　経済状況 6
1-9　財政・債務 7
1-10　産業 7
1-11　農業 8
1-12　工業 8
1-13　投資 9
1-14　ブラジルのエネルギー状況 9
1-15　ブラジルの廃棄物埋立地管理に関する政策 15
*第２章　プロジェクト計画 17*
2-1　プロジェクト概要 17
2-2　プロジェクト実施サイト／ムリベカ廃棄物処分場 17
2-3　ムリベカ廃棄物処分場の運営 18
2-4　埋立地への廃棄物搬入量 21
2-5　埋立ガス回収システム（導入予定） 23
2-6　予想埋立ガス回収量 25
2-7　プロジェクト内容の検討 36
2-8　埋立ガス回収・発電プロジェクト内容の決定 43
2-9　プロジェクト・ベースライン 46
2-10　ベースライン方法論 46
2-11　追加性の証明とベースライン・シナリオの決定 46
2-12　プロジェクト期間とクレジット期間 62
2-13　プロジェクト・バウンダリー 62
2-14　プロジェクト排出削減量の算定方法 63
2-15　発電設備・フレア燃焼設備 64
2-16　収益性 65
2-17　リーケージ 66
2-18　プロジェクト実施による予想温室効果ガス排出削減量 66
2-19　モニタリング方法論と計画 72
2-20　環境影響 75
2-21　その他の影響について 76
2-22　利害関係者のコメント 76
*第３章　事業化に向けて 80*
3-1　プロジェクトの実施体制（国内、ホスト国、その他） 80
3-2　プロジェクト実施のための資金計画 80
3-3　プロジェクト実施に向けて 80

表一覧

表 1　ブラジルの人口及び年間増加率 ..... 5
表 2　ブラジルのエネルギー供給源の推移　（単位：石油換算 1,000 トン） ..... 10
表 3　ブラジルの原油生産量（1980～2002 年）　（単位：1,000 バレル／日） ..... 10
表 4　ブラジルの天然ガス生産量（1980～2002 年）　（単位：100 万㎥／日） ..... 11
表 5　ブラジルの第一次エネルギー源のバランス ..... 12
表 6　ブラジルにおける CDM プロジェクトの承認状況 ..... 15
表 7　ムリベカ廃棄物処分場の廃棄物受入実績と予想 ..... 21
表 8　埋立ガス回収設備・フレア燃焼設備の初期投資額 ..... 24
表 9　新規サイトにおける埋立ガス回収システムの資本予算と維持管理費 ..... 24
表 10　廃棄物組成と k 値 ..... 26
表 11　ムリベカ廃棄物処分場と米国内埋立地の Lo 値 ..... 27
表 12　ムリベカ廃棄物処分場における新規サイトのシステム・カバレッジ設定 ..... 29
表 13　ムリベカ廃棄物処分場　既存サイトの予想埋立ガス回収量 ..... 30
表 14　ムリベカ廃棄物処分場　新規サイトの予想埋立ガス回収量 ..... 32
表 15　ムリベカ廃棄物処理場　既存サイトと新規サイトの予想埋立ガス回収量 ..... 34
表 16　小規模天然ガス供給者向け買取価格 ..... 37
表 17　大規模天然ガス供給者向け買取価格 ..... 38
表 18　天然ガスの成分規定　買取条件 ..... 38
表 19　ブラジル東部における電力買取価格（スポット）＞ ..... 41
表 20　埋立ガス・フレアプロジェクトの財務分析（CER 収益含む） ..... 52
表 21　埋立ガス回収・パイプラインガス輸送プロジェクトの財務分析（CER 収益含む） ..... 53
表 22　埋立ガス回遊・パイプラインガス輸送プロジェクトの財務分析（CER 収益含めない） ..... 54
表 23　埋立ガス回収・ピストンエンジン発電プロジェクトの財務分析（CER 収益含める） ..... 55
表 24　埋立ガス回収・ピストンエンジン発電プロジェクトの財務分析（CER 収益含めない） ..... 56
表 25　埋立ガス回収・コンバッションエンジン発電プロジェクトの財務分析（CER 収益含む） ..... 57
表 26　埋立ガス回収・ピストンエンジン発電プロジェクトの感度テスト（ピストンエンジン稼働率 95％の場合） ..... 58
表 27　埋立ガス回収・ピストンエンジン発電プロジェクトの感度テスト（ピストンエンジン稼働率 85％の場合） ..... 59
表 28　埋立ガス回収・ピストンエンジン発電プロジェクトの感度テスト（初期売電価格＄0.036 の場合） ..... 60
表 29　埋立ガス回収・ピストンエンジン発電プロジェクトの感度テスト（初期売電価格＄0.06 の場合） ..... 61
表 30　ムリベカ廃棄物処分場　既存サイトの予想メタン排出削減量 ..... 68
表 31　ムリベカ廃棄物処分場　新規サイトの予想メタン排出削減量 ..... 69
表 32　ムリベカ廃棄物処分場　既存サイトと新規サイトの予想メタン排出削減量 70
表 33　予想温室効果ガス排出削減量 ..... 71
表 34　モニタリング項目 ..... 73
表 35　モニタリングの品質管理・品質褒章 ..... 74
表 36　各物質の予想排出量 ..... 75
表 37　プロジェクト実施スケジュール ..... 82

## グラフ一覧

グラフ 1：ムリベカ廃棄物処分場　既存サイト　予想埋立ガス回収量の変化 .....31
グラフ 2：ムリベカ廃棄物処分場　新規サイト　予想埋立ガス回収量の変化 .....33
グラフ 3：ムリベカ廃棄物処分場　既存サイトと新規サイトの予想埋立ガス回収量の変化.....35

## 図一覧

図 1　ムリベカ廃棄物処分場.....20
図 2　廃棄物分別所.....20
図 3　追加性スキームのフローチャート.....47
図 4　プロジェクト・バウンダリー.....62
図 5　モニタリング計画.....72

# 第1章プロジェクト基礎情報

## 1-1　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、ブラジル連邦共和国のペルナンブコ州ジャバオタン市に位置するムリベカ廃棄物処分場における埋立ガス回収・発電事業の CDM 化にむけて、CDM 実施可能性を調査した後、UNFCCC に提出することを前提とした PDD を作成することを目的とする。

ブラジルでは現在、開放型埋立地が一般的であり、埋立地から発生する埋立ガスの回収を義務付ける法規制等は無く、埋立ガスが大気中へ放出されているのが現状である。埋立ガスの成分の約 50%前後はメタンガスである。メタンガスは京都議定書において温室効果ガスの一つとされており、温室効果は二酸化炭素の約 21 倍であるとされている。

ムリベカ廃棄物処分場は、現在廃棄物の搬入が行われているサイト（2009 年に閉鎖予定）と、2009 年から搬入開始が予定されている新サイトの 2 箇所からなる。現在、発生する埋立ガスの回収は行われておらず、埋立ガスは大気中に放出されている。

本プロジェクトは、廃棄物処分場に埋立ガス回収システム（抽出井、パイプ等）、フレア燃焼施設、発電設備を建設し、現在大気に放出されている埋立ガス中のメタン（地球温暖化係数：21）を回収し、発電に利用することにより、温室効果ガスの削減を目指す。ブラジルでは水資源が豊富で、水力発電が電力供給の約 87%を占めるため、電力の $CO_2$ 排出係数が非常に低い。本プロジェクトの電力代替による排出削減量も、排出削減量全体に比べて小さいので、この排出削減量はクレジットに含めない予定である。

本プロジェクトは、あずさサスティナビリティ株式会社が中心となり、SCS Engineers 社からの技術協力、クライメート・エキスパーツの松尾直樹氏からのアドバイザーとしての協力を得ながら、調査を実施し PDD を作成した。

## 1-2　ブラジル国の概要

ブラジル連邦共和国（Repblica Federativa do Brasil）は、面積、人口共に南米最大の国である。言語はポルトガル語であり、国民の 7 割以上がカトリックである。首都はブラジリア(Brasilia)で、人口約 160 万人、主な都市としては、南米最大の近代都市、サンパウロ(Sao Paulo)、リオのカーニバルで有名なリオデジャネイロ(Rio de Janeiro)、近代工業の盛んなレシフェ(Recife)、南ブラジルの中心都市ポルト・アレグレ（Poroto Alegre）などが挙げらる。気候的には、北部（アマゾン）及び東北部は熱帯性気候、中部（ブラジリア、リオデジャネイロ等）は亜熱帯性気候、南部（サンパウロ以南）は温帯性気候に区別される。

その歴史を紐解くと、1500 年にポルトガルのペドロ・アルヴェレス・カブラル（Pedoro　AlvegreCarbral）が漂着して、ポルトガル領を宣言したときから、ヨーロッパの言語と文化とが移植され、1532 年からポルトガルによる植民地政策がとられた。1549 年には本格的に国王直轄の植民地となり、それが 1802 年のブラジル帝国としての独立宣言まで続いた。ブラジル帝国は、それから約 70 年後の 1889 年に陸軍のクーデターにより、現在の共和体制に変革した。

## 1-3　プロジェクトサイト

### 1-3-1　ペルナンブコ州（ジャバオタン市、レシフェ市）の位置と気候

ブラジルのペルナンブコ（Pernambuco）州は、ブラジル東部に位置する州である。

### 1-3-2　ペルナンブコ州の歴史

ペルナンブコ州の州都であるレシフェ市は、港町として古くから栄え、市内には運河も流れ「ブラジルのベニス」として、美しい街として知られている。

ポルトガルがブラジルを植民地化したとき、ペルナンブコは植民地の中でも最も繁栄した地方の 1 つであった。原住民族や海賊との闘争や、ポルトガルの王がペルナンブコ地域を放棄したにも関わらず、ペルナンブコ地方にはサトウキビの栽培などが伝わり、1536 年には Igaraçu、1541 年には Olinda などの村が設立された。1600 年代には、Olinda はブラジルで最も豊かな地域となった。Olinda の富を用いて、更にサトウキビ畑を拡大するべく、開拓者は西へと移動して行った。しかし、この開拓は、Olinda のオランダ人の侵入によって一時的に阻止された。

ポルトガルとオランダは良好な関係を維持し、ポルトガル人はサトウキビを輸出する一方、オランダ人はブラジルの製品をヨーロッパに輸出することにより利益を得ていた。1580 年には、スペインとポルトガルがスペイン王下で国家が統一した。1630 年には、オランダが Olinda に侵入しオランダの支配下としたが、1630 年から 1637 年の間の闘争では多くの命を失い、Olinda の町は壊滅状態となった。1637 年、支配権が統合された後、Mauritius de Nassau 伯爵（オランダ王に仕えるドイツ人）がペルナンブコ地域を支配するようになった。Nassau 伯爵は、この地域の再建を図り、宗教の自由を取り戻し、レシフェの街と港を開発した。

しかし、その後も、オランダはブラジル人、原住民族、ポルトガル人、及び黒人との闘争が絶えなかった。レシフェ市近郊の Guararapes の丘は戦地となり、ブラジル人にとって歴史的な場所となった。1654 年 1 月、オランダは降伏し、ブラジルを後にした。

18 世紀初頭、Olinda は、オランダ人追放の後、ポルトガル人の支配下となり、サトウキビ生産が行われた。そして、レシフェは、ブラジル国内でも最大の港として、重要な商業中心地に発展しました。しかし、ポルトガルは Minas Gerais で発見された金に強い関心を持ち、植民地の管理センターを Minas Gerais のある南へと移動した。

1817 年、ペルナンブコ革命が勃発し、ペルナンブコ共和国の独立を求め、分離独立運動が起こった。分離独立運動の要因は、植民地統治に対する不満であった。1817 年 3 月 7 日に、共和国として独立したものの、軍事介入の後、1817 年 5 月 20 日に、再びポルトガルの支配下に置かれた。現在のペルナンブコ州の旗は、この当時の共和国の旗のデザインが用いられている。

近年では、ペルナンブコ州の周辺の州でも開発が行われているが、ペルナンブコ州は以前としてブラジル北部の産業の中心地となっている。レシフェは現在ブラジル国内においても主要な産業・商業都市である。また、1982 年に、オリンダは UNESCO により世界遺産と認定されている。

## 1-4　国土、自然、人口

ブラジルの面積は8,547,404㎢であり、南アメリカ大陸の面積のおよそ２分の1を占める。我が国のおよそ22.5倍の面積を有しており、ロシア、カナダ、中国、アメリカ合衆国に次ぐ世界で第5番目に広大な国土を有している。その国土は多数の小島を除くと、ブラジルは一つの大きな陸地で構成されている。

赤道はブラジルの北部、マカバの近くを通っており、南回帰線はサンパウロの南を通っている。東西で最も幅が広いところは 4,319.4km で、これは南北の最長距離（4,394.7km）とほぼ同じである。

南米大陸の中でブラジルと国境を接していないのはエクアドルとチリだけで、北はフランス領ギアナ、スリナム、ガイアナ、ベネズエラ、コロンビア、南はウルグアイ、アルゼンチン、そして西はパラグアイ、ボリビア、ペルーの 10 ヵ国に囲まれている。ブラジルの東には大西洋が横たわり、海岸線は 7,367km にも及ぶ。国土は、ギアナ高原、ブラジル高原、アマゾン平地、パラグアイ平地、海岸平地に大別されるが、国土の約 60%は標高 200 メートル以上である反面、900 メートルを超える高地は約 3%にすぎない。

ブラジルの植物分布には、多様な気候と豊かな土壌、水などが影響を及ぼしている。例えば、アマゾン川流域や降雨量の多い大西洋岸地域には、常緑の広葉樹が生い茂る熱帯雨林が広がっている。この熱帯雨林には 1 平方マイル（2.6k ㎡）に 3,000 種類もの植物が生育している。降水量がわずかで乾期は非常に乾燥している東海岸の低地高原地帯には、樹木が低く乾期には落葉する半針葉樹林が広がっている。

北東部の乾燥地域は「カーチンガ（Caatinga）」と呼ばれる乾燥した雑草で、また中部の大半は「セラード（Cerrado）」と呼ばれるサバンナで覆われている。この地域は乾燥に強い雑草が生い茂る中に、潅木が点在しており、他の地域とは違った独特の様相を表わしている。

一方南部では、針葉樹のパラナー松が高原を覆い、低地は草原地帯となっている。また、中西部に広がる「パンタナル（Pantanal）」で知られるマット・グロッソ大湿原（全面積 23 万 k ㎡）には、背の高い草が生え木々が点在するが、雨期にはほとんどが水没してしまう。

2000 年のブラジルの人口は 1 億 6,979 万人であり、中国、インド、アメリカ、インドネシアに次いで世界第 5 位となっている。また、若年層の人口比率が高く、29 歳以下の人口が全体の 62%を占めている。

20 世紀の初めから半ばにかけての急速な人口増加を受け、1970 年以降人口構成は劇的な変化を遂げている。この変化は、主に大規模な都市化と経済の近代化によるものである。出生率は 1960 年代初頭の 6.3 人（１女性当たり）から 1980 年代には 4.4 人へと落ち込み、その結果、人口増加率も 1960 年代の 2.9%から 1990 年代には 1.9%以下へと減少している（**表１**）。

表 1　ブラジルの人口及び年間増加率

| 年 | 人口（百万人） | 年間増加率 |
|---|---|---|
| 1776 | 1.9 | 1.8% |
| 1876 | 10.9 | 1.9% |
| 1900 | 17.3 | 2.2% |
| 1940 | 41.2 | 2.3% |
| 1950 | 51.9 | 3.1% |
| 1960 | 70.1 | 2.9% |
| 1970 | 93.2 | 2.7% |
| 1980 | 121.3 | 1.7% |
| 1991 | 146.9 | 1.9% |
| 2000 | 169.8 | 1.6% |

出典：在日ブラジル大使館ウェブページ（http://www.brasemb.or.jp/）

## 1-5　政治

ブラジルでは、1964 年 3 月の軍部クーデターによって、左翼的民族主義の政権が否定され、親米反共の軍事政権が 21 年間続いた。その後、1985 年に民主化され、文民政権が復活してから、現在まで 5 人の大統領が誕生している。

現政権は 2003 年 1 月に発足し、労働者党（PT: Partido dos Trabalhadores）のルーラ（Lula）が担っており、貧困の克服を最重要課題に掲げ、「飢餓撲滅」の政策を実行している。 同時に、通貨・財政の安定化を進めながら経済の開放化を堅持し、国際競争力の強化を目指している。国内では他に、年金改革、税制改革に取り組む一方、外交では、近隣諸国との共同市場メルコス（MERCOSUL、南米南部共同市場）や南米諸国との結束により米州自由貿易地域（FTAA）で交渉力を高めている。

ブラジルの政体は連邦・州・市・連邦区（首都ブラジリア）を構成単位とする連邦制を採用している。連邦の権力は立法・行政・司法の三権に分かれ、各権力は相互に独立しつつ調和を保つとされている。

行政の最高職は大統領であり、その任期は４年で、一度限りにおいて再選が認められる。大統領が何かの理由で任期半ばに辞任する時は、残務期間完了まで副大統領が大統領職を代行する。もし副大統領が代行できない場合は下院議長、上院議長、連邦最高裁判所長官の順で代行権が引き継がれる。

大統領は国務大臣を任命し、国務大臣は大統領に対し個別的に責任を負う。また、国務大臣の罷免は常時行える。上院、下院、委員会は大臣に出席を求め、審議を行う。

## 1-6　人種

現在統計上、ブラジル人は身体的特徴（皮膚の色、髪の色、目の色、鼻や唇の形など）によってブランカ（blanca、白人）、プレタ（preta、黒人）、パルダ（parda、白人とも黒人ともいえないという意味での混血者）、アマレーラ（amarela、黄色人）、インディジェナ（indigena、先住民）の 5 つのグループに分類される。しかし日常生活では、パルダはさらに詳細な身体的特徴に基づいて多様に分類される。今日、全国的に共有されるパルダの分類は、モレナ（morena）とムラタ（mulata）である。したがって、身体的特徴に基づいて最低 7 つの「人種」が分類されていることになる。尚、この人種を決定する客観的基準はなく、10 年ごとの国勢調査においては、被調査者の自己申告によっている。1999 年現在の主な 5 グループの構成はブランカが 54.04%、パルダが 39.95%、プレタが 5.39%、アマレーラが 0.46%、インディジェナ 0.16%となっている。

ヨーロッパ系ブラジル人の多くは元ポルトガル人で、ポルトガル人と原住民、黒人奴隷との雑婚が普通である。後に続く移民の波が多様な民族と文化の形成に貢献し続ける。そのためブラジルでは民族差別が少ないといわれる。

## 1-7　外交

ブラジルの外交政策で最も重要とされる課題は、安定的、かつ、団結した南米の強化である。それには、ラテンアメリカ諸国の中で唯一のポルトガル語圏であるため、歴史的に孤立化する危険を内包してきた背景がある。南米の中でも、対アルゼンチン外交は、南米外交政策の大黒柱と位置づけ、85 年に長年に及ぶライバル関係に終止符を打ったサルネイ（Sarney）ーアルフォンシン（Alfonsin）首脳会談で調印された「イグアス瀑布宣言」以来、二国間経済統合の協議を含む政治・経済分野における協力関係へと転換した。

対アジア諸国関係に関しては、日本、中国、インド及び韓国等の各諸国とブラジルは安定かつ堅実な対話を保っている。特に、2001 年中国が WTO に加盟したことで、経済、通商、科学技術等の様々な分野での交流が活発化している。

日本とブラジルとは、移民等の人的つながり、外交関係、貿易と投資を通じた経済関係、政府開発援助による経済・技術協力、そして文化交流など、様々な分野で深い関係をもっている。現在、日本に 27 万人のブラジル人が在住し、約 200 万人の日系人がブラジルに存在する。経済面では、ブラジルの輸出先国として日本は第 7 位を維持しているが、2002 年度にはアジアでのブラジルの貿易相手国首位の座を中国に譲る事態となった。財務省通関統計によると、2003 年のブラジルから輸出額は国別で 26 位となっており、農産物では、鶏肉、大豆、コーヒー豆、オレンジジュース、鉱産物では鉄鉱石やアルミニウム合金の輸入額が大きい。

アメリカ合衆国は、ブラジルの国際関係において最も重要な外交相手であるが、その一方でしばしば距離を置く外交姿勢をとってきた。ただ、冷戦終結以降は、ブラジルが民主化、人権、環境、軍縮などに積極的に取り組む姿勢を見せ始めたため、アメリカとの関係は協調的なものになっている。

多国間政策に関しては、92 年に国連環境開発会議（地球サミット）を自国リオデジャネイロで開催したことに代表されるように、国際機関・機構を外交の重要な場とみなしてきた。特に、国連の 51 原加盟国（1945 年）の 1 国でもあるブラジルは、その強化が最も重要だとしている。現在、ブラジルは非常任安保理事国として 9 回目の任務を果たしているが、回数としては世界一多くこの任務を果たしている国である。また、04 年 12 月には、日本、ドイツ、インドとともに常任理事国入りの意思を伝えるなど、国連安保理改革には非常に積極的な姿勢を示している。

## 1-8　経済状況

1980 年代初頭、世界的な金利の急上昇を契機に、中南米諸国は金融危機に陥ったことにより、ブラジルは厳しい経済調整を強いられ、マイナス成長となった。資本の流入が突然途絶え国内の投資は鈍化し、対外債務増により赤字は増大、インフレが加速した。

1980 年代の金融危機は、「輸入代替」工業化政策（一部の海外製品の購入を禁じ、国内産業を育成する政策）の限界を露呈し、結果として、国内経済の開放を促進した。その後、カルドーゾ前大統領がイタマール・フランコ政権で大蔵大臣を務めていた 1994 年経済安定化プログラム「レアル・プラン」が実施され、インフレは沈静化した。それに伴い、1993 年の貧困層人口は 4,300 万人だったが、1995 年にはその数が 1,300 万人に減少した。また、1993 年から 1995 年の間に国民の平均所得は実質ベースで 28%増加するに至った。

現在、ブラジルは 2001 年の GDP は世界トップテンに入るほどの経済大国にまで成長し、国民生活の質的改善も図られた。2004 年には、経済成長率が 4.9%と過去 10 年間で最も高い値を記録し、雇用・所得環境とも、長期低迷を脱する兆候を見せている。それに伴い、個人消費は順調に拡大し、また、レアル高にもかからず輸出が堅調のこともあり、インフレ予防の金融引き締めによって、2005 年に一時、景気停滞するものの、今後は緩やかな回復が期待されている。

## 1-9　財政・債務

ブラジルの財政赤字は、インフレなどのマクロ的不安定性の基本的な要因であり、その健全化は最重要課題である。極めて高いインフレが続いた 1994 年までは、極めて高い財政赤字比率となっていた。94 年のレアル・プラン（Plano Real）前後から、一連の財政健全化政策や公的企業の民営化により財政赤字の削減などの政策が実施され、90 年代末から一次収支は黒字に転換している。しかし 2000 年以降、公的債務への利払いは増加傾向にあり、政府債務、地方政府債務なでの公的債務の管理と利子率の引き下げが課題となっている。

こうした財政赤字は、インフレ抑制後は貨幣の発行ではなく、基本的に政府債務によって補填され、国庫による政府債権発行を増大させてきたため、1994 年以降の政府債務残高は傾向的に拡大し、GDP 比は 94 年の 30.4%から 2002 年の 56.5%にまで増大している。とりわけ、連邦政府の債務残高は急激に拡大し、91 年の GDP 比 13%から 02 年には 36%となっている。

ブラジルでは 1990 年代に 1000 億ドル以上の対外債務の増加が見られた。こうした対外債務増大の主要因は民間債務であり、94 年以降のマクロ経済の安定化を反映し、対外借入や証券投資の形で急激に拡大した。このため 98 年には、長期・短期を含む総対外債務は 2,416 億ドルに達し、民間部門の対外債務は 91 年の 293 億ドルから 98 年の 1,462 億ドルへと急増しており、民間部門が資金調達を金利の低い海外に求めていることを示している。

これら民間の対外債務と政府の国内債務がマクロ経済政策における最大の懸案となっており、単にその残高の規模の問題のみならず、財政赤字や利払いなどのフローの観点から重要な問題であるといえる。

## 1-10 産業

ブラジルは、広大な国土、多様な自然と資源をもち、それらを利用するかたちで多くの産業を発展させてきた。とりわけ農業は世界でも重要な位置を占めてきた。コーヒー、サトウキビ、オレンジ、大豆、トウモロコシ、飼牛などで世界第 1 位あるいは 2 位にある。農業は、工業化、サービス化の進展によってその地位を下げ、GDP に占める比重が 10%程度と低下したが、農産物を原料とする加工業など、関連する工業とサービス業を加えたアグリビジネスは GDP の 30%を超えるとの推計もある。ブラジルは、1990 年代以降の経済自由化・グローバル化の中で、比較優位をもつ農産物・加工品の輸出によって、世界市場における地位を高めた。今なお広大なフロンティアをもつブラジル農業は、人口の増加と穀物生産の停滞に直面する世界にあって、大きな潜在力をもっている。遺伝子資源を利用した利用した産業の可能性もまた大きい。しかし、農業生産の拡大は他方で森林など環境破壊の危険を高めている。

鉱業もまた重要な産業である。鉄鉱石、ボーキサイト、錫、マンガン、ニオブ、タンタルなどブラジルの多様な鉱物は世界有数の埋蔵量、生産量をもつ。鉄鋼業などそれらを原料とした工業も活発である。

## 1-11 農業

現在、ブラジルは大豆の生産で、アメリカに次ぐ世界第 2 位の地位を占めている。コーヒーの輸出量は、世界第 1 位である。これは、人的労働が重要なコーヒー生産において、なにより安い労働力を得やすいという事情に寄るところが大きいが、霜の降らない高台地帯の広いことも幸いしている。

牧畜も盛んであり、最近では都市近郊の農家の所得向上と相まって集約的な畜産業が行われるようになってきており、特にサンパウロ等大都市周辺の養鶏などは近代的システムの下で行われている。鶏肉については加工肉を中心に日本に相当輸入されているものの、牛肉については口蹄疫などの検疫上の問題が依然として存在している。

他方、未だに貧困層がアマゾンの熱帯雨林で焼畑農法を行い、それが自然環境の破壊につながるとして問題視されているが、むしろ同地域を大規模に焼き払うのは当地での農業生産を目指す企業家たちである場合が多い。一方、ブラジル東北部の乾燥地域では生活そのものが苦しく、政府が募った入植に応じた農業者が生活を行っているが、生活は極めて厳しく、都市部の生活者との経済的格差は極めて大きい。現在では、衛星を使った監視網などが整いつつある。

かつて、ブラジルでは、黒人奴隷を使ったサトウキビの栽培が盛んだったが、1888 年に奴隷制が廃止になり、栽培の主流もサトウキビからコーヒーへと移った。その後、コーヒーの過剰生産により、国際価格が暴落し、コーヒーへの依存度を下げるために、とうもろこし・大豆・サトウキビなどの栽培が奨励された。サトウキビは砂糖の原料になるだけでなく、現在では、アルコールとしてガソリンの代わりの燃料にも使われている。

また、1980 年に入って、ブラジルに農業関連産業が発展すると、農業を中心にその上流にあたる農業生産資機材製造業から、下流にあたる農産物加工・流通産業までを含む概念である「アグリビジネス」が成長し、ブラジルの輸出額の 4 割を稼ぐ産業となっている。

## 1-12 工業

安価な労働力と豊富な天然資源により、ブラジルは 2004 年度の国民総生産（GNP）で世界第 9 位に位置し、南アメリカにおける最大の経済規模を有する。第二次世界大戦後の 1950 年代以降急速な経済発展を遂げ、自動車生産や造船、製鉄では常に世界のトップ 10 を占める程の工業国となったが、首都ブラジリア建設の負担やオイルショックなどで経済が破綻し、1970 年代後半には経済が低迷し、深刻なインフレに悩まされるようになった。

1990 年代に入ってからはカルドーゾ政権下で安定成長を遂げ、現在ではロシア・中国・インドと並んで「BRICs」と呼ばれる新興経済国群の一角に挙げられるまでになった。重工業、中でも航空産業が盛んで、1969 年に設立された国策会社のエンブラエル（Embraer）は現在、小型ジェット機市場の半分近いシェアを誇り、欧米諸国をはじめとする世界各国へ輸出されている。

また、1953 年に、油田開発と生産の独占権を与えられて設立された石油公社ペトロブラスを中心に、油田開発が進められた。1973 年の第一次オイルショック後の増産政策により、1990 年代前半にはブラジルの原油生産高は 3 倍以上となり（自給率 50%）、また、精製も全て国内で可能となり。現在、石油の国内消費の 64%は国内生産されている。それに伴い、石油化学工業は急速な発展を遂げ、コンビナートによるエチレンの生産能力は、合計で年産 140 万トンに達している。

代表的な近代産業としては、自動車と自動車部品で、1960 年代から急速な発展を遂げてきた。1957 年の組立工場から始まり、今では、年平均 180 万台もの完全な国産車を生産するまでに成長し、世界第 11 位の自動車生産国となった。自動車の輸出額は 2000 年度には GDP(国内総生産)の 10%にまで高まっている。

## 1-13 投資

レラル・プラン（Plano Real）によるインフレの終息に伴う購買層の拡大と大型民営化案件の出現、内外資差別の撤廃などにより、ブラジルにおけるビジネス機会は劇的に増加した。それは直接投資の増加に反映された。1996 年の直接投資受入額はブラジル中央銀行（BC）によると 113 億ドル（流入額から現物出資を除いたもの）であり、80～89 年の 10 年間の直接投資累計 68 億 2,200 万ドル（現物出資、再投資含む）を上回った。その後も直接投資受入額は急増し、97 年 179 億ドル、98 年 260 億ドル、99 年 269 億ドル、そして 2000 年にはピークの 305 億ドルに達した。01 年には減少傾向に転じたものの、それでも 247 億ドル、02 年には 141 億ドルに達した。ブラジルは 96～02 年の 7 年間に 80 年代の直接投資受入総額の約 20 倍以上の直接投資を海外から受け入れたことになる。03 年についてはルーラ政権初年度ということもあり、129 億ドルにとどまっているが、04 年以降も大幅減少の要素は見受けられない。

2002 年時点のブラジルの直接投資受入先を国・地域別でみると、欧米からの投資が 9 割以上を占める状況となっている（タックスヘイブンを除く）。アメリカの場合、投資分野が広範囲に及んでいるのが特徴であるが、ヨーロッパの場合、スペインであればテレフォニカ（Telefonica）やサンタンデール銀行（Banco Santander）、フランスであればルノーやカルフール、ポルトガルであればソナエ（Sonae、小売チェーン）、ポルトガルテレコム（Portugal Telecom）など部門に偏りがあるのが特徴である。

## 1-14 ブラジルのエネルギー状況

### 1-14-1 エネルギーミックス

ブラジルは石油、天然ガスに加え石炭、ウランなど豊富なエネルギー資源を有している。水力も豊富で、総発電能力 7,490 万 kW のうち 87%を水力発電が占めており、水力発電量では世界第 2 位である。ブラジル鉱山動力省（MME: Ministerio de Minas e Energia）エネルギー局国家エネルギー政策部がまとめた「2002 年国家エネルギーバランス（BEN2002）」によると、1940 年度には国内燃料供給のわずか 1.4%であった水力および電力が 2001 年時点は 13%まで、また同 6.4%であった石油・天然ガス関連燃料が 01 年時点では 52%を占めるまでに増加しており、これまでブラジル政府が採ってきたエネルギー政策がよくわかる。ただ、2001 年の旱魃に伴う電力危機の結果、2001 年 6 月から 2002 年 3 月まで電力の使用制限が実施された。これを契機に、ブラジルでは水力発電から石油・天然ガス火力発電への転換が推進されており、現在 2,000 万 kW の火力発電所の新設とアルゼンチンからの電力輸入が検討されている。1995 年には鉱山動力省（Ministry of Mines and Energy ）と産業商業省（Ministry of Industry and Commerce）の共同決定による電力節約プログラム（PROCEL）が実施された。PROCEL の目的は電力の合理的な使用を促進し、むだを廃し効率を高めることにより総合的な生産性を向上させることにある。また、サトウキビ関連燃料が 01 年時点で全体の 11.9%を占めるまでに増加していることが、ブラジルのエネルギーバランスの大きな特徴である。

表 2　ブラジルのエネルギー供給源の推移　（単位：石油換算 1,000 トン）

| 燃料 | 1940 年 | 1960 年 | 1980 年 | 2001 年 |
|---|---|---|---|---|
| 石油・天然ガス関連燃料 | 1,490<br>(6.4) | 12,401<br>(25.6) | 55,429<br>(49.4) | 97,246<br>(52.0) |
| 石炭関連燃料 | 1,502<br>(6.4) | 1,395<br>(2.9) | 5,783<br>(5.2) | 13,323<br>(7.1) |
| 水力および電力 | 328<br>(1.4) | 1,471<br>(3.0) | 10,296<br>(9.2) | 24,375<br>(13.0) |
| 薪・木炭 | 19,548<br>(83.5) | 31,038<br>(64.2) | 30,695<br>(27.4) | 21,655<br>(11.6) |
| サトウキビ関連* | 547<br>(2.3) | 2,072<br>(4.3) | 9,081<br>(8.1) | 22,206<br>(11.9) |
| その他** | 0<br>(0.0) | 0<br>(0.0) | 914<br>(0.8) | 8,156<br>(4.4) |
| 合計 | 23,415 | 48,377 | 112,198 | 186,961 |

