

平成 18 年度 CDM/JI 事業調査

ウクライナ・ジトーミル埋立処分場  
メタンガス利用調査

報告書

平成 19 年 3 月

清水建設株式会社

## 目次

まえがき

調査実施体制

第1章 ウクライナの基本事項 .....	1
1.1 ウクライナの基本情報 .....	1
1.1.1 国土、自然、人口 .....	1
1.1.2 政治 .....	3
1.1.3 外交 .....	4
1.1.4 経済 .....	5
1.1.5 通貨政策 .....	7
1.1.6 財政、対外債務 .....	7
1.1.7 産業 .....	7
1.2 ウクライナのエネルギー事情 .....	9
1.2.1 エネルギー資源 .....	9
1.2.2 電力 .....	9
1.2.3 地域熱供給 .....	13
1.3 ウクライナの廃棄物処分場事情 .....	15
1.3.1 廃棄物処理の現状 .....	15
1.3.2 埋立処分場の現状 .....	15
1.4 ウクライナのJIに関する政策 .....	16
1.4.1 JI参加資格 .....	16
1.4.2 JIプロジェクトの承認プロセスに関する政策 .....	16
1.4.3 ウクライナにおけるJIプロジェクトの可能性と現状 .....	18
第2章 プロジェクト計画 .....	19
2.1 プロジェクトの概要 .....	19
2.1.1 プロジェクトの目的 .....	19
2.1.2 プロジェクト計画の概要 .....	19
2.2 プロジェクトの持続可能な開発への貢献 .....	20
2.3 プロジェクト参加者の概要 .....	21
2.4 プロジェクト実施サイト .....	22
2.4.1 対象施設の現状 .....	22
2.4.2 ランドフィルガス発生量の想定 .....	25

2.5 システム構成 .....	30
2.5.1 ランドフィルガス利用設備全体概要 .....	30
2.5.2 ガス収集・供給設備 .....	31
2.5.3 ガスエンジン発電機 .....	33
2.5.4 その他の設備 .....	34
2.5.5 運転方法 .....	35
2.6 本プロジェクトの領域 .....	36
2.7 プロジェクトコストの検討 .....	37
2.7.1 イニシャルコストの検討 .....	37
2.7.2 ランニングコストの検討 .....	37
2.8 プロジェクトの実施計画 .....	38
2.8.1 プロジェクトの実施体制 .....	38
2.8.2 クレジットの取得方法 .....	39
2.8.3 プロジェクトの資金計画 .....	39
2.8.4 プロジェクトのリスク .....	39
2.9 プロジェクトの実施スケジュール .....	41
第3章 ベースラインの設定 .....	43
3.1 ベースライン及びモニタリング方法論の適用 .....	43
3.2 プロジェクトバウンダリーの検討 .....	44
3.3 ベースラインシナリオの設定および追加性の証明 .....	45
3.4 リークエージの検討 .....	48
3.5 排出削減量の事前計算 .....	49
3.5.1 排出削減量の計算方法 .....	49
3.5.2 プロジェクト排出量の試算 .....	50
3.5.3 ベースライン排出量の試算 .....	51
3.5.4 リークエージの試算 .....	51
3.5.5 排出削減量の試算 .....	51
第4章 モニタリング計画 .....	53
4.1 モニタリング項目の検討 .....	53
4.2 モニタリング計画 .....	57
4.3 モニタリング結果から排出削減量を計算する式 .....	59
第5章 環境への影響とその他の間接影響 .....	62
5.1 環境への影響 .....	62

5.1.1	環境影響評価の実施方法 .....	62
5.1.2	環境影響評価結果 .....	63
5.1.3	プロジェクト参加者の結論 .....	66
5.1.4	ホスト国政府の結論 .....	66
5.2	その他の間接影響 .....	66
5.2.1	経済面に及ぼす影響 .....	66
5.2.2	社会面に及ぼす影響 .....	66
5.2.3	持続的発展への貢献 .....	66
第6章	利害関係者のコメント .....	67
6.1	利害関係者のコメントの収集方法 .....	67
6.2	受け取った利害関係者のコメントの要約 .....	67
第7章	収益性 .....	69
7.1	前提条件 .....	69
7.2	投資回収年数 .....	69
7.3	内部収益率 .....	70
7.4	内部収益率の感度分析 .....	70
7.5	温室効果ガス排出削減コスト .....	72
第8章	試掘結果 .....	73
8.1	試掘の実施 .....	73
8.2	試掘結果 .....	75
8.2.1	表層ガス調査結果 .....	75
むすび	.....	76
添付資料	.....	79
資料1	プロジェクト計画系統図 .....	79
資料2	排出削減量計算結果 .....	80
資料3	キャッシュフロー計算結果 .....	83
資料4	略語一覧 .....	85

## まえがき

本報告書は、財団法人地球環境センター（Global Environment Centre Foundation：GEC）から清水建設株式会社（Shimizu Corporation）が平成 18 年度事業として受託した CDM/JI 事業調査「ウクライナ・ジトーミル埋立処分場メタンガス利用調査」の結果をとりまとめたものである。

1997 年 12 月京都において国連気候変動枠組み条約（The United Nations Framework Convention on Climate Change（UNFCCC））第 3 回締約国会議（COP3:The 3rd Session of the Conference of the Parties to UNFCCC）が開催された。この会議では、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）をはじめとする温室効果ガス（GHG：Green House Gas）による地球温暖化を防止するため、先進国では「2008 年から 2012 年」（第一約束期間（Commitment Period））の平均の排出量を、1990 年レベルよりも少なくとも 5%削減することを目標とした「京都議定書（Kyoto Protocol）」が採択され、我が国の削減目標は 6%となった。

京都議定書では目標達成方法に柔軟性を与える措置として、国際間の具体的なプロジェクトの実施を通じて GHG 削減量を分かち合う先進国間の「共同実施（JI：Joint Implementation）」、先進国と途上国とが協力して行う「クリーン開発メカニズム（CDM：Clean Development Mechanism）」、そして、排出量を市場取引する「排出量取引（ET：Emissions Trading）」が決定された。我が国としてもこれらの制度を積極的に活用して目標を達成していくこととなっている。

我が国の京都議定書の国会承認は 2002 年 7 月に行われた。一方、ウクライナは 2004 年 2 月に京都議定書を批准している。2004 年 11 月にはロシア連邦が京都議定書を批准し、この結果、2005 年 2 月 16 日に京都議定書が発効している。

本調査は、ウクライナ国ジトーミル市において、埋立処分場から発生するメタンガスを削減することにより、地球温暖化係数（GWP：Global Warming Potential）の高いメタンガスの大気への拡散を削減すると同時に、一部のメタンガスを発電に有効利用するプロジェクトについての FS（Feasibility Study）を行い、将来の JI プロジェクトに結びつけることを目的として実施したものである。

埋立処分場からのメタンガス回収・利用の JI プロジェクトには CDM の統合化方法論が適用でき、2008 年からの第一約束期間に向けた、確実かつ速やかなプロジェクトの実現のためにきわめて有利である。

一方、LFG プロジェクトの形成においては、フロン破壊や N<sub>2</sub>O 破壊のプロジェクトとは異なり、

- ・ホスト国の気候条件
- ・埋立処分場の形状
- ・生活習慣による廃棄物組成
- ・廃棄物収集システム

などの影響要因が多く、調査段階での詳細な検討が不可欠である。この詳細な調査に基づき、プロジェクトの効果、事業性をつかむ事ができる。

また、一口に LFG プロジェクトといっても、カウンターパートとなる地方自治体のプロジェクトへの係わり方は様々で、プロジェクト実現化に向けた意見調整は容易ではない。この点が各国によるプロジェクト獲得競争が激化する中で、プロジェクト開発段階での最大のテーマである。ホスト国側としても、日本政府の補助による FS 調査はプロジェクトの実現化への期待が高く、本調査も高く評価されている。

本調査では、有望な JI プロジェクトの検討のみならず、JI や GIS の対象国としてポテンシャルの高いウクライナ国における最新の動向の把握と、日本政府の施策のアピールを行うことができた。今後も本プロジェクトの実現化を通じたウクライナ国との関係強化と併せて、中東欧地域におけるプロジェクト開発を継続し、我が国の目標達成に繋げてゆく事が必要と考える。

## 調査実施体制

本報告書は、財団法人地球環境センター（Global Environment Centre Foundation : GEC）から清水建設株式会社（Shimizu Corporation）が平成 18 年度事業として受託した CDM/JI 事業調査「ウクライナ・ジトーミル埋立処分場メタンガス利用調査」の結果をとりまとめたものである。調査は以下の体制で実施した。

### (1) 社内体制

本調査は、排出権プロジェクト推進部を中心にして実施するが、社内のその他の部門の支援・連携も得て実施する。主な役割分担は以下の通りである。

- ・ 排出権プロジェクト推進部：全体取りまとめ、現地調査の計画、実施、システム設計、ベースライン方法論検討、モニタリング方法論検討、環境影響検討
- ・ 投資開発本部：収益性検討、資金計画、プロジェクト実施体制検討
- ・ 技術研究所：ベースライン方法論検討、モニタリング方法論検討、環境影響検討
- ・ 国際業務室：基本情報の収集、利害関係者のコメントの収集

### (2) 日本側調査協力機関と役割

- ・ 中国電力株式会社：電力系統に関する基本情報収集および評価

### (3) カウンターパート等ホスト国側の協力機関と役割

- ・ ジトーミル市役所：調査受入機関、現地情報・データの提供
- ・ Scientific Engineering Centre "Biomass"（現地コンサルタント会社）：現地情報収集

# 第1章 ウクライナの基本事項

## 1.1 ウクライナの基本情報

### 1.1.1 国土、自然、人口

ウクライナ国は旧ソ連の中で最も西に位置し、ロシア、ベラルーシ、ポーランド、スロバキア、ハンガリー、ルーマニア、モルドバといった諸国と国境を接し、南部は黒海に面する国である。国名のウクライナは「辺境の地」を意味するウクライナ語の「クライ」に由来する。ウクライナの国土は北緯49度、東経32度に位置し、面積は60万3,700km<sup>2</sup>で、我が国の約1.6倍の広さを持ち、欧州ではロシアに次いで大きい国土を有している。

ウクライナのほぼ全域は平野で構成され、国土の平均標高は300m以下である。山脈は国土の最西端にあるカルパチア山脈とクリミア半島南部のクリミア山脈がある。最高峰はカルパチア山脈中のゴベルラ山で、標高は2,061mである。

主要河川は、国土の中央部を流れるドニエプル（Dnepr）川、西部にはユジヌイ・ブーグ川とドニエストル川、東部には北ドネツ川、そして南部にはドナウ川があり、北ドネツ川を除いて、主要河川のいずれもが南の黒海に注いでいる。この他、西部のポーランドとの国境を流れるブーグ川は北流し、ビスワ川と合流した後、バルト海に流れ込んでいる。

国土のほとんどは穏やかな大陸性気候である。一部、クリミア半島は地中海性気候となっている。平均気温は夏で17～25℃、冬で-8～2℃であり、黒海沿岸は冬には凍結する。年降水量は最も多いカルパチ地方で1,500mm以上に達するものの、地中海性気候である黒海沿岸部は雨量が最も少なく、300mm以下である。

国土の約3分の2を占める中央部・南部地方の平野の殆どは、肥沃なチェルノーゼム（黒土）に覆われ、豊かな穀倉地帯を形成している。植生の生態系では、北部には森林地帯、その南に森林・ステップ地帯、ステップ地帯と、黒海に近づくに従ってより乾燥度が強くなっていく。しかし、国土の大部分を占めていた森林地帯の多くが、現在では耕作地へと姿を変えている。



出典：UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library  
 ([http://maps.grida.no/go/graphic/ukraine\\_topographic\\_map](http://maps.grida.no/go/graphic/ukraine_topographic_map))

図 1.1-1 ウクライナ位置図

2005 年におけるウクライナの人口は約 4,700 万人（表 1-1）であり、旧ソ連の中ではロシアに次いで 2 番目に多い。しかし、年人口増加率はマイナスに転じ、人口が減少している模様である。人口減少の主な理由はウクライナからの移住である。

人種構成は、ウクライナ人が人口の 73%を占め、次いでロシア人が 22%、その他（ベラルーシ人、モルドバ人、ハンガリー人、ブルガリア人、ポーランド人、タタール人等）が 4%、ユダヤ人が約 1%となっている。

人口の分布では首都のキエフが最も多く約 260 万人、次いでハリコフが約 145 万人、ドニエプロペトロフスクが約 120 万人と続いている。

公用語は、東スラブ語族のひとつであるウクライナ語だが、ロシア語も広く使われている。宗教はウクライナ正教会の信徒が多いが、西部にはウクライナ・カトリック教徒がおり、その他、プロテスタント、イスラム教徒、ユダヤ教徒が存在する。

推定平均寿命は約 68 歳と高いが、2005 年の合計特殊出生率は 1.2 人と少ない。

表 1.1-1 人口統計

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
総人口（百万人）	49.2	48.7	48.2	47.8	47.5	47.1
年人口増加率（%）	-1.0	-1.0	-0.9	-0.9	-0.8	-0.7
推定平均寿命（歳）	67.9	68.3	68.3	68.2	68.2	-
合計特殊出生率（女性一人当たり）	1.2	-	1.2	1.2	1.2	-

出典：世界銀行 HP (<http://devdata.worldbank.org/data-query/>)

## 1.1.2 政治

ウクライナは1990年7月16日に共和国主権宣言を行い、1991年8月24日に独立宣言、国名を現在の「ウクライナ (Ukraine)」と変更し、同年12月1日に独立に関する国民投票を行い、投票参加者の90%以上の支持を得て独立に至った。旧ソ連の中で非常に重要な構成国であったこのウクライナの独立が旧ソ連崩壊の契機となった。

国民投票と同時に行われた大統領選挙でクラフチュク氏が選出され、ロシアからの完全な独立を目指したが、その結果として経済停滞がもたらされ、1994年には前大統領であったクチマ氏がクラフチュク大統領を破って当選した。クチマ氏は改革的な手法を実践し、1999年10月の選挙で再選された後も、IMF等国際金融機関との協調路線による経済改革を続行し、省庁統廃合を始めとする行政改革にも本格的に取り組んだ。

1996年6月、クチマ大統領下でウクライナ初の独自憲法が最高会議で採択され、発効した。この憲法によって国家元首である大統領の任期は5年とされ、併せて一院制の議会が定められ、三権分立が確立された民主主義共和国として現在に至っている。

2004年10月、クチマ大統領の任期満了に伴う大統領選挙の投票が行われ、与党ヤヌコビッチ首相が当選したが、野党は選挙における与党側の大規模な不正を主張し、大統領選やり直し選挙が実施された。その結果、野党ユーシェンコ元首相が当選となり、2005年1月23日、民主化推進や欧州連合（EU）加盟を公約に掲げるユーシェンコ元首相が大統領に就任した。

2005年3月18日、ウクライナのユーシェンコ大統領は、政権の優先課題である欧州連合（EU）、北大西洋条約機構（NATO）加盟、世界貿易機関（WTO）加盟のための国内法整備などを加速する考えを示したが、ロシアがガス価格の値上げを示唆したため、一旦不参加を表明した統一経済圏への参加を表明した。

2005年11月から2006年初頭にかけては、ウクライナとロシアの「ガス戦争」が現実のものとなった。ウクライナはガスの大半をロシアからのパイプラインによる輸入に依存している。そして、パイプラインはウクライナを經由して、ウクライナより西側のヨーロッパ各国へ供給されている。ロシアが提示したガス価格（1,000Nm<sup>3</sup>あたり230US\$）をウクライナが受け入れなかったため、2006年1月1日から、ロシアはパイプラインに供給するガスの量をウクライナ供給分だけ削減する行動に出た。しかし、ウクライナ国

内では通常通りにガスを消費してしまったので、下流のオーストリア、ハンガリー、ポーランド、スロバキア、フランスなどのヨーロッパ諸国で深刻なガス不足が発生した。このため、ヨーロッパ諸国との関係悪化を恐れたロシアが、ガスの供給を正常化させ、1月4日、ウクライナと、当面5年間の暫定価格として、1,000Nm<sup>3</sup>あたり95US\$の価格でガスを供給することを決定した。同時に、ヨーロッパ諸国に送られるガスのウクライナ通過料も、100km当たり1.09US\$から1.6US\$に値上げされた。

2006年1月10日、ウクライナ議会は、ロシアとのガス戦争でウクライナ政府の対応に問題があったとして、エハヌロフ首相率いる内閣の不信任案を提出し、2006年3月、第3回目の総選挙が行われた。同年8月、地域党、ユーシェンコ大統領の支持母体である「我らのウクライナ」、社会党、共産党の4党が大連立を構成し、ヤヌコビッチを首相とする内閣が成立したが、同年10月、「我らのウクライナ」が大連立からの離脱を表明している。ヤヌコビッチ首相はロシアとの関係強化を主張しており、連合協定の中で「NATO加盟は国民投票で決定する」等、ロシアに配慮する姿勢を見せている。

### 1.1.3 外交

ウクライナは歴史的にロシアとの関係が深く、その国際関係はロシアとの関係抜きでは成立し得ない。ウクライナの独立が旧ソ連の崩壊へと繋がったように、ウクライナには常に、ロシアからの影響力を排除し、国家の自立を遂げようという力も働いている。また、独立後のウクライナが抱える内政問題の多くはロシアとの関係に起因し、特にロシア系住民が多数を占めるクリミア、ドネツク、ルガンスクでウクライナからの分離主義的運動が活発化し、ロシアとの再統合、独立国家共同体（CIS）への加盟が主張され、政治的緊張が強まった。

経済関係においても同様で、ウクライナは天然資源に恵まれているとは言え、エネルギーの大部分をロシアからの輸入に依存し、経済的にロシアとの深い繋がりを有している。一方で、ウクライナはロシアに対し多額のエネルギー債務を抱えており、債務問題の解決が両国の懸案となっていることも事実である。

この切っても切れないロシアとの関係がありながらも、ウクライナは「欧州への統合」を掲げ、EU加盟を目指している。そして、ウクライナはロシアが主導権を握る独立国家共同体（CIS）が超国家的な国際機構となることに反対し、CIS安全保障条約、関税同盟には加入していない。しかし、現実的には欧米とロシアの間の均衡を模索する路線をとらざるを得ない状況にあると言える。

1998年のウクライナ大統領の訪ロで、1998年から2007年の国家間経済協定が調印された。また、1998年のロシア経済危機はウクライナ経済にも大きな影響を与えたが、近年ロシア経済の回復はウクライナ経済にも好影響を与えている。

西側諸国との関係では、西側諸国はウクライナの経済改革、非核化、原発安全性の向上等を支援するための援助を実施している。核兵器については、旧ソ連から残された核兵器の移送・解体を西側が支援し、1996年6月には全ての核弾頭の移送・解体が終了した。

欧州への統合を進める目的で、1994年2月、ウクライナは北大西洋条約機構（NATO）と東欧諸国等との間に安全保障面での協力拡大をめざした「平和のためのパートナーシップ」に加盟することを決定した。また、1995年11月には欧州評議会（EC）に加盟し、1998年には「EU・ウクライナ・パートナーシップ憲章」に署名した。その後も NATO との関係強化にも積極的であり、1997年7月 NATO・ウクライナ憲章を締結した。2002年5月には NATO への加盟意思、2005年1月には EU への加盟意思を表明し、積極的に西側との関係強化に乗り出している。

#### 1.1.4 経済

独立後、前クチマ大統領は、首相時代の1992年11月に、暫定通貨「カルボバネツ」を導入し、ルーブル圏からの離脱を図るとともに、経済改革の推進に意欲を見せた。しかし、旧ソ連の崩壊に伴う市場の喪失で、独立後のウクライナ経済は大幅な生産下落に見舞われ、カルボバネツは瞬く間にその価値を失った。また、独立後、ウクライナは民族主義の高まりを背景に、CIS 統合とは距離を置き、ロシアと対等の大国としての地位を目指したため、旧ソ連から引き継いだ核兵器を保有した。これが国際的な支援を受ける障害となったが、1994年1月にウクライナが自国の保有する核兵器の全廃に関してロシアおよび米国と合意してから国際的な支援がようやく動き出すに至った。1994年7月のナポリ・サミットでは先進7カ国が40億ドルに上るウクライナ支援を決定し、経済の危機的状況は一旦、回避することができた。

ウクライナのGDPは、1994年の前年同期比22.9%のマイナス成長をボトムにして、1995年にプラス成長になっているものの、1999年までの大半がマイナス成長であった。一説には、1997年には1989年レベルの40%にまで下落したとも言われている。下落の主因は、旧ソ連の崩壊による産業関連の喪失、1992年にロシア・ガイダール首相によるショック療法に端を発したハイパー・インフレーションとその後の財政、金融引き締め策による企業の財務内容の急激な悪化が挙げられる。この背景には老朽化した生産設備の更新投資が行われなかったことによる製品の陳腐化と競争力の低下、貿易の自由化による国外からの製品輸入の増加が、国産製品の市場喪失につながったこと、そして、ロシア経済の混乱に基づく対ロ輸出の減少等がある。

1996年9月からは、暫定通貨カルボバネツに代わり、新通貨「グリブナ（UAH）」が導入された。グリブナの導入は、クチマ大統領就任以降のIMF主導によるインフレ抑制

政策の成果の現れである。工業生産においても、独立以降、一貫してレートを下げる傾向にあったが、グリブナ導入以降、そのテンポは緩やかなものとなっていった。しかし、1998年8月のロシア経済危機の影響はウクライナ経済に深刻な影響を及ぼした。グリブナが引き下げられ、前年に好調であった粗鋼や鋼材の生産は、ロシアの鉄鋼需要の減退、主要市場であったアジア市場での需要低迷、米国によるアンチ・ダンピング提訴の増加等による輸出減の影響を受け、軒並み減少した。

しかし、2000年におけるウクライナ経済は今までに見られない回復傾向を示すに至った。ウクライナの経済が徐々に回復基調になっていった背景には、ロシア経済の回復が深く影響しており、ウクライナのロシアに対する依存の高さを証明することにもなった。同年での回復はあらゆる部門で見られたが、鉄鋼業における生産が顕著で、その市場はロシアである。一方で、消費財の輸入代替も進めてきたことが産業基盤の裾野の拡大をもたらしている。また、1998～1999年には、グリブナ切り下げで製品の競争力が高まった。さらにユーシェンコ前内閣が賃金・年金の未払解消に取り組んだ結果、国民の購買力が高まり、その効果もあって2000年に軽工業、食品工業の生産は3～4割も伸びている。

しかし、この回復基調によって、ウクライナの経済が強化されたという見方を取ることにはできない。鉱工業生産に占める鉄鋼業のシェアが年々高まって2000年にはほぼ3割に達し、昔ながらの重厚長大型の産業が基幹産業であることに変わりなく、外資導入による新規産業が育成され、サービス部門での産業の高度化が図られたという状況にはない。また、こういった新たな産業を支える設備投資も十分に行われていない。

