

平成 17 年度 CDM/JI 事業調査

ウクライナ・キエフ下水処理場
メタン回収・発電事業調査

報告書

平成 18 年 3 月 10 日

清水建設株式会社

目次

まえがき

概要

調査実施体制

第1章 プロジェクト基本事項

1.1 ウクライナの基本情報

1.1.1 国土、自然、人口

1.1.2 政治

1.1.3 外交

1.1.4 経済

1.1.5 通貨政策

1.1.6 財政、対外債務

1.1.7 主要産業概況

1.1.7.1 農業

1.1.7.2 エネルギー

1.1.7.3 工業

1.1.8 直接投資

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

1.2.1.1 石炭

1.2.1.2 石油

1.2.1.3 天然ガス

1.2.2 電力

1.2.2.1 発電部門

1.2.2.2 発電部門の環境上の側面

1.2.2.3 送配電部門

1.2.2.4 ウクライナの電力産業の構造

1.2.2.5 電力卸売市場

1.2.2.6 電力セクターの負債の問題

1.2.2.7 電力料金とその徴収状況

1.2.2.8 電力セクターの規制と再編

1.2.2.9 コージェネレーションプラントと系統との接続の可能性

- 1.2.2.10 系統の GHG 排出係数
- 1.2.3 地域暖房
 - 1.2.3.1 現在の地域暖房の状況
 - 1.2.3.2 熱発生施設
 - 1.2.3.3 地域導管
 - 1.2.3.4 熱料金（売熱、買熱）
 - 1.2.3.5 コージェネレーションプラントと地域導管ネットワークとの接続の可能性
 - 1.2.3.6 地域暖房の GHG 排出係数
- 1.3 ウクライナの JI に関する政策
 - 1.3.1 地球温暖化防止に関する政策
 - 1.3.2 JI プロジェクトに関する政策および DNA（指定国家機関）の設立に関する政策
 - 1.3.3 JI プロジェクトのプロジェクト承認プロセスに関する政策
 - 1.3.4 ERU（排出削減単位）の割当に関する政策
 - 1.3.5 ウクライナのインベントリー
 - 1.3.6 ウクライナの JI 参加資格
- 1.4 キエフの概況
 - 1.4.1 キエフの歴史と概況
 - 1.4.2 キエフの気象データ

第 2 章 プロジェクト計画

- 2.1 プロジェクト計画概要
 - 2.1.1 プロジェクト実施サイトの現状
 - 2.1.2 プロジェクト計画概要
 - 2.1.3 対象とする温室効果ガス
- 2.2 プロジェクト実施サイトの運営会社の現状
- 2.3 プロジェクト計画の具体化
 - 2.3.1 システム構成
 - 2.3.2 反応槽計画
 - 2.3.3 ガス処理設備計画
 - 2.3.4 ガス貯留設備計画
 - 2.3.5 コージェネレーション設備計画
 - 2.3.6 送電設備計画
 - 2.3.7 フレア設備計画
 - 2.3.8 所内エネルギー消費
 - 2.3.9 クレジット期間
 - 2.3.10 システム運転方法

- 2.4 プロジェクトコストの検討
 - 2.4.1 イニシャルコストの検討
 - 2.4.2 ランニングコスト、収入の検討
- 2.5 プロジェクト実施体制
 - 2.5.1 プロジェクト参加者の概要
 - 2.5.2 プロジェクト実施組織の概要
 - 2.5.3 日本側の役割
 - 2.5.4 ウクライナ側の役割
 - 2.5.5 クレジットの取得方法、分配方法
- 2.6 プロジェクト実施に当たっての課題、リスク
- 2.7 資金計画
- 2.8 プロジェクト実施スケジュール

第3章 ベースラインの設定

- 3.1 ベースライン方法論の検討
- 3.2 ベースラインシナリオの検討と追加性の検証
- 3.3 リークエージとプロジェクト境界の検討
- 3.4 ベースライン排出量の試算
- 3.5 プロジェクト排出量の試算

第4章 モニタリング計画

- 4.1 モニタリング方法論の検討
- 4.2 モニタリング項目の検討
- 4.3 モニタリング結果から排出削減量を計算する式
- 4.4 モニタリングにおける品質管理／保証

第5章 プロジェクト効果

- 5.1 省エネ効果
 - 5.1.1 省エネ効果が発生する技術的根拠
 - 5.1.2 省エネ効果
- 5.2 温室効果ガス削減効果
 - 5.2.1 温室効果ガス削減効果が発生する技術的根拠
 - 5.2.2 温室効果ガス削減効果
- 5.3 普及効果
- 5.4 その他の効果

第6章 環境への影響

- 6.1 適用を受ける法律等
- 6.2 環境影響分析

第7章 他への影響

- 7.1 経済面に及ぼす影響
- 7.2 社会面に及ぼす影響
- 7.3 持続的発展への貢献

第8章 利害関係者のコメント

- 8.1 誰が利害関係者となりえるかについて
- 8.2 利害関係者のコメントの収集方法
- 8.3 受け取った利害関係者のコメントの要約

第9章 収益性

- 9.1 前提条件
- 9.2 投資回収年数
- 9.3 内部収益率
- 9.4 内部収益率の感度分析
- 9.5 温室効果ガス排出削減コスト

むすび

添付資料

- 資料-1 現状のボルトニッチ排水処理場系統図
- 資料-2 現状のボルトニッチ排水処理場平面図
- 資料-2 プロジェクト計画系統図
- 資料-4 プロジェクト計画平面図
- 資料-5 汚泥排出係数試験要領と結果
- 資料-6 排出削減量計算結果とキャッシュフロー計算結果
- 資料-7 PDD (PDD 概要版 (日本語)、PDD (英語))
- 資料-8 略語一覧
- 資料-9 引用文献、参考文献、参考 URL 一覧
- 資料-10 図表一覧

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 17 年度事業として受託した CDM/JI 事業調査「ウクライナ・キエフ下水処理場メタン回収・発電事業調査」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（CO₂）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、ウクライナ議会は 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、ウクライナ国キエフ市において、汚泥田から発生する CH₄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 CH₄ガスの大気への拡散を削減すると同時に、汚泥の嫌氣的発酵により得られる CH₄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。

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17年度事業として受託したCDM/JI事業調査「ウクライナ・キエフ下水処理場メタン回収・発電事業調査」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、エネルギーソリューション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。

- ・ **エネルギーソリューション部**：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**：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
- ・ **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

特になし

(3) カウンターパート等ホスト国側の協力機関と役割

ホスト国側は、以下の機関の協力を得て調査を実施している。

- ・ **キエフ市水道公社キエフボドカナル社**（Kievvodokanal）：ボルトニッチ（Bortnichi）排水処理場の管理運営会社。FS実施への協力（運用データなどの収集、提供。現地での汚泥からのメタンの発生量を計測する現地試験への協力）。事業実施時点でのパートナー（出資する可能性もある）。
- ・ **Scientific Engineering Centre “Biomass”**：現地コンサルタント。現地におけるデータ収集、汚泥からのメタンの発生量を計測する現地試験の実施、等。

第 1 章 プロジェクト基本事項

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 3,700km²で、日本の約 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。

2004 年におけるウクライナの人口は約 4,801 万人程度 (世界銀行調べ) 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%、その他が 4% となっており、この中にはベラルーシ人、モルドバ人、ハンガリー人、ブルガリア人、ポーランド人、タタール人等が存在する。そして、ユダヤ人が人口の約 1% を形成している。

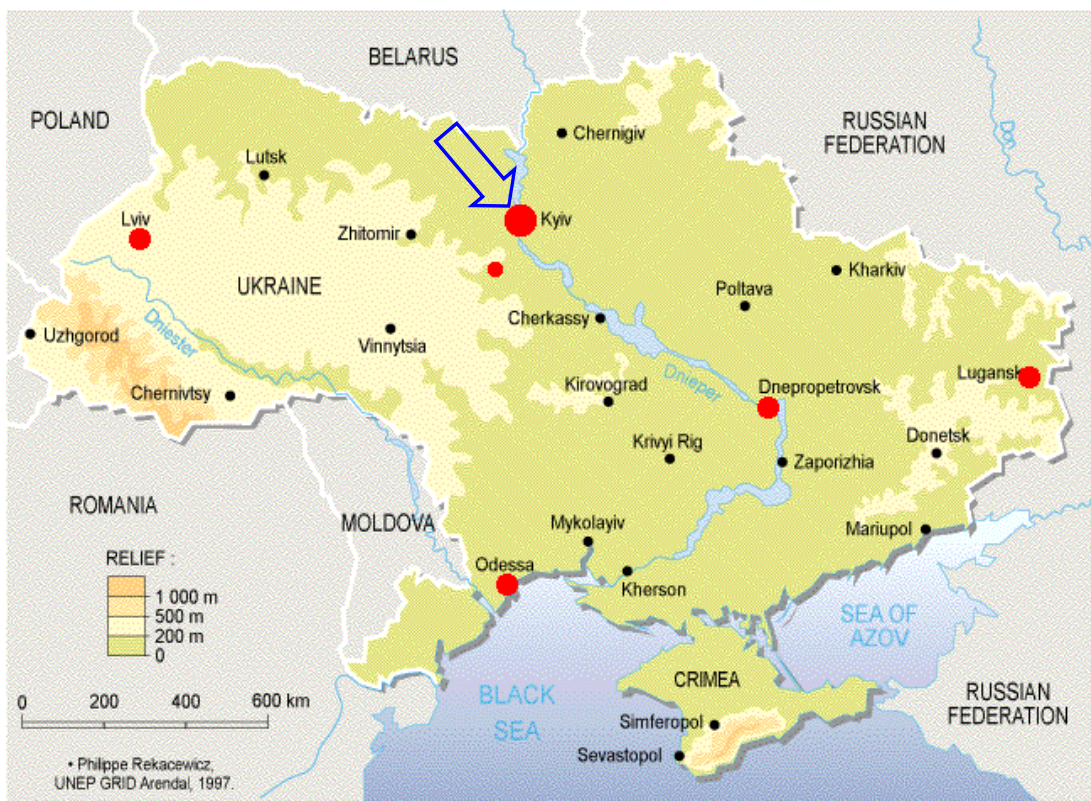


図 1-1 ウクライナ位置図（矢印は首都キエフの位置）

表 1-1 ウクライナの人口統計

	2000	2003	2004
総人口（百万人）	49.5	48.4	48.0
年人口増加率（%）	-0.8	-0.7	-0.7
推定寿命（歳）	67.9	68.3	-
出生率（女性一人当り）	-	1.2	-
乳児死亡率（千人当り）	17	15	-
5歳以下乳幼児死亡率（千人当り）	21	20	-

出所：世界銀行 HP (<http://devdata.worldbank.org/external/CPProfile.asp?PTYPE=CP&CCODE=UKR>)

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。

識字率は高く、人口の 98%程度が識字者である。平均寿命は 68 歳程度と高くなっている。労働人口の面で言えば、約 2,300 万人程度が労働人口であり、その構成割合は第一次産業が 24%、第二次産業が 32%、そして第三次産業が 44%といった割合になっている。こ

のように第二次及び第三次産業に従事している人口が多く、それを反映して都市人口は約70%近くを占めている。

1.1.2 政治

(1)ウクライナの独立

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。この国民投票と同時に大統領選出の選挙が行われ、前ウクライナ人民共和国連邦の議長であったクラフチュク氏が5年の任期で選出された。

(2)クチマ政権の誕生

クラフチュク大統領はロシアからの完全な独立を目指したが、その代償として、経済停滞がもたらされ、徐々にクラフチュク氏は人気を失っていった。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。クチマ氏はウクライナの自立を目指しながらもよりロシア的な国家建設を唱え当選した。しかし、保守的でよりロシア寄りな国民の信任を得て選出されたにも係わらず、当選後には改革的な手法を実践した。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。

首相は大統領が任命し、議会の承認を受けて内閣が発足する。一院制のウクライナ最高会議は450名の議員からなり、法律の制定、条約の批准、予算の承認等を行っている。議会は1991年に旧ソ連から独立した後、1991年12月に総選挙が実施され、1994年3月にはじめて自由な総選挙が行われた。議員の任期は4年で、第2回目の総選挙は1998年、第2回目の総選挙は2002年3月に行われた。次回の総選挙は2006年3月に予定されている。

1999年12月には改革派のユーシェンコ元中央銀行総裁が首相に就任し、2000年1月には、従来から保守傾向の強かった議会内に大統領の多数派が結成されるとともに改革派のプルーシ新議長が就任した。2000年4月には、大統領の権限強化を問う国民投票が行われ、国民の大多数が大統領の提案を支持した。

しかし、2000年11月、反体制ジャーナリストの殺害にクチマ大統領が関与していると

の疑惑が浮上し、政局は混迷し、野党勢力による大統領退陣要求が高まる中、内政状況は流動化した。4月26日には議会が内閣不信任案を可決し、ユーシェンコ内閣が総辞職し、5月にキナフ新内閣が発足した。

2002年3月の総選挙の結果、新大統領派の「統一ウクライナのために」とユーシェンコ前首相率いる「我らのウクライナ」が二大勢力となり、共産党は第3勢力に後退した。

(3) オレンジ革命の勃発

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た。選挙には、共産党党首らを含む24人が立候補したが、事実上は、クチマ大統領の後継者で親ロシア派の最有力候補ヤヌコビッチ首相と、野党指導者で新欧米派のユーシェンコ元首相の一騎打ちとなった。

選挙は、欧州への統合推進や民主化を掲げ、ポーランド等の文化的影響が強い西部で圧倒的支持を受けるユーシェンコ元首相に対し、ロシア語公用語化等を公約するヤヌコビッチ首相はロシア系住民が多い東部や南部で支持を集め、選挙は国土を二分する様相となった。

10月31日に選挙の投票が行われ、ヤヌコビッチ首相が得票率40%で首位を確保したが、当選に必要な過半数に及ばず、ユーシェンコ元首相（得票率第2位）との決戦投票の実施が決定した。この選挙において、両陣営は相互に選挙違反を非難し合い、この後、両陣営の対立が深まった。

11月21日に決選投票が行われ、中央選挙管理委員会は、11月24日に与党ヤヌコビッチ首相の当選を正式発表した。これに対し、ユーシェンコ元首相率いる野党は選挙おける与党側の大規模な不正を主張し、25日、反政府の拠点となる救国委員会を発足させた。この委員会は、自衛軍の創設を発表する等事実上の暫定政府となり、二重権力状態が生じた。11月25日、ウクライナ最高裁は野党側からの選挙不正の訴えを審理するため、大統領選の結果公表の差し止めを命じた。11月27日、ウクライナ国会は、大規模不正のため選挙を無効とする決議と決選投票のやり直しを求める決議を採択した。

12月1日、ウクライナ国会は、野党側から再提出された内閣不信任決議案を賛成多数で可決した。12月3日、ウクライナ最高裁は決選投票において大規模な不正や誤りがあったとする野党側の訴えを認めた。大統領選やり直し選挙は、12月5日に開始され、12月26日にやり直し決選投票が実施された。その結果、野党ユーシェンコ元首相が当選を確実にした。12月27日、ヤヌコビッチ陣営は、最高裁に選挙結果の無効を提訴したが、全て棄却された。

11月、12月の選挙戦の混乱期間中は、野党側支持者により、政府庁舎を封鎖する等の大規模なデモが継続して行われた。この一連の動きは、ユーシェンコ氏のシンボルカラーであるオレンジ色にちなんで、「オレンジ革命」と呼ばれた。

2005年1月23日には、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。

(4) ロシアとの対立の先鋭化

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。

しかし、6月には、ロシアがウクライナに供給しているガスの価格を大幅に値上げする方針を示し、ロシアから離れて西側へ近づこうとするウクライナを、ロシアがけん制するための政治的圧力を加え始めた。8月には、ウクライナは、ロシアがウクライナ、ベラルーシ、カザフスタンとともに創設を目指す「統一経済圏」への参加を拒否する考えを示して対抗した。この統一経済圏構想は、欧州連合（EU）に対抗し、関税相互免除や通貨統合などを目指すものであった。しかし、この直後に開催された独立国家共同体（CIS）外相会議において、ロシアは改めてガス価格の値上げを示唆したため、ユーシェンコ大統領は、一旦不参加を表明した統一経済圏への参加を表明している。

ユーシェンコ政権の困難な道りはまだまだ続く。9月8日、ユーシェンコ大統領は、ティモシェンコ首相ら全閣僚と、汚職の疑いが指摘されていたポロシェンコ安全保障国防会議書記を解任した。ユーシェンコ大統領は「チームとしてのまとまりがなくなった」と解任の理由を説明した。この権力争いで、ユーシェンコ大統領は、盟友であったティモシェンコ氏を政敵に回すことになってしまう。

9月20日、ウクライナ議会は、は、ユーシェンコ大統領が求めたエハヌロフ首相代行（兼、ドニエプロペトロフスク州知事）の首相就任について採決を行い、これを否決してしまった。このことで、ユーシェンコ大統領の基盤弱体化が露となった。その後、9月22日には、議会はようやくエハヌロフ首相代行の首相就任を承認した。

(5) ガス戦争の勃発

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経由して、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。ロシアは、ウクライナに従来 $1,000\text{Nm}^3$ あたり $50\text{US\$}$ の価格で供給してきたガスを、一気に市場価格である $230\text{US\$}$ に値上げすると通告し、この価格が受け入れられない場合は、2006年1月1日よりガスの供給を停止するとした。一方、ウクライナ側はロシアに対し、交渉で段階的な値上げを要請するとともに、これが受け入れられない場合の対抗措置として、①ヨーロッパ向けガスの通過料金の4倍値上げ、②ロシア

黒海艦隊の基地使用料の値上げ、③同艦隊が置かれているウクライナ南部クリミア半島とウクライナ西部の2カ所に設置されたロシア防空軍の要である早期警戒レーダー基地の閉鎖、④ロシアの大陸間弾道ミサイル（ICBM）の近代化に必要な部品供給の停止、⑤ガスの一部を契約上認めら得た方法で合法的に「抜き取る」こと、などをちらつかせた。

しかし、ロシアは実際に、2006年1月1日から、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。一方、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、1,000Nm³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、ヨーロッパ諸国へ送られるガスのウクライナ通過料も、100km当たり1.09US\$から1.60US\$に値上げされた。

この合意により、当面の問題は解決されたが、多くの火種を残すことになった。例えば、この合意によって、ユーシェンコ政権に対する国民の評価が高まったかどうかについては、評価が2分されているようである。確かに、ユーシェンコ政権は大幅な値上げを阻止することに成功し、ロシアに対するイメージの悪化をヨーロッパ諸国に植え付けることができた。一方、合意内容によれば、ロシアのガス価格は1,000Nm³あたり230US\$のままであり、この点だけを見れば、ロシアの主張が受け入れられたことになってしまっている。実際にウクライナへ供給されているガスは、トルクメニスタン、ウズベキスタンなどの中央アジア原産の価格の安いガスが含まれているので、ロシア産とこれらを混ぜた結果、ウクライナが1,000Nm³あたり95US\$でガスを購入する権利を得た格好になっているだけである。つまり、中央アジア産のガスが値上がりすれば、ウクライナへ販売されるガスの価格もたちまち上昇してしまう仕組みになっている。実際に、中央アジア諸国では「なぜ我々のガスはロシアのガスよりも安いのか？」との疑問が噴出してきており、値上げの要求を始めている模様である。このため、ウクライナ議会は、1月10日、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、賛成多数で採択した。発足したばかりのユーシェンコ政権は、3月の総選挙を前にして、再び内政面での危機を迎えている。

また、この合意により、ロシアはウクライナにおけるガスの販売、パイプラインの管理においても、一定の参加権利を得ることができたが、これがどの程度の関与を意味するのか、不確実な面が多い。

さらに、ウクライナはガスの通過量を値上げしてロシアに対抗しようとしたが、同じような手口をロシアに真似される可能性がある。つまり、ロシアが中央アジア産のガスのロシア国内での通過量を値上げすれば、たちまちウクライナは窮地に立たされてしまうだろう。

2006年から施行される改正憲法では首相任命権を含む大統領の権限が議会に移譲され

るため、2006年3月の総選挙の結果次第では、再び政局混乱が広がる恐れもある。

1.1.3 外交

(1) クリミア問題

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をめぐる政治的緊張が高まった。

もともとクリミアは、ロシアとのウクライナ間の統合300周年記念を迎えるにあたり、フルシチョフからの贈り物として1954年にウクライナへ譲られたという経緯があり、クリミア地方にはロシア人が多数居住している。

ウクライナの独立直後、クリミアではウクライナからの独立をもとめるロシア主導の運動が起った。ロシア人は様々な政治団体を設立し、独立運動を繰り広げ、クリミアをウクライナの州から自治共和国に格上げすることに成功し、独立を宣言した。しかし、ウクライナ政府は1992年5月にこの宣言は無効とし、1992年7月にはウクライナ議会は、クリミアはウクライナの統治下に属するという決議を行い、ロシアを支持する団体とウクライナ政府間で問題が先鋭化した。また、同年、ロシア議会在が1954年のウクライナへのクリミア移譲を無効とする決議を採択したため、ウクライナとロシア間の外交問題へと発展した。

1994年1月にクリミアで行われた選挙で、独立派のユーリー・メシコフがクリミア大統領に当選すると、クリミアとウクライナ中央政府の対立がより先鋭化した。1995年にはクリミア側はクリミア独立、ロシアとの再統合をめざして住民投票を強行しようとし、中央政府側はクリミアの大統領解任、議会の解散を指令し、緊張が続いた。

また、ウクライナ東部のドネツク、ルガンスクでもウクライナからの分離主義的運動が活発化した。ロシア系住民が多数を占めるこの両地方においても、1994年3月にロシア語を公用語にする住民投票が可決され、独立国家共同体（CIS）への加盟が主張された。

ウクライナの独立後、ウクライナとロシアはクリミア半島のセバストポリ港を基地とする黒海艦隊の帰属をめぐる対立した。1995年までは共同管轄とし、その後分割することで1992年に一旦合意に達したが、その後も緊張は続いた。

しかし、その後、黒海艦隊の件では、同艦隊を分割して、ロシア黒海艦隊とウクライナ海軍を創設、ロシア黒海艦隊が引き続きセバストポリ港を使用することで、1995年6月に両国は合意に至った。また、クラフチュク大統領はウクライナに存在する核兵器をロシアに移送することにも合意し、徐々に両国間の融和が図られていった。

独立後、7年を経てはじめて、1998年にウクライナ大統領がロシアを訪問し、懸案事項

の解決の端緒が切られた形となった。大統領の訪ロ後、1999年3月に両国間の包括的な友好協力条約（1997年5月署名）がロシア上院にて批准され、ウクライナの領土保全、国境不可侵が確認された。また、ロシアが同条約の発効条件としていた黒海艦隊分割に関する協定も、1999年3月にウクライナ最高会議で批准され、独立以来の両国の懸案が解決された。

(2) 西側への接近

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。

上述の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。

(3) 日本との関係:JBICとの融資契約の実現

国際協力銀行（JBIC）は、2005年11月11日、ウクライナの政府系金融機関であるウクライナ輸出入銀行（Ukreximbank：The State Export-Import Bank of Ukraine、以下「ウクライナ輸銀」）との間で、総額2,850万米ドル相当を限度とする貸付契約（バンクローン（相手

国の金融機関を経由して、相手国の輸入者に融資を行うもので、日本からの設備等の購入資金に充てられる)) に調印した。

この融資は、東京三菱銀行との協調融資となっており、日本からウクライナへの機械設備等の輸出を支援するための融資限度枠(クレジットライン)をウクライナ輸銀に設定し、ウクライナ企業が日本企業から機械設備等を輸入するために必要となる中長期資金を供与するものである。融資は、円・ドル両建てで実施され、ウクライナ企業にとっては、プロジェクトに応じて借入れ通貨を選択できるため利便性が高く、ウクライナ企業による日本からの機器および役務の購入を促進し、日本企業の輸出拡大の支援となることが期待されている。

この融資は、2005年7月のユーシェンコ大統領来日時に締結した覚書に基づくものであり、ウクライナ向けの融資としては初めてウクライナ政府からの信用保証を求めずに、借入人であるウクライナ輸銀の信用力に基づき供与されるものである。

ウクライナ輸銀は、政府が全額出資する同国唯一の輸出信用機関として、輸出入取引を始め、ウクライナ国内企業に対し幅広く資金供与している。

(4) 日本との関係: 21世紀における新たなパートナーシップに関する共同声明

2005年7月、ユーシェンコ大統領は日本を訪問し、7月21日、日本政府とウクライナ政府は、①新たなパートナーシップへの展望、②経済・科学技術分野における協力、③国際的課題、④両国民間の相互理解、について共同声明を発表した。この中で、両国は、「地球環境保護の重要性及びこの分野での十分な国際協力の必要性を再確認しつつ、国連気候変動枠組条約の京都議定書の下での約束を実施する努力を継続する意向を表明し、「京都メカニズムの下で日本の民間部門の参加を得て、共同実施(JI)プロジェクト及びグリーン投資スキーム(GIS)の促進のため協力することへの関心を表明」している。

1.1.4 経済

ウクライナは、旧ソ連の中では、ロシアに次いで最も発達した経済を保持していた。そ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。

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る。しかしながら、独立以後の経済は停滞を余儀なくされ、遅々として改善が進まなかった。

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。

表 1-2 ウクライナの経済諸指標

	2000	2003	2004
GNI, Atlas method (US\$)	34.4 billion	46.9 billion	60.3 billion
一人当り GNI, Atlas method (US\$)	690	970	1,260
GDP (US\$)	30.3 billion	50.1 billion	65.1 billion
GDP 年成長率 (%)	5.9	9.4	12.1
年インフレ率, GDP deflator (%)	23.1	8.2	15.4
農業付加価値 (対 GDP 比: %)	17.1	14.1	13.7
工業付加価値 (対 GDP 比: %)	36.3	40.3	40.1
サービス業、他付加価値 (対 GDP 比: %)	46.6	45.6	46.3
物とサービスの輸出 (対 GDP 比: %)	62.4	52.9	53.2
物とサービスの輸入 (対 GDP 比: %)	57.9	48.3	50.8
総資本構成 (対 GDP 比: %)	20.2	20.2	19.3
海外直接投資 (US\$)	595.0 million	1.4 billion	-
対外債務残高 (US\$)	11.5 billion	15.9 billion	-
割賦償還金額 (対輸出比率: %)	18.6	12.5	-
短期対外債務 (US\$)	447.1 million	1.2 billion	-
一人当援助受領額	10.9	6.7	-

出所：世界銀行 (<http://devdata.worldbank.org/external/CPProfile.asp?PTYPE=CP&CCODE=UKR>)

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。グリブナの引き下げられ、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。

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、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。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。しかし、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 主要産業概況

ウクライナの経済改革はいちじるしく遅れをとったが、1993年1月から食料、交通、その他サービス業における価格の規制緩和がはじまった。政府は、一部で企業の民営化を始めたが、官僚の抵抗が強く、思うように進展せず、生産低下が続いて、国内経済は急激なインフレに悩まされた。経済立て直しのためには旧ソ連との協力が必要であるとの認識から、1993年9月、独立国家共同体（CIS）の経済同盟に参加した。1994年に大統領となったクチャ氏は、8,000社にのぼる国営企業の民営化、農業改革、補助金の削減、減税等の経済政策を実施した。また、チェルノブイリ原発の閉鎖を条件にEU（欧州連合）との貿易協定にも調印した。そして1996年9月、暫定通貨カルボバネツにかわる新通貨グリブナがようやく導入され、その結果、インフレ率も低下し、経済再建の明るい材料となった。

但し、民営化に関しては、2005年2月、ティモシェンコ首相は、クチャ前大統領在任中の過去5年間に行われた国営企業の民営化のうち約3,000件について、最高検察庁と協力して違法行為がなかったどうかを再検討すると述べた。ユーシェンコ大統領は前大統領の新興財閥との癒着を厳しく批判しており、ティモシェンコ首相はクチャ前政権下での民営化を全面的に見直す決意を示したものである。クチャ首相は「不法に民間の手に渡った資産は国家に返還させる」とし、違法なケースは「刑事訴追の対象となる」と語っている。

1.1.7.1 農業

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。

1.1.7.2 エネルギー

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。

エネルギーに関しては次節に詳説する。

1.1.7.3 工業

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。

1.1.8 直接投資

ウクライナは直接投資を奨励する政策をとっており、議会は海外直接投資法を制定し、外国人（企業）がウクライナ企業や資産を購入でき、ウクライナ国内で上げた収益を本国

に送還できる環境を整え、また、仮に将来、外国人（企業）の資産が国有化された場合、その賠償が受けられる制度を発足させた。しかし、その法律と制度は複雑で大規模な投資を妨げているとも言われている。

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

1.2.1.1 石炭

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。

1997年では、年間90百万トンの生産目標に対して71百万トンと産出量が下回り、利益が見込めるのは270箇所の炭鉱の内76箇所のみであり、生産量を増やすための生産設備の近代化が求められている。

1.2.1.2 石油

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。

1.2.1.3 天然ガス

天然ガスの生産は、1950年代に開始され、1975年に690億Nm³でピークを迎えてから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Nm³であると言われている。しかし、各国とも低価格で供給してきたガス料金を徐々に国際価格に近づけようとしたため、ガス料金の支払いが困難になっている。

ロシアとは、パイプラインのウクライナ国内通過料金とガス料金とのバーター取引を行っているが、通過料金としてウクライナが抜き取るガスが多すぎる等の問題がある。2000

年時点の債務は、ロシアに対して約 20 億ドル、トルクメニスタンに対して約 3 億ドルとなっているが、この債務問題については政治的合意がなされ、引き続き供給を受けている。

ガスに関しては、前述したように、ロシアとの間で 2006 年初頭にガス戦争が勃発している。

1.2.2 電力

1.2.2.1 発電部門

ウクライナの 51,766MW の発電容量、180TWh の発電電力量は、中欧及び東欧、旧ソ連諸国の中では第 2 位の規模であり、これは世界的に見ても、発電容量で 12 位、発電電力量では 16 位の規模である。ウクライナの電力機構は、イギリスのプールモデルに倣い、1995 年に、発電部門、送電部門、配電部門に分割され、政府は全体の規制を行う立場になった。しかしながら、分割されたとは言え、政府はこれらの会社の株主として、電力セクターに多大な影響力を残している。

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。4 都市（Zaporizhyya、Rivne、Khmelnysk、Pivdenno-Ukrainska）の原子力発電所を管理する国営会社 Energoatom の 1 社で、ウクライナの発電容量の 22.8%を占め、総エネルギー生産量の約 45%を産出している。Energoatom 社の現在の発電容量 11.8GW は、Rivne と Khmelnytsk の原子力発電所で 1,000MW の原子炉 2 基が完成すると、この数字がさらに 17%増加する予定である。

火力発電部門では、大型火力発電ブロック 105、大型コージェネレーションプラント 27、工業コージェネレーションブロック 243 の設備総容量が 35,232MW と、容量ではエネルギー産業で 1 位を占めている（総容量の 68%に相当）。しかし、熱容量利用率は依然として非常に低いため（29%）、2003 年は総エネルギー生産量の 49.5%を占めるに留まった。

火力発電セクターは、5 箇所の大型発電所、主要な国営企業 4 社（Centrenergo、Dniproenergo、Donbasenergo、Zakhidenergo）と民間発電所 1 社（Vostokenergo）で占有されている。Vostokenergo 社は、2001 年に Donbasenergo から委譲されたプラント 3 基を操業している。5 社は「Big Five」と総称されており、91 の石炭火力発電ブロックを含む 14 の火力発電所、6 基のタービン発電機、8 ブロックのガス火力発電ブロックを運用し、設備総容量 28,028MW、すなわち火力発電部門の設備総容量の 80%を占める。2003 年、同グループの電力生産量は、年間 0.9%増の 67TWh まで増加し、火力発電部門の 75%、ウクライナの総エネルギー生産量の 37.3%を占めている。

2003 年、複数の電力配電会社（oblenergoss）と工業部門が運営する市のコージェネレーションプラントとコージェネレーションブロック（総設備容量 7,204MW）は、生産量を年間 16%増の 22TWh まで高め、容量利用率を 35.0%に上げた。同グループは、ウクライナ唯

一の統合公社、Kyivenergo 社が管理する。同社の発電容量は 1,200MW、2003 年の報告では生産量は 7.9TWh（ウクライナの総生産量の 4.4%）となっている。

国営の 2 社 Dniprohydroenergo と Dnisterhydroenergo は、44 の発電ブロックを含む水力発電プラント 8 基を運用し、設備総容量は 4,708MW（このセクターの 9.1%を占める）となっている。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確保するためにピーク負荷時にブロックが稼働することになっているため、安定したエネルギーシステムの運用に欠かすことができない。水力発電の 2003 年のエネルギー生産量は、河川の水量が少なく、稼働率が 22.3%という低い率であったため、2002 年の 5.6%から減少し、5.1%を占めるに留まった。

2003 年、ウクライナのエネルギー生産量は年間 3.8%増の 180TWh に達し、全生産者がエネルギー需要の伸びの恩恵を受けた。火力発電所は 2002 年と比べ生産量を 4.3%増の 89TWh（ウクライナの 49.5%）に高め、容量利用率を 2002 年の 28%から 29%に高めた。原子力発電所は生産量を 4.4%増の 81TWh（総生産量の 45.3%）とし、稼働率を 75.4%から 78.7%に高めた。水力発電所の生産量は 2002 年と比べ 4%減の 9.2TWh（2002 年は 20%減、9.6TWh）に下がり、容量利用率は 22.3%（2002 年は 23.3%）であった。

ウクライナの発電所の容量構成とその推移を以下の表 1-3 に示す。

表 1-3 ウクライナの発電所容量構成

年	総容量 GW	火力発電所 GW	原子力発電所 GW	水力発電所 と揚水発電所 GW
1990	55.4	36.9	13.82	4.69
1995	54.1	36.6	12.82	4.69
2000	52.9	36.4	11.82	4.69
2002	53.0	36.4	11.82	4.79
2003	52.0	35.4	11.8	4.72

出所：Ukraine Power Industry

2004 年の電気生産量は 2003 年から 1%減少する見込みで、生産予定量は 182TWh になる。原子力発電所は、予想では、2004 年末に予定されている Khmelnytsk の第 2 原子炉の運転開始を前にして、2004 年は 0.5%減の 81TWh まで下がる。火力発電部門の 2004 年の生産量は 91TWh に達し（2003 年と比べ 2.4%増）、水力発電所の生産は 9.7TWh（2003 年と比べ 2.4%増）と予測されている。2005 年のエネルギー生産量は、原子力発電所の生産量が高いため、2004 年と比べ、2.5%増の 186TWh まで増加すると見られている。

2003 年、ウクライナの電力輸出量は 2002 年に比べ 36%増の 5TWh に達し（これは国内の発電量の 2.9%に相当）、これらは主にハンガリー（62%）、モルドバ（17%）へ輸出され、残りは、ポーランドやスロバキアに輸出された。エネルギーの輸出を管轄する国営会社

UkrInterEnergO は、2004 年はこの輸出量を、2003 年に比べ、7%増加させ 5.5TWh にしようと計画している。内訳はヨーロッパへの輸出が 4.5TWh (5%増)、モルドバへの輸出が 1.0TWh (2003 年比 14%増) である。

現在、最大 3,500MW の火力発電ユニットが非稼働状態である。ただ、これらは補修を行わずに運転を再開するのは問題がある。ウクライナ国内の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。このため、各発電所の発電能力の落ち込みは激しく、容量 200MW の 36 の発電ユニットで約 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 が実質的に発電可能であるにすぎない。

ウクライナの 2002 年の総電気消費量は 169,901GWh、内訳は火力発電が 77,869GWh、水力発電が 9,656GWh、原子力発電が 77,990GWh、工業用および自治体による発電所が 7,474GWh を供給している。230GWh がロシアから輸入され、3,345GWh が輸出された。

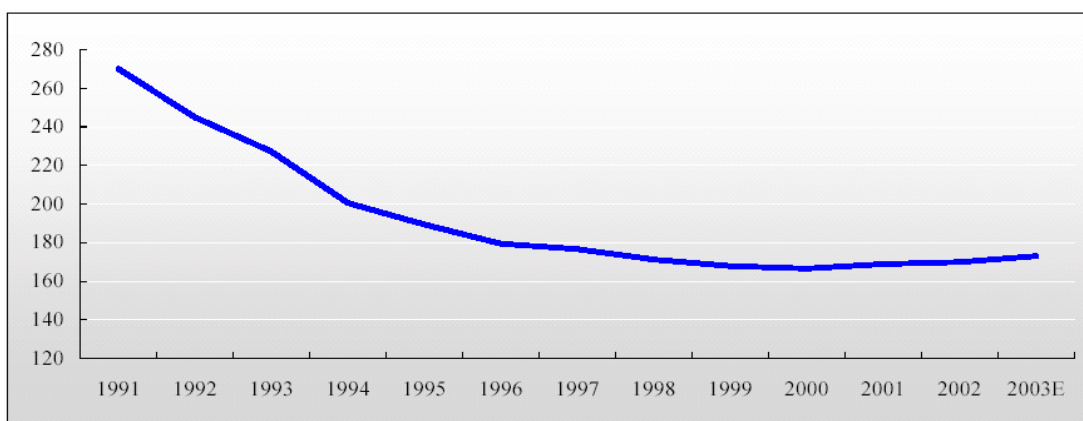


図 1-2 ウクライナの 1991~2003 の電力生産量、単位 100 万 kWh

出所：Ukraine Power Industry

ウクライナの主要な発電設備の容量を以下の表 1-4 に示す。

表 1-4 ウクライナの主要な発電設備

形式	名称	発電設備容量、MW _{el}	発電設備の熱供給容量、MW _{th}
熱電併給所 (コージェネレーション)	JV “Ukr-Can power” (Darnitskaya CHP)	160	1228 MW _{th}
	JC “Kievenergo”の CHP #5	700	838 MW _{th}
	JC “Kievenergo”の CHP #6	500	568 MW _{th}
	SE “Kharkiv CHP #5”	470	700 MW _{th}
	SE “Kharkiv CHP #2”	76	172 MW _{th}
	CHP #3 “Kharkiv Thermal NetWork”	62	293 MW _{th}
	Kamysh-Burun CHP	30	175 Gcal/hr
	Sakskaya CHP	12	98 Gcal/hr
	Sevastopol CHP	55	141 Gcal/hr