（注）（）内は合計に占める割合（%）　＊アルコールは含まず　＊＊ウラン・アルコールを含む

出典：MME, BEN 2002

### 1-14-2 石炭

ブラジルは、鉄鋼業において、高い技術水準を誇り、03 年の鉄鋼生産量は 3,120 万トンで世界 9 位、ラテンアメリカの 52.6%を占め、昨今の高炉製鉄所の粗鋼生産量増加に伴う製鉄用石炭の使用量は増加傾向にある。ただ、国内生産量は年々、減少しており、2001 年 1 万 5 千トンを生産するに留まっており、その大変を輸入に頼っている状態である。

### 1-14-3 石油

ブラジルの石油開発は、販売部門を除くすべての事業が国家の独占事業とされ、1953 年に設立された国営のブラジル石油公社ペトロブラス（PETROBRAS）を中心に発展してきた。1970 年代に入ると、ブラジル経済が 73 年に発生した第一次石油危機による多大な影響を受けたこともあり、水力やアルコールなどの代替エネルギー源の開発の一方で、石油開発促進の緊急性、重要性が改めて見直され、自給率の向上が目指された。75 年にはペトロブラスとの炭鉱請負契約という形で外国企業による参加が認められたが、88 年に再びペトロブラスの独占事業とされた。97 年には新石油法が施行され、ペトロブラスの独占は終了し、外国企業を含む民間企業に石油事業が開放された。国内の原油生産量は、1970 年代後半から生産開始されたカンポス（Campos）沖油田の大増産により、2002 年には日産 146 万バレルに達し（**表 3**）、近年中に実質輸出国となる見込みであり、ラテンアメリカにおいてはメキシコ、ベネズエラに次ぐ産油国となっている。カンポス沖の海底油田は、世界的には評価が高い大水不深域の掘削・生産技術を背景に開発が進められ、ブラジルの原油生産・原油埋蔵量の 80%以上を占めている。

表 3　ブラジルの原油生産量（1980～2002 年）　（単位：1,000 バレル／日）

| 年 | 陸上 | 海底 | | | 合計 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | カンポス沖 | その他 | 小計 | |
| 1980 | 106 | 29 | 46 | 75 | 181 |
| 1985 | 154 | 337 | 54 | 392 | 546 |
| 1990 | 189 | 406 | 37 | 443 | 631 |
| 1995 | 181 | 475 | 38 | 512 | 693 |
| 2000 | 211 | 992 | 31 | 1,023 | 1,234 |
| 2001 | 214 | 1,053 | 28 | 1,081 | 1,295 |
| 2002 | 219 | 1,201 | 35 | 1,236 | 1,455 |

出典：PETROBRAS ウェブサイト（www.petrobras.com.br）

### 1-14-4 天然ガス

ブラジルの国内天然ガス生産量は、石油と同様に Campos 沖を中心に急増し日量 4,000 万㎥に達している（**表 4**）。一方、国内天然ガス需要は日量 2,850 ㎥であり、全エネルギー消費に占める天然ガスの比率は世界平均で 20%以上、日本で 10%程度となっているのに比べ、ブラジルでは 3%程度となっている。

この原因としては、天然ガス生産地が消費地から遠いことや、パイプラインなどのインフラ設備の不足が挙げられるが、ブラジル政府は 2010 年の天然ガス比率目標を 12%とし、ブラジル石油公社（PETROBRAS）も、天然ガス開発の一方でインフラ整備などを通じた需要喚起に全力をあげるとしている。ブラジルの天然ガス確認埋蔵量は 2002 年で 7 兆 3,200 億 cf（キュービックフィート）であり、うち海上が 5 兆 5,200 億 cf（うちカンポス沖 4 兆 1,400 億 cf、その他 1 兆 3,800 億 cf）、陸上が 1 兆 8,000 億 cf である。

**表 4　ブラジルの天然ガス生産量（1980～2002 年）**　　**（単位：100 万㎥／日）**

| 年 | 陸上 | 海底 | | | 合計 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | カンポス沖 | その他 | 小計 | |
| 1980 | 3.21 | 0.48 | 2.12 | 2.60 | 5.81 |
| 1985 | 5.67 | 4.84 | 4.03 | 8.86 | 14.54 |
| 1990 | 5.92 | 6.79 | 3.62 | 10.41 | 16.32 |
| 1995 | 7.79 | 8.38 | 5.13 | 13.51 | 21.30 |
| 2000 | 13.74 | 15.28 | 6.07 | 21.35 | 35.10 |
| 2002 | 16.13 | 18.31 | 5.61 | 23.92 | 40.05 |

出典：PETROBRAS ウェブサイト（www.petrobras.com.br）

### 1-14-5 電力

#### 1-14-5-1　　電力セクター概要

ブラジルの発電設備容量は 2002 年末で約 7,600 万 kW に達する。広大な国土と比較的豊かな降雨量に恵まれているため水力発電が大部分を占め、火力・原子力への依存は発電設備容量で約 15%を占めるに過ぎない。このため、降雨量次第で電力不足に陥る脆弱性を抱える一方、広大な国土にもかかわらず、電力システムは大部分が全国電力連携システムで連結しており、季節・地域による補完性があるのが特徴である。逆に国土の広さゆえ、まだ配備網が届いていない国民も 1,000 万人に達する。ブラジルの電力事業は 1962 年に創設された電力持株会社ブラジル中央電力公社（ELETROBRAS: Centais Eletricas Brasileiras）が中心となり、発送電の設備拡張計画の策定と実行を行い、州営会社が配電・販売を担当するという、中央集権体制で基本的に維持されてきた。1995 年に発足したカルドーゾ（Cardoso）政権は自由競争原理を導入した電力モデルを目指し、公営発電・配電会社の民営化を決定し、民間の発電・送電事業への参加を可能にするなどの法規制整備、許認可を行う独立行政機関の国家電力庁（ANEEL: Agencia Nacional do Sistema Eletrica）、全国の発電および送電を中央集中管理する全国電力システム・オペレーター（ONS: Operador Nacional do Sistema Eletrico）などを創設した。

しかし、公営発電会社の民営化に反対する地元政治家の強い反対により民営化は実現せず、前述の機関の実質的機能開始の遅れなどもあり、この電力モデルは十分に機能しなかった。その後、現ルーラ政権の下、再度全面的な電力モデルの見直しが行われ、2004 年 3 月にようやく新モデルの指針を示す法律が公布された。新モデルの主要テーマは電力の安定供給と低廉な料金を同時に実現することであり、前政権の民営主導型モデルに比べ、政府主導の色合いが濃く、鉱山動力省の権限を拡大するものとなっている。

表 5　ブラジルの第一次エネルギー源のバランス

| | 1986 年 | 1990 年 | 1995 年 | 2001 年 |
|---|---|---|---|---|
| 第一次エネルギー源合計<br>（石油換算 1,000 トン） | | | | |
| 国内総生産量 | 103,409 | 104,672 | 111,993 | 150,878 |
| 輸入量 | 36,422 | 36,319 | 33,996 | 150,878 |
| 輸出量 | -51 | 0 | -677 | -5,820 |
| 在庫変動・調整 | -2,971 | -3,318 | 336 | 1,128 |
| 国内総使用量 | 136,808 | 137,672 | 145,649 | 180,223 |
| 石油（1,000 ㎥） | | | | |
| 国内総生産量 | 33,200 | 36,590 | 40,216 | 75,219 |
| 輸入額 | 34,872 | 33,121 | 29,209 | 24,290 |
| 天然ガス（100 万㎥） | | | | |
| 国内総生産量 | 5,686 | 6,279 | 7,955 | 14,045 |
| 輸入量 | 0 | 0 | 0 | 4,608 |
| 製鉄用石炭（1,000 トン） | | | | |
| 国内総生産量 | 1,330 | 499 | 106 | 15 |
| 輸入量 | 8,442 | 10,146 | 11,790 | 13,309 |
| 電力（GWh） | | | | |
| 発電量 | 182,419 | 206,708 | 253,905 | 268,140 |

出典：MME, BEN 2002

### 1-14-6 再生可能エネルギーの状況

ブラジルでは、前述の通り、水力発電の比重が極めて高いことに加え、再生可能エネルギーとして、バイオマス燃料が挙げられる。

ブラジルでは、サトウキビの価格安定化を目的に 1930 年代より、エタノール混合ガソリンが導入され、エタノールを混入したガソリン（混合ガソリン）の利用が促進されている。生産が豊富なサトウキビを原料にバイオエタノールを年間 1,500 万キロリットル（2004 年）生産している。混合ガソリンは排気ガスの抑制に有効であり、昨今の原油高騰に伴うガソリン高がもたらす、ブラジル国内経済への影響を軽減するのにも貢献すると指摘されている。

自動車販売台数全体における混合ガソリン向け自動車のシェアは、2000 年の約 1%程度から 2004 年には約 14%とその利用が増加基調を続けている。2003 年 4 月には、ガソリン、混合ガソリンを双方に対応できる「Flex Fuel」という新型自動車が市場に投入され、今後とも混合ガソリンの一段の普及が予想されている。このほか、混合ガソリン普及に向けたインフラもブラジルでは、既に十分整っている。全土で混合ガソリンを販売するガソリンスタンドが約 3 万か所存在する。政府も混合ガソリン対応車への税率を低く抑え、同対応車の一層の普及を図っている。

### 1-14-7 ブラジルの環境政策

ブラジルの環境政策並びに、環境法整備の契機になったのは、1972 年にストックホルムで開かれた国連人間環境会議と 1992 年自国リオデジャネイロで開催された国連環境開発会議（地球サミット）である。国家環境政策は、１．持続可能な開発の原則、２．汚染者負担の原則、３．予防の原則、４．参加の原則、５．遍在の原則を採用している。持続可能な開発の原則に基づき、天然資源は無限ではなく、経済開発は天然資源の枯渇を回避するように計画的に行わなければならないと定めている。また汚染者負担の原則により、環境汚染者に環境に対する潜在的損害の予防の費用を負担する義務を課し、予防の原則では環境への損害は回復不能である場合が多いので、環境保護の重点を予防に

移している。参加の原則では、環境保全の義務が公権力と社会になると定める憲法に従い、1999 年に公教育および学校外で環境教育を実行するため国家環境教育政策を定め、遍在の原則によって、環境の損害は国境を越えるので、環境保護には諸国民間の緊密な協力を必要とすることになるとしている。

2003 年 1 月に発足した現ルーラ（Lula）労働者党（PT: Partido dos Trabalhadores）政権の環境政策の基本原理は「持続的開発」である。優れた環境を次世代に残すのは現世代の責任であるが、現世代の貧困層は荒廃し汚染された環境の被害を受けており、それは環境の利益あるいは不利益が不公平に配分されているからであり、現世代での公平の実現もまた重要であるとしている。こうした観点から、ルーラ政権が策定した 2004～07 年の投資計画では貧困層を中心に良質の環境を提供することを優先事項としている。また、天然資源の保全と修復を優先課題とし、そのためにはこれまでの経済活動を見直し、資源の持続的利用を進め、企業が環境責任を果たすように誘導することが重要であるとしている。

### 1-14-8 ブラジルの気候変動問題に関する政策

#### 1-14-8-1 中央政府

ブラジルは 1992 年に気候変動枠組条約に最初に署名した国であり、1994 年には議会が批准している。ブラジルの気候変動に関わる問題は主に、科学技術省（Ministerio de Ciencia e Tecnologia: MCT）が運営している気候変動プログラムによって対応されている。ブラジルは COP8 にて、途上国の参加を含めた全地球規模の削減方法を科学的な根拠に基づいて議論を進めることを提案（FCCC / SBSTA / 2002 / INF.14）など、国際レベルでの役割も大きい。

2005 年に発効した京都議定書をめぐっては、温室効果ガスの排出抑制義務がなく、豊富な水資源と太陽、さらにはアマゾンの森林を主とした国内各地域の豊富な森林資源に加えて、農作物の栽培によるバイオマスの宝庫である点において、ブラジルは非常に有利な立場を享受している。そうした利点を活かして、2004 年にはブラジル商品先物取引所（ＢＭ＆Ｆ）と開発・工業・貿易省が、温暖化ガスの「排出権」を取引するＣＤＭの舞台として、中南米初となる先物市場「ブラジル排出権取引市場（ＭＢＲＥ）」を設立し、主導権の確保を目指している。

### 1-14-9 ブラジルの CDM 事業に関する政策

#### 1-14-9-1 DNA

ブラジルにおける DNA は、Interministerial Commission on Global Climate Change（CIMGC）であり、”President Decree of 7 July 1999”に基づき、UNFCCC に関連する政府の取組を明確にする目的で設置されている。

その機能としては、以下の 5 つが挙げられている。（１）気候変動に関わる政策や法的文書のための提言に対して見解を提供する（２）国連気候変動枠組み条約締約国会議におけるブラジルとしての立場に助言を与える（３）ブラジルの持続可能な開発戦略に準じて、京都議定書第 12 条に謳われている CDM における適格基準に追加的な基準を定義する（４）プロジェクトの報告書を分析し、CDM プロジェクトとしての適格性を判断し、承認を行う（５）国連気候変動枠組み条約下で、ブラジルが同意した政府と民間との交流促進のために、市民社会の代表と合意形成を図る。

### 1-14-10 CDM 事業に関する政策・状況

CDM に関する国内法整備や CDM プロジェクトの促進策においてブラジルは進んでいるとされる。1999 年 7 月の大統領令により気候変動省間委員会（9 つの省が関係、主管は科学技術省）が設置され、これが CDM に関して UNFCCC で設置が定められている国家指定機関（DNA）と定められた。その後、2002 年に法令 144 号により京都議定書を批

准し、2003 年 9 月 11 日付気候変動省間委員会第 1 号決議で CDM に関する規定が設けられた。

2004 年 11 月 18 日にはブラジルのノバジェラール埋め立て処理場のプロジェクトが排出枠の保有状況を示した記録簿に初めて登録され、実質的に世界初の CDM プロジェクトとなった。中南米が実績を残している理由は、CDM プロジェクトの受け入れ体制整備、類似案件の実績で大きく先行していることにある。

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ことだ。例えば、PDD 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、日本の DOE の活動の障害となりそうなポイント（DOE はブラジル国内に事務所を設置していることが条件）もこの決議に盛り込まれている。

なお、CDM を側面から支える施策としては Proinfa （代替エネルギー源振興プログラム、2003 年 11 月 11 日付法令 10.762）があげられる。これはもともと水力発電以外の代替エネルギー振興によるエネルギー源多角化を目的としたものであるが、代替エネルギー発電により生まれた電力を政府が 20 年間にわたり、買い上げるというもので国家社会経済開発銀行のファイナンス（輸入財、土地取得費用など除く投資額の 70%を低利融資）がつく。

### 1-14-11 ブラジルにおける CDM に必要な手順

#### 1-14-11-1 Manual for Submitting a CDM project to the Interministerial commission on Global Climate Change

プロジェクトが承認されるためには、”Resolution no.1 of September 11, 2003 of the Interministerial Commission on Global Climate Change”の第 3 条及び第 4 条にリストされている文書を気候変動省間委員会の Executive Secretariat 宛てに提出する必要がある。CIMGC では、書類の準備を円滑にするためにマニュアル（”Manual for Submitting a CDM Project to the Interministerial Commission on Global Climate Change”）を作成しており、ウェブサイト（http://www.mct.gov.br/CLIMA/cigmc/pdf/Manual_Sub_MDLing.pdf）で公開している。地球気候変動省間委員会に提出すべき文書は以下のとおりである。

1) PDD（英語）：DOE によるバリデーションのために提出された正式の英語版の PDD
2) PDD（ポルトガル語）：1)をポルトガル語に翻訳したもの
3) 付属書 III：持続可能な開発に対して当該プロジェクトがどのように貢献するかを説明する文書。”Resolution no.1 of September 11, 2003 of the Interministerial Commission on Global Climate Change”の付属書 III に示されている形式で記載する必要がある。具体的には、次の 5 つの側面について記載する必要がある。
    a) 地域の持続可能な開発への貢献
    b) 労働条件の改善や雇用創出に対する貢献
    c) 公平な所得配分への貢献
    d) 技術開発やキャパシティ・ビルディングに対する貢献
    e) 地域の一体感の形成や他のセクターとの相互作用への貢献
4) インビテーション・レター：次のステークホルダーに送付されたインビテーション・レターのコピー
    - Prefeitura (City Hall)
    - Câmara dos vereadores (city council)
    - State Environmental Agencies
    - Municipal Environmental Agencies
    - Brazilian Forum of NGOs and Social Movements for the Environment and Development
    - Community Associations
    - Public Prosecution Office
5) バリデーション・レポート（英語）：DOE によるバリデーション・レポート
6) バリデーション・レポート（ポルトガル語）：5)をポルトガル語に翻訳したもの

7) Project Participants による宣言：プロジェクトの責任者及び地球気候変動省間委員会の Executive Secretariat との間のコミュニケーションの手段等に関して、全てのプロジェクト参加者によって署名された宣言
8) 環境及び労働に関する法規制の遵守：プロジェクトが環境及び労働に関する法規制満たすものであることを確認する文書
9) DOE の状況：DOE が UNFCCC の Clean Development Mechanism Executive Board によって認定されていること等を宣言する文書
10) 補足文書：プロジェクトが持続可能な開発に貢献することについての補足文書

### 1-14-12 ブラジルの CDM 事業受け入れ状況

下表は 2005 年 10 月 10 日現在のブラジルにおける承認の状況を示したものであるが、本プロジェクトと同種の埋立ガス回収のプロジェクトに関しては 3 件のプロジェクトが承認を受けている。

**表 6 ブラジルにおける CDM プロジェクトの承認状況**

| プロジェクト種別 | 件数 |
|---|---|
| Energy industries | 30 |
| Renewable energy | 21 |
| Waste handling and disposal | 18 |
| Manufacturing industries | 3 |
| Fugitive emissions | 2 |
| Landfill gas recovery | 3 |
| Substitution of fuel | 2 |
| Chemical industry | 1 |
| 合計 | 80 |

（出典）José Domingos Gonzalez Miguez 氏より入手した資料

### 1-14-13 CDM 事業に対するニーズ

ブラジルでは、既にエネルギーバランスに占める再生可能エネルギーの割合は高いが、今後のエネルギー需要の急増が見込まれ、代替エネルギーやエネルギー効率向上の分野での水力や風力、木材、サトウキビ等のバイオマスに関連したプロジェクトに対する期待は大きい。また、ブラジルでは、セメントや鉄鋼、非鉄金属業等のエネルギー集約型の産業の輸出に占める割合が高く、それら分野でのエネルギー効率の改善により更なる成長の余地が残されているため、それに関連する CDM 事業に対するニーズも大きいとされる。

## 1-15 ブラジルの廃棄物埋立地管理に関する政策

ブラジルでは、一般家庭から一日当たり約 100,000 トンの廃棄物が回収されると推定されている。*Geo Brazil 2002 : Perspectivas do meio ambiente no Brazil* によれば、都市部の家庭の約 90%（ペルナンブコ州レシフェでは 76.9%で、ブラジル都市圏で最低）は廃棄物回収サービスを利用できる。ただ、回収された廃棄物のうち、適切な埋立処分場（最終処分場）、分別・リサイクル工場、焼却場に向かうのは全体の 28%に留まり、残りの 72%は屋外や浸水地への不法投棄等、不適切な形で処理されている。その原因の一つとして、都市部での高い人口密度により、家庭からの廃棄物を適切に処理する場所がないことが挙げられている。ブラジルの産業界では既に、清浄技術の導入や廃棄物抑制への機運が盛り上がっており、家庭からの廃棄物に対して、「End of the pipeline」と呼ばれる、地域参加型の廃棄物抑制策が重要となっている。

### 1-15-1 埋立地ガスの管理

ブラジルのペルナンブコ（Pernambuco）州は、ブラジル東部に位置する州である。海岸沿いはマングローブが群生する熱帯気候、内陸には半乾燥地帯が広がる。州都レシフェ（Recife）は植民地時代から砂糖、綿の輸出港として発展し、今も化学工業などで栄

える商工業都市である。17 世紀のオランダ占領時代の建築物が残る近郊の町、オリンダ（Olinda）（人口 148 万 7,000 人）と共に独特のカーニバルでも知られ、国内で最も人気のある観光地である。サトウキビが主な農産物だったが、近年はバラや菊、ブドウやバナナなど花や果物栽培も始められている。1998 年から 2001 年にかけて化学、石油化学などの分野で集中的な投資が行われた。

# 第2章プロジェクト計画

## 2-1　プロジェクト概要

本プロジェクトは、ブラジル連邦共和国のペルナンブコ州ジャバオタン市に位置するムリベカ廃棄物処分場における埋立ガス回収・発電事業の CDM 化にむけて、CDM 実施可能性を調査した後、UNFCCC に提出することを前提とした PDD を作成することを目的とする。

本プロジェクトは、廃棄物処分場に埋立ガス回収システム（抽出井、パイプ等）、フレア燃焼施設、発電設備を建設し、現在大気に放出されている埋立ガス中のメタン（地球温暖化係数：21）を回収し、発電に利用することにより、温室効果ガスの削減を目指す。ブラジルでは水資源が豊富で、水力発電が電力供給の約 87%を占めるため、電力の $CO_2$ 排出係数が非常に低い。本プロジェクトの電力代替による排出削減量も、排出削減量全体に比べて小さいので、この排出削減量はクレジットに含めない予定である。

ムリベカ廃棄物処分場は、現在廃棄物の搬入が行われているサイト（2009 年に閉鎖予定）と、2009 年から搬入開始が予定されている新サイトの 2 箇所からなる。現在、発生する埋立ガスの回収は行われておらず、埋立ガスは大気中に放出されている。

本プロジェクトは工事着工を 2006 年とし、2007 年初めから事業を開始し、クレジット期間は 7 年を 2 回更新する 21 年間と想定しており、プロジェクト期間は 30 年を予定している。埋立ガス中のメタンの焼却による温室効果ガス予想削減量は 21 年間で 6,125,810 $tCO_2eq$ であり、年平均で 291,705 $tCO_2eq$/年になる。

本プロジェクトの初期費用額は約 20 億円であり、事業開始後は事業運営に年間約 2 億円が必要と予想している。これらの資金については、米国 Natsource 社と SCS Engineers 社が出資する予定であるほか、現在、日本企業からの資本提供を検討している。

## 2-2　プロジェクト実施サイト／ムリベカ廃棄物処分場

ムリベカ廃棄物処分場は、ブラジル、ペルナンブコ（Perunambuco）州、ジャバオタン（Jabaotão）市に位置し、1985 年に投棄埋立地として、初めて一般廃棄物の搬入が開始された。現在のムリベカ廃棄物処分場は、1994 年に再建設され、ジャバオタン市とレシフェ市から主に一般廃棄物を受け入れている。既存の用地は 2009 年に閉鎖される計画であるが、処分場を拡張するための用地が隣接した土地に確保されており、順調に進めば 2009 年に新サイトへの廃棄物搬入の受け入れが開始され、2032 年に閉鎖する予定である。

現在、搬入される廃棄物の 8 割は隣接するペルナンブコ州の州都であるレシフェ市から搬入されており、残りの 2 割はジャバオタン市から搬入されている。廃棄物の構成は、約 60%が有機系廃棄物、約 15%は紙、約 8%はプラスチック、約 2%は金属類、約 2%はガラス類、そして残りの 13%はその他である。

既存の用地の所有者は個人であり、それをジャバオタン市が賃借しているが、ムリベカ廃棄物処分場の運営はレシフェ市の行政機関である Empresa de Manutenção e Limpęza Urbana（EMLURB）が行っているなど、権利関係は必ずしも単純とは言えない。しかし、少なくとも既存の用地に埋立ガス回収システム及び発電機等を設置することを許可する権限は、後述の環境に関する許可を除けば、ジャバオタン市が有している。

既存のムリベカ廃棄物処分場は、1994 年に 9 つの約 200m 四方の用地から構成されており、これらの用地は約 30mの深さを有し、各要地の底は不浸透性の岩盤で覆われている。また各用地は、道路で隔てられている。これら 9 つを合わせた敷地面積は、約 62 ヘクタールに及ぶ。しかし、既に埋立地への廃棄物搬入量は、埋立地の容量を超え、その

後も、満杯になった埋立地の更に上部に廃棄物が山積され続けている。現在は、廃棄物が地上 70mに達するまで廃棄物の搬入を継続する予定で、2009 年頃まで廃棄物の搬入が可能と予想している。

現在、既存の埋立地の南側に隣接する用地で、ムリベカ廃棄物処分場を拡大する計画である。この新規用地の廃棄物搬入可能な敷地面積は約 23 ヘクタールであり、既存の埋立地と同様に地上 70mまで廃棄物の搬入を行う予定である。

## 2-3　ムリベカ廃棄物処分場の運営

### 2-3-1　ムリベカ廃棄物処分場の現状

既存のムリベカ廃棄物処分場は、下記の機能を有する近代的な処分場である。

１）アクセスの規制：一般者の立入りは規制されているが、廃棄物分別所などではスカベンジャーの立入りは許可されている。

なお現地調査を実施した際には、埋立地で有価物等を収集し生計を立てている、いわゆるスカベンジャーの姿を見かけることはなかった。しかし、ジャバオタン市の職員によると、通常、ムリベカ廃棄物処分場にはスカベンジャーが進入し、有価物の収集を行っているとのことである。

２）搬入される廃棄物の重量測定：ムリベカ廃棄物処分場では、搬入される廃棄物の重量を測定している。

３）出入道路の井戸の設置

４）ブルドーザーによる廃棄物圧縮

５）未使用用地の仮覆：搬入が行われていない、未使用の用地については、層の厚みが約 50cm の粘土質土で覆っている。搬入が継続している用地については、仮覆は行われていない。

６）雨水流出管理：このシステムにより雨水が廃棄物に流れ込み、浸出液となる過程を防ぐ。

７）浸出液管理：全埋立地に設置されている浸出液回収システムにより、埋立地から生じる浸出液が 2 つの浸出液処理池に流れ込む。浸出液は約毎分 300 リットルの流速で流れ込んでいるが、浸出液処理池では毎分約 90 リットルの速度で処理が行われている。雨季には浸出液処理池の全浸出液が適切に処理されているが、乾季には処理しきれない浸出液はそのまま川に放流されている。また、浸出液処理池に溜まった液体の一部は、トラック等のポンプで汲み上げ、敷地内の道路の埃管理に用いられている。

８）埋立ガス排出口：現在約 50 の埋立ガス排出口が設置されている。直径 1 メートルの所々に穴が開いたコンクリートパイプを設置し、そしてパイプの端に埋立ガス排出口が設置されている。これらの埋立ガス排出口には、埋立ガスフレア燃焼設備は設置されておらず、回収される埋立ガスの全てが、排出口から大気中に放出されている。埋立ガスは、パイプ内の圧力により、排出口に押し出されるが、これらの排出口は埋立ガス回収事業にはあまり有効でない。なぜなら、これらの排出口は埋立ガスの圧力が低い方向へ移動する為、排出口付近が高圧状態の場合、コンクリートパイプへ流入せずに、埋立地側面の土壌に漏れ出してしまうからである。本プロジェクトでは、埋立ガス回収システムを用いて、埋立ガス回収井戸に真空ポンプを設置し、この真空ポンプで埋立ガス回収井戸周辺の埋立ガスを井戸内に吸引する。

### 2-3-2　埋立ガス成分分析

SCS は、2005 年 12 月 13 日に、ムリベカ廃棄物処分場に訪れ、2 つのガス抽出管から埋立ガスをサンプリングし、本廃棄物処分場で発生する埋立ガスの成分を特定した。

埋立ガスのサンプリングには、Cell No.8 と Cell No 9.の埋立ガス抽出管を選択した。

①サンプリング 1

先ず初めに、Cell No. 8 から、抽出管に一切手を加えずに、抽出管から回収される埋立ガスを分析した。

| | $CH_4$ | $CO_2$ | $O_2$ | $N_2$ |
|---|---|---|---|---|
| Cell No.8 | 12% | 6% | 14% | 68% |

出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

$O_2$ と $N_2$ の含有率比から、このガスの中に多くの大気が含まれていることが推測された。埋立ガス中の $CH_4$（メタン）含有率についても、本来のメタン含有率よりもはるかに低い結果であった。このことからも、本サンプリングのガスには埋立ガスだけではなく、大気が多く含まれていたことがわかる。

②サンプリング 2

次に、抽出管内に大気が混入しないよう、埋立ガス抽出管の先を包み込み、一定時間置いた後、ガス成分の分析テストを実施した。

埋立ガス成分分析テスト結果を以下のとおり示す。

| | $CH_4$ | $CO_2$ | $O_2$ | $N_2$ |
|---|---|---|---|---|
| Cell No.8 | 48% | 39% | 0% | 13% |
| Cell No.9 | 52% | 42% | 1% | 5% |

出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

今回の埋立ガス成分分析結果では、埋立ガス中で窒素が含まれていた。埋立ガス中には本来窒素は含まれておらず、今回の成分分析結果に窒素が含まれていた理由としては、大気中に含まれる窒素が混入したものと考えられる。つまり、ムリベカ廃棄物処分場の埋立ガスは大気に影響されているものと推測される。また、埋立ガス中の酸素含有量が非常に少ない原因としては、廃棄物の好気性分解過程において、酸素が消費された為と考えられる。通常埋立地において廃棄物が好気性分解されることは少ないが、埋立ガス回収システムを導入している埋立地においては、好気性分解される場合がある。

埋立ガスは、埋立ガスを回収する時点で、約 50%のメタン含有率と予想される。従って、本サンプリング結果は、一般的な埋立ガス成分と類似した結果を示すものとなった。

**図 1**　ムリベカ廃棄物処分場

**図 2**　廃棄物分別所

## 2-4　埋立地への廃棄物搬入量

ムリベカ廃棄物処分場は、現在廃棄物の受け入れが行われている既存サイト（2009 年閉鎖予定）と、2009 年から廃棄物の受け入れが行われる予定である新規サイトの２ヶ所からなる。

2005 年 6 月に実施された環境影響報告書である“Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) Aterro Sanitario Domiciliar”より、新規サイトの廃棄物搬入容量は約 540 万トンで、新規サイトの搬入開始（2009 年搬入開始予定）より約 24 年間搬入可能と予想されている（2032 年搬入終了予定）。1 日の廃棄物搬入量は、約 500 トン（年間約 180,000 トン）から 800 トン（年間約 290,000 トン）と推定されている。

ムリベカ廃棄物処分場で廃棄物の受け入れを始めた 1994 年から 2032 年までの、既存サイトと新規サイトにおける、廃棄物受け入れ量の実績と予想を以下に示す。

表 7　ムリベカ廃棄物処分場の廃棄物受入実績と予想

| | 既存サイト | | 新規サイト | |
|---|---|---|---|---|
| 年 | 年間廃棄物受け入れ量（トン） | 累積廃棄物量（トン） | 年間廃棄物受け入れ量（トン） | 累積廃棄物量（トン） |
| 1994 | 767,370 | 767,370 | 0 | 0 |
| 1995 | 831,230 | 1,598,600 | 0 | 0 |
| 1996 | 939,961 | 2,538,561 | 0 | 0 |
| 1997 | 1,007,519 | 3,546,080 | 0 | 0 |
| 1998 | 928,967 | 4,475,047 | 0 | 0 |
| 1999 | 892,491 | 5,367,538 | 0 | 0 |
| 2000 | 959,626 | 6,327,164 | 0 | 0 |
| 2001 | 924,340 | 7,251,504 | 0 | 0 |
| 2002 | 1,006,297 | 8,257,801 | 0 | 0 |
| 2003 | 985,662 | 9,243,463 | 0 | 0 |
| 2004 | 1,000,000 | 10,243,463 | 0 | 0 |
| 2005 | 1,000,000 | 11,243,463 | 0 | 0 |
| 2006 | 1,000,000 | 12,243,463 | 0 | 0 |
| 2007 | 1,000,000 | 13,243,463 | 0 | 0 |
| 2008 | 1,000,000 | 14,243,463 | 0 | 0 |
| 2009 | 156,537 | 14,400,000 | 185,000 | 185,000 |
| 2010 | 0 | 14,400,000 | 185,000 | 370,000 |
| 2011 | 0 | 14,400,000 | 185,000 | 555,000 |
| 2012 | 0 | 14,400,000 | 185,000 | 740,000 |
| 2013 | 0 | 14,400,000 | 185,000 | 925,000 |
| 2014 | 0 | 14,400,000 | 185,000 | 1,110,000 |
| 2015 | 0 | 14,400,000 | 185,000 | 1,295,000 |
| 2016 | 0 | 14,400,000 | 185,000 | 1,480,000 |
| 2017 | 0 | 14,400,000 | 185,000 | 1,665,000 |
| 2018 | 0 | 14,400,000 | 220,000 | 1,885,000 |
| 2019 | 0 | 14,400,000 | 220,000 | 2,105,000 |
| 2020 | 0 | 14,400,000 | 220,000 | 2,325,000 |
| 2021 | 0 | 14,400,000 | 220,000 | 2,545,000 |
| 2022 | 0 | 14,400,000 | 220,000 | 2,765,000 |
| 2023 | 0 | 14,400,000 | 220,000 | 2,985,000 |
| 2024 | 0 | 14,400,000 | 220,000 | 3,205,000 |
| 2025 | 0 | 14,400,000 | 260,000 | 3,465,000 |
| 2026 | 0 | 14,400,000 | 260,000 | 3,725,000 |
| 2027 | 0 | 14,400,000 | 260,000 | 3,985,000 |
| 2028 | 0 | 14,400,000 | 260,000 | 4,245,000 |
| 2029 | 0 | 14,400,000 | 260,000 | 4,505,000 |
| 2030 | 0 | 14,400,000 | 295,000 | 4,800,000 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2031 | 0 | 14,400,000 | 295,000 | 5,095,000 |
| 2032 | 0 | 14,400,000 | 295,000 | 5,390,000 |