ウクライナの経済状況の改善には市場経済の一層の改革を進めることが必要で、これを進めるためにも外資の活力が不可欠となっている。マクロ経済の安定化と共に、一層の規制緩和と企業の民営化が重要となっている。

諸経済指標を概観すると、2000年までの間、国家経済規模が縮小傾向にあったものの、2000年以降、やや回復基調にあると見られている。これは上述のように、ロシアにおける経済回復が大きな影響力をもってウクライナに波及したことが最たる要因である。また、2000年を境としてインフレ率も下がっており、経済は安定してきている。一方、対外債務残高は上昇基調にあり、経済発展が財政状況の改善に結びつくという段階には達していない。

表 1.1-2 経済諸指標

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
GNI, Atlas method (billion US\$)	34.4	35.4	38.2	46.9	60.2	71.4
一人当り GNI, Atlas method (US\$)	700	730	790	980	1,270	1,520
GDP (billion US\$)	31.3	38.0	42.4	50.1	64.9	81.7
GDP 年成長率 (%)	5.9	9.2	5.2	9.4	12.1	2.6
年インフレ率, GDP deflator (%)	23.1	9.9	5.1	8.2	15.2	18.2
農業付加価値 (対 GDP 比: %)	17.1	16.4	14.6	12.1	12.1	10.8
工業付加価値 (対 GDP 比: %)	36.3	34.7	34.5	34.6	36.5	34.2
サービス業、他付加価値 (対 GDP 比: %)	46.6	48.9	50.8	53.3	51.3	55.0
物とサービスの輸出 (対 GDP 比: %)	62.4	55.5	55.1	57.8	61.2	-
物とサービスの輸入 (対 GDP 比: %)	57.9	53.8	50.7	55.2	53.7	49.1
総資本構成 (対 GDP 比: %)	20.2	21.8	20.1	22.0	19.1	19.4
海外直接投資 (billion US\$)	0.6	0.8	0.7	1.4	1.7	-
対外債務残高 (billion US\$)	9.7	10.0	11.0	13.1	18.3	-
割賦償還金額 (対輸出比率: %)	18.6	10.7	13.7	12.5	10.7	-

出典：世界銀行 (<http://devdata.worldbank.org/data-query/>)

### 1.1.5 通貨政策

独立直後からのインフレの高進や生産の低下に対処するため、前クチマ大統領は IMF 等国際金融機関と協調路線をとって経済改革に着手し、マクロ面では一定の改善が見られていた。安定化を背景に、1996年9月には新通貨「グリブナ」を導入したが、その後の民営化や産業リストラ等のミクロ面の改革の遅れ、賃金、年金の未払い等改革に伴う新しい問題が発生し、経済改革は遅れている。1998年には、国際金融市場の低迷の煽りを大きく受け、膨大な対外債務の償還に伴う外貨準備高の減少等の問題も深刻化した。また、エネルギー債務を中心とする国際収支の悪化という問題もある。西側諸国は協調してウクライナの財政・経済改革を支援する姿勢を示している。

### 1.1.6 財政、対外債務

IMF は、1998年9月に22億ドルに上る拡大信用供与措置 (EFF: Extended Fund Facility) を承認した。そして、1999年7月にはその措置は26億ドルにまでに拡大した。しかし、1999年9月以降その措置は凍結されている。これは、大統領選挙時に政府が支出を増やし、構造調整政策の進展が阻害されたことによっている。

### 1.1.7 産業

ウクライナの肥沃で平坦な国土は高い農業生産を可能にし、旧ソ連の「穀倉」と呼ばれていた。食肉、乳製品、穀物、野菜といった農産物では旧ソ連全体の約4分の1以上

を生産していた。そして現在でもなお、ウクライナは、豊かな農地、発達した工業の基盤、多くの熟練した労働力、そして高い教育水準を保持する農・工業国として知られており、農業と工業を合わせるとその生産高は国の総生産の40%以上を占めている。

ウクライナの農業はその肥沃で平坦な土地を利用し、GDPの約30%を占める一大産業である。小麦、ビートを中心として多くの農作物を輸出しているが、独立後、その生産高は急激に下落した。例えば、1996年時点で、ジャガイモが唯一1986年から1990年の水準を回復したものの、その他農産物の生産高はこの基準年を大きく下回っている。

農業生産高がようやくプラスに転じたのは2000年以降である。この基調が続くかは海外のマーケット、特にウクライナにとって新規に開拓したマーケットに頼っている所が大きい。現在では、ブラジルがウクライナの穀物（小麦、大麦、トウモロコシ）の輸出相手国として大きな市場となってきた。また、EU諸国、特にスペインは、ウクライナの穀物の輸出先となってきた。ウクライナ政府は穀物の輸出を重要な輸出産品として育成する方針を示しており、港湾の改修を始めとして法的な支援策も打ち出している。さらに、新たな市場を確保するため、日本、韓国、北アフリカ諸国、地中海諸国等にその輸出先を求めて積極的に働きかけている。2000年以降の成長はこういった新規の市場での成果がそのままウクライナの生産高の推移に反映されている。

エネルギーは、主に石炭と原子力発電で賄っているが、石油と天然ガスは旧ソ連の他の共和国からの輸入に依存している。その内、90%以上の天然ガスと石油をロシア経由で輸入している。このエネルギーの外国依存と債務の増大は、自国の経済成長を阻むほどの対外債務を生んでおり、この負債を利用してロシア等他の諸国が、ウクライナの政策に干渉する問題をもたらしている。2006年初頭に、ロシアとのガス戦争が勃発する事態になったのは、まさにウクライナが抱えるエネルギー問題の縮図である。

1990年代初期にはエネルギー生産量が極端に不足したため、安全性に問題のある原子力発電に頼らざるを得ない状況であった。しかし、1994年ウクライナとアメリカは、チェルノブイリ原発の閉鎖で合意に達し、チェルノブイリ原発は西側諸国の援助の下に2000年に運転を中止している。

工業従事者は労働人口の4分の1以上にのぼる。工業は、豊富な鉱物資源を基盤とし、特にドネツク炭田の石炭と、クリボイログの鉄鉱石は豊かな埋蔵量で知られている。

独立後の工業部門の生産はGDPの下落と歩調を合わせるように、独立後、急激な減少に見舞われ、1999年に至るまでマイナス成長を続けてきた。しかし、2000年以降、ロシアをはじめとするCIS各国の経済回復にも牽引される形でウクライナ経済は好転したため、1999年以降の工業生産高の伸び率はプラスに転じ、2003年～2004年には、鉱工業生産は2ケタの伸びを示している。

## 1.2 ウクライナのエネルギー事情

### 1.2.1 エネルギー資源

ウクライナは豊富な石炭資源に恵まれており、1990年時点における生産量は旧ソ連全体の25%を占めていた。石炭はコークス用原料炭の比率が大きく、製鉄所用に利用され、国内東部にあるドネツク炭田はウクライナで最大の石炭生産地であり、現在でもウクライナの全石炭生産量の約68%はこの炭田より産出されている。

石油の生産ピークは1972年の1,550万トンであったが、以後減産をたどり、現在ではロシアからの輸入に頼っている。国内の新規油田の探査や掘削活動は、資金難のために行われていない。

天然ガスの生産は、減産が続いており、現在ではロシア（輸入量の75%）、トルクメニスタン（同15%）、ウズベキスタン（同10%）からの輸入に頼り、火力発電所の需要を賄っている。これらのガスはいずれもロシア経由で輸入されており、ロシア経由で輸入されているガスの量は、現在1日あたり1億2,000万Nm<sup>3</sup>であると言われている。

### 1.2.2 電力

#### 発電部門

火力発電部門では、大型火力発電ブロック105、大型コージェネプラント27、工業コージェネブロック243の設備総容量が35,232MWと、ウクライナの発電設備総容量の68%に相当するが、現在、最大3,500MWの火力発電ユニットが非稼働状態である。補修を行わずに運転を再開するのは問題がある。火力発電所の大半は操業開始時期が1960年代から1970年代である。このため、95%の発電所が100,000時間前後稼働し続け、72%が推定寿命の170,000時間を超え、53%が大規模な補修を行わずに220,000時間以上稼働を続けている。容量200MWの36のユニットで約175MWが実質的に発電可能であり、容量300MWの18のユニットで282~285MWの発電能力がある。

ウクライナは原子力エネルギーへの依存率が、フランスに次いで世界2位である。国営会社が4つの原子力発電所を管理している。これらの原子力発電所はウクライナの発電設備容量の22.8%を占め、総エネルギー生産量の約45%を産出している。

水力発電部門は、44の発電ブロックからなる8基の水力発電プラントが稼働しており、設備総容量は4,708MW（セクターの9.1%）である。水力発電部門は、安定した送電を維持し、原子炉の安全な運転を保証するために、ピーク時にブロックを稼働させるので、安定したエネルギーシステムの運営に欠かすことができない。

表 1.2-1 ウクライナの発電設備容量 (GW)

	1990	1995	2000	2002	2003
火力発電設備	36.9	36.6	36.4	36.4	35.4
原子力発電設備	13.82	12.82	11.82	11.82	11.82
水力発電設備	4.69	4.69	4.69	4.79	4.72
合 計	55.4	54.1	52.9	53.0	52.0

出典：現地コンサル資料

2003年にウクライナの発電電力量は180,000 GWhに達し、2004年と2005年と増加が続いている(表 1.2-2 参照)が、ソ連から独立した1991年よりも37%も少ない。ウクライナは燃料コストが高く、それに伴い電力料金が比較的高くなっており、発電電力量の増加の障害となっている。

ウクライナの公益事業セクターにおける燃料の内訳は、同国で比較的豊富に産出される石炭が優位を占める(65%)。これに対しガスは主にトルクメニスタンからの輸入を必要とする。ガス価格が高く、輸入したガスに対して即座に交換可能通貨で決済する必要があるため、ウクライナの発電事業所はガスの使用を控える傾向にあり、2002年の電力セクターにおけるガスのシェアは20%にとどまっている。

2005年のウクライナの総エネルギー消費量は約177,000 GWh、最終需要家による正味エネルギー消費量は約138,000 GWhであり、増加が続いている。

表 1.2-2 ウクライナの発電電力量と消費量 (GW)

	2002	2003	2004	2005
発電電力量	172,962	179,584	181,312	185,187
総電力消費量	169,899	174,702	176,018	176,959
正味電力消費量	123,445	129,094	135,145	137,928

出典：現地コンサル資料

## 送配電部門

220 kV以上の電力送電線を使用した国内の高圧送電グリッドは、国営会社Ukrenergが所有する。グリッドは総延長22,513 kmで、ウクライナのすべてのオブラスチ(州)をカバーする。グリッドは各地のOblenergoが所有する低圧送電システムに接続され、そこから電気が最終需要家へ供給される。電気グリッドの総延長は、高圧と低圧を合わせると100万kmを超える。

配電システムには、27のOblenergo(ウクライナの各オブラスチに1箇所ずつおよびKyivenergoとSevastopolenergo)および独立系の供給会社数社が含まれる。各Oblenergoは認可された地域で独占権を持ち、ウクライナの90%超のエネルギー供給を扱っている。主な配電事業者はDniproOblenergo(Oblenergo全体の正味売電の21%を占める)、DonetskOblenergo(15%)、ZaporizhyaOblenergo(9%)、LuhanskOblenergo(8%)であり、

いずれもウクライナで最大かつ最も工業の発達した地域へ電力を供給している。ほとんどの Oblenergo は発電容量が低く、総供給量に占める自家発電量の割合は少ない。



図 1.2-1 ウクライナの発電と送電の系統連系

## 電力産業の構造

国有企業 Energomarket（現地の言語で「Energorynok」）は Ukrenergo の一部門であり、全国の卸売電気市場を管理している。Energomarket の現在の年間総売上高は 35 億米ドル前後である。Energomarket は主に火力発電所 5 社と、国有原子力発電会社 Energoatom といった発電会社から電力を購入している。Energomarket は購入した電力を Oblenergos、すなわち配電会社に再販売する。Energomarket は電力供給量と発電量のバランスを効率的に調整し、財務面では Oblenergos からの支払いを効率的に決済し、発電会社への支払いを行う。国際規格で用いられる送電規則では、送電は以下の順序で行われる。

- ・ 基本的な負荷（ベースロード）は原子力発電所から供給される。
- ・ 基本的／中程度の負荷は火力発電所が補充する。
- ・ ピーク時の負荷（ピークロード）は水力発電所がカバーする。
- ・ 揚水式水力発電所は、蓄電（揚水）時には原子力発電所からの発電電力を使用する。

Energomarket は市場資金管理手順（MFA：Market Funds Administration Procedure）に従って Ukrenergo が管理する。Oblenergoes とその他の企業が集金した代金はすべて、

Energomarket に送金されると見られ、Energomarket は各セクターの企業と決済を行い、自社のコストを補填する。原則的に、Energomarket は Oblenergos と Energoatom を含む発電会社間の資金の流れを全面的に管理する。実際には、Oblenergos と発電会社間の資金の流れは、エネルギー省の影響を大きく受けてきた。Oblenergos および 30 日以内に負債を決済しない大口需要家は、電力供給からの除外（供給停止）が想定される。実際には、Energomarket は政府の介入を受け、厳密な支払い規則を行使することができないでいる模様である。

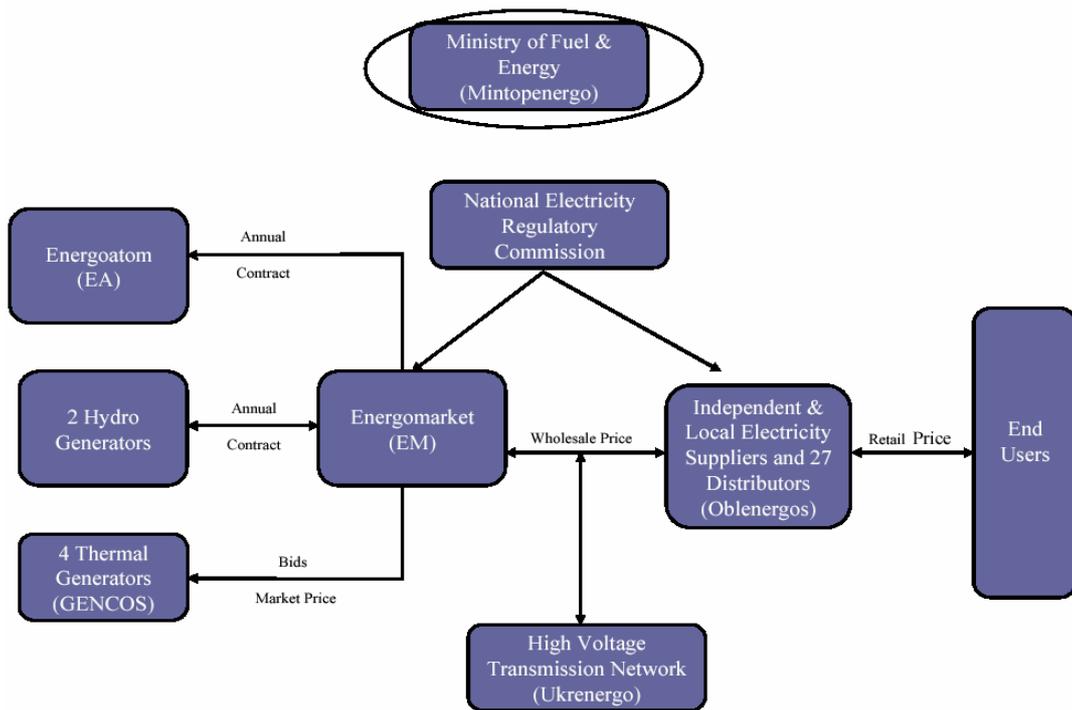


図 1.2-2 ウクライナの電力事業セクターの構造と規制

## 電力料金

ウクライナの電力価格の設定構造は、市場の影響力を通じて非独占的な活動に対する価格が設定され、独占的なサービスに対する価格が規制されることを意図している。

即ち、発電サブセクターは、時間単位の完全な競争入札プロセスを通じて価格が設定される競合サブセクター（火力発電所）と、Energomarket との直接の交渉を通じて価格が非競争ベースで設定される非競合サブセクター（原子力発電所、電熱併給発電所、水力発電所）に分割されている。競合サブセクターが発電量に占める割合は 30% である。

表 1.2-3 に、各種発電所の収益率に基づいて計算された、発電所別の卸売価格と生産コスト間の関連性を示す。卸売料金の利ざやは、原則的に適格なコストに基づいて規制されていると判断されている。

表 1.2-3 ウクライナの各種発電所の卸売価格と生産コスト

発電所の種別	卸売価格		生産コスト		発電事業者の収益率
	ユーロセント /kWh	ユーロセント /kWh	ユーロセント /kWh	ユーロセント /kWh	
	2003	2004	2003	2004	
原子力発電所	1.0	1.1	0.5	0.6	80～90 %
火力発電所	2.0	2.1	1.7	1.1	12～15 %
大規模水力発電所	0.5	0.2	0.3	0.1	100～110 %
熱電併給プラント	1.9	2.0	1.1	1.1	70 %
風力発電所	5.4	5.4	n.a.	n.a.	100～110 %

出典：Ukraine Power Industry

配電料金および供給料金は、NERC が非競合ベースで決定する。卸売料金の利ざやや原則として適正なコストに基づいて規制されるが、実際には NERC が自由裁量で設定している。支払い料金がコストを下回る住宅用セクターでは、セクターの相互扶助がかなりのレベルで残っているが、その他の商業および農業セクターなどの料金は、平均コストを越えているようである。

平均的な最終需要家の料金は現在 3.6～5.5 ユーロセント/kWh である。最近では料金が地域によって大幅に異なる場合があり、NPP のように発電容量が大きい場合は、料金が低くなる傾向があった。特に住宅以外のセクターでは料金の変動する可能性があったが、現在は各地域で料金が一定の水準に統一化される傾向がある。2006 年以来、全般的に電力料金は平均して月 5% の割合で上昇する傾向にある。住宅セクターの電力料金は 2006 年に 50% 引き上げられた。

### 1.2.3 地域熱供給

現在、ウクライナの人口の約 3 分の 2 が地域暖房による熱の供給を受けている。ウクライナには、60 万棟の集合住宅があり、うち 7 万棟は多層で 5 階建て以上である。5 階建て以上の高層の集合住宅だけで、国全体の熱需要の約 40% を消費している。ウクライナにおける地域暖房は、石炭換算で年間 8.1 百万 t の燃料（7.7 百万 t がガス、0.3 百万 t が石油、0.1 百万 t が石炭）を消費するため、ウクライナ政府は地域暖房の効率化の方策を検討している。表 1.2-4 に、地域暖房の詳細データを示す。

表 1.2-4 ウクライナにおける地域暖房の詳細データ (2001 年)

項目	供給され た熱	消費された熱			
		合計	住宅	公共	産業
	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh
需要家グループ別集計	133,636	122,202	68,916	28,951	24,335
都市部	125,337	115,851	67,890	25,683	22,278
田舎部	8,300	6,351	1,026	3,268	2,056
事業者別集計	133,637	122,201	68,915	28,951	24,335
自治体による供給	49,841	49,002	33,066	14,256	1,680
燃料エネルギー省による供給	31,052	25,945	18,367	4,329	3,249
他の事業者による供給	52,744	47,255	17,483	10,366	19,406

出典：エネルギー省

## 1.3 ウクライナの廃棄物処分場事情

### 1.3.1 廃棄物処理の現状

ウクライナでは、毎年約 10,000,000 t の都市廃棄物が発生し、そのほとんどがランドフィルに埋められている。紙、金属、ガラスはリサイクルされているが、リサイクル率は低く 10%程度である。ウクライナには廃棄物の分別収集システムがなく、廃棄物の分類は収集ステーションか埋立処分場で行われているが、処理または分別をしている処分場はほとんどない。

廃棄物処理と埋立ての国家のインフラが機能していないために、ウクライナの多くの地域が有害廃棄物の処理と埋立てに関して問題を抱えている。有害廃棄物専用の処分場の数が不十分であり、容量を超えた有害廃棄物が処分場に搬入されている。

ウクライナの廃棄物処理に係る法律には、「Ukrainian law on Municipal Waste」（1998年3月5日）がある。この法律では、廃棄物発生量と蓄積量の減少、廃棄物リサイクルの促進、環境面で安全な廃棄物処理に関して規定している。また、廃棄物の所有権を強調して、廃棄物の適切な管理への責任が所有者（企業）にあることを示している。

### 1.3.2 埋立処分場の現状

ウクライナには、700 の自治体運営のランドフィルが存在するが、処分場の 80%は環境基準を満たしておらず、大気・水・土壌が汚染されている。さらに、ウクライナには4つの廃棄物焼却場が存在する（現在稼働しているのは2つ）が、これら設備も環境基準を満たしていないのが現状である。

出典：UNECE Environmental Performance Review of Ukraine

## 1.4 ウクライナの JI に関する政策

### 1.4.1 JI 参加資格

JI の第 1 トラックにおけるホスト国の参加資格要件は、表-1.4-1 の左欄に示すとおりである。これらに関し、ウクライナ側の体制は表-1.4-1 の右欄のとおりであり、ウクライナ側は JI の参加資格を満たしている。

表 1.4-1 ウクライナの JI 参加資格

要件	適合状況
京都議定書の批准国であるか。	1996 年 10 月 29 日、ウクライナは UNFCCC を批准した。 2004 年 2 月 4 日、ウクライナは京都議定書を批准した。
DNA を登録しているか。	環境保護省 (MEPU) Ministry of Environmental Protection
初期割当量が存在しているか。	存在している。
国内の排出量及び吸収量の算定システムを有しているか。	有している。
国別登録簿を有しているか。	有している。
直近のインベントリーを提出しているか。	2006 年 5 月 26 日に提出している。
初期割当量の算定に関する補足情報を提出しているか。	提出している。
約束期間リザーブを維持しているか。	維持している。

出典：UNFCCC ホームページ

### 1.4.2 JI プロジェクトの承認プロセスに関する政策

現時点で、ウクライナは JI プロジェクトを実施するための法的枠組みの立案を完了している。立案までの段階を以下に示す。

- 1996 年 10 月 29 日、ウクライナは国連気候変動枠組み条約 (UNFCCC) を批准した。
- 2004 年 2 月 4 日、ウクライナ議会は京都議定書を批准した。
- 2005 年 8 月 18 日、「京都議定書諸規定の実施に関する国家行動計画」がウクライナ政府の閣議で決議第 346-p 号によって承認された。
- 2005 年 9 月 12 日、UNFCCC の京都議定書に基づくウクライナの約束の履行に関する諸活動の調整者として、ウクライナ環境保護省 (MEPU) が指名された。これにより、MEPU は JI プロジェクトに関する事前承認書 (LoE) および正式承認書 (LoA) の発行、並びに JI プロジェクトの評価基準の決定を担当するウ