形式	名称	発電設備容量、MW _{el}	発電設備の熱供給容量、MW _{th}
	Simferopol CHP	278	141 MW _{th}
	Akhtyr CHP	12	44 Gcal/hr
	Belotserkovskaya CHP	120	280 Gcal/hr
	“Tech Nova”社の“Chernigiv CHP”	210	409 Gcal/hr
	Cherkasskaya CHP	200	648 Gcal/hr
	Chernivetskaya CHP	8	120 Gcal/hr
	Dneprodzerzhinskaya CHP	62	313 Gcal/hr
	Kalush CHP	200	590 Gcal/hr
	Kamenets-Podolsk CHP	6	38 Gcal/hr
	Khersonskaya CHP	80	350 Gcal/hr
	Kirovograd CHP	15	84 Gcal/hr
	Kramatorsk CHP	150	458 Gcal/hr
	Kremenchug CHP	255	671 Gcal/hr
	Lisichanskaya CHP	15	197 Gcal/hr
	Lviv CHP #1	31	155 Gcal/hr
	Mironovskaya CHP	260	210 Gcal/hr
	Nikolayevskaya CHP	40	110 Gcal/hr
	SE “Odesa CHP”	68	205 Gcal/hr
Severodonetskaya CHP	270	906 Gcal/hr	
“Vinnytsya Thermal NetWork”の CHP	10	78 Gcal/hr	
火力発電所	Burshtynskaya TPP ブロック N6 は一時閉鎖	2300	160 Gcal/hr
	Dobrotvorskaya TPP	600	34 Gcal/hr
	Krivorozhskaya TPP ブロック N7、9、10 は一時閉鎖	2820	350 Gcal/hr
	Kurakhovskaya TPP	1460	256 Gcal/hr
	Ladyzhynskaya TPP	1800	438 Gcal/hr
	Luganskaya TPP ブロック N8 は一時閉鎖	1600	113 Gcal/hr
	Pridneprovskaya TPP ブロック N12、14 は一時閉鎖	1740	845 Gcal/hr
	Slavianskaya TPP ブロック N6 は一時閉鎖	1700	269 Gcal/hr
	Starobeshevskaya TPP ブロック N4 は一時閉鎖	1750	81 Gcal/hr
	Tripol'skaya TPP	1800	90 Gcal/hr
	Uglegorskaya TPP ブロック N5 は一時閉鎖	3600	511 Gcal/hr
	Zaporozhskaya TPP ブロック N6 は一時閉鎖	3600	788 Gcal/hr
	Zmiyevskaya TPP	2150	339 Gcal/hr
	Zuyevskaya TPP-II	1200	372 Gcal/hr
原子力発電所	Zaporozhskaya NPP	6×1000	
	Yuzhnoukrainskaya NPP	3×1000	
	Rovenskaya NPP	2×440 + 3×1000	
	Khmelnitskaya NPP	3×1000	
	Chernobylskaya NPP	Shut down 15.12.2000	
水力発電所	Dneprovskaya HPP	650.6+887.6	
	Dneprodzerzhinskaya HPP	352	
	Kakhovskaya HPP	351	
	Kanev HPP	444	
	Kiev HPP	361.2	
	Kremenchug HPP	625	
	Dnestrovskaya HPP	702	

出所：Ukraine Power Industry

発電量はウクライナの消費量と歩調を揃えて増加した。1990年代初頭の急激な減少の後、ウクライナ経済の成長により2001年から多少の回復の兆しが認められた。

ウクライナは電力に余剰があり電気を輸出している。この状況は、Rivne と Khmelnytsk の原子力発電で、新しい1,000MWのブロックが稼動を始めるとさらに好転する。

国内の電力供給に占める割合の低い電力部門(再生可能なエネルギーを原料とした電力)については、地域の需要という側面が重要になる。ウクライナの南部および南東部地域では、深刻な電力不足が生じている。エネルギー市場と地域の電力供給会社は、現在の法律に基づいて、再生可能な電力を購入する必要に迫られている。例えば、風力発電については明確に法律が制定された。また、2005年3月に、風力発電による電力購入優遇制度に関する法律が議会で審議されている。これは、電力を6ユーロセント/kWh~7ユーロセント/kWhに優遇して購入しようとするものである。一方、水力発電に関する法律は現在策定中である。従って、小規模水力発電所で生産される電力の場合、潜在的な顧客(需要家)には、現在の地域の料金に従って需要に応じて電力が供給される。小規模水力発電所運営会社が直接顧客に電力を販売する場合、既存の配電会社と競合可能な料金を提供するという選択肢しかない。

ウクライナは現在、年間約1,800億キロワット時間(kWh)の電力を生産している。これは1991年(ソビエト連邦の崩壊の年)よりも37%少ない。ウクライナの電力生産量の増加を制限する主な要因は、高水準の小売価格がある。燃料コストの上昇により、現在は平均でロシアより73%も高い。

ウクライナの公益事業セクターにおける燃料の内訳は、燃料の可用率により決定されるが、同国で比較的豊富に産出される石炭が優位を占める(65%)。これに対しウクライナでは、主に安価なトルクメニスタン産のガスの輸入を必要としている。2002年、ウクライナは720億Nm³の総消費量に対し、550億Nm³のガスを1,000Nm³当たり60US\$でトルクメニスタンからロシア経由で輸入した、とのことである。ガス価格は高く、輸入したガスに対して即座に現金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、電力セクターにおける2002年のガスのシェアは20%に留まっている。

ウクライナの電力セクターの一般情報と、発電所、送電線の配置、電力セクターの概要を、以下の表1-5、図1-3、図1-4に示す。

表 1-5 ウクライナの電力セクターの一般情報

設備容量	GW	52.0
生産量	TWh	180
輸出	TWh	3.3
平均市場卸売価格	kWhあたり US\$	0.022
平均小売価格	kWhあたり US\$	0.034
液状 Veksel を含む現金回収	%	92
平均容量利用率	%	38

出所：Ukraine Power Industry

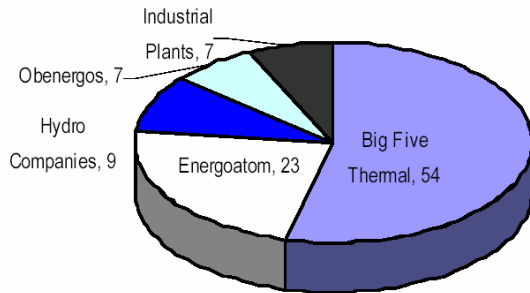


Source: European Bank of Reconstruction and Development

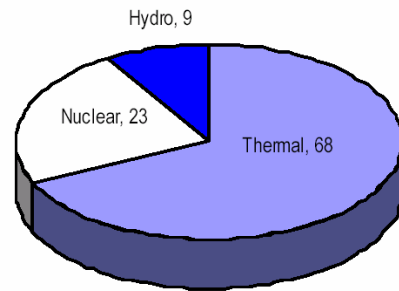
図 1-3 ウクライナの発電と送電の系統連系

出所：Ukraine Power Industry

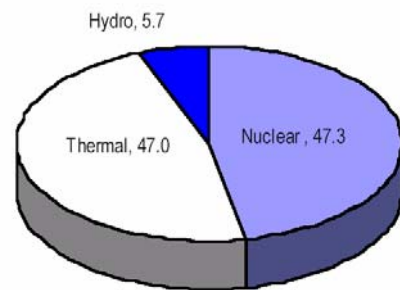
容量の企業別内訳、%



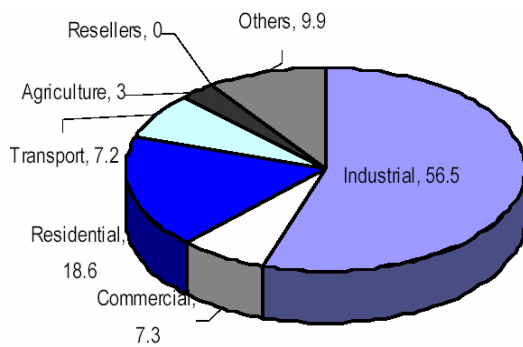
容量の発電種別内訳、%



電力生産量の発電種別内訳、%



顧客の内訳、%



燃料の内訳

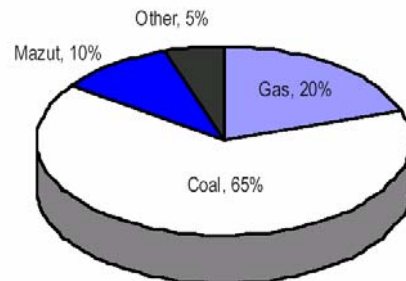


図 1-4 ウクライナの電力セクターの概要

出所：Ukraine Power Industry

1.2.2.2 発電部門の環境上の側面

電力セクターは大気汚染物質の最大の排出源であり、国内の SOX 排出量の 63%、NOX 排出量の 57%、煤塵排出量の約 50%を占める。発電所の灰処分場には 4 億トン余りの灰および灰スラグ廃棄物が投棄されている。

火力発電所では操業中の環境モニタリングが十分に行われていない。過去 10 年間に報告された燃料および排出データに基づくと、個々の大気排出係数は、①粉塵と飛灰：

4.45kg/MWh、②SOX : 10.69kg/MWh、③NOx : 2.11kg/MWh と推計されている。ボイラーの大半は最新の環境基準を満たしていないばかりか、ボイラーには設計当初の品質に合わない質の悪い石炭が使用されている。火力発電所の平均等価燃料利用率は 373g/kWh であり、多くの石炭火力発電所で 400~450g/kWh、熱電併給発電所（コージェネレーション）では（電力生産量を基準に）273~394g/kWh となっている。

1.2.2.3 送配電部門

220kV 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 Ukrenergo が所有する。グリッドは総延長 22,513km、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 Oblenergos が所有する低圧送電システムに接続され、各地の Oblenergo から電気が最終需要家に供給される。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。

配電システムは 27 の Oblenergos（ウクライナの各オブラスチと Kyivenergo、Sevastopolenergo に 1 箇所ずつ）、および独立系の供給会社数社から構成されている。Oblenergos はライセンス分野を独占し、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 の正味売電量の 21%を占める）、DonetskOblenergo（同 15%）、ZaporizhyaOblenergo（同 9%）、LuhanskOblenergo（同 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に電力を供給している。Oblenergos のほとんどは発電容量が低く、（Kyivenergo を除き）総供給量に占める自家発電量の割合は少ない。

2003年のウクライナの粗エネルギー消費量は175TWhだった（これは2002年に比べ2.8%増加したことを意味する）が、この量の約7%は発電業者で消費され、2%は高圧送電グリッド内で損失しているため、2003年の総配電量は158TWh（2.9%増）で、Oblenergos が供給する量の85%を占めた。

これに対して、最終需要家による正味エネルギー消費量は128TWhに過ぎなかった（前年度に比べ3.4%増）。配電された電気の19.5%が低圧送電グリッド内で損失したためである。高圧送電システム（220kV レベルが大半）の損失は2.95~3.05%になる。グリッド内の損失の約75%は、古い配電設備（Oblenergo は修理と保守の資金に不足しているため）と、顧客の構造（高圧送電グリッドの顧客に対する低圧送電グリッドの顧客の比率）を原因とする技術的な損失である。残りは計量装置の不足（消費エネルギーの一部が用途不明になるため）と盗電による、通常の範囲を超える損失である。送電時の損失が2002年の19.9%から昨年19.5%に減ったことには大した意味はないが、ウクライナの1993年の損失率10%、あるいはヨーロッパ諸国の損失に比べると、依然として非常に高い損失である。

「2030年までのウクライナのエネルギー戦略と2030年以降の予測（Energy Strategy of Ukraine for the period until 2030 and for further perspective）」では、ウクライナの各地域におけ

る電力需要と発電容量の需要が分析されている。2000年の大幅な電力不足を考慮した発電量の不足の率は、年間2.5%に上ると予測され、2030年までにその率は倍増すると見られる。

表 1-6 ウクライナの一部地域における発電不足量の予測（単位 MW）

地域	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	備考
Ternopol 地域	150	170	192	217	246	278	315	
Zhitomir 地域	300	339	384	434	492	556	629	小水力
Zakarpal 地域	160	181	205	232	262	297	336	小水力
AR Crimea	700	792	896	1014	1147	1298	1468	風力
Odessa 地域	650	735	832	941	1065	1205	1363	
Tshernigov 地域	200	226	256	290	328	371	420	小水力
Sumsk 地域	250	283	320	362	410	463	524	
Poltava 地域	500	566	640	724	819	927	1049	小水力
合計	2910	3292	3725	4215	4768	5395	6104	

出所：Ukraine Power Industry

上表から、小水力発電プロジェクトと風力発電プロジェクトに関連した地域では、現在2,000MWの電力容量が不足していると結論付けられる。現在、同地域にはウクライナの他の地域で発電された電力が供給されているが、送電時の損失が大きい。

このエネルギー戦略では、「Zakarpal 地域の電力不足を解消するために、Tysa 川の小水力発電所カスケードの第一期建設工事に着手しなければならない。」としている。小中規模の再生可能なエネルギーによる発電所を建設し、運営することで、地域の電力供給問題を解消できるのは明らかである。しかし、地域で生産される再生可能なエネルギーが、地域の電力供給問題の解決に役立つとの認識を高めるには時間を要し、地域の電力公益事業の民営化を待つ必要がある。長期的には、地域の再生可能な電力生産者（Oblenergos から投資を受ける会社、またはグリッド処理を担当する会社）を支援することが、コスト効果が高く、持続可能な対策である。

小水力発電プロジェクトの潜在的投資者からの報告によると、Oblenergos は技術的な障壁（他の再生可能なエネルギーにとっても障壁）となる高度な技術仕様を要求し、グリッド接続を妨害しているようである。また、小水力発電に関しては、全体的に見て、旧式の小水力発電サイトのリパワリングまたはリハビリテーションが中心になっている点である。多くの小水力発電サイトでは、変電所（中圧レベル）が近接して立地し、これまでの小水力発電の操業期間には変電所が送電用で使用され、現在も操業中である。但し、Oblenergos が小水力発電を運営しようと名乗り上げている会社からグリッド接続の利用を申請された場合、Oblenergos は変電所のリハビリテーションコストを小水力発電投資家に代わって負担する意向であるという。多くの場合、この方法ではプロジェクトの実現は、リハビリテーションコストが恣意的に大きくなる傾向にあるので、非常に困難になる。発電事業者のグリッドへの接続と、送電能力が適切であれば、契約済みの電力需要家への送

電に対しては、国家エネルギー規制委員会（NERC：National Energy Regulatory Commission）が規定する明確なルールが適用されることにより、プロジェクトの実現が可能となるであろう。

クリミア自治共和国では電力が非常に不足している。Ukrenergo National Electricity Company と Crimenergo はこの事実を認識しており、新しい発電所（Simpferopol の 70MW ガスタービンなど）の計画が進められ、風力などの再生可能なエネルギーを利用した電力も有効に活用され始めている。

1.2.2.4 ウクライナの電力産業の構造

ウクライナの電力セクターの設備容量は、世界第 12 位、生産量は世界 16 位である。ウクライナの電力セクターは、旧ソ連でロシアに次いで 2 番目に規模が大きい。ウクライナの電力セクターは、旧ソ連の崩壊後に垂直に統合された構造を引き継いだ。世界銀行と西側のコンサルタントからの支援を受けて、ウクライナは 1990 年代中期に電力公社の分離売却と再編に成功した。

電力産業は業種別に分割された。誕生した主要な企業を挙げると、

- ・ 火力発電会社 4 社
- ・ 水力発電会社 2 社
- ・ 原子力発電会社 Energoatom
- ・ グリッド会社 Ukrenergo。同社は国内の高圧送電グリッド（220kV 以上）を扱う。また、卸売市場の決済センターとして機能する Energomarket は、Ukrenergo のグループ会社である。
- ・ 27 の地域配電会社 Oblenergos。低圧送電グリッドと供給機能を管理する。ウクライナの 25 の地域・州（オブラスチ）と、Sevastopol と Kiev に 1 社ずつ配置されている。Oblenergos の資産には送電線、変電所、計測器、その他の設備が含まれる。Oblenergos は Energomarket から電力を購入し、これを最終需要家（エンドユーザー）に供給する。Oblenergos には自家発電の能力がない。主に暖房生産用の加熱ボイラーを保有する（Kievenergo を除く）。
- ・ 約 300 の電力供給会社。配電設備の末端（「ラストワンマイル」と呼ばれる）を管理し、最終需要家に直接電力を供給する。
- ・ 垂直統合公社 Kievenergo。ウクライナで唯一の垂直統合会社。電力容量は 1,200MW、暖房と電気を生産し、首都キエフに供給している。
- ・ その他、Oblenergos が部分的に運営する熱電併給（コージェネレーション）発電所（CHP（Combined Heat and Power）または TEZ（Teplo Electro Zentral（Heat Electricity Central Plant））とも呼ばれる）が数箇所にある。

ウクライナの企業統括基準は一般にロシアよりも低い。例えば、ウクライナの企業は通常は、透明性および情報開示のレベルが低いのが普通であり、ウクライナで定期的に LAS (International Accounting Standard 国際会計基準) 財務文書を発行している電力会社は 1 社もない。年次報告書の品質は非常に悪く、単純な運用情報さえも極秘扱いとされている。ウクライナの劣悪な企業管理は、倒産のリスクという重要な側面にも見られる。2002 年の年明けにようやく、ウクライナ議会で企業の倒産を禁止する法律が通過した。この法律では、政府の持ち株比率を 25%以上とし、ほとんどの公共事業会社がこれに該当する（必要であれば、損失を政府が補償する）。この法案は、政治および経済の有力な利害関係者の圧力により、廃案に持ち込まれる可能性がある。

戦略的投資家が、店頭公開された電力会社の浮動株を購入する非常に稀なケースもあるが、多くの場合、戦略的な株式取得は、民営化入札を通じて行われている。

1.2.2.5 電力卸売市場

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。

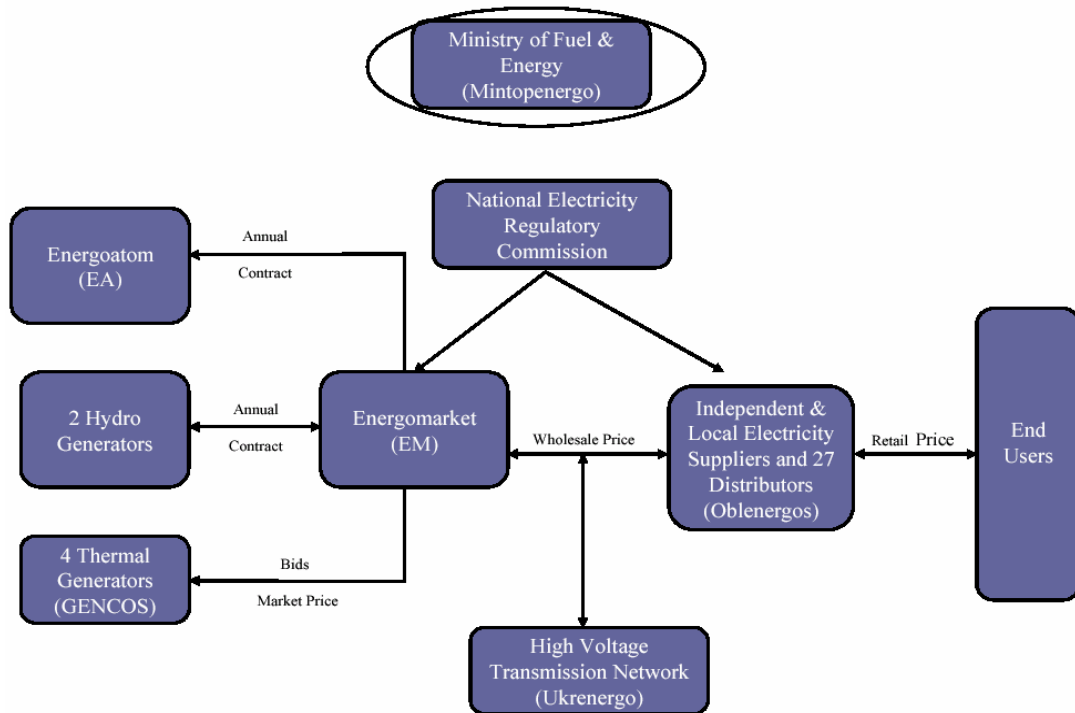


図 1-5 ウクライナの電力事業セクターの構造と規制

出所：Ukraine Power Industry

1.2.2.6 電力セクターの負債の問題

過去に累積された未払いの債務問題は、ウクライナの電力セクターが直面する最も差し迫った問題である。同セクターが運営上および財務上の安定化を回復するには、この問題の解決が前提条件とされている。Oblenergos は Energomarket に対して約 25 億米ドルの累積負債を抱え、Energomarket は火力発電所会社、水力発電所会社、Energoatom に対して約 30 億米ドルの債務を負っている。これはセクター全体の年間収益（現在は約 32 億米ドル）にほぼ等しい。最近まで、政府も、政治も、経済界の利害関係者も、債務危機を解決するための取り組みはほとんど行ってこなかった。この問題に対処する法律が公布されたのはごく最近である。債務問題に対処するために、最近「エネルギー資源の債務の清算に関する法律（Law On Clearing Off Debts for Energy Resources）」が草案された。ただ、この法律は、債務問題を十分に解決できないという弱点があった。この弱点を克服するために、ロシアの独立系財務コンサルティング会社 Renaissance Capital にウクライナの卸売市場の財政改革ロードマップ（Wholesale Market Financial Reform Roadmap）の作成を依頼することがウクライナ議会で決定された。このロードマップは電力市場の改革、および過去の債務の問題の解決に向けた包括的なプログラムである。このロードマップを実施する際の主要な基本原則は、過去の手順から将来の手順を切り離すことである。このアプローチは世界的に

採用され、特に Energomarket に似た組織の倒産問題の解決に成功を納めてきた。

1.2.2.7 電力料金とその徴収状況

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。

下の表-××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 1-7 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（コージェネレーション）	1.9	2.0	1.1	1.1	70 %
風力発電所	5.4	5.4	n.a.	n.a.	100～110 %

出所：Ukraine Power Industry

(1) 発電料金

電力生産コスト（発電コスト）が西欧のレベルより相当低いのは明白であるが、卸売価格は操業中の生産コストを十分にカバーしている。これに対して、リハビリテーション後の小水力発電所の動的生産コスト（DPC：Dynamic Production Cost、インフレ率等、様々な指標を基に計算された生産コスト）は、3.0 ユーロセント/kWh 以下、風力エネルギープラントの動的生産コストは 4.5 ユーロセント/kWh 以下である。競争の面から見ると、電気市場で再生可能なエネルギー源から生産された電力を Oblastenergos に販売するのは難しいと言えよう。限定的な供給支援メカニズム（政府による優遇買い取り制度等）は、再生可能なエネルギーの競争力を高め、同時に最終需要家への直接の売電により、収益増加を実現できる。

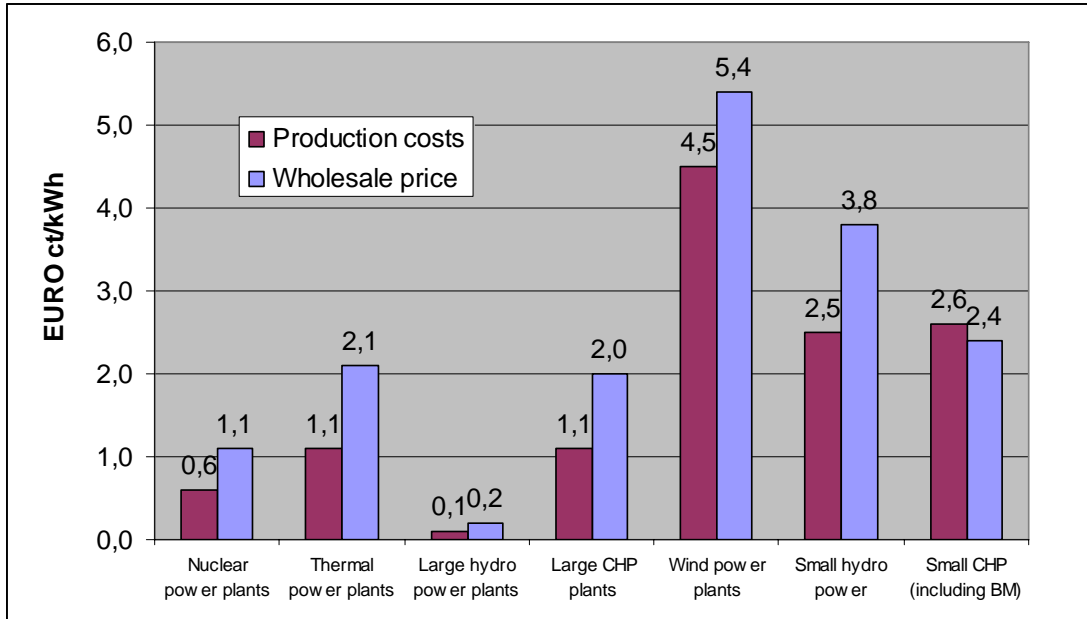


図 1-6 2004 年のウクライナにおける各種発電所の卸売価格と生産コスト

出所：Ukraine Power Industry

(2) 卸売電力料金

Oblenergos が主要な電力生産者（発電事業者）に支払う卸売電力料金は、地域の発電容量に応じて、0.2～2.1 ユーロセント/kWh の幅がある（再生可能なエネルギーを除く）。この卸売電気料金は、Ukrenergo が管理しており、国家エネルギー規制委員会により決定される。この決定では以下が考慮されている。

- ・ Energomarket 平均発電価格
- ・ 高圧送電およびその他のシステムコストをカバーする料金。現在は約 0.9 ユーロセント/kWh。
- ・ 各 Oblenergo の顧客内訳の調整（最終価格は、需要家/セクターごとに異なり、特定の需要家（大企業など）については、原価に近い、あるいは原価に満たない最終価格になる場合がある）。
- ・ 生産コストに適切に反映されていないコストをカバーするための料金（この料金は完全に実施されていない）。

平均的な発電料金は時間単位で変化するが、各 Oblenergo の卸売電力料金は固定料金で 1 か月ごとに更新される。

(3)送電料金

独占的な送電および送電サービスの価格は、国家エネルギー規制委員会が、適格なコストおよびベンチマークに基づいて決定することになっているが、実際には自由裁量で設定されている。一般的な規則はないが、送電料金は個々のケースの需要に基づいて国家エネルギー規制委員会が設定している。割合の低い水力発電による電力の場合、統一料金が地域レベルで適用されている（地域の Oblenergo 料金の 20%）。

(4)最終需要家の料金

配電料金および供給料金は、国家エネルギー規制委員会が決定する。卸売料金の利ざやが原則として適格なコストに基づいて規制されることになっているが、実際には国家エネルギー規制委員会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、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、平均コストを超えているようである。但し、少なくとも農業セクターでは技術的および商業的損失も高い。

平均的な最終需要家の料金は、現在 0.022~0.055 ユーロ/kWh である。価格は地域/オブラスタにより大きく異なる場合がある。原子力発電所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る。料金は特に非住宅セクターで変動している。一般に住宅用を除いて価格の上昇はわずかであり、このセクターの価格は 2000 年以降変更されていない。

首都のある Kiev Oblast の電気価格を以下の表 1-8 に示す。

表 1-8 キエフの一般的な電気料金

需要家	認定料金、EURO セント/kWh			コメント
	2002	2003	2004	
家庭用 (Kiev の場合)	2.360	2.360	2.360	電気ストーブのない家 電気ストーブのある家
	1.820	1.820	1.820	
産業消費者 (Kiev の場合)	1.817	1.851	2.021	高圧 (35~100kV) 低圧 (0.4~10kV)
	2.248	2.253	2.473	
農業消費者	1.817	1.851	2.021	高圧 (35~100kV) 低圧 (0.4~10kV)
	2.248	2.253	2.473	
電気鉄道輸送	1.817	1.851	2.021	高圧 (35~100kV) 低圧 (0.4~10kV)
	2.248	2.253	2.473	
公共の電気輸送	1.817	1.851	2.021	高圧 (35~100kV) 低圧 (0.4~10kV)
	2.248	2.253	2.473	
非産業消費者	1.817	1.851	2.021	高圧 (35~100kV) 低圧 (0.4~10kV)
	2.248	2.253	2.473	

出所：NERC Nat. Energy Regulat. Commission

産業系の需要家の場合、価格は消費電力と交渉条件に応じてオブラスチ内でも変動することがある。以下の、Zaporozhie の電力公社「Zaporozhieoblenergo」の例は、産業系の需要家に対して以下の異なる料金が承認されたことを示している（2004年3月）。

- ・ 国営企業「Zaporozhie Industrial Aluminium Enterprise」：1.74 ユーロセント/kWh
- ・ 私企業「Zaporozhie Titanium- Magnesium Enterprise」：1.336 ユーロセント/kWh
- ・ 「SGS Plus Ltd.」の2004年1月1日～1月31日の売電料金:2.465 ユーロセント/kWh
(いずれも VAT 込)

(5)再生可能エネルギー源の電力料金:水力発電

Oblenergos は、法律により小水力発電所の発電電力をグリッド（系統）に供給することが義務付けられている。Oblenergos は、小水力発電会社が対応できないような接続条件（品質等の基準）を、比較的自由に決定できる。小水力発電所に関する作業部会の設置など、最近の政府によるイニシアチブは、この分野の標準化により、状況を明確にすることを目的としている。

小水力発電所からグリッドへの供給料金に関しては、特に規制がない。Oblenergo に販売される電力に対しては、実際の発電コストよりも相当に安い 0.2～2 ユーロセント/kWh (0.011～0.11UAH/kWh) で支払われている。従って、現在および将来の小水力発電会社は、電力を直接民間（特に産業部門）の需要家に販売しがちになるが、この場合、Oblenergo に対して送電料金（託送料金）を支払う必要がある。これは、最終需要家の料金の 20% 近くに相当する 1 ユーロセント/kWh 以下となっている。需要家に競争価格を提供する場合は、これらの小水力発電会社は、地域的に 3～6 ユーロセント/kWh の間で変動する Oblenergo からの最終需要家に対する料金よりも、低い料金を維持する必要がある。これは大規模な原子力発電所および火力発電所の次に低い価格である。この場合の小水力発電会社の通常の収入は、適正値に近い 3.5～4 ユーロセント/kWh である。

自社の送電線を使用した需要家への直接の電力供給は、供給距離が短い場合、あるいは民間の送電線が敷設済の場合にのみ選択できる。この場合、Oblenergo への送電料金（託送料金）は負担しなくても良いが、万が一当該水力発電所に事故が発生した場合でも、Oblenergo のグリッドからは、何らその補填をしてもらえないことになる。

注目すべき点は、5MW 未満の発電施設では発電ライセンスが不要であることである。発電会社はプラントの操業開始を国家エネルギー規制委員会に伝え、地域の Oblenergo にグリッドへの接続状況を伝えるだけで良いことになっている。

(6)再生可能エネルギー源の電力料金:風力発電

ウクライナの「ウクライナの風力発電の推進に関するウクライナ法の修正措置 (corrective action to some laws of Ukraine as for promotion of wind power in Ukraine)」に関する法律 (8.06.00, N 995-424) では、特別な料金制度が規定されている。この法律により、Oblenergos は、ウィンドファーム (風力発電所) から電力を購入することが義務付けられている。5.4 ユーロセント/kWh を保証する整った供給料金が適用されている。但し、ウィンドファームから需要家への直接の供給は、①法律では規定されておらず、②Oblenergos に支払う送電料金がいため、風力発電会社に適切な利益がもたらされない、③大口需要家への直接の供給は、原子力発電所など発電コストの非常に低い (コスト<1 ユーロセント/kWh) 供給業者に比べると価格面で競争できない、などの理由でほとんど不可能である。

(7)再生可能エネルギー源の電力料金:バイオマス発電

現在のところ、バイオマス起源による発電の料金を、特別に設けようというロビー活動は行われておらず、政治的なイニシアチブも執られていない。バイオマスベースの発電事業者は、地域の Oblenergos の意向と協力に大きく依存してしまうことになる。したがって、最も可能性のある代替案としては、均質な熱 (暖房) 需要および電力需要のある工業セクターでのみ実現可能な、内部利用のための電力 (および熱) を生産することであろう。即ち、工場等で、100%所内消費してしまうことが最も現実的な対応である。

バイオマス利用の熱電併給設備 (コージェネレーション) で生産される電力は、Energomarket の視点から見ると、ガス火力熱電併給設備の電力と同水準である。熱電併給設備で生産される電力は、設備ごとに異なるが、1.8~2.7 ユーロセント/kWh の料金で、Energomarket に販売できる。しかし、熱電併給設備の大半は、このレベルでは発電コストがカバーされていない。

1.2.2.8 電力セクターの規制と再編

(1)燃料エネルギー省

燃料エネルギー省 (The Ministry of Fuel and Energy) は 2000 年に電気産業省 (Ministry of the Electricity Industry)、石炭産業省 (Ministry of the Coal Industry)、その他複数の機関を引き継いで設立された。同省の主な役割は、公益事業セクターにおける政府の方針、および公益事業セクターの規制と再編を定め、実施することである。同省は、発電施設の需要予測と将来計画、産業界の技術的基準、社会的基準、財務的基準の作成、セクターにおける投資方針の作成と実施などを担当する。

(2) 国家エネルギー規制委員会

国家エネルギー規制委員会（NERC：National Energy Regulatory Commission）は、ウクライナ公益事業セクターの主要な規制機関である。1995年に設立された国家エネルギー規制委員会の当初の目的は、独立系の公的機関としての役割であり、発電所代表の5名、Oblenergosの代表5名、その他独立系の2名から構成される12名の役員により運営されている。国家エネルギー規制委員会の憲章によると、国家エネルギー規制委員会の第一の目標は、発電事業における競争の推進であるが、独占的な事業に対して相当の見返りも許容している。国家エネルギー規制委員会は以下の料金および価格を設定している。

- ・ Oblenergos に対しては、配電業者が Energomarket から電力を購入し、直接、または電力供給会社を通じて最終需要家に販売する際の電力価格。
- ・ 発電業者の上限価格。競合する発電業者に許容される上限料金。
- ・ 高圧送電会社 Ukrenergo 向けの料金。
- ・ 燃料、特に石炭とガスの上限価格。発電事業者にある程度の収益性を許容するための価格。

現在、国家エネルギー規制委員会は、委員が政府関係者で占められており、同時に、発電事業者を管理し、配電会社の大口株主でもある。このため、独立系の適切な規制機関として機能していない面も指摘できよう。

(3) セクターの所有と民営化の見解

電力セクターでは過去数年間に一部で民営化が進められたが、依然として政府が高い割合で所有権を保持している。電力セクターの主要企業について、政府は発電会社5社のうち4社で圧倒的多数の株を保有している（全体の75%プラス一株を保有、即ち、実質的に所有していて、民営化など名ばかりの状況）。残る5番目の発電会社 Vostokenergo は、Donbassenergo の倒産後に設立された完全な私企業である。政府はさらに主要な水力発電所2社、原子力発電会社 Energoatom、高圧送電会社 Ukrenergo についても100%所有権を維持している。27の Oblenergos については民営化の実績は良好で、3社は現在多数の民間の所有者により管理され、政府の平均所有率は41%まで下がった。

ウクライナ政府側での政策の不安定さや、最も価値ある電力セクターの資産が外国人に完全に奪われてしまうのではというウクライナの業界団体（Ukrainian financial industrial groups）の不安が重なって、この3年間は、電力セクターの民営化が滞ったままである。

民営化の進行を阻害するもう一つの要因は、たとえ株式を売却しても、その収益は許容できる水準には至らないだろうという政府の認識がある。

コンサルタントの考えでは、2004年10月に実施されたウクライナ大統領選挙の後、電

カセクターの民営化は勢いづくだろうということだった。実際に、大統領選挙後に、Kryvorizhstal の再民営化が実現している。

ただ、ウクライナの業界団体の間では、入札参加者、特にロシアや西側の戦略的投資家の豊富な財源により、公平な民営化入札で実施できないのではないかという認識があるようである。

1.2.2.9 コージェネレーションプラントと系統との接続の可能性

本プロジェクトでは、ボルトニッチ排水処理場内に、コージェネレーションプラントを設置する予定である。既に述べたように、バイオマス起源の電力については、ウクライナには何ら優遇買い取り政策がない状況である。一方、ボルトニッチ排水処理場内での電力需要は、コージェネレーションの容量を常時上回る見込みである。従って、コージェネレーションによる発電電力は、系統と連系とすることはあるものの、系統に電力を供給する（逆潮流させる）必要性はない。

1.2.2.10 系統の GHG 排出係数

残念ながら、ウクライナにおける JI プロジェクトに適用可能な電力の排出係数と言ったものは、ウクライナ国内では整備されておらず、それを作成することもかなりの労力を伴うものと思われる。なぜなら、電力関係のデータはすべてが開示されているわけではないからである。

一方、2000 年～2012 年までの、JI プロジェクトに適用可能な、電力の排出係数については、「JI プロジェクトの PDD 運用ガイドライン 第 1 巻 一般論 バージョン 2.3 (オランダ経済省 2004 年 5 月 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)」にその計算方法と、具体的な排出係数の記載がある。それらを以下の表 1-9 に示す。

表 1-9 ウクライナでの JI プロジェクトにおける電力の排出係数

Year	ton-CO ₂ /MWh
2000	0.815
2001	0.800
2002	0.785
2003	0.770
2004	0.755
2005	0.740
2006	0.725
2007	0.710
2008	0.695
2009	0.680
2010	0.666
2011	0.651
2012	0.636

出所：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)

1.2.3 地域暖房

1.2.3.1 現在の地域暖房の状況

現在、ウクライナの人口の約 2/3 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 百万トンの燃料を消費しており、内訳は、7.7 百万トンがガス、0.3 百万トンが石油、0.1 百万トンが石炭となっている。このため、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。この目標が達成されれば、省エネルギーとなり、GHG の排出も削減される。

ウクライナでは建物の断熱の基準が低いので、西側諸国と同等の気象条件のビルに比べて、1.5～2.0 倍もの熱を消費していると見られている。断熱が貧弱であるので、30～50% の熱が失われている。ウクライナ中のビルの断熱を改善すれば、石炭換算で 2.4 百万トンのエネルギーが節約できると見積もられている。

ウクライナの熱需要は年間 $3.070 \times 10^5 \text{GWh}$ ($1,105 \times 10^6 \text{GJ}$) であり、内訳は、住宅及び商業部門 58.3%、産業部門 40.2%、農業部門 1.5%である。表 1-10 に、地域暖房による熱の製造及び消費に関するデータを示す。

表 1-10 ウクライナにおける熱の製造及び消費状況

地域暖房部門(2003年)			
	toe	GJ	MWh
燃料消費量	7,840	328,245,120	91,179,200
製造した熱	5,995	251,000,000	69,722,222
購入した熱	2,197	92,000,000	25,555,556
供給した熱	8,192	343,000,000	95,277,778
ロス	1,172	49,049,000	13,624,722
最終的に消費された熱	7,021	293,951,000	81,653,056
地域暖房を含むボイラープラント			
	toe	GJ	MWh
製造した熱	20,612	863,000,000	239,722,222
自己消費した熱	955	40,000,000	11,111,111
供給した熱	19,657	823,000,000	228,611,111
ロス	3,368	141,000,000	39,166,667
最終的に消費された熱	16,289	682,000,000	189,444,444
コージェネプラント			
	toe	GJ	MWh
製造した熱(2000年)	7,118	298,000,000	82,777,778
省が保有している分	2,508	105,000,000	29,166,667
自己消費した熱	406	17,000,000	4,722,222
供給した熱	6,712	281,000,000	78,055,556
ロス	1,003	42,000,000	11,666,667
最終的に消費された熱	5,708	239,000,000	66,388,889
集中暖房合計			
	toe	GJ	MWh
製造した熱	27,730	1,161,000,000	322,500,000
自己消費した熱	1,361	57,000,000	15,833,333
供給した熱	26,369	1,104,000,000	306,666,667
ロス	4,371	183,000,000	50,833,333
最終的に消費された熱	21,998	921,000,000	255,833,333

出所：エネルギー省

表 1-11 に、各部門（住宅、公共、産業）ごとの地域暖房の詳細データを示す。

表 1-11 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	消費された			
	熱	熱	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
住宅、公共部門に供給された熱		97,866			
産業部門に供給された熱		24,335			