Notes:

1) 1994 年~2009 年までの、既存サイトへの廃棄物搬入量データは、EMLURB より入手
2) 1994 年~2003 年までのデータは、現場にある量りで測定された重量に基づく。
3) 2004 年から将来のデータは、2004 年のデータを基にして予想。
   - 既存サイトの残存容量は 5 百万トン（2004 年 2 月 27 日時点、EMLURB より入手）
   - 閉鎖予定時期は残存容量と将来予想廃棄物搬入量より予測
4) より保守的に予測し、将来の廃棄物搬入量は 185,000～260,000 トン/日前後と仮定。

出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

## 2-5　埋立ガス回収システム（導入予定）

SCS Engineers 社による事前調査の結果より、ムリベカ廃棄物処分場の既存サイトと新規サイトには、以下の埋立ガス回収システムを導入することを計画している。

### 2-5-1　既存サイト

既存サイトでは、用地の全体が既に廃棄物で覆われている。この地域の大部分がほぼ予定している最高位近くまで達している。

① 垂直抽出井戸（Vertical Extraction Wells）190 本

深さ 20m の垂直抽出井戸を 125 本、そして深さ 35m の垂直抽出井戸を 65 本使用することを計画している。実際の深さは、埋立地全域にわたる浸出水の水面上昇によって決定される。また、垂直抽出井が廃棄物運搬の満了に近い箇所に設置されているかどうかにも影響する。

② 浸出液抽出ポンプ（Leachate Extraction Pumps）40 個

浸出水抽出ポンプには、50 個の抽出ポンプが取り付けられる予定である。ポンプは、浸出液に抽出井に取り付けられる。埋立ガスを最大限抽出することができるように、浸出液を排水することが、このポンプの主な機能である。このポンプは、抽出井周辺の浸出液の水位を下げることにより、埋立ガス回収を増進することができる。

③ 埋立ガス回収パイプ（Landfill Gas Collection Piping）　（埋立ガス回収設備）

直径 110mm~457mm、全長 11,400m の HDPE パイプを埋立地の表面に設置する計画である。

④ 復水浸出液回輸送設備（Condensate and Leachate Collection and Conveyance）

埋立ガスが埋立ガス回収パイプ網を通り冷却される際、水分が濃縮し、そして埋立ガス回収パイプの底で濃縮水が蓄積する。この濃縮水の蓄積を最小限に抑えるように、本設備の設計を行った。濃縮水は HDPE パイプを通り浸出池に達するが、浸出液抽出ポンプにより回収される浸出液についても、同じパイプを通り浸出池に流れる。

⑤ フレア燃焼設備（Flare Station）

フレア燃焼設備は、2,200$m^3$/時の密閉フレア装置（2 機）、2,200 $m^3$/時のブロア（3 機）、流計、連続記録メタン分析機器から成る。

⑥ 発電設備

2.8 章の導入予定発電設備の記載を参照。

### 2-5-2　新規サイト

新規サイトでは、埋立ガス生成に十分な廃棄物が搬入されるまでは、埋立ガスを回収することはできない。また垂直抽出井戸は、少なくとも深さ 15m が必要である。垂直抽出井戸以外の、埋立ガス回収方法として、廃棄物運搬と平行して設置する水平抽出装置を用いた埋立ガス回収の方法がある。

水平抽出装置が少なくとも 5m 程度の廃棄物により覆われると、これらの水平抽出装置の両端から、真空圧により、埋立ガスを回収することができる。水平抽出装置により埋立ガスを回収する間、時間経過とともに、廃棄物の定着度合いや排出液の沈殿により、徐々に回収高率が低下してゆく。水平抽出装置は、埋立地が満杯になり閉鎖された後に垂直中質井戸が設置されるまで、垂直回収装置などの常設設備に代わる、暫定的な装置と考えることができる。本プロジェクトでもこの水平抽出装置を導入する予定である。

### 2-5-3　埋立ガス回収設備の初期投資額と維持管理費

SCS Engineers 社により、埋立ガス回収設備の初期投資額と維持管理費が以下のように試算された。

① 既存サイトにおける埋立ガス回収システムの初期投資額

**表 8　埋立ガス回収設備・フレア燃焼設備の初期投資額**

単位：US$

| 費用項目 | 数量 | 価格 | 投資額 |
|---|---|---|---|
| プロジェクト管理費 | 1 | $90,000 | $90,000 |
| 埋立ガス抽出井戸（35m） | 65 | $10,000 | $650,000 |
| 埋立ガス抽出井戸（20m） | 125 | $6,000 | $750,000 |
| 浸出液/濃縮ポンプ | 50 | $5,000 | $250,000 |
| 埋立ガス回収パイプ（457mm、地上） | 3,100 | $137 | $424,700 |
| 埋立ガス回収パイプ（305mm、地上） | 2,400 | $72 | $172,800 |
| 抽出井戸接続ガス側面パイプ（110mm） | 5,900 | $32 | $188,800 |
| 処理設備接続浸出液抽出ポンプ（51mm（液体と大気用）） | 3,000 | $13 | $39,000 |
| 濃縮廃液貯 | 10 | $1,950 | $19,500 |
| 10 インチ・バッテリー弁 | 13 | $2,640 | $34,320 |
| 6 インチ・バッテリー弁 | 13 | $1,760 | $22,880 |
| 道路横断 | 100 | $132 | $13,200 |
| フレア施設（2,600cfm、4,415m3/時　埋立ガス） | 2 | $208,000 | $416,000 |
| 建設労務費 | 1 | $50,000 | $50,000 |
| フレア開始費 | 1 | $16,500 | $16,500 |
| 試運転費 | 1 | $25,000 | $25,000 |
| 埋立ガス測定記録装置 | 1 | $35,000 | $35,000 |
| 技術、臨時出費、CER 取引前払費用 | 1 | $545,000 | $545,000 |
| 初期投資総額 | | | **$3,742,700** |

出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

② 新規サイトにおける埋立ガス回収システムの維持管理費

新規サイトでは、廃棄物の搬入量増加に伴い、随時水平ガス抽出井戸を追加する予定である。この水平ガス抽出井戸の増加に伴い、維持管理費も増加する。2034 年に設置する最終井戸については、閉鎖後の利用方法又は処理方法がまだ明確でないため、費用計算に含めない。

**表 9　新規サイトにおける埋立ガス回収システムの資本予算と維持管理費**

単位：U.S.$

| 年 | 資本 | 維持管理費 | コメント |
|---|---|---|---|
| 2010 | 400,000 | 40,000 | 水平ガス抽出井戸　Lift 1,2 間 |
| 2011 | | 40,000 | |
| 2012 | | 40,000 | |
| 2013 | 250,000 | 60,000 | 水平ガス抽出井戸　Lift 2,3 間 |
| 2014 | | 60,000 | |
| 2015 | | 60,000 | |
| 2016 | 250,000 | 80,000 | 水平ガス抽出井戸　Lift 3,4 間 |
| 2017 | | 80,000 | |
| 2018 | | 80,000 | |
| 2019 | 250,000 | 100,000 | 水平ガス抽出井戸　Lift 4,5 間 |
| 2020 | | 100,000 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2021 | | 100,000 | |
| 2022 | 250,000 | 120,000 | 水平ガス抽出井戸　Lift 5,6 間 |
| 2023 | | 120,000 | |
| 2024 | | 120,000 | |
| 2025 | 200,000 | 135,000 | 水平ガス抽出井戸　Lift 6,7 間 |
| 2026 | | 135,000 | |
| 2027 | 200,000 | 150,000 | 水平ガス抽出井戸　Lift 7,8 間 |
| 2028 | | 150,000 | |
| 2029 | 200,000 | 165,000 | 水平ガス抽出井戸　Lift 8,9 間 |
| 2030 | | 165,000 | |
| 2031 | 150,000 | 180,000 | 水平ガス抽出井戸　Lift 9,10 間 |
| 2032 | 150,000 | 180,000 | 水平ガス抽出井戸　Lift 10,11 間 |
| 2033 | | 180,000 | |
| 2034 | | 180,000 | 井戸（本プロジェクトには含めず） |

出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

## 2-6　予想埋立ガス回収量

現在、ムリベカ廃棄物処分場ムリベカ廃棄物処分場には埋立ガス回収システムは導入されていない。埋立ガス回収システムを導入した場合に、回収される埋立ガス量を予想する為、下記の予想埋立ガス回収量の算出モデルを用いた。

### 2-6-1　埋立ガス回収モデルと埋立ガス回収可能量

本プロジェクトの埋立ガス回収可能量の予測モデルとしては、米国環境保護庁（USEPA）の First-Order, Exponential Decay Equation に基づいて SCS Engineers 社が開発した SCS Engineers 社独自のモデル（SCS モデル）を採用した。

SCS モデルでは、廃棄物の埋立が行われて嫌気状態になった直後に埋立ガス生成がピークに達すると仮定する。埋立ガスの生成は残存廃棄物量に比例するため毎年減退する。SCS モデルでは以下の関数を用いている。このモデルにより、堆積廃棄物から特定の年に発生する埋立ガス量を算出することができる。

$$Q_M = \sum_{i=1}^{n} 2 * k * L_o * M_i * e^{-kti}$$

ここで、
$Q_M$：最大埋立ガス生成量（$m^3$/年）
$k$：メタン減退率定数（1/年）
$Lo$：最大メタン生成係数（$m^3$/Mg）
$M_i$：$i$ 年目に搬入された廃棄物量（Mg）
$t_i$：$i$ 年目までの廃棄物堆積年数（年）

上記の算出モデルに基づき、予想メタン排出削減量を以下の算定条件で算出した。
① 廃棄物搬入履歴（t/年）：毎年の廃棄物搬入量（t）
② 埋立ガス中のメタン含有率：50%
③ 最大メタン生成係数（Lo；$m^3$/Mg）：廃棄物が腐敗する時間に制限が無いと過程した場合、一定量の廃棄物より生成されると予想されるメタン総量（$m^3$/Mg）
④ メタン減退率定数（k；1/年）：埋立ガス生成が減退する率を考慮した定数で、廃棄物が腐敗する率と等しい

SCS モデルの精度は、適切に Lo 値と k 値が適切に設定されているかどうかに依るところが大きい。SCS Engineers 社の経験では、k は 10 倍以上変化する可能性があり、Lo については 2 倍ほど変化する可能性がある。

### 2-6-2　廃棄物組成とメタン腐敗率定数（ｋ値）

廃棄物の組成は、埋立ガス発生量を予想するために、非常に重要な要素である。以下、ムリベカ廃棄物処分場に搬入される廃棄物の組成を示す。これは EMLURB より入手したデータより、算出した結果である。

メタン腐敗率定数（k 値）は、廃棄物中の含水率、栄養分、pH、そして温度によって変化する。埋立ガス回収データのデータベースより、湿潤地域と乾燥地域における k 値を変動させて、ムリベカ廃棄物処分場に適用させる k 値を導いた。

国によって廃棄物の種類が異なるので、SCS Engineers 社では、複合モデルを用いて、埋立ガス回収量を予想した。複合モデルは、廃棄物を高速度腐敗率、中速度腐敗率、低速腐敗率、そして不活性、の 4 つのグループに分割する。不活性部分とは、埋立ガスを生成しない廃棄物を指す。残りの 3 つの廃棄物タイプ（高速度腐敗率、中速度腐敗率、低速腐敗率）に対して、異なる Lo と k の値を設定しながら、別々にモデルを計算し、最後にこの 4 つのグループの結果を合算する。これらの 3 つの廃棄物タイプの大きな違いは、有機物そして水分の含有量の違いに起因する。

<u>メタン減退率定数</u>

k 値はある特定の年に腐敗しメタンを生成する廃棄物の割合を示す。ある実験結果によると、残飯のような腐敗の速度が比較的速い有機性廃棄物（高速度腐敗性廃棄物）は、紙など腐敗の速度が中程度の廃棄物（中速度腐敗性廃棄物）の約 5 倍の速度、また繊維など腐敗の速度が比較的遅い廃棄物（低速度腐敗性廃棄物）の約 20 倍の速度で腐敗すると言われている。埋立地の含水率が腐敗率に大きく影響する為、高速、中速、低速の腐敗率は、同様に含水率により変動すると考えられる。しかし、埋立地の含水率変化に関わらず、腐敗率の相対速度はほぼ一定であると考えられる。

廃棄物成分の腐敗率を評価するには、米国内の埋立地における k 値と、米国とは異なる廃棄物構成である海外の埋立地における k 値を比較することにする。高速、中速、低速の腐敗性廃棄物は、含水率によって一定の k 値を設定することが可能であると仮定する。埋立地の含水率の代わりに年平均降水率を用い、高速、中速、低速の腐敗性廃棄物の k 値を設定する。

SCS Engineers 社は、米国内の異なる降水量の埋立地より収集した k 値のデフォルト値の一覧を作成した。これらの k 値は、活性ガス回収システムを用い収集された、米国内 288 箇所に及ぶ埋立地のデータベースを基にして作成された。これらのデータより、ムリベカ廃棄物処分場の廃棄データと、ムリベカ廃棄物処分場周辺と同様に降水量が約 1,800mm/年の米国内埋立地の k 値を参考に、ムリベカ独自の k 値を設定した。

まず、ムリベカ廃棄物処分場における廃棄物組成を、高速、中速、低速の腐敗性廃棄物に分類し、それに対応する 3 種類のメタン発生率係数（k）を以下のように設定した。

- 高速腐敗性廃棄物： 0.40
- 中速度腐敗性廃棄物： 0.08
- 低速度腐敗性廃棄物： 0.02
- 非腐敗性廃棄物： 0.0

また、各廃棄物の腐敗性に対して、k 値を以下の通り設定した。

**表 10　廃棄物組成と k 値**

| 廃棄物 | ムリベカでの廃棄物の組成（%） | 腐敗性 | k 値 |
|---|---|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| 残飯 | 45.0 | 高速度腐敗性 | 0.40 |
| 植物性廃棄物（高速腐敗） | 7.5 | 高速度腐敗性 | 0.40 |
| その他有機物 | 0.0 | 高速度腐敗性 | 0.40 |
| 植物性廃棄物（中速腐敗） | 7.5 | 中速度腐敗性 | 0.08 |
| 紙 | 15.0 | 中速度腐敗性 | 0.08 |
| 木材 | 0.7 | 低速度腐敗性 | 0.02 |
| ゴム、皮、繊維 | 3.0 | 低速度腐敗性 | 0.02 |
| プラスチック | 8.0 | 非腐敗性 | 0.0 |
| 金属 | 2.0 | 非腐敗性 | 0.0 |
| グラス | 2.0 | 非腐敗性 | 0.0 |
| その他非有機物 | 9.3 | 非腐敗性 | 0.0 |

出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

### 2-6-3　最大メタン生成係数（Lo）

メタン生成係数は、ある一定の期間に 1 単位質量の廃棄物が生成するメタン総量である。Lo は廃棄物中の有機物質含有量によって変化する。そこで、SCS Engineers 社は、同等な降水量を有する全米の埋立地から得た有機物と乾燥廃棄物重量を、ムリベカ廃棄物処分場のそれらと比較することで、ムリベカ廃棄物処分場の Lo 値の推定値を求めた。

理論的には Lo 値は、水分とは関係が無いが、SCS Engineers 社の行った分析結果では、乾燥した地域では Lo 値が比較的低く、湿潤な地域では Lo 値が比較的高いことが分かった。また、Lo は一定の湿潤限界以下では発生が抑制されると考えられる。

Lo 値は、米国内で年間約 1,800mm の降水量（ムリベカ廃棄物処分場ムリベカ廃棄物処分場周辺における年間降水量と同等）を有する埋立地で収集・分析した Lo 値を調整して用いた。この調整にはまず、Lo 値が主に廃棄物中の有機物含有率と水分率により変化する特性より、主に有機物含有率と乾燥廃棄物重量比率について、各サイトにおける割合を求めた。次にムリベカ廃棄物処分場の割合を米国内埋立地の割合で除して、サイト間の比率を求める。そして有機物の比率と乾燥廃棄物重量の比率を乗じて 0.85 を求めた。最後に、米国内埋立地の実測値から求めた Lo 値 93.6m3/Mg に 0.85 を乗じることにより、ムリベカ廃棄物処分場の Lo 値である 79.8m3/Mg を算出した。この Lo 値を埋立ガス回収モデルの計算に用いる。

**表 11　ムリベカ廃棄物処分場と米国内埋立地の Lo 値**

| | 米国内<br>埋立地 | ムリベカ<br>廃棄物処理場 | 比率：<br>ムリベカ/米国 |
|---|---|---|---|
| 有機物 | 68.2% | 78.7% | 1.15（=78.7% / 68.2%） |
| 乾燥廃棄物重量 | 80.3% | 59.3% | 0.74(=59.3% / 80.3%) |
| Lo 値 | 93.6$m^3$/Mg | **79.8 $m^3$/Mg**<br>**（=93.6m3/Mg*0.85）** | 0.85（=1.15*0.74） |

出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

### 2-6-4　予想埋立ガス回収量の算定

回収埋立ガス量は、SCS モデルで算出される埋立ガス回収可能量にシステム・カバレッジを乗じることで予測する。システム・カバレッジについては後述する。

① 予想埋立ガス回収可能量：埋立ガス回収システムが設置されて、これらのシステムが順調に操業された場合に、回収が可能な埋立ガス量

② 予想埋立ガス回収量：様々な要因により、実際には、埋立ガス回収システムによる回収量が減少すると予想した場合の回収量を、システム・カバレッジ（%）を予想埋立ガス回収可能量に掛けることで算出する。

③ 埋立ガス中のメタン含有量：50%（SCS Engineers 社仮定）

④ メタンの地球温暖化係数：21

### 2-6-5 埋立ガス回収システムのシステム・カバレッジ（Coverage）

埋立ガス回収システムのシステム・カバレッジは、埋立ガス回収可能量を様々な要因によって実際は回収されないと予想される割合を求めるために用い、0%から 100%までの%で表している。つまり、システム・カバレッジとして、毎年ある一定割合の割引を考慮することで、理論値よりもより実態に近い数値を算出する。

システム・カバレッジを設定するにあたっては、エンジニアの判断により様々な要因を考慮に入れているが、その主な要因は以下のような項目がある。

- 埋立地の運営状況
- 埋立ガス回収井の構造
- 埋立ガスシステムの構造
- システムの運転効率
- 損傷したパイプやガス回収井の修復作業速度
- 廃棄物用地の不完全被覆面積
- 埋立ガス抽出井の損傷による排出液の高水位
- 埋立ガス抽出井の設置作業による不連続埋立ガス回収

埋立ガス回収システムが定期的に拡大する予定がある場合や、埋立ガスシステムや埋立地に何らかの変化が予想される場合には、埋立ガスシステム・カバレッジの修正は毎年行う必要がある。廃棄物搬入が継続している箇所は、運搬作業により埋立ガスの回収が頻繁に中断されるため、低い埋立ガスシステム・カバレッジを設定している。

① 既存サイト

SCS Engineers 社では、ムリベカ廃棄物処分場における埋立ガス発生率を広範囲に予想するために、3 種類のシステム・カバレッジを検討する。

1. 低率回収シナリオ
   このシナリオでは、回収システムの運営維持に、基礎的な技術と時間を有する者が従事すると仮定。
   既存サイトに運搬が続いている間（2006 年から 2009 年）のシステム・カバレッジは約 50%とする。既存サイトが閉鎖されると、システム・カバレッジは 60%に上昇すると想定する。低率回収予測は、安全を第一優先に考える場合のみ、適用するのが適切である。

2. 中間 回収シナリオ
   このシナリオでは、回収システムの運営維持に、比較的高い技術を有する者が、十分な時間従事すると仮定。
   既存サイトに運搬が続いている間（2006 年から 2009 年）のシステム・カバレッジは約 65%とする。既存サイトが閉鎖されると、システム・カバレッジは 80%に上昇すると想定する。この回収予測は、経済的評価を重視した場合に適用され、本プロジェクトの回収シナリオとして最も適している。

3. 高率回収シナリオ

このシナリオでは、回収システムの運営維持に、最高の技術を有する者が、最大の時間従事すると仮定。
既存サイトに運搬が続いている間（2006 年から 2009 年）のシステム・カバレッジは約 85%とする。既存サイトが閉鎖されると、システム・カバレッジは 100%に上昇すると想定する。この回収予想は、埋立ガス回収量を重視した場合のみ、適用されると考えられ、実際に本プロジェクトによって達成されるのは難しいと考えられる。

したがって、本プロジェクトからの予想温室効果ガス削減量の算定には、最も本プロジェクトに適していると推測される、中間回収シナリオを採用することとし、以下のシステム・カバレッジを用いる。

2006 年から 2009 年：65%
2010 年以降：80%

② 新規サイト

新規サイトでは、2032 年まで埋立ガス回収システムの拡大作業を予定している。したがって、2032 年までは、新規サイトが完全に閉鎖されることは無く、特に回収井戸の埋設工事を行う年と次の年には、運搬作業により埋立ガスの回収が頻繁に中断されるために、回収可能な埋立ガスの割合が減少すると予想される。

新規サイトでは、以下の通り、水平ガス抽出井戸の埋設作業を行った年とその次の年は、システム・カバレッジを低く設定することとする。また、新規サイトへの廃棄物の搬入が終了する 2032 年までは、システム・カバレッジを 44%~70%の間で設定する。

**表 12　ムリベカ廃棄物処分場における新規サイトのシステム・カバレッジ設定**

| 年 | 抽出井戸埋設作業 | システム・カバレッジ |
|---|---|---|
| 2010 | 水平ガス抽出井戸　Lift 1,2 間 | 0% |
| 2011 | | 0% |
| 2012 | | 70% |
| 2013 | 水平ガス抽出井戸　Lift 2,3 間 | 54% |
| 2014 | | 44% |
| 2015 | | 70% |
| 2016 | 水平ガス抽出井戸　Lift 3,4 間 | 60% |
| 2017 | | 52% |
| 2018 | | 70% |
| 2019 | 水平ガス抽出井戸　Lift 4,5 間 | 58% |
| 2020 | | 50% |
| 2021 | | 70% |
| 2022 | 水平ガス抽出井戸　Lift 5,6 間 | 61% |
| 2023 | | 54% |
| 2024 | | 70% |
| 2025 | 水平ガス抽出井戸　Lift 6,7 間 | 62% |
| 2026 | | 70% |
| 2027 | 水平ガス抽出井戸　Lift 7,8 間 | 61% |
| 2028 | | 70% |
| 2029 | 水平ガス抽出井戸　Lift 8,9 間 | 61% |
| 2030 | | 70% |
| 2031 | 水平ガス抽出井戸　Lift 9,10 間 | 70% |
| 2032 | 水平ガス抽出井戸　Lift 10,11 間 | 61% |

出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

## 2-6-6　予想埋立ガス回収量と予想メタン排出削減量

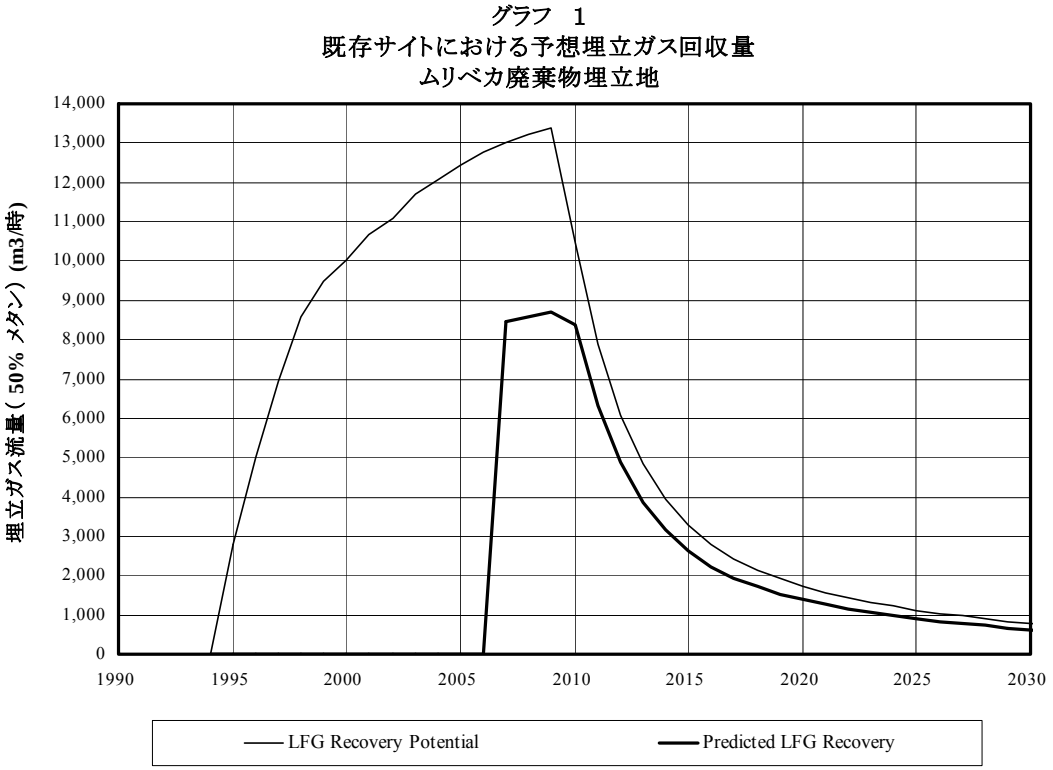
予想埋立ガス回収量は**表 13～15** のとおりである。

**表 13　ムリベカ廃棄物処分場　既存サイトの予想埋立ガス回収量**

| 年 | 廃棄物搬入量 (トン(Mg)/年) | 廃棄物堆積量 (トン) | 埋立ガス回収可能量 ($m^3$/時) | 埋立ガス回収可能量 (mmBtu/時) | 回収システムカバレッジ (%) | 予想埋立ガス回収量 ($m^3$/時) | 予想埋立ガス回収量 (mmBtu/時) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1994 | 767,370 | 767,370 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 1995 | 831,230 | 1,598,600 | 2,807 | 50 | 0% | 0 | 0 |
| 1996 | 939,961 | 2,538,561 | 5,002 | 89 | 0% | 0 | 0 |
| 1997 | 1,007,519 | 3,546,080 | 6,949 | 124 | 0% | 0 | 0 |
| 1998 | 928,967 | 4,475,047 | 8,587 | 153 | 0% | 0 | 0 |
| 1999 | 892,491 | 5,367,538 | 9,482 | 169 | 0% | 0 | 0 |
| 2000 | 959,626 | 6,327,164 | 10,020 | 179 | 0% | 0 | 0 |
| 2001 | 924,340 | 7,251,504 | 10,688 | 191 | 0% | 0 | 0 |
| 2002 | 1,006,297 | 8,257,801 | 11,071 | 198 | 0% | 0 | 0 |
| 2003 | 985,662 | 9,243,463 | 11,684 | 209 | 0% | 0 | 0 |
| 2004 | 1,000,000 | 10,243,463 | 12,080 | 216 | 0% | 0 | 0 |
| 2005 | 1,000,000 | 11,243,463 | 12,451 | 222 | 0% | 0 | 0 |
| 2006 | 1,000,000 | 12,243,463 | 12,752 | 228 | 0% | 0 | 0 |
| 2007 | 1,000,000 | 13,243,463 | 13,001 | 232 | 65% | 8,451 | 151 |
| 2008 | 1,000,000 | 14,243,463 | 13,212 | 236 | 65% | 8,588 | 153 |
| 2009 | 156,537 | 14,400,000 | 13,395 | 239 | 65% | 8,707 | 156 |
| 2010 | 0 | 14,400,000 | 10,470 | 187 | 80% | 8,376 | 150 |
| 2011 | 0 | 14,400,000 | 7,886 | 141 | 80% | 6,308 | 113 |
| 2012 | 0 | 14,400,000 | 6,090 | 109 | 80% | 4,872 | 87 |
| 2013 | 0 | 14,400,000 | 4,829 | 86 | 80% | 3,863 | 69 |
| 2014 | 0 | 14,400,000 | 3,929 | 70 | 80% | 3,143 | 56 |
| 2015 | 0 | 14,400,000 | 3,276 | 59 | 80% | 2,621 | 47 |
| 2016 | 0 | 14,400,000 | 2,793 | 50 | 80% | 2,234 | 40 |
| 2017 | 0 | 14,400,000 | 2,426 | 43 | 80% | 1,941 | 35 |
| 2018 | 0 | 14,400,000 | 2,141 | 38 | 80% | 1,713 | 31 |
| 2019 | 0 | 14,400,000 | 1,913 | 34 | 80% | 1,531 | 27 |
| 2020 | 0 | 14,400,000 | 1,727 | 31 | 80% | 1,382 | 25 |
| 2021 | 0 | 14,400,000 | 1,571 | 28 | 80% | 1,257 | 22 |
| 2022 | 0 | 14,400,000 | 1,438 | 26 | 80% | 1,150 | 21 |
| 2023 | 0 | 14,400,000 | 1,322 | 24 | 80% | 1,058 | 19 |
| 2024 | 0 | 14,400,000 | 1,220 | 22 | 80% | 976 | 17 |
| 2025 | 0 | 14,400,000 | 1,128 | 20 | 80% | 903 | 16 |
| 2026 | 0 | 14,400,000 | 1,046 | 19 | 80% | 837 | 15 |
| 2027 | 0 | 14,400,000 | 971 | 17 | 80% | 777 | 14 |
| 2028 | 0 | 14,400,000 | 903 | 16 | 80% | 722 | 13 |
| 2029 | 0 | 14,400,000 | 840 | 15 | 80% | 672 | 12 |
| 2030 | 0 | 14,400,000 | 783 | 14 | 80% | 626 | 11 |
| 2031 | 0 | 14,400,000 | 730 | 13 | 80% | 584 | 10 |
| 2032 | 0 | 14,400,000 | 682 | 12 | 80% | 545 | 10 |
| 2033 | 0 | 14,400,000 | 636 | 11 | 80% | 509 | 9 |
| 2034 | 0 | 14,400,000 | 595 | 11 | 80% | 476 | 9 |
| 2035 | 0 | 14,400,000 | 556 | 10 | 80% | 445 | 8 |
| 2036 | 0 | 14,400,000 | 521 | 9 | 80% | 417 | 7 |
| 2037 | 0 | 14,400,000 | 488 | 9 | 80% | 390 | 7 |
| 2038 | 0 | 14,400,000 | 457 | 8 | 80% | 366 | 7 |
| 2039 | 0 | 14,400,000 | 429 | 8 | 80% | 343 | 6 |
| 2040 | 0 | 14,400,000 | 402 | 7 | 80% | 322 | 6 |