クライナの「指定国家機関 (DNA)」となった。

- 2006年2月22日、「UNFCCCの京都議定書に基づく発生源別の人為的排出削減或いは吸収源による人為的除去の強化を目的とするプロジェクトの審査、認可、実施に関する政令」がウクライナ政府の閣議で行政命令第206号によって承認された。JIプロジェクトの審査／認可に関する手続き並びにLoE/LoAの発行手続きがこの政令によって決められた。
- 2006年8月2日、LoE取得のために提出される文書に関する要求事項およびJIプロジェクト立案に関する要求事項がMEPUの省内指令#341-925/12799と#342-926/12800によって承認された。

これにより、評価基準を含めたJIプロジェクト立案に関する詳細なガイドラインが作成され、JIプロジェクト実施に関する文書の作成が完了した。

現在、MEPU内に新たに設置された「京都議定書およびオゾン層破壊物質規制の支援と実施」に関する部門が気候変動問題に関連する規則を担当している。

国立気候変動問題センターは、気候変動の軽減を目的とする諸活動を支援するためにMEPUによって設立された国営企業である。同センターはウクライナにおけるUNFCCCの調整機関となっており、その活動についてUNFCCCへ報告書を提出し、UNFCCC向けに毎年GHGインベントリーと国別報告書を作成している。

### JIプロジェクトの承認プロセス

ウクライナにおけるJIプロジェクト認可の国内手続きは標準的な国際的手続きに準拠しており、以下の2段階からなる。

- 1) プロジェクトの支持段階 — MEPUによるLoEが必要
- 2) プロジェクトの認可段階 — MEPUによるLoAが必要

LoEの申請には、「プロジェクト摘要」(PIN)並びに申請者の財務状況の説明を含める必要がある。PINには、ベースラインシナリオ、排出削減単位(ERU)の量的評価およびERUsの売却による収益を含むプロジェクトファイナンスの暫定計画に関する簡潔な説明を含める必要がある。

LoAの申請には、PDDと認定独立組織(AIE)の決定通知を含める必要がある。ベースラインシナリオ、追加性の証明、排出削減評価、モニタリング計画の説明など標準的なPDDの必要文書に加えて、PDDにはウクライナの法的基準に従って作成される事業計画、プロジェクトファイナンスの計画および環境影響評価を添付する必要がある。

この認可手続きに従って、MEPUは申請書の提出から1ヶ月以内にLoE/LoAを発行するか、あるいは適切な説明を加えて書面による却下通知を出すことを義務づけられて

いる。実際には、MEPU の事務能力が限られているためにプロジェクトの審査期間はもっと長くなる。

### JI プロジェクトの受入基準

「JI プロジェクト立案に関する要求事項」の中で、JI プロジェクト認可の基準が以下のように定められている。

- 1) プロジェクトは、京都議定書の第一約束期間中(2008～2012年)に毎年 20,000 tCO<sub>2</sub>e 以上の ERU を生み出さなければならない。
- 2) IRR(内部収益率)が現行の法人向け預金金利の 90%より大きいプロジェクト(ERU の売却による収益を含めずに)の場合、ERU の価格は欧州連合排出量取引制度における現行価格の 50%より低くてはならない。
- 3) ERU 売却による収益は、プロジェクトの投資コストの 10%以上でなければならない。この基準は、資金的にベースラインに基づく案よりも魅力的でないプロジェクト案が選択された場合には適用されない。

### 1.4.3 ウクライナにおける JI プロジェクトの可能性と現状

ウクライナでは、主として炭坑／埋立処分場メタンの利用、エネルギー効率化、地域暖房システムの再構築、バイオマスのエネルギー化などで JI プロジェクトの可能性が大きい。

表 1.4-2 に 2006 年 11 月現在の JI プロジェクトの立案と認可の統計、表 1.4-3 に PDD を完了したプロジェクトの種類を示す。

表 1.4-2 JI プロジェクトの立案と認可に関する統計 (2006 年 11 月現在)

プロジェクトの現状	件数	2012 年までの ERU (MtCO <sub>2</sub> e)
ウクライナ企業と調印した ERPA	4	2,433,712
LoA を取得しているプロジェクト	4	13,180,816
LoE を取得しているプロジェクト	28	不明
PDD を完了した JI プロジェクト	15	22,739,077

表 1.4-3 PDD を完了したプロジェクトの件数

プロジェクトの種類	件数	2012 年までの ERU (MtCO <sub>2</sub> e)
排ガス排出	5	13,903,655
都市固形廃棄物	4	2,249,083
エネルギー効率化	3	1,868,205
再生可能資源	2	1,630,432
製造工程	1	3,087,702

## 第2章 プロジェクト計画

### 2.1 プロジェクトの概要

#### 2.1.1 プロジェクトの目的

本プロジェクトは、ウクライナのジトーミル市の埋立処分場から排出されるメタンガスを主成分としたランドフィルガス（LFG）を燃料とした発電及びガス燃焼をJIプロジェクトとして実施するものである。本プロジェクトによって、埋立処分場周辺の環境改善、さらに代替エネルギーとしてのメタン利用による温室効果ガス排出削減と化石燃料消費の削減（省エネルギー）を図ることを目的としている。

#### 2.1.2 プロジェクト計画の概要

埋立処分場では、有機物の分解によってメタンガスを含むLFGが発生している。メタンガスは温室効果が二酸化炭素の21倍と高いため、メタンガスの大気中への自然放散を防止することによって、温室効果ガス排出削減に大きく貢献することができる。

本プロジェクトでは、埋立処分場にLFG収集のための収集パイプを敷設し、ガスの収集・処理を行ってから、ガスエンジン（GEG）を用いて発電を行う。発電電力は地域の配電グリッドに接続する。また、ガスエンジンで利用できないLFGは、フレアスタックによって燃焼／破壊処理する。

このシステムによる発電により、接続する電力グリッド内の発電所の燃料使用量が削減され、省エネルギー及び温室効果ガス排出削減が期待される。また、ガスエンジンで利用できないLFGについてもフレアスタックによる燃焼／破壊処理によってメタンを二酸化炭素に変換することができるため、省エネルギーには直接つながらないものの温室効果ガス排出削減の効果がある。

以下の図 2.1-1 に、LFG 収集システムの一例について概要を示す。

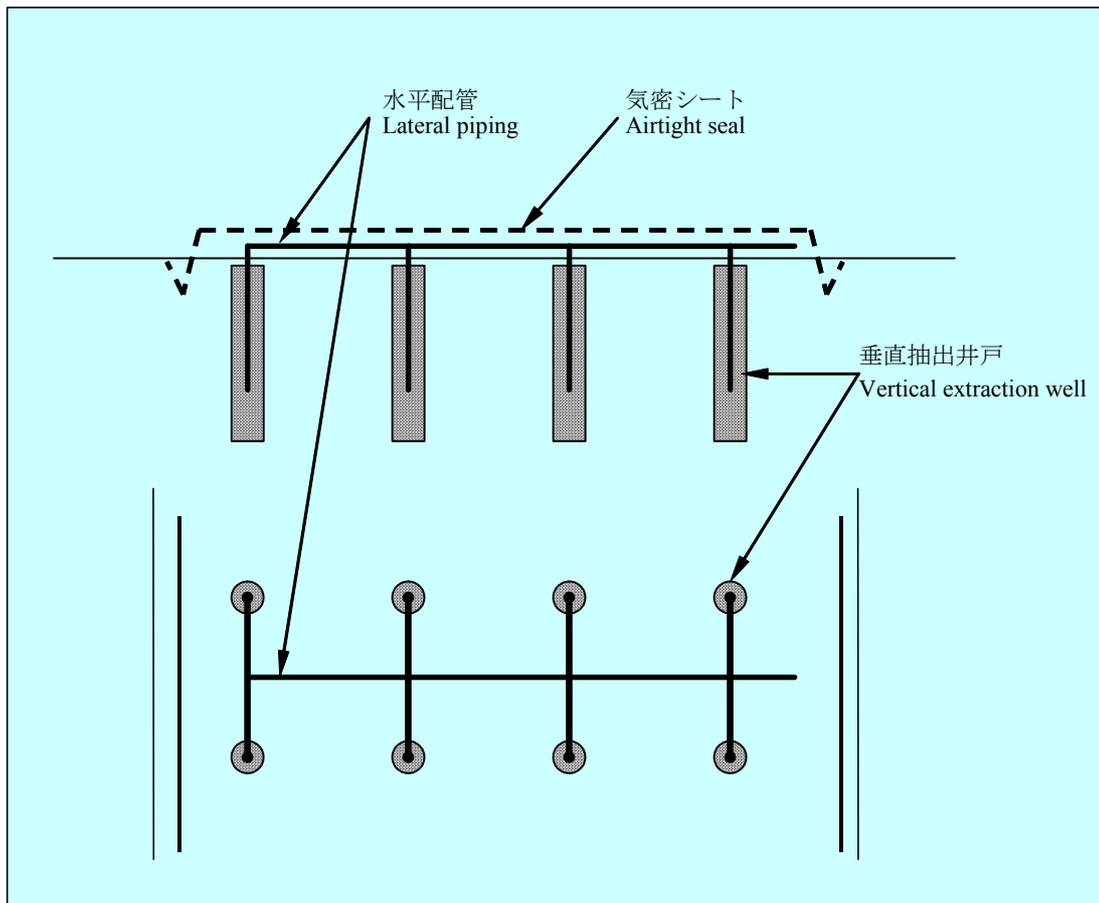


図 2.1-1 LFG 収集システム

## 2.2 プロジェクトの持続可能な開発への貢献

本プロジェクトが実施されると、以下の理由で追加的な温室効果ガスの排出削減が生じる。

- 1) LFG の収集による GHG であるメタンガスの捕捉、GEG 運転／フレア処理 (flaring)、すなわち燃焼によるメタンガスの破壊。
- 2) GEG 運転による既存火力発電所の代替が CO<sub>2</sub> 排出を削減。

従って、本プロジェクトにおいて対象とする温室効果ガスは、メタンガス及び二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) である。

また、このプロジェクトは以下のようにウクライナの埋立処分場の環境改善をすると同時に、ウクライナの老朽化したエネルギーシステムを助け、持続可能な発展に寄与するものである。

- ・ 処分場の悪臭防止という環境改善効果
- ・ 処分場の火災事故防止という環境改善効果
- ・ 老朽化した発電システムの代替効果

- ・ エネルギーの有効利用効果
- ・ 新技術導入による人的資源の育成効果
- ・ プロジェクト実現（建設、運用）による雇用の創出効果

### 2.3 プロジェクト参加者の概要

プロジェクトの参加者として、以下の組織が挙げられ、その主な役割は次の通りである。

- ・ 清水建設株式会社 : プロジェクトの計画・立案・PDD作成、プロジェクトの推進、  
出資
- ・ ジトーミル市 : プロジェクト実施サイトの提供、プロジェクトに関する各種  
許認可取得支援、施設の運営、モニタリング

## 2.4 プロジェクト実施サイト

### 2.4.1 対象施設の現状

本プロジェクトの実施サイトであるジトーミル埋立処分場は、図 2.4-1 に示すとおり、ジトーミル市の中心部から約 7km、市の工場地帯の縁辺部に位置しており、周辺に居住区はない。

処分場全体の敷地面積は約 19ha であり、そのうち現在廃棄物に覆われているエリア面積は約 16ha となっている。本処分場は図 2.4-2 に示すとおり、8 つの区画に分けられており、順次埋立てが行われている。一部のエリアでは、覆土が行われており、ブルドーザーにより定期的に土が被せられている。計画上の最大埋立深さは約 12-18m、搬入開始年は 1960 年であり、閉鎖予定は未定であるが 8-10 年後を見込んでいる。

ジトーミル市からの固形廃棄物受入累積量は過去のデータから平均すると年間 290,000m<sup>3</sup> であり、2006 年までに搬入された総量は 1,000～1,200 万 m<sup>3</sup> と見積もられる。

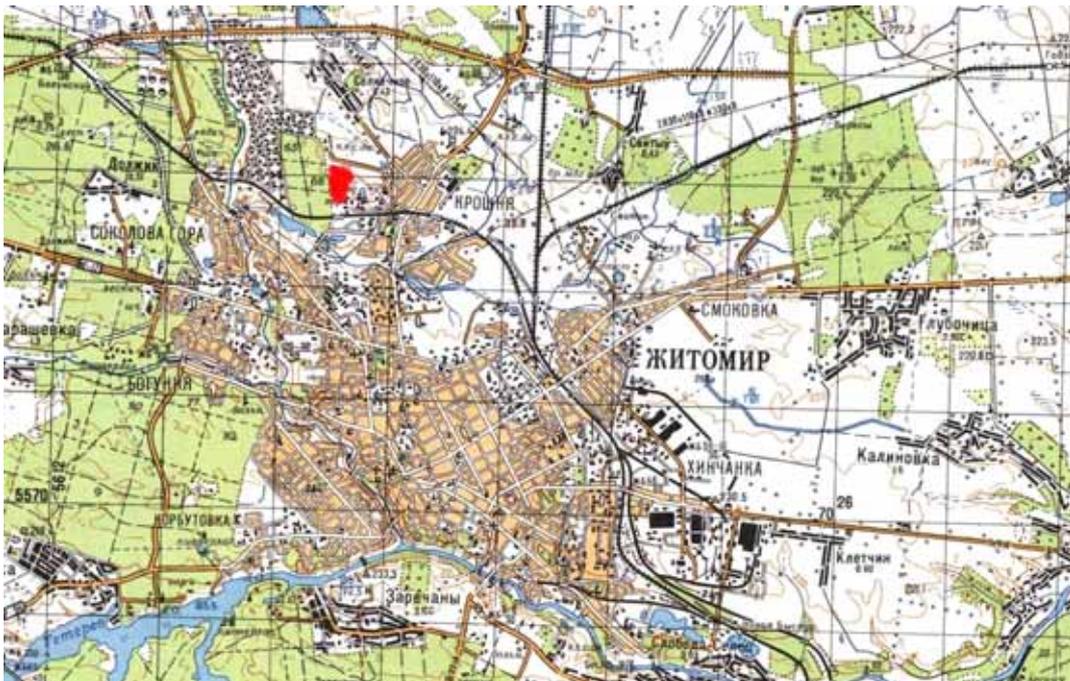


図 2.4-1 ジトーミル市の埋立処分場の位置

表 2.4-1 対象施設の現状

項目	単位	ジトーミル埋立処分場
処分場敷地面積	ha	約 19ha
埋立て面積	ha	約 16ha
最大埋立深さ	m	約 12-15m
運用開始年	年	1960 年
閉鎖予定年	年	未定
年平均固形廃棄物受入量	m <sup>3</sup>	290,000m <sup>3</sup>
市中心部からの距離	km	約 7 km
処分場の所有者	-	ジトーミル市



図 2.4-2 ジトーミル埋立処分場の平面図



写真 2.4-1 ジトーミル埋立処分場の現状



写真 2.4-2 ジトーミル埋立処分場の現状

## 2.4.2 ランドフィルガス発生量の想定

### 固形廃棄物の埋立量

ジトーミル埋立処分場に運び込まれた廃棄物の量は、廃棄物を運搬するトラックの容量と台数で測定されている。過去にこの埋立処分場へ搬入された廃棄物の年間数量の計算は下記の想定に基づいている。

- ・ 埋立処分場の全寿命期間中に廃棄物の量は一定して1.2%ずつ増大する。(2000年 IPCC 原単位)
- ・ 2004年末現在の廃棄物の合計量は11,000,000 m<sup>3</sup>であった。
- ・ 過去10年間の廃棄物の年間数量は平均して290,000 m<sup>3</sup>であった。

上記の想定に基づき推定した、固形廃棄物の量は表 2.4-2 に示すとおりである。なお、1990年以前の廃棄物は対象外とした。

表 2.4-2 固形廃棄物埋立量の予測値

年 x	処分量 R <sub>x</sub>	累積量	年 x	処分量 R <sub>x</sub>	累積量
	トン/年	トン/年		トン/年	トン/年
1990	62,795	62,795	2004	74,208	1,025,315
1991	63,549	126,344	2005	75,099	1,100,414
1992	64,311	190,655	2006	76,000	1,176,414
1993	65,083	255,738	2007	76,912	1,253,326
1994	65,864	321,602	2008	77,835	1,331,161
1995	66,654	388,256	2009	78,769	1,409,930
1996	67,454	455,710	2010	79,714	1,489,644
1997	68,264	523,974	2011	80,671	1,570,315
1998	69,083	593,057	2012	81,639	1,651,954
1999	69,912	662,969	2013	82,618	1,734,572
2000	70,751	733,720	2014	83,610	1,818,182
2001	71,600	805,320	2015	84,613	1,902,795
2002	72,459	877,779	2016	85,629	1,988,424
2003	73,328	951,107			

※1990年以降の廃棄物量は算定外とした。

## 固形廃棄物の組成

本プロジェクトにおいては、処分場から発生するメタンガス量をより正確に算出するため、過去の搬入された廃棄物の組成を調査しており、その結果は表 2.4-3 に示すとおりである。

表 2.4-3 固形廃棄物の組成

Waste category	Mass portion %	Component code
食糧残渣	35.0	C
紙、ダンボール	37.5	A
木材	1.5	D
鉄、非鉄金属	4.0	-
布	4.0	A
骨	1.5	B
ガラス	2.5	-
皮、ゴム	1.0	B
石	1.0	-
プラスチック	4.5	-
その他	1.5	C
15mm 未満の細かいごみ	6.0	B
合 計	100.0	

注：廃棄物の種別は IPCC のガイドラインの種別を示す。

## メタンガス発生量の予測式

処分場から発生するメタンガス発生量 ( $Q_{y,x}$ ) を試算する手段として、IPCC のガイドライン (Revised 1996 IPCC Guidelines for National Green house Gas Inventories : Reference Manual CHAPTER 6 WASTE) に示された First Order Decay Model (ガイドラインの中の式-3 (EQUATION 3) に相当) の発展形 (ガイドラインの中の式-4 と式-5 (EQUATION 4 & EQUATION 5) に相当) を使用する。なお、IPCC のインベントリーガイドライン 2006 が公開されているが、本プロジェクトにおいては、LFG の回収・利用量に基づき、温室効果ガス排出削減量をプロジェクト実施時に直接計測する計画であり、現時点ではあくまでも排出削減量の予測のための計算であるので、これまでの計算手法を用いることとする。以下にその数式を示す。

$$Q_{y,x} = k * R_x * L_0 * e^{-k(y-x)}$$

$Q_{y,x}$	x 年に搬入された廃棄物 ( $R_x$ ) によって、現在 (y 年) 発生するメタンガス発生量 ( $Nm^3/y$ )
k	メタンガス発生率 (1/y)
$R_x$	x 年に搬入された固形廃棄物量 (Mg/y)
y	現在の年 (y)
$L_0$	潜在的メタンガス発生量 ( $Nm^3/Mg$ Mg は固形廃棄物量)

メタン発生ポテンシャル ( $L_0$ ) の値は、固形廃棄物の組成、処分場がある場所の気候等によって左右される。また、メタンガス発生率 ( $k$ ) の値は、固形廃棄物に含まれる水分、固形廃棄物に含まれる有機物量、セルロースとヘミセルロース、pH、温度等の関数である。

$L_0$  は、表 2.4-3 の組成から、IPCC のガイドライン (Revised 1996 IPCC Guidelines for National Green house Gas Inventories : Reference Manual CHAPTER 6 WASTE) の式-1 と式-3 を用いて、以下のとおり推定した。

$$L_0 = MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times 16 \div 12 \div D_{CH_4}$$

MCF	メタン補正係数 (管理型であればデフォルト値は 1.0)
DOC	分解可能な有機性炭素の割合
DOC <sub>F</sub>	DOC が分解される割合
F (=w <sub>CH<sub>4</sub></sub> )	LFG に含まれるメタンの割合 (デフォルト値は 0.5)

また、

$$DOC = 0.4 \times (A) + 0.17 \times (B) + 0.15 \times (C) + 0.30 \times (D)$$

(A)	固形廃棄物のうち、紙および布の占める割合 (%)
(B)	固形廃棄物のうち、庭園の廃棄物、公園の廃棄物、そのほか腐りやすいもので食品ではない有機物の占める割合 (%)
(C)	固形廃棄物のうち、食品の占める割合 (%)
(D)	固形廃棄物のうち、木材及びわらの占める割合 (%)

表 2.4-3 の組成に従いそれぞれの値を計算すると、

$$(A)=41.5, (B)=8.5, (C)=36.5, (D)=1.5$$

となり、

$$DOC = 0.240$$

となる。

DOC<sub>F</sub> は、IPCC では 0.77 を使用することを推奨している。しかし、近年の研究では、0.77 の値は固形廃棄物に含まれるリグニンを事前に計算から除外している場合にのみ使用でき、リグニンが除去できない場合には、0.5~0.6 の値が妥当との説があるため、

$$DOC_F = 0.55$$

と設定した。

以上より、

$$L_0=0.240 \times 0.55 \times 0.5 \times 16 \div 12 \div 0.7168 \times 1000=138.1\text{m}^3/\text{Mg}$$

IPCC のガイドラインでは  $L_0$  の一般的な値を  $100\text{m}^3/\text{Mg}$  から  $200\text{m}^3/\text{Mg}$  としているが、この計算値はこの範囲に納まっている。そこで、本案件では IPCC のガイドラインに基づき、一般的な処分場の下限值である  $100\text{m}^3/\text{Mg}$  を採用することとした。

$k$  は LFG の発生量に大きな影響を与える因子であり、廃棄物の種類や気候（温度、湿度、降雨量など）に影響を受けるものである。下記文献の調査により、これら数値を決定するものとした。

文献①「McBean, Rovers & Farquhar 1995 "Solid Waste Landfill Engineering And Design, Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice Hall PTR"」

文献②「NEDO&テクノコンサルタンツ株式会社 サマルカンド市における埋立てガスを利用したごみ発電システムの研究 2000 P4-9、P4-15」

以上の文献により、ジトーミル市の廃棄物の種類、気候を勘案した結果、 $k=0.075$  を採用するのが適当と判断した。

### メタンガス発生量の試算結果

上記の条件を勘案して、埋立処分場から発生するメタンガスの発生量を試算する。試算条件は表 2.4-4 に、メタンガス発生量及び収集量の試算結果は図 2.4-3 に示すとおりである。

表 2.4-4 試算条件の一覧

項目	単位	数値
メタンガス発生率( $k$ )	1/年	0.075
潜在的メタンガス発生量 ( $L_0$ )	$\text{m}^3/\text{ton}$	100.00
埋立開始年	—	1990
埋立終了年 (予定)	—	2016
発生ガス収集率	%	60
発生ガスのメタン割合	%	50