出所：エネルギー省

集合住宅のうち、87.7%は集中暖房の恩恵を受けている。これら集合住宅では、わずかに4~5%にしか、制御システムが設けられていない。この数値は、産業部門では35~50%である。年々各階で温水流量計を設置する需要家が増えている。通常こういったメーターは5~6年で元が取れるとも言われている。しかしながら、大抵の場合、配管が縦方向に各階を貫通する形で設置されているために、流量計を設置することは、技術的に難しいことが多い。

今後も地域暖房は、都市において重要な位置を占めると予測されている。一方で2001年から2010年にかけて、ビルの数は40%増えると予測されている。地域暖房はほとんどのビルに熱を供給しているが、地域暖房の商業化や競争の拡大によって、これまでのような地域暖房が今後も維持されるという予測を疑う声も聞かれる。

1.2.3.2 熱発生施設

商業地域暖房の部門では、6,702箇所のボイラープラントがあり、23,349基のボイラーが運転している（独立した地方のボイラーをのぞく）。これらのうち、4,837基のボイラーは既に20年以上運転している。8,934基（38%）のボイラーは効率が82%未満である。全体として、これらボイラーは危機的な状態にあると言える。

表 1-12 ウクライナにおける熱のみを発生するボイラーの数

項目	単位	
地方自治体部門	数	
ボイラープラント	数	14,100
ボイラー	数	35,000
地域暖房	数	
ボイラープラント	数	6,702
ボイラー	数	23,349
20年以上経つもの	数	4,837
効率が70%以下のもの	数	8,934
地方のボイラー	数	7,398
29年以上経つボイラープラント	数	8,460

出所：エネルギー省

2003年、地方自治体の事業による地域暖房は、7.84百万toe相当のエネルギーを消費し、251PJの熱を発生させた。ボイラーの全負荷相当運転時間を1,000時間と想定すると、ピーク負荷は、およそ900GWになる。加えて、92PJの熱が、燃料エネルギー省の管轄する施設から購入された。燃料の消費率は、発生した熱に対して、26.7～30kg_{oil}/GJである。これは、熱効率として、75～85%に相当し、平均では、76.5%である。

地方のボイラーも数に入れると、地方自治体のエネルギー事業部門（communal energetic sector）が保有するボイラープラントの数は、14,100箇所になる。これらの容量は、0.1MW～100MWまで様々であり、10,800基のボイラーは3MW未満である。合計すると、35,000基の蒸気及び温水ボイラーがあり、その容量は、0.05MW～100MWである。60%のボイラープラントが29年以上運転をしており、38%のボイラーが、時代遅れの制御とバーナーを備えており、効率が60～70%しかない。ボイラープラントは、年間682×10⁶GJの熱を末端の需要家に供給しており、これは熱需要全体の61.7%に相当する。地域暖房及び地方のボイラーを含めて、すべてのボイラープラントが供給する熱は、863×10⁶GJに達し、このうち4.4%は、ボイラープラントで自己消費にされた。823×10⁶GJが供給され、682×10⁶GJが末端で消費された。即ち、地域暖房ネットワークの熱ロスは、17.3%になると試算される。

主な燃料は、天然ガス（52～58%）、液体燃料（12～15%）、石炭（27～36%）である。ほとんどのボイラープラントが、現在の環境規制を満足していない。

1.2.3.3 地域導管

地域導管（地域暖房ネットワーク）の総延長は、24,300kmある。これらは、シングル配管のものと、行き還りの2本の配管のものがある。ちなみに、ウクライナでは、1次ネットワーク、2次ネットワークというような、分け方をしていない。なぜなら、ネットワークの所有者が同一だからである。これらのうち、3,500km（口径125mm～1,400mm）は、

燃料エネルギー省の所有であり、20,800km（口径 50mm～800mm）は、地方自治体の所有である。熱媒は温水であり、設計温度は 95～150℃である。熱ロスは、様々であり、5～40%、平均で 14.3%である。地方自治体の地域導管のうち 14%（約 3,000km）は、大変状態が悪く、34.7%（7,700km）は、通常の使用年限（償却期間等）を越えて使用されている。100kmあたり、年間で 70 箇所もの損傷が報告され、この損傷の数も年率 4%の割合で増加している。地域導管の熱ロスは、30%にもものぼり、これは 0.7Mtoe/yr に相当する。但し、熱ロスに関しては、出典によっては違った値となっている。上記データは、「ウクライナの地方自治体のエネルギーにおける国家改善、近代化、開発プログラム (State Program for reformation, modernization and development of communal energy of Ukraine) 2003 年ドラフト」からの引用である。40%もの高いレベルの熱ロスは、「商業」ロスと呼ばれている。技術ロスは、20～22%未満である。14.3%という数字は、加重平均である。地域導管全体でのロスは 30%程度にもなるかもしれないと言われている。磨耗している配管は 70%にも及ぶが、実際に交換されている配管は、必要な量の 55%程度である。

表 1-13 ウクライナにおける地域暖房ネットワーク

項目	単位	
総延長	km	24,300
国の保有分	km	3,500
地方自治体の保有分	km	20,800
技術状況		
大変悪い	km	3,000
悪いか使用年限オーバー	km	7,700

出所：エネルギー省

地域導管の状況は都市によって異なる。Crimea、Lvivoblast 州、Khmelnitsky 州では、30～60%もの地域導管が大変悪い状態にあるか、使用年限を越えて使用されている。一方、Dnepropetrovsk 州、Kiev 州、Lugansk 州、Odessa 州、Kharkov 州の地方自治体の事業者では、そのような導管は 30%以下である。

地域導管のネットワークはかなり広範囲にわたり設置され、配管の断熱の状況は悪い。全く断熱が施されていない箇所すらある。ロックウールを断熱材として使用し、その外装にラバロイドを使用している。断熱材にピッチを使用することもある。地下水位が高かったり、地下水流が激しい場合は、ロックウールが濡れてしまい、断熱効果が失われる。地域導管が設置されているトレンチには、熱ロスを計測する計器があるわけでもなく、漏水の検知器があるわけでもなく、断熱の状態を検知することもできない。多くのトレンチは都市の中心部にあるため、インフラを改善する大きな投資をして、地上から検査をしない限り、近づくことすらできない。

最近 6～8 年で、導管をプレ断熱配管に更新したところがある。また、ポリウレタンフォ

ームでできた外装で配管を覆ったところもある。これらの場合、古い断熱材は、近代的なものに取り替えられたわけである。これらには、ウクライナの製品と外国製品の両方が採用されている。しかし、断熱が近代化され、改善された地域導管は1～5%程度であり、全体の悪い状況は何ら変わっていない。

1.2.3.4 熱料金(売熱、買熱)

熱料金は、多くの場合、1シーズンあたり、1 m²あたり、1.46UAH という定額料金である。このため、需要家の間で、熱を節約しようという機運は、全く生まれていない。但し、熱量計があれば、熱量あたりの熱料金が適用されよう。熱量あたりの熱料金では、工場で、142.52UAH/Gcal、住宅では、60.89UAH/Gcal となっている。ちなみに一般的な熱製造コストは、71.53UAH/Gcal と見積もられている。即ち、住宅用の熱供給では、コストが料金に反映されていない状況となっている。

1.2.3.5 コージェネレーションプラントと地域導管ネットワークとの接続の可能性

本プロジェクトで設置するコージェネレーションシステムと地域導管ネットワークとの接続の可能性は低い。なぜなら、ボルトニッチ排水処理場内では、十分な熱需要があり、コージェネレーションシステムで回収された排熱は、すべて所内で消費できるからである。

1.2.3.6 地域暖房の GHG 排出係数

地域暖房の GHG 排出係数は、燃料に何を使っているかによって変わる。地域暖房の主な燃料は、天然ガス (52～58%)、液体燃料 (12～15%)、石炭 (27～36%) である。

以下の排出係数は、IPCC の出版物から引用したもので、1TJ (10¹²J) あたりの燃料の使用で、発生する CO₂ の量を示したものである。これらの数字は、プロジェクトの排出量や、排出削減量を計算するための、独自のデータがない場合に使用されるべきものである。ここで、1kton/TJ=3,600 g/kWh である。

表 1-14 ウクライナの地域暖房に使用される各種燃料の排出係数

燃料の種類	kton CO ₂ /TJ
ウクライナで典型的な瀝青炭	0.0946
残油 (mazut)	0.0774
天然ガス	0.0551

出所：エネルギー省

1.3 ウクライナの JI に関する政策

1.3.1 地球温暖化防止に関する政策

ウクライナは、1996 年 10 月 29 日に、UNFCCC に批准し、2004 年 2 月 4 日には、京都議定書に批准した。

一方、国内政策に関することについては、以下の 2 つの命令が存在している。

DECREE OF THE PRESIDENT OF UKRAINE on assigning a coordinator of activities on implementation of Ukraine's commitments before the UN Framework Convention on Climate Change and Kyoto protocol to the UNFCCC (国連気候変動枠組み条約および UNFCCC に対する京都議定書におけるウクライナの約束の実行に関する行動のコーディネーターを任命することに関するウクライナ大統領令)

ウクライナ環境保護省を国連気候変動枠組み条約 (UNFCCC) および UNFCCC に対する京都議定書におけるウクライナの約束の実行に関する行動のコーディネーターとして任命すること。

ウクライナ内閣に対して、国連気候変動枠組み条約および UNFCCC に対する京都議定書におけるウクライナの約束の実行に関する行動の調整体制を確立すること。

この法令に対する決定を 1 ヶ月中に整合させること。

ウクライナ大統領 V. Yushenko
キエフ、2005 年 9 月 12 日
No.1239/2005

CABINET OF MINISTERS OF UKRAINE ORDER from September 18, 2005, No. 346-p, Kyiv, on approval of the National Plan of Actions on implementation of provisions of the Kyoto protocol to the UNFCCC (UNFCCC に対する京都議定書の条項の実施に関する国内行動計画の承認に関するウクライナ内閣政令、2005 年 9 月 18 日、No.346-p、キエフ)

UNFCCC に対する京都議定書の条項の実施に関する国内行動計画を採択すること。

ウクライナ首相 Y. Timoshenko

ウクライナでは、以上の命令に対し、行政機構、特に環境保護省 (Ministry of Environmental Protection) が、国内体制の構築に向け、動いている。

1.3.2 JIプロジェクトに関する政策およびDNA(指定国家機関)の設立に関する政策

上記の国内行動計画に関しては、以下のものが正式に発表されている。

CABINET OF MINISTERS OF UKRAINE ORDER from September 18, 2005, № 346-p, Kyiv, on approval of the National Plan of Actions on implementation of provisions of the Kyoto protocol to the UNFCCC (UNFCCC に対する京都議定書の条項の実施に関する国内行動計画の承認に関するウクライナ内閣政令、2005年9月18日、No.346-p、キエフ)

ウクライナ内閣政令によって承認済み
2005年9月18日から、No.346-p

以下にその国内行動計画の内容を示す。

表 1-15 国内行動計画の内容

行動内容	実施時期	実施担当機関
GHG の人為的排出量の削減または隔離量の増加を目的としたプロジェクト (共同実施プロジェクト) を実施するためのインフラを確立すること :		
JIプロジェクトの検討、その承認、モニタリング、検証などに関する国家機関の特定に関するウクライナ法の草案を作成すること	2005年8月	環境保護省 経済省 財務省 法務省 国立科学アカデミー
JIプロジェクトを実施する対象の所有者が LOE を受け取るための GHG の人為的排出量や吸収量の根拠を示した申請書類に対する要求事項を設定・承認すること	2005年6月	環境保護省 経済省 財務省 燃料エネルギー省 産業省

<p>JIプロジェクトに対する LOE と LOA の発行に関する手続きを設定・承認すること</p>	<p>2005 年 11 月</p>	<p>外務省 農業省 国立科学アカデミー 運輸通信省 法務省 国家住宅地方経済委員会 国家林業委員会 環境保護省 経済省 財務省 燃料エネルギー省 産業省 農業省 運輸通信省 法務省 国家住宅地方経済委員会 国家林業委員会 外務省 国立科学アカデミー</p>
<p>JIプロジェクトの文書作成に対する要求事項を設定・承認すること</p>	<p>2005 年 10 月</p>	<p>環境保護省 経済省 財務省 燃料エネルギー省 産業省 農業省 運輸通信省 法務省 外務省 国立科学アカデミー 国家住宅地方経済委員会 国家林業委員会</p>
<p>JI プロジェクトの文書リストを作成</p>	<p>2005 年 12 月</p>	<p>環境保護省</p>

し、そのデータベースを確立すること		燃料エネルギー省 産業省 農業省 国家土地利用委員会 運輸通信省 国家住宅地方経済委員会 外務省 国立科学アカデミー 国家林業委員会 クリミア自治共和国閣僚委員会 地方、キエフ、セバストーポリの 国家局
法人による JI プロジェクトを検討するための準備と提出に関する手法についての提言を作成・承認すること	2005 年 12 月	環境保護省 経済省 財務省 燃料エネルギー省 産業省 農業省 運輸通信省 法務省 外務省 国立科学アカデミー 国家住宅地方経済委員会 国家林業委員会

尚、この公式文書の原文は議会のウェブサイト (www.rada.gov.ua) で確認できる。

1.3.3 JIプロジェクトのプロジェクト承認プロセスに関する政策

2006 年 1 月現在、JI プロジェクトのプロジェクト承認プロセスに関する政策は、正式には制定されていないが、JI プロジェクトの検討、承認、実施に関する命令 (Order of consideration, approval, and realization of JI projects) の草案が、ウクライナ首相 (Ekhanurov 氏) から署名を受けるため、ウクライナ環境保護大臣 (Ignatenko 氏) によって 2005 年 9 月 29 日に提出されている。

この案は、2006 年 1 月現在、すべての閣僚によって承認されており、後は首相の署名を

待っばかりとなっている。しかし、議会がその首相をはじめとする内閣を1月10日に不信任決議したため、内閣そのものが存在するのかどうかで、議会と大統領側の判断が分かれているという混沌とした状況になっている。現在の内閣が有効かどうかを正式に判断する憲法裁判所は、全く機能していないので、その判断が下されていないのである。

以下にJIプロジェクトの検討、承認、実施に関する命令の草案の内容を示す。

1. 現在の命令では、GHGの発生源からの人為的排出量の削減、または吸収による隔離量の増加を目的としたプロジェクト(JIプロジェクト)の検討、承認、実施に関して、UNFCCC第7回締約国会議(COP7)で承認された提言に従った手続きを特定している。

2. 共同実施プロジェクト(以下「JIプロジェクト」)は、京都議定書のメカニズムに基づく活動に関して、UNFCCC締約国会議で承認された提言、初期段階で環境保護省から受ける承認(LOE)、およびJIプロジェクトの開発後はその承認(LOA)の規定に従って開発されること。

3. プロジェクトの実施が予想されている対象の所有者は、検討されているJIプロジェクトに関するGHGの人為的排出量、または吸収による隔離量の根拠を示すために、環境保護省によって設定された特定の要求事項に従って作成された文書(以下「正当化文書」)の印刷版と、電子版をJIプロジェクト事務局(以下「事務局」)に提出するものとする。この対象とは、大気中にGHG、エアロゾルまたはGHGの先駆物質を排出する、または大気中からGHG、エアロゾル、GHGの先駆物質を吸収する企業、製造施設、集合体、設備、輸送施設などである。

4. 事務局は、検討されているJIプロジェクトの正当化文書について、ウクライナや国際的な法規制の遵守の点から検討し、肯定的な判断がされた場合は、LOEの草案を作成し、環境保護大臣の署名を得るために提出するものとする。検討されているJIプロジェクトの正当化文書に反対する場合、この文書は具体的なコメントとともに申請者に返却するものとする。この回答は3週間以内に申請者に与えられるものとする。

5. プロジェクトの実施が予想される対象の所有者は、LOEに基づいて、JIプロジェクトの内容に関する環境保護省が特定した要求事項に従って、JIプロジェクトを開発するものとし、以下の章を含むものとする。

- ・ ベースライン調査
- ・ 排出削減単位(ERU)の計算
- ・ プロジェクト実施のモニタリング計画
- ・ 環境アセスメント

・資金調達計画

6. JI プロジェクトに対する LOA を得るため、対象の所有者は、独立した国際検査機関（バリデーター、独立機関）の適格性決定審査報告書とともに、プロジェクト文書を確立された方式で事務局に提出するものとする。

7. これらのプロジェクトに対する要求事項の遵守に関する JI プロジェクト評価のため、事務局はウクライナの国益や、JI プロジェクトに対する要求事項に従っているかどうかに関して、プロジェクト提案書に対する専門家の意見をまとめるものとする。このために、事務局は該当する政府機関や、その専門分野に応じてその他の機関の専門家を参加させるものとする。

8. 専門家の報告書に基づき、事務局は JI プロジェクトの承認に関する一般報告書を作成し、検討材料となるプロジェクト文書とともに環境保護省に提出するものとする。

9. JI プロジェクトに対する専門家の報告書がプロジェクトに否定的である場合、事務局は対象の所有者に対して、プロジェクトの承認が却下された理由を説明するものとする。この回答は、1 ヶ月以内に申請者に与えるものとする。

10. JI プロジェクトは、排出削減単位や GHG の吸収単位を計算するために、事務局で登録されるものとする。

11. プロジェクトの実施が予想される対象の所有者は、定められた形式に従った ERU、または GHG の吸収単位の購入に関する、パートナー国（投資国）の認証機関との契約書に署名するものとする。この契約書では、ERU（または吸収単位）の量と価格を特定するものとする。ERU（または吸収単位）の購入または GHG の隔離に関する契約は、事務局における登録をもって発効するものとする。

12. 対象の所有者は、環境保護省が承認した手法に従って、確立された方式で GHG 排出量のモニタリングを行い、排出量の評価を更新するものとする。

13. 対象の所有者は、プロジェクトの実施および京都議定書の規格や規制、手法に関する要求事項に従って、排出量や GHG 吸収量の妥当性に関する規定の第三者（独立した国際機関）による確立された方式の検証（以下「検証」）報告書を準備するものとする。

14. GHG 排出量の検証と、モニタリングに関するパートナー国（投資国）の形式に従った

報告書を、事務局に対して、その検討と登録のために提出するものとする。

15. ERU の移転は、事務局における獲得された GHG の ERU (吸収単位) に関する検証報告書の登録後、2008 年から 2012 年の第 1 約束期間中に、排出権または GHG 吸収単位の国家口座から当該国の口座に対して行われるものとする。

16. JI プロジェクトに関する情報は、機密性に関して考慮しながらインターネットに掲載するものとする。

現在、ウクライナで LOE の発行を受けた JI プロジェクトは 19 件、LOA の発行を受けた JI プロジェクトは 1 件あるとのことであるが、これらは上記の命令が正式なものとなっていない段階で発行されたものである。ウクライナ環境保護省によれば、2005 年 5 月以降は、ウクライナは正式な LOE を発行していない。

尚、上記「JI プロジェクト事務局」は、新しく設立された気象変動センター (Center for Climate Change) になる見込みである。

1.3.4 ERU(排出削減単位)の割当に関する政策

現在 ERU の割当に関する具体的な政策は存在しない。すべての買い手は平等とみなされる。ERU は JI プロジェクトにおいて生み出され、登録され、ウクライナの国家登録簿から買い手の口座に移転される予定である。

1.3.5 ウクライナのインベントリー

ウクライナの最新のインベントリーには、「MINISTRY FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION OF UKRAINE NATIONAL REPORT ON GREENHOUSE GAS INVENTORY OF UKRAINE, 2003 Volume 1 Kiev 2005」がある。このインベントリーには、1990 年から 2003 年までの GHG の排出量、吸収量が報告されている。報告書は 2 編からなり、第 1 編は、本文と、参考文献、3 つの付属書類で構成されている。第 2 編は、共通フォーマット (common report format (CRF)) の形式に納められた表類である。

GHG は、直接作用 (direct action) 型の GHG として、CO₂、CH₄、N₂O、HFC、PFC、SF₆、間接作用 (indirect action) 型の GHG として、CO、NOX、CH₄ 以外の揮発性有機化合物に分類してある。加えて、このインベントリーには SO₂ のデータについても記載している。

このインベントリーに先立って発行されている関連文書としては、以下のものがある。

- ・ 1990 年の GHG 排出量と吸収量のインベントリー (The first Inventory of GHG emissions and absorption for the basic 1990, executed in 1995)

- ・1990年～1998年のGHGインベントリー (GHG Inventory for the period 1990-1998., carried out in 1999 and directed to UNFCCC Secretary in 2000)
- ・2001年～2002年の電力、産業、農業、固形廃棄物処理場におけるGHG排出量のインベントリー (Inventory for 2001 and 2002 of GHG Emissions from power and industry enterprises, agricultural complexes and solid waste disposal sites)

これらのインベントリーを作成していた時期は、不確実性の解析、初期データの品質、選択した排出係数の信頼性が十分ではなかった。また、必要な情報が不足していたので、溶剤からの排出は考慮されてなかった。

この最新のインベントリーの作成では、「トップダウン」方式を採用し、大きなシェアを占めるGHGについてのデータベースを構築し、将来の「ボトムアップ」方式のインベントリー作成に備えた。計算は、IPCCが発行している方法論に従って行っている。

インベントリーは、ウクライナ環境保護省 (the Ministry for environmental Protection of Ukraine) の発注により、ウクライナ水文気象研究所 (Ukrainian Institute of Hydrometeorology) のスタッフ (Galenko G.F.、Djachuk V.A.、Bashtannik M.P.、Dmitrenko L.V.、Kiptenko E.N.ら) によって作成されたが、方法論と情報に関する事項は、EC技術支援プロジェクト「地球規模の気候変動に関わる義務に対するウクライナ、ベラルーシへの技術支援」(European commission project for the technical assistance “Technical Assistance to Ukraine and Belarus with Respect to their Global Climate Change Commitments”) と ICF コンソーシアム (ICF consortium (Great Britain)、ウクライナ ARENA - ECO (ARENA - ECO (Ukraine)) の支援を得ている。

(1) 1990年～2003年までのウクライナのGHG排出量

1990年～2003年までのGHGの排出量、吸収量を表1-16、図1-7に示す。

表 1-16 1990 年～2003 年までの GHG の排出量、吸収量 (単位×10³ton-CO₂)

年	土地利用、土地利用の変更、森林セクターを除く、CO ₂ 排出量	土地利用、土地利用の変更、森林セクターの CO ₂ 排出量	吸収量を含む CO ₂ 排出量	CH ₄ の排出量	NO の排出量	合計
1990	699,176.0	-38,938.0	660,238.1	200,992.8	39,795.4	939,964.2
1991	695,637.9	-31,443.8	664,194.1	192,303.3	37,974.7	925,915.9
1992	586,445.1	-54,521.9	531,923.2	190,644.7	37,025.3	814,115.1
1993	508,552.6	-47,108.1	461,444.5	181,149.8	44,658.6	734,361.0
1994	379,038.5	-48,997.8	330,040.7	176,824.9	33,127.4	588,990.8
1995	359,409.1	-48,936.0	310,473.0	167,473.4	29,692.2	556,574.7
1996	318,048.6	-61,625.1	256,423.5	167,454.2	30,078.9	515,581.6
1997	284,854.0	-65,442.6	219,411.3	164,864.3	27,772.8	477,491.0
1998	236,897.7	-63,637.5	173,260.2	155,636.6	24,067.6	416,601.9
1999	232,517.2	-63,284.3	169,232.9	150,682.6	22,189.8	405,389.6
2000	232,381.7	-61,494.5	170,887.2	153,271.8	20,346.7	406,000.1
2001	233,464.2	-59,694.7	173,769.5	175,159.1	19,997.9	428,621.2
2002	235,465.3	-57,308.5	178,156.8	177,578.0	20,224.0	433,267.3
2003	257,377.6	-55,761.3	201,616.3	196,302.4	17,629.2	471,309.2

出所：MINISTRY FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION OF UKRAINE NATIONAL REPORT ON GREENHOUSE GAS INVENTORY OF UKRAINE, 2003 Volume 1 Kiev 2005

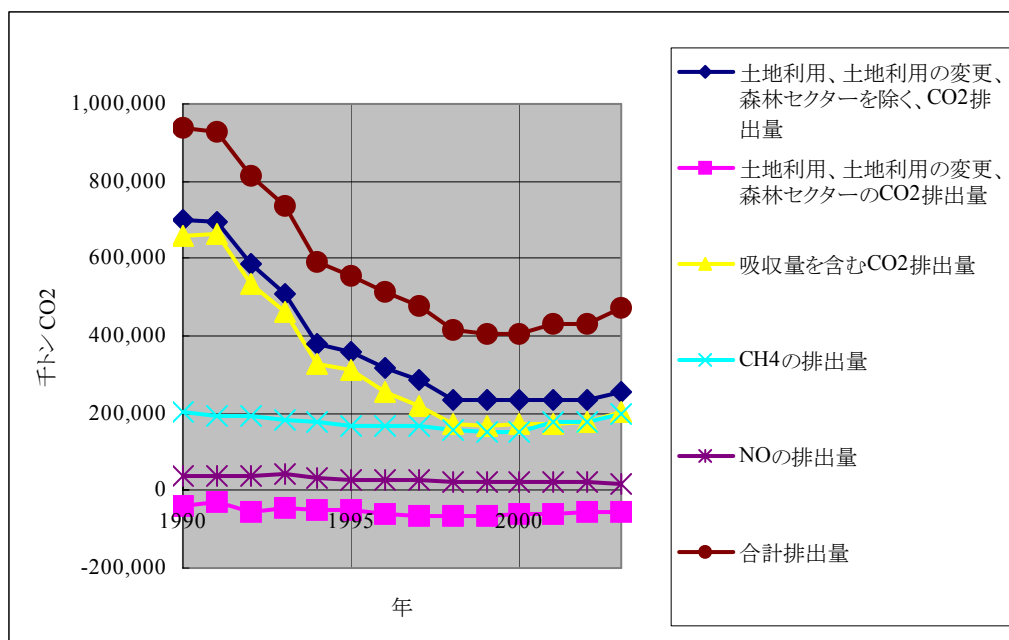


図 1-7 ウクライナにおける主な GHG の排出量、吸収量

出所：MINISTRY FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION OF UKRAINE NATIONAL REPORT ON GREENHOUSE GAS INVENTORY OF UKRAINE, 2003 Volume 1 Kiev 2005

図 1-7 によれば、GHG の排出のうち、CO₂ の排出がそのほとんどを占めている（67～75%）。1990 年～1999 年は国の経済構造が変わる過渡期にあり、景気後退、GDP の減少により、CO₂ 排出量が急激に落ち込んでいる。一方、2000 年～2003 年は、国の経済の成長により、穏やかにではあるが CO₂ の排出量が増えている。

他の年に作成されたインベントリーとの比較を行うと、以下のことが明らかとなっている（表-××）。

- ・最も計算結果が良く符合しているのは、1990 年の値である（3 つの主要な GHG に関する 2005 年のインベントリーの計算結果は、1999 年のインベントリーの結果より 6.8%多い）。
- ・1991 年～1998 年の計算結果では、2005 年のインベントリーの計算結果は、1999 年のインベントリーの結果より 17～39%多い。
- ・2004 年のインベントリーの計算結果は、2005 年のインベントリーの計算結果より約 10%多い（この原因は、2004 年のインベントリーでは、土地の利用、森林セクターにおけるデータが不足していたためである。）。

表 1-17 各インベントリーの比較

年	1999 年 インベントリー ×10 ³ ton	2004 年 インベントリー ×10 ³ ton	2005 年 インベントリー ×10 ³ ton	インベントリー 同士の結果の相 違 %
1990	880,467.9		939,964.2	-6.80
1991	779,344.9		925,915.9	-18.8
1992	693,465.3		814,115.1	-17.4
1993	603,929.0		734,361.0	-21.6
1994	476,626.7		588,990.8	-23.6
1995	432,414.8		556,574.7	-28.7
1996	407,267.3		515,581.6	-26.6
1997	342,738.4		477,491.0	-39.3
1998	315,896.5		416,601.9	-31.9
1999			405,389.6	
2000			406,000.1	
2001		478,042.7	428,621.2	10.3
2002		483,524.6	433,267.3	10.4
2003			471,309.2	

出所：MINISTRY FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION OF UKRAINE NATIONAL REPORT ON GREENHOUSE GAS INVENTORY OF UKRAINE, 2003 Volume 1 Kiev 2005

(2) 主なカテゴリー

IPCC の方法論に従い、試算した主な排出源の計算結果を表 1-18 に示す。2003 年の GHG 排出では、25 の主なカテゴリーがある。最も大きな排出は、発電と熱供給における燃料の燃焼による GHG の排出である（ウクライナの全 GHG 排出量の 17%以上を占める。）。発

電と熱供給以外では、ウクライナを横断している天然ガスパイプラインからの漏洩、金属、鉄鋼産業における燃料の燃焼、住宅における燃料の燃焼、金属、鉄鋼の生産が、排出量の大きなカテゴリーである。

表 1-18 2003 年における主な GHG 源カテゴリー

IPCC によるカテゴリー	GHG 種別 × 10 ³ ton	2003 年の 排出量試 算結果 × 10 ³ ton	割合	割合の累 積
発電と熱供給における燃料の燃焼	CO ₂	89,228.14	0.169	0,169
ウクライナを横断している天然ガスパイプラインからの漏洩	CH ₄	73,318.18	0.139	0,308
金属、鉄鋼産業における燃料の燃焼	CO ₂	66,226.43	0.126	0,434
住宅における燃料の燃焼	CO ₂	44,193.48	0.084	0,518
金属、鉄鋼の生産	CO ₂	30,050.60	0.057	0,575
天然ガスの生産における漏洩	CH ₄	29,508.40	0.056	0,631
天然ガスの供給における漏洩	CH ₄	29,332.67	0.056	0,687
地下鉱山からの排出	CH ₄	25,795.50	0.049	0,735
製造業、建設業における燃料の燃焼	CO ₂	15,022.15	0.029	0,764
固形燃料、その他のエネルギー産業における燃料の燃焼	CO ₂	10,686.65	0.020	0,784
運輸部門における燃料の燃焼	CO ₂	10,025.87	0.019	0,803
管理されていない固形廃棄物埋立処分場からの排出	CH ₄	7,713.91	0.015	0,818
管理されている固形廃棄物埋立処分場からの排出	CH ₄	7,572.46	0.014	0,832
発酵（乳業）	CH ₄	7,286.23	0.014	0,846
アンモニア製造	CO ₂	7,178.25	0.014	0,860
農業、林業、漁業からの排出	CO ₂	6,684.20	0.013	0,872
土壌からの直接排出	N ₂ O	6,655.21	0.013	0,885
食品製造、飲料製造、タバコ製造における燃料の燃焼	CO ₂	6,503.83	0.012	0,897
業務商業における燃料の燃焼	CO ₂	6,428.04	0.012	0,910
化学産業における燃料の燃焼	CO ₂	4,637.44	0.009	0,918
土壌からの間接排出	N ₂ O	4,625.29	0.009	0,927
発酵（乳業以外）	CH ₄	4,032.03	0.008	0,935
石灰製造	CO ₂	4,022.61	0.008	0,942
セメント製造	CO ₂	3,744.33	0.007	0,949
糞尿の堆積	N ₂ O	2,827.20	0.005	0,955
合計（土地の利用、土地利用の変更、森林セクターを除く）		527,064.98		

出所：MINISTRY FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION OF UKRAINE NATIONAL REPORT ON GREENHOUSE GAS INVENTORY OF UKRAINE, 2003 Volume 1 Kiev 2005

1.3.6 ウクライナの JI 参加資格

マラケシュ合意の「Decision 16/CP.7 Guidelines for the implementation of Article 6 of the Kyoto Protocol, P12-13」には、JI の参加資格 (Eligibility requirements for JI) として、表 1-19 の左欄が記載されている。これらに関し、ウクライナ環境保護省からの情報によれば、ウクライナ側の体制は表-××の右欄の通りである。このため、現状では、ウクライナ側は JI の参加資格を満たしていないが、2006 年末までには JI の参加資格を完全に満たすものと期待されている。

表 1-19 ウクライナの JI 参加資格適合状況 (ウクライナ環境保護省による)

要件	適合状況
京都議定書の締約国であるか。	ウクライナは、1996 年 10 月 29 日、UNFCCC に批准し、2004 年 2 月 4 日、京都議定書に批准した。
初期割当量が確定されているか。	確定している。
国内における排出量、吸収量の算定システムを有しているか。	気象変動センター (Center for Climate Change) が管轄する。このセンターは発足したばかりであり、算定システムは今後整備される模様。
国別登録簿を有しているか。	2006 年末までに整備する予定。
直近のインベントリーが提出されているか。	提出済み。
初期割当量の算定に関する補足情報が提出されているか。	特にコメントなし。
遵守委員会執行部事務局に上記の参加資格を満たしていることを報告したか。	部分的に報告済み。即ち、まだ完全ではない。

出所：環境保護省との打合結果に基づく

1.4 キエフの概況

図-1-8 に、ウクライナにおけるキエフの位置を示す。



図 1-8 キエフ位置図

1.4.1 キエフの歴史と概況

キエフ（ウクライナ語では「Kyiv」、ロシア語では「Kiev」と表記する。）は、ウクライナの首都であり、ウクライナ最大の都市である。キエフは、Dnieper川のほとりにあり、ウクライナの北部中心部に位置する。

2003年現在、キエフは公式には2,642,486人の住民がいる。但し、登録していない出稼ぎ労働者が多数おり、それを含めると人口は400万人になると見られる。

行政上は、キエフは国直轄の市であり、周辺のキエフ州（Kyivs'ka oblast'）からは独立している。但し、州政府はキエフ市内にある。

キエフは、東欧において、産業、科学、教育、文化の中心地として、非常に重要である。たくさんのハイテク産業、高等教育機関、世界的に有名な博物館や芸術団体がある。

市内には、広範囲にインフラが備わっており、地下鉄などの公共の交通機関が発達して

いる。

歴史的には、キエフは、最も古い都市であり（恐らく 1550 年前から存在した）、この地域で重要な都市であった。ロシア文化の中心であり、多くの戦争、粛清、虐殺に耐えてきた。

(1)キエフ市の一般データ

- ・人口：2,642,486 人
- ・人口密度：3,299 人/km²
- ・都市化率：100%
- ・面積：800km²
- ・都市型地域：10 箇所

(2)地理及び気候

キエフは、黒海へ向かって市を南へ流れる Dnieper 川の両岸沿いにある。地理的には、キエフは Polissya 自然地域（ヨーロッパで様々な樹木が生えている地域）に属している。しかし、市内の独特の景観は、周辺の地域とは明らかに違っている。キエフの Dnieper 川右岸（西側）は古い町で、樹木のあるたくさんの丘、溪谷、小川がある（現在ではそれらのほとんどはなくなってしまっているが）。これは、Dnieper 川の西側に接している大 Prydniprovs'ka 高地の一部である。キエフの Dnieper 川左岸（東側）は、Dnieper 溪谷になっている。この地域の大部分は、ダムにより、人工的に砂が堆積した状態となっている。

川は市内に支流、島、湾を形成している。市は、Desna 川の河口、北部の Kyivs'ke 貯水池、南部の Kanivs'ke 貯水池に接している。Dnieper も Desna も船での航行が可能であるが、一部堰で規制されており、冬は凍結するので航行できない。

キエフの気候は大陸性であり、湿度が高い。しかし、ここ十数年は、地球温暖化の影響か、気候は著しく変わってしまっているようである。

(3)歴史

17 世紀中頃

キエフは、恐らく 5 世紀には存在し、コンスタンチノーブルとスカンジナビアとの間の貿易都市として機能していた。ゴシック史家の Jordanes は、Danapirstadir の貿易町について記録を残している。この町がスラブによって支配されるようになると、町はキエフとして知られるようになった。伝説によると、キエフを設立したという一家は、最年長の Kyi、彼の兄弟の Schek と Khoriv、彼の姉妹の Lybid'であると言われている。

8世紀と9世紀には、キエフは、Khazar 帝国の前哨基地であった。丘の上には、Sambat (古いチュルク語で「高い場所」という意味) と呼ばれる要塞を建設し、防衛にあたった。9世紀の終わりから10世紀の始めにかけては、キエフは、Varangians の支配を受け、ルーシ (Rus) の中では、中心的存在となっていた。Oleg が始めてこの地を征服したのは882年と言われているが、Omeljan Pritsak や Constantine Zuckerman などの一部の歴史家達は、これに異議を唱えており、Khazar の支配は920年代まで続いたと主張している (この主張を証明する古文書が存在する)。

Oleg がキエフを占領してから1169年までは、キエフは、支配者 Varangian / 東スラブ国の首都であり、キエフルーシ (Kievan Rus (あるいは Kyivan Rus')) として知られていた。キエフの聖 Sophia 教会 (The church of Saint Sophia) は、1037年に開設された。この教会は、見事なビザンチン教会に匹敵するものであり、ビザンチン帝国 (the Byzantine Empire) のキリスト教を受け入れたことを反映する様式であった。この教会は、コンスタンチノーブルの Hagia Sophia 大聖堂と同様、「Holy Wisdom」にささげられたものであったが、その様式は非常に異なっており、半球状のドームが聳え立つものとなっている。一方、キエフの Hagia Sophia は、13個ものたまねぎ型のドームを持っている。中央のドームは、最も大きい (最近の改修工事で、金メッキ仕上になった。)、それ程大きいと言うわけでもない。

1240年、キエフは侵略者モンゴルによって破壊された後、1264年までは Halych-Volynia の支配を受け、1362年にはリトアニア (Lithuania)、1569年にはポーランド、1648年には、短かったもののウクライナコサックの政権によって統治された。この間、1654年、Muscovy と共同で防衛軍を作ったが、次第に国家の独立性が失われ、1775年まで Muscovy (1713年、ロシアに名称変更。1721年ロシア帝国に名称変更) の自治区となった。

1497年、キエフはマクデブルク法を承認し、szlachta の支配からは独立した自治国家となった。

1632年、キエフとガリチア (Galicia) の正教本部の Peter Mogila は、Kiev Mogila Academy を設立した。この教育機関の目的は、ポーランドのカトリック教会からの抑圧に対抗し、ウクライナ独自の文化、正教を保護することにあった。この学校が教会によって管理されていたにもかかわらず、生徒たちは、西ヨーロッパの大学に近い標準的な教育 (多言語教育も含めて) を受けていた。後に、この学校は、スラブの世界では、主な学校の一つになった。1817年にロシアの Tsarist 政府によって閉鎖された後、1992年には、宗教とは関係のない普通の国際私立大学として復活した。キャンパスには今でも17世紀の建築物がある。

19世紀～1917年の革命まで

1834年、聖 Volodymyr 大学がキエフに設立された (現在この大学はキエフ聖 Taras Shevchenko 国立大学として知られている。)。ウクライナの偉大な詩人 Taras Shevchenko が地理学者たちと協力して設立したものである。

18世紀の終わりごろから、19世紀の終わりごろにかけては、都市生活と言えば、ロシア軍と教会のことばかりであった。当時は、正教会そのものが、キエフのインフラ、ビジネスの中心的な存在だった。