出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

グラフ 1：ムリベカ廃棄物処分場　既存サイト　予想埋立ガス回収量の変化



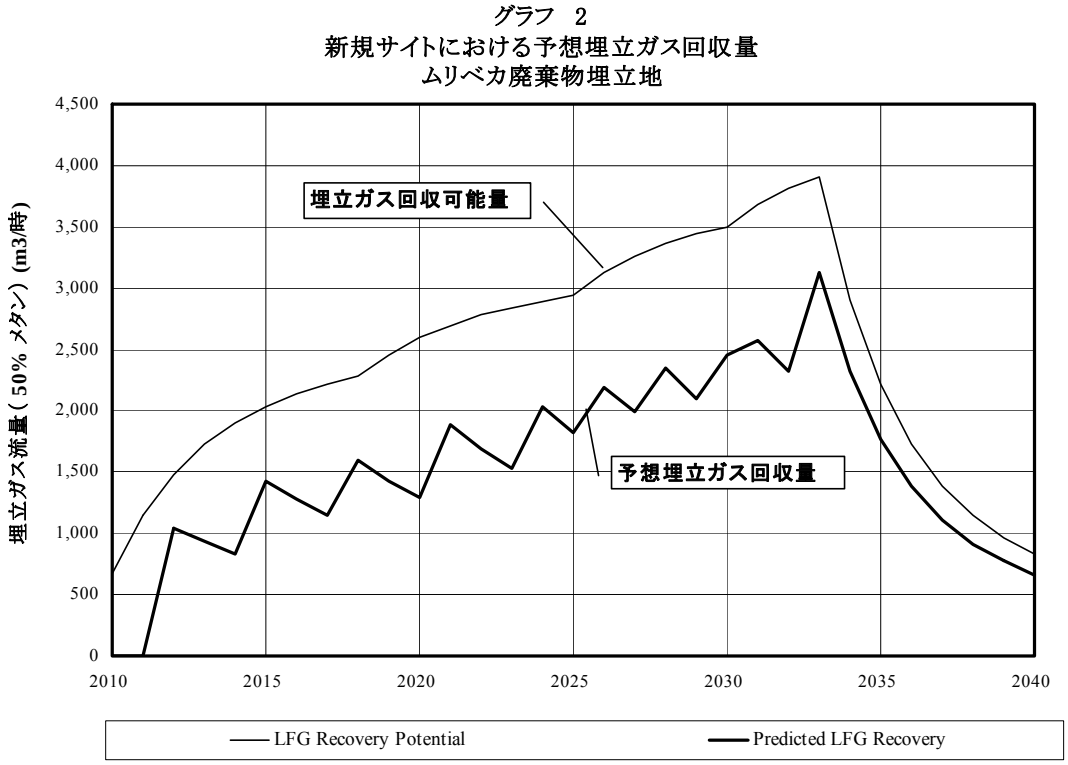

出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

表 **14**　ムリベカ廃棄物処分場　新規サイトの予想埋立ガス回収量

| 年 | 廃棄物搬入量 (トン(Mg)/年) | 廃棄物堆積量 (トン) | 埋立ガス回収可能量 ($m^3$/時) | 埋立ガス回収可能量 (mmBtu/時) | 回収システムカバレッジ (%) | 予想埋立ガス回収量 ($m^3$/時) | 予想埋立ガス回収量 (mmBtu/時) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1994 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 1995 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 1996 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 1997 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 1998 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 1999 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 2001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 2002 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 2003 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 2004 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 2005 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 2006 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 2007 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 2008 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 2009 | 185,000 | 185,000 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 2010 | 185,000 | 370,000 | 677 | 12 | 0% | 0 | 0 |
| 2011 | 185,000 | 555,000 | 1,149 | 21 | 0% | 0 | 0 |
| 2012 | 185,000 | 740,000 | 1,484 | 27 | 70% | 1,039 | 19 |
| 2013 | 185,000 | 925,000 | 1,724 | 31 | 54% | 931 | 17 |
| 2014 | 185,000 | 1,110,000 | 1,900 | 34 | 44% | 836 | 15 |
| 2015 | 185,000 | 1,295,000 | 2,032 | 36 | 70% | 1,423 | 25 |
| 2016 | 185,000 | 1,480,000 | 2,134 | 38 | 60% | 1,280 | 23 |
| 2017 | 185,000 | 1,665,000 | 2,214 | 40 | 52% | 1,151 | 21 |
| 2018 | 220,000 | 1,885,000 | 2,279 | 41 | 70% | 1,595 | 29 |
| 2019 | 220,000 | 2,105,000 | 2,460 | 44 | 58% | 1,427 | 25 |
| 2020 | 220,000 | 2,325,000 | 2,595 | 46 | 50% | 1,298 | 23 |
| 2021 | 220,000 | 2,545,000 | 2,698 | 48 | 70% | 1,889 | 34 |
| 2022 | 220,000 | 2,765,000 | 2,778 | 50 | 61% | 1,695 | 30 |
| 2023 | 220,000 | 2,985,000 | 2,842 | 51 | 54% | 1,535 | 27 |
| 2024 | 220,000 | 3,205,000 | 2,895 | 52 | 70% | 2,026 | 36 |
| 2025 | 260,000 | 3,465,000 | 2,939 | 53 | 62% | 1,822 | 33 |
| 2026 | 260,000 | 3,725,000 | 3,124 | 56 | 70% | 2,187 | 39 |
| 2027 | 260,000 | 3,985,000 | 3,259 | 58 | 61% | 1,988 | 36 |
| 2028 | 260,000 | 4,245,000 | 3,361 | 60 | 70% | 2,353 | 42 |
| 2029 | 260,000 | 4,505,000 | 3,440 | 61 | 61% | 2,098 | 37 |
| 2030 | 295,000 | 4,800,000 | 3,502 | 63 | 70% | 2,451 | 44 |
| 2031 | 295,000 | 5,095,000 | 3,681 | 66 | 70% | 2,577 | 46 |
| 2032 | 295,000 | 5,390,000 | 3,812 | 68 | 61% | 2,325 | 42 |
| 2033 | 0 | 5,390,000 | 3,911 | 70 | 80% | 3,129 | 56 |
| 2034 | 0 | 5,390,000 | 2,909 | 52 | 80% | 2,327 | 42 |
| 2035 | 0 | 5,390,000 | 2,216 | 40 | 80% | 1,773 | 32 |
| 2036 | 0 | 5,390,000 | 1,732 | 31 | 80% | 1,386 | 25 |
| 2037 | 0 | 5,390,000 | 1,390 | 25 | 80% | 1,112 | 20 |
| 2038 | 0 | 5,390,000 | 1,145 | 20 | 80% | 916 | 16 |
| 2039 | 0 | 5,390,000 | 965 | 17 | 80% | 772 | 14 |
| 2040 | 0 | 5,390,000 | 831 | 15 | 80% | 664 | 12 |

出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

グラフ 2：ムリベカ廃棄物処分場　新規サイト　予想埋立ガス回収量の変化



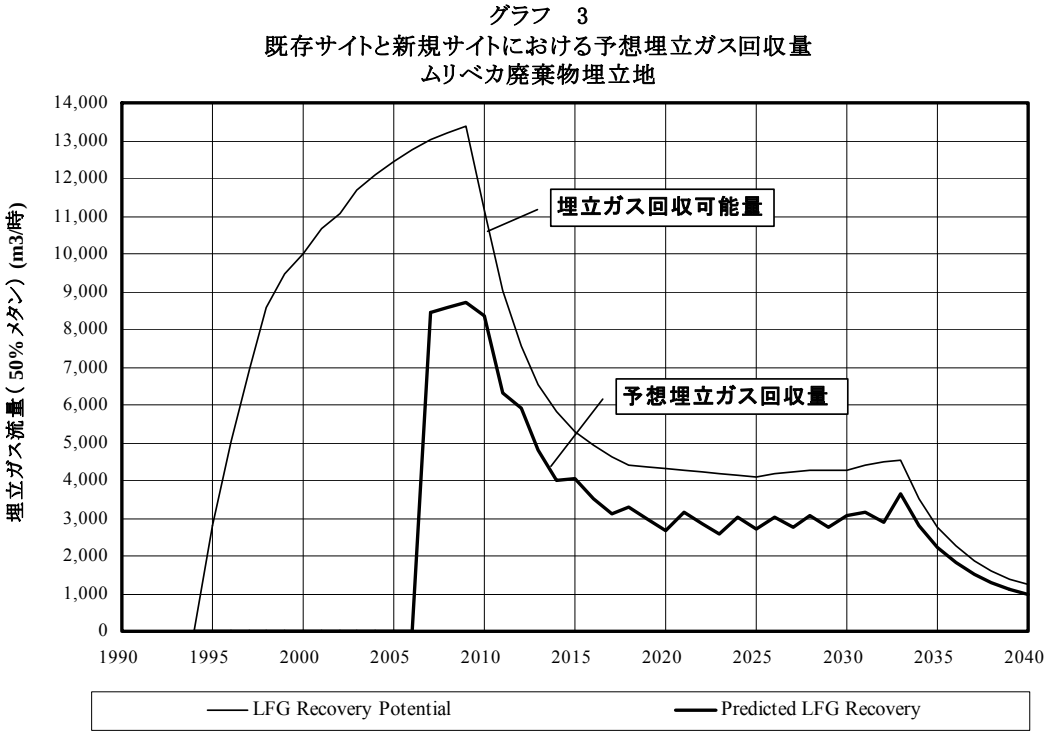

出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

表 15　ムリベカ廃棄物処理場　既存サイトと新規サイトの予想埋立ガス回収量

| 年 | 廃棄物搬入量 (トン(Mg)/年) | 廃棄物堆積量 (トン) | 埋立ガス回収可能量 ($m^3$/時) | 埋立ガス回収可能量 (mmBtu/時) | 回収システムカバレッジ (%) | 予想埋立ガス回収量 ($m^3$/時) | 予想埋立ガス回収量 (mmBtu/時) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1994 | 767,370 | 767,370 | 0 | 0 | 0% | 0 | 0 |
| 1995 | 831,230 | 1,598,600 | 2,807 | 50 | 0% | 0 | 0 |
| 1996 | 939,961 | 2,538,561 | 5,002 | 89 | 0% | 0 | 0 |
| 1997 | 1,007,519 | 3,546,080 | 6,949 | 124 | 0% | 0 | 0 |
| 1998 | 928,967 | 4,475,047 | 8,587 | 153 | 0% | 0 | 0 |
| 1999 | 892,491 | 5,367,538 | 9,482 | 169 | 0% | 0 | 0 |
| 2000 | 959,626 | 6,327,164 | 10,020 | 179 | 0% | 0 | 0 |
| 2001 | 924,340 | 7,251,504 | 10,688 | 191 | 0% | 0 | 0 |
| 2002 | 1,006,297 | 8,257,801 | 11,071 | 198 | 0% | 0 | 0 |
| 2003 | 985,662 | 9,243,463 | 11,684 | 209 | 0% | 0 | 0 |
| 2004 | 1,000,000 | 10,243,463 | 12,080 | 216 | 0% | 0 | 0 |
| 2005 | 1,000,000 | 11,243,463 | 12,451 | 222 | 0% | 0 | 0 |
| 2006 | 1,000,000 | 12,243,463 | 12,752 | 228 | 0% | 0 | 0 |
| 2007 | 1,000,000 | 13,243,463 | 13,001 | 232 | 65% | 8,451 | 151 |
| 2008 | 1,000,000 | 14,243,463 | 13,212 | 236 | 65% | 8,588 | 153 |
| 2009 | 341,537 | 14,585,000 | 13,395 | 239 | 65% | 8,707 | 156 |
| 2010 | 185,000 | 14,770,000 | 11,147 | 199 | 75% | 8,376 | 150 |
| 2011 | 185,000 | 14,955,000 | 9,035 | 161 | 70% | 6,308 | 113 |
| 2012 | 185,000 | 15,140,000 | 7,574 | 135 | 78% | 5,911 | 106 |
| 2013 | 185,000 | 15,325,000 | 6,553 | 117 | 73% | 4,794 | 86 |
| 2014 | 185,000 | 15,510,000 | 5,829 | 104 | 68% | 3,979 | 71 |
| 2015 | 185,000 | 15,695,000 | 5,309 | 95 | 76% | 4,044 | 72 |
| 2016 | 185,000 | 15,880,000 | 4,927 | 88 | 71% | 3,514 | 63 |
| 2017 | 185,000 | 16,065,000 | 4,640 | 83 | 67% | 3,092 | 55 |
| 2018 | 220,000 | 16,285,000 | 4,419 | 79 | 75% | 3,308 | 59 |
| 2019 | 220,000 | 16,505,000 | 4,374 | 78 | 68% | 2,958 | 53 |
| 2020 | 220,000 | 16,725,000 | 4,323 | 77 | 62% | 2,679 | 48 |
| 2021 | 220,000 | 16,945,000 | 4,269 | 76 | 74% | 3,146 | 56 |
| 2022 | 220,000 | 17,165,000 | 4,216 | 75 | 67% | 2,845 | 51 |
| 2023 | 220,000 | 17,385,000 | 4,164 | 74 | 62% | 2,593 | 46 |
| 2024 | 220,000 | 17,605,000 | 4,115 | 74 | 73% | 3,002 | 54 |
| 2025 | 260,000 | 17,865,000 | 4,068 | 73 | 67% | 2,725 | 49 |
| 2026 | 260,000 | 18,125,000 | 4,170 | 75 | 73% | 3,023 | 54 |
| 2027 | 260,000 | 18,385,000 | 4,231 | 76 | 65% | 2,765 | 49 |
| 2028 | 260,000 | 18,645,000 | 4,264 | 76 | 72% | 3,075 | 55 |
| 2029 | 260,000 | 18,905,000 | 4,280 | 76 | 65% | 2,771 | 50 |
| 2030 | 295,000 | 19,200,000 | 4,285 | 77 | 72% | 3,078 | 55 |
| 2031 | 295,000 | 19,495,000 | 4,411 | 79 | 72% | 3,161 | 56 |
| 2032 | 295,000 | 19,790,000 | 4,494 | 80 | 64% | 2,871 | 51 |
| 2033 | 0 | 19,790,000 | 4,548 | 81 | 80% | 3,638 | 65 |
| 2034 | 0 | 19,790,000 | 3,504 | 63 | 80% | 2,803 | 50 |
| 2035 | 0 | 19,790,000 | 2,772 | 50 | 80% | 2,218 | 40 |
| 2036 | 0 | 19,790,000 | 2,253 | 40 | 80% | 1,802 | 32 |
| 2037 | 0 | 19,790,000 | 1,878 | 34 | 80% | 1,502 | 27 |
| 2038 | 0 | 19,790,000 | 1,602 | 29 | 80% | 1,282 | 23 |
| 2039 | 0 | 19,790,000 | 1,394 | 25 | 80% | 1,115 | 20 |
| 2040 | 0 | 19,790,000 | 1,233 | 22 | 80% | 986 | 18 |

出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

グラフ 3：ムリベカ廃棄物処分場　既存サイトと新規サイトの予想埋立ガス回収量の変化




出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

## 2-7　プロジェクト内容の検討

本プロジェクトでは、まず現地にて実施可能性調査を実施した。この実施可能性調査では、以下の 3 つのシナリオについて、技術的かつ財務的側面から、現実的かつ信憑性のあるシナリオを検討した。

(1)　埋立ガス回収・フレア燃焼プロジェクト
(2)　埋立ガス回収・ガス輸送プロジェクト
(3)　埋立ガス回収・発電プロジェクト

(1)　埋立ガス回収・フレア燃焼プロジェクト

本代替案では、埋立ガス回収システムで回収した埋立ガスを、フレア燃焼設備によってフレア燃焼することにより、埋立ガス中のメタンを破壊・燃焼することができる。

現在、ブラジルでは埋立ガスの一部又は全ての回収を義務づける法規制は存在しない。唯一の規制としては、埋立ガスの自然発火による火災を防止する目的で、埋立ガスの排気が義務付けられており、ムリベカ廃棄物処分場でも排気管及び排気口が設置されており、埋立ガスの一部は排気管を通り、排気口から大気へ放出されている。したがって、現行の埋立ガスの排気で十分法規制に対応している。

埋立地のオペレーターにとって、CER 収入無しで、埋立ガス回収・フレア燃焼設備を導入することは、コストがかかるだけで、収益が全く無い。したがって、CDM 事業が無い場合、本代替案を実施する可能性は非常に小さいと考えられる。

一方、本代替案を CDM 化し CER 収益を見込んだ場合は、財務分析の結果（**表 20**）より、40%以上の IRR を期待することができることが分かった（$6/t$CO_2$ の CER 価格を想定）。後述するように、この内部収益率は、埋立ガス回収・ガス輸送プロジェクトや埋立ガス回収・発電プロジェクトの内部収益率よりも高く、経済性や利益率を最優先とする場合は、埋立ガス回収・燃焼プロジェクトが最も魅力的であることが分かる。

しかしながら、現地調査を実施した際、現地の住民、市役所、州政府と面会した際、本プロジェクトの経済性よりも、本プロジェクトによる収益がどのように地元に還元されるか、また持続的発展に貢献できるのか、という観点が最大の関心事であった。市役所や州政府から、プロジェクト実施の最終許可を受ける為には、プロジェクト自体の経済性よりも、むしろ現地への技術転換の可能性、雇用の創出、周辺環境の向上などが重要なポイントとなる。

さらに、現地調査で市役所や州政府から得た情報では、他の現地企業や海外からの企業や団体が、ムリベカ廃棄物処分場における CDM プロジェクトを提案しているとの有力情報を得た。その一例として、現地調査中、ある現地開発業者が、埋立ガス回収・発電 CDM 事業を含む開発計画に関する公聴会を開催していた。この業者は事前に提案内容を地元住民に一切相談していなかったことで、この公聴会の評判は悪く、この業者がこのサイトの開発権及びガス使用権を得る可能性は非常に低いと考えられる。しかし、この公聴会では、現地住民は周辺地域における開発に対しとても敏感で、特に住民にとって有益なものかどうかの判断が厳しいことが感じ取られた。またペルナンブコ州政府を訪れた際も、北欧、カナダ、イタリア、日本などの民間企業や政府調査団体からの、ムリベカ廃棄物処分場に関する問い合わせが多いとのことである。

もし我々が埋立ガス回収・燃焼のみのプロジェクト活動を提案すれば、クレジット収益以外の魅力が無いという理由から、市役所や州政府からの同意や支援が受けられない可能性もある。実際、現地調査において、ブラジル政府、州政府、市役所で埋立ガス回収・発電事業や埋立ガス回収・ガス輸送事業の計画を説明した際、非常に高い関心を得ることができた。

さらに以下に示すCDMプロジェクトの要件がある。

- 付属書I国の京都議定書目標達成を支援するものであると同時に、付属書I国の持続可能な開発を支援するものであること。
- プロジェクトが持続可能な発展に貢献するかどうかはホスト国が国情に応じて判断する。

この要件を考慮すると、埋立ガス回収・フレア事業よりも、埋立ガス回収・発電事業又は埋立ガス回収・ガス輸送事業のほうが、より現地の持続可能な開発を支援するものであり、CDMプロジェクトとして適切であると解釈することができる。

したがって、埋立ガス・燃焼プロジェクトを本プロジェクトシナリオとはしないこととする。

(2)　埋立ガス回収・ガス輸送プロジェクト

現地の天然ガス事情

ブラジル国内の天然ガス生産と輸送は、ブラジル連邦政府が所有するPetrobras社の責任において行われている。ブラジル国内の天然ガスの供給は、国有会社によって運営されている。ペルナンブコ州では、Copergás社が天然ガス供給を一手に引き受けている。

Petrobras社は、MossoróとPilarにある天然ガス油田から、Nordestãoと呼ばれる輸送ラインにより、ペルナンブコ州に天然ガスを輸送している。輸送ラインは全長600kmを超え、Copergás社はペルナンブコ州内の約250kmの天然ガス供給パイプラインを運営管理している。

Copergás社は現在約1,700,000 $m^3$/日の天然ガスを発電施設（Termo Pernambuco）、そして800,000 $m^3$/日を非発電施設に供給している。これにより、Copergás社は天然ガス販売において市場を独占しており、専売価格で販売している。これは“バーナー口（burner-tip）”価格と呼ばれ、天然ガス生産者への支払い、Petrobras社の輸送費、そしてCopergás社供給費を含む。

Copergás社は、天然ガスがPetrobras社から自社流通システムに入る時点で、天然ガスを購入する。Copergás社がPetrobras社に支払う価格は、“city-gate”価格と呼ばれ、生産者コストと輸送コストを含んでいる。Copergás社は現在約R$ 0.35/$m^3$（US$5.40/mmBtu）で天然ガスを購入している。Copergás社の販売価格は、Agência Reguladora Pernambuco (ARPE)により決定され、**表16**にその価格を示す。この価格はPetrobras社の価格、Copergás社の天然ガス流通システムの運営管理費が含まれる。Termo Pernambuco社に対しては、大口購入用の割引購入価格が適用されている（**表17**）。

しかしながら、ブラジルではこれまで、パイプラインを用いて埋立ガスを輸送し販売した例は無い。

**表16　小規模天然ガス供給者向け買取価格**

| 消費量 | 価格 | |
|---|---|---|
| **$m^3$/月** | **R$/mmBtu** | **$/mmBtu** |
| 0-30 | 61.97 | 27.10 |
| 31-150 | 38.73 | 16.94 |
| 151-3,000 | 32.92 | 14.40 |
| 3,001-9,000 | 27.11 | 11.86 |
| Over 9,000 | 25.18 | 11.01 |

出典：SCS Engineering社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

表 17　大規模天然ガス供給者向け買取価格

| 消費量 | 価格 | |
|---|---|---|
| $m^3$/日 | R$/mmBtu | $/mmBtu |
| 0-1,000 | 18.84 | 8.24 |
| 1,001-5,000 | 18.47 | 8.08 |
| 5,001-10,000 | 18.27 | 7.99 |
| 10,001-25,000 | 18.00 | 7.87 |
| 25,001-50,000 | 17.71 | 7.75 |
| 50,001-100,000 | 17.32 | 7.58 |
| 100,001-125,000 | 16.96 | 7.42 |
| Over 125,000 | 16.36 | 7.16 |

出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

埋立ガス回収・ガス輸送プロジェクト

埋立ガスをガス輸送して販売する方法としては、中カロリーガス販売とパイプラインによる販売の 2 つの方法が考えられる。

①　中カロリーガス（Medium-Btu Gas）販売の可能性

埋立地から回収される埋立ガスは、メタン濃度等の調整後、中カロリーガス（Medium-Btu Gas）として、直接消費者に販売することができる。しかし、ムリベカ廃棄物処分場から 10km 以内には、天然ガスの大口消費者となる企業や工場は存在せず、中カロリーガスの消費者への直接販売の可能性は小さい。この物理的制限以外にも、規制に関連する制約の可能性が考えられる。Copergás 社は、ペルナンブコ州における天然ガス供給の独占販売権を有する。埋立ガスを中カロリーガスとして販売する際、この埋立ガスが**表 18** の ANP の天然ガス規定に適合しない場合、Copergás 社がフランチャイズの侵害と主張する可能性もある。

②　パイプラインによるガス販売の可能性

ムリベカ廃棄物処分場で回収されるメタンは、Copergás 社に販売できる可能性がある。ムリベカ廃棄物処分場は、Copergás 社が所有する、主要天然ガスパイプラインから約 6km の場所に位置している。このパイプラインは、レシフェ市に天然ガスを供給しており、19.7atm の圧力で運営されている。

2005 年 11 月に行われた現地調査で Copergás 社の担当者と会談した際、ガス成分が ANP 基準（**表 18** ）を満たす条件で、Copergás 社は埋立ガス購入に興味を示した。しかし、ガス販売契約を結ぶ際は、常に一定以上のガス量の供給を約束することが必要であるとのことである。またガス販売契約の単価を約$5.00/mmBtu と仮定し、財務分析を行った結果を、CDM プロジェクトとして行った場合（**表 21**）と CDM プロジェクト無しで行った場合（**表 22**）で示す。

表 18　天然ガスの成分規定　買取条件

| 特性 | 単位 | 制限 |
|---|---|---|
| 高位発熱量 | kJ/$m^3$ | 35,000 ~ 42,000 |
| | kcal/$m^3$ | 8,365 ~ 10,038 |
| | Btu/$ft^3$ | 940 ~ 1,128 |
| Wobbe Index | | 46,500 ~ 52,500 |
| メタン (下限) | % vol. | 86 |
| エタン (上限) | % vol. | 10 |
| プロパン (上限) | % vol. | 3 |
| ブタン と その他 6 化合物 | % vol. | 1.5 |
| 酸素 (上限) | % vol. | 0.5 |
| 窒素と酸素 (上限) | % vol. | 5 |

| | | |
|---|---|---|
| 窒素 (上限) | % vol. | 2 |
| 硫黄　(上限) | $mg/m^3$ | 70 |
| 硫化水素 (上限) | $mg/m^3$ | 15 |
| 1 気圧下の露点 (上限) | ºC | -39 |

出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

パイプラインによるガス販売の可能性については、基本的には、技術的にも経済的にも実施可能に見受けられる。しかし、特にムリベカ廃棄物処分場は、気温が高い場所にあり、埋立ガスの発生量が早い段階でピークを迎え、その後急速に減少していく特色がある。さらに、季節や搬入される廃棄物によっても埋立ガスの発生量が変動する。また、ガス販売を行う為には、ガス成分を ANP 基準以上に保たなければならない。これらの埋立ガスの特性や販売契約基準を考慮すると、ガス会社との契約に基づいて、常に一定以上の埋立ガスを一定以上の質で供給することは難しいと考えられ、大きな不確定要素である。また、ブラジルでは、廃棄物処分場で発生する埋立ガスを精製し、メタンをパイプラインで運ぶという事業の前例が無く、技術面でもメタン発電事業に比べるとリスクが大きいと判断できる。

したがって、埋立ガス回収・ガスパイプライン輸送プロジェクトの代替案は、実施可能性が低いと考えられる。

（3）　埋立ガス回収・発電プロジェクト

<u>ブラジルにおける発電産業の構造</u>

ブラジル国内の系統電源は、4 つの地理的地域に分けられる（南部、北東部、北部、南東部/西部）。これらの地域は高圧送電線で相互に接続している（SIN: National Interconnected System）。ムリベカ廃棄物処分場は、北東部に位置している。

SIN の容量は 2004 年度には 82,000MW であった。この容量の約 82%は水力発電、約 15%は石油由来燃料、そして約 2.5%は原子力で発電された。ブラジルでは水力発電が盛んで、比較的安い電力供給を可能にしている。しかし、ブラジルでも石油由来のエネルギー源の割合は年々増加しており、石油由来の電力生産の限界費用が重要になりつつある。

国営電力システムオペレーター（ONS）は、SIN の電力供給の運営、管理、監督等を行う。ONS を使用する生産者は国の規制当局である Agência Nacional de Energia Elétrica（ANEEL）が承認する。

小売レベルでの電力販売は主に 2 つの方法がある。現地配電会社の寡占価格での販売、または二者間契約（bilateral）に基づく価格である。ムリベカ廃棄物処分場における現地配電会社は、Companá Electríca Pernambuco (CELPE)と呼ばれ、スペインの Iberdrola 社 が所有している。

寡占価格では、小売客が、生産、送電、そして配電チャージをカバーする単一価格を配電会社に支払う。

小売客が“自由契約の顧客”であれば、二者間契約を生産者と小売客の間で結ぶことが可能である。自由契約顧客は、3MW 以上を購入負担する必要がある。生産者と自由契約顧客の間では、多くの契約において価格、条件、期間等を、交渉を通じて決定される。配電会社は、生産者から自由契約顧客へ電力を送電するために、チャージを徴収し、“電力託送料金”と呼ばれる、公表された関税下で、固定価格で徴収される。

配電会社は最初に長期契約により電力を購入し、この購入価格は、ANEEL や現地配電会社により運営されている電力オークションにより決定される。

分散型発電プロジェクト（小規模水力発電、再生可能エネルギー、コージェネレーションなどの事業）より生産されたエネルギーは、それらの発電施設が系統電源沿いに位置する場合は、配電会社により直接購入される。ANEEL はこれらの送電における条件や規制を設定する。配電会社は、これらの電力を入札を通じて調達することもできる。

また、連邦政府は、Program for the Incentive of Alternative Sources (PROFIN)と呼ばれる促進プログラムを通じて、再生可能エネルギー事業の開発を促進している。PROFIN は、経済的に適正な事業であれば、事業に対する支援を行う。

上記に加えて、スポット市場で電力を販売することも可能で、電力卸売市場（MAE: Wholesale Energy Market）と呼ばれている。

電力価格

**表 19** に、2003 年から 2005 年の北東部における、平均的な月間スポット市場価格を示す。スポット市場は沈滞気味であり、ムリベカ廃棄物処分場プロジェクトの電力販売について、このスポット市場を参考にすることは難しい。

全ての可能性について検討した結果、電力を市場販売する NC Energia 社に、電力を販売することが最も可能性が高い。NC Energia 社の電力は、CELPE 社により配電されており、両社の親会社は同じ会社、O Grupo Neoenergia 社でり、Iberdrola 社の子会社である。NC Energia 社は、ムリベカ廃棄物処分場で発電される電力を購入することに強い興味を示している。

分散型電力生産者及び再生可能エネルギー供給者として、ムリベカ廃棄物処分場プロジェクトについて、NC Energia 社と交渉することは可能である。交渉の結果として近年のブラジルの競売市場価格が適用されると想定することは、合理的かつ保守的であると思われる。競売市場価格は、長期的に、R$ 116/MWh あるいは US$ 50.4/MWh 前後に安定すると予想される。

しかし、PROFIN を通じたバイオガスプロジェクトでは、最大 R$ 169/MWh（US$ 73.5/MWh）まで見込むことが可能であり、最低価格として R$ 83.58（US$ 36.4/MWh）が保証されている。しかし、PROFIN は、必要な場合のみ事業に対する支援が行われる。およそ$50/MWh 前後と仮定することが妥当であろう。

電力販売契約の条件は埋立ガスの回収可能期間により変わりうる。電力生産者は年間発電量などの物理的保証をする必要がある。また、この契約は ANEEL により承認されなければならない。

契約外のエネルギーについては、スポット市場価格または MAE 価格で、MAE において売電することができる。

配線要求事項

本代替案では、CELPE に接続する必要があると考えられる。CELPE は 15MW で想定するパワー出力に基づき事前の配線調査を行い、その結果、CELPE の Ibura 変電所の配線ポイントが適切であることが分かった。Ibura 変電所は、ムリベカ廃棄物処分場からおよそ 5km 離れた所に位置し、配線電圧は 69kV になると予想される。

発電所の出力は 69kV に達し、5km の専用配線により配電される。配線ポイントの確認は、CELPE が実施した最新の配線調査に基づいて決定する。さらに配線用設備についても、配線調査の結果を基にして決定することができる。これらの設備は以下のものを含む。

- 電流遮断機（真空タイプ）
- ステップアップ変圧器（4,160 V~4,169 V）
- 保護用継電器（電圧と周波数）
- 計測器

これらの機器は、発電施設に設置される。

**表 19　ブラジル東部における電力買取価格（スポット）＞**

| 月 | R$/MWh | $/MWh |
|---|---|---|
| 09/2005 | 18.40 | 8.05 |
| 08/2005 | 18.50 | 8.09 |
| 07/2005 | 18.33 | 8.02 |
| 06/2005 | 18.33 | 8.02 |
| 05/2005 | 18.33 | 8.02 |
| 04/2005 | 18.33 | 8.02 |
| 03/2005 | 18.33 | 8.02 |
| 02/2005 | 18.33 | 8.02 |
| 01/2005 | 18.33 | 8.02 |
| 12/2004 | 18.59 | 8.13 |
| 11/2004 | 18.59 | 8.13 |
| 10/2004 | 18.59 | 8.13 |
| 09/2004 | 18.59 | 8.13 |
| 08/2004 | 18.59 | 8.13 |
| 07/2004 | 18.59 | 8.13 |
| 06/2004 | 18.59 | 8.13 |
| 05/2004 | 18.59 | 8.13 |
| 04/2004 | 18.59 | 8.13 |
| 03/2004 | 18.59 | 8.13 |
| 02/2004 | 18.59 | 8.13 |
| 01/2004 | 29.41 | 12.87 |
| 12/2003 | 49.41 | 21.61 |
| 11/2003 | 24.70 | 10.80 |
| 10/2003 | 19.88 | 8.70 |
| 09/2003 | 15.44 | 6.75 |
| 08/2003 | 13.37 | 5.85 |
| 07/2003 | 9.87 | 4.32 |
| 06/2003 | 10.53 | 4.61 |
| 05/2003 | 6.34 | 2.77 |

出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfill

また、現地調査を実施した際に CELPE 社の担当者に本代替案の実施可能性について質問したところ、可能性は十分にあるというコメントを得た。しかし、ブラジル国内では、電力の買入単価が低いため、CDM 化による CER 収益が無い場合は、**表 24** に示されているとおり IRR がマイナス 1.3%と非常に低い。一方、CDM 事業として、CER 収益を考慮した場合は、**表 23** に示されるとおり IRR が 20.8%まで向上し、財務的にも実施可能性が高まる（$6/t$CO_2$ の CER 価格を想定）。

### 2-7-1　埋立ガス回収・発電プロジェクトの選択

埋立ガス回収・フレア燃焼プロジェクト、埋立ガス回収・発電プロジェクトおよび埋立ガス回収・ガス輸送プロジェクトの全てが技術的に実現可能であることが分かった。しかし、前述のように、財務的条件のほかに、技術的な確実性、地域社会の期待、契約条件による制約をはじめとする様々な要因を考慮した結果、ムリベカ廃棄物処分場にお

けるプロジェクトとしては、埋立ガス回収・発電プロジェクトを CDM 事業として実施することが現時点では最善であると考えている。したがって、埋立ガス・発電プロジェクトをプロジェクトシナリオとして進めることとする。

また、本プロジェクトでは、発電プロジェクトによる電力代替分のクレジットを含めないこととする。これは、ブラジルでは、水力発電が電力ミックスの 80%以上を占めることから、系統電源から供給される電力の CO2 排出係数が非常に低いものと予想されるためである。また、電力代替分のクレジットを含めない場合、排出削減量の算定がより簡便になり、本プロジェクトの承認などがより早期に実現する可能性が高くなる。したがって、本プロジェクトでは埋立ガスの回収、フレア、発電設備における燃焼により、破壊されるメタン量のみを考慮するものとする。

## 2-8　埋立ガス回収・発電プロジェクト内容の決定

電力発電

埋立ガスから発電に最も一般的に用いられる技術として、ピストン・エンジンが挙げられる。最も一般的なエンジンは、Caterpillar 社の Model 3516（0.83 MW）、Model 3520（1.60 MW）、Model 3616（3.05 MW）、そして、GE Jenbacher 社の Model JGS 320（0.98 MW）、Model JGS 420（1.420 MW）である。Waukesha 社、 Deutz 社そして Cummins 社も市場に参入しているがシェアは低い。

次に一般的な発電技術として、コンバッション・タービンがある。Solar Turbin 社が市場を席巻しており、Saturn（1.2 MW）、Centaur 40（3.5 MW）、Taurus 60（5.7 MW）のような製品を販売している。

以下、ピストン・エンジンとコンバッション・タービンについて、比較を行った。

（1）ピストン・エンジン

a.　埋立ガスのガス質

ピストン・エンジン・プロジェクトで使用するパラメーターと特性は以下の通りである。

1) 最低限の埋立ガス中メタン含有率

エンジンのメーカーやモデルにも拠るが、発電のために必要とされる最低限の埋立ガス中のメタン含有率は 40%から 45%である。このパラメーターは埋立ガス回収システムの構造及び運営によって調整可能であるが、通常、未調整の埋立ガス中のメタン含有率は 55%から 57%である。埋立ガス抽出井の中のカバーを通し換気されて濃度が薄まったり、またはパイプから漏れ出すようなことがあれば、メタン含有率は低下する。

2) メタンと二酸化炭素の割合：50%.