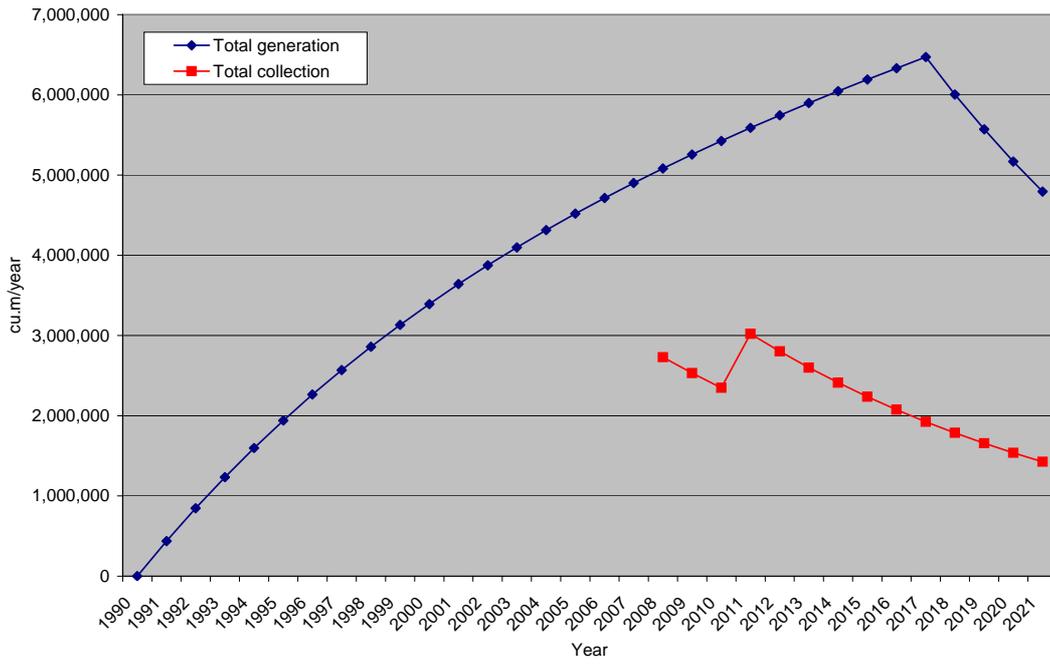


図 2.4-3 メタンガス発生量及び収集量の試算結果

## 2.5 システム構成

### 2.5.1 ランドフィルガス利用設備全体概要

本プロジェクトにおける、全体のプロジェクト計画の系統図は、図 2.5-1 に示す通りである。本プロジェクトのシステムは大きく分けて以下の 3 つの技術から構成されている。

#### LFG 収集システム技術

垂直抽出井戸、水平配管、気密シート、ガスホルダー、計器類、ブロアー設備、ガス処理設備、ガス貯留設備等で構成される。LFG 収集効率が 60%以上を期待できる高効率なシステムである。

#### バイオガス利用小型 GEG 技術

LFG のような希薄なメタンガスでも安定した運転が可能なガスエンジン、発電機、制御盤、系統連系線（送電設備）、計器類で構成される。ガスエンジンは発電効率が 30～40%であり、ウクライナの既存の旧式蒸気タービンをしのぐ効率である。加えて、LFG のような希薄なガス燃料でも安定して運転できるガスエンジンには高度な技術が必要である。

#### フレア技術

フレア設備において、ガスエンジン発電機で破壊しきれない LFG を燃焼により破壊する。LFG を安定的に燃焼、破壊するために、閉鎖型のフレア設備を使用する。

尚、ウクライナでは、埋立処分場に LFG の収集システムがウクライナ独自の技術・資金で導入された実績はない。すなわち、上記の LFG 収集システム、GEG の技術はウクライナ独自では全く実践されていないが、日本を始めとする先進国で多くの適用実績がある。また、環境に対しては、処分場の環境改善（LFG に含まれるメタンによる悪臭、火災の危険からの解放）、エネルギーの有効利用という効果がある。従って、この技術のウクライナへの適用のためには、適切な訓練や、教育を受ける機会が与えられる必要がある。また、この技術は、ここ数年でかなり成熟してきており、ウクライナにおいて、プロジェクト期間内に、他のより優れた技術にとって代わられる可能性は低い。

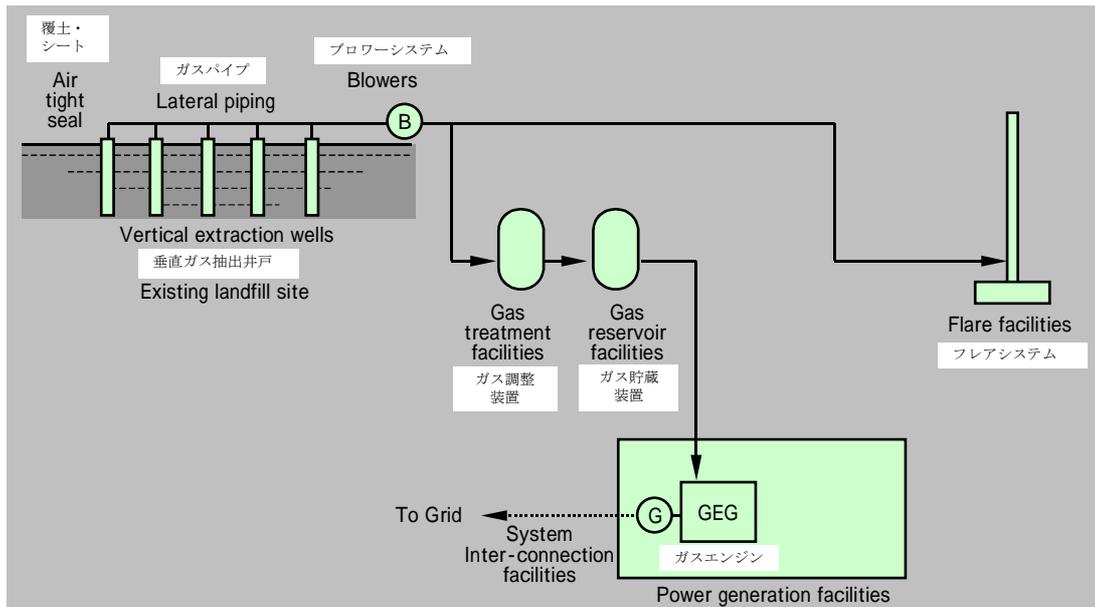


図 2.5-1 全体システム系統図

## 2.5.2 ガス収集・供給設備

### ガス回収設備計画 (gas collecting facilities)

LFG を回収する設備は「垂直抽出井戸 (Vertical Extraction Wells)」と「水平配管 (lateral piping)」、「ブロアー設備 (Blowers)」、「気密シート (air tight seat)」から構成される。垂直抽出井戸は、埋立処分場の地中に設置し、埋立処分場から発生する LFG を回収する役割を果たす。一方、水平配管は垂直抽出井戸からの回収された LFG を、後段の設備 (ブロアー設備) にまで搬送する役割を果たす。ブロアー設備は、系内 (垂直抽出井戸と水平配管) に負圧を与え、LFG を回収しやすくするとともに、LFG を遠方にまで搬送させることができるようにする役割を果たす。気密シートは埋立地表面からの地中への空気の侵入を防ぎ、LFG に空気が混入しないようにする役割を果たす。

### 垂直抽出井戸

垂直抽出井戸の設置計画で重要になるのは、井戸の配置と深さである。井戸の配置は、井戸内の負圧度、井戸周辺の固形廃棄物の埋立度合等によって、井戸の影響範囲を決めた上で、決定する必要がある。井戸の深さは、埋立深さによって決定する。埋立深さを H とすると、井戸の深さは、およそ  $2/3H \sim 3/4H$  である。但し、地下水の影響を受ける場所、深さには井戸を設置することができないので、事前のボーリング調査が重要となる。ボーリング調査はプロジェクトの実施設計前に実施する予定である。

一方、井戸の口径は、標準で 100mm とする。井戸のケーシング管 (casing pipe) には口径 100mm の樹脂管 (塩ビ管等) を使用し、一定の間隔でスリット穴を設けるものとす

る。スリット穴はケーシング管の底からケーシング管長さの 2/3～3/4 の範囲に設けるものとする。また、ケーシング管の底は閉止する。

井戸は 100mm のケーシング管を埋設するため、施工性、使用できる重機等を見極め、最低でも口径 450mm のボーリング穴を施工する。ボーリング穴とケーシング管の間には、通気性の良い砂利 (gravel) を充填するが、ケーシング管のスリット穴のない部分には、土壌 (soil) を充填する。ケーシング管の地面に近い部分のボーリング穴とケーシング管の間には、通気を遮断するためにベントナイト (bentonite) を充填する。

井戸の最頂部はマンホールを設ける。マンホール内には、LFG の量と組成を計測するためのサンプリング用のコック (sampling valve)、井戸の使用／不使用を選択できる止め弁 (stop valve) を設ける。

## 水平配管

水平配管には、樹脂管 (高密度ポリエチレン配管 (High Density Polyethylene (HDPE) pipe)、等) を使用する。配管には所定の負圧に耐えられる強度が必要である。最小口径は 100mm とし、最大流速を決めて設計する。設計流量は、最大流量から多少の余裕を見込むものとする。水平配管では、LFG に含まれる水蒸気が凝縮して、LFG の流れを阻害する可能性があるため、所定の勾配を確保するものとする。回収された凝縮水はドレン設備、トラップを介して系外に排出される。

## ブローア設備

ブローア設備では、システムに必要な流量と 1 次側 (垂直抽出井戸と水平配管側) の所定の負圧、2 次側 (ガス処理設備、ガス貯留設備、発電設備側) の所定の正圧を確保するものとする。発生 LFG の量は、年々変化することが予想されるし、設備の点検のために、システムは常に最大の流量で運転できるとも限らない。そこで、ブローア設備は 2～4 台に分割し、個別に運転が可能のように配管し、弁類を設置する。設計流量は、最大流量から多少の余裕を見込むものとする。

## 気密シート

埋立処分場全体を覆うシートを井戸設置後に敷設する。シートは高強度のもので、紫外線によって劣化しにくく、水密性、気密性を確保しなければならない。一般には塩ビシートか不織布が使用される。各シートの接続部分からの空気の侵入を防ぐためにも、接続部分は溶着等の方法で施工する。

## ガス処理設備計画 (gas treatment facilities)

LFG には、様々なガス成分が含まれる。このうち、システム、特に発電設備にとって有害なものを除去するガス処理設備が必要となる。ガス処理設備は、必要に応じ、水分、

シロキサン、硫化水素、微粒子等を除去できる設備が必要である。

水分は、それ自体が鋼でできた配管や設備を腐食させたり、配管を閉塞させたりする可能性がある。また、LFGに含まれる硫化水素を反応して硫酸となり、さらに大きな障害をシステムにもたらす。水分は脱水器、トラップ等により除去する。

シロキサンは、メチル基 (-CH<sub>3</sub>) 等の有機基を持つケイ素と酸素が交互に結合したポリマーの総称である。シロキサンはガスエンジンの燃焼室内で燃焼すると、粉末または結晶状のシリカに酸化してガスエンジン内に残留する。一般に、このシリカ残渣物は、ガスエンジン摺動面へ研磨剤として作用して部品の早期劣化を起こしたり、スパークプラグへ堆積して燃焼を不安定にしたり、排ガス浄化触媒を閉塞し浄化機能を早期低下させる等問題を引き起こす。従って、LFGに含まれるシロキサンの除去は重要である。シロキサンは、シロキサン除去装置で除去する。

硫化水素は、腐食性があるので、所定の濃度以上になると除去する必要がある。硫化水素は脱硫装置で除去する。

以上の各除去装置は、LFGの性状を詳しく分析してから、その必要性の有無も含めて計画を行う必要がある。LFGの性状の詳細な分析は、プロジェクトの実施段階で行う予定である。

### **ガス貯留設備計画 (gas reservoir facilities)**

LFGの発生量は必ずしも一定であるとは限らないが、LFGを利用するガスエンジン発電機側・フレア設備側は、一定のガス入力を期待する。また、ブロアー設備、ガスエンジン発電機、フレア設備等のシステムの部分的な停止（点検による停止、緊急停止等）により、ガスの需給関係が崩れることもありえる。そこで、これらのアンバランスを吸収する目的で、バッファ的な役割のガス貯留設備、すなわちガスホルダーを設置する。ガスホルダーの容量は、システムの需要側の最大消費量（定格消費量）の約20～30分程度とする。

### **2.5.3 ガスエンジン発電機**

ガスエンジン発電機（GEG）はLFGに含まれる温室効果ガスであるメタンガスを燃焼させ、CO<sub>2</sub>にまで破壊させるという重要な役割がある。加えて、電力が得られるので、得られた電力を所内で使用する他、系統に売電することも可能となる。

発電設備の容量は、発電出力が安定的に確保でき、なおかつ投資効果が高まるように設定する。即ち、プロジェクト期間中における回収可能ガス量の変動に対し、定格の発電が可能となるように設定するものとする。現在の予測では500kWの容量の発電機を設置できる見込みである。このガスエンジン発電機からの発電電力の一部は、ブロアー等所内で消費され、余剰分が系統に売電される予定である。

ガスエンジン発電機の容量は、実際に LFG の回収を始め、その量を把握した上で再度検討し、決定するものとする。LFG の発生量が想定よりもかなり少ない場合、あるいはかなり不安定な場合は、発電機を設置せず、フレア処理だけでメタンガスを破壊処理することも考慮する。

なお、本プロジェクトにおいては、ガス回収のためのブロアー設備等プロジェクトのシステム機器の運転に伴い所内で消費されるエネルギーをガスエンジン発電機の発電電力により賄う予定である。所内エネルギー消費量の割合は、ガスエンジン発電機による発電量の 10% と想定している。表 2.5-1 にガスエンジン発電機的主要仕様を示す。

表 2.5-1 ガスエンジン発電機的主要仕様

項目	単位	数値
機器容量	kW	500
同上	HP	671
年間稼働時間	時間/年	8,040
NO <sub>x</sub> 排出量	t/h 基	0.002
LHV 基準の発電効率	%	35.0
定格メタンガス消費量	Nm <sup>3</sup> /h	144
同上	Nm <sup>3</sup> /y	1,257,276
電力自己消費率	%	10.0

## 2.5.4 その他の設備

### 送電設備計画(power transmission facilities)

送電設備は、ガスエンジン発電機から得られた電力を系統に送電するための設備である。また、ガスエンジン発電機が点検等で停止中は、系統から電力を買うための設備でもある。送電設備は、売電電力量計、買電電力量計、保護装置、制御装置、及びこれらを格納する盤類等で構成される。

これら設備の設置には、配電会社のグリッド接続に関する技術的な条件を遵守する必要があり、これらの許可は、プロジェクトの実施設計を行う際に取得する予定である。

### フレア設備計画(flare facilities)

フレア設備は、ガスエンジン発電機に対して余剰の LFG (メタンガス) を破壊する目的で設置する。また、ガスエンジン発電機が点検や緊急停止で使用できない場合には、発生する LFG (メタンガス) の全量をフレア設備で破壊する。

表 2.5-2 にフレア設備の主要仕様を示す。

表 2.5-2 フレア設備の主な仕様

項目	仕様
処理 LFG 量範囲	170～970Nm <sup>3</sup> /h
LFG 中のメタンガス含有率	50%
メタンガス破壊効率	99.5%以上
その他安全機構	逆火防止バーナー (anti-flashback burner) 液除去機構 (liquid removal)

## 2.5.5 運転方法

ガスエンジンの運転方法としては、年間連続運転とする。但し、メンテナンス等による停止を考慮し、年間の運転時間は約 8,040 時間（年間 335 日）とする。

運転については、特別な発停作業等もないため、技術を持ったオペレーターは必要無いが、5 名分の人員を見込むこととする。

ガスエンジンの停止時、及びガスエンジンで使い切れないメタンガスについては、全量をフレアスタックにて破壊処理する。発電に供されるメタンガスの量とフレア処理されるメタンガスの量の見込みは図 2.5-2 に示す通りである。

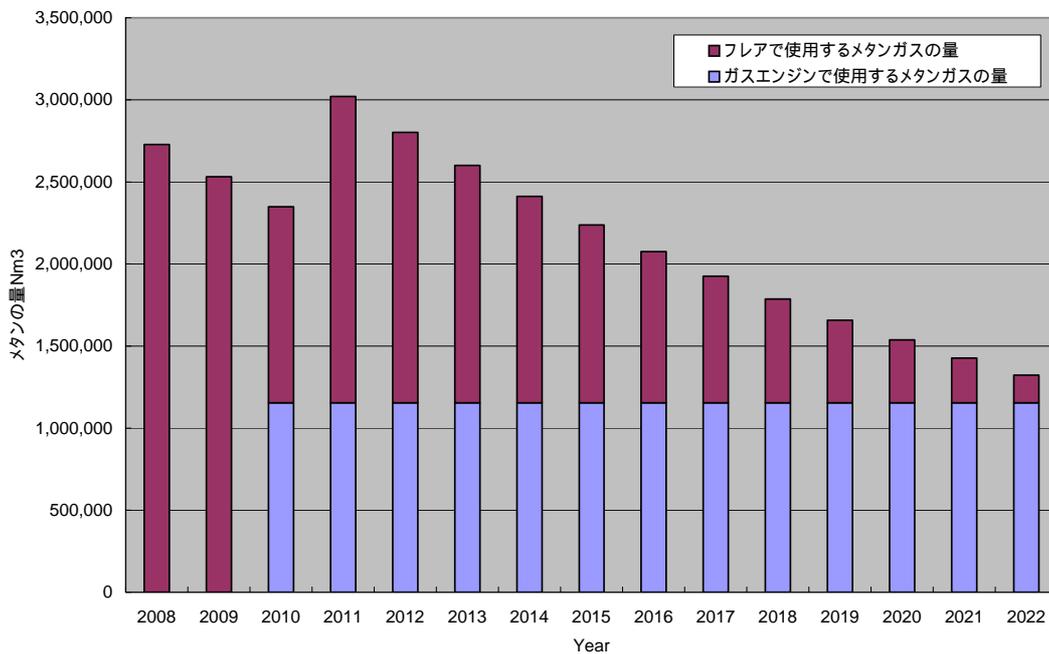


図 2.5-2 回収したメタンガスの使用用途

## 2.6 本プロジェクトの領域

本プロジェクトの地理的な舞台は、ジトーミル市の埋立処分場である。この処分場に搬入される固形廃棄物の量、この処分場で発生するLFG（メタンガス）の量は、プロジェクトの管理が及ぶものであり、本プロジェクトの境界に含まれる。

このLFGはGEGやフレア処理設備により燃焼される。GEGやフレア処理設備によって燃焼されるランドフィルガスは最終的には二酸化炭素に変換されて大気中に排出される。この二酸化炭素排出もプロジェクトの管理が及ぶものであり、本プロジェクトの境界に含まれる。

一方、発電設備による発電電力は接続する既存の電力グリッドに還元され、系統の発電所の発電電力の代替となり、発電所内の燃料消費量の削減につながる。この結果、系統の発電所では温室効果ガスの排出が削減される。しかし、系統の発電所は、プロジェクトの管理が及ばないものである。従って、プロジェクトの境界内には含まれない。

以上より設定する本プロジェクトの領域は、図2.6-1に示す通りである。

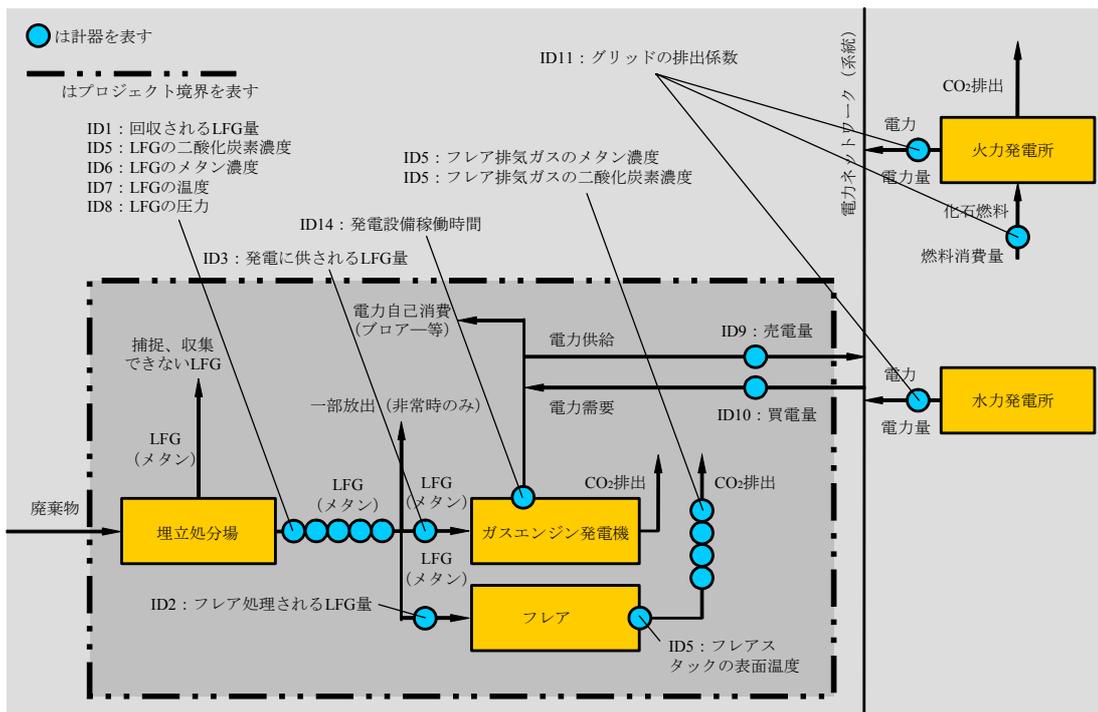


図 2.6-1 プロジェクトの領域

## 2.7 プロジェクトコストの検討

### 2.7.1 イニシャルコストの検討

イニシャルコストは、ガスエンジン発電機（GEG）と LFG の収集システムの建設費とその他閉鎖費用等に分類できる。試算結果を表 2.7-1 に示す。

このプロジェクトでは、埋立処分場に 500kW のガスエンジン発電機を設置する計画である。ガスエンジンの価格は、欧州メーカーからの見積りをベースにしている。ガスエンジンは高価なので、このプロジェクトの経済性に大きな影響を与えるが、バイオガス発電に対する納入実績の多い信頼性のある機種を選定する必要がある。