ウクライナの自治が次第に失われていくと、キエフは、19世紀に、ロシア化の波を受けていた。それは、ロシアからの移民、行政統治、社会の近代化といった面に現れた。20世紀の始めには、キエフ市内はロシア語をしゃべる人であふれかえっていた。しかし、低層部では、ウクライナの文化が維持され、拡大をしていた。ウクライナの民族小説の熱狂的ファンや、軍隊、商人などが、キエフにおいて、ウクライナの文化を保護してしたためである（密かに本を印刷したり、アマチュアの劇場を運営したり、文化を研究したりした。）。

19世紀の終わりに起こったロシアの産業革命において、キエフは、ロシア帝国の重要な交易、運輸の中心的存在になった。特に、砂糖と穀物の鉄道輸送と Dnieper 川を使った運輸に特化していた。1900年には、キエフは人口 25 万人を擁する重要な産業の中心地になっていた。この頃の施設としては、鉄道のインフラ、無数の教育施設、文化施設、注目すべき建築物がある（大抵は商業関連であった）。ロシア帝国で最初の電気によるトラムは、ここキエフに設置された（恐らく間違いなく世界で最初である。）。

当時、キエフでは大きなユダヤ人社会が存在した。彼らは、独自の文化、ビジネスを行っていた。その動きは、ロシア国内（モスクワ、サンクトペテルブルグ、そしてそれよりも東）で、ユダヤ人の居住が禁止されたので更に盛んになった。キエフにおけるユダヤ人の居住区は、塙で囲われたものとなっていた。

1900年代、キエフは航空分野（軍事、民間両面で）でも注目すべき存在となっていた。この時代の航空分野での著名人には、Kievites Pyotr（有名なアクロバット飛行のパイオニア）と Igor Sikorsky がいる。世界ではじめてのヘリコプターは、Sikorsky によってキエフで建造され、試験された。

ウクライナの革命と独立

1917年、ウクライナの自治機構である Tsentral'na Rada が市内に設立された。後に、ウクライナは自治を宣言した。1917年の11月7日、ウクライナはキエフを首都とする共和国となった。この短い期間の独立時に、キエフは文化的にも政治的にも大変急激な発展を遂げた。新しい政府によって、科学アカデミー、ウクライナ語によるプロのための劇場、図書館が設立された。

後に、キエフは、ウクライナ政府とロシアの共産主義勢力との間の長く血みどろの戦場となった。

ソビエトの支配の初期、第二次世界大戦

1920年、共産党は、キエフを支配下におさめた。モスクワの支配の下で、ウクライナソビエト社会主義講和国が形成された後、ハリコフ（Kharkiv）が、労働者が多いという理由

で、首都となった。1934年、首都はキエフに戻され、新たな発展と、ウクライナ人精神（大抵は移民であった）の再構築の時が始まった。

1930年代、キエフは、賛否両論はあろうが、ソビエトの政策の結果、様々な被害を被った。共産主義者たちは、社会の底辺にあるウクライナ人達に、キャリアを積んで、文化を発展させようと奨励する一方で、政治的な自由、ウクライナの自治、正教会には、弾圧を加えた。市内では、「ウクライナ国家主義者（Ukrainian nationalists）」「西のスパイ（Western spies）」、共産党内でスターリン（Joseph Stalin）に反対する勢力、などを排除するため、政治的な調査が繰り返し行われた。おびただしい数の教会が故意に破壊され、聖職者も弾圧された。

1930年代の終わりごろ、キエフでは大量の人が密かに殺された。何千人もの市民（Kievite）が（大抵は知識人とか活動家だった）が、夜逮捕され、あわただしく軍法会議にかけられ、撃たれ、巨大な墓に埋葬された。主な処刑の場所は、Babi Yar と Bykivnya の森だった。1万人の人が、裁判により強制収容所に送られることとなった。それでも市の経済は、スターリンの産業政策により、発展を続けた。

第二次世界大戦中は、1941年9月19日に、ドイツのナチスが、Operation Barbarossaの一部ということで、キエフを占領した。その時、この地域の赤軍を破壊し、65万人の捕虜を確保した。9月29日、SS Einsatzgruppen は、Babi Yar にて、33,771人のユダヤ人を虐殺した。キエフ市は、1943年11月6日にソビエトの赤軍が取り戻すまでドイツに占領された。占領の期間中、社会主義者も、ウクライナの国家主義者も、地下組織を作って抵抗した。キエフは戦争中かなりの攻撃を受けてしまったので、たくさんの建築物（Khreschatyk 通りにあった主なものはほとんどすべて）が破壊された。このような被害を戦争中に受けたため、キエフ市は、後に「Hero City」と呼ばれた。

1950年代は、1930年代の戦争前の人たちが、粛清、戦争の被害、ソビエトの他の地域への移民によって人口が激減した。

第二次世界大戦以降、ソビエトの支配

世界大戦後のキエフは、急速に社会経済が発展し、政治的には和解のときであった。冷戦の軍拡競争により、市内には強力な技術コンビナートが出現した（製造、研究開発の両方）。特に志向したのは、航空産業、マイクロエレクトロニクス、精密光学であった。産業は高度な技術を持った人材を育成した。科学、技術が、キエフの知的生活の中心となった。様々な分野における研究機関が、ウクライナソビエト社会主義共和国科学アカデミー（the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR）を形成した。キエフはまたソビエトにおいて、重要な軍事の中心地となった。12ヶ所以上の軍事学校が設立され、ハイテク戦争の分野を志向した。

これにより、労働力の需要が高まり、ウクライナ、ロシア双方の地方から、たくさんの移民が流入することとなった。この人口増加に対応するため、大きな郊外都市が建設され、

交通インフラが拡張された。しかし、市の丘の上には、田舎風の建物や森林がそのまま残されたので、キエフは世界でも最も緑の多い都市というイメージを生んだ。キエフ市は、1950年代から1980年代にかけて大いに発展した。この期間に地下鉄が完成し、川に新しい橋（旧市街と左岸の郊外をつなぐ橋）がかかり、Boryspil 空港が完成した（これはキエフ市の第2空港であり、後に国際空港となった。）。

一方で、キエフ市は、特にフルシチョフ（Khrushchev's era）以降は、政治的、文化的、民族的な分野において力の衰えが目立った。1970年代は、ウクライナの知識層に対する組織的な弾圧によって、ロシア化に反対する大きな流れが起こった。この頃は、大学や研究機関では徐々にウクライナ語の使用が禁じられた。ロシア人の移民が多いというのが、学校でのロシア語教育への転換の表向きの理由であったが、後には、子供たちはウクライナ語を習うことも許可されなくなった。

ソビエトに異を唱えるあらゆる試みは、厳しく弾圧された。特に、民主主義、ウクライナソビエト社会主義共和国の自治、民族の宗教問題に関しては厳しかった。「ウクライナのブルジョア国家主義（Ukrainian bourgeois nationalism）」「西の影響（Western influence）」に反対するキャンペーン活動が、何度も教育機関や科学研究所で行われた。厳しい統制と、キエフではあまり職業的に成功しないこともあり、キエフの人々（Kievites）、及び全ウクライナの人にとって、モスクワは、魅力的な都市になっていった。特に、芸術家や、クリエイティブかつ知的な仕事をする人にとってはそうであった。近代のモスクワで成功した多くの有名人がキエフ生まれであった。

1970年代と、1980年代から1990年代にかけて、ソビエト政府が特別な許可を与えたため、多くのユダヤ人がイスラエルや西側へ移住した。

1986年のチェルノブイリの事故では、環境面において、社会政治面においても、多大な影響をキエフ市に与えた。キエフ市のいくつかの地域では、死の灰で汚染された。しかし、キエフの人々（Kievites）は、その事故の恐ろしさも、自分達が被害者であることも、知らされなかったのである。さらに、その事故の数日後の1986年5月1日には、キエフの人々（Kievites）は、「パニックを防ぐため」という名目で、共産党に、キエフ市の中心部で市民パレードをさせられたのである。何千人という被災者を生んだ地区は、後に、再びキエフの住宅地になっている。

ウクライナソビエト社会主義共和国の首都として誕生したキエフは、その57年後の1991年に独立したウクライナの首都となった。現在の市長は Olexander Omelchenko 氏である。

(4)キエフ市の特徴

「夏にキエフ市の端から端まで歩いて、木々の影から離れることはない。」と言われるほど、キエフ市には緑が多い。市内には2つの植物園があり、その他たくさんの大小さまざまな公園がある。その中で注目すべきは、戦争博物館（War Museum）である。ここは、

Dnieper 川を見下ろす緑の多い丘に囲まれた場所にあり、屋外、屋内を問わず、軍隊の歴史、兵器が展示されている。また、もうひとつは、水公園（Hidropark）である。これは川の島の島にあり、地下鉄、自動車のどちらでも行くことができ、遊園地、遊泳用の浜、ボートのレンタルなどがある。さらに、戦勝公園（Victory Park）は、市内の住宅地に散在する多数の公園の一つであるが、中では散歩をしたり、ジョギングをしたり、自転車に乗ることもできる。

公園の中でもどこでも、「kashtany」と呼ばれているセイヨウトチノキ（horse-chestnut trees）を見つけることができる。大きく5つの刃のようになっている葉は特徴があり、春には花を咲かせ、秋には、光沢のあるナッツを通りに落とす。

魅力のある建築物は多数ある。例えば、Mariyinsky Palace のような政府の建物（1745年から1752年にかけて設計・施工され、1870年再建された。）、魅力的な外務省の建物、Pecherska Lavra、St. Sophia's、St. Andrew's や、その他の19世紀のルター派（Lutheran）の教会のようないくつかの正教の教会、教会の複合建築物、Bohdan Khmel'nyts'kyi が馬にまたがって、独立広場から丘を目指している像、ルーシ（Rus）の命名者で国民から崇拝されている Volodymyr が、Podil の川を見下ろしている像のような記念碑、がある。

たくさんあるホテルの中でも、円筒形になっている Salut は独特である。このホテルは Glory Square と「永遠の日（eternal flame）」の場所の反対側にあり、円筒形なのでどこからでも景観を見ることができ、キエフの景観が最も高いところからみえる場所のひとつである。

キエフでは、いくつかの高等教育機関がある。例えば、キエフ Taras Shevchenko 国立大学、科学技術専門学校（Polytechnic Institute）、農業大学（Agricultural University）、その他たくさんの科学、技術研究機関がある。

産業では、大小さまざまな印刷工場がある。例えば、Pressa Ukraina である。また、有名なレンズメーカーである Arsenal の工場は、民生用、軍事用、医療用の光学機器を製造している。

ボートに乗ったり、釣りをしたりといった水関係のスポーツは、人気のある娯楽である。湖と川は冬期は凍ってしまうので、氷上での釣りも良く見られる。子供たちはスケートを楽しむ。一方、夏の日中は、30°C~34°Cになるが、たくさんの人が、浜で水泳、日焼けを楽しんでいる。

住宅地には必ず市場か rynek がある。市場では、たくさんの売り場を想像できよう。野菜、新鮮な肉、スモーク肉、魚、チーズ、はちみつ、牛乳、サワークリームのような乳製品、キャビア、花、家庭用品、道具類、衣類などである。

(5)市の地区名称

1930年代、キエフは、いくつかの地区に分けられた。1940年代初頭にはその数は14になった。数年前、この数は10まで減らされた。加えて、キエフでは、公式な分け方ではないものの、5~10万人の人口単位の大きな近郊によって分けられている。

公式な地区名称

Pechersk	Podol	Obolon'
Dnipro	Darnytsia	Solom'yansk
Holosiyiv	Shevchenko	Svyatoshyn
Desna		

近郊名称（非公式な名称）

Poznyaky	Osokorky	Kharkivskyy
Borshchahivka	Vynohradar	Kurenivka
Syrets	Nyvky	Borshchahivka
Zhulyany	Chokolivka	Shulyavka
Tatarka	Voskresinka	Rusanivka
Bereznyaky		

(6)Kiev かそれとも Kyiv か

キエフ市の名称は、少なくとも19世紀には、英語でKievと呼ばれていた。オックスフォードの英語の辞典には、1883年にKievが始めて登場している。一方、イギリスの旅行家Mary Holdernessの旅行記「New Russia」（リーガ（Riga）からクリミアまでキエフ経由で旅行したもの）には、1823年に最初にこの名称が登場する。

1995年、ウクライナ政府は、「英語で表記する場合、「Kiev」よりも「Kyiv」が望ましい。」と通知した。これは、ウクライナ政府自身がキエフのことを記述する場合にのみ適用される。以下その通知を記載する。

「ローマ字表記で「Kiev」と書いても、音声上も宗教上も、何らウクライナ語による地理学上の特徴が、何も想起できない。「Kyiv」と書く方が、標準的なローマ字表記であり、ウクライナ語による地理学上の名前とも一致する。」

ウクライナ法律用語委員会の第7条には、法規制上、公的な物事には、ローマ字表記では、標準的に「Kyiv」と書かなければならないとされている。

多くの人が、ラテンのアルファベットの出版物では、上記に従い、「Kyiv」を使用してい

る。新しいスペルである「Kyiv」は、徐々に国連、英語を使用する外交、いくつかの出版物でも使用されてきている。

「Kiev」というのは適当ではないらしい。なぜなら、それはロシア語の発音でありウクライナ語の発音ではないからである。ロシア帝国やソビエト時代においてロシア化を推し進めた生き残り達は、これに対して攻撃的になるかもしれない。確かに、「Kiev」は、ウクライナ語の正書法と語彙の改正があるまでは、英語として使用されていた。そして、(現代のウクライナ語、ロシア語の起源である) 古い東スラブのつづりを反映したものであった。

ウクライナ政府の主張を受け入れない英語のライターもいることはいる。そういう人たちは、「「Kiev」のつづりは最も普及しているものだし、モスクワやワルシャワのように、現地語とは違う英語の名称の都市だって他にあるじゃないか。」と主張している。

(7) インフラ

キエフの電話システムはウクライナで最大である。1996年現在の電話機台数は、830,100台であり、ウクライナ全体の13%に相当する。平均では、100世帯に64回線あることになる(ウクライナの平均は35回線)。うち、個人の電話は84%を占める。

140の地区で、電話は自動交換システムとなっており、26地区ではデジタルである。光ファイバーのネットワークは、全電話システムのケーブル延長の15%にも及ぶ。

キエフは、ウクライナにおける、交通の要所である。キエフは、ウクライナの首都と、ヨーロッパの首都、ロシア、ベラルーシの主要都市、ウクライナ国内の主要都市を結ぶ鉄道の交差点になっている。貨物基地は9ヶ所あり、キエフ経由のトランジットが可能になっている。

キエフは、外国からウクライナへやってくる人の玄関である。空港は2ヶ所ある。

- Boryspil は、市内から30kmの位置にあり、主に国際空港である。キエフから40以上の首都を結ぶ。

- Kyiv (Zhulyany) は、キエフ市が運営しており、市内にある。主に国内線向けである。キエフには、貨物、旅客用の川港もある。

キエフ市の交通ネットワークには、総延長56kmの地下鉄、総延長287kmのトラム、総延長330kmのトロリーバス、総延長1,350kmのバス路線がある。これらの交通ネットワークでは、537両の車両、681台のトラム、672台のトロリーバス、1,754台のバスが、毎日200万人の足となって稼働している。道路は、総延長1,564kmあり、橋、立体交差は136ヶ所ある。

市内のメイン水道管総延長は4,000kmである。市の供給水量は、比較的安定している。

メインガス供給配管の総延長は、1,900kmである。キエフにある約90%の集合住宅とビルがガスの供給を受けている。加えて、ガスは産業においても使用されている。1966年現在で、 $3.7 \times 10^9 \text{ m}^3$ のガスが、消費者に供給された。

(8)労働市場

キエフは、ウクライナで最も良質の人材が得られることで有名である。良質の労働者、有能な調査会社、設計共同体、あらゆるレベルの経験豊かな管理者が存在している。この首都の人材の良質さを押し量りたいのなら、経済危機の時でも、市の公式失業率が、国全体で最も少なかったことを考えてみればよい（ウクライナの平均は 2.3%で、キエフは 0.5%）。ただ、失業率が低いということは、人材がないということを意味するのではない。ほとんどの企業が稼働率を下げている、いわゆる潜在失業者を抱えている。したがって、現実には、キエフには大きな労働市場が存在している。

(9)産業

1996年に生産量の減少があったにもかかわらず、キエフの産業の生産量は 3.8%増えた。生産量が多かったのは、重電産業（16.6%）、医療（12.1%）、食品産業（11.4%）である。

市内にある企業の 83.7%が政府の所有ではない民間の会社である。1997年のこれら企業の生産量は、市内の生産量のほとんど 70%にも達している。詳細には以下の通りである。照明器具では 97%、食品加工物では 81%、機械製造、金属、木材産業では 72%。

(10)国内におけるキエフ企業の比重

キエフ市の産業の主なものは、重電産業、機械製造、金属、照明器具、食品産業である。

近い将来、(国家戦略上重要なものを除いて) 国営の企業と、一部民営化された国営企業を、キエフ市国家局 (the Kyiv City State Administration) の管理へ移管することが計画されている。これにより、生産量を調整し、起業家精神の育成にも役立てる予定である。

(11)ウクライナにおけるキエフでの投資の状況

キエフは、ウクライナにおいて、人口あたりの投資額の大きさでは首位である。また、建物、組み立て業務、総投資から得られる収入の面では 3 位である。

キエフにはまだ完了していない建設プロジェクトが多数ある。製造業やサービス業におけるこれらのプロジェクトが完成すれば、具体的な投資プロジェクトの具現化となる。

住宅建設の規模は年々大きくなっている。1997年には、1996年に比べて、住宅建設が 20%増加した。キエフにおける住宅建設投資の規模は、ウクライナで最も規模の大きい投資のひとつである。市内で運営している事業者は、ユニークな複合ビルを手がけてきた。その中の一つである、Kyivmiskbud 社 (Kyivmiskbud Holding Company) は、ウクライナで

初めて、民間投資家から資金を集めて住宅を建設した。

キエフ市内にあるほぼ半分の住宅の資産は既に民間のものとなっている。

(12) 貿易、サービス部門

キエフは、ウクライナにおいて、小売業の売上では首位（ウクライナの 13.9%に相当）であり、有料サービス、人口あたりの小売業売上、小売業のネットワークの大きさ（5,600 店舗）においても首位である。

(13) 科学の可能性

キエフは、中欧における最も重要な科学の中心地のひとつである。ここには、ウクライナ国立科学アカデミー（National Academy of Sciences）と、そのほとんどの研究機関がある。それらのうち多くは、世界的にも名高い研究機関である。ウクライナの科学の可能性のうち、30%はここキエフに集中している。実に、216 の研究機関、48 の設計機関、18 の先端教育機関がある。

キエフは、ウクライナ国内で、レベル III-IV の認定を受けている教育機関が最も多い都市である（49 箇所ある）。

毎年、ウクライナの首都キエフでは、1,500 以上もの発明、試作品が、登録されている。

(14) 外国による経済活動

キエフは、貿易においても、外国投資家への魅了においても、常に先頭を行っている。

キエフからの輸出量は、ウクライナ全体の 12.6%に相当する。キエフ市の企業は、世界中の市場に、航空機、船、掘削機、ラス、化学製品、食品、金属製品、布、宝石などの競争力のある製品を供給している。

キエフ市は、商品、サービスの輸入においては、ウクライナ国内において首位（26.5%を占める）である。

キエフの生産能力なら、輸出量をさらに増加させ、国内向けにも増産することにより、輸入量を減らすこともできよう。

キエフ市は、ウクライナ国内で、外国投資の最も多い場所である（ウクライナ国内の 30%に相当する）。外国企業との関係を構築する上で、以下のような投資の好条件が整っている。

- ・市役所が外国企業のための業務環境構築に乗り出している。
- ・キエフはヨーロッパの中心に位置する良く計画された都市であり、気候は良好で、生活環境、労働環境も良い。
- ・市内の犯罪は少ない。

- ・ヨーロッパの各都市、ロシアの各都市を結ぶ交通網がある。
- ・キエフには、十分な量の、しかも比較的安い労働力がある。それらは、ほとんどすべてのセクターにおいて、良質な専門家を擁している。

(15)金融関係

キエフはウクライナの金融の中心地である。ウクライナにある 30 の大きな商業銀行のうち、18 の本店が市内にある。ウクライナの商業銀行が保有する資産の実に 75%が、首都にある 5 つの銀行の保有である。

ウクライナの投資会社のうち、70%が市内に登録している会社である。そのうち、12 社は、国内にある 20 大投資会社の中に含まれている。また、ウクライナの保険会社の 40%がキエフ市にあり、これは保険料の 41%に相当する。

キエフの企業の債券勘定の量は、ウクライナで最大であり、ウクライナの 16.5%に相当する。債券勘定は債務勘定を 395.6×106 グリブナ上回っている。

1.4.2 キエフの気象データ

キエフにおける外気温度、降水量、湿度に関するデータを以下に示す。

(1)外気温度

表 1-20 キエフの平均的な外気温

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
℃	-5.6	-4.2	0.7	8.7	15.1	18.2	19.3	18.6	13.9	8.1	2.1	-2.3

出所：ウクライナ政府

(2)キエフ地方における平均年間降水量=685mm

(3)キエフ地方における日最大降水量=103mm

(4)年間平均湿度=50～80%

第2章 プロジェクト計画

2.1 プロジェクト計画概要

2.1.1 プロジェクト実施サイトの現状

(1)プロジェクト実施サイト概要

キエフ市の下水処理はボルトニッチ（Bortnichi）排水処理場で行われており、その排水量は1,200,000～1,300,000m³/dayである。この排水処理場は3工期に分けて建設され、それぞれが独立しており、それぞれの排水処理能力は600,000m³/day（合計処理能力1,800,000m³/day）となっている。

ボルトニッチ排水処理場を運営しているのは、キエフ市傘下の水道公社であるキエフボドカナル社（Kievvodokanal）である。

下水はまず、ポンプステーション#1の受け入れ格子水路（receiving rake channel）に入り、ここで機械的に処理される。ここで補足された不純物は、破碎され、格子の1次側にある廃棄水路（discharge channel）へ重力配管経由により運搬される。ポンプステーション#1内の機械室に設置されたポンプにより、下水は第2段の格子を通り、砂粒除去装置（sand trap）へ入る。砂粒除去装置以降は、下水は重力により施設内を搬送されていく。下水は以下の順序で処理されていく。

- ・砂粒除去装置では、重たい金属類（主に砂）を除去する。
- ・一次沈殿槽（primary settlement tank）では、荒い分散性の無機物、非溶解性の有機物、粒子、油を除去する。
- ・一次沈殿槽を通過した排水（一次沈殿槽の上澄み液）は、細かい分散性の物質、溶解性でコロイド状の有機物を含んでおり、次段の曝気槽（aeration tank）で処理される。ここでは、曝気（空気を導入）することにより、生物学的な有機物の酸化が活性汚泥により行われている。
- ・汚泥混じりの排水は曝気槽を出て二次沈殿槽（secondary settlement tank）に入る。ここで汚泥は沈殿し、ポンプで曝気槽に戻される。
- ・生物的処理で浄化され、二次沈殿槽を出た処理水（二次沈殿槽の上澄み液）は、バイパス水路（by-pass channel）を経て主水路（main channel）に導かれる。

ボルトニッチ排水処理場における、第2期、第3期の処理方法は上記第1期の処理方法とすべて同じである。第2期、第3期の処理施設で処理され浄化された水は、放水路を経て主水路へ入る。主水路で第2期、第3期の処理水が、第1期の処理水と混合される。

ボルトニッチ排水処理場を出て主水路に入った処理水は、Dnepr川へ放流される。ボルトニッチ排水処理場の第1期、第2期、第3期の各処理施設で処理される排水の量は、個

別に計測されている。

ボルトニッチ排水処理場の第1期の設計は、1955年に始まり、運用を開始したのは1964年である。それ以来、設計基準、放流前の処理水の水質要件が、数度にわたって改正されてきた。その後、ウクライナの産業が発達し、下水の化学的組成が変化し、こういった新しい汚染物質が排水処理場を素通りするようになってしまった。1950年代は、生活排水、食品産業の排水だけが存在した。しかし、最近の30年では、様々な産業、家庭から、たくさんの化学物質が下水に流入している。人間が摂取する食品ですら、その中身が変化してきている。

この結果、現在の既存の処理場は、対応できる下水の種類としては生活排水、食品産業の排水だけであるにもかかわらず、それ以上の種類の排水に立ち向かわなければならないようになっている。一般には、生物学的な排水処理では、明らかに、現在の下水に含まれている化学物質を除去できないにもかかわらずである。従って、ボルトニッチ排水処理場では、たくさんの解決すべき運用上の問題を抱えることになってしまっている。

図2-1に、現状のボルトニッチ排水処理場の系統図を示す。

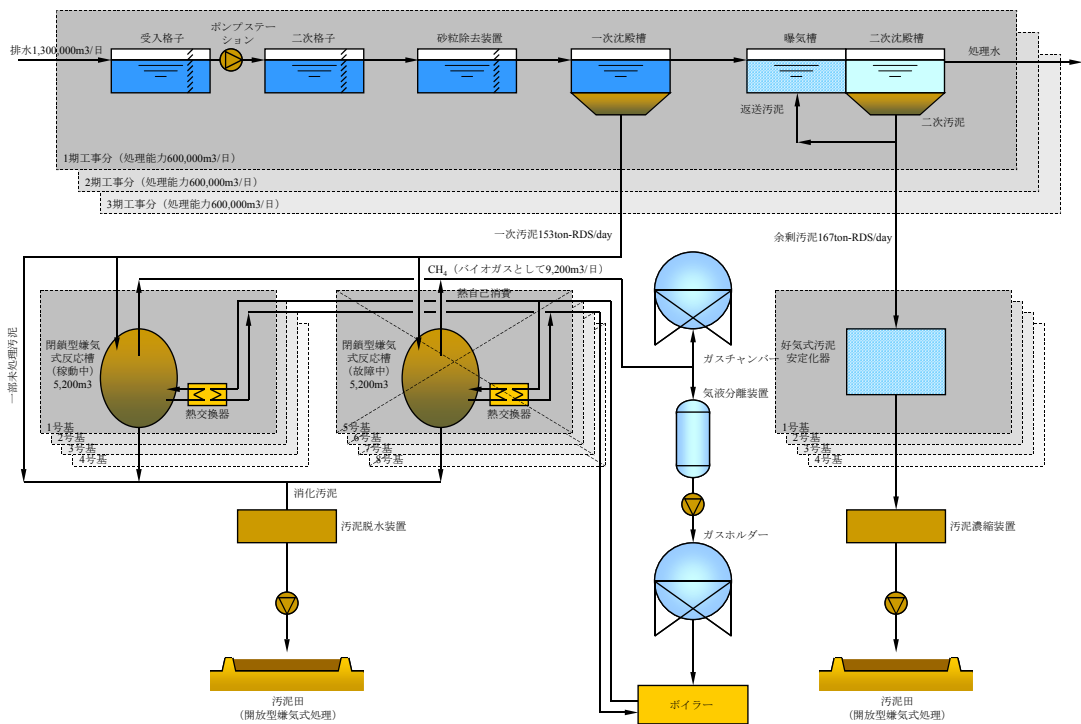


図 2-1 ボルトニッチ排水処理場の系統図



写真 2-1 ボルトニッチ排水処理場（一次沈殿槽）



写真 2-2 ボルトニッチ排水処理場（曝気槽）



写真 2-3 ボルトニッチ排水処理場（曝気槽）



写真 2-4 ボルトニッチ排水処理場（曝気槽）



写真 2-5 ボルトニッチ排水処理場（曝気槽）

(2)現在のプロジェクト実施サイトの問題点

(2-1)格子の性能不足

ボルトニッチ排水処理場に設置されている格子の間隔は 16mm である。このように間隔が大きいため、すべての固形物を補足しきれていない。この結果、次段の機械式処理である砂粒除去装置、一次沈殿槽へ、固形物が流入してしまっている。そして稼働中の施設に閉塞という障害をもたらしている。生沈殿物を搬送するポンプに損傷が発生したり、一次沈殿槽での閉塞により、生汚泥が堆積してしまい、夏期にはこれらが腐敗して、 CH_4 、硫化水素を発生している。反応槽でも固形物が沈殿し、運用を難しくし、運用可能な有効容積を減少させ、消化ガス／バイオガスの発生量を減少させてしまっている。この結果、反応槽の洗浄が必要となってしまっている。

(2-2)砂粒除去装置の性能不足

ボルトニッチ排水処理場の砂粒除去装置は、1950 年代に設計され、建設されたものである。過去の基準によれば、砂粒除去装置では 0.2mm より大きい砂を除去することになって

いる。このため、ここを通過する砂が全体の8%、1日あたり8トンにもなっている。このような砂粒除去装置を使用しているために、砂が一次沈殿槽に入り、配管やポンプを磨耗させる原因となっている。また、反応槽に沈殿して、反応槽での消化を妨げている。

(2-3)一次沈殿槽からの汚泥の水分が多い

一次沈殿槽から反応槽へ汚泥を送水するために、ポンプステーションにポンプ(450 m³/h × 56mAq × 132kW)を設置している。一次沈殿槽の汚泥回収ピットの容積が40m³しかないため、ポンプを稼働させると周辺の水も吸い込まれてしまっている。この結果、汚泥の水分が増えてしまい(含水率として96~98%)、汚泥の量(容積)が増えてしまっている。

(2-4)生物由来の窒素化合物、燐化合物の処理技術導入の必要性

ここ数年、ボルトニッチ排水処理場における下水の生物学的処理において問題となっているのは、窒素化合物、燐化合物の除去である。下水にこれらの物質の含有量が増え、Dnepr川へ処理水を放流する前の水質要件に適合させるために必要な手間が増えてしまっている。曝気槽は1950年代に設計、建設されたものであり、これらの物質の除去を考慮していない。このため、アンモニア性窒素については除去率が20~60%、燐については除去率が10~20%と非常に低く、基準を満たしていない。

(2-5)主水路洗浄の必要性

毎日、ボルトニッチ排水処理場の主水路では、18トンもの活性汚泥が流れている(平均排水量が1,200,000 m³/day、処理水の汚泥濃度は15 mg/l)。基準によれば、この汚泥が水路の中で沈殿しない最低速度は0.4m/sである。実際にはこの水路の流速はもっと低いため、特に夜間は、日中よりも排水量が減少し、水路の底に汚泥が沈殿してしまっている。

(3)プロジェクト実施サイトの汚泥処理の現状

以上の問題点の結果、ボルトニッチ排水処理場では、以下の2種類のスラリーの処理が必要となっている。

- ・一次沈殿槽からの汚泥と浮遊物質
- ・二次沈殿槽からの余剰活性汚泥

この問題に対処するために、1960年代に、以下のようなプロセスを別途設計、建設し、

解決を図ろうとした。

(3-1) 反応槽の設置

一次沈殿槽の沈殿場所からの汚泥と浮遊物質を、特別な汚泥槽（600m³×3基）へ導く。ここから、汚泥を反応槽へ送水する。ボルトニッチ排水処理場には、8基の反応槽がある（4槽×2グループ）。第1グループの反応槽（No.1～No.4）は現場打ちコンクリート製であり、第2グループ（No.5～No.8）の反応槽は分割されたパネルで組み立てられたモジュールであり、円筒形のコンクリートと金属製の屋根が特別なロック機構で接続されている。しかし、この第2グループの反応槽は、設計と施工に著しい欠陥がある。1980年代に屋根が壊れ、底も壊れた。この結果、運転が不可能になってしまっている。そこで、1965年以来稼働しているのは、現場打ちコンクリート製の第1グループの4基のみである。ただ、これらの反応槽での消化プロセスの結果、分解される有機物はわずかに30～40%に過ぎない。消化ガス／バイオガスが発生した後の残りの有機物と灰分（消化汚泥）は、反応槽で消化処理されていない汚泥を含め、汚泥田（sludge field）へポンプで送水される。反応槽で消化されている汚泥の量は、発生する汚泥のわずかに14.7%でしかない。反応槽で発生する消化ガス／バイオガスは、ガスチャンバー（gas chamber）にて回収され、その後、気液分離（hydraulic lock）を経て、ガスホルダー（gas holder）へ入り、ボイラーへ燃料として供給されている。

既存施設の欠陥は以下の通りである。

- ・プロセスの効率が低い（含水率が多すぎる（乾燥物質は最大4%しかない）、攪拌が不足しているので、反応が不十分である。）。
- ・消化ガス／バイオガスの発生量が少ない（1m³の生汚泥から4～6m³しか発生しない）。この結果、反応槽内の消化反応温度を維持するために必要な燃料は、消化ガス／バイオガスだけでは足りないため、天然ガスを購入しなければならない、運転費（エネルギー費）の増大を招いている。



写真-2-6 ボルトニッチ排水処理場（反応槽）



写真-2-7 ボルトニッチ排水処理場（汚泥田）



写真 2-8 ボルトニッチ排水処理場（汚泥田）

(3-2) 好気式安定化器の設置

曝気槽の余剰活性汚泥は、好気式安定化器（ $21,600\text{m}^3 \times 4$ 基）にて処理される。この処理プロセスにより汚泥は酸化され、濃縮槽（concentration tank）にて濃縮される。好気性の状態を維持するために、好気式安定化器へは空気が導入されている（曝気が行われている）。濃縮され、安定化した含水率 98% の汚泥は、ポンプで汚泥田へ送水される。

既存施設の欠陥は以下の通りである。

- ・このプロセスでは大量の電力を消費し、効率が悪い。即ち、活性汚泥を処理するために好気式安定化器を使用すると、空気を導入するために大量の電力が必要である。
- ・腐敗速度が遅く、汚泥が部分的に浄化されるだけになっている。

以上の問題点の結果、反応槽で消化しきれなかった汚泥、余剰活性汚泥は、自然の下で脱水・乾燥のため、汚泥田に送水されることになっている。

(3-3)汚泥田の現状

ボルトニッチ排水処理場には、実に 272 ヘクタールもの汚泥田がある。この汚泥田は、排水処理場内にもあるが、そのほとんどは排水処理場から約 10km 離れた場所にある。汚泥は排水処理場から汚泥田へポンプで圧送されている。

これらの汚泥田は、自然の地盤を利用したものもあれば、人工の地盤を利用したものもある。この汚泥田で汚泥は乾燥処理される。通常、含水率が 70～80%にまでなれば、汚泥はこの汚泥田から除去されることになっている。汚泥田からの排水は、第 2 期の排水処理施設へ返送される。

既存施設の欠陥・問題点は以下の通りである。ボルトニッチ排水処理場の汚泥田へは、毎日 12,000m³ を超える汚泥がポンプで送水されている。しかし、汚泥田では、乾燥した汚泥を除去することができないでいる。現在ウクライナでは、汚泥を有機肥料として利用するための技術も社会システムも確立していないからである。

1980 年代に第 3 期の処理施設が建設されていた時期に、FS が実施され、400 ヘクタールの汚泥田を増設する必要性が強調された。しかし、ボルトニッチ排水処理場の周辺に必要な土地が確保できなかったため、この FS は承認されなかった。代わりに、汚泥田をアスファルトで覆い、排水システムも具備させようという案が提案された。しかし、これも資金不足のために、必要な量の 15%だけが実施されただけであった。

以上の問題点の結果、汚泥田に廃棄されている実際の汚泥の量は、設計容量の 2 倍以上に達してしまっている（2005 年 1 月現在、汚泥の量は 6,880,000m³ であるが、設計容量は 3,057,804m³ である）。さらに、汚泥田における通常の汚泥処理が困難になっているために、汚泥田から 2 期の処理施設へ返送される排水中の汚染物質濃度の量が飛躍的に増えてしまっている。

表2-1 下水の汚染物質濃度と汚泥田から返送される排水の汚染物質濃度の比較

パラメーター	下水の汚染物質濃度（2004年の 平均値）	汚泥田から返送される排水の汚 染物質濃度
懸濁物質、mg/l	200	20,000超
COD、mg/l	470	20000
BOD ₅ 、mg/l	176	1,000超
アンモニア性窒素、mg/l	24	最大300
磷、mg/l	12	最大800

出所：キエフボドカナル社

以上のような汚染物質の量は、1日あたり（懸濁物質として）160トンにも達する。この負荷により、排水処理場全体にかかる負荷が増えている。そして、汚泥の量が増え、エネルギーの消費量が増えるという悪循環を招いている。

2.1.2 プロジェクト計画概要

既に述べたように、ボルトニッチ排水処理場では様々な問題点が顕在化している。これらの問題とその解決策を整理すると以下の表 2-2 のようになる。

表2-2 ボルトニッチ排水処理場の問題点とその解決策

問題点	解決策	解決策の資金源
格子の性能不足	格子の改良	単なるインフラの改善なので、JIプロジェクトとは別の資金源を用意する必要あり。
砂粒除去装置の性能不足	砂粒除去装置の改良	
一次沈殿槽からの汚泥の水分が多い	汚泥回収ピットの改良	
排水性状の変化	窒素化合物、リン化合物の処理技術の導入	
主水路洗浄の必要性	主水路の改良	
反応槽の消化効率が悪い	反応槽の取替	このJIプロジェクトで想定しているプロジェクトの範囲。ERUを生み出せるのはこの範囲である。
好気式安定化器はエネルギーを大量に消費する	好気式安定化器の廃止と反応槽の増設	
汚泥田のスペースの逼迫	汚泥田へ送水する汚泥の削減	
	汚泥焼却技術の導入	単なるインフラの改善にとどまらず、膨大なコストが必要であり、社会システムの構築も必要となるので、JIプロジェクトとは別の資金源を用意する必要あり。
	汚泥再利用技術の導入	

このプロジェクトでは、上記のうち、GHG 排出削減につながる「反応槽の取替」「好気式安定化器の廃止と反応槽の増設」「汚泥田へ送水する汚泥の削減」を JI プロジェクトとして行うものである。尚、その他の部分の改善については、JI プロジェクト以外の資金源、例えば ODA（環境円借款のようなソフトローン）の活用が考えられる。キエフ市及びキエフボドカナル社では、円借款の活用も含め、既にウクライナ政府との交渉を続けている。この交渉は、ウクライナ大統領の日本訪問（2005年7月）に時期を合わせて開始されている。

2.1.3 対象とする温室効果ガス

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

- 1) 汚泥を高効率に消化処理する反応槽（閉鎖型嫌気式消化が行われる）を新設することにより、汚泥田（開放型嫌気式消化が行われる）で消化する汚泥の量を削減し、汚泥田での CH₄ の排出量を削減する。
- 2) 反応槽で発生する消化ガス／バイオガスを燃料として、コージェネレーションを運転することにより、既存火力発電所を代替し、火力発電所での CO₂ の排出量を削減する。

従って、本プロジェクトにおいて対象する GHG は、CH₄ 及び CO₂ である。

尚、上記の 2) において、消化ガス／バイオガスの燃焼により CO₂ が排出されるが、消化ガス／バイオガスはバイオマス由来であるので、これによる排出量は 0 である（カウントしない）。

2.2 プロジェクト実施サイトの運営会社の現状

ボルトニッチ排水処理場を運営しているのは、キエフ市傘下の水道公社キエフボドカナル社である。

キエフボドカナル社は、キエフ市 Pecherski 地方国家行政当局（Pecherski District State Administration of Kiev City）によって 2001 年 8 月 28 日に登録、キエフ市国家行政当局（Kiev City State Administration）により 1992 年 6 月 2 日に登録されている、株式が公開されている株式会社（open joint stock company）であり、その資金源はすべて国家予算である。以下に、キエフボドカナル社の業務内容を示す。