3) 圧力：エンジンのメーカーやモデルによって、2.5 psig から 40 psig の間で変動する。

4) 温度：エンジンのメーカーは、一般的に最高 100ºF から 120ºF の温度を設定する。ガス温度は加圧と伴い上昇し、埋立ガスを気圧調節で、140ºF を超えることがある。熱交換器（フィン・ファン冷却器あるいはラジエーターとも呼ばれる）は、通常、ガス温度を抑えるために使用される。フィン・ファン冷却器は、周囲に空気を送るので、ガス温度を周辺温度プラス 5ºF から 10ºF に抑制することができない。大気と埋立ガスの温度差は、伝熱のために必要である。そのため、非常に暑い地域では、エンジン・メーカーが、所要の温度に達する為に冷却器及び水冷熱交換器を使用することが必要である。

5) 含水率：埋立地では通常 100%水が飽和した状態である。埋立ガスは、回収パイプを通過し、濃縮されて水滴を形成するのに伴い、徐々に冷却される。また、エンジンに必要な気圧調整を行い、埋立ガスの圧力や温度が上昇した場合にも、埋立ガスが濃縮し冷却する。ほぼ全てのエンジンにおいて湿気が含まれてないことが必要で、一部のエンジンではガスがいくらか乾燥している（つまり 80%以下の相対湿度）ことが必要である。これは湿気分離器によって除湿することが可能である。相対湿度を 100%以下にする場合には、一般に冷却器、水冷熱交換器および再加熱熱交換器（冷却後ガス温度を上昇させるため）の使用が必要である。再加熱熱交換器は、気圧調節装置（送風機またはコンプレッサー）後、そして冷水熱交換器前の、ガスからガスへの熱交換器である。

6) 煤塵：ガス中には煤塵が含まれていないと想定するが、湿気除去段階で微粒子を取り除くことができる。

7) 硫黄成分：通常埋立ガスは環境規制値などよりも低い硫黄含有率であるので、硫黄分を除去する必要は無い。例えば、廃棄物処分場に搬入される廃棄物に泥や大量の硫黄を含んでいる廃棄物がある場合、または埋立地表面の覆土に使用される土・岩が硫酸カルシウムのような硫黄を含む物質である場合には、環境規制値の上限を超える可能性はある。

b. 財務分析

ピストン・エンジン・プロジェクトでは、Caterpillar 社の 3520 モデルを使用する予定である。この Caterpillar 社の 3520 モデルは、高性能、低空気放射、そして低燃費という長所がある。発電所は以下の設備を備える。

- 各 50%容量 65Nm$^3$/分の湿気分離機 2 機
- 各 50%容量 65Nm$^3$/分の多段階遠心送風機
- 熱交換器（フィン・ファン・タイプ）３機
- 各 1.6MW の Caterpillar3520 エンジン/ジェネレーター　7 機。総容量＝11.2MW。電圧＝4,160V
- ジェネレーター統合開閉装置
- 電圧を 4,160V から 69kV に増圧するための昇圧器を含む開閉装置
- 5km、69kV の電力送電配線

ピストン・タービン・プロジェクトの投資額は、11.2MW のピストン・エンジン発電設備の建設費、配線、5km の接続線を含めて$14,640,000 と推定する。埋立ガス回収システムとフレア燃焼設備の資本コストは、$3,743,000 と推定する。したがって、総資本コストは$18,383,000 と予想する。

**表 23** は、ピストン・エンジン・プロジェクトを CDM プロジェクトとして実施した場合のキャッシュ・フロー計算の結果を示す。また**表 24** は、ピストン・エンジン・プロジェクトを、CDM プロジェクト無しで実施した場合のキャッシュ・フロー計算の結果を示す。発電所の運営・維持費は、$0.021/kWh であり、これらのコストは毎年約 3%ずつ増加すると見込まれる。埋立ガス回収システムの運営・維持コストは前章で既に算出されている。水平回収井の段階的な建設費は、費用が発生する年毎に一括払いのコストとして計算されている。

（2）コンバッション・タービン

a. 埋立ガスのガス質

次に、コンバッション・タービン・プロジェクトで使用する、使用するパラメーターと特性は以下の通りである。また、コンバッション・タービンとピストン・エンジンの主な違いは、ピストン・エンジンのほうがはるかに高い燃料圧力を要することである。

1) 最低限の埋立ガス中メタン含有率：40%が理想的であるが、35%まで許容可能である。コンバッション・タービンでは、埋立ガス中のメタン含有率 が高ければ高いほど理想的である。コンバッション・タービンは、エンジンよりもはるかに高い燃料圧力を要する。

2) メタンと二酸化炭素の割合：50%

3) 圧力：125psig から 200psig の間で変動する。コンバッション・タービンのより高圧力を要し、埋立地ガスを気圧調節するのに必要な電気の量を増加させる。電力を生産する際に、発電所が消費する電力は、ステーション・ロード（構内負荷）として知られている。エンジンまたはタービンのジェネレーターのターミナルでの総体のパワー出力は、正味のパワー出力を生産するためにステーション・ロードによって縮小される。正味のパワー出力は実際に、売り出し中で利用可能なパワーである。エンジン製作所のためのステーション・ロードは約 5%から 8%である。その一方でコンバスチョン・タービンのためのステーション・ロードは約 15%である。

コンバッション・タービン・プロジェクトは、2 機の Taurus 60 ガスタービンを用い、発電は下記の設備を導入すると仮定できる。

- 初期コンプレッサー、ガス（フィン・ファン・タイプ）から空気への熱交換器、湿気セパレーター、コンプレッサー
- 熱交換器（フィン・ファン・タイプ） 1 機
- 各 80 $Nm^3$/分の 50%容量の湿気分離機
- 各 5.7MW の総出力を備えた、Solar Taurus 60 コンバッション・タービン 2 機。総容量は 11.3MW。電圧=4,160V。

SCS Engineers 社の調査では、11.3MW のコンバッション・タービン発電所の建設費は、配線および 5km の接続線費を含め、$13,674,000 と予想する。埋立ガス回収システムの資本費用の追加で、資本金合計コストは$17,417,000 になる。

b. 財務分析

**表 25** は、コンバッション・タービン・プロジェクトを、CDM プロジェクトとして実施した場合の、キャッシュ・フロー分析の結果を示す。発電所の初期運転/維持費は、ピストン・エンジン設備のそれよりも、多少低いと推測される。埋立ガス回収システム の運営/維持費は、ピストン・エンジン設備のそれとほぼ同じと予想される。

ピストン・エンジンおよびコンバッション・タービンの代替案は、ほぼ同様の内部収益率（IRR）である。ピストン・エンジンの代替案は、埋立ガス発生ピーク年から年を経て、埋立ガス発生量が減少してくると、ピストン・エンジンの代替案はより大きなエネルギーを生産する。これはピストン・エンジンの代替案が、コンバッション・タービンの代替案よりも効率的で、ピストン・エンジンの代替案は比較的低い熱章比率を有するためである。

上記より、本プロジェクトには、ピストン・エンジンによる発電プロジェクトのほうが、コンバッション・タービンの発電プロジェクトに比べ、より適していることが分かった。したがって、本プロジェクトとして、ピストン・エンジン導入を選択することに決定した。

本プロジェクトでは、2.5 章で記述されている埋立ガス回収システムに加え、上記（1）に記載されているピストン・エンジンを導入する予定である。

## 2-9　プロジェクト・ベースライン

ムリベカ廃棄物処分場では、現在、埋立ガスの回収は一切行っていない。ブラジル国内では、廃棄物埋立地から発生する埋立ガスの一部又は全部の回収を義務づける法規制は存在しない。ただし、埋立地において埋立ガスからの自然発火を避けるため、一部の埋立ガスを排気管で埋立地外へ放出することは義務付けられている。

ブラジルの中央政府やペルナンブコ州政府で、将来的に埋立ガスの一部又は全ての回収を義務付ける法規制を導入する予定について質問をしたところ、現時点ではその予定は無いとの返答であった。

したがって、エネルギー回収が収益性の面で厳しい状況から、近い将来に埋立ガスを回収する法規制が制定される可能性は極めて低いと予想され、本プロジェクトのベースラインは、発生する埋立ガスが全てそのまま大気中へ放出されることと合理的に考えることができる。

## 2-10 ベースライン方法論

### 2-10-1 ベースライン方法論の選択

本プロジェクトでは、承認済統合方法論である、ACM0001「埋立ガスプロジェクト活動のベースライン統合方法論」を用いる。

ACM0001 の適用条件は、プロジェクトのベースラインにおいて、部分的又は全部の埋立ガスを大気中に放出しており、かつ、プロジェクトが次のいずれかに該当することである。

a)　回収埋立ガスをフレアする
b)　回収埋立ガス用いてエネルギー（例：電力/ 熱エネルギー）を生産するが、このエネルギー代替による排出削減分を申請しない
c)　回収埋立ガス用いてエネルギー（例：電力/ 熱エネルギー）を生産し、このエネルギー代替による排出削減分を申請する

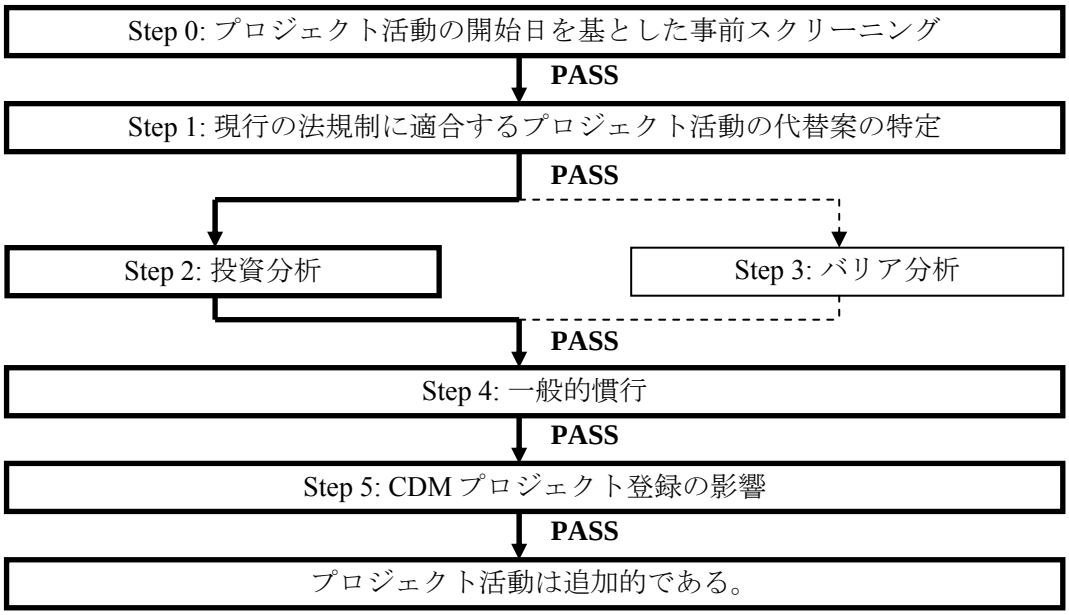
本プロジェクトは、プロジェクト・ベースラインで、全部の埋立ガスを大気中に放出している ACM0001 の方法論に従って、本プロジェクトが、上記の適用条件の b)に合致していることを確認した。

## 2-11 追加性の証明とベースライン・シナリオの決定

本プロジェクトでは、CDM 理事会が承認している「追加性の実証と評価のためのツール」を適用する。これは ACM0001 のベースライン方法論の中でもこのツールを適用するように求めている。また、このツールの利用は、このプロジェクトのケースで、追加性を論証するのみ成らず、ベースライン・シナリオを同定することと同値となる。

評価ツールの Step0～Step5 を用いて本プロジェクトの追加性を証明する。

図 3　追加性スキームのフローチャート




以下、各 Step について、分析の詳細を記載する。

Step 0: プロジェクト活動の開始日を基とした事前スクリーニング

プロジェクト参加者は、プロジェクト活動を登録するよりも前にクレジット獲得期間を開始することを予定していない。したがって Step0 はパスすると考えられる。

Step 1: 現行の法規制に適合するプロジェクト活動の代替案の特定

以下のサブステップを通じて、プロジェクト活動に対する、現実的かつ信憑性のあるベースラインとなりうる代替案を特定する。

**サブステップ 1 a.　プロジェクト活動の代替案**

ここでは、プロジェクト実施者あるいは類似プロジェクトの実施者にとって現実的で信憑性のあるベースライン代替案を特定する。検討する必要のあるベースライン代替案としては、提案される CDM プロジェクト活動と同等の生産物あるいはサービスを供給する代替シナリオであり、以下のようなシナリオを含める必要がある。

- 提案される CDM プロジェクトが CDM 化されずに、実施される場合
- プロジェクト活動に対し妥当性があり信憑性のある他の全ての代替シナリオ
- 現状の継続（妥当である場合）

現地調査に結果等を検討した結果、下記の 1～4 の代替案の可能性を考えることができる。

代替案 1（本プロジェクト活動と同様）

CDM 化せずに、高効率埋立ガス回収システムを導入し、埋立ガスを回収し、フレア燃焼設備及び埋立ガス発電装置を導入し、発電した電力を売電する。

代替案 2

CDM 化せずに、高効率埋立ガス回収システムを導入し、埋立ガスを回収し、埋立ガスからメタンを抽出し、パイプラインでガス輸送し、ガス会社に販売する。

代替案 3

CDM 化せずに、高効率埋立ガス回収システムを導入し、埋立ガスを回収し、フレア燃焼設備によりメタンを破壊する。

代替案 4

現状の廃棄物処分場の運営を維持し、高効率埋立ガス回収システムを導入せずに、埋立ガスを大気に放出し続ける。

上記の 1 から 4 の代替案について次のように実施可能性を検討した。

代替案１：埋立ガス回収・発電事業を実施

本実施可能性調査より、埋立ガス回収・発電事業を実施することは技術的に可能であることが分かった。ブラジルでは再生可能エネルギーの開発を促進しており、本代替案はブラジル政府の意向に沿ったものである。また、本代替案では、＄0.05/kW の売電収入を想定しているが、売電収入を考慮しても IRR がマイナス 1.8%になると予測している。

代替案 2：埋立ガス回収・パイプラインガス輸送事業を実施

本実施可能性調査より、埋立ガス回収・パイプラインガス輸送事業を実施することは、技術的に可能であることが分かった。しかし、現地ガス会社とガス販売契約を結ぶ際、常に一定以上のガス販売量とガス成分を確保しなければならず、様々な条件により変化する埋立ガスの特性や、埋立ガス排出量は毎年減少している特性を考慮すると、ガス販売契約を長期間保持することは、非常に難しいと考えられる。またブラジルでは埋立ガスをパイプラインで輸送しガス販売を行っている前例は無く、ブラジルで埋立ガス回収・パイプラインガス輸送事業を、初めて実施することにもリスクがあると思われる。したがって、この代替案が実施される可能性は低いと考えられる。

代替案 3：埋立ガス回収・フレア事業を実施

本実施可能性調査より、埋立ガス回収・フレア事業を実施することは、技術的に実施可能であることが分かった。しかし、埋立ガス回収・フレアを義務付ける法規制が存在せず、唯一の規制としては、安全目的の為、埋立ガスを埋立地から排気するのみである。このような状況で、投資に対するリターンが全く無い場合に、約＄3.7 百万相当の投資を必要とする埋立ガス回収・フレア燃焼設備を導入することは考え難い。

代替案 4：現状維持で埋立ガスを大気中に放出し続ける

現状を維持し、現在実施している埋立ガスの排気は継続するが、埋立ガス回収設備、フレア燃焼設備、発電設備などの導入は行わない。ブラジルでは埋立ガスの一部又は全てを回収する法律等は存在せず、CDM 化により炭素クレジット収入を見込む場合を除き、高額なコストを負担してまで、十分な収益を見込むことのできない、埋立ガス回収、埋立ガス発電、またはパイプラインガス輸送事業などを実施することは非常に考え難い。したがって、現状維持のまま廃棄物処分場の運営を継続し、大気中に埋立ガスを放出し続ける本代替案は、起こりうる可能性が高いシナリオであると考えることができる。

以上から、代替案１（本プロジェクト）及び代替案 4（BAU シナリオ）の現状維持のみが、現実的で信憑性のある代替案として絞られる。

**サブステップ 1 b.　該当法規制の施行**

現地調査でブラジルの環境省でヒアリングを実施した結果、ブラジルでは現在埋立ガスの一部又は全てを回収及びフレア燃焼するよう義務づける法律は存在せず、またそのような法律の導入は検討されていない。唯一の規制としては、埋立ガスから自然発火し、埋立地で火災が発生することを防止するために、埋立ガスを埋立地から排気することが要求されている。現在、ムリベカ廃棄物処分場では、埋立ガスの排気が行われている。

代替案 1 と代替案 4 のいずれもが現行の法規制の適合したものと判断できる。

Step 2: 投資分析

提案されたプロジェクト活動が CER の販売収入が無い場合（代替案１）、他の代替シナリオ（代替案 4）に比較して、経済的・財務的に魅力的でないかどうかを判断する。

**サブステップ 2a.　適切な分析方法の決定**

本ツールの記載の通り、以下の３つの分析方法の中から選択する。

オプション I　シンプルコスト分析
オプション II　投資比較分析
オプション III　ベンチマーク分析

CDM 理事会第 16 回会合では、適切な分析方法の決定について、最終的にはプロジェクト実施者に分析方法の選択を委ねるべきとして削除されたが、以下のようなコメントが挙げられた。

<u>オプション I　シンプルコスト分析</u>

CDM プロジェクトが、財政的又は経済的な利益が得られない場合、シンプルコスト解析を用いる。

<u>オプション II　投資比較分析</u>

もっともらしい選択枝が、CDM プロジェクトと同等レベルの投資を含む場合、投資比較分析を用いる。

<u>オプション III　ベンチマーク分析</u>

もっともらしい選択枝が、CDM プロジェクトと同等レベルの投資を含まない場合、ベンチマーク解析を用いる。

Step 1 で、現実的で信憑性のあるベースライン代替案として、代替案１（本プロジェクト）と代替案 4（BAU シナリオ）に絞り込まれた。代替案 4（BAU シナリオ）では、高効率埋立ガス回収システムの導入や発電設備の導入は計画されておらず、新たな投資を必要としない。一方、代替案 1 では、高効率埋立ガス回収システム及び発電設備の導入が計画されており、約$18.4 百万の投資が必要となる。代替案 4 では、埋立ガス回収システム及び発電設備の導入等を含めないので、IRR を求めることは適切ではなく、代替案 1（本プロジェクト）と代替案 4 を単純に比較することはできない。

したがって、代替案 4 は代替案 1 と同等の投資を含まないので、上記のオプション III のベンチマークを用いた解析方法を適用するべきと解釈できる。

**サブステップ 2b.　オプション III　ベンチマーク解析の適用**

**（1）　財務指標の特定**

ベンチマーク解析の財務指標としては、投資プロジェクトの評価指標として広く使用されている、プロジェクト内部収益率（IRR）を用いることとする。

**（2）　基準となるベンチマーク指標の特定**

基準となるベンチマーク指標としては、資本の機会費用を近似する指標として、ブラジルの国債発行利率を用いることとする。なお、直近のデータでは、ブラジル国債の利率（14 年国債）は 8.875%[1]である。

**サブステップ 2c.　財政的指数の計算と比較**

（1）　本プロジェクトの財務指標（IRR）の計算

SCS Engineers 社が実施した事前実施可能性調査で、代替案の IRR を算出した。ここで、投資分析の対象期間を 14 年とする。

**表 24** より、代替案 1 の埋立ガス回収・発電事業における、CER 無しのプロジェクトの IRR は約マイナス 1.3 %である。

（2）　投資分析

代替案 1 の埋立ガス回収・発電事業では、基準とするベンチマーク指標である、ブラジル国債の利回り 8.875%よりも、はるかに低い IRR であるので、本プロジェクトは, CER 収益無しでは、経済的に魅力的でないと判断できる。

**サブステップ 2d.　感度分析**

財務分析の条件や設定を変えた場合でも、同様の結果が導き出されることを証明する。売電価格、稼動率について変化させて、感度分析を試みる。パラメーターを変化させた場合の投資分析を**表 26** から**表 28** までに示す。上記と同様の投資判断結果が得られるか検討する。

稼動率を 95%、90%、85%に変化させた場合（売電価格は$0.50/kWh で固定）

- 稼動率 95% ⇒ IRR 0.0%　（**表 26**）
- 稼動率 90% ⇒ IRR -1.3%　（**表 24**）
- 稼動率 85% ⇒ IRR -2.6%　（**表 27**）

売電価格（$/kWh）を$0.073、$0.05、＄0.036（契約最低保証価格）に変化させた場合（稼動率は 90%で固定）

- 売電価格 $0.060⇒ IRR 6.9%　（**表 29**）
- 売電価格 $0.050 ⇒IRR -1.3%　（**表 24**）
- 売電価格 $0.036 ⇒IRR　算定不能　（**表 28**）

感度分析において、上記の全ての複数の異なる条件においても、代替案 1 の埋立ガス回収・発電事業が経済的に魅力的ではない、という結果となった。

従って、最も起こりうる可能性の高い代替案（ベースライン・シナリオ）は、代替案 4：現状維持で埋立ガスを大気中に放出し続ける、であることを同定することができる。

| Step 4: 一般的慣行 |
|---|

**サブステップ 4a.　提案する CDM プロジェクト活動に類似した活動の分析**
**サブステップ 4b.　存在する類似したオプションについての考察**

[1] 2006 年 1 月 27 日　モルガン・スタンレー・アセット・マネジメント投信　ウィークリー・レポート（国債のレートは 2005 年 12 月 30 日現在）

ブラジル国内には現在約 6,000 箇所以上の廃棄物処分場が存在する。1994 年に実施された「温室効果ガス国内排出目録」によると、ブラジルにおけるメタン排出量の 84%がこれらの廃棄物処分場から発生するものである。

現在、ブラジルで発生する全廃棄物の 76%は、管理、ガス回収、水処理等も、一切行われていないゴミ捨て場に廃棄されている。残る 24%の廃棄物は何らかの「管理下」にある埋立地に廃棄されている。[2]

ブラジルでこれまで CDM 事業として CDM 理事会に登録されたプロジェクトは以下の通り、埋立ガスの回収・利用・フレアを実施する計画がある。これらの埋立地は、炭素クレジットの販売が事業の採算性を支えている。

- NovaGerar Landfill Gas to Energy Project
- Salvador da Bahia Landfill Gas Management Project
- Onyx Landfill Gas Recovery Project
- Marca Landfill Gas to Energy Project

ブラジルにおける現地調査で、環境省 IBAMA（Brazilian Institute for the Environment and Renewable Natural Resources）においてヒアリングを行った際（2005 年 10 月 14 日）、一般的に、ブラジルにおいて、埋立ガス回収・発電事業から収益を得ることは難しく、CDM プロジェクト以外で、地方自治体や民間業者が営利目的で、埋立ガス回収・発電事業を行うケースは殆ど無い、との回答を得た。

したがって、本プロジェクトは CDM 化無くして、実施されることはないと結論づけることができる。

| Step 5: CDM プロジェクト登録の影響 |
|---|

本プロジェクトを CDM プロジェクトとして登録した場合、考えられる影響は以下の通りである。

(1) 温室効果ガスの排出量が削減される。
(2) CER の売却収益によりプロジェクト収入を得ることができる。

財務分析結果、**表 24** より、CER 収益を見込まない場合は、IRR がマイナス 1.3%となった。一方、CER 収益を見込んだ場合は、**表 23** より、IRR は 20.8%まで上昇した。従って、CER 収益により、プロジェクトが投資水準に乗ることが可能であることが判った。追加性の証明ツールにより、本プロジェクト活動の追加的であると結論付けることができる。

[2] 平成 15 年度 CDM/JI 事業調査ブラジルにおけるランドフィルガス回収及び発電事業からの炭素クレジット獲得調査　豊田通商株式会社

## 表 20　埋立ガス・フレアプロジェクトの財務分析（CER 収益含む）

| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 埋立ガス回収可能量 (mmBtu/時) | 151 | 153 | 156 | 150 | 113 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| 温室効果ガス排出削減量(トン) | 546,013 | 554,889 | 562,567 | 541,191 | 407,607 | 381,918 | 309,749 | 257,119 | 261,275 | 227,080 | 199,783 | 213,720 | 191,104 | 173,126 |
| CER販売価格 ($/トン) | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 |
| **CER収益** | $3,276,078 | $3,329,334 | $3,375,402 | $3,247,146 | $2,445,642 | $2,291,508 | $1,858,494 | $1,542,714 | $1,567,650 | $1,362,480 | $1,198,698 | $1,282,320 | $1,146,624 | $1,038,756 |
| 埋立ガス消費量 (mmBtu/年) | 1,322,760 | 1,340,280 | 1,366,560 | 1,314,000 | 989,880 | 928,560 | 753,360 | 621,960 | 630,720 | 551,880 | 481,800 | 516,840 | 464,280 | 420,480 |
| 埋立ガス購入価格($/mmBtu) | $0.50 | $0.52 | $0.53 | $0.55 | $0.56 | $0.58 | $0.60 | $0.61 | $0.63 | $0.65 | $0.67 | $0.69 | $0.71 | $0.73 |
| 年間埋立ガス購入費（$） | $661,380 | $690,244 | $724,892 | $717,922 | $557,059 | $538,228 | $449,776 | $382,466 | $399,489 | $360,039 | $323,749 | $357,714 | $330,976 | $308,745 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（既存サイト） | $412,000 | $424,360 | $437,091 | $337,700 | $347,831 | $358,266 | $369,014 | $380,084 | $391,487 | $403,231 | $415,328 | $427,788 | $440,622 | $453,841 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（新規サイト） | | | | $495,000 | $46,000 | $48,000 | $381,000 | $76,000 | $78,000 | $444,000 | $111,000 | $114,000 | $514,000 | $151,000 |
| **総維持管理費** | **$1,073,380** | **$1,114,604** | **$1,161,983** | **$1,550,622** | **$950,890** | **$944,494** | **$1,199,790** | **$838,550** | **$868,975** | **$1,207,271** | **$850,078** | **$899,502** | **$1,285,598** | **$913,585** |
| **純利益** | **$2,202,698** | **$2,214,730** | **$2,213,419** | **$1,696,524** | **$1,494,752** | **$1,347,014** | **$658,704** | **$704,164** | **$698,675** | **$155,209** | **$348,620** | **$382,818** | **-$138,974** | **$125,171** |

| | |
|---|---|
| 初期埋立ガス購入価格 | $0.50 |
| 埋立ガス購入価格上昇率 | 3% |
| 維持管理費上昇率 | 3% |
| CER販売価格($/トン) | $6.00 |
| CER価格上昇率 | 0% |

| | |
|---|---|
| 初期投資額 | $3,743,000 |
| 税引き前IRR | 51.8% |
| 累積純利益 | $10,360,525 |

## 表 21　埋立ガス回収・パイプラインガス輸送プロジェクトの財務分析（CER 収益含む）

| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 埋立ガス回収可能量 (mmBtu/時) | 151 | 153 | 156 | 150 | 113 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| パイプラインガス輸送設備の最大埋立ガス消費率 (mmBtu/時) | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 |
| パイプラインガス輸送設備の埋立ガス消費率 (mmBtu/時) | 118 | 118 | 118 | 118 | 113 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| ガス販売量 (mmBtu/年) | 744,250 | 744,250 | 744,250 | 744,250 | 712,714 | 668,563 | 542,419 | 447,811 | 454,118 | 397,354 | 346,896 | 372,125 | 334,282 | 302,746 |
| ガス販売価格 ($/mmBtu) | $5.00 | $5.15 | $5.30 | $5.46 | $5.63 | $5.80 | $5.97 | $6.15 | $6.33 | $6.52 | $6.72 | $6.92 | $7.13 | $7.34 |
| 年間ガス販売収入（年） | $3,721,248 | $3,832,885 | $3,947,872 | $4,066,308 | $4,010,827 | $3,875,240 | $3,238,384 | $2,753,756 | $2,876,318 | $2,592,282 | $2,330,996 | $2,575,539 | $2,383,028 | $2,222,961 |
| 温室効果ガス排出削減量(トン) | 546,013 | 554,889 | 562,567 | 541,191 | 407,607 | 381,918 | 309,749 | 257,119 | 261,275 | 227,080 | 199,783 | 213,720 | 191,104 | 173,126 |
| CER販売価格($/トン) | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 |
| CER収益（$/年） | $3,276,078 | $3,329,334 | $3,375,402 | $3,247,146 | $2,445,642 | $2,291,508 | $1,858,494 | $1,542,714 | $1,567,650 | $1,362,480 | $1,198,698 | $1,282,320 | $1,146,624 | $1,038,756 |
| **総収益** | **$6,997,326** | **$7,162,219** | **$7,323,274** | **$7,313,454** | **$6,456,469** | **$6,166,748** | **$5,096,878** | **$4,296,470** | **$4,443,968** | **$3,954,762** | **$3,529,694** | **$3,857,859** | **$3,529,652** | **$3,261,717** |
| 年間埋立ガス消費量 (mmBtu/年) | 930,312 | 930,312 | 930,312 | 930,312 | 890,892 | 835,704 | 678,024 | 559,764 | 567,648 | 496,692 | 433,620 | 465,156 | 417,852 | 378,432 |
| 埋立ガス購入価格 ($/mmBtu) | $0.50 | $0.52 | $0.53 | $0.55 | $0.56 | $0.58 | $0.60 | $0.61 | $0.63 | $0.65 | $0.67 | $0.69 | $0.71 | $0.73 |
| 年間埋立ガス購入費（$） | $465,156 | $479,111 | $493,484 | $508,289 | $501,353 | $484,405 | $404,798 | $344,220 | $359,540 | $324,035 | $291,375 | $321,942 | $297,879 | $277,870 |
| パイプラインガス輸送設備の維持管理費 ($/mmBtu) | $1.85 | $1.91 | $1.96 | $2.02 | $2.08 | $2.14 | $2.21 | $2.28 | $2.34 | $2.41 | $2.49 | $2.56 | $2.64 | $2.72 |
| パイプラインガス輸送設備年間維持管理費 | $1,376,862 | $1,418,168 | $1,460,713 | $1,504,534 | $1,490,886 | $1,456,066 | $1,276,343 | $1,121,163 | $1,158,267 | $1,061,058 | $967,212 | $1,049,477 | $979,629 | $919,599 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（既存サイト） | $412,000 | $424,360 | $437,091 | $337,700 | $347,831 | $358,266 | $369,014 | $380,084 | $391,487 | $403,231 | $415,328 | $427,788 | $440,622 | $453,841 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（新規サイト） | | | | $495,000 | $46,000 | $48,000 | $381,000 | $76,000 | $78,000 | $444,000 | $111,000 | $114,000 | $514,000 | $151,000 |
| **総維持管理費** | **$2,254,018** | **$2,321,638** | **$2,391,287** | **$2,845,523** | **$2,386,071** | **$2,346,737** | **$2,431,155** | **$1,921,467** | **$1,987,294** | **$2,232,325** | **$1,784,915** | **$1,913,207** | **$2,232,129** | **$1,802,310** |
| **純利益** | **$4,743,308** | **$4,840,581** | **$4,931,987** | **$4,467,932** | **$4,070,398** | **$3,820,011** | **$2,665,724** | **$2,375,003** | **$2,456,674** | **$1,722,437** | **$1,744,779** | **$1,944,651** | **$1,297,523** | **$1,459,407** |

| | |
|---|---|
| パイプラインガス輸送設備処理容量 (mmBtu/時) | 118 |
| パイプラインガス輸送設備販売容量 (mmBtu/時) | 94 |
| パイプラインガス輸送設備効率 | 90% |
| 初期ガス販売価格 ($/mmBtu) | $5.00 |
| ガス販売価格上昇率 | 3% |

| | |
|---|---|
| 初期埋立ガス購入価格 ($/mmBtu) | $0.50 |
| 埋立ガス購入価格上昇率 | 3% |
| パイプラインガス輸送設備の維持管理費 | $1.85 |
| パイプラインガス輸送設備維持管理費上昇率 | 3% |
| CER販売価格($/トン) | $6.00 |
| CER価格上昇率 | 0% |

| | |
|---|---|
| 初期投資額 | $14,983,000 |
| 税引き前IRR | 26.2% |
| 累積純利益 | $22,814,107 |