表 2.7-1 イニシャルコストの内訳

設備名称	費用 (US\$)
ガスエンジン発電機	924,354
ガス収集システム	1,673,836
閉鎖費用等	451,983
合計	3,050,173

### 2.7.2 ランニングコストの検討

ランニングコストは、表 2.7-2 に示すとおりである。人件費等運転費、機器保守費、検証費を見込んでいる。

表 2.7-2 ランニングコストの内訳

項目	費用 (US\$/年)
運転費	38,122
機器保守費 (3 年目以降)	34,655
検証費	20,000
合計	92,777

## 2.8 プロジェクトの実施計画

### 2.8.1 プロジェクトの実施体制

本プロジェクトの実施体制を図 2.8-1 に示す。

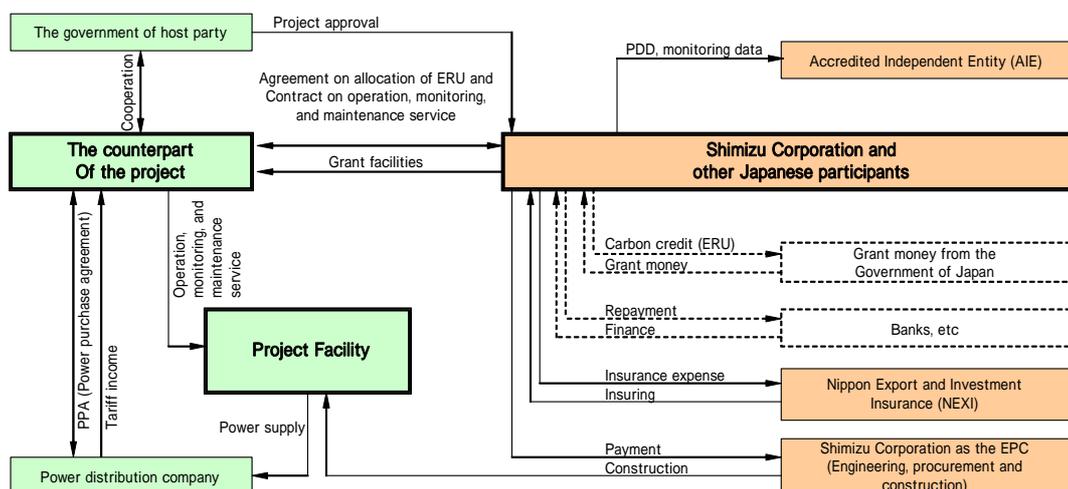


図 2.8-1 プロジェクトの実施体制

本プロジェクトでは、日本側のプロジェクト参加者がプロジェクトの初期投資（建設工事の発注）を行うが、それ以外のプロジェクトの運営（モニタリング、機器の運転・保守、経理業務、ERUの管理、外注・委託契約、人事、報告等）はすべてジトーミル市が責任を持つ。

#### 日本側の役割と負担する範囲

日本側の参加者の主な役割は、プロジェクトの組成（資金面を含む）、実施計画、技術移転である。

なお、資金調達の方法としては、投資家（参加企業）からの投資による方法と、政府機関等による補助金、公的金融機関や民間金融機関からの融資による方法を組み合わせることが考えられる。

#### ウクライナ側の役割と負担する範囲

このプロジェクトの実質的な運営主体はジトーミル市である。同市は、プロジェクトの運営（モニタリング、機器の運転・保守、経理業務、ERUの管理、外注・委託契約、人事、報告等）のすべてに責任を持つ。

設備機器については、この用途のガスエンジンがウクライナ国内で生産されていないことから、いずれにせよウクライナ国外から調達する必要がある。

また、設備機器および補機類の現地据え付け工事については、現地のサブコンに外注する形にて実施する予定である。

## 2.8.2 クレジットの取得方法

本プロジェクトは、やや規模が小さいプロジェクトであり、炭素クレジット取得側から考えた場合ペイオンデリバリー型の方がプロジェクトリスクを回避できるメリットはある。ただし、初期段階での資金不足を解消するために、炭素クレジットの相当額のうち一部を先払いすることが必要となる。これにより、プロジェクトの資金計画が非常に有利になると考える。

また、本プロジェクトの場合、プロジェクトの早期実現を考慮すると全額直接投資（投資金の調達方法は特に問わない）によるプロジェクト実施が有効と考えた。

## 2.8.3 プロジェクトの資金計画

### 資金計画・資金調達の見通し

本プロジェクトでは、日本側のプロジェクト参加者がプロジェクトの初期投資（建設工事の発注）を行う。

本プロジェクトにおいては、ERUの経済的価値の有無によってその事業性に大きな差を生じる。ERUの経済的価値がない場合には、資金調達以前にプロジェクトの事業性自体が低く、実現は難しい。一方、ERUの経済的価値を考慮した場合、プロジェクト期間を15年、ERUの価格を9.33US\$/tCO<sub>2</sub>（7EURO/tCO<sub>2</sub>相当）とすると、IRR（税引後）は13.55%であり、投資の対象となり得るレベルとなる。清水建設以外の日本側参加者については今後募ることとなるが、出資に応ずる企業は少なからず存在すると考えている。

### 公的資金に関する情報

本プロジェクトの資金源はODAの流用ではなく、日本国の資金的義務とは分離され、公的資金は組み込まれていない。

## 2.8.4 プロジェクトのリスク

本プロジェクトのリスクを以下に列挙する。京都議定書の発効が現実のものとなった今日においては、想定通りにLFGが発生し、回収・利用されれば、所定のERUを生み出すことは確実であり、JIプロジェクトとして十分実施する価値があると判断される。しかし、以下のようなリスクも残されており、今後プロジェクトの実施に当たって、注意していく必要がある。

### **ウクライナ国のプロジェクト承認に関するリスク**

ウクライナ国の JI 承認基準は、すでに整備済みであり手続き上のリスクは少ないと考  
える。ただし、同国では手続き整備に予想以上に時間がかかった経緯があり、今後の同  
行について注意しておく必要がある。

### **固形廃棄物量に関するリスク**

固形廃棄物量については推計値である。また、一般に固形廃棄物運搬量は運営会社が  
多めに申告することがあり、得られた値にはリスクが存在する。今後、プロジェクトの  
実施にあたっては、実際のランドフィルガスの排出量等について確認をしながら、慎重  
に進めていく必要がある。

### **LFG 収集設備導入に関するリスク**

このプロジェクトは、稼動中の処分場で LFG の収集設備を導入するものである。従っ  
て、適切な埋立管理計画を策定し、LFG 収集設備を導入する範囲や時期、埋立の稼動を  
続ける範囲を明確にする必要がある。また、埋立てられている廃棄物のビンテージとそ  
の場所、深さについても把握しなければ効率的な LFG 収集は難しい。今後、ウクライナ  
政府、ジトーミル市と協議して具体的にしていく必要がある。

### **プロジェクトの範囲に関するリスク**

このプロジェクトの範囲は、LFG の収集設備の設置と、発電設備の設置が挙げられる  
が、現地サイドには、これに加えて処分場管理用重機の供給への期待が大きい。日本側  
としては、重機の供給は、ERU の獲得に何ら貢献しないので、消極的にならざるを得な  
い状況である。今後、ジトーミル市と協議していく中で、解決を図らなければならない。

### **ランドフィルガス発生量に関するリスク**

ランドフィルガスの発生予測については、IPCC の FOD モデル式を用いているが、予  
測量の確からしさについては、事前の評価が極めて難しい。先行しているプロジェクト  
における CER の実績と PDD 段階におけるパラメーターの設定を評価し、事業リスクの  
軽減を図りたい。また、投資金額の大きい発電設備の容量を、実際に LFG 回収システム  
を稼動させてから決定するものとし、事業実施時におけるリスク軽減を図ることにした  
い。

### **工事に関するリスク**

本プロジェクトは、初期コストが比較的小さいものの、土木工事的な要素が多く、コ  
ストオーバーランや工期遅延といった、完工リスクがある。清水建設は旧ソ連諸国にお

ける工事経験があり、信用ある現地会社との関係構築によってこれらのリスクを回避する。

### **売電単価変動に関するリスク**

本プロジェクトで発電した電力は、自己消費分を除いて、ジトーミル市の既存グリッドに供給する予定であるが、現在の売電単価が今後変更される可能性がないとは言えない。ただ、今後の長期的見通しとしては、電力需要の増大、燃料価格の上昇による電力価格の上昇が考えられ、プロジェクトとしては安全サイドである。

### **クレジット期間に関するリスク(制度上のリスク)**

京都議定書では、第2約束期間に関する取り決めが明確ではない。JIによるERU獲得が可能かどうか、ERUそのものの経済価値が保護されるかどうかは不明なままである。

また、検証費用や国連費用についても、第2約束期間以降のJIプロジェクトにおける取り決めはなく、今後の動向に注意する必要がある。

以上に本プロジェクトの実現化に向けたリスクを列挙したが、これらは今後の検討の中で克服できるリスクと考えており、FS終了後は早期の実現化に向けて、ウクライナ政府からのLoEの取得、適格性決定の実施、両国政府承認、国連登録等の具体的な活動を開始する予定である。

## **2.9 プロジェクトの実施スケジュール**

現時点において計画している実施スケジュールを表2.9-1に示す。

2007年度上期にウクライナ、日本の両国政府承認を目指し、手続きを進めていく予定である。同時に運営会社の設立および詳細設計を行い、2007年下期から建設工事を開始し、2008年1月より事業をスタートさせたいと考えている。プロジェクトの実施期間は15年間を予定している。

表 2.9-1 プロジェクトの実施スケジュール

業務項目	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2022年
FSの実施	●————●							
PINの提出		● 2月						
ウクライナ政府よりLOEを受領		● 4月						
PDD作成及びEIAの実施		●●——● 4月 - 6月						
IEの決定		● 6月						
ウクライナ政府よりLOAを受領		● 8月						
運営会社設立及び詳細設計の開始		●…… 6月						
建設工事の開始		●…… 8月						
クレジット期間の開始			●	……	クレジット期間 15年	……	……	……

## 第3章 ベースラインの設定

### 3.1 ベースライン及びモニタリング方法論の適用

本プロジェクトは JI プロジェクトであるが、先行する CDM 理事会の承認を受けたベースライン方法論を使用して検討する。

本プロジェクトには、「統合化ベースライン方法論 ACM0001/ Version4 ランドフィルガスプロジェクト活動のための統合化ベースライン方法論 (Revision to the approved consolidated baseline methodology ACM0001/ Version4 “Consolidated baseline methodology for landfill gas project activities”）」及び「統合化モニタリング方法論 ACM0001/ Version4 ランドフィルガスプロジェクト活動のための統合化モニタリング方法論 (Revision to the approved consolidated monitoring methodology ACM0001/ Version5 “Consolidated monitoring methodology for landfill gas project activities”）」を適用する。2007 年 1 月現在、最新のバージョンは Version5 であるが、本プロジェクトは JI プロジェクトなので、Version4 を採用する。

ACM0001 の適用条件は以下に示すとおりである。

「本方法論は、ベースラインシナリオではガスの一部あるいは全量が大気中に放出され、以下の条件を満たす、LFG 回収プロジェクトに適用可能である。」

- a) 回収されたガスがフレア処理される。
- b) 回収されたガスがエネルギー利用 (e.g. 発電/熱エネルギー) されるが、他のエネルギー源の代替や回避による排出削減量に対して、クレジットの獲得を求めない。
- c) 回収されたガスがエネルギー利用 (e.g. 発電/熱エネルギー) され、他のエネルギー源の代替や回避による排出削減量に対して、クレジット獲得を求める。この場合、代替された電源・熱エネルギー源のベースライン方法論を新たに提示するか、あるいは、ACM0002 “グリッド接続の再生可能エネルギープロジェクトの統合方法論” を含む、承認方法論を適用すべきである。発電容量が 15MW 以下、及び/又は、代替される熱エネルギーが 54TJ (15GWh) 以下の場合、小規模 CDM の方法論の対象となる。

一方、本プロジェクトは以下のとおりである。

- ① 現在、ジトーミル市の処分場においては、LFG の収集が行われておらず、LFG の全てを大気に放出している。(ベースライン)
- ② 既存のジトーミル市の処分場において LFG の収集を行い、回収した LFG はフレア

処理される。

- ③ 回収した LFG は発電のエネルギー源として使用される。そして、他のエネルギー源の代替又は回避による排出削減量をクレームする。

ゆえに、本プロジェクトは、ACM0001 の適用条件である(a)、(c)に該当し、この方法論が適用できる。

ACM0001 では、“追加性の証明ツール (Tool for the demonstration and assessment of additionality (version 02))” を参照することとしている。

発電した電力を供給して得られる削減量の算定に関しては、「小規模 CDM の簡易ベースライン／モニタリング方法論 (INDICATIVE SIMPLIFIED BASELINE AND MONITORING METHODOLOGIES FOR SELECTED SMALL-SCALE CMD PROJECT ACTIVITY CATEGORIES TYPE I-RENEWABLE ENERGY PROJECTS-I.D./Version10 ‘Grid connected renewable electricity generation’)」を適用する。

### 3.2 プロジェクトバウンダリーの検討

ACM0001 によれば、プロジェクトバウンダリーはガスが捕集、破壊／利用されるプロジェクト活動のサイト内であり、プロジェクトバウンダリーにはガスの捕集と破壊／利用のプロセスが含まれる。また、捕集メタン以外の燃料の燃焼による CO<sub>2</sub> 排出量もプロジェクト排出量としてカウントし、プロジェクト活動の実施に必要な電力量も測定・モニタリングすることとある。

本プロジェクトのプロジェクトバウンダリーに含まれる発生源とガスを表 3.2-1 に示す。

表 3.2-1 プロジェクトバウンダリーに含まれる発生源とガス

	Source	Gas	Included ?	Justification/ Explanation
Baseline ベースライン	the atmospheric release of the gas from LFG site ランドフィルサイトからの 大気放出	CH <sub>4</sub>	Yes	—
	プロジェクトが接続する電 力グリッドに供給する発電 行為	CO <sub>2</sub>	Yes	—
Project Activity プロジェクト 活動	the atmospheric release of the gas from LFG site ランドフィルサイトからの 大気放出	CH <sub>4</sub>	Yes	—
	プロジェクトが消費する電 力	CO <sub>2</sub>	Yes	—
	The combustion of fuel for transport of generated heat 熱の輸送による燃料消費	CO <sub>2</sub>	No	not transport the heat

### 3.3 ベースラインシナリオの設定および追加性の証明

ACM0001 では、「プロジェクト活動の追加性は、UNFCCC CDM の Web サイトで得られる CDM 理事会で合意された最新バージョンの“追加性の証明と評価のためのツール”を用いて証明・評価する」こととある。

ベースラインシナリオの設定および追加性の証明は、「追加性の証明・評価のためのツール (Version02) Tool for the demonstration and assessment of additionality (version 02)」に従い行う。なお、ここでは、追加性の証明・評価のためのツール (以下「追加性証明ツール」と称する) に記載の説明を繰り返すことはしない。

#### ステップ 0 プロジェクト活動の開始日による予備的なスクリーニング (Preliminary screening based on the starting date of the project activity)

このプロジェクトは、2005 年 12 月 31 日までに開始される予定はない。従って、このステップはスキップできる。

#### ステップ 1 法規制に適合 (法規制と一貫性がある) したプロジェクト活動の候補をいくつか挙げる (Identification of alternatives to the project activity consistent with current laws and regulations)

### **サブステップ 1a プロジェクト活動の候補を挙げる (Define alternatives to the project activity)**

ここでは、以下のシナリオの候補を挙げる。

**シナリオ 1：現状維持。**すなわち、ジトーミル市の処分場において、LFG の発生を全く管理せず、LFG の収集・利用もせず、LFG の大気への拡散を放置している状況のことを言い、同時に GEG の設置も行わないもの。

**シナリオ 2：LFG の回収プロジェクト。**すなわち、ジトーミル市の処分場から発生する LFG を回収し、環境と安全のためにフレア燃焼させようとするもの。

**シナリオ 3：このプロジェクト。**すなわち、ジトーミル市の処分場から発生する LFG を回収し、ランドフィルガスの中に含まれる GHG である可燃性のメタンガスを、GEG で燃焼して、発電に使用しようとするもの。

### **サブステップ 1b 法制度への適合性 (Enforcement with applicable laws and regulations)**

上記シナリオ 1～3 に関係のある現在の法律、規則、ガイドラインは、以下に示すとおりである。

Ukrainian law on ‘On Municipal Waste’ (March 5, 1998)

Ukrainian law ‘On Protection of Ambient Air’ (June 21, 2001)

Law of Ukraine ‘On Alternative Liquid and Gas Fuels’ (January 14, 2000)

President’s Decree ‘On measures concerning development of biofuel’ (September 26, 2003)

これらを検討した結果、上記シナリオ 1～3 はいずれもウクライナ国の法制度に適合している。

## **ステップ 2 投資分析 (Investment Analysis)**

### **サブステップ 2a 適切な分析方法の決定 (Determine appropriate analysis method)**

J1 プロジェクトを表すシナリオ 3 は、ERU 以外の関連収入（売電収入）がある。従って、「選択肢 1：単純なコスト分析 (Option I. Apply simple cost analysis)」は採用できず、

「選択肢 2：投資比較分析 (Option II. Apply investment comparison analysis)」もしくは「選択肢 3：ベンチマーク分析 (Option III. Apply benchmark analysis)」を採用することになる。ここでは、選択肢 2 を採用する。

#### **サブステップ 2b 選択肢 2：投資比較分析 (Option II. Apply investment comparison analysis)**

IRR の計算方法は、Project IRR と Equity IRR の 2 通りがあるが、ここでは、このプロジェクトの資金調達の方法がまだ決まっていないことから、Project IRR にて計算を行うものとする。

#### **サブステップ 2c 財務指標の計算と比較 (Calculation and comparison of financial indicators)**

まず、シナリオ 2 の分析を行う。ここでは、追加性証明ツールに従い、ERU の収入は考慮しない。シナリオ 2 では、投資はあるが、それに見合うリターンが期待できない。これは、投資に見合うリターンが期待できないので、ベースラインシナリオとしてはありえないということを意味する。

次に、シナリオ 3 の分析を行う。ここでは、追加性証明ツールに従い、ERU の収入は考慮しない。シナリオ 3 では、投資はあるが、それに見合うリターン（売電収入）が期待できるかどうかの問題となる。IRR の計算の結果、IRR（税引後）は、マイナスとなった。従って、シナリオ 3 は投資に値しないということが明らかになった。

以上により、シナリオ 3 はベースラインシナリオではないことが証明された。計算の前提条件と計算結果は、「第 7 章 収益性」に示す。

#### **サブステップ 2d 感度分析 (Sensitivity analysis)**

建設費、ランニングコスト、売電単価、発生する LFG の量、コストの上昇率をパラメーターとして感度分析を行う。建設費、ランニングコスト、売電単価、コストの上昇率は -10%～+10%、発生する LFG の量は -20%～+20%の変動幅とする。感度分析の結果、IRR はマイナス、または 3%未満の低い値となり、周辺条件が変わってもサブステップ 2c での予測結果に変わりがないことが示された。感度分析の詳細は、「第 7 章 収益性」に示す。

### ステップ3 バリア分析 (Barrier Analysis)

ステップ2を実施したので、ステップ3はスキップできる。

### ステップ4 通常行われている実践、に関する分析 (Common Practice Analysis)

このプロジェクトに似たプロジェクト（ウクライナ国で行われ、同じ技術を採用し、同じ規模で、規制環境、投資環境、技術状況が比較可能なもの（以下追加性証明ツールの原文「in the same country/region and/or rely on a broadly similar technology, are of a similar scale, and take place in a comparable environment with respect to regulatory framework, investment climate, access to technology, access to financing, etc.」）が、過去、現在、未来に、ウクライナ国で行なわれた、行われている、行われようとしている、という事実はない。

### ステップ5 CDM登録の影響 (Impact of CDM Registration)

先に実施したシナリオ3の投資分析に、ERUの経済的価値を導入する。ERU=9.33US\$/tCO<sub>2</sub>（7EURO/tCO<sub>2</sub>相当）で、IRR（税引後）が13.55%となり、投資の対象となり得るレベルとなる。計算の前提条件と計算結果、感度分析結果は、「第7章 収益性」に示す。

以上の分析で、シナリオ2とシナリオ3はベースラインとはなりえないことがわかり、ベースラインシナリオは、シナリオ1であることがわかった。また、シナリオ3がベースラインとはなり得ず、プロジェクトでは、排出削減量が15年間の累積で513,593 tCO<sub>2</sub>になると試算されていることから、このプロジェクトは追加的であると言える。

## 3.4 リークージの検討

ACM0001によれば、この方法論にはリークージはないとされている。また、小規模CDMの簡易ベースライン/モニタリング方法論では、もし発電設備が他のプロジェクトから輸送される場合や、既存の設備を他のプロジェクトへ輸送したりする場合は、リークージとして考慮することとなっている。しかし、本プロジェクトは新設の設備を当該プロジェクトサイトに建設するものであり、この条件には該当しない。

以上により、本プロジェクトにはリークージはない。

### 3.5 排出削減量の事前計算

#### 3.5.1 排出削減量の計算方法

排出削減量は ACM0001 に基づき、以下の式で評価する。

$$(1) \quad ER_y = (MD_{\text{project},y} - MD_{\text{reg},y}) * GWP_{\text{CH}_4} + EL_y * CEF_{\text{electricity},y} - ET_y * CEF_{\text{thermal},y}$$

$ER_y$	排出削減量 (tCO <sub>2</sub> e)
$MD_{\text{project},y}$	破壊／燃焼されるメタンの量 (tCH <sub>4</sub> )
$MD_{\text{reg},y}$	プロジェクトが行われない間に破壊／燃焼されるメタンの量 (tCH <sub>4</sub> )
$GWP_{\text{CH}_4}$	メタンの温暖化係数 (21) (tCO <sub>2</sub> e/tCH <sub>4</sub> )
$EL_y$	年間純電力輸出量 (MWh)
$CEF_{\text{electricity},y}$	代替電力の CO <sub>2</sub> 排出係数 (tCO <sub>2</sub> e/MWh)
$ET_y$	プロジェクト活動によるサイト内のエネルギー需要を満たすために消費される化石燃料の純増減量 (プロジェクトとベースラインの化石燃料消費量の差) (TJ)
$CEF_{\text{thermal},y}$	熱エネルギー／機械エネルギーを供給するのに用いられる燃料の CO <sub>2</sub> 排出係数 (tCO <sub>2</sub> e/TJ)

本プロジェクトでは熱の利用を行わないため、(1)式は(1')式のように整理される。

$$(1') \quad ER_y = (MD_{\text{project},y} - MD_{\text{reg},y}) * GWP_{\text{CH}_4} + EL_y * CEF_{\text{electricity},y}$$

ここで、各項は以下のように定義される。

$$(1a) \quad EL_y = EL_{\text{EX,LFG}} - EL_{\text{IMP}}$$

$EL_{\text{EX,LFG}}$	ランドフィルガスを利用して発電した、年間純電力輸出量 (MWh)
$EL_{\text{IMP}}$	プロジェクト活動による需要を満たすための電力輸入増減量(プロジェクト電力輸入量 $EL_{\text{IMP,P}}$ - ベースライン電力輸入量 $EL_{\text{IMP,B}}$ ) (MWh)