- ・水道事業
- ・貿易業
- ・消費財の貿易仲介業
- ・水源の確保、処理、供給
- ・排水処理
- ・商品の貿易仲介業

2.3 プロジェクト計画の具体化

キエフ市はウクライナ国の首都である。キエフ市の下水は、キエフ市が所有するキエフボドカナル社が運営するボルトニッチ排水処理場にて処理されている。この下水処理場は、

設備容量 1,800,000m³/日に対し、1,300,000m³/日の排水を処理している。処理水は、Dnepr 川に放流されている。

ボルトニッチ排水処理場では、下水処理に伴って大量の汚泥が発生している。これらの汚泥は、一次沈殿槽から排出される生沈殿物（一次汚泥）と、曝気槽で増殖し、二次沈殿槽から排出される余剰活性汚泥（余剰汚泥）がある。

前者の一部は、既存の閉鎖型嫌気式反応槽で消化処理され、後者は全量が好気式安定化器にて酸化分解されており、処理後の汚泥は（閉鎖型嫌気式反応槽で処理されていない生沈殿物を含め）272 ヘクタールある汚泥田と呼ばれる施設にポンプにて搬送される。

汚泥田の本来の目的は、汚泥を乾燥させることにある。通常、汚泥の含水率が 70～80% にまでなれば、汚泥はこの汚泥田から除去されることになっているが、実際には除去されずに放置されている。この理由は、現在ウクライナでは、汚泥を有機肥料等として有効利用するための技術、即ちコンポスト化技術もその社会システムも確立していないからである。

このため、汚泥田の汚泥は、その場所で発酵し、悪臭を放っている。汚泥田の発酵のプロセスについては、汚泥田の表面では好氣的反応、汚泥田の中の方では嫌氣的反応となっており、その結果、汚泥田から CH₄ が発生し、地球温暖化に悪影響を与えている。

このプロジェクトでは、現在不完全にしか行われていない汚泥の閉鎖型嫌気式反応槽での消化を、閉鎖型嫌気式反応槽を新設することにより、すべての汚泥に対して適用し（既存の閉鎖型嫌気式反応槽、好気式安定化器の使用は取りやめる）、汚泥田へ搬送される汚泥の減量化を目指すものである。同時に、消化により発生した CH₄（消化ガス／バイオガス）は、コージェネレーションの燃料として使用する。そして、コージェネレーションで発生した電力と熱は、ボルトニッチ排水処理場内で使用する。コージェネレーションで得られた電力により、ボルトニッチ排水処理場は系統から購入する電力が減少し、結果、系統の発電所では化石燃料の使用が減り、GHG の排出量が減ることになる。

全体のプロジェクト計画の系統図は図 2-2 に、プロジェクト計画の平面図は図 2-3 に示す通りである。

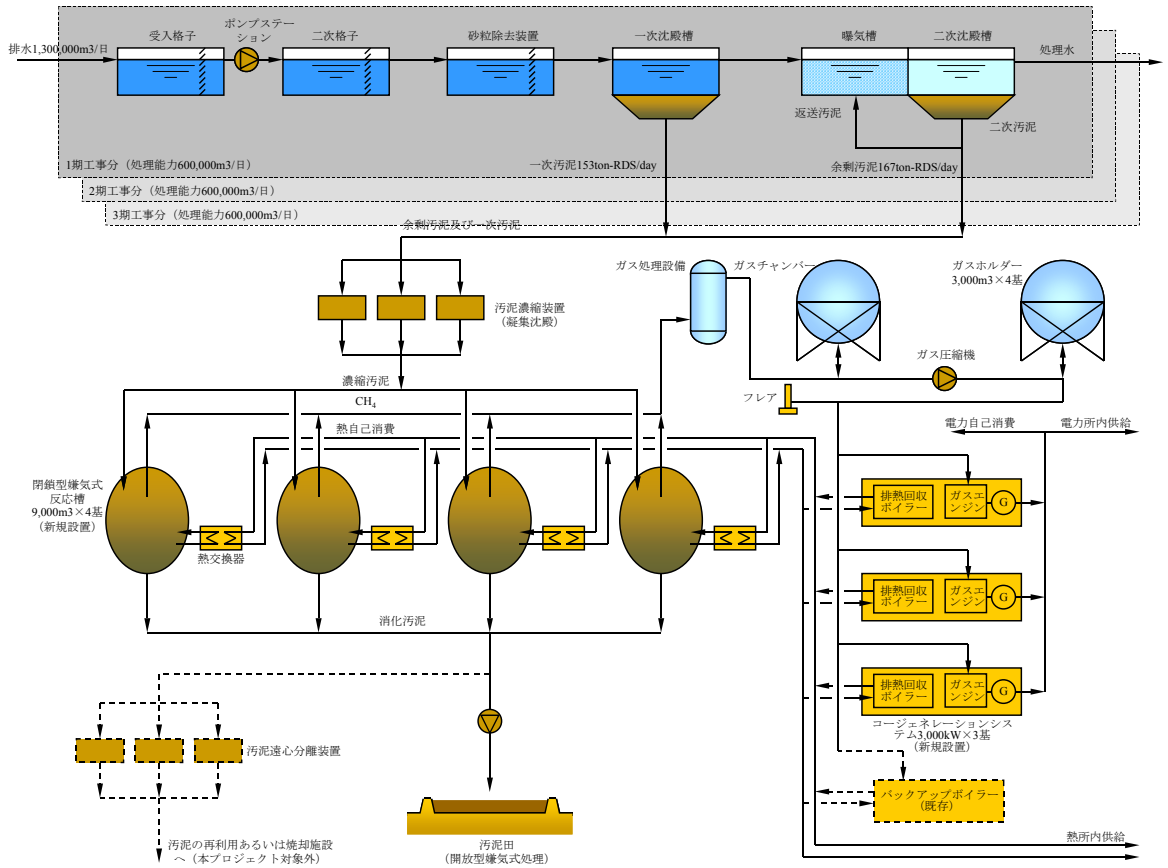


図 2-2 プロジェクト計画の系統図

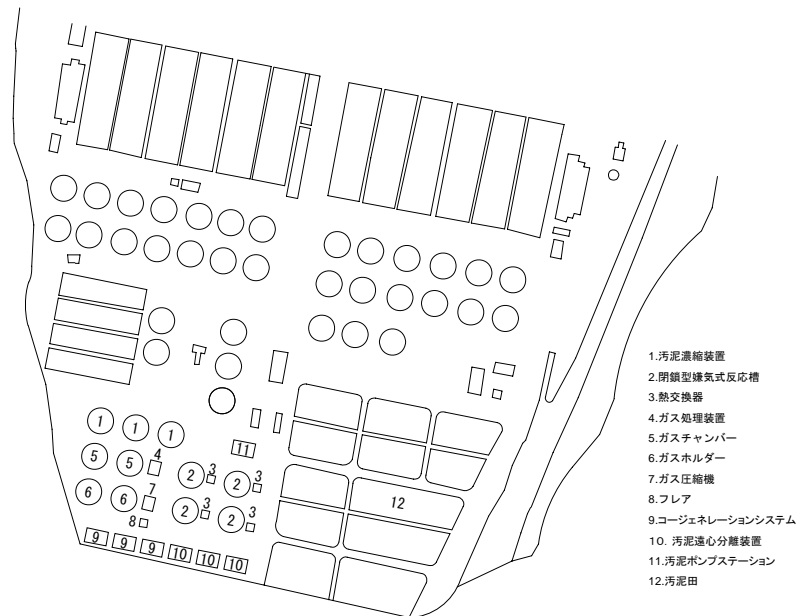


図 2-3 プロジェクト計画の平面図

2.3.1 システム構成

本プロジェクトのシステムは、大きく分けて以下の3つの技術に分けられる。

(1) 反応槽(閉鎖型嫌気式反応槽)

汚泥を嫌気的に消化させ、分解する反応槽である。このような反応槽は、日本や欧米の下水処理場においてはかなり普及しているが、ウクライナではほとんど普及しておらず、ボルトニッチ排水処理場にある反応槽は消化効率が非常に低い。例えば、ボルトニッチ排水処理場の消化効率は、30～40%に過ぎないが、日本の技術（適切な反応槽形状、攪拌方式、温度保持、滞留時間の確保等）なら、最大60%が可能である。

(2) バイオガス利用小型コージェネレーション

汚泥の消化ガス／バイオガスのような希薄なCH₄ガスでも安定した運転が可能なガスエンジン、発電機、排熱回収ボイラー、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、ウクライナにあるような既存の蒸気タービンをしのぐ効率である。加えて、消化ガス／バイオガス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。

(3) フレア技術

フレア設備では、ガスエンジンコージェネレーションで燃焼しきれない消化ガス／バイオガスに含まれるCH₄を、燃焼によりCO₂に破壊する。

上記各技術の構成設備計画の詳細は次節以降に示す通りである。

ウクライナでは、現在でもソビエト時代に建設された低効率なコンベショナル蒸気タービンが火力発電所で使用されており、資金不足のために、十分なメンテナンスができず、運転効率の下落が見られる。また、下水処理場に汚泥の消化ガス／バイオガスによるコージェネレーションが導入された実績もない。すなわち、上記の汚泥の消化技術、消化ガス／バイオガス利用小型コージェネレーション技術の組み合わせはウクライナ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。

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、先進国では既に成熟・普及しており、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。

2.3.2 反応槽計画

反応槽は、一次沈殿槽からの汚泥（生沈殿物）と、二次沈殿槽からの汚泥（余剰汚泥）を、バクテリアの働きによって嫌氣的に発酵・消化させ、汚泥の減量化を行い、同時に発生する消化ガス／バイオガスを回収する役割を持つ。槽は閉鎖型になっており、発生するガスは周囲に漏洩せずに、全量が回収できる。

一般に、汚泥の消化には、消化反応と固液分離を個別に行う2段消化と、消化反応のみを行う1段消化があるが、このプロジェクトの場合、反応槽を出た汚泥は汚泥田へ搬送できるため、固液分離を行う必要はない。従って、1段消化を採用する。

反応槽は、消化反応を円滑に行うために、適切な消化温度に維持してやる必要がある。その温度は、一般には中温消化と高温消化があるが、このプロジェクトでは敷地が十分にあることから、高温消化を採用して反応槽の容量を無理に小さくする必要はないので、中温消化（30～35℃）を採用する。

反応槽の構造は、一般的な円筒型とし、水密、気密性を確保するために現場打ち鉄筋コンクリート造とする。内面は、硫化水素によるコンクリートの劣化を防ぐため、エポキシ樹脂の塗膜を塗布する。外面は保温のため、断熱材で覆うものとする。

反応槽内部には、消化効率の向上、スカム防止のために攪拌装置を設ける。

尚、反応槽へ投入する汚泥は、前処理として凝集剤による濃縮を行う。

表 2-3 反応槽仕様

項目	仕様
処理汚泥量	116,800ton-RDS/year=320ton-RDS/day
汚泥含水率	94.5%
処理汚泥量	5,871 m ³ /day
反応槽容量	9,000m ³ ×4 槽
汚泥滞留日数	6days
形式、維持温度	1 段消化 中温消化 (30~35℃)
消化ガス/バイオガス発生予測量	16,118ton-CH ₄ /year=44ton-CH ₄ /day =61,605Nm ³ -CH ₄ /day
消化ガス/バイオガス中の CH ₄ ガス濃度	約 70%
構造	鉄筋コンクリート造 円筒形 内面エポキシ樹脂系塗膜塗布

2.3.3 ガス処理設備計画

消化ガス/バイオガスには、様々なガス成分が含まれる。このうち、システム、特にガスエンジン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、消化ガス/バイオガス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 (-CH₃) 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、消化ガス/バイオガス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、消化ガス／バイオガス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。消化ガス／バイオガスの性状の詳細な分析は、プロジェクトの実施設計段階で行う予定である。この場合、既存の反応槽から発生しているガスを分析することができる。

2.3.4 ガス貯留設備計画

消化ガス／バイオガスの発生量は必ずしも一定であるとは限らないが、消化ガス／バイオガス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、ガス圧縮機、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3時間程度で $3,000\text{m}^3 \times 4$ 槽程度とする。

尚、ガスホルダーへは、ガス圧縮機で加圧したガスを供給するものとする。圧縮されたガスはそのままの圧力で、ガスエンジンに供給される。また、ガス圧縮機吸込側には、ガス圧縮機の安定した運転を行うために、ガスチャンバーを設けるものとする。

2.3.5 コージェネレーション設備計画

ガスエンジン発電機は消化ガス／バイオガスに含まれるGHGである CH_4 ガスを燃焼させ、 CO_2 にまで破壊させるという重要な役割がある。加えて、電力と排熱が得られるので、得られた電力と排熱を所内で使用することが可能となる。

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、 $3,000\text{kW}$ クラスの発電機を3基設置できる見込みである（合計 $8,900\text{kW}$ ）。このガスエンジン発電機からの発電電力の一部は、ガス圧縮機等システム内で消費され、余剰分がボルトニッチ排水処理場内に送電される予定である。

一方、排熱回収ボイラーにて回収された排熱は、反応槽の温度維持に使用される他、冬期には、ボルトニッチ排水処理場内の暖房用として使用される。尚、得られた電力と排熱は、全量ボルトニッチ排水処理場内で消費される見込みである。

表 2-4 にガスエンジンコージェネレーションの主な仕様を示す。

表 2-4 ガスエンジンコージェネレーションの主な仕様

項目	数値
発電容量	3,000kWクラス×3基
電圧	10,000Vクラス
周波数	50Hz
排熱回収容量	3,400kWクラス
使用燃料	消化ガス／バイオガス (CH ₄ ガス含有率 70%)
燃料の発熱量想定値	25.57MJ/Nm ³ (6,108kcal/Nm ³)
発電効率	35%
排熱回収効率	40%
定格CH ₄ 消費量	856Nm ³ /h
定格消化ガス／バイオガス消費量	1,199Nm ³ /h
基数	3

2.3.6 送電設備計画

送電設備は、ガスエンジン発電機から得られた電力を、系統と連系してボルトニッチ排水処理場内に送電するための設備である。通常ガスエンジンが運転していて、ボルトニッチ排水処理場が正常に稼動していれば、ガスエンジンで得られた電力は全量がボルトニッチ排水処理場内で消費される見込みである。一方、ガスエンジン発電機が点検等で停止中は、従来通り系統から電力を買うことになる。従って、このプロジェクトでは、系統への逆流は想定していない。送電設備は、(所内への) 売電電力量計、(所内からの、即ち系統からの) 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。

2.3.7 フレア設備計画

フレア設備は、ガスエンジン発電機に対して余剰の消化ガス／バイオガスに含まれるCH₄ガスを燃焼させ、CO₂まで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、発生する消化ガス／バイオガス (CH₄ガス) の全量をフレア設備で破壊することになる。

表 2-5 にフレア設備の主な仕様を示す。

表 2-5 フレア設備の主な仕様

項目	数値
最大処理消化ガス／バイオガス量範囲（コージェネレーションが全基停止中）	3,598Nm ³ /h
最小処理消化ガス／バイオガス量範囲（コージェネレーションが1基停止中）	1,199Nm ³ /h程度
消化ガス／バイオガス中のCH ₄ ガス含有率	70%
CH ₄ 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）
基数	1

2.3.8 所内エネルギー消費

本プロジェクトにおいては、反応槽の温度維持のためのポンプ動力、反応槽の攪拌用の動力、ガス圧縮機用の動力、制御機器、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%程度と見込んでいる。

2.3.9 クレジット期間

(1)プロジェクト開始日

このプロジェクトでは、実際に運用が開始できるまでの建設期間を2年見込んでおり、プロジェクト開始日は、2007年1月1日である。

(2)プロジェクトの運用を開始する日

プロジェクトの建設工事が終わり、プロジェクトの運用を開始することによって、GHG排出削減が発生する。従って、プロジェクト活動によって得られる最初の排出削減の日は、プロジェクトの建設工事が終わり、プロジェクトの運用を開始する日であり、2009年1月1日である。

(3)クレジット期間

このプロジェクトは II プロジェクトであるが、ウクライナ政府・環境保護省はクレジット期間に関する方針決定（更新制度等）をいまだに行っていない。即ち、プロジェクトの承認においては、第一約束期間内のクレジット移転のみを対象としているが、ウクライナ政府・環境保護省は、「第一約束期間以後を含めたクレジット期間の設定は、ウクライナ政府とプロジェクト参加者の間の話し合いと契約により、柔軟に対応する。」との見解を示している。これを踏まえ、このプロジェクトでは、2009 年から更新なしの 15 年間のクレジット期間を設定する。

2.3.10 システム運転方法

ガスエンジンコージェネレーショ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（定期点検、オーバーホール（分解点検））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。この場合、汚泥の処理に支障をきたさないよう、3 基設置する予定の各ユニットを同時にメンテナンスするのではなく、順次別々に実施していく計画とする。1 基のガスエンジンメンテナンス中に、他の 2 基のガスエンジンで処理しきれない消化ガス／バイオガスは、フレアで処理する。

運転要員については、現在のキエフボドカナル社のスタッフで十分に対応できるが、機器増設により作業量が増えるため、5 名分の運転人員増を見込む。

2.4 プロジェクトコストの検討

2.4.1 イニシャルコストの検討

イニシャルコストの検討結果を、①汚泥前処理システム、②汚泥反応槽、③コージェネレーション及び④汚泥脱水装置の 4 つに分類して表 2-6 に示す。

表 2-6 イニシャルコストの内訳

投資コスト	EURO
汚泥前処理システム	
既存砂粒除去装置の改修	605,000
グリッド、水槽、配管ネットワーク	303,000
余剰活性汚泥の濃縮装置	1,007,000
濃縮装置建屋	303,000
汚泥反応槽	
反応槽	6,443,000
熱交換器	1,007,000
ガス貯留設備	2,417,000
小規模コージェネレーション	
コージェネレーション、フレア、ガス処理設備、等	11,443,000
コージェネレーション建屋	303,000
送電設備	303,000
汚泥脱水装置	
遠心分離装置	4,027,000
遠心分離装置建屋	202,000
合計	28,363,000

ガスエンジンの価格は、欧州のメーカーJ社からの見積をベースにしており、J社のガスエンジンを3基想定している。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、消化ガス／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。安易に安価なウクライナ製やロシア製のガスエンジンを導入することは想定していない。J社は世界的に消化ガス／バイオガス発電、炭鉱メタン発電、等に対する納入実績が非常に多いことで知られている。日本では、J社の製品をH社が販売している。

2.4.2 ランニングコスト、収入の検討

プロジェクトのランニングコストには、新たに設置される機器の運転費用、メンテナンス費用、汚泥濃縮のための凝集剤の購入費用、人件費などが必要である。一方、収入としては、発電を行うことによる、系統からの電力購入費の削減、排熱回収を行うことによる、天然ガスの購入費用の削減、汚泥田への汚泥の送水量が減ることによるポンプ運転費用の削減、好気性安定化器廃止に伴う、曝気用のブローア動力の削減分、等が挙げられる。以

下の表 2-7 にそれらをまとめたものを示す。

表 2-7 ランニングコストと収入の内訳

運転費用	単価	数量	EURO/y
人件費	2,500EURO/person	5person	12,500
機器メンテナンス費用	7.14EURO/MWh	64,400MWh/y	460,003
汚泥脱水（凝集剤）			2,600,000
合計			3,072,503

収入	単価	数量	EURO/y
発電	25EURO/MWh	64,400MWh/y	1,610,010
天然ガスの購入量の節約	0.07EURO/Nm ³	5,730,000Nm ³ /y	401,100
電力購入量の節約（250kW + 315kW の汚泥送水ポンプの運転が不要になる）	25EURO/MWh	4,949MWh/y	123,735
電力消費量の節約（925kW*3 基のプロアーの運転が不要になる）	25EURO/MWh	24,309MWh/y	607,725
合計			2,742,570

2.5 プロジェクト実施体制

2.5.1 プロジェクト参加者の概要

プロジェクト参加者の概要は以下に示す通りである。

○**清水建設株式会社 (Shimizu Corporation)** : プロジェクトの実現を目指す日本法人。総合建設・エンジニアリング会社。PDD (Project Design Document) を作成する。本プロジェクトに出資 (ERU の購買を含む) を行い、見返りに ERU を獲得する予定。

○**キエフ市役所 (Kiev Municipality)** : キエフ市のボルトニッチ排水処理場を保有する自治体。キエフボドカナル社とプロジェクトサイトの所有者であり、キエフボドカナル社、日本側とプロジェクトを共同で実施する。

○**キエフボドカナル社 (Kievvodokanal)** : プロジェクトの実現を目指すウクライナの法人で、キエフ市傘下の水道公社。キエフ市のボルトニッチ排水処理場の運営に責任を持つ、株

式が公開されている民間の株式会社であるが、資金源の全額が国家予算であるので、実質上は、公共事業体である。プロジェクトサイト運営者であり、キエフ市役所、日本側とプロジェクトを共同で実施する。本プロジェクトに出資することも視野に入れている。

2.5.2 プロジェクト実施組織の概要

II プロジェクトや CDM プロジェクトの実施のための体制には、大雑把に言って「初期投資型」と「ペイオンデリバリー型」があると言われている。初期投資型は、一般にすべてのリスクを投資国側プロジェクト参加者が取るもので、資金源がないホスト国の場合（特に CDM の場合に多い）に適用される。一方、ホスト国に適切な投資家がいる場合は（あるいはホスト国に適当な資金源がある場合は）、ペイオンデリバリー（Pay on Delivery）型を適用できる可能性がある。

以下に、上記の 2 通りの可能性について検討した結果を示す。

(1) 初期投資型の場合

日本側プロジェクト参加者は、このプロジェクトを実施するために、SPC (Special Purpose Company) を設立する。SPC は、日本側プロジェクト参加者の出資により設立され、このプロジェクトの初期投資（建設工事の発注）から、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）、検証のすべてに責任を持つ。

一方、ウクライナ側プロジェクト参加者は、SPC の業務のうち、一部を受託し、当該業務を遂行する。具体的には、モニタリングと報告、機器の運転・保守、経理業務、土地の提供、水の提供、SPC の許認可の取得支援等を行う。

(2) ペイオンデリバリー型の場合

日本側プロジェクト参加者は、ERU を発行ベースで、予め決めた価格で買い取る。今後の交渉で、買い取り ERU の一部を前払いでウクライナ側に提供することも考えられる。検証に関しては、ウクライナ側プロジェクト参加者による ERU の過大な報告という不正を防ぐ観点から、日本側が行うのが適当である。

一方、ウクライナ側プロジェクト参加者は、このプロジェクトの初期投資（建設工事の発注）から、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。

(3)このプロジェクトに適した資金調達方法の検討

ウクライナは成熟した国家であり、一部には十分な資金をもった投資家が存在する。投資家は民間部門に多いが、キエフ市にも公共投資を司る投資部門があり、投資案件の発掘を行っている。

また、ウクライナの JI プロジェクトでは、先行するオランダやオーストリアの JI プロジェクトの影響が大きく、JI プロジェクトと言えば、一部前払いを含むペイオンデリバリー（即ち、ホスト国が開発したプロジェクトを、投資国が（例えば入札という形で）買い取るスキーム）を想定するホスト国側プロジェクト参加者が多い。加えて、この方式は、ウクライナにある設備を外国企業に乗っ取られないようにするための有効な防御策でもある、と考える投資家もいるほどである。

このプロジェクトは、産出される ERU に対して、初期投資額が（ランドフィル案件等に比べれば、）かなり大きい JI プロジェクトである。しかも、公共インフラとしての排水処理場の改善に必要な資金部分が多い。このため、キエフ市はこのプロジェクトを JI 資金の他に ODA 等の公的資金とを組み合わせることも視野に入れて、ウクライナ政府との交渉を行っている。

ちなみに、ウクライナの市中銀行からの借入れは全く想定していない。なぜなら、ウクライナの中銀の利息は 2006 年 1 月現在で 18%以上であり、到底このプロジェクトの資金源としては受け入れられない水準である。

従って、このプロジェクトでは、JI 資金、ODA 等の公的資金など多様な資金を調達する必要性が高く、日本側 JI プロジェクトの参加者が、一式初期投資金額を全額負担するという単純な初期投資型のプロジェクトにはなりえない。ゆえに、このプロジェクトでは、ペイオンデリバリー型がより適切であると考えられる。

この場合、JI 資金の回収方法は、ERU の販売代金と、コージェネレーションによる電力購入代金の節約、等になる。一方で、ODA 等の公的資金の回収方法は、下水道料金の値上げ分を充当することがキエフ市により検討されている。

2.5.3 日本側の役割

ペイオンデリバリー型を選択した場合、日本側の参加者の主な役割は、プロジェクトの組成、ERU の買取である。

プロジェクトの組成とは、プロジェクトの発掘、FS の実施、PDD の作成、EIA の実施、適格性決定審査の実施（審査機関への発注）、検証の実施（審査機関への発注）が考えられる。

ERU の買取では、ERU を発行ベースで、予め決めた価格で買い取るものである。今後の交渉次第では、買い取り ERU の一部を前払いでウクライナ側に提供することも考えら

れる。

一方、設備機器調達（EPC 部分）については、日本企業によるエンジニアリングの下での海外製品の調達が考えられる。例えば、ガスエンジンコージェネレーションシステムは、ウクライナでのメンテナンスを考慮し、欧州から調達する方法が考えられる。但し、一部の設備機器については、ウクライナの技術水準からすれば難しいものではないことから、ウクライナでの調達も可能である。

日本側が負担するサービスとしては、ガスエンジンコージェネレーションシステムの設置（EPC）、および試運転から、初期運転段階／現地運転員の訓練段階における技術者の派遣がある。これにより、ウクライナにおいて消化ガス／バイオガスを用いたガスエンジンコージェネレーションシステムの運用が可能となる。

2.5.4 ウクライナ側の役割

ウクライナ側の参加者の主な役割は、資金源の確保、JI プロジェクトとしての LOE と LOA の取得、EPC の発注、プロジェクトの運用、ERU 移転へ向けたウクライナ政府への働きかけである。

前述の通り、資金源の確保については、日本側からの ERU 買い取り資金が一部前払いで得られる可能性がある。一方、ODA 等の公的資金も前払いで得られよう。不足する分については、キエフ市の投資部門からの資金調達が考えられる。今後、キエフ市は、この FS の結果を踏まえ、ODA の獲得（特に低利の環境円借款等）へ向けた具体的な活動を開始する予定とのことである。

設備機器については、ガスエンジンコージェネレーションシステムの補機類、および現地の据付工事については、全面的にウクライナ国内にて調達、実施することとした。

その他、ウクライナ側が負担するサービスとしては、EPC の発注、プロジェクトの運用がある。EPC の発注については、技術を持った日本側 EPC への発注が考えられる。プロジェクトの運用については、工業国であるウクライナでは、技術者のレベルは高いため、容易に行える能力があると考えられる。

2.5.5 クレジットの取得方法、分配方法

本プロジェクトにおける ERU の取得方法は、前述のようにペイオンデリバリー型を想定した。ERU の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がある。

また、プロジェクトによって発生する ERU は、全額を日本側プロジェクト参加者へ移転させる方針である。

2.6 プロジェクト実施に当たっての課題、リスク

本プロジェクトはERUが獲得できる2009年1月稼動へ向けて準備を進める予定である。FS終了後は、LOEの獲得、正式な適格性決定審査（IEのサイトビジットを含めて）、LOAの獲得、等を行っていく。

京都議定書が発効した今日においては、本プロジェクトは、①汚泥田におけるCH₄ガスの発生量が、事前の試験により明らかとなり、②想定通りに反応槽で消化ガス／バイオガスが発生し、回収・利用されれば、所定のERUを生み出すことは確実である。この理由から、本プロジェクトは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、注力・注視していく必要がある。

(1)汚泥田におけるCH₄ガスの発生量に関するリスク

汚泥田から発生しているCH₄の量は、事前の試験で排出係数を求めることによって明らかとなり、プロジェクトの実現可能性を適格に評価できる利点がある。この排出係数はPDDに明記され、適格性決定審査を経て、ウクライナ政府のLOAを受けると、後は汚泥の量だけをモニタリングしていれば、ERUが得られる算段となっている。従って、十分な長さの期間での試験の実施、試験結果の精査と、適格性決定、LOAの受領を経て、リスクを最小化する必要がある。

(2)パートナーに関するリスク

本プロジェクトにおけるカウンターパートにはキエフ市(地方自治体)とキエフボドカナル社(株式会社)を想定しているが、ウクライナ国内法の規制により、地方自治体そのものが民間投資活動に参画することは認められていない。

また、キエフボドカナル社は、その資金源を全額国家予算に頼っているとは言え、(行政機構の改編等で)消滅する可能性がないというわけではない。

どのような形で現地サイドのパートナーを選択するかが、今後の事業化に向けての大きな課題である。

(3)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大きく、反応槽等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。当社は旧ソ連諸国(ウズベキスタン共和国とロシア連邦)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、このプロジェクト

の EPC を受注し、これらのリスクを回避できる。

(4)ウクライナのプロジェクト承認に関するリスク

ウクライナの JI 承認基準は、2005 年にほぼ骨格が固まったが、首相の署名がないために、2006 年 1 月現在においても、いまだ正式なものとはなっていない。本来なら、大統領の命令により、2005 年 10 月中には、その内容が明らかにされるはずだったが、国家元首である大統領の命令さえも、期限内に守られない遅怠な行政機構であることが世界中に露呈した形になっている。一旦承認基準が固まっても、その運用実績がないので、どのように円滑に運用されるかは大きなリスク要因である。今後は、この承認基準の運用実績を注視する必要がある。

(5)ウクライナの JI 参加資格に関するリスク

ウクライナは京都議定書を批准しており、JI 参加資格のうちの一つを既に満たしている。また、初期割当量も確定しているし、直近のインベントリーも提出されている。しかし、国家登録簿（レジストリー）に関しては、2006 年末までその完成を待たなければならない。即ち、EUETS に参加している欧州の国に比べれば、1 年以上の体制の遅れが見られる。今後も、ウクライナの JI 参加資格について注視していく必要がある。

(6)第 2 約束期間以降の制度に関するリスク

CDM の場合、CER が CDM 理事会から発行されるため、仮に第 2 約束期間以降の CER の経済的価値がないとしても、CER そのものは得られるしくみになっている。その一方で、JI の場合、第 2 約束期間以降の ERU が、果たして発行されるのかについても不明な点が多い。ウクライナの JI プロジェクト承認基準によれば、承認されるのは第一約束期間だけである。今後も、国際情勢、制度構築、ウクライナ政府の姿勢を見極め、対応を検討していかなければならない。

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、ウクライナ政府への PIN の提出、LOE の獲得、適格性決定の実施、PDD の提出、EIA の実施、LOA の獲得、等を始めとする、具体的な活動を開始する予定である。

2.7 資金計画

事業の初期投資額は約 28,363 千 EURO（約 40 億円）で、既に述べた通り、本プロジェクトは、日本側からのペイオンデリバリーによる資金と、ODA 等の公的資金、あるいはウ

クライナ側の資金（キエフ市の投資部門からの資金）によって実施することを想定している。ERUの買い取り価格をいくらにするか、前払いの割合をいくらにするかが、今後の交渉・検討課題となる。

また、このプロジェクトに必要な初期投資金額の全額を見込み、IRRを検討した結果、下水道料金や電力料金が変わらず、ERUの経済的価値を30EURO/ton-CO₂以上としなければ、このプロジェクトは実現性が乏しい。この原因は、イニシャルコストの大きさ、即ち、プロジェクトに含めている新設設備の範囲の広さに関係している。また、ランニングコストでは、汚泥を消化させるための前処理に必要な濃縮に関わる費用の大きさが挙げられよう。いずれにしても、30EURO/ton-CO₂という数字は、現在のEUETSにおける、不遵守の場合の罰金（40EURO/ton-CO₂）に近い数値であり、現在のEUETSの市場の相場（2006年1月現在で約22～27EURO/ton-CO₂）を考えても、少々割高である。

そこで、このプロジェクトに要する資金の範囲を見直し、例えば、ODA等の公的資金（環境円借款等）を導入し、プロジェクトの一部を公共事業として実施することも視野に入れなければならない。現地カウンターパートで、プロジェクト参加者でもあるキエフボドカナル社もこのことには熟知しており、既に、本プロジェクトを環境円借款要請の有望案件として、ウクライナ政府に必要提案書類を提出している。

従って、今後は、どこまでをJI資金という民間資金で賄うか、どこからを公的資金（キエフ市の投資部門の資金を含む）で賄うかを協議、交渉していくことになる。

公的資金部分はODAに限らず、GISの活用という可能性も考えられる。但し、①このプロジェクトで実際に発生しうるERU以上のAAUをウクライナから日本へ移転する必要があること、②ウクライナ自身がGISへの準備ができておらず、政府内でのコンセンサスが何らないこと、により、実現には時間がかかるものと考えられる。

2.8 プロジェクト実施スケジュール

以下におおよそのプロジェクト実施スケジュールを示す。尚、以下のスケジュールは、ウクライナのJI承認基準が正式に首相の署名を得て、適切に運用された場合の、最速のスケジュールである。但し、ODA等の公的資金の獲得には、かなりの時間を要することも考えられる。その場合には、当面キエフ市の投資部門による資金調達も考えられる。また、JI監督委員会（6条委員会）での議論の進展によっては、委員会への登録が必要になる可能性が高い。以下のスケジュールにはこの登録に必要な期間は含まれていない。

- | | |
|-------------|-----------------|
| ○2006年4月 | PINをウクライナ政府へ提出 |
| ○2006年5月 | LOEの受領 |
| ○2006年6月～7月 | 最終PDDの作成、EIAの実施 |
| ○2006年8月～9月 | 適格性決定審査の実施 |

- 2006年10月～11月 LOAの受領
- 2007年1月 ERU購買契約締結、設計の開始
- 2007年6月 建設工事の開始
- 2009年1月 クレジット期間の開始
- 2023年12月 クレジット期間の終了

第3章 ベースラインの設定

3.1 ベースライン方法論の検討

(1) 既存方法論の整理

本プロジェクトはJIプロジェクトであるが、JIプロジェクトでは、2005年末にようやく6条監督委員会が設立された段階であり、方法論の扱いがどうなるかははっきりしていない。そこで、CDMで利用可能な方法論について検討した。以下の表に既に承認されている方法論と、承認されていないものの提案されている方法論の中から、本プロジェクトに適用できそうなものをリストアップし、適用可能性を検討した結果を示す。

注：以下の方法論における「ラグーン」と「汚泥ピット」は、このプロジェクトにおける「汚泥田」と同義に解釈することができる。

表 3-1 下水汚泥 CH₄回収の JI 案件に適用可能な方法論の検討

方法論 1

方法論番号	AM0022 (NM0041)
承認時期	2005 年 5 月
プロジェクト名称 (ホスト国)	Korat Waste To Energy Project (タイ)
プロジェクト活動 の内容	プロジェクト活動は、既存のラグーンをベースにした産業有機排水処理システムへ、新規の嫌気性処理施設を導入するものである。新規の嫌気性処理施設にて部分的に処理された排水は、既存のラグーンシステムへ放流される。これにより、処理システムからの CH ₄ の排出が全面的に削減される。嫌気式処理施設で回収されたバイオガスは、熱あるいは／および電力の発生に使用される。その結果、熱あるいは／および電力に必要な化石燃料を代替するか、系統から購入する電力の量を削減できる。結果、CO ₂ の排出が削減される。嫌気式処理からの余剰なバイオガスはフレアで処理される。
適用条件	<p>この方法論は、以下の条件の下で、ラグーンをベースにした産業排水処理施設が現状あって、それに嫌気式処理システムを導入するプロジェクトに適用可能である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ プロジェクトは、現在ラグーンをベースにした、有機性排水負荷の高い、産業排水処理施設で実施される。 ・ 有機性排水は、単純な有機物(単糖類)を含むものとする。もし、そういった単純な糖類と同等なもの以外の物質を含む排水に対して、この方法論を使用するのなら、CH₄の排出係数は、0.21 kgCH₄/kgCOD とは違ったものを得た上で、適用すること。 ・ この方法論は、既存の排水処理施設に対してしか適用できない。新設、増設の施設に対しては適用できない。 ・ 排水の管理に関しては、現在のラグーンシステムの継続使用というベースラインが成立すること。特に、現在のラグーンをベースにしたシステムそのものが、法律、規制に合致していること。 ・ 嫌気式ラグーンの深さは最低でも 1m はあること。 ・ 嫌気式ラグーン内での排水の温度は、常に最低でも 15°C はあること。 ・ プロジェクトにおいては、嫌気式処理システムから回収されたバイオガスは、熱あるいは／および電力として、所内で使用すること。余剰分はフレアで処理すること。 ・ 排水処理施設における単位流入排水量に対する熱需要、電力需要は、プロジェクトの実施前と実施後では、大きく変わらないこと。 ・ 関連するモニタリング方法論で規定されている、要求データが完備されること。特に、ラグーンをベースにした処理システムへの流入有機物量、流出有機物量が必要であり、そして他の除去プロセスがどの程度貢献しているかを定量化(計測するかあるいは試算すること)すること。
発電がある場合の 対応	グリッド以外の発電を代替する場合：燃料消費量から計算できる方法論を提供。グリッドの発電を代替する場合：小規模 CDM の簡易方法論 I.D.もしくは ACM0002 が使用できる。
熱利用がある場合 の対応	燃料消費量から計算できる方法論を提供。
利点	・ 既に承認されている方法論である。
問題点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 下水汚泥案件に適用できるとは書いていない。 ・ 多くの面で、プロジェクト特有のパラメーターを(実験等で)設定するよう要求しており、中には、設定が難しいものもある。例えば、ラグーンで嫌気分解する量を求めるのに、好気分解する量、化学的に酸化される量、沈殿し分解されない量を事前に決めなければならない。もっと方法論が簡単であれば、使いやすはず。 ・ 「嫌気式ラグーン内での排水の温度は、常に最低でも 15°C はあること。」とあるが、プロジェクト実施者側としてそれを事前に証明することはなかなか難しい。

方法論 2

方法論番号	AM0013 (NM0039 と NM0085)
承認時期	2005 年 5 月
プロジェクト名称 (ホスト国)	Bumibiopower Methane Extraction and Power Generation Project (マレーシア) Vinasse Anaerobic Treatment Project (ニカラグア)
プロジェクト活動 の内容	プロジェクト活動では、バイオガスの抽出能力を持った嫌気式反応槽を、既存の有機排水処理プラントに設置し、排水中のほとんどの生物分解可能な有機物を処理するものである。この一次処理の後、排水は、有機負荷が少ない状態になって、既存の開放型ラグーンに流入する。抽出されたバイオガスは、発電もしくは熱利用される。したがって、プロジェクトにより、大気中へ放出する CH ₄ の量が減少することになる。さらに、CH ₄ をフレア処理する代わりに、バイオガスを利用することにより、電力の代替、化石燃料の代替に貢献し、更なる GHG の排出削減となる。
適用条件	この方法論は、以下の適用条件の下で行われる産業有機排水処理プラントでの CH ₄ 回収プロジェクトに適用できる。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 既存の排水処理システムは、以下のような、「アクティブな」嫌気条件下での、開放型ラグーンシステムであること。 <ul style="list-style-type: none"> > 開放型ラグーンシステムの深さは最低でも 1m はあること。 > 開放型ラグーン内の汚泥の滞留時間は、最低でも 1 年であること。 > 開放型ラグーン内の汚泥の温度は、常時 15°C を超えること。 ・ この方法論は、CH₄ を強制的に抽出するプロジェクトに適用可能である。このようなプロジェクトでは、開放型ラグーンから、CH₄ の生成速度が増加する閉鎖型の反応槽、あるいはそれと同等のものへの、プロセスの変化がある。即ち、プロジェクトで抽出する CH₄ の量は、ベースラインの場合の CH₄ 排出量よりも多いので、プロジェクトで回収された CH₄ の量をベースラインの排出量とするだけでは不十分であろう。 ・ 回収された CH₄ は、発電に使用されるか、熱を生成させる。発電により、適切に定義された系統における電力を代替することにより、その排出を回避できるものである。 ・ 再生可能エネルギーによる発電の容量は、15MW 未満であること。
発電がある場合の 対応	全電源平均か ACM0002 に記載のコンバインドマージンを使用できる。
熱利用がある場合 の対応	燃料消費量から計算できる方法論を提供。
利点	・ 既に承認されている方法論である。
問題点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 下水汚泥案件に適用できるとは書いていない。 ・ 各種パラメーターがいずれもあまりに保守的過ぎるので、果たしてこの方法論を使用する価値が本当にあるのかが疑問。 ・ 「開放型ラグーン内の汚泥の温度は、常時 15°C を超えること。」とあるが、プロジェクト実施者側としてそれを事前に証明することはなかなか難しい。