## 表 22　埋立ガス回遊・パイプラインガス輸送プロジェクトの財務分析（CER 収益含めない）

| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 埋立ガス回収可能量 (mmBtu/時) | 151 | 153 | 156 | 150 | 113 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| パイプラインガス輸送設備の最大埋立ガス消費率 (mmBtu/時) | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 |
| パイプラインガス輸送設備の埋立ガス消費率 (mmBtu/時) | 118 | 118 | 118 | 118 | 113 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| ガス販売量 (mmBtu/年) | 744,250 | 744,250 | 744,250 | 744,250 | 712,714 | 668,563 | 542,419 | 447,811 | 454,118 | 397,354 | 346,896 | 372,125 | 334,282 | 302,746 |
| ガス販売価格 ($/mmBtu) | $5.00 | $5.15 | $5.30 | $5.46 | $5.63 | $5.80 | $5.97 | $6.15 | $6.33 | $6.52 | $6.72 | $6.92 | $7.13 | $7.34 |
| 年間ガス販売収入（年） | $3,721,248 | $3,832,885 | $3,947,872 | $4,066,308 | $4,010,827 | $3,875,240 | $3,238,384 | $2,753,756 | $2,876,318 | $2,592,282 | $2,330,996 | $2,575,539 | $2,383,028 | $2,222,961 |
| 温室効果ガス排出削減量(トン) | 546,013 | 554,889 | 562,567 | 541,191 | 407,607 | 381,918 | 309,749 | 257,119 | 261,275 | 227,080 | 199,783 | 213,720 | 191,104 | 173,126 |
| CER販売価格($/トン) | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 |
| CER収益（$/年） | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 |
| **総収益** | **$3,721,248** | **$3,832,885** | **$3,947,872** | **$4,066,308** | **$4,010,827** | **$3,875,240** | **$3,238,384** | **$2,753,756** | **$2,876,318** | **$2,592,282** | **$2,330,996** | **$2,575,539** | **$2,383,028** | **$2,222,961** |
| 年間埋立ガス消費量 (mmBtu/年) | 930,312 | 930,312 | 930,312 | 930,312 | 890,892 | 835,704 | 678,024 | 559,764 | 567,648 | 496,692 | 433,620 | 465,156 | 417,852 | 378,432 |
| 埋立ガス購入価格 ($/mmBtu) | $0.50 | $0.52 | $0.53 | $0.55 | $0.56 | $0.58 | $0.60 | $0.61 | $0.63 | $0.65 | $0.67 | $0.69 | $0.71 | $0.73 |
| 年間埋立ガス購入費（$） | $465,156 | $479,111 | $493,484 | $508,289 | $501,353 | $484,405 | $404,798 | $344,220 | $359,540 | $324,035 | $291,375 | $321,942 | $297,879 | $277,870 |
| パイプラインガス輸送設備の維持管理費 ($/mmBtu) | $1.85 | $1.91 | $1.96 | $2.02 | $2.08 | $2.14 | $2.21 | $2.28 | $2.34 | $2.41 | $2.49 | $2.56 | $2.64 | $2.72 |
| パイプラインガス輸送設備年間維持管理費 | $1,376,862 | $1,418,168 | $1,460,713 | $1,504,534 | $1,490,886 | $1,456,066 | $1,276,343 | $1,121,163 | $1,158,267 | $1,061,058 | $967,212 | $1,049,477 | $979,629 | $919,599 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（既存サイト） | $412,000 | $424,360 | $437,091 | $337,700 | $347,831 | $358,266 | $369,014 | $380,084 | $391,487 | $403,231 | $415,328 | $427,788 | $440,622 | $453,841 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（新規サイト） | | | | $495,000 | $46,000 | $48,000 | $381,000 | $76,000 | $78,000 | $444,000 | $111,000 | $114,000 | $514,000 | $151,000 |
| **総維持管理費** | **$2,254,018** | **$2,321,638** | **$2,391,287** | **$2,845,523** | **$2,386,071** | **$2,346,737** | **$2,431,155** | **$1,921,467** | **$1,987,294** | **$2,232,325** | **$1,784,915** | **$1,913,207** | **$2,232,129** | **$1,802,310** |
| **純利益** | **$1,467,230** | **$1,511,247** | **$1,556,585** | **$1,220,786** | **$1,624,756** | **$1,528,503** | **$807,230** | **$832,289** | **$889,024** | **$359,957** | **$546,081** | **$662,331** | **$150,899** | **$420,651** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| パイプラインガス輸送設備処理容量 (mmBtu/時) | 118 | 初期埋立ガス購入価格 ($/mmBtu) | $0.50 | 初期投資額 | $14,983,000 |
| パイプラインガス輸送設備販売容量 (mmBtu/時) | 94 | 埋立ガス購入価格上昇率 | 3% | | |
| パイプラインガス輸送設備効率 | 90% | | | 税引き前IRR | -1.7% |
| | | パイプラインガス輸送設備の維持管理費 | $1.85 | | |
| | | パイプラインガス輸送設備維持管理費上昇率 | 3% | 累積純利益 | -$2,872,661 |
| 初期ガス販売価格 ($/mmBtu) | $5.00 | | | | |
| ガス販売価格上昇率 | 3% | CER販売価格($/トン) | $0.00 | | |
| | | CER価格上昇率 | 0% | | |

## 表 23　埋立ガス回収・ピストンエンジン発電プロジェクトの財務分析（CER 収益含める）

| 年度 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 埋立ガス回収可能量 (mmBtu/時) | 151 | 153 | 156 | 150 | 113 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| 発電設備における最大埋立ガス消費率 (mmBtu/時) | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| 発電設備における埋立ガスの消費率 (mmBtu/時) | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| 発電量 (kWh/年) | 83,885,760 | 83,885,760 | 83,885,760 | 83,885,760 | 83,885,760 | 81,136,311 | 65,827,573 | 54,346,019 | 55,111,456 | 48,222,524 | 42,099,029 | 45,160,777 | 40,568,155 | 36,740,971 |
| 売電価格 ($/kWh) | $0.050 | $0.052 | $0.053 | $0.055 | $0.056 | $0.058 | $0.060 | $0.061 | $0.063 | $0.065 | $0.067 | $0.069 | $0.071 | $0.073 |
| 売電収入（$/年） | $4,194,288 | $4,320,117 | $4,449,720 | $4,583,212 | $4,720,708 | $4,702,961 | $3,930,078 | $3,341,937 | $3,490,677 | $3,145,973 | $2,828,879 | $3,125,654 | $2,892,024 | $2,697,768 |
| 温室効果ガス排出削減量(トン) | 546,013 | 554,889 | 562,567 | 541,191 | 407,607 | 381,918 | 309,749 | 257,119 | 261,275 | 227,080 | 199,783 | 213,720 | 191,104 | 173,126 |
| CER販売価格 ($/トン) | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 |
| CER収益（$） | $3,276,078 | $3,329,334 | $3,375,402 | $3,247,146 | $2,445,642 | $2,291,508 | $1,858,494 | $1,542,714 | $1,567,650 | $1,362,480 | $1,198,698 | $1,282,320 | $1,146,624 | $1,038,756 |
| **総収益** | **$7,470,366** | **$7,649,451** | **$7,825,122** | **$7,830,358** | **$7,166,350** | **$6,994,469** | **$5,788,572** | **$4,884,651** | **$5,058,327** | **$4,508,453** | **$4,027,577** | **$4,407,974** | **$4,038,648** | **$3,736,524** |
| 発電設備での埋立ガスの消費量 (mmBtu/年) | 864,023 | 864,023 | 864,023 | 864,023 | 864,023 | 835,704 | 678,024 | 559,764 | 567,648 | 496,692 | 433,620 | 465,156 | 417,852 | 378,432 |
| 埋立ガス購入価格($/mmBtu) | $0.50 | $0.52 | $0.53 | $0.55 | $0.56 | $0.58 | $0.60 | $0.61 | $0.63 | $0.65 | $0.67 | $0.69 | $0.71 | $0.73 |
| 年間埋立ガス購入費（$） | $432,012 | $444,972 | $458,321 | $472,071 | $486,233 | $484,405 | $404,798 | $344,220 | $359,540 | $324,035 | $291,375 | $321,942 | $297,879 | $277,870 |
| 埋立ガス発電設備維持管理費 ($/kWh) | $0.021 | $0.022 | $0.022 | $0.023 | $0.024 | $0.024 | $0.025 | $0.026 | $0.027 | $0.027 | $0.028 | $0.029 | $0.030 | $0.031 |
| 埋立ガス発電年間維持管理費 | $1,761,601 | $1,814,449 | $1,868,882 | $1,924,949 | $1,982,697 | $1,975,244 | $1,650,633 | $1,403,614 | $1,466,084 | $1,321,309 | $1,188,129 | $1,312,775 | $1,214,650 | $1,133,062 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（既存サイト） | $412,000 | $424,360 | $437,091 | $337,700 | $347,831 | $358,266 | $369,014 | $380,084 | $391,487 | $403,231 | $415,328 | $427,788 | $440,622 | $453,841 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（新規サイト） | | | | $495,000 | $46,000 | $48,000 | $381,000 | $76,000 | $78,000 | $444,000 | $111,000 | $114,000 | $514,000 | $151,000 |
| **総維持管理費用** | **$2,605,613** | **$2,683,781** | **$2,764,294** | **$3,229,720** | **$2,862,761** | **$2,865,915** | **$2,805,445** | **$2,203,918** | **$2,295,111** | **$2,492,575** | **$2,005,832** | **$2,176,505** | **$2,467,151** | **$2,015,773** |
| **純利益** | **$4,864,753** | **$4,965,670** | **$5,060,828** | **$4,600,638** | **$4,303,589** | **$4,128,555** | **$2,983,127** | **$2,680,734** | **$2,763,216** | **$2,015,878** | **$2,021,745** | **$2,231,469** | **$1,571,498** | **$1,720,751** |

| | |
|---|---|
| 総発電容量(kW) | 11,200 |
| 純発電容量 (kW) | 10,640 |
| 稼動率 | 90% |
| 純発電設備熱要求量(Btu/kWh)(HHV) | 10,300 |
| 初期売電価格 ($/kWh) | $0.050 |
| 売電価格上昇率 | 3% |

| | |
|---|---|
| 初期埋立ガス購入価格 ($/mmBtu) | $0.50 |
| 埋立ガス購入価格上昇率 | 3% |
| 埋立ガス発電設備 初期維持管理費 ($/kW | $0.021 |
| 維持管理費上昇率 | 3% |
| CER販売価格($/トン) | $6.00 |
| CER価格上昇率 | 0% |

| | |
|---|---|
| 初期投資額 | $18,383,000 |
| 税引き前IRR | 20.8% |
| 累積純利益 | $27,529,449 |

## 表 24　埋立ガス回収・ピストンエンジン発電プロジェクトの財務分析（CER 収益含めない）

| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 埋立ガス回収可能量 (mmBtu/時) | 151 | 153 | 156 | 150 | 113 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| 発電設備における最大埋立ガス消費率 (mmBtu/時) | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| 発電設備における埋立ガスの消費率 (mmBtu/時) | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| 発電量 (kWh/年) | 83,885,760 | 83,885,760 | 83,885,760 | 83,885,760 | 83,885,760 | 81,136,311 | 65,827,573 | 54,346,019 | 55,111,456 | 48,222,524 | 42,099,029 | 45,160,777 | 40,568,155 | 36,740,971 |
| 売電価格 ($/kWh) | $0.050 | $0.052 | $0.053 | $0.055 | $0.056 | $0.058 | $0.060 | $0.061 | $0.063 | $0.065 | $0.067 | $0.069 | $0.071 | $0.073 |
| 売電収入（年） | $4,194,288 | $4,320,117 | $4,449,720 | $4,583,212 | $4,720,708 | $4,702,961 | $3,930,078 | $3,341,937 | $3,490,677 | $3,145,973 | $2,828,879 | $3,125,654 | $2,892,024 | $2,697,768 |
| 温室効果ガス排出削減量(トン) | 546,013 | 554,889 | 562,567 | 541,191 | 407,607 | 381,918 | 309,749 | 257,119 | 261,275 | 227,080 | 199,783 | 213,720 | 191,104 | 173,126 |
| CER販売価格 ($/トン) | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 |
| CER収益 ($/年) | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 |
| **総収益** | **$4,194,288** | **$4,320,117** | **$4,449,720** | **$4,583,212** | **$4,720,708** | **$4,702,961** | **$3,930,078** | **$3,341,937** | **$3,490,677** | **$3,145,973** | **$2,828,879** | **$3,125,654** | **$2,892,024** | **$2,697,768** |
| 発電設備での埋立ガスの消費量 (mmBtu/年) | 864,023 | 864,023 | 864,023 | 864,023 | 864,023 | 835,704 | 678,024 | 559,764 | 567,648 | 496,692 | 433,620 | 465,156 | 417,852 | 378,432 |
| 埋立ガス購入価格 ($/mmBtu) | $0.50 | $0.52 | $0.53 | $0.55 | $0.56 | $0.58 | $0.60 | $0.61 | $0.63 | $0.65 | $0.67 | $0.69 | $0.71 | $0.73 |
| 年間埋立ガス購入費（$） | $432,012 | $444,972 | $458,321 | $472,071 | $486,233 | $484,405 | $404,798 | $344,220 | $359,540 | $324,035 | $291,375 | $321,942 | $297,879 | $277,870 |
| 埋立ガス発電設備維持管理費 ($/kWh) | $0.021 | $0.022 | $0.022 | $0.023 | $0.024 | $0.024 | $0.025 | $0.026 | $0.027 | $0.027 | $0.028 | $0.029 | $0.030 | $0.031 |
| 埋立ガス発電設備年間維持管理費（$） | $1,761,601 | $1,814,449 | $1,868,882 | $1,924,949 | $1,982,697 | $1,975,244 | $1,650,633 | $1,403,614 | $1,466,084 | $1,321,309 | $1,188,129 | $1,312,775 | $1,214,650 | $1,133,062 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（既存サイト） | $412,000 | $424,360 | $437,091 | $337,700 | $347,831 | $358,266 | $369,014 | $380,084 | $391,487 | $403,231 | $415,328 | $427,788 | $440,622 | $453,841 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（新規サイト） | | | | $495,000 | $46,000 | $48,000 | $381,000 | $76,000 | $78,000 | $444,000 | $111,000 | $114,000 | $514,000 | $151,000 |
| **総維持管理費** | **$2,605,613** | **$2,683,781** | **$2,764,294** | **$3,229,720** | **$2,862,761** | **$2,865,915** | **$2,805,445** | **$2,203,918** | **$2,295,111** | **$2,492,575** | **$2,005,832** | **$2,176,505** | **$2,467,151** | **$2,015,773** |
| **純利益** | **$1,588,675** | **$1,636,336** | **$1,685,426** | **$1,353,492** | **$1,857,947** | **$1,837,047** | **$1,124,633** | **$1,138,020** | **$1,195,566** | **$653,398** | **$823,047** | **$949,149** | **$424,874** | **$681,995** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 総発電容量 (kW) | 11,200 | 初期埋立ガス購入価格 ($/mmBtu) | $0.50 | 初期投資額 | $18,383,000 |
| 純発電容量(kW) | 10,640 | 埋立ガス購入価格上昇率 | 3% | | |
| 稼動率 | 90% | | | 税引き前IRR | -1.3% |
| 純発電設備熱要求量 (Btu/kWh)(HHV) | 10,300 | 埋立ガス発電設備　初期維持管理費 ($/kW | $0.021 | | |
| | | 埋立ガス発電設備維持管理費上昇率 | 3% | 累積純利益 | -$1,433,397 |
| 初期売電価格($/kWh) | $0.050 | | | | |
| 売電価格上昇率 | 3% | CER販売価格($/トン) | $0.00 | | |
| | | CER価格上昇率 | 0% | | |

## 表 25　埋立ガス回収・コンバッションエンジン発電プロジェクトの財務分析（CER 収益含む）

| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 埋立ガス回収可能量 (mmBtu/時) | 151 | 153 | 156 | 150 | 113 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| 発電設備における最大埋立ガス消費率 (mmBtu/時) | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 |
| 発電設備における埋立ガスの消費率 (mmBtu/時) | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| 発電量 (kWh/年) | 75,993,876 | 75,993,876 | 75,993,876 | 75,993,876 | 75,993,876 | 59,102,122 | 47,950,778 | 39,587,270 | 40,144,837 | 35,126,733 | 30,666,195 | 32,896,464 | 29,551,061 | 26,763,225 |
| 売電価格 ($/kWh) | $0.050 | $0.052 | $0.053 | $0.055 | $0.056 | $0.058 | $0.060 | $0.061 | $0.063 | $0.065 | $0.067 | $0.069 | $0.071 | $0.073 |
| 売電収入（$/年） | $3,799,694 | $3,913,685 | $4,031,095 | $4,152,028 | $4,276,589 | $3,425,778 | $2,862,787 | $2,434,367 | $2,542,714 | $2,291,621 | $2,060,640 | $2,276,820 | $2,106,637 | $1,965,135 |
| 温室効果ガス排出削減量(トン) | 546,013 | 554,889 | 562,567 | 541,191 | 407,607 | 381,918 | 309,749 | 257,119 | 261,275 | 227,080 | 199,783 | 213,720 | 191,104 | 173,126 |
| CER販売価格 ($/トン) | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 | $6.00 |
| CER収益（$） | $3,276,078 | $3,329,334 | $3,375,402 | $3,247,146 | $2,445,642 | $2,291,508 | $1,858,494 | $1,542,714 | $1,567,650 | $1,362,480 | $1,198,698 | $1,282,320 | $1,146,624 | $1,038,756 |
| **総収益** | **$7,075,772** | **$7,243,019** | **$7,406,497** | **$7,399,174** | **$6,722,231** | **$5,717,286** | **$4,721,281** | **$3,977,081** | **$4,110,364** | **$3,654,101** | **$3,259,338** | **$3,559,140** | **$3,253,261** | **$3,003,891** |
| 発電設備での埋立ガスの消費量 (mmBtu/年) | 1,074,553 | 1,074,553 | 1,074,553 | 1,074,553 | 1,074,553 | 835,704 | 678,024 | 559,764 | 567,648 | 496,692 | 433,620 | 465,156 | 417,852 | 378,432 |
| 埋立ガス購入価格($/mmBtu) | $0.50 | $0.52 | $0.53 | $0.55 | $0.56 | $0.58 | $0.60 | $0.61 | $0.63 | $0.65 | $0.67 | $0.69 | $0.71 | $0.73 |
| 年間埋立ガス購入費（$） | $537,277 | $553,395 | $569,997 | $587,097 | $604,710 | $484,405 | $404,798 | $344,220 | $359,540 | $324,035 | $291,375 | $321,942 | $297,879 | $277,870 |
| 埋立ガス発電設備維持管理費 ($/kWh) | $0.019 | $0.020 | $0.020 | $0.021 | $0.021 | $0.022 | $0.023 | $0.023 | $0.024 | $0.025 | $0.026 | $0.026 | $0.027 | $0.028 |
| 埋立ガス発電年間維持管理費 | $1,443,884 | $1,487,200 | $1,531,816 | $1,577,771 | $1,625,104 | $1,301,796 | $1,087,859 | $925,060 | $966,231 | $870,816 | $783,043 | $865,192 | $800,522 | $746,751 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（既存サイト） | $412,000 | $424,360 | $437,091 | $337,700 | $347,831 | $358,266 | $369,014 | $380,084 | $391,487 | $403,231 | $415,328 | $427,788 | $440,622 | $453,841 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（新規サイト） | | | | $495,000 | $46,000 | $48,000 | $381,000 | $76,000 | $78,000 | $444,000 | $111,000 | $114,000 | $514,000 | $151,000 |
| **総維持管理費用** | **$2,393,160** | **$2,464,955** | **$2,538,904** | **$2,997,567** | **$2,623,644** | **$2,192,467** | **$2,242,671** | **$1,725,364** | **$1,795,258** | **$2,042,083** | **$1,600,746** | **$1,728,922** | **$2,053,023** | **$1,629,462** |
| **純利益** | **$4,682,611** | **$4,778,063** | **$4,867,593** | **$4,401,607** | **$4,098,586** | **$3,524,819** | **$2,478,610** | **$2,251,718** | **$2,315,106** | **$1,612,018** | **$1,658,592** | **$1,830,218** | **$1,200,239** | **$1,374,429** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 総発電容量(kW) | 11,340 | 初期埋立ガス購入価格 ($/mmBtu) | $0.50 | 初期投資額 | $17,417,000 |
| 純発電容量 (kW) | 9,639 | 埋立ガス購入価格上昇率 | 3% | | |
| 稼動率 | 90% | | | 税引き前IRR | 20.3% |
| 純発電設備熱要求量(Btu/kWh)(HHV) | 14,140 | 埋立ガス発電設備 初期維持管理費 ($/kW | $0.019 | | |
| | | 維持管理費上昇率 | 3% | 累積純利益 | $23,657,210 |
| 初期売電価格 ($/kWh) | $0.050 | | | | |
| 売電価格上昇率 | 3% | CER販売価格($/トン) | $6.00 | | |
| | | CER価格上昇率 | 0% | | |

## 表 26　埋立ガス回収・ピストンエンジン発電プロジェクトの感度テスト（ピストンエンジン稼働率 95%の場合）

| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 埋立ガス回収可能量 (mmBtu/時) | 151 | 153 | 156 | 150 | 113 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| 発電設備における最大埋立ガス消費率 (mmBtu/時) | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| 発電設備における埋立ガスの消費率 (mmBtu/時) | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| 発電量 (kWh/年) | 88,546,080 | 88,546,080 | 88,546,080 | 88,546,080 | 88,546,080 | 85,643,883 | 69,484,660 | 57,365,243 | 58,173,204 | 50,901,553 | 44,437,864 | 47,669,709 | 42,821,942 | 38,782,136 |
| 売電価格 ($/kWh) | $0.050 | $0.052 | $0.053 | $0.055 | $0.056 | $0.058 | $0.060 | $0.061 | $0.063 | $0.065 | $0.067 | $0.069 | $0.071 | $0.073 |
| 売電収入（年） | $4,427,304 | $4,560,123 | $4,696,927 | $4,837,835 | $4,982,970 | $4,964,237 | $4,148,416 | $3,527,601 | $3,684,604 | $3,320,749 | $2,986,039 | $3,299,301 | $3,052,692 | $2,847,644 |
| 温室効果ガス排出削減量(トン) | 546,013 | 554,889 | 562,567 | 541,191 | 407,607 | 381,918 | 309,749 | 257,119 | 261,275 | 227,080 | 199,783 | 213,720 | 191,104 | 173,126 |
| CER販売価格 ($/トン) | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 |
| CER収益 ($/年) | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 |
| **総収益** | **$4,427,304** | **$4,560,123** | **$4,696,927** | **$4,837,835** | **$4,982,970** | **$4,964,237** | **$4,148,416** | **$3,527,601** | **$3,684,604** | **$3,320,749** | **$2,986,039** | **$3,299,301** | **$3,052,692** | **$2,847,644** |
| 発電設備での埋立ガスの消費量 (mmBtu/年) | 912,025 | 912,025 | 912,025 | 912,025 | 912,025 | 882,132 | 715,692 | 590,862 | 599,184 | 524,286 | 457,710 | 490,998 | 441,066 | 399,456 |
| 埋立ガス購入価格 ($/mmBtu) | $0.50 | $0.52 | $0.53 | $0.55 | $0.56 | $0.58 | $0.60 | $0.61 | $0.63 | $0.65 | $0.67 | $0.69 | $0.71 | $0.73 |
| 年間埋立ガス購入費（$） | $456,012 | $469,693 | $483,783 | $498,297 | $513,246 | $511,316 | $427,287 | $363,343 | $379,514 | $342,037 | $307,562 | $339,828 | $314,427 | $293,307 |
| 埋立ガス発電設備維持管理費 ($/kWh) | $0.021 | $0.022 | $0.022 | $0.023 | $0.024 | $0.024 | $0.025 | $0.026 | $0.027 | $0.027 | $0.028 | $0.029 | $0.030 | $0.031 |
| 埋立ガス発電設備年間維持管理費（$） | $1,859,468 | $1,915,252 | $1,972,709 | $2,031,891 | $2,092,847 | $2,084,979 | $1,742,335 | $1,481,592 | $1,547,534 | $1,394,715 | $1,254,136 | $1,385,707 | $1,282,131 | $1,196,010 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（既存サイト） | $412,000 | $424,360 | $437,091 | $337,700 | $347,831 | $358,266 | $369,014 | $380,084 | $391,487 | $403,231 | $415,328 | $427,788 | $440,622 | $453,841 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（新規サイト） | | | | $495,000 | $46,000 | $48,000 | $381,000 | $76,000 | $78,000 | $444,000 | $111,000 | $114,000 | $514,000 | $151,000 |
| **総維持管理費** | **$2,727,480** | **$2,809,304** | **$2,893,584** | **$3,362,888** | **$2,999,924** | **$3,002,562** | **$2,919,635** | **$2,301,019** | **$2,396,535** | **$2,583,983** | **$2,088,027** | **$2,267,323** | **$2,551,180** | **$2,094,158** |
| **純利益** | **$1,699,824** | **$1,750,819** | **$1,803,343** | **$1,474,947** | **$1,983,046** | **$1,961,675** | **$1,228,780** | **$1,226,581** | **$1,288,069** | **$736,766** | **$898,012** | **$1,031,978** | **$501,512** | **$753,485** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 総発電容量 (kW) | 11,200 | 初期埋立ガス購入価格 ($/mmBtu) | $0.50 | 初期投資額 | $18,383,000 |
| 純発電容量(kW) | 10,640 | 埋立ガス購入価格上昇率 | 3% | | |
| 稼動率 | 95% | | | 税引き前IRR | 0.0% |
| 純発電設備熱要求量 (Btu/kWh)(HHV) | 10,300 | 埋立ガス発電設備　初期維持管理費 ($/kW | $0.021 | | |
| | | 埋立ガス発電設備維持管理費上昇率 | 3% | 累積純利益 | -$44,161 |
| 初期売電価格($/kWh) | $0.050 | | | | |
| 売電価格上昇率 | 3% | CER販売価格($/トン) | $0.00 | | |
| | | CER価格上昇率 | 0% | | |

## 表 27　埋立ガス回収・ピストンエンジン発電プロジェクトの感度テスト（ピストンエンジン稼働率 85%の場合）

| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 埋立ガス回収可能量 (mmBtu/時) | 151 | 153 | 156 | 150 | 113 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| 発電設備における最大埋立ガス消費率 (mmBtu/時) | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| 発電設備における埋立ガスの消費率 (mmBtu/時) | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| 発電量 (kWh/年) | 79,225,440 | 79,225,440 | 79,225,440 | 79,225,440 | 79,225,440 | 76,628,738 | 62,170,485 | 51,326,796 | 52,049,709 | 45,543,495 | 39,760,194 | 42,651,845 | 38,314,369 | 34,699,806 |
| 売電価格 ($/kWh) | $0.050 | $0.052 | $0.053 | $0.055 | $0.056 | $0.058 | $0.060 | $0.061 | $0.063 | $0.065 | $0.067 | $0.069 | $0.071 | $0.073 |
| 売電収入（年） | $3,961,272 | $4,080,110 | $4,202,513 | $4,328,589 | $4,458,447 | $4,441,685 | $3,711,741 | $3,156,274 | $3,296,751 | $2,971,197 | $2,671,719 | $2,952,006 | $2,731,356 | $2,547,892 |
| 温室効果ガス排出削減量(トン) | 546,013 | 554,889 | 562,567 | 541,191 | 407,607 | 381,918 | 309,749 | 257,119 | 261,275 | 227,080 | 199,783 | 213,720 | 191,104 | 173,126 |
| CER販売価格 ($/トン) | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 |
| CER収益 ($/年) | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 |
| **総収益** | **$3,961,272** | **$4,080,110** | **$4,202,513** | **$4,328,589** | **$4,458,447** | **$4,441,685** | **$3,711,741** | **$3,156,274** | **$3,296,751** | **$2,971,197** | **$2,671,719** | **$2,952,006** | **$2,731,356** | **$2,547,892** |
| 発電設備での埋立ガスの消費量 (mmBtu/年) | 816,022 | 816,022 | 816,022 | 816,022 | 816,022 | 789,276 | 640,356 | 528,666 | 536,112 | 469,098 | 409,530 | 439,314 | 394,638 | 357,408 |
| 埋立ガス購入価格 ($/mmBtu) | $0.50 | $0.52 | $0.53 | $0.55 | $0.56 | $0.58 | $0.60 | $0.61 | $0.63 | $0.65 | $0.67 | $0.69 | $0.71 | $0.73 |
| 年間埋立ガス購入費（$） | $408,011 | $420,251 | $432,859 | $445,845 | $459,220 | $457,494 | $382,309 | $325,096 | $339,565 | $306,033 | $275,187 | $304,057 | $281,330 | $262,433 |
| 埋立ガス発電設備維持管理費 ($/kWh) | $0.021 | $0.022 | $0.022 | $0.023 | $0.024 | $0.024 | $0.025 | $0.026 | $0.027 | $0.027 | $0.028 | $0.029 | $0.030 | $0.031 |
| 埋立ガス発電設備年間維持管理費（$） | $1,663,734 | $1,713,646 | $1,765,056 | $1,818,007 | $1,872,548 | $1,865,508 | $1,558,931 | $1,325,635 | $1,384,635 | $1,247,903 | $1,122,122 | $1,239,843 | $1,147,170 | $1,070,115 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（既存サイト） | $412,000 | $424,360 | $437,091 | $337,700 | $347,831 | $358,266 | $369,014 | $380,084 | $391,487 | $403,231 | $415,328 | $427,788 | $440,622 | $453,841 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（新規サイト） | | | | $495,000 | $46,000 | $48,000 | $381,000 | $76,000 | $78,000 | $444,000 | $111,000 | $114,000 | $514,000 | $151,000 |
| **総維持管理費** | **$2,483,745** | **$2,558,258** | **$2,635,005** | **$3,096,552** | **$2,725,599** | **$2,729,267** | **$2,691,254** | **$2,106,816** | **$2,193,687** | **$2,401,167** | **$1,923,637** | **$2,085,688** | **$2,383,121** | **$1,937,388** |
| **純利益** | **$1,477,527** | **$1,521,853** | **$1,567,508** | **$1,232,037** | **$1,732,848** | **$1,712,418** | **$1,020,486** | **$1,049,458** | **$1,103,063** | **$570,029** | **$748,081** | **$866,319** | **$348,235** | **$610,504** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 総発電容量 (kW) | 11,200 | 初期埋立ガス購入価格 ($/mmBtu) | $0.50 | 初期投資額 | $18,383,000 |
| 純発電容量(kW) | 10,640 | 埋立ガス購入価格上昇率 | 3% | | |
| 稼動率 | 85% | | | 税引き前IRR | -2.6% |
| 純発電設備熱要求量 (Btu/kWh)(HHV) | 10,300 | 埋立ガス発電設備　初期維持管理費 ($/kW | $0.021 | | |
| | | 埋立ガス発電設備維持管理費上昇率 | 3% | 累積純利益 | -$2,822,633 |
| 初期売電価格($/kWh) | $0.050 | | | | |
| 売電価格上昇率 | 3% | CER販売価格($/トン) | $0.00 | | |
| | | CER価格上昇率 | 0% | | |

## 表 28　埋立ガス回収・ピストンエンジン発電プロジェクトの感度テスト（初期売電価格 $ 0.036 の場合）

| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 埋立ガス回収可能量 (mmBtu/時) | 151 | 153 | 156 | 150 | 113 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| 発電設備における最大埋立ガス消費率 (mmBtu/時) | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| 発電設備における埋立ガスの消費率 (mmBtu/時) | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| 発電量 (kWh/年) | 83,885,760 | 83,885,760 | 83,885,760 | 83,885,760 | 83,885,760 | 81,136,311 | 65,827,573 | 54,346,019 | 55,111,456 | 48,222,524 | 42,099,029 | 45,160,777 | 40,568,155 | 36,740,971 |
| 売電価格 ($/kWh) | $0.036 | $0.037 | $0.038 | $0.039 | $0.041 | $0.042 | $0.043 | $0.044 | $0.046 | $0.047 | $0.048 | $0.050 | $0.051 | $0.053 |
| 売電収入（年） | $3,019,887 | $3,110,484 | $3,203,799 | $3,299,912 | $3,398,910 | $3,386,132 | $2,829,656 | $2,406,195 | $2,513,288 | $2,265,100 | $2,036,793 | $2,250,471 | $2,082,258 | $1,942,393 |
| 温室効果ガス排出削減量(トン) | 546,013 | 554,889 | 562,567 | 541,191 | 407,607 | 381,918 | 309,749 | 257,119 | 261,275 | 227,080 | 199,783 | 213,720 | 191,104 | 173,126 |
| CER販売価格 ($/トン) | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 |
| CER収益 ($/年) | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 |
| **総収益** | **$3,019,887** | **$3,110,484** | **$3,203,799** | **$3,299,912** | **$3,398,910** | **$3,386,132** | **$2,829,656** | **$2,406,195** | **$2,513,288** | **$2,265,100** | **$2,036,793** | **$2,250,471** | **$2,082,258** | **$1,942,393** |
| 発電設備での埋立ガスの消費量 (mmBtu/年) | 864,023 | 864,023 | 864,023 | 864,023 | 864,023 | 835,704 | 678,024 | 559,764 | 567,648 | 496,692 | 433,620 | 465,156 | 417,852 | 378,432 |
| 埋立ガス購入価格 ($/mmBtu) | $0.50 | $0.52 | $0.53 | $0.55 | $0.56 | $0.58 | $0.60 | $0.61 | $0.63 | $0.65 | $0.67 | $0.69 | $0.71 | $0.73 |
| 年間埋立ガス購入費（$） | $432,012 | $444,972 | $458,321 | $472,071 | $486,233 | $484,405 | $404,798 | $344,220 | $359,540 | $324,035 | $291,375 | $321,942 | $297,879 | $277,870 |
| 埋立ガス発電設備維持管理費 ($/kWh) | $0.021 | $0.022 | $0.022 | $0.023 | $0.024 | $0.024 | $0.025 | $0.026 | $0.027 | $0.027 | $0.028 | $0.029 | $0.030 | $0.031 |
| 埋立ガス発電設備年間維持管理費（$） | $1,761,601 | $1,814,449 | $1,868,882 | $1,924,949 | $1,982,697 | $1,975,244 | $1,650,633 | $1,403,614 | $1,466,084 | $1,321,309 | $1,188,129 | $1,312,775 | $1,214,650 | $1,133,062 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（既存サイト） | $412,000 | $424,360 | $437,091 | $337,700 | $347,831 | $358,266 | $369,014 | $380,084 | $391,487 | $403,231 | $415,328 | $427,788 | $440,622 | $453,841 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（新規サイト） | | | | $495,000 | $46,000 | $48,000 | $381,000 | $76,000 | $78,000 | $444,000 | $111,000 | $114,000 | $514,000 | $151,000 |
| **総維持管理費** | **$2,605,613** | **$2,683,781** | **$2,764,294** | **$3,229,720** | **$2,862,761** | **$2,865,915** | **$2,805,445** | **$2,203,918** | **$2,295,111** | **$2,492,575** | **$2,005,832** | **$2,176,505** | **$2,467,151** | **$2,015,773** |
| **純利益** | **$414,275** | **$426,703** | **$439,504** | **$70,193** | **$536,148** | **$520,217** | **$24,212** | **$202,277** | **$218,177** | **-$227,475** | **$30,961** | **$73,966** | **-$384,893** | **-$73,380** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 総発電容量 (kW) | 11,200 | 初期埋立ガス購入価格 ($/mmBtu) | $0.50 | 初期投資額 | $18,383,000 |
| 純発電容量(kW) | 10,640 | 埋立ガス購入価格上昇率 | 3% | | |
| 稼動率 | 90% | | | 税引き前IRR | #DIV/0! |
| 純発電設備熱要求量 (Btu/kWh)(HHV) | 10,300 | 埋立ガス発電設備　初期維持管理費 ($/kW | $0.021 | | |
| | | 埋立ガス発電設備維持管理費上昇率 | 3% | 累積純利益 | -$16,112,116 |
| 初期売電価格($/kWh) | $0.036 | | | | |
| 売電価格上昇率 | 3% | CER販売価格($/トン) | $0.00 | | |
| | | CER価格上昇率 | 0% | | |