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

AF	法規制などにより強制的に回収されるはずのメタンガスの量とプロジェクトにおいて回収されたメタンガスの量の比、調整係数
----	---

$$(3) \quad MD_{\text{project},y} = MD_{\text{flared},y} + MD_{\text{electricity},y} + MD_{\text{thermal},y}$$

MD <sub>flared,y</sub>	フレアで破壊されるメタンの量 (tCH <sub>4</sub> )
MD <sub>electricity,y</sub>	発電によって破壊されるメタンの量 (tCH <sub>4</sub> )
MD <sub>thermal,y</sub>	熱エネルギーの生成によって破壊されるメタンの量 (tCH <sub>4</sub> )

本プロジェクトでは、熱の利用を行わないため、(3)式は(3')式のように整理される。

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

ここで、MD<sub>flared,y</sub> と MD<sub>electricity,y</sub> は、以下の(4)、(5)式で計算できる。

$$(4) \quad MD_{flared,y} = LFG_{flare,y} * w_{CH_4,y} * D_{CH_4} * FE$$

LFG <sub>flare,y</sub>	1年間にフレアに供されるランドフィルガスの量 (m <sup>3</sup> )
w <sub>CH<sub>4</sub>,y</sub>	ランドフィルガス中のメタンの割合 (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> LFG)
D <sub>CH<sub>4</sub></sub>	メタン密度 (tCH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> )
FE	フレア効率

$$(5) \quad MD_{electricity,y} = LFG_{electricity,y} * w_{CH_4,y} * D_{CH_4}$$

LFG <sub>electricity,y</sub>	発電機に供されるランドフィルガスの量 (m <sup>3</sup> )
------------------------------	--------------------------------------

### 3.5.2 プロジェクト排出量の試算

本プロジェクトでは、プロジェクトを行った場合の排出削減量を直接計測するモニタリング計画を行っているので、プロジェクト排出量を計測するわけではない。但し、プロジェクト排出量の試算は、プロジェクトバウンダリー内で発生しているメタン量からプロジェクトにより破壊したメタンの量を差し引いたものにプロジェクトで使用した電力からの排出量を加えることにより求めることができる。

プロジェクトバウンダリー内で発生しているメタンガスの量 M<sub>landfill,y</sub> (tCH<sub>4</sub>) は、「2.4.2 ランドフィルガス発生量の想定」に示したとおり、First Order Decay Model により以下のように推定できる。

$$(6) \quad M_{landfill,y} = D_{CH_4} * \sum Q_{y,x} \\ = D_{CH_4} * \sum (k * R_x * L_0 * e^{-k(y-x)})$$

プロジェクト排出量 MPE<sub>y</sub> (tCH<sub>4</sub>) は、(6)式の発生量からプロジェクトで破壊したメ

タンを差し引いたものにプロジェクトで使用した電力からの排出量を加えることにより求められる。

$$(7) \quad \begin{aligned} \text{MPE}_y &= M_{\text{landfill},y} - \text{MD}_{\text{project},y} + \text{EL}_{\text{IMP}} * \text{CEF}_{\text{electricity},y} / \text{GWP}_{\text{CH4}} \\ &= D_{\text{CH4}} * \sum(k * R_x * L_0 * e^{-k(y-x)}) - (\text{MD}_{\text{flared},y} + \text{MD}_{\text{electricity},y}) \\ &\quad + \text{EL}_{\text{IMP,P}} * \text{CEF}_{\text{electricity},y} / \text{GWP}_{\text{CH4}} \end{aligned}$$

以上により、プロジェクト排出量  $\text{PE}_y$  (tCO<sub>2</sub>e) は、以下の式で求められる。

$$(8) \quad \begin{aligned} \text{PE}_y &= \text{GWP}_{\text{CH4}} * (D_{\text{CH4}} * \sum(k * R_x * L_0 * e^{-k(y-x)}) - (\text{MD}_{\text{flared},y} + \text{MD}_{\text{electricity},y}) \\ &\quad + \text{EL}_{\text{IMP,P}} * \text{CEF}_{\text{electricity},y}) \end{aligned}$$

以上の計算結果は、表 3.5-1 に示すとおりである。但し、これは試算であり、実際の排出量ではないことに注意すべきである。

### 3.5.3 ベースライン排出量の試算

本プロジェクトでは、プロジェクトを行った場合の排出削減量を直接計測するモニタリング計画を行っているので、ベースライン排出量を計測するわけではない。但し、ベースライン排出量の試算は、(6)式のベースラインにおけるメタン排出量とプロジェクトにおける発電電力の電力グリッドへの給電による排出削減の和として計算できる。

$$(9) \quad \begin{aligned} \text{BE}_y &= \text{GWP}_{\text{CH4}} * (M_{\text{landfill},y} - \text{MD}_{\text{reg},y}) + \text{EL}_y * \text{CEF}_{\text{electricity},y} \\ &= \text{GWP}_{\text{CH4}} * (D_{\text{CH4}} * \sum(k * R_x * L_0 * e^{-k(y-x)}) - \text{MD}_{\text{reg},y}) + \text{EL}_y * \text{CEF}_{\text{electricity},y} \end{aligned}$$

以上の計算結果は、表 3.5-1 に示すとおりである。但し、これは試算であり、実際の排出量ではないことに注意すべきである。

### 3.5.4 リークエージの試算

「3.4 リークエージの検討」に示したとおり、本プロジェクトにはリークエージはない。

### 3.5.5 排出削減量の試算

本プロジェクトによる排出削減量の試算は表 3.5-1 に示すとおりである。なお、これは試算であり、実際の排出量、排出削減量ではないことに注意すべきである。実際の排出

削減量はモニタリングにより直接計測される。

表 3.5-1 排出量及び排出削減量の試算結果

年	プロジェクト 排出量	ベースライン 排出量	リーケージ	排出削減量
	t-CO <sub>2</sub> e	t-CO <sub>2</sub> e	t-CO <sub>2</sub> e	t-CO <sub>2</sub> e
2008	35,781	76,520	0	40,739
2009	41,354	79,143	0	37,789
2010	46,536	84,218	0	37,682
2011	38,924	86,608	0	47,684
2012	44,561	88,922	0	44,361
2013	49,892	91,170	0	41,278
2014	54,940	93,350	0	38,410
2015	59,727	95,476	0	35,749
2016	64,272	97,546	0	33,273
2017	68,596	99,568	0	30,973
2018	63,638	92,472	0	28,834
2019	59,038	85,888	0	26,850
2020	54,771	79,772	0	25,001
2021	50,811	74,094	0	23,283
2022	47,138	68,826	0	21,688
合計	779,978	1,293,571	0	513,593

## 第4章 モニタリング計画

### 4.1 モニタリング項目の検討

本プロジェクトにおけるモニタリング項目を ACM0001 に基づいて決定した。以下にモニタリング項目を示す。なお、ACM0001 におけるモニタリング項目の ID ナンバーを「その他」に併記した。本プロジェクトはボイラーの使用並びにメタンガスを利用した熱供給は行わないことから、ACM0001 におけるモニタリング項目のうち、ID4、ID12、ID15 については省略した。

Data / Parameter:	$LFG_{total,y}$
Data unit:	$m^3$
Description:	回収される LFG 量
Source of data to be used:	流量計 サイトにて計測
Value of data applied for the purpose of calculating expected emission reductions in section B.5	—
Description of measurement methods and procedures to be applied:	連続的に計測し、記録を1ヶ月に1回とる。 データ媒体：電子データ 保存期間：クレジット期間+終了後2年
QA/QC procedures to be applied:	計器は定期的に試験され、正確性を確保する。
Any comment:	ID ナンバー：1 $LFG_{total,y}=LFG_{flared,y}+LFG_{electricity,y}$ となることで、流量計データの確からしさを検証する。

Data / Parameter:	$LFG_{flare,y}$
Data unit:	$m^3$
Description:	フレアに供される LFG 量
Source of data to be used:	流量計 サイトにて計測
Value of data applied for the purpose of calculating expected emission reductions in section B.5	—
Description of measurement methods and procedures to be applied:	連続的に計測し、記録を1ヶ月に1回とる。 データ媒体：電子データ 保存期間：クレジット期間+終了後2年
QA/QC procedures to be applied:	計器は定期的に試験され、正確性を確保する。
Any comment:	ID ナンバー：2

Data / Parameter:	$LFG_{electricity,y}$
Data unit:	$m^3$

Description:	発電機に供される LFG 量
Source of data to be used:	流量計 サイトにて計測
Value of data applied for the purpose of calculating expected emission reductions in section B.5	—
Description of measurement methods and procedures to be applied:	連続的に計測し、記録を 1 ヶ月に 1 回とる。 データ媒体：電子データ 保存期間：クレジット期間+終了後 2 年
QA/QC procedures to be applied:	計器は定期的に試験され、正確性を確保する。
Any comment:	ID ナンバー：3

Data / Parameter:	FE
Data unit:	—
Description:	フレア/燃料消費効率 (1)フレアの稼働率 フレアスタックの表面温度 Tf の測定により判断する。 (2)フレアによる破壊効率 フレアによる破壊効率 Fwf は、フレア排気ガス中のメタンガスの量とフレアに供される LFG 中のメタンガスの量により計算される。
Source of data to be used:	(1)温度計 ・フレアスタックの表面温度 Tf (K) (2)メタン濃度計 ・フレア排気ガスのメタン濃度 $w_{EX,CH_4,y}$ (—) (2)二酸化炭素濃度計 ・LFG の二酸化炭素濃度 $w_{CO_2,y}$ (—) ・フレア排気ガスの二酸化炭素濃度 $w_{EX,CO_2,y}$ (—)  サイトにて計測/計測データよりの計算値 Measured on site / Calculated from measured data
Value of data applied for the purpose of calculating expected emission reductions in section B.5	0.995
Description of measurement methods and procedures to be applied:	(1)連続的に計測し、記録を 1 ヶ月に 1 回とる。 (2)インストール時+1 年に 1 回定期的に測定する。  データ媒体：電子データ 保存期間：クレジット期間+終了後 2 年
QA/QC procedures to be applied:	計器は定期的に試験され、正確性を確保する。
Any comment:	ID ナンバー：5

Data / Parameter:	$w_{CH_4,y}$
Data unit:	$m^3CH_4/m^3LFG$
Description:	LFG 中のメタンの割合
Source of data to be used:	メタン濃度計

	サイトにて計測
Value of data applied for the purpose of calculating expected emission reductions in section B.5	0.5
Description of measurement methods and procedures to be applied:	連続的に計測し、記録を1ヶ月に1回とる。 湿量基準で測定する。
QA/QC procedures to be applied:	計器は定期的に試験され、正確性を確保する。
Any comment:	ガス品質分析器によって連続測定することとする。 IDナンバー：6

Data / Parameter:	T
Data unit:	K
Description:	LFG の温度
Source of data to be used:	温度計 サイトにて計測
Value of data applied for the purpose of calculating expected emission reductions in section B.5	—
Description of measurement methods and procedures to be applied:	連続的に計測し、記録を1ヶ月に1回とる。
QA/QC procedures to be applied:	計器は定期的に試験され、正確性を確保する。
Any comment:	IDナンバー：7

Data / Parameter:	P
Data unit:	Pa
Description:	LFG の圧力
Source of data to be used:	圧力計 サイトにて計測
Value of data applied for the purpose of calculating expected emission reductions in section B.5	—
Description of measurement methods and procedures to be applied:	連続的に計測し、記録を1ヶ月に1回とる。
QA/QC procedures to be applied:	計器は定期的に試験され、正確性を確保する。
Any comment:	メタンガスの密度 $D_{CH_4}$ を決定するのに使用する。 温度と圧力を同時に測定できる流量計を使用する。 LFG の体積は $m^3$ とする。 IDナンバー：8

Data / Parameter:	$EL_{EX,LFG}$
Data unit:	MWh
Description:	プロジェクトバウンダリー外に輸出される電力量

Source of data to be used:	電力量計 サイトにて計測
Value of data applied for the purpose of calculating expected emission reductions in section B.5	4,020MWh (2010～2022年)
Description of measurement methods and procedures to be applied:	連続的に計測し、記録を1ヶ月に1回とる。
QA/QC procedures to be applied:	計器は定期的に試験され、正確性を確保する。
Any comment:	LFGからの発電による排出削減量を見積もるのに必要である。 IDナンバー：9

Data / Parameter:	EL <sub>IMP</sub>
Data unit:	MWh
Description:	プロジェクトに必要な輸入電力量
Source of data to be used:	電力量計 サイトにて計測
Value of data applied for the purpose of calculating expected emission reductions in section B.5	193MWh
Description of measurement methods and procedures to be applied:	連続的に計測し、記録を1ヶ月に1回とる。
QA/QC procedures to be applied:	計器は定期的に試験され、正確性を確保する。
Any comment:	プロジェクト活動を行うための電力または他のエネルギー装置の使用による排出削減量を決定するのに必要である。 IDナンバー：10

Data / Parameter:	CEF <sub>electricity,v</sub>																																				
Data unit:	tCO <sub>2</sub> /MWh																																				
Description:	グリッドの排出係数																																				
Source of data to be used:	ウクライナ国 DNA よりデータを受領する。																																				
Value of data applied for the purpose of calculating expected emission reductions in section B.5	<table border="1"> <thead> <tr> <th>年</th> <th>排出係数</th> <th>年</th> <th>排出係数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2008</td> <td>0.695</td> <td>2016</td> <td>0.578</td> </tr> <tr> <td>2009</td> <td>0.680</td> <td>2017</td> <td>0.563</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0.666</td> <td>2018</td> <td>0.548</td> </tr> <tr> <td>2011</td> <td>0.651</td> <td>2019</td> <td>0.534</td> </tr> <tr> <td>2012</td> <td>0.636</td> <td>2020</td> <td>0.519</td> </tr> <tr> <td>2013</td> <td>0.622</td> <td>2021</td> <td>0.504</td> </tr> <tr> <td>2014</td> <td>0.607</td> <td>2022</td> <td>0.490</td> </tr> <tr> <td>2015</td> <td>0.593</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>出典：Operational Guidelines for Project Design Documents of Joint Implementation Projects, Volume 1: General guidelines, Version 2.3, Ministry of Economic Affairs of the Netherlands May 2004 ※上記ガイダンスの主旨を踏襲し、保守性を確保するため、2013年以降の数値は2011年と2012年の数値の外挿により設定した。</p>	年	排出係数	年	排出係数	2008	0.695	2016	0.578	2009	0.680	2017	0.563	2010	0.666	2018	0.548	2011	0.651	2019	0.534	2012	0.636	2020	0.519	2013	0.622	2021	0.504	2014	0.607	2022	0.490	2015	0.593		
年	排出係数	年	排出係数																																		
2008	0.695	2016	0.578																																		
2009	0.680	2017	0.563																																		
2010	0.666	2018	0.548																																		
2011	0.651	2019	0.534																																		
2012	0.636	2020	0.519																																		
2013	0.622	2021	0.504																																		
2014	0.607	2022	0.490																																		
2015	0.593																																				

Description of measurement methods and procedures to be applied:	1年に1回定期的にデータを受領する。 AMS-I.D.に基づき計算する。
QA/QC procedures to be applied:	—
Any comment:	ID ナンバー : 11

Data / Parameter:	ランドフィルガスプロジェクトに関する法規制
Data unit:	Test
Description:	クレジット期間の更新時に、調整係数 AF や $MD_{reg,y}$ を見直すのに使用する。
Source of data to be used:	ウクライナ政府より情報を受領する。
Value of data applied for the purpose of calculating expected emission reductions in section B.5	0.000
Description of measurement methods and procedures to be applied:	1年に1回定期的に情報を受領する。
QA/QC procedures to be applied:	—
Any comment:	ID ナンバー : 13

Data / Parameter:	発電設備稼働時間
Data unit:	Hours
Description:	メタンの破壊が、発電設備の稼働しているときに発電に使われることで行われていることを裏付ける。
Source of data to be used:	電力量計 サイトにて計測
Value of data applied for the purpose of calculating expected emission reductions in section B.5	—
Description of measurement methods and procedures to be applied:	1年に1回定期的に
QA/QC procedures to be applied:	—
Any comment:	累積電力量から、発電設備の稼働時間を推定し、実測したメタンガスの破壊量との不整合がないかを確認する。 ID ナンバー : 14

## 4.2 モニタリング計画

本プロジェクトにおけるモニタリング計画は、図 4.2-1 に示すとおりである。



- 計器類は、手順に従い、定期的に適正に校正する。校正の時期、方法は、モニタリング計画に従うものとする。
- これらのモニタリングの手順は、それぞれのサイト毎に実施する。
- 計測されたデータ類は、公開され、パブリックコメントを受け付けるものとする。受け付けたパブリックコメントとそれに対する対応もあわせて公開される。
- 計測されたデータ類は、宿主国の政府機関によっても監査を受けるものとする。

### 4.3 モニタリング結果から排出削減量を計算する式

モニタリングの結果から、本プロジェクトの排出削減量は以下の方法で計算される。

$$(1') \quad ER_y = (MD_{\text{project},y} - MD_{\text{reg},y}) * GWP_{\text{CH}_4} + EL_y * CEF_{\text{electricity},y}$$

説明：ER<sub>y</sub>は、このプロジェクトでの1年間のGHGの排出削減量である。この式により、このプロジェクトの排出削減量が直接計算可能となる。第1項は、1年間に破壊／燃焼されたメタンガスの量(MD<sub>project,y</sub>)からプロジェクトが行われない場合に1年間に破壊／燃焼されるはずのメタンガスの量(MD<sub>reg,y</sub>)を差し引き、メタンの温暖化係数(GWP<sub>CH4</sub>)を掛け合わせている。第2項は、プロジェクト境界外に輸出される電力量(EL<sub>EX,LFG</sub> = ID9)からプロジェクト活動に必要な輸入電力量(EL<sub>IMP</sub> = ID10)を差し引き、グリッドの排出係数(CEF<sub>electricity,y</sub> = ID11)を掛け合わせている。

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

説明：プロジェクトが行われない場合に1年間に破壊／燃焼されるはずのメタンガスの量(MD<sub>reg,y</sub>)は、1年間に破壊／燃焼されたメタンガスの量(MD<sub>project,y</sub>)と、調整計数(AF)との積である。

$$(3') \quad MD_{\text{project},y} = MD_{\text{flared},y} + MD_{\text{electricity},y}$$

説明：1年間に破壊／燃焼されたメタンガスの量(MD<sub>project,y</sub>)は、フレアで破壊されたメタンの量と発電によって破壊されたメタンの量との和である。

$$(4) \quad MD_{\text{flared},y} = LFG_{\text{flare},y} * w_{\text{CH}_4,y} * D_{\text{CH}_4} * FE$$

説明：フレアで破壊されたメタンの量(MD<sub>flared,y</sub>)は、フレアに供されるLFGの量(LFG<sub>flare,y</sub> = ID2)、LFG中のメタンの割合(w<sub>CH4,y</sub> = ID6)、メタン密度(D<sub>CH4</sub>)、フレア効率(FE =

ID5) の積である。

$$(5) \quad MD_{\text{electricity},y} = LFG_{\text{electricity},y} * w_{\text{CH}_4,y} * D_{\text{CH}_4}$$

説明：発電に供されるメタンガスの量 ( $MD_{\text{electricity},y}$ ) は、発電機に供される LFG の量 ( $LFG_{\text{electricity},y} = \text{ID3}$ )、LFG 中のメタンの割合 ( $w_{\text{CH}_4,y} = \text{ID6}$ )、メタン密度 ( $D_{\text{CH}_4}$ ) の積である。

$$(10) \quad D_{\text{CH}_4} = 0.0007168 * (P/101.3) * (273.15/T)$$

説明：メタンガスの比重 ( $D_{\text{CH}_4}$ ) は、標準状態 (101.3kPa、0°C=273.15K) のメタン密度 0.0007168t/Nm<sup>3</sup> (この数値の出典は ACM0001 による) と、LFG の温度 ( $T = \text{ID7}$ )、LFG の圧力 ( $P = \text{ID8}$ ) により補正される。

$$(11) \quad FE = FTf * Fwf$$

説明：フレア効率 (FE) は、フレアの稼働率 (FTf) とフレアによる破壊効率 (Fwf) により計算される。

$$(12) \quad FTf = f(Tf)$$

説明：フレアの稼働率 (FTf) は、フレアスタックの表面温度 (Tf) を連続的に測定し、フレアが失火したか、していないかを判断し、決定するものとする。

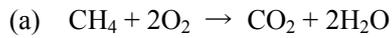
$$(13) \quad Fwf = 1 - (Q_E * w_{\text{EX,CH}_4,y}) / (Q_L * w_{\text{CH}_4,y})$$

説明：フレアによる破壊効率 (Fwf) は、フレアが燃焼しているときに測定され、フレア排気ガス中のメタンガスの量とフレアに供される LFG 中のメタンガスの量により計算される。なお、フレアに供される LFG 量 ( $Q_L$ ) 及びフレア排気ガスの量 ( $Q_E$ ) は標準状態における量であり、それぞれ以下のとおり計算される。

$$(14) \quad Q_L = LFG_{\text{flare},y} * (P / 101.3) / (T / 273.15)$$

説明：フレアに供される LFG の標準状態における量 ( $Q_L$ ) は、フレアに供される LFG 量 ( $LFG_{\text{flare},y} = \text{ID2}$ ) を LFG の温度 ( $T = \text{ID7}$ )、LFG の圧力 ( $P = \text{ID8}$ ) により補正して求められる。

ここで、フレアシステムにおけるメタンガスの変化は以下の式で示すことができる。



説明：LFGに含まれるメタンガスは、燃焼により酸素と結合して二酸化炭素と水が生成される。

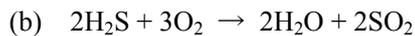
$$(15) \quad Q_L * w_{\text{CO}_2,y} + Q_L * w_{\text{CH}_4,y} = Q_E * w_{\text{EX,CO}_2,y}$$

$$(15') \quad Q_E = (Q_L * w_{\text{CO}_2,y} + Q_L * w_{\text{CH}_4,y}) / w_{\text{EX,CO}_2,y}$$

説明：二酸化炭素の物質収支は、メタンガスの燃焼による二酸化炭素の増加を考慮して計算される。式を変形してフレア排気ガスの量 ( $Q_E$ ) が求められる。

LFG 中には、メタン、 $\text{CO}_2$  のほかに、 $\text{N}_2$  及び微量成分として  $\text{H}_2\text{S}$  が存在する。フレア処理に伴って発生する  $\text{N}_2$  由来の  $\text{NO}_x$  については、システムメーカーによると  $150\text{mg}/\text{m}^3$  (標準気体換算で  $0.007\sim 0.01\text{vol}\%$  程度) であり、無視できるレベルである。