方法論 3

方法論番号	NM0038
承認時期	未承認 (EB18 で B 判定)
プロジェクト名称 (ホスト国)	Methane Gas Capture and Electricity Production at Chisinau Wastewater Treatment Plant (モルドバ)
プロジェクト活動 の内容	プロジェクト活動は排水処理施設からなるものとし、既存の排水処理施設を撤去し、下記の条件を満足するものである。
適用条件	この方法論は、以下の条件の排水処理プラントに適用できる。 <ul style="list-style-type: none"> ・ プロジェクトは既存の排水処理プラントで行われること。 ・ 既存の排水処理プラントでは、汚泥が開放型汚泥ピットで生物分解され、それは嫌気条件で運用されており、CH₄の回収は全く行われていないこと。汚泥ピットへ投入される汚泥の総固形物量は、10%未満であること。汚泥ピットの汚泥の深さは 50cm 以上であること。汚泥の汚泥ピットにおける滞留時間は最低でも 2 年であること。汚泥ピット内の平均温度は 15℃より高いこと。 ・ 新しい排水処理プラントでは、一次汚泥を制御された、閉鎖型の、嫌気式反応槽にて処理すること。二次汚泥と反応槽からの余剰汚泥は、脱水施設で処理すること。 ・ 新しい排水処理プラントでは、嫌気式反応槽で発生した CH₄ を燃焼させること。それにより、ガスを破壊し、電力と熱を生むこと。 ・ このプロジェクト活動では、さらに、脱水した余剰汚泥と、脱水した二次汚泥を、野や森林にばらまき、それ以上の生物分解は好氣的に行われるようにし、CH₄がそれ以上生成しないようにする。
発電がある場合の 対応	小規模 CDM の簡易方法論 I.D.が使用できる。
熱利用がある場合 の対応	不明 (説明がない)。
利点	・ 汚泥からの CH ₄ 排出に関する唯一の方法論である。
問題点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 承認されていない方法論である。 ・ この方法論では、二次汚泥をプロジェクトで設置する嫌気式反応槽で分解しない。従って、我々が想定しているプロジェクトには適用が不可能。但し、二次汚泥をプロジェクトで設置する嫌気式反応槽で分解する場合の未完成な記述が完成すれば、適用できるかもしれない。 ・ プロジェクトで設置する嫌気式反応槽から排出される余剰汚泥は、それ以上は嫌気分解させないことになっており、我々が想定しているプロジェクトには適用が不可能。 ・ 各種パラメーターがいずれも保守的過ぎる傾向があるので、果たしてこの方法論を使用する価値が本当にあるのかが疑問。 ・ プロジェクトで設置する設備からの CH₄ の漏洩量、貯蔵施設からの CH₄ の発生量に関しては、必要なパラメーターが与えられていない。

(2) 新しい方法論を提案するか、それとも既存の方法論を使用するか？

承認された方法論は、いずれも汚泥処理に適用できるかどうか不明である。すなわち、承認された2つの方法論は、汚泥処理に対して適用できるとも、適用できないとも書いていない。汚泥といっても、汚泥の濃度が濃いだけであり、一種の排水とも考えられるから、承認された方法論を適用できないと断定することはできないと思われるが、排水処理とは明らかに違うパラメーターを使用しなければならないだろう。

一方、モルドバのプロジェクト参加者は、提案している新しい方法論 (NM0038) を適用するのは断念し、既存の承認済みの方法論の流用の検討を開始したとの未確認情報もある。彼らがどのような対応を見せるのか、今後注目していく必要がある。

ここで、我々は、CDM ではなく、JI での方法論構築を目指していることを留意し、ホスト国の承認が得られる客観的なデータを提供する必要性を重要視しなければならない。つまり、新しい方法論を提案しても、CDM のような面倒なことは起らない可能性があり（これは楽観的すぎるかもしれないが）、むしろ JI で自分の腹が傷む（AAU が減ってしまう）JI ホスト国に対し、およそ客観的とは言えない（すなわち、このプロジェクトに特有（specific）とは言いがたい）デフォルト値のオンパレードの方法論は避けなければならない。

以上の検討により、我々は、本プロジェクト向けの新しい方法論を構築した方が得策であると考えた。

(3) 新しい方法論を構築する上での留意点

○簡単で、わかりやすいことが重要である。既に承認済みの方法論は、過度に複雑である。もっと簡単なものが使いやすい。

○実測試験データにより、プロジェクトに特有の排出係数が採用されていることが必要である。文献からのデフォルト値のオンパレードでは何も説得力がない。

○「汚泥の温度が年間を通して 15°C 以上」とか、「汚泥田の深さが 1m 以上」といった不必要な条件を設定しない。すべては、プロジェクトに特有の排出係数で語れるようにすべきである。

(4) 新しい方法論を構築する上でどのような実測データを採取するか？

○実際に汚泥田で CH₄ の排出量を測定する。

○上記試験は、実際の汚泥処理期間に合わせて継続させる。

○提案する試験計画は別添による。

(5) 構築された新しい方法論の概要

提案する新しい方法論の概要は以下の通りである。

どのようにしてベースラインシナリオを決定するか

ありえそうなシナリオ候補を列举し、それらの障壁分析を行う。最も障壁の少ないものの中から、投資分析を行い、最も投資効果が高いものをベースラインシナリオとする。

どのようにして追加性を証明するか

プロジェクトシナリオの GHG 排出量が、ベースラインシナリオの GHG 排出量よりも少ないことを定性的に示すことにより、追加性を証明する。

どのようにしてベースラインの排出量を決定するか

ベースラインシナリオの GHG (CH₄のみを考慮) 排出量は、下水処理場から開放型嫌気式汚泥消化施設 (汚泥田) に投入される汚泥の量と、単位汚泥あたりの排出係数との積により計算する。

どのようにしてプロジェクトの排出量を決定するか

プロジェクトシナリオの GHG (CH₄のみを考慮) 排出量は、新設する閉鎖型嫌気式汚泥消化施設 (反応槽) から開放型嫌気式汚泥消化施設 (汚泥田) に投入される汚泥の量と、単位汚泥あたりの排出係数との積により計算する。

どのようにしてリーケージの排出量を決定するか

ベースラインシナリオにおけるリーケージ (CO₂のみを考慮) は、プロジェクトでの発電により代替した電力を供給する系統の排出と、プロジェクトでの熱回収により代替した熱を供給する熱供給システムの排出である。これらは、電力量と系統の排出係数の積、熱回収量と熱供給システムの排出係数の積により計算する。一方、プロジェクトシナリオではリーケージはない。

どのようにして排出削減量を決定するか

排出削減量は、ベースラインシナリオの GHG 排出量とベースラインシナリオにおけるリーケージの和から、プロジェクトシナリオの GHG 排出量を差し引いたものである。

(6) 構築された新しい方法論の適用条件

新しい方法論では、以下の適用条件を設定した。

(適用条件1) 既存の下水処理場では、発生する汚泥を、開放型嫌気式汚泥消化施設 (汚泥田) で処理しており、大気中に CH₄ が排出されていること。発生する汚泥を、開放型嫌気式汚泥消化施設へ投入する前に、何らかの前処理を行っていても良い。既に開放型嫌気式汚泥消化施設で、大気中に排出されている CH₄ を幾分か回収している場合は、この方法論は適用できない。

(適用条件2)プロジェクトでは、汚泥を閉鎖型嫌気式汚泥消化施設で処理し、閉鎖型嫌気式汚泥消化施設から発生するCH₄を含む消化ガス／バイオガスを全量回収すること。

(適用条件3)プロジェクトの閉鎖型嫌気式汚泥消化施設で十分に処理された汚泥は、開放型嫌気式汚泥消化施設で再度処理すること。(プロジェクトの閉鎖型嫌気式汚泥消化施設で十分に処理された汚泥を、開放型嫌気式汚泥消化施設で再度処理せず、CH₄が発生しない処理方法をとる場合は、プロジェクトの排出量をゼロとしてこの方法論を適用できる。)

(適用条件4)閉鎖型嫌気式汚泥消化施設から回収したCH₄を含む消化ガス／バイオガスは、コージェネレーション、あるいは発電機、あるいはボイラーの燃料として使用すること。あるいはフレア設備で燃焼処理すること。

(適用条件5)コージェネレーションあるいは発電機で得られた電力は、プロジェクトのシステムで自己消費する分を除き、下水処理場及び／あるいは系統へ送電する。この結果、下水処理場では、系統から購入する電力が減り、系統の発電所で削減された排出をクレームすること。(クレームしない場合は、削減量をゼロとしてこの方法論を適用できる。)

(適用条件6)コージェネレーションあるいはボイラーで得られた排熱は、プロジェクトのシステムで自己消費する分を除き、下水処理場及び／あるいはその近傍の熱需要家へ送熱する。この代替熱エネルギーの使用により、化石燃料の使用量が減り、その結果得られる排出削減量をクレームすること。(クレームしない場合は、削減量をゼロとしてこの方法論を適用できる。)

(適用条件7)開放型嫌気式汚泥消化施設における単位汚泥あたりの当該汚泥特有の排出係数が事前に明らかになっていること。この排出係数の事前の計測期間は、開放型嫌気式汚泥消化施設での実際の汚泥の処理期間を超えないこと。事前の計測をする場合の汚泥の単位と、プロジェクトを実施する場合のモニタリング時の汚泥の単位を一致させること。

3.2 ベースラインシナリオの検討と追加性の検証

(1) ベースラインシナリオの特定

ここでは、以下の手順によりベースラインシナリオを特定していく。

まず、ホスト国ウクライナで合法的でありえそうなシナリオをすべて列挙する。この中には、プロジェクトシナリオも含める。

以下に考えられるシナリオを列挙する。以下のシナリオの内、次工程の障壁分析（バリアー分析）をするまでもなく、ベースラインとしてありえないと考えられるものについては、その理由も示す。

表 3-2 ホスト国ウクライナで合法的でありえそうなシナリオ

シナリオ番号	シナリオ内容	次工程の障壁分析をするまでもなく、ベースラインとしてありえないと考えられるものについては、その理由
シナリオ 0	現状維持。すなわち、処理場から発生する汚泥のうち、既存の閉鎖型嫌気式反応槽で処理可能な 14.7%だけは反応槽で処理し、処理後汚泥田へ搬送して処理・放置し、既存の反応槽で処理できない大部分の汚泥は、そのまま汚泥田へ搬送して処理・放置する。	(ベースラインとしてありえるので、次工程で検討する必要あり)
シナリオ 1	濃縮プロセス導入案。新たに汚泥濃縮装置を導入し、汚泥を濃縮処理する。	汚泥濃縮後の処理方法が存在しない、濃縮しても経済的なメリットがない(投資に対するリターンがない)、という理由で、ベースラインとしてはありえない。
シナリオ 2 (このプロジェクト)	消化プロセス導入案。新たに汚泥消化装置を導入し、汚泥を消化処理する。消化により得られた消化ガス/バイオガスを有効利用することも含む。消化を効率的に行うための汚泥濃縮も含む。	(ベースラインとしてありえるので、次工程で検討する必要あり)
シナリオ 3	脱水プロセス導入案。新たに汚泥脱水装置を導入し、汚泥を脱水処理する。	汚泥脱水後の処理方法が存在しない、脱水しても経済的なメリットがない(投資に対するリターンがない)、という理由で、ベースラインとしてはありえない。
シナリオ 4	コンポスト化プロセス導入案。新たに汚泥コンポスト化装置を導入し、汚泥をコンポスト化処理する。コンポスト化により得られた肥料を有効利用することも含む。コンポスト化を効率的に行うための汚泥濃縮、汚泥乾燥、汚泥脱水も含む。	(ベースラインとしてありえるので、次工程で検討する必要あり)
シナリオ 5	乾燥プロセス導入案。新たに汚泥乾燥装置を導入し、汚泥を乾燥処理する。	汚泥乾燥後の処理方法が存在しない、乾燥しても経済的なメリットがない(投資に対するリターンがない)、という理由で、ベースラインとしてはありえない。
シナリオ 6	焼却プロセス導入案。新たに汚泥焼却装置を導入し、汚泥を焼却処理する。	(ベースラインとしてありえるので、次工程で検討する必要あり)
シナリオ 7	熔融プロセス導入案。新たに汚泥熔融装置を導入し、汚泥を熔融処理する。	汚泥熔融後の処理方法が存在しない、熔融しても経済的なメリットがない(投資に対するリターンがない)、という理由で、ベースラインとしてはありえない。
シナリオ 8	埋立プロセス導入案。汚泥を固形廃棄物埋立処分場へ搬送して、処理・放置する。	汚泥田へ搬送している現状維持の方が搬送の手間が少ないため、ベースラインとしてはありえない。

次に、列挙されたシナリオの障壁分析を行う。最も障壁の少ないものの中から、投資分析を行い、最も投資効果が高いものをベースラインシナリオとする。以下に障壁分析を行った結果を示す。

表 3-3 シナリオの障壁分析

シナリオ番号	シナリオ内容	考えられる障壁
シナリオ 0	現状維持。すなわち、処理場から発生する汚泥のうち、既存の閉鎖型嫌気式反応槽で処理可能な 14.7%だけは反応槽で処理し、処理後汚泥田へ搬送して処理・放置し、既存の反応槽で処理できない大部分の汚泥は、そのまま汚泥田へ搬送して処理・放置する。	現状維持なので障壁はない。
シナリオ 2 (このプロジェクト)	消化プロセス導入案。新たに汚泥消化装置を導入し、汚泥を消化処理する。消化により得られた消化ガス/バイオガスを有効利用することも含む。消化を効率的に行うための汚泥濃縮も含む。	技術的な障壁はない。経済的に成立するかどうか検討の必要性あり。
シナリオ 4	コンポスト化プロセス導入案。新たに汚泥コンポスト化装置を導入し、汚泥をコンポスト化処理する。コンポスト化により得られた肥料を有効利用することも含む。コンポスト化を効率的に行うための汚泥濃縮、汚泥乾燥、汚泥脱水も含む。	障壁がある。ウクライナでは、汚泥のコンポスト化は全く行われていない。その理由は、コンポスト化のための技術も、社会システムも存在しないからである。
シナリオ 6	焼却プロセス導入案。新たに汚泥焼却装置を導入し、汚泥を焼却処理する。	技術的な障壁はない。経済的に成立するかどうか検討の必要性あり。

以下にシナリオ 0、シナリオ 2、シナリオ 6 の投資分析結果を示す。

表 3-4 シナリオの投資分析

シナリオ番号	シナリオ内容	追加的な支出	追加的な収入	税引後 IRR (建設 2 年間、 運営 15 年間で 計算)
シナリオ 0	現状維持。すなわち、処理場から発生する汚泥のうち、既存の閉鎖型嫌気式反応槽で処理可能な 14.7%だけは反応槽で処理し、処理後汚泥田へ搬送して処理・放置し、既存の反応槽で処理できない大部分の汚泥は、そのまま汚泥田へ搬送して処理・放置する。	なし。	なし。	—
シナリオ 2 (このプロジェクト)	消化プロセス導入案。新たに汚泥消化装置を導入し、汚泥を消化処理する。消化により得られた消化ガス/バイオガスを有効利用することも含む。消化を効率的に行うための汚泥濃縮も含む。	初期建設費 28,363 千 EURO 運営費 3,072,503 EURO/年	消化ガス/バイオガスの有効利用による電力購入費の削減、ガス購入費の削減 2,742,570 EURO/年	IRR の計算ができない(収入が少なすぎて投資回収できない。)
シナリオ 6	焼却プロセス導入案。新たに汚泥焼却装置を導入し、汚泥を焼却処理する。	初期建設費 137,863 千 EURO 運営費 8,149,417 EURO/年	消化ガス/バイオガスの有効利用による電力購入費の削減、ガス購入費の削減 10,372,496 EURO/年	IRR の計算ができない(収入が少なすぎて投資回収できない。)

以上の検討により、ベースラインシナリオは現状維持であることを決定された。

(2) 追加性の証明

次に、追加性を証明する。プロジェクトはシナリオ 2 である。シナリオ 2 はベースラインシナリオではないことが明らかになったので、プロジェクトは既に追加的であることが証明されているが、シナリオ 2 により、「GHG の排出量を追加的に削減できること」を証明する。そのためには、

$$\text{(Equation-6) } \text{Sum MSByi} > \text{Sum MSPyi}$$

が証明できれば、数学的には

$$\text{(Equation-1) } \text{Baseline emissions} + \text{Baseline leakage} > \text{Project emissions} + \text{Project Leakage}$$

が自明なものとなる。従って、システムの特性上、定性的にでも(Equation-6)が証明できれば、(Equation-1)が証明され、追加性が証明できる。

ここで、

$$\text{(Equation-2) Baseline emissions (ton-CO}_2\text{/y) = Sum (MSBy}_i\text{ * EF}_i\text{) * GWP}_m$$

$$\text{(Equation-3) Baseline leakage (ton-CO}_2\text{/y) = EFP}_y\text{ * P}_y$$

$$\text{(Equation-4) Project emissions (ton-CO}_2\text{/y) = Sum (MSPy}_i\text{ * EF}_i\text{) * GWP}_m$$

$$\text{(Equation-5) Project Leakage (ton-CO}_2\text{/y) = 0}$$

ここで、

MSBy_i: ベースラインのシステムから汚泥田へ排出される汚泥 i の量 Sludge i mass exhausted from the baseline system into the sludge field in the year y (ton-RDS/y)

MSPy_i: プロジェクトのシステムから汚泥田へ排出される汚泥 i の量 Sludge i mass exhausted from the project system into the sludge field in the year y (ton-RDS/y)

EF_i: 汚泥 i の排出係数 Emission factor of the sludge i (ton-CH₄/ton- RDS)

EFP_y: ベースラインにおけるグリッドの排出係数 Emission factor of the baseline grid in the year y (ton-CO₂/MWh)

P_y: コージェネレーション (あるいは発電機) による正味供給電力 Net supplied power by the project co-generation system (or generator) in the year y (MWh/y)

GWP_m: CH₄ の地球温暖化係数 Global warming potential of CH₄ (無次元 no dimension) = 21

である。

ここで、プロジェクトでは、汚泥を全量反応槽にて処理した上で、汚泥田へ搬送する計画である。従って、反応槽で汚泥の中に含まれる有機物が処理され、分解され、消化ガス／バイオガス化した分だけ、汚泥田へ搬送する汚泥の量はベースライン (現状維持) よりも、確実に減ることになる。つまり、(Equation-6)が成立している。ゆえに、プロジェクト

は追加的である。

3.3 リークージとプロジェクト境界の検討

プロジェクト境界は、既存の汚泥田と、新設する閉鎖型嫌気式汚泥消化施設、コージェネレーションシステム、フレア設備を包含するものとする。以下の表 3-5 に、プロジェクト境界内からの排出源を列挙し、各排出を計算に含めるか否かを記載する。プロジェクト境界を図示したものを図 3-1 に示す。

表 3-5 プロジェクト境界内からの排出源

シナリオ種別	排出源	GHG 名称	計算に含めるか否か	計算に含めない場合の理由
ベースライン	汚泥田	CO ₂	含めない	汚泥の発酵・分解により CO ₂ の排出があるが、保守性を確保するために無視する。加えて、この CO ₂ はバイオマス由来であるので、無視できる。
		CH ₄	含める	最も重要な排出源である。
プロジェクト活動	汚泥田	CO ₂	含めない	汚泥の発酵・分解により CO ₂ の排出があるが、無視する(プロジェクトで汚泥田に投入される汚泥の量は、ベースラインで汚泥田に投入される汚泥の量よりも少ないので、無視しても保守性は維持される。)。加えて、この CO ₂ はバイオマス由来であるので、無視できる。
		CH ₄	含める	最も重要な排出源である。
	反応槽	CO ₂	含めない	反応槽からの CO ₂ 漏洩は無視しえるほど少ない。加えて、この CO ₂ はバイオマス由来であるので、無視できる。
		CH ₄	含めない	反応槽からの CH ₄ 漏洩は無視しえるほど少ない。
	コージェネレーションとフレア	CO ₂	含めない	この CO ₂ はバイオマス由来であるので、無視できる。
		CH ₄	含めない	燃料の燃焼による CH ₄ の排出量は、燃料の燃焼による CO ₂ の排出量に比べて無視しえるほど少ない。
		N ₂ O	含めない	燃料の燃焼による N ₂ O の排出量は、燃料の燃焼による CO ₂ の排出量に比べて無視しえるほど少ない。

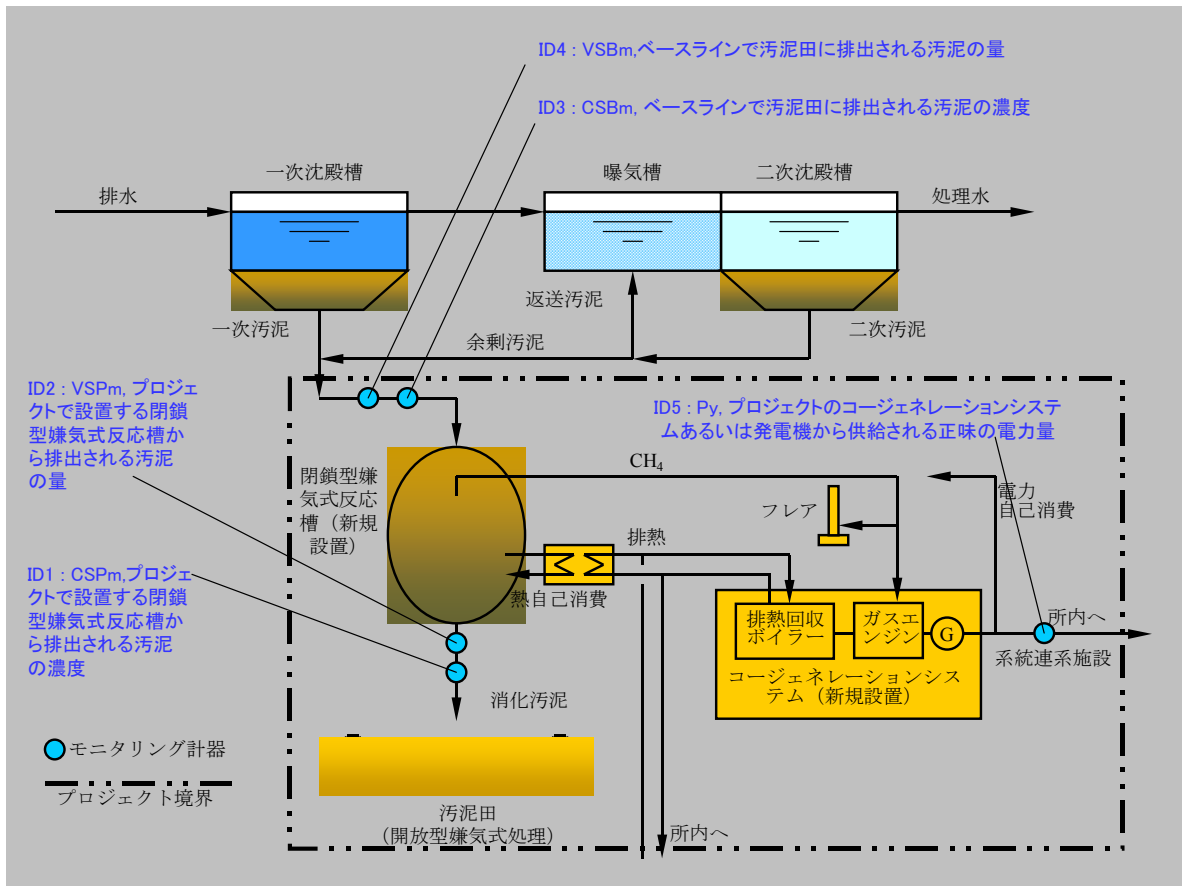


図 3-1 プロジェクト境界

（注：この図はモニタリング計画を含めて記載してある）

以下の表 3-6 に、プロジェクト境界外からの排出源を列挙し、各排出を計算に含めるか否かを記載する。

表 3-6 プロジェクト境界外からの排出源

シナリオ種別	排出源	GHG 名称	計算に含めるか否か	計算に含めない場合の理由
ベーパーライン	系統	CO ₂	含める	最も重要な排出源である。
		CH ₄	含めない	燃料の燃焼による CH ₄ の排出量は、燃料の燃焼による CO ₂ の排出量に比べて無視しえるほど少ない。
		N ₂ O	含めない	燃料の燃焼による N ₂ O の排出量は、燃料の燃焼による CO ₂ の排出量に比べて無視しえるほど少ない。
プロジェクト活動	初期建設工事	CO ₂	含めない	設備投資時（初期建設時）には GHG 排出があり、これはプロジェクトのリーケージであると言える。しかし、これは無視しえるほど少ない。

3.4 ベースライン排出量の試算

(1) ベースライン排出量

ベースラインの排出量は、以下の式で計算できる。

$$\text{(Equation-2) Baseline emissions (ton-CO}_2\text{/y)} = \text{Sum (MSBy}_i \text{ * EF}_i\text{)} \text{ * GWPm}$$

ここで、

$$\text{MSBy}_1 \text{ (反応槽で処理されている汚泥)} = 116,800 \text{ ton-RDS/y} \text{ * } 14.7\% = 17,170$$

$$\text{MSBy}_2 \text{ (反応槽で処理されていない汚泥)} = 116,800 \text{ ton-RDS/y} \text{ * } (100 - 14.7\%) = 99,630$$

$$\text{EF}_1 \text{ (反応槽で処理されている汚泥)} = 2.42 \cdot 10^{-2} \text{ ton-CH}_4\text{/ton- RDS}$$

$$\text{EF}_2 \text{ (反応槽で処理されていない汚泥)} = 7.80 \cdot 10^{-2} \text{ ton-CH}_4\text{/ton- RDS}$$

$$\text{GWPm} = 21.0$$

であるので、ベースラインの排出量は、

$$17,170 \cdot 2.42 \cdot 10^{-2} \cdot 21.0 + 99,630 \cdot 7.80 \cdot 10^{-2} \cdot 21.0 = 1.72 \cdot 10^5 \text{ ton-CO}_2\text{/y}$$

である。

尚、EFs は、実測の試験により求めるものとするが、現段階では試験データの一部しか得られていないので、決定することができない。そこで、今回は、IPCC のデフォルト値を用いて、排出係数を逆算する手法をとった。以下にその手法と、結果を示す。尚、この手法で計算した排出係数は、実測の試験結果が出るまでの暫定値であり、この章で述べている方法論とは無関係である。

表 3-7 排出係数の逆算のための前提条件

項目	記号	数値	単位	出典、根拠、計算式
嫌気汚泥発酵槽において単位RDSからのメタンの発生可能量	MPD	200	kg-CH4/ton-RDS	OECD (Estimation of greenhouse gases emissions and sinks. Published 1991 by the Organization for Economic Community and
汚泥田において単位RDSからのメタンの発生可能量	MPS	195	kg-CH4/ton-RDS	Watt (1994) Methane Emissions. Watt Committee Report #28, Edited by A Williams. ISBN 0 94 6392 242
嫌気汚泥発酵槽における排出係数	EFD	1.00	-	プロジェクト実施者による設定値
汚泥田における排出係数	EFS	0.40	-	IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. table 5.1, page
嫌気汚泥発酵槽におけるバイオガスの生成、揮発性物質がガス状物質に変換される割合	VGB	0.45	-	Background Papers IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories
メタン発生可能量、揮発性物質がガス状物質に変換される割合	VGM	0.65	-	Background Papers IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories
嫌気汚泥発酵槽においてメタンの発生に関わるRDSの割合	VMD	0.69	-	VGB/VGM
汚泥田においてメタンの発生に関わるRDSの割合	VMS	0.31	-	1.00-VMD

表 3-8 排出係数の逆算

項目	記号	数値	単位	出典、根拠、計算式
メタンのGWP	GWP	21	-	
嫌気汚泥発酵槽で処理されている汚泥	EFSD1	2.42E-02	ton-CH4/ton-RDS	VMS*MPS*EFS/1,000
同上	EFSD2	5.08E-01	ton-CO2/ton-RDS	EFSD1*GWP
嫌気汚泥発酵槽で処理されていない汚泥	EFSS1	7.80E-02	ton-CH4/ton-RDS	MPS*EFS/1,000
同上	EFSS2	1.64E+00	ton-CO2/ton-RDS	EFSS1*GWP

(2) ベースラインのリーケージ

ベースラインのリーケージは、以下の式で計算できる。

$$\text{(Equation-3) Baseline leakage (ton-CO}_2\text{/y) = EFPy * Py}$$

ここで、

Py: コージェネレーションによる正味供給電力 (MWh/y)

EFPy: ベースラインにおけるグリッドの排出係数 (ton-CO2/MWh)

ここで、EFPy に関しては、「JI プロジェクトの PDD に関する運用上のガイドライン 第 1 巻 一般ガイドライン バージョン 2.3 オランダ経済省 2004 年 5 月 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, P42 Table B1」の値を採用するものとする。尚、このガイドラインに記載されていない、2013 年以降の排出係数に関しては、このガイドラインの主旨に従い、保守的に設定する。以下の表 3-9 にその値を示す。

また、Py に関しては、コージェネレーションの発電容量を 8,900kW、年間稼働時間を 8,040 時間、自己消費率を 10%とし、

$$8,900\text{kW} \times 8,040 \text{ hr} (1-0.1) = 64,400 \text{ MWh/y}$$

となる。以上により計算したベースラインのリーケージを表 3-9 に示す。

表 3-9 ベースラインのリーケージ

年	系統の排出係数	正味供給可能電力量	ベースラインのリーケージ
-	ton-CO ₂ /MWh	MWh/y	ton-CO ₂ /y
2009	6.80E-01	6.44E+04	4.38E+04
2010	6.66E-01	6.44E+04	4.29E+04
2011	6.51E-01	6.44E+04	4.19E+04
2012	6.36E-01	6.44E+04	4.10E+04
2013	6.21E-01	6.44E+04	4.00E+04
2014	6.06E-01	6.44E+04	3.90E+04
2015	5.91E-01	6.44E+04	3.81E+04
2016	5.76E-01	6.44E+04	3.71E+04
2017	5.61E-01	6.44E+04	3.61E+04
2018	5.46E-01	6.44E+04	3.52E+04
2019	5.31E-01	6.44E+04	3.42E+04
2020	5.16E-01	6.44E+04	3.32E+04
2021	5.01E-01	6.44E+04	3.23E+04
2022	4.86E-01	6.44E+04	3.13E+04
2023	4.71E-01	6.44E+04	3.03E+04
合計	-	9.66E+05	5.56E+05

3.5 プロジェクト排出量の試算

(1)プロジェクト排出量

プロジェクトの排出量は、以下の式で計算できる。

$$\text{(Equation-4) Project emissions (ton-CO}_2\text{/y) = Sum (MSPy}_i\text{ * EF}_i\text{) * GWPm}$$

ここで、

$$\text{MSPy}_1 = 116,800 \text{ ton-RDS/y}$$

$$\text{EF}_{s1} = 2.42 * 10^{-2} \text{ ton-CH}_4\text{/ton- RDS}$$

$$\text{GWPm} = 21.0$$

であるので、プロジェクトの排出量は、

$$116,800 * 2.42 * 10^{-2} * 21.0 = 5.93 * 10^4 \text{ ton-CO}_2\text{/y}$$

である。

(2)プロジェクトのリーケージ

プロジェクトのリーケージは、以下の式で計算できる。

$$\text{(Equation-5) Project Leakage (ton-CO}_2\text{/y) = 0}$$

従って、プロジェクトのリーケージは0である。

(3)排出削減量見込み

以上の結果を基に、以下の表 3-10 に排出削減量の試算値を示す。

表 3-10 排出削減量の試算値

年	系統の排出 係数	正味供給可 能電力量	ベースライン排出量			プロジェクト排出量	排出削減量
			グリッドに よる排出 (ベースラ インのリー ケージ)	既存の嫌気 汚泥発酵槽 で処理され ている汚泥 が汚泥田で 排出するメ	既存の嫌気 汚泥発酵槽 で処理され ていない汚 泥が汚泥田 で排出する	汚泥田から のメタン排 出	
-	ton- CO2/MWh	MWh/y	ton-CO2/ y	ton-CO2/ y	ton-CO2/ y	ton-CO2/ y	ton-CO2/ y
2007							
2008							
2009	6.80E-01	6.44E+04	4.38E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.56E+05
2010	6.66E-01	6.44E+04	4.29E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.55E+05
2011	6.51E-01	6.44E+04	4.19E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.55E+05
2012	6.36E-01	6.44E+04	4.10E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.54E+05
2013	6.21E-01	6.44E+04	4.00E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.53E+05
2014	6.06E-01	6.44E+04	3.90E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.52E+05
2015	5.91E-01	6.44E+04	3.81E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.51E+05
2016	5.76E-01	6.44E+04	3.71E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.50E+05
2017	5.61E-01	6.44E+04	3.61E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.49E+05
2018	5.46E-01	6.44E+04	3.52E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.48E+05
2019	5.31E-01	6.44E+04	3.42E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.47E+05
2020	5.16E-01	6.44E+04	3.32E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.46E+05
2021	5.01E-01	6.44E+04	3.23E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.45E+05
2022	4.86E-01	6.44E+04	3.13E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.44E+05
2023	4.71E-01	6.44E+04	3.03E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.43E+05
合計	-	9.66E+05	5.56E+05	1.31E+05	2.45E+06	8.90E+05	2.25E+06

第4章 モニタリング計画

4.1 モニタリング方法論の検討

モニタリング方法論は、ベースライン方法論との整合性を図る観点から、新しい方法論を構築するものとする。適用条件は、ベースライン方法論と同じである。

4.2 モニタリング項目の検討

モニタリングする項目を以下の表 4-1～表 4-3 に記載する。また、図 4-1 にモニタリング計画図を示す。尚、ID 番号が一部欠番になっている理由は、一般論であるモニタリング方法論から、このプロジェクトに必要なモニタリング項目だけを記載したからである。

表 4-1 プロジェクト排出量を計算するために必要なモニタリング項目

ID 番号	記号	データ採取方法	単位	計測、計算、試算の種別	記録頻度	モニタリングできるデータの割合	データの保管方法	備考
1	CSPm プロジェクトのシステム(閉鎖型嫌気式反応槽)から汚泥田へ排出される汚泥の濃度	RDS の分析手法	ton-RDS/m ³	計測	1ヶ月に1回(不安定であれば1週間に1回(不安定であれば1日に1回))	1ヶ月に1回(不安定であれば1週間に1回(不安定であれば1日に1回))計測される	電子データとして保管する。データはクレジット期間終了後2年間保管する。	1週間に1度計測するデータに1ヶ月5%以上の相違がない場合は1ヶ月に1回の計測でよい。毎日計測するデータに1週間5%以上の相違がない場合は1週間に1回の計測でよい。
2	VSPm プロジェクトのシステム(閉鎖型嫌気式反応槽)から汚泥田へ排出される汚泥の容積	流量計	m ³ /month あるいは m ³ /week あるいは m ³ /day	計測	1ヶ月に1回(不安定であれば1週間に1回(不安定であれば1日に1回))	100%	電子データとして保管する。データはクレジット期間終了後2年間保管する。	この項目はID1と同時に計測すること。

表 4-2 ベースライン排出量を計算するために必要なモニタリング項目

ID 番号	記号	データ採 取方法	単位	計測、計 算、試算 の種別	記録頻度	モニタリ ングでき るデータ の割合	データ の保管 方法	備考
3	CSBm ベースラ インのシ ステムか ら汚泥田 へ排出さ れる汚泥 の濃度	RDS の分析手 法	ton-RDS/m ³	計測	1ヶ月に1 回(不安定 であれば1 週間に1 回(不安定 であれば1 日に1 回))	1ヶ月に1 回(不安定 であれば1 週間に1 回(不安定 であれば1 日に1 回))計測 される	電子デ ータと して保 管する。 データ はクレ ジット 期間終 了後2 年間保 管する。	1週間に1度 計測するデ ータに1ヶ 月5%以上 の相違がな い場合は1 ヶ月に1回 の計測でよ い。毎日計 測するデー タに1週間 5%以上の 相違がない 場合は1週 間に1回の 計測でよ い。
4	VSBm ベースラ インのシ ステムか ら汚泥田 へ排出さ れる汚泥 の容積	流量計	m ³ /month あるいは m ³ /week あるいは m ³ /day	計測	1ヶ月に1 回(不安定 であれば1 週間に1 回(不安定 であれば1 日に1 回))	100%	電子デ ータと して保 管する。 データ はクレ ジット 期間終 了後2 年間保 管する。	この項目は ID3 と同時 に計測する こと。

表 4-3 リークエージを計算するために必要なモニタリング項目

ID 番号	記号	データ採 取方法	単位	計測、計 算、試算 の種別	記録頻度	モニタリ ングでき るデータ の割合	データ の保管 方法	備考
5	Py コージェ ネレーシ ョンによ る正味供 給電力	電力量計	MWh	計算	1年に1回	100%	電子デ ータと して保 管する。 データ はクレ ジット 期間終 了後2 年間保 管する。	この正味供 給電力量 は、売電電 力量計の指 示値から買 電電力量計 の指示値を 差し引くこ とにより求 める。
7	EFPy ベースラ インにお けるグリ ッドの排 出係数	ベースラ イン方法 論に基づ き計算す る	ton-CO ₂ /M Wh	計算	1年に1回	100%	電子デ ータと して保 管する。 データ はクレ ジット 期間終 了後2 年間保 管する。	この項目は ベースライ ン方法論に 記載の手法 を用いて決 定する。