## 表 29　埋立ガス回収・ピストンエンジン発電プロジェクトの感度テスト（初期売電価格 $ 0.06 の場合）

| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 埋立ガス回収可能量 (mmBtu/時) | 151 | 153 | 156 | 150 | 113 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| 発電設備における最大埋立ガス消費率 (mmBtu/時) | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| 発電設備における埋立ガスの消費率 (mmBtu/時) | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 106 | 86 | 71 | 72 | 63 | 55 | 59 | 53 | 48 |
| 発電量 (kWh/年) | 83,885,760 | 83,885,760 | 83,885,760 | 83,885,760 | 83,885,760 | 81,136,311 | 65,827,573 | 54,346,019 | 55,111,456 | 48,222,524 | 42,099,029 | 45,160,777 | 40,568,155 | 36,740,971 |
| 売電価格 ($/kWh) | $0.060 | $0.062 | $0.064 | $0.066 | $0.068 | $0.070 | $0.072 | $0.074 | $0.076 | $0.078 | $0.081 | $0.083 | $0.086 | $0.088 |
| 売電収入（年） | $5,033,146 | $5,184,140 | $5,339,664 | $5,499,854 | $5,664,850 | $5,643,553 | $4,716,094 | $4,010,325 | $4,188,813 | $3,775,167 | $3,394,654 | $3,750,785 | $3,470,429 | $3,237,321 |
| 温室効果ガス排出削減量(トン) | 546,013 | 554,889 | 562,567 | 541,191 | 407,607 | 381,918 | 309,749 | 257,119 | 261,275 | 227,080 | 199,783 | 213,720 | 191,104 | 173,126 |
| CER販売価格 ($/トン) | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 | $0.00 |
| CER収益 ($/年) | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 | $0 |
| **総収益** | **$5,033,146** | **$5,184,140** | **$5,339,664** | **$5,499,854** | **$5,664,850** | **$5,643,553** | **$4,716,094** | **$4,010,325** | **$4,188,813** | **$3,775,167** | **$3,394,654** | **$3,750,785** | **$3,470,429** | **$3,237,321** |
| 発電設備での埋立ガスの消費量 (mmBtu/年) | 864,023 | 864,023 | 864,023 | 864,023 | 864,023 | 835,704 | 678,024 | 559,764 | 567,648 | 496,692 | 433,620 | 465,156 | 417,852 | 378,432 |
| 埋立ガス購入価格 ($/mmBtu) | $0.50 | $0.52 | $0.53 | $0.55 | $0.56 | $0.58 | $0.60 | $0.61 | $0.63 | $0.65 | $0.67 | $0.69 | $0.71 | $0.73 |
| 年間埋立ガス購入費（$） | $432,012 | $444,972 | $458,321 | $472,071 | $486,233 | $484,405 | $404,798 | $344,220 | $359,540 | $324,035 | $291,375 | $321,942 | $297,879 | $277,870 |
| 埋立ガス発電設備維持管理費 ($/kWh) | $0.021 | $0.022 | $0.022 | $0.023 | $0.024 | $0.024 | $0.025 | $0.026 | $0.027 | $0.027 | $0.028 | $0.029 | $0.030 | $0.031 |
| 埋立ガス発電設備年間維持管理費（$） | $1,761,601 | $1,814,449 | $1,868,882 | $1,924,949 | $1,982,697 | $1,975,244 | $1,650,633 | $1,403,614 | $1,466,084 | $1,321,309 | $1,188,129 | $1,312,775 | $1,214,650 | $1,133,062 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（既存サイト） | $412,000 | $424,360 | $437,091 | $337,700 | $347,831 | $358,266 | $369,014 | $380,084 | $391,487 | $403,231 | $415,328 | $427,788 | $440,622 | $453,841 |
| 埋立ガス回収井戸維持管理費（新規サイト） | | | | $495,000 | $46,000 | $48,000 | $381,000 | $76,000 | $78,000 | $444,000 | $111,000 | $114,000 | $514,000 | $151,000 |
| **総維持管理費** | **$2,605,613** | **$2,683,781** | **$2,764,294** | **$3,229,720** | **$2,862,761** | **$2,865,915** | **$2,805,445** | **$2,203,918** | **$2,295,111** | **$2,492,575** | **$2,005,832** | **$2,176,505** | **$2,467,151** | **$2,015,773** |
| **純利益** | **$2,427,533** | **$2,500,359** | **$2,575,370** | **$2,270,134** | **$2,802,088** | **$2,777,639** | **$1,910,649** | **$1,806,407** | **$1,893,702** | **$1,282,592** | **$1,388,823** | **$1,574,279** | **$1,003,279** | **$1,221,548** |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 総発電容量 (kW) | 11,200 | 初期埋立ガス購入価格 ($/mmBtu) | $0.50 | 初期投資額 | $18,383,000 |
| 純発電容量(kW) | 10,640 | 埋立ガス購入価格上昇率 | 3% | | |
| 稼動率 | 90% | | | 税引き前IRR | 6.9% |
| 純発電設備熱要求量 (Btu/kWh)(HHV) | 10,300 | 埋立ガス発電設備　初期維持管理費 ($/kW | $0.021 | | |
| | | 埋立ガス発電設備維持管理費上昇率 | 3% | 累積純利益 | $9,051,402 |
| 初期売電価格($/kWh) | $0.060 | | | | |
| 売電価格上昇率 | 3% | CER販売価格($/トン) | $0.00 | | |
| | | CER価格上昇率 | 0% | | |

## 2-12 プロジェクト期間とクレジット期間

### 2-12-1 プロジェクト期間

本プロジェクトは、ムリベカ廃棄物処分場の既存サイトと新規サイトから、埋立ガスを回収する予定である。既存サイトは 2009 年まで、新規サイトでは 2032 年まで廃棄物の受け入れを予定している。

本プロジェクトのプロジェクト期間は 40 年（2006 年から 2035 年）とする。2006 年は建設・準備期間とし、埋立ガス回収システムの運転は、既存サイトで 2007 年 1 月に開始する予定である。既存サイトでは 2009 年で廃棄物の搬入を終了し、代わって新規サイトへ廃棄物の搬入を開始する予定である。

埋立ガス回収システムの稼動については、既存サイトにおいては 2007 年から埋立ガスの回収を開始し、クレジット期間中継続的に埋立ガスを回収する。新規サイトにおいては、2009 年から廃棄物の搬入が始まるが、埋立ガス回収システムを導入し、埋立ガスの回収を開始するのは、2012 年からを予定している。

### 2-12-2 クレジット期間

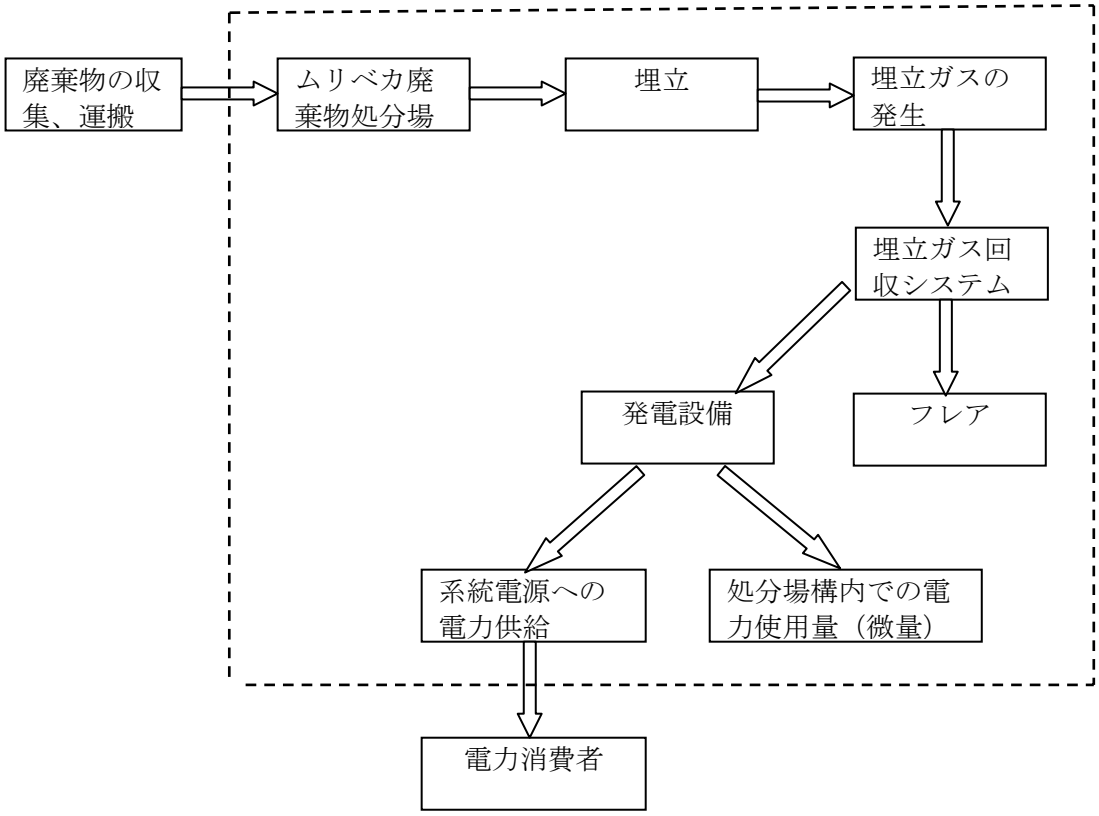
本プロジェクトのクレジット期間は、埋立ガス回収システムの運営が開始される 2007 年から、初期クレジット期間が 7 年、更にクレジット期間 7 年を 2 回更新して、最大 21 年間までクレジット期間を延長することを予定している。

## 2-13 プロジェクト・バウンダリー

ACM0001 によると、プロジェクト・バウンダリーは、埋立ガスが回収され、また埋立ガスか破壊又は使用される領域であると定義されている。

本プロジェクトのプロジェクト・バウンダリーを下記に示す。

**図 4　プロジェクト・バウンダリー**



想定されるプロジェクト排出量としては、以下の項目が考えられる。

1) 埋立ガス回収システムのポンプの電力使用量
2) 埋立ガスの移送の電力使用量
3) プロジェクト活動に要する電力使用量
4) 設備のスタートアップ時の燃料

1）から 3）の電力使用量については、構内発電設備からの電力を使用する予定で、合計でおよそ 560kW 程度と予想でき、プロジェクトからの発電量としては、総発電量からこの電力消費量を差し引いた純発電量を求める。また、4）のスタートアップ時の燃料は、非常に微量と考えるので、現時点では、考慮に入れていない。

## 2-14 プロジェクト排出削減量の算定方法

本プロジェクトの実際の排出削減量の算定には、ACM0001「埋立ガスプロジェクト活動のベースライン統合方法論」に記載されている排出削減量の算定方法を用いる。本プロジェクトでは、系統電源に供給する電力代替分の温室効果ガス排出削減量については、考慮しないこととする。したがって、温室効果ガス排出削減は、埋立ガス回収を発電設備又はフレア燃焼設備で処理することにより、メタンが破壊される量を定量化する。

$$ER_y = (MD_{project,y} - MD_{reg,y}) \times GWP_{CH4} \qquad \text{———} \quad (1)$$

ここで、$ER_y$ は y 年における温室効果ガス排出削減量（$tCO_2e$）、$MD_{project,y}$ はプロジェクトが実施された場合の y 年におけるメタン破壊・燃焼量（$tCH_4$）、$MD_{reg,y}$ はプロジェクトが実施されなかった場合に y 年に予測されるメタン破壊・燃焼量（$tCH_4$）、そして $GWP_{CH4}$ はメタンの GWP（地球温暖化係数）である。

y 年においてプロジェクトが実施されなかった場合に予測されるメタン破壊・燃焼量（$tCH_4$）である $MD_{reg,y}$ は、以下の式で算出される。プロジェクトが実施されない場合に、埋立ガス回収について規制または契約上の要求事項が無い場合、各プロジェクトに妥当と考えられる AF（Adjustment Factor）を設定する。

$$MD_{reg,y} = MD_{project,y} \times AF \qquad \text{———} \quad (2)$$

ブラジルでは、現在、埋立地から発生する埋立ガスの一部又は全部を回収しなければならないという規制が無い。また、ムリベカ廃棄物処分場では、同様の内容について、契約書でも触れられておらず、埋立ガスの回収は一切行っていない。唯一の規制としては、安全目的上、埋立地に排気パイプと排気口を設置し、埋立ガスを埋立地外に排気することのみである。中央政府にヒアリングを行った際にも、今後、埋立ガス回収を義務付ける法規制を導入する必要性に関しては検討が行われていないという回答であった。したがって、現時点では、AF＝0 と設定することが妥当と考えられる。ただし後にモニタリングによって、状況に変化があれば、随時 AF 値を更新する。

$$AF = 0$$
$$MD_{reg,y} = MD_{project,y} \times 0$$
$$MD_{reg,y} = 0 \qquad \text{———} \quad (2')$$

したがって、$MD_{reg,y}$＝0 と合理的に想定することができる。

次に、プロジェクトが実施された場合の y 年におけるメタン破壊・燃焼量（$MD_{project,y}$）については、以下の式によって算出することができる。

$$MD_{project,y} = MD_{flared,y} + MD_{electricity,y} \qquad (3)$$

$MD_{flared,y}$ はプロジェクトが実施された場合に y 年にフレア燃焼設備において破壊・燃焼されるメタン量（t）を示し、$MD_{electricity,y}$ はプロジェクトが実施された場合に発電施設において y 年に破壊・燃焼されるメタン量（t）を示す。$MD_{flared,y}$ は以下の式で算出される。

$$MD_{flared,y} = LFG_{flare,y} \times w_{CH4,y} \times D_{CH4} \times FE \qquad (4)$$

$LFG_{flare,y}$ は y 年にフレア燃焼される埋立ガス量（$m^3$）、$w_{CH4,y}$ は y 年における埋立ガス中のメタン含有率の平均（$m^3CH_4 / m^3LFG$）、$D_{CH4}$ はメタン密度（$tCH_4 / m^3CH_4$）、そして $FE$ はフレア燃焼設備のフレア燃焼高率を示す。メタン密度については同モニタリング方法論において、デフォルト値として 0.0007168 $tCH_4 / m^3CH_4$ が設定されている。
次に、y 年にプロジェクトが実施された場合に発電設備で破壊・燃焼されるメタン量（t）は、以下の式によって算出する。

$$MD_{electricity,y} = LFG_{electricity,y} \times w_{CH4,y} \times D_{CH4} \qquad (5)$$

$LFG_{electricity,y}$ は、y 年にプロジェクトが実施された場合に発電機で破壊・燃焼される埋立ガス量（$m^3$）を示す。$w_{CH4,y}$ と $D_{CH4}$ については、式（4）上記と同様である。したがって、式（3）に式（4）と式（5）の結果を代入すると、式（3）は以下のように表せる。

$$MD_{project,y} = (LFG_{flare,y} \times w_{CH4,y} \times D_{CH4} \times FE) + (LFG_{electricity,y} \times w_{CH4,y} \times D_{CH4}) \qquad (6)$$

また、式（6）と式（2’）を式（1）に代入すると、式（1）は以下の通りになる。

$$\begin{aligned} ER_y &= \{(LFG_{flare,y} \times w_{CH4,y} \times D_{CH4} \times FE) + (LFG_{elec,y} \times w_{CH4,y} \times D_{CH4})\} \times GWP_{CH4} \\ &= \{(LFG_{flare,y} \times FE) + (LFG_{elec,y})\} \times w_{CH4,y} \times D_{CH4} \times GWP_{CH4} \qquad (7) \end{aligned}$$

本プロジェクトの温室効果ガス排出削減量は、プロジェクトが実施された後に、モニタリングによって得られた実測値を利用して、上記の式より算出する。また、モニタリング結果より、パラメーターを変更する必要が生じた際は、速やかに変更を行うものとする。

## 2-15 発電設備・フレア燃焼設備

ムリベカ廃棄物処分場では、計 11.2 MW の発電容量の発電設備導入を計画している。発電設備で消費される埋立ガスに加え、過剰な埋立ガスについてはフレア燃焼設備でフレア燃焼される。

<u>発電設備の機器構成</u>

本プロジェクトでは、発電機は高効率、排出低減、低燃費の Caterpillar Model 3520 を導入する予定である。発電設備には以下の機器が含まれる。

- 65 $Nm^3$/分の水分分離装置２機
- 多段式遠心ブロア２機
- 熱交換機（ガス⇒大気）３機
- 出力 1.6MW の Caterpillar 3520 エンジン/発電機 7 機（総出力 11.2MW、発電電圧 4,160V）
- 発電機を統合するための開閉装置
- 発電電圧を 4,160V から 69kV に増圧するための開閉装置
- 5km と 69kV の送電線

これらの発電設備の機器は、およそ$14,640,000 の初期投資額を要すると予想される。更に、前章で埋立ガス回収井戸とフレア燃焼設備のコストは、$3,743,000 と予想されている。したがって、埋立ガス回収・発電事業の初期投資額は、合計で$18,383,000 となる。

## 2-16 収益性

### 2-16-1 前提条件

SCS Engineers 社の事前実施可能性調査で、本 CDM 事業である、埋立ガス回収・発電プロジェクト（ピストン・エンジン）の投資分析を実施した際の前提条件を以下に示す。

- 総発電容容量（kW）11,200kW
- 純設備発電容量（kW）10,640ｋW　（設備で消費される電力量 560kW を含めない）
- 稼動率 90%
- 純設備発熱率　10,300 Btu/kW　HHV
- 埋立ガスの使用料金＄0.50 / mmBtu
  埋立ガスの使用料金は、埋立ガス使用量に応じて、埋立地の所有者に支払う料金
- 初期電力販売価格　＄0.050
- 電力販売価格上昇率　3%
- 初期埋立ガスコスト　＄0.50　（＄/mmBtu）
- 埋立ガスコスト上昇率　3%
- 高効率埋立ガスシステム維持管理コスト　＄0.021
- 高効率埋立ガスシステム維持管理コスト上昇率　3%
- CER 価格　＄6　（$/tCO2）
- 初期投資額　$18,383,000
- 埋立ガス回収設備、発電設備、フレア燃焼設備の稼動時間　8,760 時間/年
- 埋立ガス中のメタン含有率　50%
- メタン密度 0.0007168 $tCH_4$ / $m^3CH_4$　（ACM0001 においてデフォルトと設定されているメタン密度）
- フレア燃料率 98%（発電設備ではほぼ 99%の燃焼効率。ここでは保守的に総回収メタン量に掛ける）

### 2-16-2 初期投資額

SCS Engineers 社の事前実施可能性調査より、埋立ガス回収・発電プロジェクトの初期投資額は、高効率埋立ガス回収システム、発電設備、フレア燃焼設備等の導入を予定しており、これらの初期投資は＄18,383,000 と予想している。

### 2-16-3 維持運営費用

SCS Engineers 社の事前実施可能性調査より、埋立ガス回収・発電プロジェクトの、年間維持運営費は、埋立ガス回収量によって変化し、その財務分析の表に各維持運営費を示す。

### 2-16-4 内部収益率

SCS Engineers 社の事前実施可能性調査より、埋立ガス回収・発電プロジェクトの内部収益率（IRR）は**表 23** に示されるとおり、CER 収益を考慮した場合、20.8%となる。

### 2-16-5 温室効果ガス排出削減コスト

プロジェクト開始から 14 年間の温室効果ガス排出削減コストを以下のように算出した。14 年間の予想温室効果ガス排出削減量は、4,827,141 トン $CO_2$ 相当である。

温室効果ガス排出削減コスト＝プロジェクト初期投資÷予想総温室効果ガス排出削減量
＝$18,383,000 ÷4,827,141 $tCO_2e$

≒$3.8 $tCO_2$ 相当

### 2-16-6 プロジェクト活動に対する公的資金

本プロジェクトでは、公的資金を使用する予定は無い。

## 2-17 リーケージ

ACM0001 では、本ベースライン方法論を使用した場合は、特にリーケージを考慮する必要はないと記載されている。

本 CDM のリーケージとして考えられる項目は、以下の項目が考えられる。

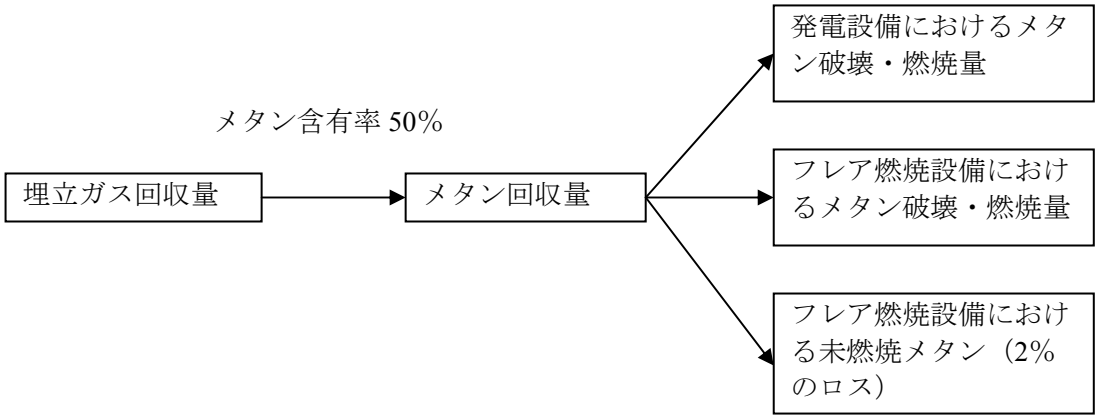
(1) 廃棄物の運搬の際に使用される燃料からの GHG 排出
(2) 埋立地の底や側面から漏れ出した GHG 排出
(3) 埋立ガス回収システムと発電設備の運転開始時に使用される電力

（1）と（2）については、本プロジェクトが実施されなかった場合でも、ほぼ同様の GHG 排出が発生するものと考えられるので、あえて考慮する必要は無いと考えられる。また、（3）については、その消費電力が微量であるので考慮しない。これらの設備の維持運営に関わる電力は、一旦始動した後は、本発電機で発電される電力で賄うことができ、温室効果ガス排出削減量の算定にも影響することがないので考慮しない。

したがって、本プロジェクトによるリーケージは特に無いと合理的に判断できる。

## 2-18 プロジェクト実施による予想温室効果ガス排出削減量

本プロジェクトを実施された場合の、予想温室効果ガス排出量を算定するには、2.5.6 章で算出された予想埋立ガス回収量を用いる。ここで、埋立ガス回収システムによって回収された埋立ガスは、最終的に発電設備またはフレア燃焼設備のどちらかで、破壊・燃焼される。したがって、予想の段階では、予想埋立ガス回収量中の全メタンガスが、発電設備で破壊・燃焼される、フレア燃焼設備で破壊・燃焼される、フレア燃焼設備で未燃焼メタンと大気に放出される、のいずれかの方法で処理されると合理的に考えられる。したがって、クレジット期間中の予想温室効果ガス排出削減量を以下のように算出することができる。



算定時の条件

- 埋立ガス中のメタン含有率　50%
- メタン密度 0.0007168 $tCH_4$ / $m^3CH_4$　（ACM0001 のデフォルト値）
- 稼動時間　8,760 時間/年
- フレア燃料率 98%（発電設備ではほぼ 99%の燃焼効率。ここでは保守的に総回収メタン量に掛ける）

予想温室効果ガス排出削減量＝

| 回収可能埋立ガス($m^3$) | × | メタン含有率 0.5 | × | 稼動時間 8,760 時 | × | フレア燃焼率 0.98 | × | メタン密度 0.0007168 | × | メタン GWP21 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

ムリベカ廃棄物処分場の、既存サイト、新規サイトについて、予想メタン排出削減量を算出した結果を表に示す。

表 **30**　ムリベカ廃棄物処分場　既存サイトの予想メタン排出削減量

| 年 | 予想埋立ガス回収量 | | 予想メタン排出削減量 | |
|---|---|---|---|---|
| | **($m^3$/時)** | **(mmBtu/時)** | **(トン CH4/年)** | **(トン $CO_2$ 相当/年)** |
| 1994 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1995 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1996 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1997 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1998 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1999 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2001 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2002 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2003 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2004 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2005 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2006 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2007 | 8,451 | 151 | 26,001 | 546,013 |
| 2008 | 8,588 | 153 | 26,423 | 554,889 |
| 2009 | 8,707 | 156 | 26,789 | 562,567 |
| 2010 | 8,376 | 150 | 25,771 | 541,191 |
| 2011 | 6,308 | 113 | 19,410 | 407,607 |
| 2012 | 4,872 | 87 | 14,991 | 314,806 |
| 2013 | 3,863 | 69 | 11,885 | 249,590 |
| 2014 | 3,143 | 56 | 9,671 | 203,091 |
| 2015 | 2,621 | 47 | 8,064 | 169,350 |
| 2016 | 2,234 | 40 | 6,874 | 144,355 |
| 2017 | 1,941 | 35 | 5,971 | 125,401 |
| 2018 | 1,713 | 31 | 5,270 | 110,663 |
| 2019 | 1,531 | 27 | 4,710 | 98,904 |
| 2020 | 1,382 | 25 | 4,252 | 89,283 |
| 2021 | 1,257 | 22 | 3,868 | 81,225 |
| 2022 | 1,150 | 21 | 3,540 | 74,336 |
| 2023 | 1,058 | 19 | 3,254 | 68,342 |
| 2024 | 976 | 17 | 3,002 | 63,050 |
| 2025 | 903 | 16 | 2,777 | 58,324 |
| 2026 | 837 | 15 | 2,575 | 54,065 |
| 2027 | 777 | 14 | 2,390 | 50,200 |
| 2028 | 722 | 13 | 2,223 | 46,675 |
| 2029 | 672 | 12 | 2,069 | 43,445 |
| 2030 | 626 | 11 | 1,928 | 40,479 |
| 2031 | 584 | 10 | 1,797 | 37,747 |
| 2032 | 545 | 10 | 1,677 | 35,227 |
| 2033 | 509 | 9 | 1,567 | 32,900 |
| 2034 | 476 | 9 | 1,464 | 30,749 |
| 2035 | 445 | 8 | 1,369 | 28,758 |
| 2036 | 417 | 7 | 1,282 | 26,916 |
| 2037 | 390 | 7 | 1,200 | 25,208 |
| 2038 | 366 | 7 | 1,125 | 23,626 |
| 2039 | 343 | 6 | 1,055 | 22,159 |
| 2040 | 322 | 6 | 990 | 20,798 |

表 31　ムリベカ廃棄物処分場　新規サイトの予想メタン排出削減量

| 年 | 予想埋立ガス回収量 | | 予想メタン排出削減量 | |
|---|---|---|---|---|
| | ($m^3$/時) | (mmBtu/時) | (トン CH4/年) | (トン $CO_2$ 相当/年) |
| 1994 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1995 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1996 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1997 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1998 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1999 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2001 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2002 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2003 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2004 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2005 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2006 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2007 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2008 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2009 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2010 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2011 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2012 | 1,039 | 19 | 3,196 | 67,112 |
| 2013 | 931 | 17 | 2,865 | 60,159 |
| 2014 | 836 | 15 | 2,573 | 54,027 |
| 2015 | 1,423 | 25 | 4,377 | 91,925 |
| 2016 | 1,280 | 23 | 3,939 | 82,725 |
| 2017 | 1,151 | 21 | 3,542 | 74,382 |
| 2018 | 1,595 | 29 | 4,907 | 103,057 |
| 2019 | 1,427 | 25 | 4,390 | 92,200 |
| 2020 | 1,298 | 23 | 3,993 | 83,843 |
| 2021 | 1,889 | 34 | 5,811 | 122,023 |
| 2022 | 1,695 | 30 | 5,214 | 109,492 |
| 2023 | 1,535 | 27 | 4,722 | 99,167 |
| 2024 | 2,026 | 36 | 6,235 | 130,936 |
| 2025 | 1,822 | 33 | 5,607 | 117,751 |
| 2026 | 2,187 | 39 | 6,728 | 141,290 |
| 2027 | 1,988 | 36 | 6,117 | 128,467 |
| 2028 | 2,353 | 42 | 7,240 | 152,031 |
| 2029 | 2,098 | 37 | 6,456 | 135,581 |
| 2030 | 2,451 | 44 | 7,543 | 158,398 |
| 2031 | 2,577 | 46 | 7,927 | 166,475 |
| 2032 | 2,325 | 42 | 7,155 | 150,255 |
| 2033 | 3,129 | 56 | 9,628 | 202,179 |
| 2034 | 2,327 | 42 | 7,160 | 150,352 |
| 2035 | 1,773 | 32 | 5,454 | 114,539 |
| 2036 | 1,386 | 25 | 4,264 | 89,542 |
| 2037 | 1,112 | 20 | 3,422 | 71,870 |
| 2038 | 916 | 16 | 2,818 | 59,177 |
| 2039 | 772 | 14 | 2,375 | 49,885 |
| 2040 | 664 | 12 | 2,044 | 42,933 |

表 32　ムリベカ廃棄物処分場　既存サイトと新規サイトの予想メタン排出削減量

| 年 | 予想埋立ガス回収量 | | 予想メタン排出削減量 | |
|---|---|---|---|---|
| | **($m^3$/時)** | **(mmBtu/時)** | **(トン CH4/年)** | **(トン $CO_2$ 相当/年)** |
| 1994 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1995 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1996 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1997 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1998 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1999 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2001 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2002 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2003 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2004 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2005 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2006 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2007 | 8,451 | 151 | 26,001 | 546,013 |
| 2008 | 8,588 | 153 | 26,423 | 554,889 |
| 2009 | 8,707 | 156 | 26,789 | 562,567 |
| 2010 | 8,376 | 150 | 25,771 | 541,191 |
| 2011 | 6,308 | 113 | 19,410 | 407,607 |
| 2012 | 5,911 | 106 | 18,187 | 381,918 |
| 2013 | 4,794 | 86 | 14,750 | 309,749 |
| 2014 | 3,979 | 71 | 12,244 | 257,119 |
| 2015 | 4,044 | 72 | 12,442 | 261,275 |
| 2016 | 3,514 | 63 | 10,813 | 227,080 |
| 2017 | 3,092 | 55 | 9,513 | 199,783 |
| 2018 | 3,308 | 59 | 10,177 | 213,720 |
| 2019 | 2,958 | 53 | 9,100 | 191,104 |
| 2020 | 2,679 | 48 | 8,244 | 173,126 |
| 2021 | 3,146 | 56 | 9,678 | 203,248 |
| 2022 | 2,845 | 51 | 8,754 | 183,828 |
| 2023 | 2,593 | 46 | 7,977 | 167,509 |
| 2024 | 3,002 | 54 | 9,237 | 193,986 |
| 2025 | 2,725 | 49 | 8,385 | 176,075 |
| 2026 | 3,023 | 54 | 9,303 | 195,355 |
| 2027 | 2,765 | 49 | 8,508 | 178,668 |
| 2028 | 3,075 | 55 | 9,462 | 198,706 |
| 2029 | 2,771 | 50 | 8,525 | 179,027 |
| 2030 | 3,078 | 55 | 9,470 | 198,876 |
| 2031 | 3,161 | 56 | 9,725 | 204,222 |
| 2032 | 2,871 | 51 | 8,832 | 185,482 |
| 2033 | 3,638 | 65 | 11,194 | 235,079 |
| 2034 | 2,803 | 50 | 8,624 | 181,101 |
| 2035 | 2,218 | 40 | 6,824 | 143,298 |
| 2036 | 1,802 | 32 | 5,546 | 116,458 |
| 2037 | 1,502 | 27 | 4,623 | 97,078 |
| 2038 | 1,282 | 23 | 3,943 | 82,803 |
| 2039 | 1,115 | 20 | 3,431 | 72,044 |
| 2040 | 986 | 18 | 3,035 | 63,731 |