一方、 $\text{H}_2\text{S}$  の酸素との反応は、以下の式で表される。



LFG 中の  $\text{H}_2\text{S}$  の濃度は最大でも  $0.1\%$  程度なので、この反応によって体積が減少するものの、この体積変化は、 $Q_E$  の計算上は無視できる。

## 第5章 環境への影響とその他の間接影響

### 5.1 環境への影響

#### 5.1.1 環境影響評価の実施方法

ウクライナ国では1991年6月「環境保護に関する法律 (Law on the protection of the environment)」が通過し、1998年～2001年の期間に以下の複数の規則、決定、その他の政府および省レベルの法律が公布されている。

- ・ 「市の生活ごみ」に関するウクライナ法（1998年3月5日）は、都市固形廃棄物の処理を管理する。
- ・ 「大気の保護」に関するウクライナ法（2001年6月21日）は、大気の質の保全と改善、人間活動の生命に係る環境の安全、自然環境への悪影響の防止、気候に影響する活動の規制を要求している。
- ・ 「液体燃料、ガス燃料への代替」に関するウクライナ法（2000年1月14日）では、ウクライナにおける優先度の高い開発の1つとしての、燃料代替の活用について管轄している。
- ・ 大統領令「バイオ燃料の開発に関する方策」（2003年9月26日）では、ウクライナにおける優先度の高い開発の1つとして、バイオ燃料（バイオディーゼルとバイオガス）の活用について管轄している。

ウクライナにおける環境影響評価は、上記のうち「大気の保護」に関するウクライナ法（2001年6月21日）に基づいて実施されることになる。

しかし、このプロジェクトは、エネルギーシステムにおける発電用燃料使用量の削減をもたらし、その結果、大気中への汚染物質排出を削減するという、肯定的な環境改善をもたらすと同時に雇用をも創出する。したがって、本プロジェクトにおいて環境に対する否定的な影響はなく、さらに、ウクライナの経済、社会、環境にいずれの分野においても、政策の優先順位、戦略と合致するものである。ランドフィルガスは、「液体燃料、ガス燃料への代替」に関するウクライナ法 (N1391-XIV、2000年1月14日) において「代替燃料」として位置付けられており、LFGを利用するプラントの設置については、行政サイドの支援が間違いなく得られる。

## 5.1.2 環境影響評価結果

### 本プロジェクトで想定される環境影響

本プロジェクトに係る、環境影響について簡易的に行った影響評価の結果は、表 5.1-1 に示すとおりである。

表 5.1-1 本プロジェクトで想定される環境影響の一覧

指標	通常予測される埋立処分場による重大な環境への影響	LFGの利用による影響
ヒト	<ul style="list-style-type: none"> <li>健康と安全性</li> <li>有害性</li> <li>居住環境の快適性</li> </ul>	埋立処分場からの積極的なLFGの収集により、管理下に置かれていないガス移動のリスクが低減する。その結果、現地作業員に対する、猛毒性物質の燃焼生成物の爆発または汚染のリスクが低減する。LFGを収集すると、H <sub>2</sub> Sなどの毒性化合物の遊離を相当なレベルまで抑えられる。
植物	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発またはサイトの排水による消滅から、回復の機会。</li> </ul>	LFGの収集により、周辺で栽培されるオリーブなどへの大気質経由での影響は低減する。
動物	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存の地上および水中生物への影響</li> <li>ペストや病原媒介としての鳥類、げっ歯類、昆虫</li> <li>腐食動物の誘引</li> <li>表面水の汚染による間接的影響</li> <li>貯蔵農産物への危険性</li> </ul>	より適切化された廃棄物処分方法により、捕食や食物を探す野犬等を減らし、病原媒介を低減できる。
土壌と地質	<ul style="list-style-type: none"> <li>汚染物質の上方移動による覆土のための土壌の劣化</li> </ul>	LFGの収集による環境悪化はなく、かえって適切化された廃棄物処分方法により、土壌の劣化は低減できる。
水	<ul style="list-style-type: none"> <li>管理されていない表面流水による汚染</li> <li>浸出水による地下水の汚染</li> <li>汚染した地下水の移動</li> </ul>	LFGの収集による悪化はなく、かえって適切化された廃棄物処分方法により、表面流水や地下水の汚染は低減できる。
大気	<ul style="list-style-type: none"> <li>火災および爆発の危険を伴うメタンの発生</li> <li>異臭</li> <li>粉塵</li> <li>装置/交通の騒音</li> </ul>	GHG排出量の削減。 プラントから10m離れた場所に位置する(騒音絶縁コンテナ内の) ガスエンジン、ガス発電機、冷却システム、フレアスタックなどの騒音レベルは75 dB(A) (100m離れた場合は55 dB(A))。埋立処分場の境界で騒音レベルを超える場合、ガスエンジン複合体周囲に土壌を堆積して、簡単な防音手段を施すことができる。また、視覚的に不快な影響も軽減できる。ガスエンジンからの排出量は、通常 NO <sub>x</sub> < 500 mg/m <sup>3</sup> 、CO < 650 mg/m <sup>3</sup> 。
気候	<ul style="list-style-type: none"> <li>臭いの拡散</li> <li>雨水の浸透</li> <li>可燃ガスの拡散</li> </ul>	抽出井戸を設置すると、臭いと可燃ガスの拡散を減らし、雨水の浸透も減らすことができる。
景観	次の要因による視覚的影響と特徴の変化 <ul style="list-style-type: none"> <li>周辺のフェンス、堤防、標識</li> <li>通用道路、エントランス</li> <li>露出した廃棄物、風で散乱したごみ</li> <li>火の粉、煙、火災</li> <li>現地の構造</li> </ul>	LFG利用プラントで視野に入るものとして、複数のスチールコンテナ (20または30フィートコンテナ) があり、一部のコンテナには排気ガスが (通常は地上5~10m)、一部にはフレアが (通常は5~10mの高さ) に貯蔵されている。しかし、廃棄物処分作業に伴う現在の視覚的な妨害から見て、これらのコンテナによる影響はわずかなものと予測される。また、埋立処分場は遠隔地域に立地し、埋立処分場は周辺の居住地からは見えない。

## ガスエンジンの稼働による大気への影響

主要成分であるメタンと二酸化炭素以外に、LFG には非メタン有機化合物 (NMOC) である揮発性有機化合物 (VOC) トレース濃度と、EPA から危険性のある大気汚染物質 (HAP) と見なされている複数の化合物が含まれる。VOC は LFG の NMOC 総濃度の 39% を占め、NMOC 濃度は 595 ppmv (米 EPA の AP-42) となる。このため、(エンジン発電機、タービン、ユーティリティフレア、その他の燃焼装置などでの) LFG の回収と燃焼の過程で、埋立処分場からのメタン、VOC、HAP の排出が減少する。LFG の回収と燃焼により、LFG 回収効率により NMOC を 2~4 倍減らすことができる。フレアおよび往復エンジンの HAP と VOC の減少効率は、AP-42 のデータを引用できる。

同じデータソースによると、LFG の通常の炭素酸化物の含有量は 141 ppmv、窒素酸化物は 0 ppmv である。ただし、燃焼プロセスの結果、埋立処分場の窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>)、一酸化炭素 (CO)、粒子状物質 (PM) などの、基準となる大気汚染物質の排出量は増加する。

エンジンとフレアの LFG 燃焼による通常の CO および NO<sub>x</sub> 排出量を次に示す。

表 5.1-2 本プロジェクトで想定される大気汚染物質の排出量

	単位	エンジン	フレア
CO 排出量	mg/m <sup>3</sup>	600	50
NO <sub>x</sub> 排出量	mg/m <sup>3</sup>	500	150
有機化合物排出量	mg/m <sup>3</sup>	150	10

また、エンジンメーカー (Jenbacher) では、LFG での処理の場合、J208 GS エンジンからの NO<sub>x</sub> 排出量を 500 mg/Nm<sup>3</sup> 未満と保証している。これは、CO と NO<sub>x</sub> の年間総排出量が、利用された LFG 800 万 m<sup>3</sup> に対して 4.0 t 以内に抑えられることを意味する。

エンジンの大きさが小さいため、発生する NO<sub>x</sub> と CO は、両汚染物質の最大許容濃度をはるかに下回る。

メタンと炭素酸化物はいずれも温室効果ガス (GHG) と認められているが、LFG 中の炭素酸化物は、一般には GHG と見なされず、バイオジェニック (天然の炭化循環に組み入れられている) と見なされている。LFG 中のメタンは GHG と見られているが、その回収および燃焼により、正味 GHG は減少する。

LFG 回収および利用システムの設置により予測される環境への影響は、以下のとおりである。

## 現在の処分場が環境に与えている影響

現在の処分場は、以下のように環境に悪い影響を与えている。

- ・ 臭い：処分場からは、悪臭を伴ったガスが常時発生しており、周辺環境、処分場で働く人の健康に悪影響を与えている。

- ・ 地球温暖化：処分場では、発生する LFG を処理していないので、LFG に含まれるメタンガスが地球温暖化に悪影響を与えている。

また、処分場以外の場所では、老朽化した非効率な発電所が運用されており、温室効果ガス、その他の有害な排気ガス（NO<sub>x</sub> 等）が大気環境に排出されている。

### **プロジェクトが環境に与え得る影響**

本プロジェクトでは、以下のような環境への好影響がある。

- ・ 臭い：プロジェクト実施により、処分場では LFG の回収が行われ、処分場表面には、被覆用気密シートが敷設される。メタンを含む LFG はフレア、GEG にて燃焼される。この結果、臭いの発生は大幅に軽減される。
- ・ 地球温暖化：上記と同様に、プロジェクト実施により、温室効果ガスであるメタンガスの大気への放出は大幅に軽減される。
- ・ 老朽化した発電システムの代替：プロジェクトで設置する予定の GEG は、先進国の基準と技術を採用したものであり、ウクライナにある既存の GEG よりも効率が高く、温室効果ガスの排出量が少なく、排気ガスもよりクリーンである。

### **プロジェクトが環境に与え得る悪影響**

本プロジェクトが、大気環境、水環境、土壌環境のそれぞれに与え得る環境影響と、その対策を以下に記載する。

- ・ 大気環境：本プロジェクトでは、GEG という内燃機関の発電機を使用するので、排気ガスが発生する。従って、大気環境への影響が発生する可能性がある。しかし、先進国の基準と技術を採用した適切な LFG の脱硫処理設備、原動機側 NO<sub>x</sub> 低減技術を採用し、適切な高さの煙突を設置することにより、この可能性を排除できる。
- ・ 水環境：本プロジェクトによる、水環境の汚染を悪化させる影響は発生しない。
- ・ 土壌環境：本プロジェクトでは、土壌環境を汚染するような排水の浸透、土壌の排出がないので、土壌環境への影響が発生する可能性はない。
- ・ 騒音、振動：本プロジェクトでは、LFG 回収用のブローア、GEG を設置することにより、騒音、振動が発生する。しかし、処分場は居住地からは十分に離れており問題にならない。むしろ、処分場で働くオペレーターの労働環境上の問題（聴覚等への影響）が発生する恐れがあるのみである。これに対しては、適切な、防音カバー、防振架台を設置することにより解決する。

### 5.1.3 プロジェクト参加者の結論

以上により、我々プロジェクト参加者は、このプロジェクトでは、「CDM の手順 (Modalities and procedures for a clean development mechanism)」37 (c) に記載があるような環境への顕著な悪影響はないと考えている。

### 5.1.4 ホスト国政府の結論

ホスト国政府は、このプロジェクトでは、「CDM の手順 (Modalities and procedures for a clean development mechanism)」37 (c) に記載があるような環境への顕著な悪影響はないと考えている。

## 5.2 その他の間接影響

### 5.2.1 経済面に及ぼす影響

プロジェクトの建設段階において、労働集約的な工事が発生するため、雇用の創出効果がある。また、運用段階において、運転員の追加の雇用がある他、維持管理等のために、周辺企業との取引も増え、地域経済の活性化に繋がる。

### 5.2.2 社会面に及ぼす影響

社会的には、廃棄物を資源として捉える意識が浸透することによって、リユース、リサイクル等、環境負荷の少ない社会の構築につながってゆくことも期待できる。

### 5.2.3 持続的発展への貢献

ウクライナにおいては、バイオマスエネルギーの利用については、一部の発電を除き、ほとんど実施されておらず、化石燃料によるエネルギー利用が大半を占めているが、本プロジェクトのようなバイオガスの利用が普及することによって、農業系廃棄物や、木質バイオマスのエネルギー利用といった面の、意識改革と技術開発が進み、同国の省エネルギーの推進に寄与する可能性がある。

さらに、エネルギーセキュリティーの面が挙げられる。ウクライナ全体として省エネルギーを推進することは、エネルギー資源の有効活用とセキュリティーの向上のために必要不可欠であり、また分散型電源技術の普及によって、エネルギー源の二重化が可能となり、都市のセキュリティー向上にも寄与することができる。

## 第6章 利害関係者のコメント

### 6.1 利害関係者のコメントの収集方法

ウクライナの JI プロジェクトにおいては、利害関係者のコメント収集は義務となっている。また、PDD の要件にも含まれている。ただし、誰が利害関係者になりえるかについて特段の取り決めはない。

また、利害関係者からコメントを収集する方法はいくつかあり、それらを組み合わせることもできる。まず、1) プロジェクトに関するコメントを記載した書状を提出するように利害関係者に要請する方法がある。この方法により、ジトーミル市当局からはプロジェクトを支持する書状を得ている。また、2) すべての利害関係者が参加する研究集会を開催する方法がある。利害関係者との協議では、市当局からの紹介、および気候変動、本プロジェクトが京都議定書の共同実施メカニズムを通じて気候変動を軽減できること、本プロジェクトの技術的明細などを含めた本プロジェクトの開発者による説明が対象となる。この会議では利害関係者による質問にも対応する。この集会は現地の新聞で発表されるか、或いは可能性ある利害関係者並びにマスメディアの代表者へ書面または電話で通知される。利害関係者のコメントは研究集会でプロジェクトの開発者が集めるか、場合によっては現地マスメディアによる利害関係者の取材という形で集められる。

利害関係者から集められたコメントは「プロジェクト設計文書」に含められる。相당한正当性のある否定的なコメントを受け取った場合、プロジェクトはそれに従って改訂される予定である。

ここでは、現在想定できる利害関係者として下記の者をあげる。

1. ジトーミル市当局 – 行政サービス部および環境保護部、その他関係者
2. 埋立処分場操業者 – ジトーミル埋立処分場で都市固形廃棄物（MSW）の収集、輸送、処分を担当している「第 0628 都市運輸公社」
3. Zhitomir Oblenergo – 地域の電力供給会社
4. ウクライナ環境保護省
5. 学術団体、教育界および非政府組織の代表者

### 6.2 受け取った利害関係者のコメントの要約

プロジェクトの開発者と投資家がジトーミル埋立処分場の現場を訪問した際に、利害関係者との会合が何回か開催された。

最初の会合はジトーミル市当局で行われ、ジトーミル副市長、市民サービス部長、市議会副議長兼市民サービス委員会議長、衛生疫学ステーション副所長、市環境査察部部

長、市民サービス部副部長、「第 0628 都市運輸公社」理事、市民サービス部の専門家が参加した。

第 2 回会合は地域暖房公益事業 “Zhytomirteplokomunenergo” の代表者との間で行われた。

これら会合のすべての出席者に対して、本プロジェクトの技術的組織的明細を説明した。彼等は本プロジェクトに関心を示し、その環境的、経済的、社会的恩恵について理解を示した。

市当局と “Zhytomirteplokomunenergo” の代表者は、提案される料金が現地のガス／電力供給企業の料金よりも割安であれば、ランドフィルガスまたは電力（どんなプロジェクトが選ばれるかによる）の購入に関心を示した。電力生産の道を選んだ場合、市当局は生産される電力を購入する意向である。市当局は市の電力グリッドの一部を所有しているので、本プロジェクトの発電装置は直接市の電力グリッドへ接続されるであろう。

## 第7章 収益性

### 7.1 前提条件

本プロジェクトにおいては、収益性を投資回収年数及び内部収益率（IRR）で評価する。評価にあたり必要となる前提条件は表 7.1-1 に示す通り設定した。

建設費は 3,050,173 US\$（当初建設時に 1,787,543 US\$、追加投資として 2 年後に 924,354 US\$、3 年後に 338,276 US\$）であり、ランニングコストは 1 年当たり運転費が 38,122 US\$、保守費が 34,655 US\$（3 年目以降）である。なお、ランニングコストとして年間 20,000 US\$ のベリフィケーション費用を見込んでいる。

税金については、企業利潤税が経常利益に対して 20% である。

減価償却については、設備機器の減価償却は 90% の償却率で算出することとした。

電力料金は、既存の資料から 5.0 US\$cent/kWh と設定した。この価格は、発電事業者が配電会社へ電力を販売する場合の価格である。

試算に用いる為替レートは、1US\$=116.00 円とする。

最後に、プロジェクト実施スケジュールについては、2008 年より運転開始と想定しており、クレジット期間は 2008 年～2022 年までの 15 年間とする。

表 7.1-1 収益性検討の前提条件

項目	数値
イニシャルコスト (US\$)	3,050,173
ランニングコスト運転費 (US\$/年)	38,122
ランニングコスト保守費 (US\$/年)	34,655
ベリフィケーション費用 (US\$/年)	20,000
企業利潤税率 (%)	20
減価償却率 (%)	90
電力料金 (US\$cent/kWh)	5.0
為替レート	円/US\$ 116.00

### 7.2 投資回収年数

投資回収年数については表 7.2-1 に示すとおり、ERU の経済的価値なしの場合、ERU 価格が 5 US\$/tCO<sub>2</sub>、9.33 US\$/tCO<sub>2</sub> (7EURO/tCO<sub>2</sub> 相当) の 2 種類の ERU の経済的価値ありの場合について、累積事業収支が黒字転換するプロジェクト開始（建設開始）からの年数を算定する。

累積事業収支の算定に当たっては、n をプロジェクト開始からの年数とすると、

$$n \text{ 年目の累積事業収支} = - \text{初期費用} + \sum n (\text{n 年の事業収入} + \text{n 年の ERU の経済的価値} - \text{n 年のランニングコスト} - (\text{n 年の企業利潤税}))$$

で算出する。

表 7.2-1 各条件における投資回収年数

ERU の経済的価値の有無		投資回収年数
ERU の経済的価値なしの場合	0 US\$/tCO <sub>2</sub>	回収できない (回収できない)
ERU の経済的価値ありの場合	5 US\$/tCO <sub>2</sub>	11 年 (10 年)
	9.33 US\$/tCO <sub>2</sub> (7EURO/tCO <sub>2</sub> 相当)	7 年 (7 年)

※ ( ) 内は税引前の値を示す。

### 7.3 内部収益率

内部収益率 (IRR) については、表 7.3-1 に示すとおり、ERU の経済的価値なしの場合、ERU 価格が 5 US\$/tCO<sub>2</sub>、9.33 US\$/tCO<sub>2</sub> (7EURO/tCO<sub>2</sub> 相当) の 2 種類の ERU の経済的価値ありの場合について、比較検討した。ここでの内部収益率 (IRR) によるプロジェクト収益性の評価は、投資の的確性を判断するための指標として算出するものであるため、金利および借入金返済を考慮しないプロジェクト IRR の値を用いた。

表 7.3-1 各条件における内部収益率 (IRR)

ERU の経済的価値の有無		IRR
ERU の経済的価値なしの場合	0 US\$/tCO <sub>2</sub>	マイナス (マイナス)
ERU の経済的価値ありの場合	5 US\$/tCO <sub>2</sub>	6.73 ( 7.66)
	9.33 US\$/tCO <sub>2</sub> (7EURO/tCO <sub>2</sub> 相当)	13.55 (14.79)

※ ( ) 内は税引前の値を示す。

以上に示した通り、ERU の経済的価値なしの場合、プロジェクト IRR はマイナスであるのに対し、ERU 価格が 9.33 US\$/tCO<sub>2</sub> (7EURO/tCO<sub>2</sub> 相当) のケースでは、13.55% (税引後) であり、カントリーリスクを考慮しても投資の対象となり得るレベルとなる。

### 7.4 内部収益率の感度分析

内部収益率 (IRR) の計算において、ERU の経済的価値なし、及び ERU の経済的価値

が 9.33 US\$/tCO<sub>2</sub> (7EURO/tCO<sub>2</sub> 相当) の場合に、計算要素を 5 段階に変化させて計算を行った場合の感度分析の結果は、表 7.4-1 に示す通りである。

ERU の経済的価値なしの場合には、IRR はマイナス、または 3%未満の低い値であるが、ERU の経済的価値が 9.33 US\$/tCO<sub>2</sub> (7EURO/tCO<sub>2</sub> 相当) と想定すると、IRR は 7.16 ~16.23%の間で移動し、カントリーリスクを考慮しても投資の対象となり得るレベルとなる。

表 7.4-1(1) 感度分析結果 (ERU に経済的価値がない場合)

変動させる要素：イニシャルコスト

	基準				
変動割合	-10%	-5%	±0%	+5%	+10%
IRR (税引後)	マイナス	マイナス	マイナス	マイナス	マイナス

変動させる要素：ランニングコスト

	基準				
変動割合	-10%	-5%	±0%	+5%	+10%
IRR (税引後)	マイナス	マイナス	マイナス	マイナス	マイナス

変動させる要素：売電単価

	基準				
変動割合	-10%	-5%	±0%	+5%	+10%
IRR (税引後)	マイナス	マイナス	マイナス	マイナス	0.14

変動させる要素：発生する LFG の量

	基準				
変動割合	-20%	-10%	±0%	+10%	+20%
IRR (税引後)	マイナス	マイナス	マイナス	マイナス	マイナス

変動させる要素：物価上昇率

	基準				
変動割合	±0%	+5%	+10%	+15%	+20%
IRR (税引後)	2.32	0.83	マイナス	マイナス	マイナス

表 7.4-1(2) 感度分析結果 (ERU の経済的価値が 9.33 US\$/tCO<sub>2</sub> の場合)

変動させる要素：イニシャルコスト

	基準				
変動割合	-10%	-5%	±0%	+5%	+10%
IRR (税引後)	15.58	14.53	13.55	12.63	11.77

変動させる要素：ランニングコスト

	基準				
変動割合	-10%	-5%	±0%	+5%	+10%
IRR (税引後)	13.80	13.68	13.55	13.43	13.30

変動させる要素：売電単価

	基準				
変動割合	-10%	-5%	±0%	+5%	+10%
IRR (税引後)	12.48	13.02	13.55	14.07	14.56

変動させる要素：発生する LFG の量

	基準				
変動割合	-20%	-10%	±0%	+10%	+20%
IRR (税引後)	10.69	12.18	13.55	14.84	16.12

変動させる要素：物価上昇率

	基準				
変動割合	±0%	+5%	+10%	+15%	+20%
IRR (税引後)	16.23	15.08	13.55	11.29	7.16

## 7.5 温室効果ガス排出削減コスト

本プロジェクトにおけるイニシャルコストは既に述べたように、3,050,173US\$である。一方、本プロジェクトにおけるクレジット期間（2008年～2022年）の温室効果ガス排出削減量の合計は、513,593tCO<sub>2</sub>である。