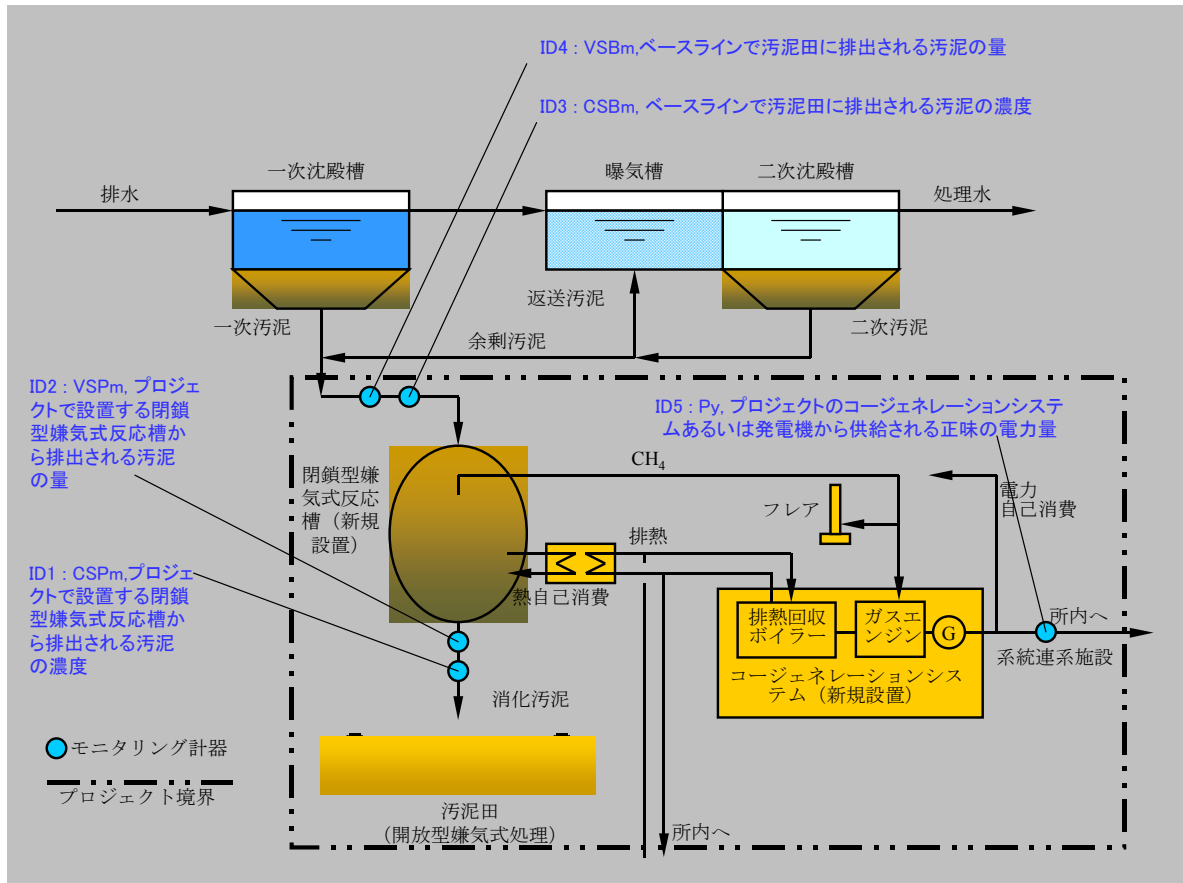


図4-1 モニタリング計画図

4.3 モニタリング結果から排出削減量を計算する式

プロジェクトの排出量は以下の Equation-4、Equation-8 で計算する。

$$\text{(Equation-4) Project emissions (ton-CO}_2\text{/y)} = \text{Sum (MSP}_{y_i} * \text{EF}_{s_i}) * \text{GWPM}$$

$$\text{(Equation-8) MSP}_{y_i} = \text{Sum (CSP}_{i_m} * \text{VSP}_{i_m})$$

ここで、

MSP_{y_i}: プロジェクトのシステムから汚泥田へ排出される汚泥_iの量 Sludge _i mass exhausted from the project system into the sludge field in the year _y (ton-RDS/y)

EF_{s_i}: 汚泥_iの排出係数 Emission factor of the sludge _i (ton-CH₄/ton- RDS)

GWPm: CH₄の地球温暖化係数 Global warming potential of CH₄ (無次元 no dimension) = 21

CSPim: プロジェクトのシステム（閉鎖型嫌気式反応槽）から期間 m に汚泥田へ排出される汚泥 i の濃度 Sludge i concentration exhausted from the project system (Closed anaerobic digester) into the sludge field in the period m (ton-RDS/m³)

VSPim: プロジェクトのシステム（閉鎖型嫌気式反応槽）から期間 m に汚泥田へ排出される汚泥 i の容積 Sludge i volume exhausted from the project system (Closed anaerobic digester) into the sludge field in the period m (m³/month)

である。

CSPm と VSPm は、月ごとにモニタリングを実施して事後に (ex-post) 決定する数値である。

EFs は、前述の通り、 2.42×10^{-2} ton-CH₄/ton-RDS である。

GWPm は、定数であり、21 を使用する。

ベースラインの排出量は以下の Equation-2、Equation-7 で計算する。

$$\text{(Equation-2) Baseline emissions (ton-CO}_2\text{/y)} = \text{Sum (MSBy}_i \text{ * EF}_i\text{) * GWPm}$$

$$\text{(Equation-7) MSBy}_i = \text{Sum (CSBim * VSBim)}$$

ここで、

MSBy_i: ベースラインのシステムから汚泥田へ排出される汚泥 i の量 Sludge i mass exhausted from the baseline system into the sludge field in the year y (ton-RDS/y)

EF_i: 汚泥 i の排出係数 Emission factor of the sludge i (ton-CH₄/ton- RDS)

GWPm: メタンの地球温暖化係数 Global warming potential of CH₄ (no unit) = 21

CSBim: ベースラインのシステムから期間 m に汚泥田へ排出される汚泥 i の濃度 Sludge i concentration exhausted from the baseline system into the sludge field in the period m (ton-RDS/m³)

VSBim: ベースラインのシステムから期間 m に汚泥田へ排出される汚泥 i の容積 Sludge i volume exhausted from the baseline system into the sludge field in the period m (m³/month)

である。

CSBm と VSBm は、月ごとにモニタリングを実施して事後に (ex-post) 決定する数値である。

EFs は、前述の通り、既存の反応槽で処理されている汚泥に対しては、 2.42×10^{-2} ton-CH₄/ton-RDS であり、処理されていない汚泥に対しては、 7.80×10^{-2} ton-CH₄/ton-RDS である。

GWPm は、定数であり、21 を使用する。

プロジェクト境界の外で排出される GHG は、「コージェネレーションが代替した電力を発生させている系統の排出」がある。これらは、ベースラインにおけるリーケージと位置付けられる。一方、プロジェクトにおいては、リーケージは存在しない。以上をまとめると、ベースラインのリーケージとプロジェクトのリーケージは以下の式で計算できる。

$$\text{(Equation-3) Baseline leakage (ton-CO}_2\text{/y) = EFPy * Py}$$

$$\text{(Equation-5) Project Leakage (ton-CO}_2\text{/y) = 0}$$

ここで、

EFPy: ベースラインにおけるグリッドの排出係数 Emission factor of the baseline grid in the year y (ton-CO₂/MWh)

Py: コージェネレーション (あるいは発電機) による正味供給電力 Net supplied power by the project co-generation system (or generator) in the year y (MWh/y)

である。

EFPy に関しては、「JI プロジェクトの PDD に関する運用上のガイドライン 第1巻 一般ガイドライン バージョン2.3 オランダ経済省 2004年5月 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, P42 Table B1」の値を採用するものとする。尚、このガイドラインに記載されていない、2013年以降の排出係数に関しては、このガイドラインの主旨に従い、保守的に設定する。即ち、系統の排出係数のモニタリングにあたっては、このガイドラインに記載の値をそのまま採用するものとし、このガイドラインが更新されたら、その値を採用する。

4.4 モニタリングにおける品質管理／保証

モニタリングにおける品質管理／保証の考え方を表 4-4 に示す。

表 4-4 モニタリングにおける品質管理／保証

ID 番号	不確実性の程度	品質管理／保証の考え方
1	中	計器は定期的に校正する。 1ヶ月ごとにモニタリングする計画であるが、データが不安定であれば1週間ごとあるいは毎日にモニタリングする。
2	低	計器は定期的に校正する。
3	中	計器は定期的に校正する。 1ヶ月ごとにモニタリングする計画であるが、データが不安定であれば1週間ごとあるいは毎日にモニタリングする。
4	低	計器は定期的に校正する。
5	低	計器は定期的に校正する。
7	低	ベースライン方法論に基づいて計算する。

モニタリングにおける品質管理／保証の体制は以下の通りである。尚、ここで、「管理者」とは、キエフボドカナル社の管理部門を指す。また、「運用者」とは、キエフボドカナル社の管理部門からの指示により、モニタリングを行うボルトニッチ排水処理場の運転員を指す。

- プロジェクト実施組織は、運用者と管理者で構成される。
- 管理者は、施設運用のための手順書を作成する。
- 手順書には、日々の業務内容や、定期的なメンテナンス方法、各種判断基準などが記載され、適切なフォーマットにまとめられている。
- 運用者は、上記手順書通りに作業が可能なように、定期的な訓練や、教育を受ける機会を保証されている。
- 運用者は、手順書に従い、日々の業務を行い、その結果を管理者に報告する。
- 管理者は、手順書に従い、運用者の報告をチェックし、内容に問題がないか判断し、チェックの結果、問題があれば適切な時期に適切な対応を実施する。
- 管理者は、手順書に従い、運用者の報告を日々ファイルし、保存する。
- 管理者は、手順書に従い、定期的に現場を巡回し、適切な時期に現場を訪問し、運用者の業務が適切に行われているか監査をする。監査の結果、問題があれば適切な時期に適切な対応を実施する。
- 事故時（予期しない GHG の放出を含む）は、管理者が原因を究明し、対策を運用者に指示し、実施する。
- 緊急時（予期しない GHG の放出を含む）は、運用者が応急措置を講じるとともに、管理者の指示に従い、対策を実施する。

○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。

第5章 プロジェクト効果

5.1 省エネ効果

5.1.1 省エネ効果が発生する技術的根拠

本プロジェクトでは、汚泥を消化させ、発生する消化ガス／バイオガスを燃料としたガスエンジンコージェネレーションシステムを稼働させることにより、発電と排熱回収を行って、それらをボルトニッチ排水処理場にて使用する。

この場合、電力に関しては、系統の発電所の稼働が、ガスエンジンコージェネレーションシステムの発電電力量の分だけ低減でき、系統の発電所において必要となる投入エネルギーを削減することができる。

一方、排熱利用に関しては、排熱のほとんどが、消化ガス／バイオガスを発生させるための反応槽を加熱するために使用されるものであるため、省エネ効果がほとんどないと言える。

尚、消化ガス／バイオガスはバイオマス起源の再生可能エネルギーであり、化石燃料の代替エネルギーであることから、消化ガス／バイオガスを燃料とする発電設備における入力エネルギーは、投入エネルギーとしてカウントされない。

5.1.2 省エネ効果

プロジェクトケースにおいては、8,900kWのガスエンジンによって年間約8,040時間発電を行い、システム内で消費される電力（自己消費電力）を除いた発電電力をボルトニッチ排水処理場内に送電する。すなわちベースラインにおけるエネルギー消費量は、この電力量を発電所において発電するためのエネルギー消費量である。

尚、自己消費電力の割合は、発電電力量の10%と設定した。

発電電力量	:	$8,900\text{kW} \times 8,040\text{h} = 71,556 \text{ MWh}$
自己消費電力	:	$71,556 \text{ MWh} \times 0.1 = 7,156 \text{ MWh}$
送電電力量	:	$71,556 \text{ MWh} - 7,156 \text{ MWh} = 64,400 \text{ MWh}$

ウクライナの発電所における単位発電量あたりのエネルギー消費量は、全電源平均では、13.68 GJ/MWh（出典：「NEDO（独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）、清水建設株式会社 「共同実施推進基礎調査 ウクライナ国における埋立処分場メタンガス有効利用調査」2004年3月」である。従って本プロジェクトによる省エネルギー効果は、

$$64,400 \text{ MWh} \times 13.68 \text{ GJ/MWh} = 8.81 \times 10^5 \text{ GJ/年}$$

と試算される。

5.2 温室効果ガス削減効果

5.2.1 温室効果ガス削減効果が発生する技術的根拠

既に述べてきたように、ホスト国ウクライナとキエフ市の状況は以下のようにまとめられる。

- キエフ市では、下水のほぼ全量をボルトニッチ排水処理場で処理している。
- ボルトニッチ排水処理場では、資金難、技術不足、社会システムの欠如のために、汚泥田から発生する CH₄ に対する対策の手立てがない。
- ウクライナとキエフ市では、汚泥田に対して、発生する CH₄ の収集を義務付ける法律はない。
- ウクライナでは、老朽化した低効率な火力発電所が重要なエネルギー源として運用されている。

このような状況の下、このプロジェクトでは、現在不完全にしか行われていない汚泥の閉鎖型嫌気式反応槽での消化を、すべての汚泥に対して適用し、汚泥田へ搬送される汚泥の減量化を目指すものである。同時に、消化により発生した CH₄（消化ガス／バイオガス）は、コージェネレーションの燃料として使用する。そして、コージェネレーションで発生した電力と熱は、ボルトニッチ排水処理場内で使用する。コージェネレーションで得られた電力により、ボルトニッチ排水処理場は系統から購入する電力が減少し、結果、系統の発電所では化石燃料の使用が減り、GHG の排出量が減ることになる。

このプロジェクトのベースラインとなるのは、ベースラインシナリオの分析結果から、現状維持である。すなわち、現状維持とは、ボルトニッチ排水処理場において、CH₄ の発生を全く管理せず、CH₄ の収集・有効利用もせず、CH₄ の大気への拡散を放置している状況のことを言い、同時に現在より多くの汚泥を閉鎖型嫌気式反応槽で処理することも行わないことを言う。従って、プロジェクトがなければ、何ら GHG の排出は削減されない。

一方、プロジェクトが実施されると、以下の理由で追加的な GHG の排出削減が生じる。

(フェーズ A) 新設する高効率な閉鎖型嫌気式反応槽を運用することにより、汚泥田へ搬送する汚泥の有機物量が飛躍的に減り、汚泥田での CH₄ の排出量が削減される。

(フェーズ B) コージェネレーション運転による既存火力発電所の代替が CO₂ 排出を削減。

5.2.2 温室効果ガス削減効果

以下の表 5-1 に排出削減量の試算値を示す。

表 5-1 排出削減量の試算値

年	系統の排出 係数	正味供給可 能電力量	ベースライン排出量			プロジェクト 排出量	排出削減量
			グリッドに よる排出 (ベースラ インのリー ケージ)	既存の嫌気 汚泥発酵槽 で処理され ている汚泥 が汚泥田で 排出するメ	既存の嫌気 汚泥発酵槽 で処理され ていない汚 泥が汚泥田 で排出する	汚泥田から のメタン排 出	
-	ton- CO ₂ /MWh	MWh/y	ton-CO ₂ / y	ton-CO ₂ / y	ton-CO ₂ / y	ton-CO ₂ / y	ton-CO ₂ / y
2007							
2008							
2009	6.80E-01	6.44E+04	4.38E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.56E+05
2010	6.66E-01	6.44E+04	4.29E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.55E+05
2011	6.51E-01	6.44E+04	4.19E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.55E+05
2012	6.36E-01	6.44E+04	4.10E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.54E+05
2013	6.21E-01	6.44E+04	4.00E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.53E+05
2014	6.06E-01	6.44E+04	3.90E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.52E+05
2015	5.91E-01	6.44E+04	3.81E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.51E+05
2016	5.76E-01	6.44E+04	3.71E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.50E+05
2017	5.61E-01	6.44E+04	3.61E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.49E+05
2018	5.46E-01	6.44E+04	3.52E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.48E+05
2019	5.31E-01	6.44E+04	3.42E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.47E+05
2020	5.16E-01	6.44E+04	3.32E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.46E+05
2021	5.01E-01	6.44E+04	3.23E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.45E+05
2022	4.86E-01	6.44E+04	3.13E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.44E+05
2023	4.71E-01	6.44E+04	3.03E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.43E+05
合計	-	9.66E+05	5.56E+05	1.31E+05	2.45E+06	8.90E+05	2.25E+06

5.3 普及効果

このプロジェクトと同種のプロジェクトとして、「①下水処理場に汚泥の消化設備を具備させ、②汚泥田へ排出する汚泥の量を削減することにより、汚泥田から発生する CH₄ を削減し、同時に、③消化ガス／バイオガスを燃料として、ガスエンジンコージェネレーションを稼働させ、④フレアによって余剰な消化ガス／バイオガスを燃焼処理し、⑤ガスエンジンコージェネレーションによる発電によって電力エネルギーを得ることによって、発電所の投入エネルギーも減少させる。」プロジェクトの普及可能性を考える。

ウクライナには、4,800 万人の人が住んでおり、このうちキエフの人口は 264 万人である。ウクライナ全土の下水道普及率がキエフと同率であることはないと思われるが、このプロジェクトのシステムをウクライナ全土に普及させるとすれば、その波及効果は $4,800 \div 264 = 18$ 倍となる。実際に、当社では、ウクライナの地方都市である H 市、L 市で同様のプロ

ジェクトを発掘している。

ウクライナにおいては、経済発展とともに年々環境問題がクローズアップされてきているが、技術的な要因、経済的な要因、社会的な要因により、今後も現在の汚泥の処理方法が継続されると考えられ、汚泥の焼却やコンポスト化といった技術が普及する可能性は当面はほとんどないと言える。従って、今後も汚泥田からの CH₄ の排出は、生活レベルの向上、下水量の増大とともに増え続けると考えられる。

本プロジェクトにより導入する対象技術としては、消化ガス／バイオガスを燃料としたガスエンジンによるコージェネレーションが挙げられる。ウクライナは農業国の一面もあり、農業廃棄物等のバイオマス利用等に、消化ガス／バイオガスエンジンの利用用途は広いものとする。

同種のプロジェクトの波及可能性として、本プロジェクトの約 18 倍の規模があることは先に述べたが、仮にこのうち 1/3 程度に普及したと仮定して、その効果を試算する。

(1) 省エネ効果

省エネ効果は、以下の通り試算される。

$$8.81 \times 10^5 \text{ GJ/年} \times 18 \div 3 = 5.29 \times 10^6 \text{ GJ/年}$$

(2) 温室効果ガス排出削減効果

GHG 排出削減効果は、以下の通り試算される。

$$2.25 \times 10^6 \text{ ton-CO}_2 \div 15 \text{ 年} \times 18 \div 3 = 9.00 \times 10^5 \text{ ton-CO}_2/\text{年}$$

これは、我が国の地球温暖化対策推進大綱に示された海外との取引による対策量である 0.2 億 ton-CO₂ に対して、約 4.5% に相当する。

5.4 その他の効果

本プロジェクトでは、これまで大気中に放出されてきた CH₄ の排出量を削減するため、臭気や有害ガス等の削減の面で、汚泥田周辺や、周辺住民に対する環境改善の効果が期待できる。また、汚泥田の所要面積が削減されれば、汚泥田の土地の有効利用にも繋がる。

第6章 環境への影響

6.1 適用を受ける法律等

ホスト国ウクライナの環境影響評価に関する法的枠組には以下のものがある。

- (a) 環境保護に関する法律 (The Law on the protection of the environment) (1991年6月)
- (b) 大気汚染防止法 (The Ukrainian law on Protection of Ambient Air) (2001年6月21日)
この法律には、大気の保全と改善、人間の活動に必要な大気の安全、自然環境への有害な影響の防止、気候に影響を与える活動への規制について規定している。
- (c) 国家建築基準 2003年版 (State Building Standard SBS A.2.2.-1-95, 2003 new version) プロジェクト、事業建設、建築、施設に関して環境影響評価を実施する場合のその評価の内容について規定している。
- (d) 環境専門家に関する法律 (Law of Ukraine on Environmental Expertise) この法律は、ウクライナ最高会議で提案され、ウクライナ大統領によって1995年9月2日に署名されたもの (番号 N 45/95-BP) である。

尚、プロジェクト実施場所に適用される法律以外の条例は存在しない。

6.2 環境影響分析

(1) 現在の処理場が環境に与えている影響

現在の処理場は、以下のように環境に悪い影響を与えている。

- (a) 臭い：汚泥田からは、悪臭を伴ったガスが常時発生しており、周辺環境、汚泥田で働く人の健康に悪影響を与えている。
- (b) 火災・爆発：汚泥田では、発生する CH_4 による火災、爆発の危険がある。
- (c) 地球温暖化：汚泥田では、発生する CH_4 を回収処理していないので、地球温暖化に悪影響を与えている。
- (d) 美観：汚泥田から発生する CH_4 、臭いにより、周辺環境の美観を損ねている。

また、処理場以外の場所では、老朽化した非効率な発電所が運用されており、GHG、その他の有害な排気ガス (NOX 等) が大気環境に排出されている。

(2)プロジェクトが環境に与え得る好影響

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。

- (a) 臭い：プロジェクト実施により、汚泥田に持ち込まれる汚泥の量が減少する。この結果、臭いの発生は大幅に軽減される。これは、本プロジェクトが環境に与え得る好影響の側面である。
- (b) 火災・爆発の危険性：上記と同様に、プロジェクト実施により、火災・爆発の発生は大幅に軽減される。これは、本プロジェクトが環境に与え得る好影響の側面である。
- (c) 地球温暖化：上記と同様に、プロジェクト実施により、GHG である CH₄ の大気への放出は大幅に軽減される。これは、本プロジェクトが環境に与え得る好影響の側面である。
- (d) 美観：上記に述べたように、プロジェクト実施により、汚泥田から発生する CH₄、臭い発生は大幅に軽減され、この結果、汚泥田の美観向上に貢献する。これは、本プロジェクトが環境に与え得る好影響の側面である。
- (e) 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コージェネレーションは、先進国の基準と技術を採用したものであるため、ウクライナにある既存の発電所よりも効率が高く、GHG の排出量が少なく、排気ガスもよりクリーンである。これは、本プロジェクトが環境に与え得る好影響の側面である。

(3)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。

- (a) 大気環境：本プロジェクトでは、コージェネレーション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消化ガス／バイオガスの脱硫処理設備、原動機側 NOX 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。
- (b) 水環境：本プロジェクトでは、水環境を汚染するような排水が発生しないので、水環境への影響が発生する可能性はないと言える。
- (c) 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と言える。
- (d) 騒音、振動：本プロジェクトでは、消化ガス／バイオガス圧縮用のブロアー（圧縮機）、コージェネレーションを設置することにより、騒音、振動が発生する。しかし、これらの設備は、処理場近隣の住宅地からは十分に離れており、何ら問題にならないだろう。

う。むしろ、処理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。

(4)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環境への顕著な悪影響はないと考えている。

第7章 他への影響

7.1 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。

7.2 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。

7.3 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消化ガス／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。

以下に、このプロジェクトが、ウクライナの持続可能な開発に貢献できる点を列挙する。

- ・当該汚泥田における悪臭の防止。
- ・当該汚泥田における土地利用の促進。
- ・II プロジェクト実施によるボルトニッチ排水処理場における新たな雇用の確保（建設時と運用時の両方で）。
- ・ボルトニッチ排水処理場における自前のエネルギー源の確保（排水処理プラントの信頼性の向上）。
- ・ウクライナの老朽化した系統の発電システムの代替効果。
- ・ウクライナとしてのエネルギーセキュリティーの向上。
- ・ウクライナ国内での新たなバイオマスエネルギー利用の展開。

第 8 章 利害関係者のコメント

8.1 誰が利害関係者となりえるかについて

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ない。また、PDD の要件にも含まれていない。このため、誰が利害関係者になりえるかについては、特段の取り決めがない。従って、もし利害関係者のコメントを収集するのなら、プロジェクト参加者が自ら誰が利害関係者になるのかについて決めるしかない。

8.2 利害関係者のコメントの収集方法

どのように利害関係者のコメントを収集するのかについては、独立機関 (IE : Independent Entity) による適格性決定 (Determination) に先立ち、キエフ市国家管理局 (city state administration) のウェブサイトとマスメディアにプロジェクトの提案内容を公示したり、NGO の代表やその他の関係する者すべてが参加する円卓会議にて議論する方法が考えられる。この円卓会議の主催者 (日本側プロジェクト参加者 (清水建設株式会社) もしくはプロジェクトサイトのオーナー (キエフ市)、カウンターパート (キエフボドカナル社) などが考えられる) は、得られたコメントをすべて記録する。

8.3 受け取った利害関係者のコメントの要約

ここでは、利害関係者は、キエフ市とキエフボドカナル社であるとの想定した。キエフ市とキエフボドカナル社のこのプロジェクトに対するコメントは、このプロジェクトに対して肯定的であり、このプロジェクトの実現を後押しするものであった。

尚、キエフ市とキエフボドカナル社のこのプロジェクトに対する公式見解としては、既に下記文書がある。

- ・キエフ市議会決議 第 364/1774 号 2004 年 7 月 15 日 「2004 年 キエフ市の社会的、経済的、文化的発展のためのプログラム」 Resolution #364/1774 of Kiev City Council (15.07.2004) “On amendments to “Programme of social-economic and cultural development of Kiev city for year 2004”
- ・キエフ市国家行政局命令 第 1973 号 2004 年 10 月 29 日 「キエフボドカナル社のボルトニッチ排水処理場における汚泥の有効利用に関する FS の実施について」 Decree # 1973 of Kiev City State Administration (29.10.2004) “On elaboration of feasibility study of the project ” Sewage sludge utilisation at Bortnichki WWTP of JSC “Kievvodokanal”

- ・国際金融機関との協調融資の提案をしているプロジェクトの開発の可能性について、ウクライナ政府が意思決定を検討するための提案書 プロジェクト名称 株式会社「Kievvodokanal」の Bortnichi 曝気所における排水沈殿物の処理、その消化、バイオガスによる発電と熱回収に関する総合技術「Proposals submitted for consideration of the Government of Ukraine for making decision on the feasibility of development of projects proposed for joint financing with international financial organizations. Project name: "Integrated Technology of Wastewater Sediment Treatment, Digestion, and Generation of Electric and Heat Energy of Biogas at Bortnichi Aeration Station of Open Joint Stock Company “Kievvodokanal”」

第9章 収益性

9.1 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 9-1 に示す通り設定した。

前述の通り、イニシャルコストは 28,363 千 EURO であり、ランニングコストは 3,072,503EURO である。イニシャルコストには、契約、LOE の獲得、LOA の獲得、EIA、設計、適格性決定、検証、現地への渡航、ライセンスの取得に必要なコストなどが含まれている。ランニングコストには、人件費、メンテナンス費用、凝集剤の費用などが含まれている。

税金については、利益税を考慮する。利益税は事業利益に対する課税で、ウクライナの法規制によると、税率は 25% である。本プロジェクトは下水処分場でのプロジェクトであり、公共性が高いことから利益税が免除になる可能性もあるが、民間プロジェクトであることから、考慮することとした。

減価償却については、設備機器の減価償却を、残存簿価 10%、償却率 0.794、償却年数 10 年の条件で算出することとした。

電力料金は、ボルトニッチ排水処理場と系統との間の実際の取引条件（買電契約条件）を考慮に入れ、0.025EURO/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売電価格ではない。このプロジェクトでは、発電により、買電が節約されるので、その節約分を収入としてカウントしているのである。

最後に、プロジェクト実施スケジュールについては、2009 年より運転開始と想定しており、プロジェクトの実施期間は、建設期間を含め、2007 年～2023 年までの 17 年間（クレジット期間は 2009 年～2023 年までの 15 年間）とする。

表 9-1 収益性検討の前提条件

項目	値	単位
イニシャルコスト	28,363,000	EURO
ランニングコスト	3,072,503	EURO/年
収入（ERU 除く）	2,742,570	EURO/年
利益税率	25	%
電力料金	0.025	EURO /kWh
ガス料金	0.07	EURO/Nm ³

9.2 投資回収年数

以下の表に投資回収年数（PBP）の計算結果を示す。

表 9-2 各条件における投資回収年数（PBP）
（必要な初期投資金額の全額を民間の JI 資金で賄う場合）

CO ₂ クレジットの有無		投資回収年数 税引前	投資回収年数 税引後
CO ₂ クレジット なしの場合	0 EURO /ton-CO ₂	回収できない	回収できない
	5 EURO /ton-CO ₂	回収できない	回収できない
CO ₂ クレジット ありの場合	10 EURO /ton-CO ₂	回収できない	回収できない
	20 EURO /ton-CO ₂	11 年	12 年
	30 EURO /ton-CO ₂	7 年	8 年
	40 EURO /ton-CO ₂	5 年	6 年

以上に示した通り、このプロジェクトは、得られる ERU の量に比べて、初期投資金額が高いために、収益性が良いとは言えない。ERU の単価が 40 EURO /ton-CO₂ と言えば、EUETS の不遵守の場合の罰金の金額と同じであり、現実的とは言えない。

そこで、既に述べたように、このプロジェクトの資金源を再考し、JI 資金と ODA 等の公的資金に分けて考えてみる。この場合、JI 資金の回収方法は、ERU の販売代金と、コージェネレーションによる電力購入代金の節約、等になる。一方で、ODA 等の公的資金の回収方法は、下水道料金の値上げ分を充当することが検討されている。

JI 資金による初期投資額の負担金額を、上記主旨に従い、コージェネレーション部分に限定し、ODA 等の公的資金の負担金額をそれ以外にすると、投資回収年数は以下のような現実的な数値になる。今後は、下水道料金の値上げをどのように実現するか、ODA 等の公的資金をどのように獲得するかが、キエフ市の課題となるが、既にその検討は開始されている。

表-9-3 各条件における投資回収年数 (PBP)

(JI 資金による初期投資額の負担金額を、コージェネレーション部分に限定した場合)

CO ₂ クレジットの有無		投資回収年数 税引前	投資回収年数 税引後
CO ₂ クレジット なしの場合	0 EURO /t-CO ₂	回収できない	回収できない
	5 EURO /t-CO ₂	回収できない	回収できない
CO ₂ クレジット ありの場合	10 EURO /ton-CO ₂	11 年	12 年
	20 EURO /t-CO ₂	5 年	5 年
	30 EURO /ton-CO ₂	3 年	4 年
	40 EURO /ton-CO ₂	3 年	3 年

9.3 内部収益率

以下の表に内部収益率の計算結果を示す。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 の値を用いるものとする。

内部収益率の検討結果により、このプロジェクトに必要な初期投資金額の全額を民間の JI 資金で賄うのは現実的ではなく、JI 資金による初期投資額の負担金額を、コージェネレーション部分に限定し、それ以外は ODA 等の公的資金で実施することが望まれるという結果となった。

表 9-4 各条件における内部収益率（IRR）

（必要な初期投資金額の全額を民間の JI 資金で賄う場合）

CO ₂ クレジットの有無		内部収益率 税引前	内部収益率 税引後
CO ₂ クレジット なしの場合	0 EURO /ton-CO ₂	回収できない	回収できない
CO ₂ クレジット ありの場合	5 EURO /ton-CO ₂	回収できない	回収できない
	10 EURO /ton-CO ₂	回収できない	回収できない
	20 EURO /ton-CO ₂	4.39%	2.61%
	30 EURO /ton-CO ₂	11.22%	8.88%
	40 EURO /ton-CO ₂	16.94%	13.86%

表 9-5 各条件における内部収益率（IRR）

（JI 資金による初期投資額の負担金額を、コージェネレーション部分に限定した場合）

CO ₂ クレジットの有無		内部収益率 税引前	内部収益率 税引後
CO ₂ クレジット なしの場合	0 EURO /ton-CO ₂	回収できない	回収できない
CO ₂ クレジット ありの場合	5 EURO /ton-CO ₂	回収できない	回収できない
	10 EURO /ton-CO ₂	4.83%	3.02%
	20 EURO /ton-CO ₂	19.12%	15.70%
	30 EURO /ton-CO ₂	30.24%	24.98%
	40 EURO /ton-CO ₂	40.09%	33.08%

9.4 内部収益率の感度分析

JI 資金による初期投資額の負担金額を、コージェネレーション部分に限定した場合で、ERU の価格が現実的な 20 EURO /ton-CO₂ の場合について、各要素を変動させた感度分析結果を以下に示す。

表 9-6 感度分析結果

(JI 資金による初期投資額の負担金額を、コージェネレーション部分に限定した場合)

変動させる項目	マイナスケース	基準ケース	プラスケース
初期建設費	-10%	±0%	+10%
	IRR=17.68%	IRR=15.7%	IRR=14.01%
ランニングコスト	-10%	±0%	+10%
	IRR=17.71%	IRR=15.7%	IRR=13.58%
収入	-10%	±0%	+10%
	IRR=13.81%	IRR=15.7%	IRR=17.50%

9.5 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、EURO 換算では、28,363 千 EURO (JI 資金による初期投資額の負担金額を、コージェネレーション部分に限定した場合、12,049 千 EURO) である。一方、本プロジェクトによる GHG 排出削減量はクレジット期間 (2009 年~2023 年) 内の合計で、 2.25×10^6 ton-CO₂ である。

クレジット期間内の GHG 排出削減量をイニシャルコストで割ることにより、GHG 排出削減コストを算出した。結果は表 9-7、表 9-8 に示す通りである。

表 9-7 CO₂ 削減コスト

(必要な初期投資金額の全額を民間の JI 資金で賄う場合)

項目	GHG 排出削減コスト
GHG 削減量 (ton-CO ₂)	2.25×10^6
コスト (EURO)	28,363 千 EURO
CO ₂ 削減コスト (EURO/ton-CO ₂)	12.61

表 9-8 CO₂ 削減コスト

(JI 資金による初期投資額の負担金額を、コージェネレーション部分に限定した場合)

項目	GHG 排出削減コスト
GHG 削減量 (ton-CO ₂)	2.25×10^6
コスト (EURO)	12,049 千 EURO
CO ₂ 削減コスト (EURO/ton-CO ₂)	5.36

むすび

ウクライナでは大気の大気質の保全と改善、人間活動の生命に係る環境の安全、有害物質が環境に与える影響の防止、気候に影響を与える活動の規制を定めた「大気保護法 (Ukrainian law “On Protection of Ambient Air”）」が 2001 年 6 月に制定された。また、2000 年 1 月には、「液体燃料、ガス燃料への代替法 (Law of Ukraine “On Alternative Liquid and Gas Fuels”）」が制定され、この中でバイオガスは代替燃料であると位置付けられた。そして、2003 年 9 月には「大統領命令：バイオ燃料の開発に関する方策 (President’s Decree “On measures concerning development of biofuel”）」において、バイオ燃料 (バイオディーゼル、バイオガス) の活用がウクライナにおける優先度の高い開発の 1 つとして位置づけられた。

ウクライナは 2004 年 2 月に京都議定書を批准し、国内体制を整えつつある段階にあり、JI プロジェクトについては、日本のプロジェクトのみならず、既にオランダやオーストリア等のプロジェクトが前向きに検討され、JI プロジェクトの争奪戦が展開されている。

本 FS 調査は、このような状況の中、キエフ市のボルトニッチ排水処理場の汚泥田で処理する汚泥の量を削減し、汚泥を嫌氣的に消化できる反応槽と、消化ガス/バイオガスを燃焼させるガスエンジンコージェレーションを設置、運用することにより、CH₄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を置き換えることにより、発電所での CO₂ 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。

本プロジェクトのカウンターパートであるキエフ市、キエフボドカナル社は、環境改善、資金調達の実施可能性等の点から本 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、8,900MW 級のガスエンジン発電機を設置し、2009 年より ERU 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、排出権市場 (EUETS) の価格が 30~40EURO/ton-CO₂ となる状況であれば、実現可能性があるとの結論を得た。

しかし、現在の EUETS の市場相場と、EUETS 不遵守の場合の罰金の金額を考えるとこれは現実的ではない。そこで、プロジェクトの一部あるいは全部を ODA のソフトローンによる資金 (環境円借款等) で実施し、下水道料金の値上げあるいは市の予算からの追加資金導入を行うことで、ソフトローンの返済に充てることを考えれば、現状の排出権市場の価格である 20EURO/ton-CO₂ 程度でも十分に実現可能性があるとの結論を得た。また、GIS 活用の可能性も考えられるが、①このプロジェクトで実際に発生しうる ERU 以上の AAU をウクライナから日本へ移転する必要があること、②ウクライナ自身が GIS への準備ができておらず、政府内でのコンセンサスが何らないこと、により、実現には時間がか

かるものと考えられる。

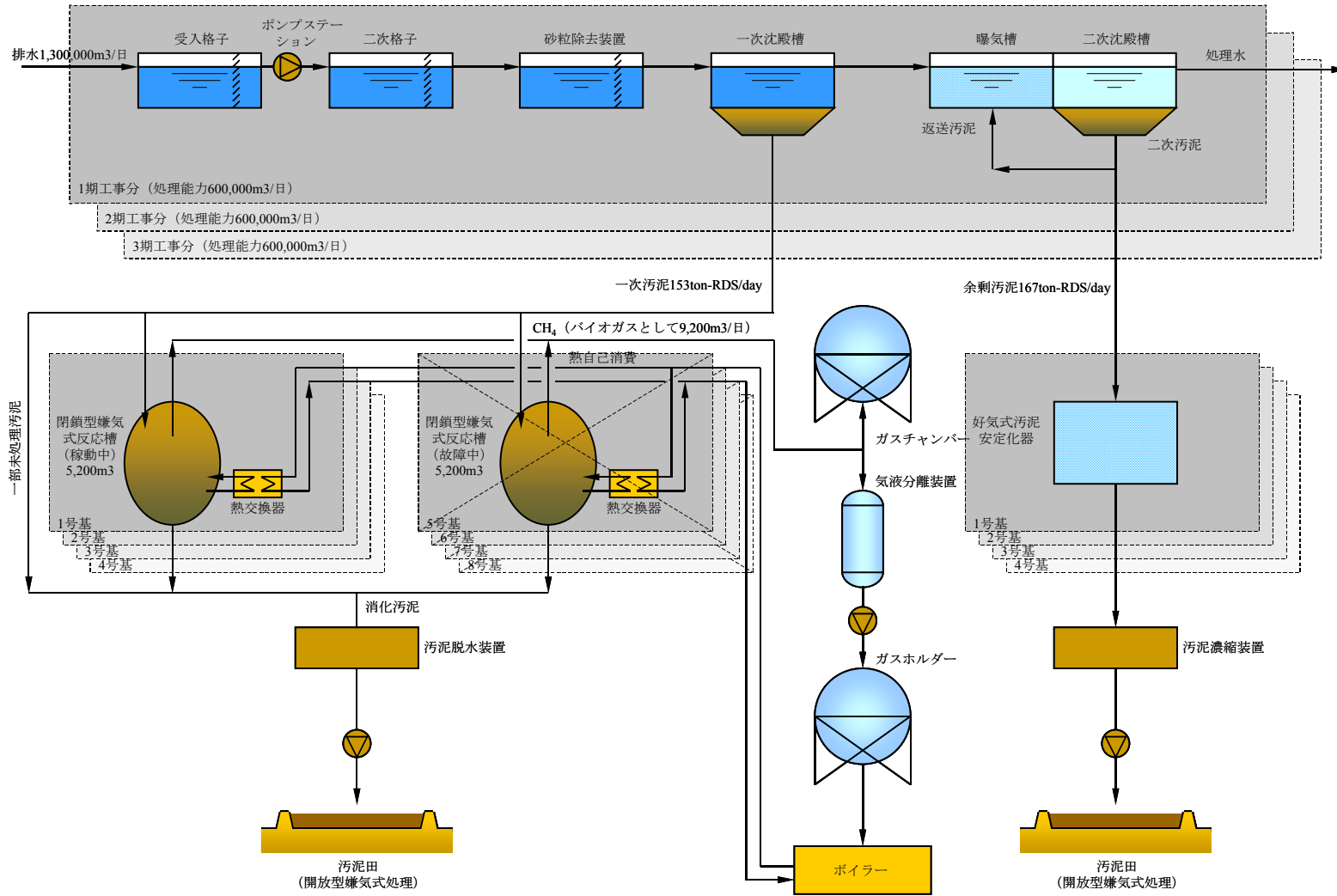
即ち、下水処理場のような、公共性が高い JI プロジェクトでは、ランドフィル案件のように純粋な民間プロジェクトとしては成立しにくく、公的資金の投入が不可欠であると考ええる。