**表 33　予想温室効果ガス排出削減量**

| 年 | 予想される LFG 回収量 | | | 推定メタン回収量 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ($m^3$/hr) | (cfm) | (mmBtu/hr) | (tonnes CH4/yr) | (tonnes $CO_2$eq/yr) |
| 2007 | 8,451 | 4,974 | 151 | 26,001 | 546,013 |
| 2008 | 8,588 | 5,055 | 153 | 26,423 | 554,889 |
| 2009 | 8,707 | 5,125 | 156 | 26,789 | 562,567 |
| 2010 | 8,376 | 4,930 | 150 | 25,771 | 541,191 |
| 2011 | 6,308 | 3,713 | 113 | 19,410 | 407,607 |
| 2012 | 5,911 | 3,479 | 106 | 18,187 | 381,918 |
| 2013 | 4,794 | 2,822 | 86 | 14,750 | 309,749 |
| 第 1 期クレジット期間温室効果ガス排出削減量 | | | | | 3,303,934 |
| 2014 | 3,979 | 2,342 | 71 | 12,244 | 257,119 |
| 2015 | 4,044 | 2,380 | 72 | 12,442 | 261,275 |
| 2016 | 3,514 | 2,069 | 63 | 10,813 | 227,080 |
| 2017 | 3,092 | 1,820 | 55 | 9,513 | 199,783 |
| 2018 | 3,308 | 1,947 | 59 | 10,177 | 213,720 |
| 2019 | 2,958 | 1,741 | 53 | 9,100 | 191,104 |
| 2020 | 2,679 | 1,577 | 48 | 8,244 | 173,126 |
| 第 2 期クレジット期間温室効果ガス排出削減量 | | | | | 1,523,207 |
| 2021 | 3,146 | 1,851 | 56 | 9,678 | 203,248 |
| 2022 | 2,845 | 1,675 | 51 | 8,754 | 183,828 |
| 2023 | 2,593 | 1,526 | 46 | 7,977 | 167,509 |
| 2024 | 3,002 | 1,767 | 54 | 9,237 | 193,986 |
| 2025 | 2,725 | 1,604 | 49 | 8,385 | 176,075 |
| 2026 | 3,023 | 1,780 | 54 | 9,303 | 195,355 |
| 2027 | 2,765 | 1,628 | 49 | 8,508 | 178,668 |
| 第 3 期クレジット期間温室効果ガス排出削減量 | | | | | 1,298,669 |
| クレジット期間 21 年間の温室効果ガス排出削減量 | | | | | 6,125,810 |

21 年間のクレジット期間の、年間平均温室効果ガス排出削減量は、291,705tCO2eq/y である。

## 2-19 モニタリング方法論と計画

### 2-19-1 モニタリング方法論の検討

ベースライン方法論に ACM0001「埋立ガスプロジェクト活動のベースライン統合方法論」を用いた場合は、モニタリング方法論には ACM0001「埋立ガスプロジェクト活動のモニタリング統合方法論」を用いることと記載されている。

更に ACM0001「埋立ガスプロジェクト活動のモニタリング統合方法論」の適用条件と一致している。

ACM0001 の適用条件は、プロジェクトのベースラインにおいて、部分的又は全部の埋立ガスを大気中に放出しており、かつ、プロジェクトが次のいずれかに該当することである。

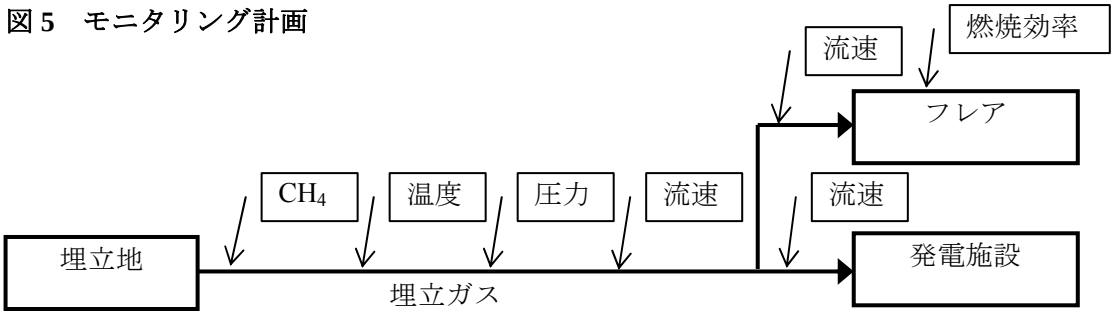
a) 回収埋立ガスをフレアする
b) 回収埋立ガス用いてエネルギー（例：電力/ 熱エネルギー）を生産するが、このエネルギー代替による排出削減分を申請しない
c) 回収埋立ガス用いてエネルギー（例：電力/ 熱エネルギー）を生産し、このエネルギー代替による排出削減分を申請する

本プロジェクトは、プロジェクト・ベースラインで、全部の埋立ガスを大気中に放出しているとともに、プロジェクト内容については上記の適用条件の b) に合致している。したがって、ACM0001 を用いることが可能であると考えられる。

### 2-19-2 モニタリング計画の検討

ACM0001 のモニタリング方法論は、回収されかつ破壊される埋立ガス量をその場で直接測定する。モニタリング計画では、実際に回収されるメタン量（$MD_{project,y}$）実際にフレア燃焼されるメタン量（$MD_{flared,y}$）、そして発電に用いられるメタン量（$MD_{electricity,y}$）の継続的測定により、後の排出削減量を算定するために必要となる変数を決定するように計画する。

**図 5　モニタリング計画**




＜収集・モニターする必要のあるデータ＞

埋立ガス回収総量（$LFG_{total,y}$）：埋立地から回収システムにより流入する埋立ガス総量

フレアされる埋立ガス量（$LFG_{flare,y}$）：フレア燃焼設備に流入する埋立ガス量

発電設備で燃焼する埋立ガス量（$LFG_{electricity,y}$）：発電施設に流入する埋立ガス量

FE：フレア燃焼設備で埋立ガスが燃焼される時間数に、フレア工程の効率を乗じる。フレア燃焼設備からの排ガス中のメタン含有率を、最低 3 ヶ月に 1 回、分析する必要がある。これにより、フレア燃焼設備に送られるメタン量のうち、実際に破壊されるメタン割合を計算することが可能である。

$W_{CH4}$：埋立ガス中のメタン含有率。

95%信頼水準、目盛付きガスメーターを使用。埋立ガス回収総量（$LFG_{total,y}$）、フレアされる埋立ガス量（$LFG_{flare,y}$）、発電設備で燃焼する埋立ガス量（$LFG_{electricity,y}$）を測定する際に、統計的に有効な数のサンプルを採取。

また、継続メタン分析機の使用が可能であればより望ましい。これは、埋立ガス回収装置の状態によって、埋立ガス中のガス成分は日によって 20%以上変動することがある為、より精度の高いデータを得るためには、継続的にメタン成分を分析・記録することが望ましい。

T：埋立ガス中のメタン濃度計算に使用。

P：埋立ガス中のメタン濃度計算に使用。

構内電力消費量（MWh）：測定機器を用いて測定する。

規制要求：規制に関して変更が生じた場合は、速やかにベースライン排出量（$MD_{reg,y}$）に反映する必要がある。規制要求事項の変更に応じて、プロジェクトが無かった場合の埋立ガス回収・破壊量、つまりベースライン排出量を変更する必要が生じる可能性がある。したがって、規制要求事項は定期的にモニターする必要があり、プロジェクト参加者は規制要求事項の変化をどのようにベースライン排出量に反映させるかを明確にする必要がある。

**表 34　モニタリング項目**

| #ACM 0001 | 変数 | 単位 | 測定/算定 | 記録頻度 | データモニタ割合 | 測定方法 | データ保管期間 | コメント |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | LFG 回収量 ($LFG_{total,y}$) | $m^3$ | 測定 | 継続的/定期的 | 100% | 電子 | クレジット期間とその後 2 年間 | 流量計 毎月/毎年データを集計 |
| 2 | フレア燃焼量 ($LFG_{flare,y}$) | $m_3$ | 測定 | 継続的/定期的 | 100% | 電子 | 〃 | 〃 |
| 3 | 発電設備での燃焼量 ($LFG_{electricity,y}$) | $m_3$ | 測定 | 継続的/定期的 | 100% | 電子 | 〃 | 〃 |
| 5 | フレア効率（(1)運転時間と(2)燃焼排ガス中メタン割合から算出） (FE) | % | 測定/算定 | (1) 継続的 (2)四半期毎/毎月 | n/a | 電子 | 〃 | (1)燃焼排ガス中メタン割合の定期的測定 (2)フレア燃焼設備運営時間の継続的測定 |
| 6 | LFG 中のメタン含有率 ($w_{CH4,y}$) | $m^3CH_4/m^3LFG$ | 測定 | 継続的/定期的 | 100% | 電子 | 〃 | 継続敵にガス分析で測定が望ましい |
| 7 | LFG 温度(T) | ℃ | 測定 | 継続的/定期的 | 100% | 電子 | 〃 | メタン密度決定の為に測定 |
| 8 | LFG 圧力(P) | Pa | 測定 | 継続的/定期的 | 100% | 電子 | 〃 | メタン密度決定の為に測定 |
| 9 | 構内での電力・エネルギー消費量 | MWh | 測定 | 継続的 | 100% | 電子 | 〃 | 設備構内における $CO_2$ 排出量を決定する為に測定 |
| 11 | LFG 規制要求事項 | テスト | n/a | 毎年 | 100% | 電子 | 〃 | 調節因子(AF)と MDreg,y の |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 変更を判断する為に測定 |

*ACM0001 の I.D＃4 と 10 については、本プロジェクトに該当しない為、モニタリングの対象から外している。

＜モニターされた項目に対する品質管理（QC）・品質保証（QA）手続き＞
品質管理・品質保証の手続きの実施が必要な項目は以下の通りである。

**表 35　モニタリングの品質管理・品質褒章**

| データ | データの不確実性（高/中/低） | QA/QC 手続き計画 | QA/QC 手続き計画 |
|---|---|---|---|
| ＃1-3<br>$LFG_y$<br>($LFG_{total,y}$)<br>($LFG_{flare,y}$)<br>($LFG_{electricity,y}$) | 低 | 有り | 流速計は定期的メンテナンス・試験を受け、精度の維持に努める。 |
| フレア効率（FE） | 中 | 有り | 定期的メンテナンスにより高いフレア効率を確保。フレア効率は 3 ヶ月に 1 回、もしくは著しい偏差が見られる場合は毎月、検査を実施。 |
| LFG 中のメタン含有率($w_{CH4,y}$) | 低 | 有り | ガス分析機は定期的メンテナンス・試験を受け、精度の維持に努める。 |

＜その他の係数＞

$CH_4 \Rightarrow CO_2$：
メタン排出削減量を二酸化炭素相当排出削減量に変換する際に用いる係数は“21”を用いる。適用期間は 1996 年から現在まで。出典は、「Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories」。

$CH_4$ の密度：
メタンの密度は、標準温度・圧力において 0.0007168 $tCH_4/m^3CH_4$ を用いる。

## 2-20 環境影響

現時点では、まだ環境影響評価（EIA）は実施していない。CPRH（State agency of Environment and Resources）に、本プロジェクト実施に必要となる Environmental License を申請する際に、プロジェクト詳細の企画書と環境影響評価を提出する必要がある。環境影響評価を実施し次第、本 PDD にもその実施結果を反映させる予定である。

本プロジェクトによる、主要な環境影響としては、以下の項目が考えられる。

- 気候変動
- 大気環境（有害性大気汚染物質）
- 大気環境（従来の大気汚染物質）

その他可能性のある環境影響としては、以下の項目が考えられる。

- 地上水
- 地下水
- 騒音

大　気

本プロジェクトの目的は温室効果ガスの削減であり、2007 年から 2021 年までの間、約 4.5 百万 $tCO_2eq$ 相当の温室効果ガスが削減できる見込みである。

埋立ガスは、低濃度の揮発性有機化合物（Volatile Organic Compounds; VOCs）と有害性大気汚染物質(Hazardous Air Pollutants; HAPs)が含まれている。埋立ガスが回収されない場合、一般的な埋立ガスの特性から、VOC 排出量と HAP 排出量は最大で年間約 63 トン（2009 年度値）に達すると見込まれる。埋立ガスをフレア燃焼やエンジンでの燃焼などによる破壊することにより、VOC 排出量と HAP 排出量が約 98%削減されると見込まれる。

ピストン・エンジン（reciprocating engines）は、従来の大気汚染物質の排出を制限するために、Best Available Control Technology (BACT) を採用する予定である。発電設備における燃焼により、多少の大気汚染が生じる可能性がある。SCS Engineers 社は、従来の大気汚染物質の排出は、下記の濃度で、2009 年にピークに達する見込みである。

**表 36　各物質の予想排出量**

| 物質 | 濃度 |
|---|---|
| 窒素酸化物（NOx） | 136.7 トン/年 |
| 一酸化窒素（CO） | 210.6 トン/年 |
| 硫黄酸化物（$SO_2$） | 14.1 トン/年 |
| 煤塵（PM） | 28.9 トン/年 |

排　水

本プロジェクトは、少量ではあるが廃水の濃縮液を排出すると思われる。濃縮液は、埋立ガスがフレア燃焼設備に移動する間に冷却されて、その際に埋立ガスから分離された水分からできている。濃縮液は一般的に、処理や廃棄の目的で、埋立地からの浸出液と混合される。現在までの調査によると、毎分 300 リットル発生する浸出水に比べると濃縮液の量は微量である。不定量の浸出液が、特定の埋立ガス抽出井かポンプで汲み出される。しかし、これは浸出液生産の長期的な増加には繋がらず、抽出井によって抽出された浸出液は、埋立地の側面や底に漏出し、浸出液の速度を低下するものと予想される。濃縮された浸出液をコントロールすることで、地面と地下の水質向上に繋がるものと予想される。

騒　音
ピストン・エンジンは、本プロジェクトで使用される予定の設備の中で、最も大きな騒音の発生源になると考えられる。しかし、各エンジンに防音対策を施すことで、騒音を抑制することが可能である。

自然発火
埋立地から発生するメタンにより自然発火が引き起こされることがある。埋立地にフレア燃焼設備を設置することにより、メタンを回収・破壊することにより、自然発火の危険性を回避することが可能である。

## 2-21 その他の影響について

### 2-21-1 技術普及効果

現在、ブラジルにおいては、CDM 事業以外には埋立ガス回収技術及びメタン発電技術が広く普及しておらず、水力発電や化石燃料によるエネルギー供給が主である。本プロジェクトで、埋立ガス回収技術及びメタン発電技術を導入することにより、ブラジルへの技術移転を行うことが可能で、同国の省エネルギー及び再生可能エネルギー事業の推進に貢献することができる。

### 2-21-2 社会的影響

本プロジェクトを実施することにより、雇用の創出や周辺環境の向上を期待することができる。

### 2-21-3 持続的発展へ貢献

技術普及効果でも述べた通り、本プロジェクトはブラジルの省エネルギー及び再生可能エネルギー事業に寄与することが可能であり、ブラジル国内における、エネルギーミックスの多様性を広げることが可能である。

## 2-22 利害関係者のコメント

現地にて打ち合わせを行った組織や機関は以下に示すとおりである。

| 組織・機関 | 面会者 |
|---|---|
| （ブラジリア市） | |
| ■ Interministerial Commission on Global Climate Change (CIMGC) | Mr. José Domingos Gonzalez Miguez |
| ■ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) | Mr. Marco Antonio de Araujo Capparelli 他 4 名 |
| （レシフェ市、ジャバオタン市） | |
| ■ Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH) | Mr. Tito Lívio de Barros e Souza 他 2 名 |
| ■ DNV Brasil | Mr. Samuel Barbosa |
| ■ Copergas | Mr. Jailson Galvão |
| ■ Secretário de Planejamento, Governo do Estado Pernambuco | Mr. Raul Henry |
| ■ Fundação de Desenvolvimento Municipal (FIDEM) | |
| ■ Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) | Mr. Ricardo Barreto Fellows 他 3 名 |
| ■ Secretariate of the Environment, Jabaotao | Mr. Roberto Gomes |
| ■ Companhia Energética de Pernambuco (CELPE) | Ms. Mary Medeiros 他 2 名 |
| ■ Secretário de Desenvolvimento Urbano, Governo de Pernambuco | Ms. Terezinha Nunes 他 2 名 |
| ■ Empresa de Manutenção e Limpęza Urbana (EMLURB) | Mr. Roberto Gusmão |

### 2-22-1 中央政府

| 氏名 | 所属 | ポルトガル語 |
|---|---|---|
| Jose Domingos Gonzalez Miguez 氏 | Ministry of Science and Technology of Brazil Interministerial Commission on Global Climate Change | Ministério da ciência e tecnologia gabinete do ministro |

Miguez 氏は、ブラジルの DNA を代表して、CDM 案件の承認などを担当している。Miguez 氏によると、ブラジルには現在 35 件の承認済み CDM プロジェクトがり、そのプロジェクトは、コージェネレーション事業、埋立ガス回収事業、省エネルギー事業、エネルギー転換事業など、多岐に渡っている。現地調査で、Miguez 氏と面会し、本プロジェクト計画について、意見を求めたところ、ブラジル政府としては、本プロジェクトを歓迎しており、これからも１つでも多くの CDM を承認したいと考えているとの回答であった。ただ、CDM プロジェクトがブラジルの持続可能な発展に繋がり、更に環境負荷の削減に貢献することが主な要件であるとのことである。

また、本プロジェクトから取得される CER の分配方法について尋ねたところ、ブラジル政府は CER の一部譲渡などは一切考えておらず、CER の分配方法はプロジェクト出資者やプロジェクト実施者に任せているとの回答であった。

| 氏名 | 所属 | ポルトガル語 |
|---|---|---|
| Marco Antonio de Araujo Capparelli 氏 | Ministry of the Environment Brazilian Institute for the Environment and Renewable National Resources IBAMA | Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) |

ブラジルの環境省において、本プロジェクトについて意見の交換を行った。まず、ブラジル国内における埋立ガスの取扱いに関する法律及び政策について尋ねた。現在、埋立ガスの回収は全く義務付けられておらず、今後も、埋立ガスの回収を義務付ける法律などを導入する予定は無いとの回答であった。ブラジルの中央政府では、埋立ガスに関する規制等は一切検討していないが、念のため、各州・市町村でも同様の確認を行うことを勧められた。

また、本プロジェクトに対するコメントを求めたところ、ブラジルの環境省としては、このような周辺環境の向上や持続可能な発展に貢献するプロジェクトを歓迎するとの回答であった。

### 2-22-2 ペルナンブコ州

| 氏名 | 所属 | ポルトガル語 |
|---|---|---|
| Luiz Quental Coutinho 氏 | Government of Pernambuco, Technical Director of the metropolitan | Governo de Pernambuco Director Tecnico Da Rd Metropolitana |
| Geraldo Miranda Cavalcaniti 氏 | Government of Pernambuco Ambient Control | Governo de Pernambuco Diretor de Controle Ambiental |
| Terezinha Hunes 氏 | Government of Pernambuco Secretariat of Urban Development | Governo de Pernambuco Secretaria de Desenvolvimento Urbano |

ペルナンブコ州政府は、ムリベカ廃棄物処分場における今後の開発について、現在検討中である。ムリベカ廃棄物処分場は、土地の個人所有者から、ジャバオタン市が賃借しているが、レシフェ市の行政機関である Empresa de Manutenção e Limpęza Urbana (EMLURB)が運営しており、かつ搬入される廃棄物の 8 割はレシフェ市から運搬されている。この為、レシフェ市とジャバオタン市の間で、ムリベカ廃棄物処分場を巡り、確執が生じている様子で、ペルナンブコ州政府は、ムリベカ廃棄物処分場の取扱いには非常に慎重な姿勢である。

現在、ペルナンブコ州政府は、ムリベカ廃棄物処分場の既存サイトが数年後に閉鎖されるため、この既存サイトの取扱いと新規サイト建設計画などについて検討を行う目的で、州政府独自で調査を実施しており、2005 年度末まで一切の関係者以外の立ち入りを禁止していた。この為、現地調査を行った際、ムリベカ廃棄物処分場が閉鎖され、立ち入ることができなかった。この後、SCS Engineers 社が 2005 年末に再度訪問した際は、立入りの許可が下りて、サイトを見学することができた。

ペルナンブコ州政府は、基本的にムリベカ廃棄物処分場における本プロジェクト実施に関しては賛成の姿勢であり、可能な限り協力したいとの意向を示した。しかし、担当者によると、民間企業や海外政府機関などが、ムリベカ廃棄物処分場で CDM プロジェクトの提案を希望しており、今後、どの団体に、プロジェクトを実施する許可及び権利を与えるかを決定するのに、時間が掛かりそうである。

しかし、SCS Engineers 社は、これらの団体の中で唯一、埋立地内で埋立ガス回収事前調査を世界銀行と共同で実施している。過去の実績や EMLURB との関係から、SCS Engineers 社を含む CDM プロジェクト案が、有利となる可能性が高いとの見解であった。

| 氏名 | 所属 | ポルトガル名 |
|---|---|---|
| Tito Livio de Barros e Souza 氏 | State agency of environment and resources | CPRH-Agência Estadual de meio Ambiente e Recursos<br>Diretor Presidente |

ブラジルにおいては、埋立ガスを利用するかどうかに関わらず、発電を行うためには、環境影響評価を行った上で、州からの許可を得る必要がある。本プロジェクトのように、環境影響がそれほど大きくないと予想される場合、簡略化された手続きが適用される（Resolução CONAMA n° 279 de 27 junho de 2001）。ペルナンブコ州では、CPRH がこのような許可を与える機関となっている。

当行政機関にまずプロジェクト計画とその環境アセスメント報告書を提出し、事前ライセンスを取得する必要がある。プロジェクト実施者は、この事前ライセンスが無いと、エネルギー開発事業に必要な手続きを行うことができない。
Souza 氏に本プロジェクト計画を説明したところ、レシフェ市では、エネルギー開発事業を積極的に推進しており、本プロジェクトに興味を示し、是非、事前ライセンス取得の為の必要書類を提出するようにとの回答であった。

しかし、再生可能エネルギー事業を推進していることから、事前ライセンスは、複数の企業に発行することが可能で、その中から、更に地元の要望にあったプロジェクトに対し、正式なライセンスが与えられるとのことである。

現地調査の当時、他のブラジル民間企業が、ムリベカ廃棄物処分場において新しいプロジェクト計画を提案しており、既に 1 企業が、埋立ガス回収・発電事業の事前ライセンスの申請を行っているとの情報を得た。今後も、複数の企業が、ムリベカ廃棄物処分場におけるプロジェクト開発を巡って、事前ライセンスの申請を行う可能性は大きい。

### 2-22-3 Empresa de Manutenção e Limpęza Urbana (EMLURB)

ペルナンブコ州政府と面会した際に、ムリベカ廃棄物埋立地の管理・運用を担当している EMLURB の責任者も同席した。今回の現地調査では、EMLURB と個別に面会を予定していたが、EMLURB 側が面会の予定をキャンセルしたため、ペルナンブコ州政府と合同の面会となった。

ムリベカ廃棄物埋立地の所有者は個人であり、それをジャバオタン市が賃借しているが、ムリベカ廃棄物処分場の運営は、レシフェ市の行政機関である EMLURB が行っている。EMLURB の許可無しでは、ムリベカ廃棄物処分場に立ち入ることが難しく、EMLURB のプロジェクトに対する協力は非常に重要である。

EMLURB では、現在、独自に廃棄物処分場の調査等を行っており、新規埋立地を含むムリベカ廃棄物処分場の今後の方針を検討中である。EMLURB 側は、現在様々な可能性を検討している段階であり、再生可能エネルギーの発電を伴う CDM 事業には興味があるが、現時点でのコメントは差し控えたいとの見解であった。

### 2-22-4 ジャバオタン市

| 氏名 | 所属 | (ポルトガル名) |
|---|---|---|
| Roberto Gomes 氏 | Secretariat of Sanitation and Environment | Secretaria de Saneamento e Meio Ambiente |

ムリベカ廃棄物処分場の運営は、レシフェ市の行政機関である EMLURB が行っているが、ムリベカ廃棄物処分場の土地はジャバオタン市が個人の土地所有者から賃借しており、したがってムリベカ廃棄物処分場の埋立ガス回回収設及び発電機等を設置することを許可する権限はジャバオタン市が有しているようである。

Gomes 氏とは、現地調査を実施した同じ期間に、某社がムリベカ廃棄物処分場の新規サイトにおける公聴会を実施した日に、面会することができた。Gomes 氏はこの企業の計画に対し良い印象は抱いていないようであり、、新たな計画を模索中のようであった。

Gomes 氏は、ムリベカ廃棄物処分場における、本プロジェクトの提案については、非常に興味を示し、また好意的であった。一方、本プロジェクトにより、ジャバオタン市側にどのような利益が得られるかが、最大の関心事である印象を受けた。例えば、本プロジェクトによる持続可能な発展や雇用創出はもとより、本プロジェクトの収益を、ジャバオタン市内における舗装道路の整備や下水道管の整備などにより貢献し、CDM 事業からの収益をジャバオタン市に還元することを強く希望している。そして、早急に本プロジェクトの詳細及びジャバオタン市に対する貢献事業の詳細をジャバオタン市に提出し、具体的な協議に移ることを要望している。

### 2-22-5 電力会社

| 氏名 | 所属 |
|---|---|
| Mary Medeiros 氏 | CELPE |

CELPE は、ペルナンブコ州における大手電力会社である。現地調査では、Medeiros 氏から、本プロジェクトを実施する場合に必要となる、系統電源への電力供給に関する技術的情報等について、広く情報を交換した。CELPE は、本プロジェクトに対し、非常に協力的で、今後も必要な情報を提供することを約束した。

# 第3章事業化に向けて

## 3-1　プロジェクトの実施体制（国内、ホスト国、その他）

現在、プロジェクトの実施体制としては、SCS Engineers 社が、米国 Natsource 社と共に、プロジェクトコストを負担する計画である。この出資率については、今後正式に決定する予定である。設備の工事・施工や現地モニタリングの実施者は SCS Engineers 社となり、現地におけるモニタリング作業も担当する。また現在も日本企業の資本参加も検討中である。

## 3-2　プロジェクト実施のための資金計画

### 3-2-1　資金計画

本プロジェクトの実施には、初期投資額が$18,383,000、埋立ガス回収設備と発電設備の運営等に年間約 2 百万ドル強が必要である。なお、本事業の収益としては、売電収入と CER からの収入が見込まれている。これらの資金については、米国 Natsource 社と SCS Engineers 社が出資する予定であるほか、現在日本企業からの資本提供を検討している。

なお、米国 Natsource 社が運営するファンドである Greenhouse Gas-Credits Aggregation Pool（GG-CAP）には、複数の大手日系企業が参加している。つまり、米国 Natsource 社が取得する CER は、その出資企業である日系企業に分配されることになる。したがって、本プロジェクトで特定の日本企業が出資を行わない場合においても、本プロジェクトからの CER は、GG-CAP に参加する日系企業が入手するものと想定することができる。

## 3-3　プロジェクト実施に向けて

### 3-3-1　プロジェクト実施方法

埋立ガス回収・発電プロジェクトは、埋立地所有社あるいは、類似案件の開発、所有、運営ビジネスに精通する第三者（つまりプロジェクト実施者）により、実施することが可能である。ムリベカ廃棄物処分場では、このプロジェクト実施者により実施される可能性が非常に高いと考えられる。プロジェクト実施者は、事業及び運営に関する知識を有するのみでなく、資金調達の一部を負担することが可能である。

埋立ガス発電設備の建設と同時または前に、埋立ガス回収システム を建設することができる。ここで埋立ガス回収システムが、埋立ガス発電設備の前に建設されると仮定する。順次建設することにより、十分な埋立ガス発生量を確認した後に、埋立ガス発電設備の建設を始めることが可能である。まず埋立ガス回収システムの長期的運営・維持を開始し、埋立ガス回収を行うことで、CER 収入を確保することが可能である。十分な埋立ガス回収量が確保できれば、その後埋立ガス発電設備の建設を進めることで、リスクを最小限に抑えることができると考える。

### 3-3-2　プロジェクト実施の課題

ムリベカ廃棄物埋立地における埋立ガス回収・発電プロジェクトを実施するには以下の課題が必要である。

<u>Step 1.</u>　埋立ガス権協定を巡る交渉

まず埋立地所有者とプロジェクト実施者が、プロジェクトを実施する権限を付与する協定を締結する必要がある。この協定は、ムリベカ廃棄物処分場の既存エリアと新規エリアにおける埋立ガスの使用について、プロジェクト実施者に独占的な権限を与え、このプロジェクト実施者が埋立ガス回収システムを設置することを許可し、またフレア燃焼設備と発電設備を建設するため必要となる。この協定に署名する際、廃棄物埋立地所

有者は、埋立ガスの所有権を有することを確認する必要がある。ムリベカ廃棄物処分場では、ジャバオタン市とレシフェ市の両者が、この協定の締結者となると予想される。埋立地所有者は、埋立ガス使用量に対して補償金を受け取ることになる。ムリベカ廃棄物処分場の所有者への補償金額（つまり埋立ガス販売収入）は、発電所運営の最初の 6 年間に、年間約 500,00 ドルから 400,000 ドルの範囲になると予想される。

Step 2. CER 販売契約の交渉

CER 販売に関する契約も必要になり、この契約期間は 14 年間と想定される。CER 価格の試算では、$6/トンを目標とする。これは、民間仲介業者が CER 販売に介在した場合を想定している。

Step 3. 電力販売契約の交渉

電力販売についても CELPE 社と契約が必要となる。電力販売契約は、プロジェクトの最初の年に予想される発電量である、11.3MW（グロス）、10.6MW（ネット）及び 83,866,000kWh、に基づいて契約が結ばれると考えられる。この契約では、プロジェクト期間の後半では、年間 4 千万 kWh まで発電量が落ち込む可能性を認識する必要がある。

Step 4. ブラジル政府からの承認

ブラジル政府からの承認を受ける為の手続きについては、以下のマニュアルに従う。「Manual for submitting a CDM project to the Interministerial commission on global Climate Change」

Step 5. CDM 化

PDD の作成、PDD の DNA による承認、OE によるバリデーションの実施、UNFCCC への PDD への提出、CDM プロジェクトとしての承認、を経て、本プロジェクトが CDM 化される必要がある。

Step 6. 埋立ガス回収システム とフレア燃焼設備の設計

埋立ガス回収システムとフレア燃焼設備の概要設計は、本プロジェクトで作成済みであるが、これらの詳細設計については、今後、準備を行う必要がある。

Step 7. 埋立ガス回収システム とフレア燃焼設備の建設許可の取得

埋立ガス回収装置とフレア燃焼設備の建設は、環境局の管理下ではないことが本調査により明らかになった。ジャバオタン市は、現在この建設の許可を下す責任部署を調査中である。

Step 8. 埋立ガス回収システム とフレア燃焼設備建設の入札

プロジェクト実施者は、Step 6 において詳細設計の資料に基づいて、計画と仕様書を作成し、建設の下請け等の準備を進める必要がある。

Step 9. 埋立ガス回収システム とフレア燃焼設備の建設

プロジェクト実施者の監視下で埋立ガス回収システム とフレア燃焼設備の建設を開始する。

Step 10. 埋立ガス回収システム とフレア燃焼設備の運転開始

埋立ガス回収システム とフレア燃焼設備の建設完了の後、フレア燃焼設備を始動し、また埋立ガス回収システムは 30 日から 60 日間の操業開始期間に調節作業が行われる。

Step 11. 発電設備の設計

埋立ガス回収システム とフレア燃焼設備の運転が開始され、埋立ガス回収状況を確認した上で、発電施設の詳細な計画および仕様書を準備する。プロジェクト実施者

は、エンジンおよび主な電気機器を直接購入し、プラント建設、設備設置、及び調整については 1 社にその作業が任される予定である。

Step 12.　発電設備建設のための許可を入手
発電設備を建設する許可は州レベルで認可され、また電力の配線等についてはCELPE から認可されると考えられる。

Step 13.　発電設備建設の入札
発電設備建設の入札には、事前に入札資格が与えられている入札有資格企業の候補リストを入手する必要がある。

Step 14. 発電設備の建設
プロジェクト実施者の監視下の基で、発電設備の建設が行われる。

発電設備運転開始
発電設備の完成後、発電設備の試運転が実施される。この試運転には、CELPE が要求する試運転項目が含まれる。

### 3-3-3　プロジェクト実施スケジュール

プロジェクト実施スケジュールを以下に示す。

**表 37　プロジェクト実施スケジュール**

| | 2006 | | | | | | | | | | | | 2007 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 課題 | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov |
| 1 埋立ガス権協定を巡る交渉 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 CER販売契約の交渉 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 電力販売契約の交渉 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 CDM化 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 Wellfield とフレアステーションの設計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 Wellfield とフレアステーションの建設許可の取得 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 Wellfield とフレアステーション建設の入札 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 Wellfield とフレアステーションの建設 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 Wellfield とフレアステーションの運転開始 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 発電設備の設計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 発電設備建設のための許可を入手 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 発電設備建設の入札 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 発電設備の建設 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 発電設備運転開始 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

出典：SCS Engineering 社　Landfill gas to energy feasibility study and CDMproject evaluation for the Muribeca landfil