温室効果ガス排出削減コストは、クレジット期間（2008年～2022年）のCO<sub>2</sub>排出量をイニシャルコストで割ることにより、温室効果ガス排出削減コストを算出した。結果は表 7.5-1 に示す通りである。

表 7.5-1 CO<sub>2</sub>削減コスト

項目	数値
温室効果ガス削減量 (tCO <sub>2</sub> )	513,593
コスト (US\$)	3,050,173
CO <sub>2</sub> 削減コスト (US\$/tCO <sub>2</sub> )	約 5.9

## 第 8 章 試掘結果

### 8.1 試掘の実施

埋立処分場からのランドフィルガスの排出状況を把握するために試掘を行った。

試掘は図 8.1-1 に示す 25 地点で行い、試掘時の様子は写真 8.1-1 及び写真 8.1-2 に示すとおりである。ランドフィルガスの測定は、各地点で形成した孔を通じて、ブロワーつきのガス分析機器で吸引し、その成分分析を行った。



図 8.1-1 試掘調査地点図（赤い点が試掘位置）



写真 8.1-1 試掘作業風景



写真 8.1-2 試掘作業風景

## 8.2 試掘結果

### 8.2.1 表層ガス調査結果

試掘結果は表 8.2-1 及び図 8.2-1 に示すとおりである。

ランドフィルガス中のメタンガス濃度 (vol%) は、総じて高く、最大で 72%であった。

表 8.2-1 試掘におけるランドフィルガス成分

No.	CO <sub>2</sub> (%)	CH <sub>4</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	H <sub>2</sub> S(ppm)
1	32.5	64.0	0.9	27
2	21.0	10.0	0.8	5
3	8.8	0.2	13.2	0
4	6.2	1.4	15.4	0
5	14.0	0.4	6.2	0
6	27.0	49.0	0.8	0
7	30.0	68.0	0.7	2
8	37.0	59.0	1.2	> 100
9	4.4	1.2	17.9	0
10	23.0	72.0	0.8	25
11	0.0	0.0	20.9	0
12	24.5	60.0	0.9	6
13	0.8	0.0	20.4	0
14	6.6	0.0	14.9	0
15	1.8	0.0	19.1	0
16	29.0	59.0	0.9	53
17	20.0	20.0	2.4	> 100
18	34.0	60.0	1.0	> 100
19	31.0	61.0	1.0	> 100
20	15.0	60.0	0.9	3
21	33	58.0	0.7	> 100
22	28	58.0	0.9	> 100
23	13.5	0.9	2.3	0
24	26.0	61.0	1.9	26
25	13.5	1.2	3.9	0

※表中の略号は以下のとおり

>100 センサーの測定限界を超えた (upper limit)

## むすび

本 FS 調査は、ジトーミル市の埋立処分場から発生する LFG を回収し、ガスエンジンを用いて発電利用することにより、メタンの大気中への排出を削減し、さらに発生した電力が系統の発電所からの電力と置き換わることにより、発電所での CO<sub>2</sub> 排出量を削減するプロジェクトについて検討したものである。

現在、ウクライナ政府は JI プロジェクト承認手続きの手順等の JI プロジェクト承認に対する体制を既に完成させており、相当数のプロジェクトが LOE を得ており、いくつかのプロジェクトが承認申請段階にあり、近く承認される見通しである。本プロジェクトも承認プロジェクトとなる可能性は高い。

本プロジェクトのカウンターパートであるジトーミル市は、環境改善、海外投資の積極的受け入れ等の点から本 JI プロジェクトの実施に好意的であり、本 FS 調査においても多大な協力を得ることができた。

本プロジェクトでは、採算性等の観点から 500kW (0.5MW) のガスエンジン発電機を設置し、2008 年よりクレジットの獲得を目指す計画を想定し、その結果、本事業が JI 事業として関係機関の承認を得て、炭素排出権市場の価格が 9.33 US\$/tCO<sub>2</sub> 以上となる状況であれば、事業実施可能であるとの結論を得た。

今後は、LOE の取得、ディターミネーションの実施を経て、日本、ウクライナ両国の政府承認取得と同時に、より詳細な設備計画やプロジェクト実施に向けた事業契約の締結などを速やかに実施し、できるだけ早い時期でのプロジェクトの実現化を目指していきたい。

埋立処分場からのメタンガス回収・利用の JI プロジェクトには CDM の統合化方法論が適用でき、2008 年からの第一約束期間に向けた、確実かつ速やかなプロジェクトの実現のためにきわめて有利である。

一方、LFG プロジェクトの形成においては、フロン破壊や N<sub>2</sub>O 破壊のプロジェクトとは異なり、

- ・ホスト国の気候条件
- ・埋立処分場の形状
- ・生活習慣による廃棄物組成
- ・廃棄物収集システム

などの影響要因が多く、調査段階での詳細な検討が不可欠である。この詳細な調査に基づき、プロジェクトの効果、事業性をつかむ事ができる。

また、一口に LFG プロジェクトといっても、カウンターパートとなる地方自治体のプロジェクトへの係わり方は様々で、プロジェクト実現化に向けた意見調整は容易ではない。この点が各国によるプロジェクト獲得競争が激化する中で、プロジェクト開発段階

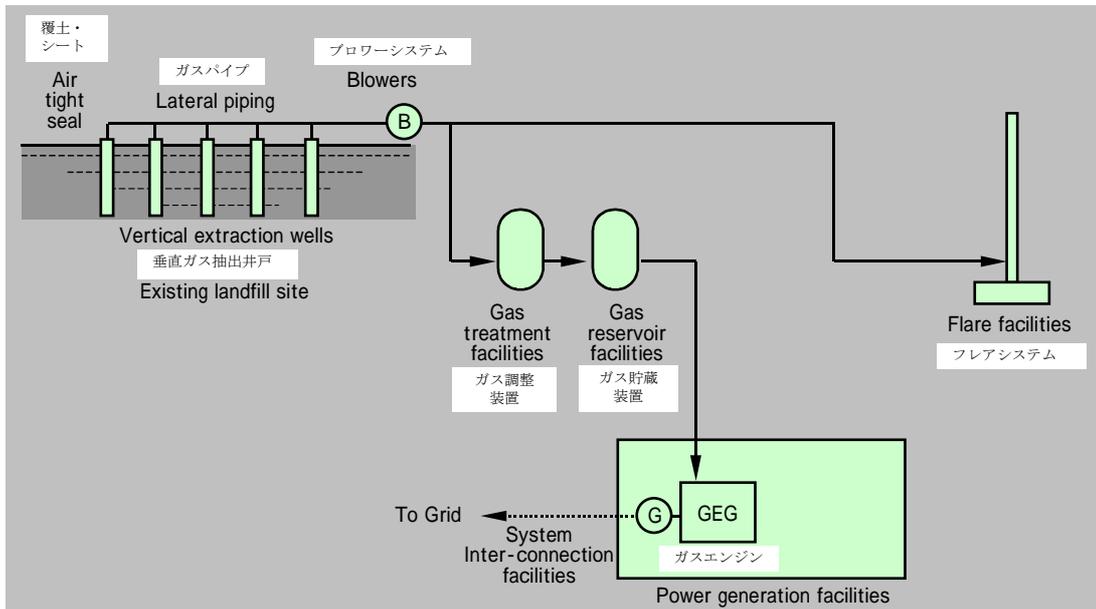
での最大のテーマである。ホスト国側としても、日本政府の補助による FS 調査はプロジェクトの実現化への期待が高く、本調査も高く評価されている。

本調査では、有望な JI プロジェクトの検討のみならず、JI や GIS の対象国としてポテンシャルの高いウクライナ国における最新の動向の把握と、日本政府の施策のアピールを行うことができた。今後も本プロジェクトの実現化を通じたウクライナ国との関係強化と併せて、中東欧地域におけるプロジェクト開発を継続し、我が国の目標達成に繋げてゆく事が必要と考える。

## 添付資料

- 資料1 プロジェクト計画系統図
- 資料2 排出削減量計算結果
- 資料3 キャッシュフロー計算結果
- 資料4 略語一覧

資料1 プロジェクト計画系統図



資料 2(1) 排出削減量計算結果

年	処分場に持ち込まれる廃棄物の量 $R_x$	LFG発生量	LFG回収率	回収できたLFG量	ER	MD <sub>project</sub>	MD <sub>reg</sub>
年	t	Nm <sup>3</sup>	-	Nm <sup>3</sup>	tCO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tCH <sub>4</sub>
1990	62,795	-	0	-	0	0	0
1991	63,549	873,865	0	-	0	0	0
1992	64,311	1,695,080	0	-	0	0	0
1993	65,083	2,467,561	0	-	0	0	0
1994	65,864	3,194,969	0	-	0	0	0
1995	66,654	3,880,685	0	-	0	0	0
1996	67,454	4,527,847	0	-	0	0	0
1997	68,264	5,139,381	0	-	0	0	0
1998	69,083	5,717,999	0	-	0	0	0
1999	69,912	6,266,206	0	-	0	0	0
2000	70,751	6,786,338	0	-	0	0	0
2001	71,600	7,280,563	0	-	0	0	0
2002	72,459	7,750,891	0	-	0	0	0
2003	73,328	8,199,189	0	-	0	0	0
2004	74,208	8,627,188	0	-	0	0	0
2005	75,099	9,036,507	0	-	0	0	0
2006	76,000	9,428,650	0	-	0	0	0
2007	76,912	9,804,996	0	-	0	0	0
2008	77,835	10,166,840	0.6	5,457,913	40,739	1,946	0
2009	78,769	10,515,384	0.6	5,063,543	37,789	1,806	0
2010	79,714	10,851,740	0.6	4,697,669	37,682	1,679	0
2011	80,671	11,176,943	0.6	6,040,579	47,684	2,158	0
2012	81,639	11,491,966	0.6	5,604,108	44,361	2,003	0
2013	82,618	11,797,698	0.6	5,199,174	41,278	1,858	0
2014	83,610	12,094,962	0.6	4,823,500	38,410	1,724	0
2015	84,613	12,384,552	0.6	4,474,971	35,749	1,600	0
2016	85,629	12,667,174	0.6	4,151,625	33,273	1,485	0
2017	0	12,943,515	0.6	3,851,643	30,973	1,378	0
2018	0	12,008,261	0.6	3,573,337	28,834	1,278	0
2019	0	11,140,586	0.6	3,315,140	26,850	1,186	0
2020	0	10,335,606	0.6	3,075,599	25,001	1,101	0
2021	0	9,588,792	0.6	2,853,367	23,283	1,022	0
2022	0	8,895,939	0.6	2,647,193	21,688	948	0
合計	1,988,424	268,737,874		64,829,360	513,593	23,172	0

資料 2(2) 排出削減量計算結果

年	GWP <sub>CH<sub>4</sub></sub>	EL	CEF <sub>electricity</sub>	AF	MD <sub>flared</sub>	MD <sub>electricity</sub>	LFG <sub>flared</sub>
年	tCO <sub>2</sub> /tCH <sub>4</sub>	MWh	tCO <sub>2</sub> /tCH <sub>4</sub>	-	tCH <sub>4</sub>	tCH <sub>4</sub>	Nm <sup>3</sup>
1990	21	0	0	0	0	0	0
1991	21	0	0	0	0	0	0
1992	21	0	0	0	0	0	0
1993	21	0	0	0	0	0	0
1994	21	0	0	0	0	0	0
1995	21	0	0	0	0	0	0
1996	21	0	0	0	0	0	0
1997	21	0	0	0	0	0	0
1998	21	0	0	0	0	0	0
1999	21	0	0	0	0	0	0
2000	21	0	0	0	0	0	0
2001	21	0	0	0	0	0	0
2002	21	0	0	0	0	0	0
2003	21	0	0	0	0	0	0
2004	21	0	0	0	0	0	0
2005	21	0	0	0	0	0	0
2006	21	0	0	0	0	0	0
2007	21	0	0	0	0	0	0
2008	21	-193	0.6950	0	1,946	0	5,457,913
2009	21	-193	0.6800	0	1,806	0	5,063,543
2010	21	3,626	0.6660	0	852	827	2,389,792
2011	21	3,626	0.6510	0	1,331	827	3,732,702
2012	21	3,626	0.6360	0	1,175	827	3,296,230
2013	21	3,626	0.6220	0	1,031	827	2,891,297
2014	21	3,626	0.6070	0	897	827	2,515,623
2015	21	3,626	0.5930	0	773	827	2,167,094
2016	21	3,626	0.5780	0	657	827	1,843,748
2017	21	3,626	0.5630	0	551	827	1,543,766
2018	21	3,626	0.5480	0	451	827	1,265,460
2019	21	3,626	0.5340	0	359	827	1,007,263
2020	21	3,626	0.5190	0	274	827	767,722
2021	21	3,626	0.5040	0	195	827	545,490
2022	21	3,626	0.4900	0	121	827	339,316
合計		46,756			12,420	10,753	34,826,957

資料 2(3) 排出削減量計算結果

年	w <sub>CH4</sub>	D <sub>CH4</sub>	FE	LFG <sub>electricity</sub>	ベースライン 排出量	プロジェクト 排出量	排出削減量
年	-	t/Nm <sup>3</sup>	-	Nm <sup>3</sup>	tCO <sub>2</sub>	tCO <sub>2</sub>	tCO <sub>2</sub>
1990	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
1991	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
1992	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
1993	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
1994	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
1995	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
1996	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
1997	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
1998	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
1999	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
2000	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
2001	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
2002	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
2003	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
2004	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
2005	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
2006	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
2007	0.5	0.0007168	0	0	-	-	-
2008	0.5	0.0007168	0.9	0	76,520	35,781	40,739
2009	0.5	0.0007168	0.9	0	79,143	41,354	37,789
2010	0.5	0.0007168	0.9	2,307,877	84,218	46,536	37,682
2011	0.5	0.0007168	0.9	2,307,877	86,608	38,924	47,684
2012	0.5	0.0007168	0.9	2,307,877	88,922	44,561	44,361
2013	0.5	0.0007168	0.9	2,307,877	91,170	49,892	41,278
2014	0.5	0.0007168	0.9	2,307,877	93,350	54,940	38,410
2015	0.5	0.0007168	0.9	2,307,877	95,476	59,727	35,749
2016	0.5	0.0007168	0.9	2,307,877	97,546	64,272	33,273
2017	0.5	0.0007168	0.9	2,307,877	99,568	68,596	30,973
2018	0.5	0.0007168	0.9	2,307,877	92,472	63,638	28,834
2019	0.5	0.0007168	0.9	2,307,877	85,888	59,038	26,850
2020	0.5	0.0007168	0.9	2,307,877	79,772	54,771	25,001
2021	0.5	0.0007168	0.9	2,307,877	74,094	50,811	23,283
2022	0.5	0.0007168	0.9	2,307,877	68,826	47,138	21,688
合計				30,002,403	1,293,571	779,978	513,593

資料 3(1) キャッシュフロー計算結果

年	フレアによる メタン破壊 処理量	発電による メタン破壊 処理量	メタン回収 による ERU獲得量	売電量	発電(売電) による ERU獲得量	ERU獲得量 合計	売電収入	ERU収入
年	tCH <sub>4</sub>	tCH <sub>4</sub>	tCO <sub>2</sub>	MWh	tCO <sub>2</sub>	tCO <sub>2</sub>	US\$	US\$
1990	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	1,946	0	40,873	-193	-134	40,739	0	380,096
2009	1,806	0	37,920	-193	-131	37,789	0	352,568
2010	852	827	35,267	3,626	2,415	37,682	231,050	351,570
2011	1,331	827	45,323	3,626	2,361	47,684	254,154	444,892
2012	1,175	827	42,055	3,626	2,306	44,361	279,570	413,888
2013	1,031	827	39,022	3,626	2,256	41,278	307,527	385,122
2014	897	827	36,209	3,626	2,201	38,410	338,280	358,366
2015	773	827	33,599	3,626	2,150	35,749	372,108	333,541
2016	657	827	31,177	3,626	2,096	33,273	409,318	310,441
2017	551	827	28,931	3,626	2,042	30,973	450,250	288,973
2018	451	827	26,847	3,626	1,987	28,834	495,275	269,021
2019	359	827	24,913	3,626	1,936	26,850	544,803	250,507
2020	274	827	23,119	3,626	1,882	25,001	599,283	233,263
2021	195	827	21,455	3,626	1,828	23,283	659,211	217,228
2022	121	827	19,911	3,626	1,777	21,688	725,132	202,348
合計	12,420	10,753	486,621	46,756	26,972	513,593	5,665,960	4,791,824

ERUの経済的価値は9.33US\$/tCO<sub>2</sub>を想定している。

ランニングコストはペリフィケーション費用20,000US\$/年を上乗せしている。

資料 3(2) キャッシュフロー計算結果

年	収入合計	イニシャル コスト	ランニング コスト	支出合計	減価償却費	諸税	キャッシュ フロー (税引前)	キャッシュ フロー (税引後)
年	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$
1990	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	1,787,543	0	1,787,543	0	0	-1,787,543	-1,787,543
2008	380,096	0	38,122	38,122	160,879	626	333,826	333,200
2009	352,568	924,354	61,934	986,288	160,879	0	-733,713	-733,713
2010	582,620	338,276	108,060	446,336	244,071	0	57,709	57,709
2011	699,047	0	116,866	116,866	274,516	14,246	572,643	558,397
2012	693,458	0	126,553	126,553	274,516	17,425	558,033	540,608
2013	692,649	0	137,208	137,208	274,516	21,355	547,185	525,830
2014	696,646	0	148,929	148,929	274,516	26,025	540,034	514,009
2015	705,648	0	161,822	161,822	274,516	31,454	536,676	505,222
2016	719,759	0	176,004	176,004	274,516	37,639	537,100	499,461
2017	739,224	0	191,605	191,605	274,516	44,605	541,424	496,820
2018	764,296	0	208,765	208,765	113,637	82,761	549,764	467,003
2019	795,309	0	227,642	227,642	113,637	89,732	562,298	472,565
2020	832,545	0	248,406	248,406	30,445	109,739	579,139	469,400
2021	876,439	0	271,247	271,247	0	120,107	600,536	480,429
2022	927,481	0	296,371	296,371	0	125,354	626,772	501,418
合計	10,457,784	3,050,173	2,519,536	5,569,708	2,745,156	721,069	4,621,884	3,900,814

ERUの経済的価値は9.33US\$/tCO<sub>2</sub>を想定している。

ランニングコストはペリフィケーション費用20,000US\$/年を上乗せしている。

資料4 略語一覧

AAU	assigned amount unit	初期割当量
AIJ	activities implemented jointly	共同実施活動
AP	acreditation pannel	信任パネル
AT	acreditation team	信任チーム
BAU	business as usual	ビジネスアズユージュアル
BOD	biochemical oxygen demand	生物化学的酸素要求量
CDM	clean development mechanism	クリーン開発メカニズム
CDM EB	CDM executive board	CDM 理事会
CER	certified emission reduction	CER
CERUPT	certified emission reduction purchase tender	CERUPT (セラプト)
CGS	cogeneration system	コージェネレーションシステム
CH <sub>4</sub>	methane	メタン
CHP	combined heat and power	熱電併給
CIS	commonwealth of independent states	独立国家共同体
CO <sub>2</sub>	carbon dioxide	二酸化炭素
COD	chemical oxygen demand	化学的酸素要求量
COP	conference of the parties	締結国会合
DHS	district heating system	地域暖房
DNA	designated national authority	指定国家機関
DOC	degradable organic carbon	分解可能な有機物の割合
DOCF	fraction DOC dissimilated	分解される DOC の割合
DOE	designated operational entity	指定運営組織
EC	European community	欧州共同体
EF	emission factor	排出係数
EPC	engineering, purchasing and construction	EPC
ERU	emission reduction unit	ERU
ERUPT	emission reduction units purchase tender	ERUPT (エラプト)
ET	emissions trading	排出権取引
EU	European Union	欧州連合
FS	feasibility study	実現可能性調査
GDP	gross domestic product	国内総生産

GEG	gas engine generator	ガスエンジン発電機
GHG	greenhouse gas	温室効果ガス
GIS	green investment scheme	GIS
GNP	gross national product	国民総生産
GWP	global warming potential	地球温暖化係数
HFC	hydro fluoro carbon	ハイドロフルオロカーボン
HHV	higher heating value	高位発熱量
HoB	heat only boiler	暖房用ボイラー
HP	home page	ホームページ
HPP	hydro power plant	水力発電所
IE	independent entity	独立機関
IMF	international monetary fund	国際通貨基金
IPCC	intergovernmental panel on climate change	気候変動に関する政府間パネル
IPP	independent power producer	独立系発電事業者
IRR	internal rate of return	内部収益率
JI	joint implementation	共同実施
KP	Kyoto protocol	京都議定書
LFG	landfill gas	ランドフィルガス
LHV	lower heating value	低位発熱量
LOA	letter of approval	(正式) 承認書
LOE	letter of endorsement	(事前) 承認書
LOI	letter of interest	関心表明書
MA	Marrakesh accord	マラケシュ合意
MCF	methane collection factor	メタン回収率
MOP	meeting of the parties	締結国会合
MOU	memorandum of understanding	覚書
MP	methodology panel	方法論パネル
MSW	municipal solid waste	一般固形廃棄物
N <sub>2</sub> O	nitrous oxide	一酸化二窒素
NATO	North Atlantic treaty organisation	北大西洋条約機構
NMB	new methodology baseline	新しいベースライン方法論
NMM	new methodology monitoring	新しいモニタリング方法論
NMOC	non-methane organic compounds	非メタン有機化合物
NPP	nuclear power plant	原子力発電所

NPV	net present value	正味現在価値
ODA	official development assistance	政府開発援助
PBP	pay back period	回数年数
PCF	prototype carbon fund	プロトタイプ炭素基金
PIN	project idea note	PIN
PDD	project design document	プロジェクト設計書
PFC	per fluoro carbon	ハイドロフルオロカーボン
PPA	power purchase agreement	電力購買契約
RDS	raw dry solid	乾燥生固形物量
RMU	removal unit	吸収源活動による吸収量
SD	sustainable development	持続的発展
SF <sub>6</sub>	sulfur hexafluoride	六フッ化硫黄
SPC	special purpose company	特定目的会社
SSCDM	small scale CDM	小規模 CDM
TACIS	technical assistance to CIS	TACIS
TOC	total organized carbon	全有機性炭素
TPP	thermal poer plant	火力発電所
UNFCCC	United Nations framework convention on climate change	国連気候変動に関する枠組条約
URL	uniform resource locator	URL