また、キエフボドカナル社の強い要望により、消化後の汚泥を焼却処理して、汚泥田を閉鎖する案も検討したが、上述の下水道料金の値上げあるいは市の予算からの追加資金導入を、より多く必要とすることも明らかとなり、現実的ではないことも判明した。

一方で、本プロジェクトにおいては、汚泥からの CH₄ の発生量、ウクライナの JI 参加資格、第 2 約束期間以降の ERU の経済的価値の有無等のリスクの存在が明らかとなり、それらリスクへの対応が必要である。

ウクライナは、2005 年に政権が交代し、2006 年 3 月には総選挙も予定されているため、今後、社会、経済の変化が予測される。当社は、ウクライナの持続的発展に寄与できるよう、今後のウクライナの政治、経済の動向を見守りつつ、本プロジェクトの事業化に向けた取り組みを進めていく予定である。

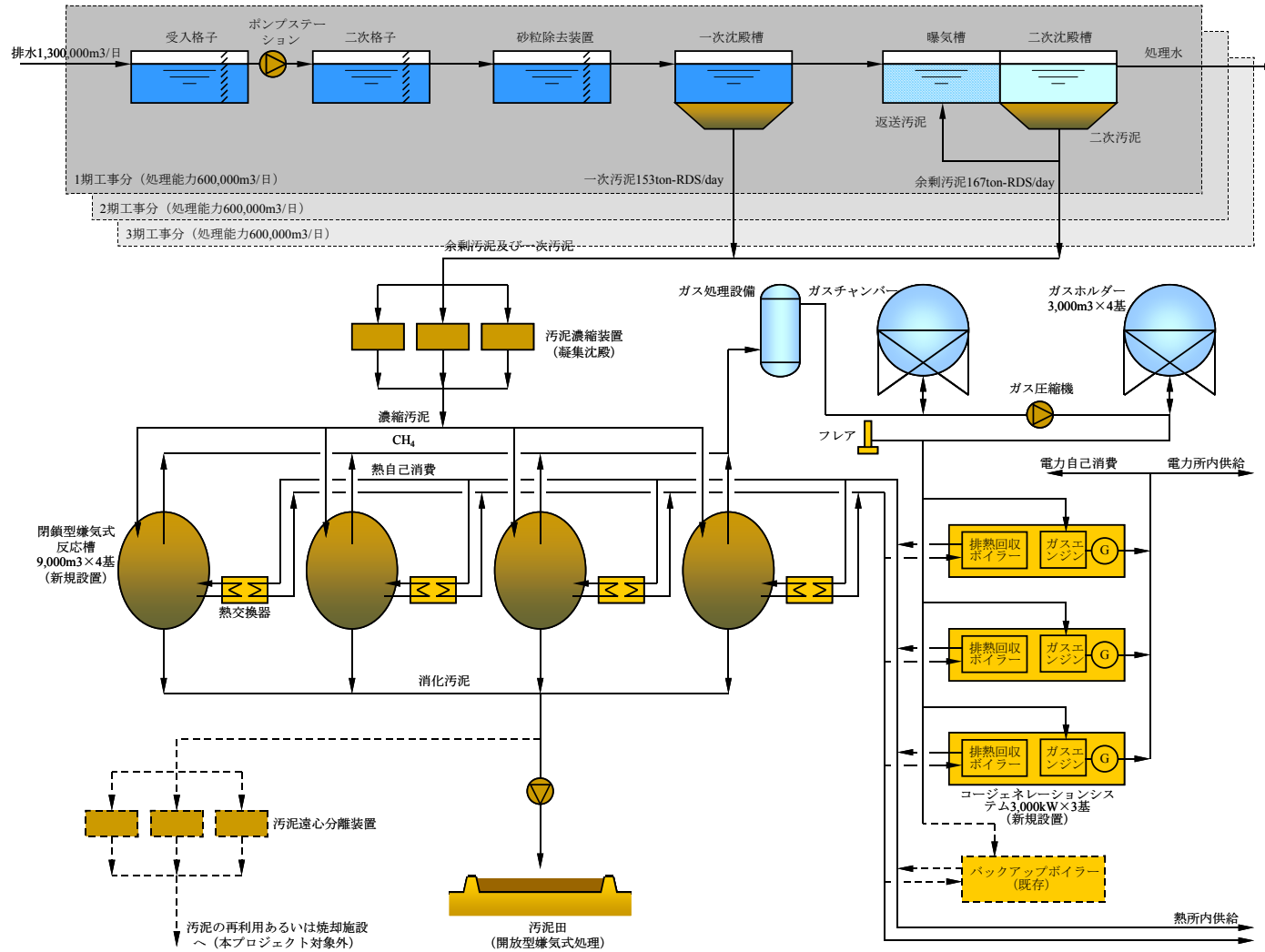
資料-1 現状のポルトニッチ排水処理場系統図



資料-2 現状のポルトニッチ排水処理場平面図



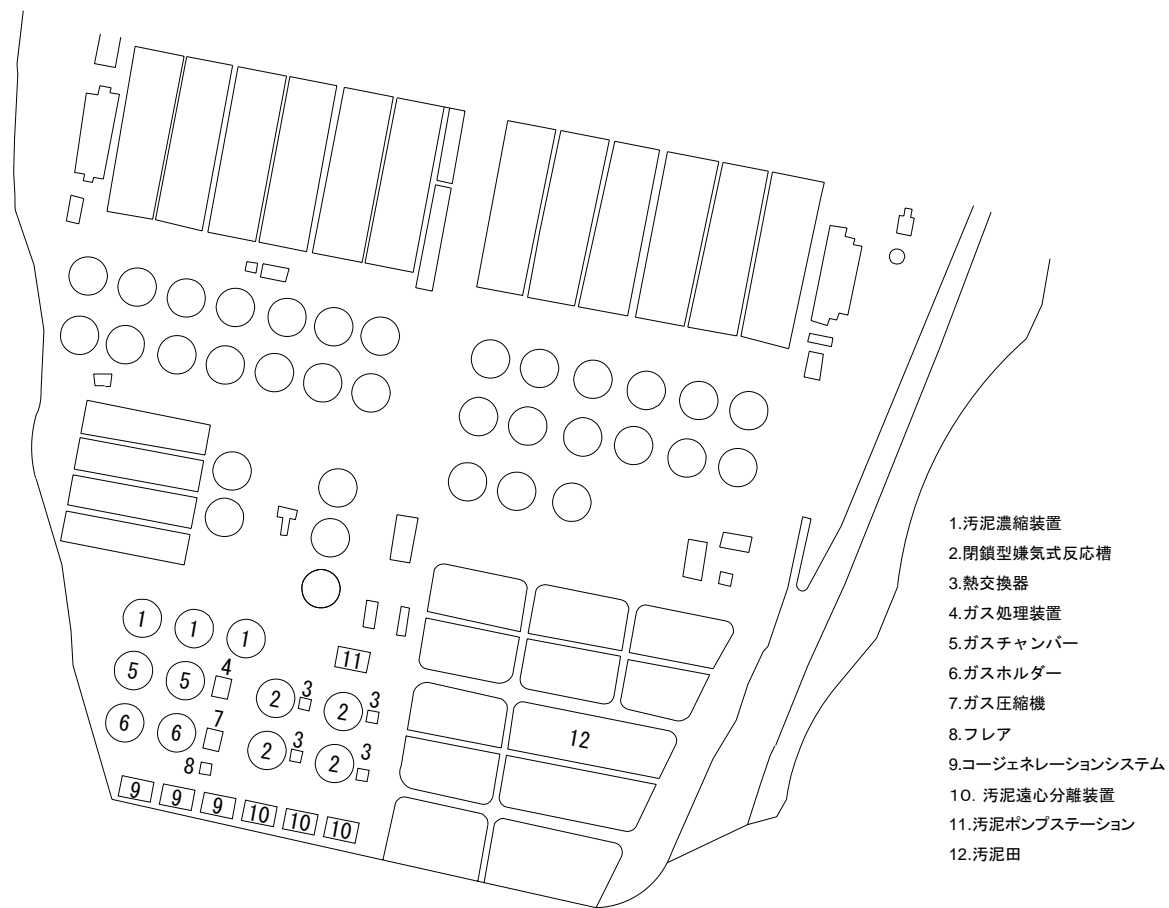
資料-3 プロジェクト計画系統図



資料-4-1 プロジェクト計画平面図



資料-4-2 プロジェクト計画平面図(拡大図)



資料-5 汚泥排出係数試験要領と結果

1.目的

汚泥田から現在排出されている CH₄ の放出量を明らかにするため、サイト特有（site specific な）の排出係数を実測する。

2.実測要領

2.1 試験用の汚泥田の準備

現在汚泥田に投入されて処理されている汚泥は、一次沈殿槽からの汚泥と、二次沈殿槽からの汚泥の2種類があるが、それぞれについて実測を行うため、実際の汚泥田と同じ構造で、試験用の汚泥田を2個用意する（一次沈殿槽からの汚泥：フィールド2、二次沈殿槽からの汚泥：フィールド1）。試験用の汚泥田の大きさは、試験を行いやすいようにするために20～30m²（概ね5m四方）とする。

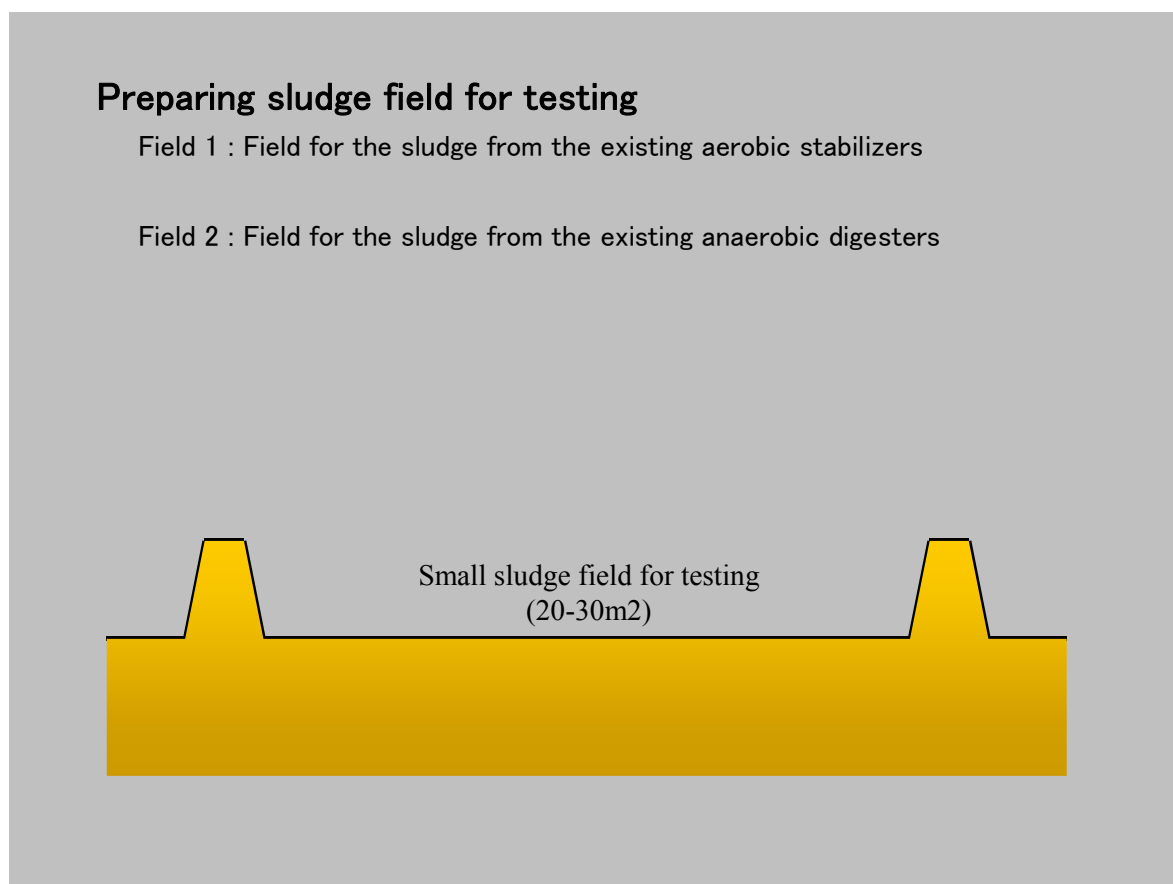


図-1 試験用の汚泥田の準備

Where to get sludge for testing

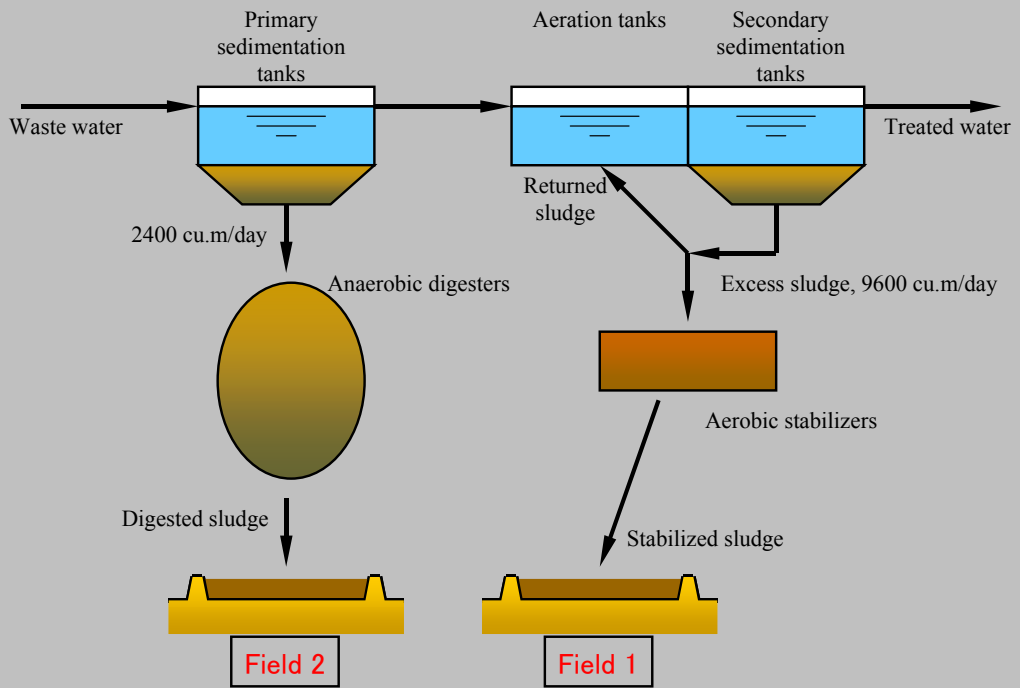


図-2 試験用の汚泥の取り出し場所

2.2 汚泥の投入

2 種類の汚泥を試験用の汚泥田に投入する。この際、汚泥の量、汚泥の濃度（RDS（乾燥生固形物量 Raw Dry Solid）、COD（化学的酸素要求量 Chemical Oxygen Demand）、TOC（全有機性炭素、Total Organized Carbon）、BOD₅（Biochemical Oxygen Demand 5days）のいずれか）、汚泥の温度、汚泥の深さを測定しておく。

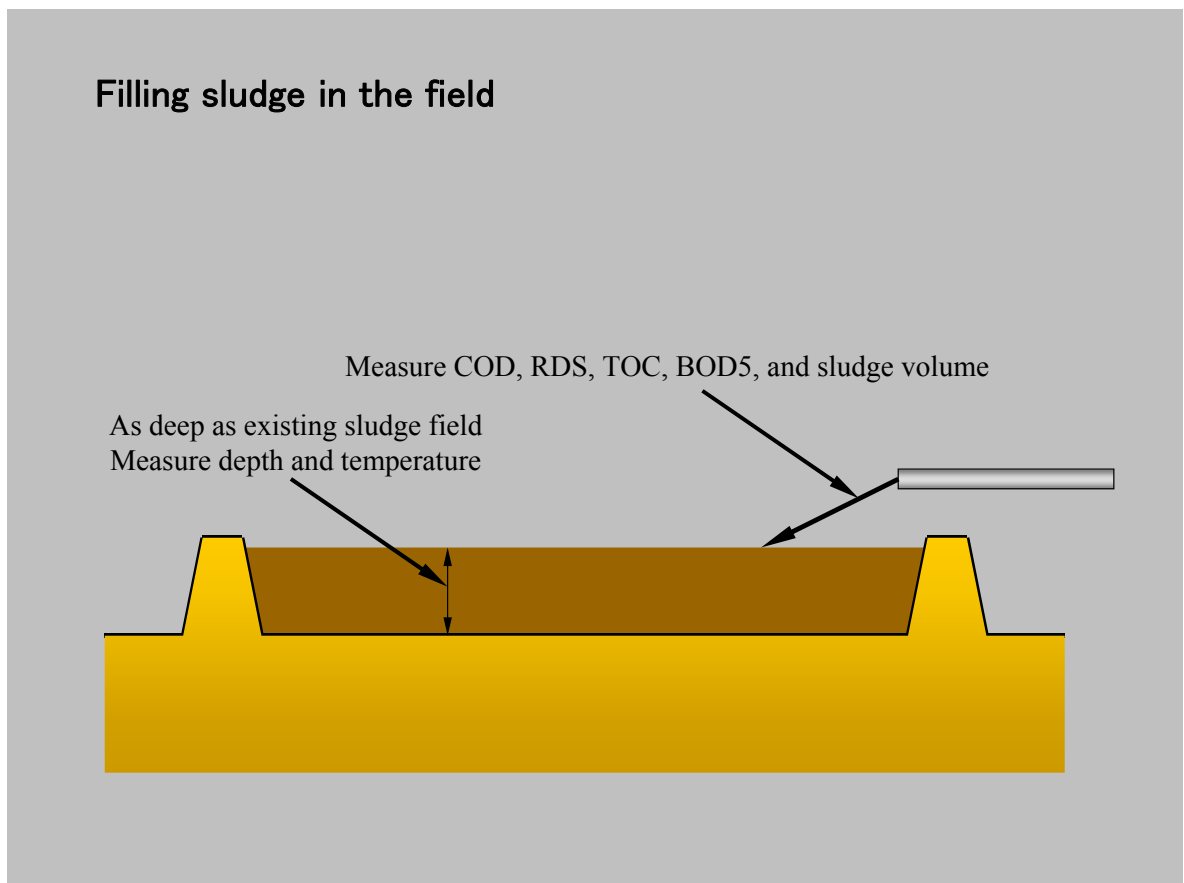


図-3 試験用の汚泥の投入と測定

2.3 汚泥の安定化

汚泥が安定するまで放置する。(1週間以上)

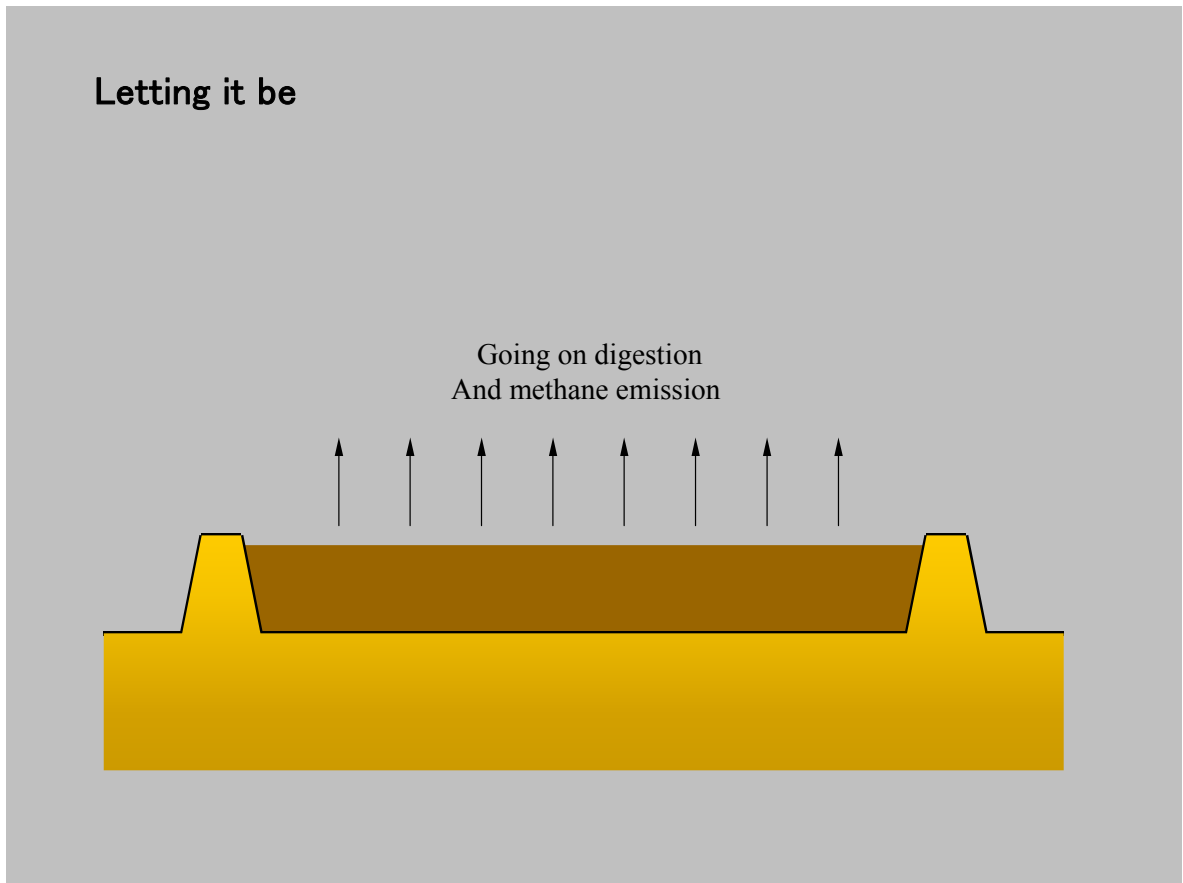


図-4 汚泥の安定化

2.4 CH₄の発生量の測定

適宜定期的にCH₄の発生量を測定する。このために、試験用の汚泥田の上にフラックスチャンバーをかぶせ、このチャンバー内で発生するCH₄の量と濃度を測定する。但し、この方法では、CH₄の量が少なすぎて測定ができない場合は、このチャンバーの中のCH₄の濃度の増大速度を測定する。合わせて、汚泥田の中の汚泥の温度と汚泥の深さも測定しておく。

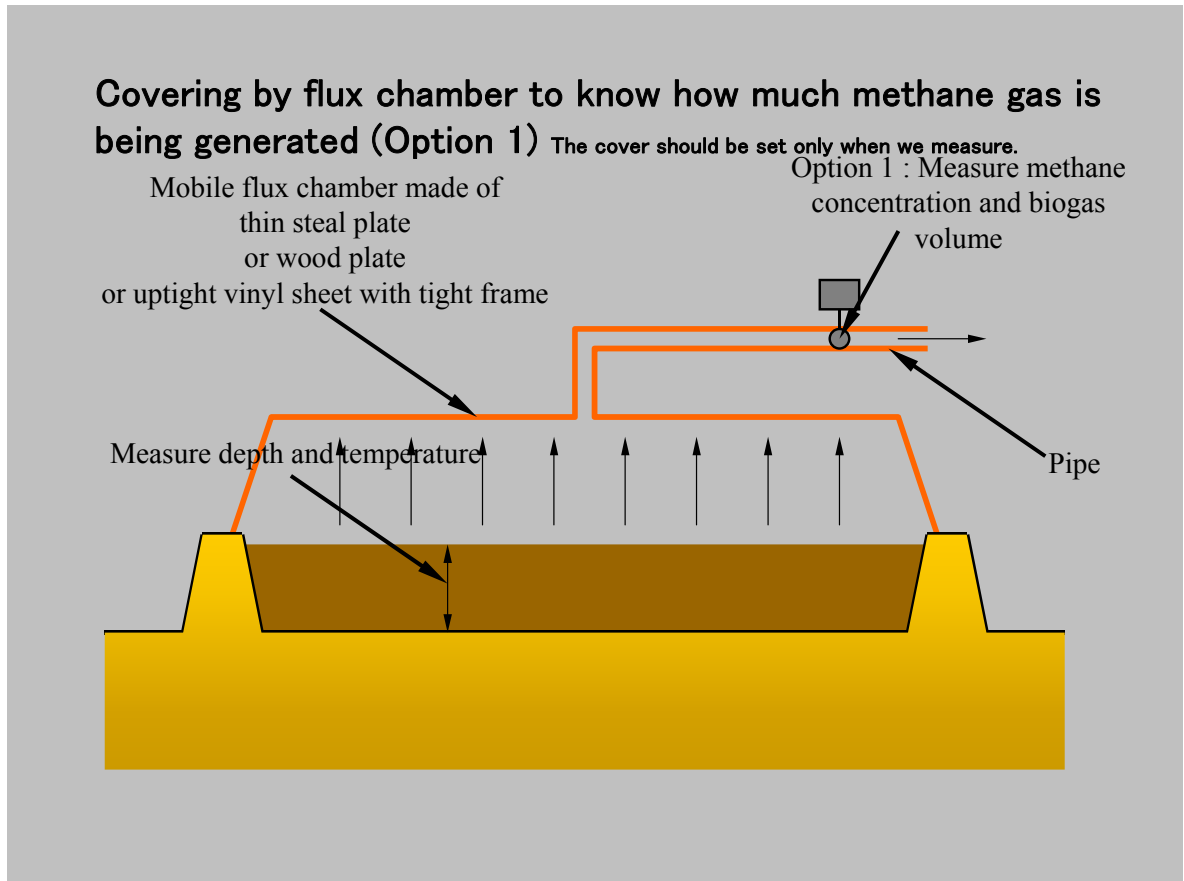


図-5 CH₄の量と濃度の測定

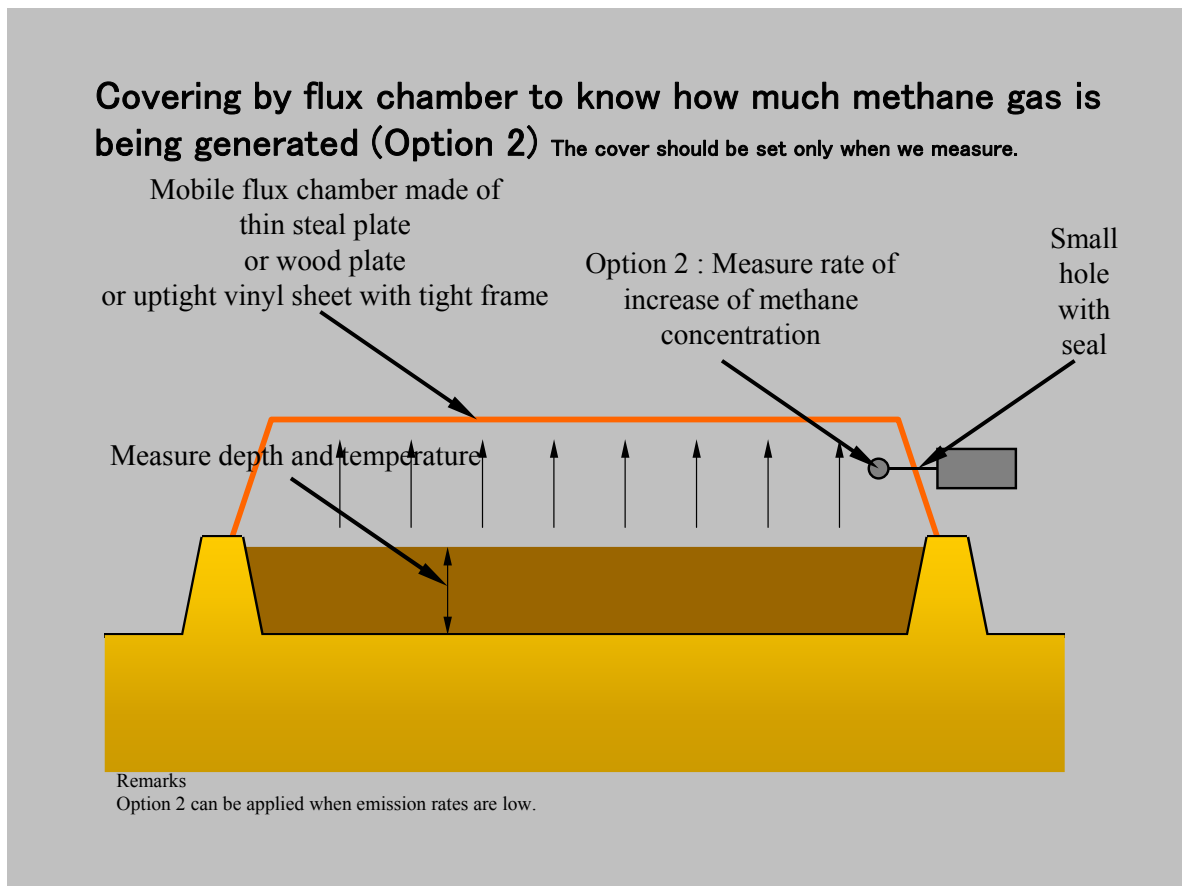


図-6 CH₄の濃度の増大速度の測定

2.5 測定の継続

2.3 と 2.4 を複数回繰り返す。汚泥田での汚泥の処理は、実際には 1 年以上かけて行っているため、排出係数を知るためには、最低でも 1 年間にわたって、計測を行う必要がある。計測の頻度は、多ければ多いほど良いが、試験実施コストとの兼ね合いも重要である。概ね数ヶ月に一度、1 年間に 4 度以上の測定（春夏秋冬各 1 回ずつ以上）をすることが望ましい。本 FS では、FS の委託期間内でできる限り多くの測定をする。

2.6 データのとりまとめ

測定が終了したら、データのとりまとめを行う。CH₄ の発生量と、最初に投入した汚泥の量から、単位汚泥あたりの CH₄ の排出係数を求める。

3.計算式

3.1 チャンバー内で発生するCH₄の量と濃度を測定する場合のCH₄排出速度の計算

$$\begin{aligned} & \text{CH}_4 \text{ 排出速度 Methane emission speed (g-CH}_4\text{/s)} \\ & = \text{CH}_4 \text{ 濃度 Methane concentration (ppm)} * 10^{-6} * \text{CH}_4 \text{ 流量 Biogas volume (Nm}^3\text{/s)} \\ & \quad * \text{CH}_4 \text{ 比重 Density of methane (g/Nm}^3\text{)} \quad (\text{式-1}) \end{aligned}$$

3.2 チャンバーの中のCH₄の濃度の増大速度を測定する場合のCH₄排出速度の計算

$$\begin{aligned} & \text{CH}_4 \text{ 排出速度 Methane emission speed (g-CH}_4\text{/s)} \\ & = \text{CH}_4 \text{ 濃度増大速度 Rate of increase of methane concentration (ppm/s)} * 10^{-6} \\ & \quad * \text{フラックスチャンバーの容積 (Nm}^3\text{)} \\ & \quad * \text{CH}_4 \text{ 比重 Density of methane (g/Nm}^3\text{)} \quad (\text{式-2}) \end{aligned}$$

3.3 排出係数の計算

$$\begin{aligned} & \text{CH}_4 \text{ 排出量 Methane emissions (g-CH}_4\text{)} \\ & = \sum (\text{CH}_4 \text{ 濃度増大速度 Methane emission speed (g-CH}_4\text{/s)}) * \text{時間 time frame (s)} \quad (\text{式-3}) \\ & \quad (\text{CH}_4 \text{ 排出量は、CH}_4 \text{ 濃度増大速度を時間で積分したものとなる。}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{汚泥の量 Sludge mass (ton-COD)} \\ & = \text{COD (mg/litter)} * \text{汚泥の容積 sludge volume (litter)} * 10^{-9} \quad (\text{式-4}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{汚泥の量 Sludge mass (ton-RDS)} \\ & = \text{RDS (mg/litter)} * \text{汚泥の容積 sludge volume (litter)} * 10^{-9} \quad (\text{式-5}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{汚泥の量 Sludge mass (ton-TOC)} \\ & = \text{TOC (mg/litter)} * \text{汚泥の容積 sludge volume (litter)} * 10^{-9} \quad (\text{式-6}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{汚泥の量 Sludge mass (ton-BOD}_5\text{)} \\ & = \text{BOD}_5 \text{ (mg/litter)} * \text{汚泥の容積 sludge volume (litter)} * 10^{-9} \quad (\text{式-7}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{汚泥排出係数 Emission factor (ton-CH}_4\text{/ton-COD)} \\ & = \text{CH}_4 \text{ 排出量 Methane emissions (g-CH}_4\text{) / 汚泥の量 Sludge mass (ton-COD) * 10}^{-6} \\ & \text{(式-8)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{汚泥排出係数 Emission factor (ton-CH}_4\text{/ton-RDS)} \\ & = \text{CH}_4 \text{ 排出量 Methane emissions (g-CH}_4\text{) / 汚泥の量 Sludge mass (ton-RDS) * 10}^{-6} \\ & \text{(式-9)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{汚泥排出係数 Emission factor (ton-CH}_4\text{/ton-TOC)} \\ & = \text{CH}_4 \text{ 排出量 Methane emissions (g-CH}_4\text{) / 汚泥の量 Sludge mass (ton-TOC) * 10}^{-6} \\ & \text{(式-10)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{汚泥排出係数 Emission factor (ton-CH}_4\text{/ton- BOD}_5\text{)} \\ & = \text{CH}_4 \text{ 排出量 Methane emissions (g-CH}_4\text{) / 汚泥の量 Sludge mass (ton- BOD}_5\text{) * 10}^{-6} \\ & \text{(式-11)} \end{aligned}$$

4.この試験の長所と短所

4.1 長所

- ・ サイト特有な排出係数が確実に得られる。即ち、排水の性状（即ち、生活様式、合流式か否かの違い）、排水処理方法、汚泥性状、外気温度、外気湿度、汚泥田の構造、汚泥田の土壌などのすべての要因を包含した排出係数が得られる。
- ・ 試験要領は簡単でシンプルである。
- ・ IPCC の方法論に準拠している。
- ・ デフォルト値は何も使用していない。
- ・ 既存の方法論にあるような適用条件を気にする必要がない。

4.2 短所

- ・ 試験をするために長期間必要である。
- ・ 試験をする場所を確保する必要がある。
- ・ 試験中にあった特異な気象（集中豪雨、大雪、異常低温、異常高温等）の影響を受けてしまう可能性がある。
- ・ CH₄ 発生量の測定は、頻繁に実施すれば実施するほど、正確な排出係数が得られるが、

実際上は試験コストとの兼ね合いがあるので難しい。

5.留意事項

- ・ 試験期間を長くすればすればするほど、より大きな排出係数が得られるはずである。逆に試験期間を短くすればするほど、より保守的な排出係数となる。このため、試験期間は実際の汚泥処理の運用条件と合わせるか、それよりも短くする必要がある。
- ・ フラックスチャンバーは非常に大きなものになってしまうので、試験装置の製作には工夫が必要である。即ち、フラックスチャンバーをできるだけ軽いものに仕上げる必要がある。
- ・ 試験用の汚泥田での汚泥の深さは、実際の汚泥田での汚泥の深さに合わせる必要がある。
- ・ 汚泥の濃度は4種類（RDS（乾燥生固形物量 Raw Dry Solid）、COD（化学的酸素要求量 Chemical Oxygen Demand）、TOC（全有機性炭素、Total Organized Carbon）、BOD₅（Biochemical Oxygen Demand 5days））のいずれかを使用すればよいが、プロジェクト実施の際の測定方法と合わせる必要がある。尚、今回の試験では、RDS、COD、TOCの3種類を測定している。

6.この試験の前提条件と他の案件への適用

CH₄の排出量が、汚泥に含まれる有機物の量に比例するという非常に大きな前提がある。この前提は合理的な前提であるが、得られた排出係数は、排水の性状（即ち、生活様式、合流式か否かの違い）、排水処理方法、汚泥性状、外気温度、外気湿度、汚泥田の構造、汚泥田の土壌、等からも大いに影響を受けている。

従って、得られた排出係数を他のプロジェクトに流用する際には、流用先のプロジェクトの排水の性状（即ち、生活様式、合流式か否かの違い）、排水処理方法、汚泥性状、外気温度、外気湿度、汚泥田の構造、汚泥田の土壌、等が、流用元のプロジェクトの排水の性状（即ち、生活様式、合流式か否かの違い）、排水処理方法、汚泥性状、外気温度、外気湿度、汚泥田の構造、汚泥田の土壌、等と同等であることを証明する必要がある。

しかし、何が同等な条件であるかを定めるのは非常に困難である。違いを証明するのは簡単であるが、同じであることを証明するのは実際上は不可能である。従って、基本的には、処分場ごとにこの試験を実施し、排出係数を求めることが必要である。

7.試験結果

以下に、試験用汚泥田、試験用汚泥緒元、メタンガス計測結果を示す。

表-1 試験用汚泥田緒元

項目	単位	数値
長さ	m	7.5
幅	m	9.0
深さ	m	2.0
フラックスチャンバー容積	m ³	29.8
汚泥田上部空間とフラックスチャンバーの容積の合計	m ³	43.2

表-2 試験用汚泥緒元

項目	単位	数値
汚泥の取り出し元	—	既存反応槽出口汚泥
投入した汚泥の容積合計	m ³	308
汚泥の濃度 COD	mg-COD/L	3,753
汚泥の濃度 RDS	mg-RDS/L	58,000
汚泥の濃度 TOC	mg-TOC/L	1,386
汚泥の濃度測定時の汚泥の容積	m ³	122
汚泥の深さ	m	1.8
汚泥の量 COD	ton-COD	0.46
汚泥の量 RDS	ton-RDS	7.05
汚泥の量 TOC	ton-TOC	0.17

表-3 メタンガス計測結果

項目	単位	数値
メタン濃度実測値	%	10.0
同上メタン濃度に達するまでの所要時間	hr	48.0
同上メタン容積	m ³ -CH ₄	4.32
メタン濃度増大速度	ppm-CH ₄ /s	5.79E-01
同上	m ³ -CH ₄ / s	2.50E-05
気温	℃	3.0
当該気温におけるメタン密度	g-CH ₄ /m ³ -CH ₄	706.522
メタン濃度増大速度	g-CH ₄ /s	1.77E-02
同上積分期間設定	日	90
積分期間におけるメタン排出量	ton-CH ₄	1.37E-01
積分期間における排出係数 (COD)	ton-CH ₄ /ton-COD	3.01E-01
積分期間における排出係数 (RDS)	ton-CH ₄ /ton-RDS	1.95E-02
積分期間における排出係数 (TOC)	ton-CH ₄ /ton-TOC	8.16E-01
逆算された排出係数 (RDS) (報告書本文「3.4 ベースライン排出量の試算」参照)	ton-CH ₄ /ton-RDS	5.08E-01
積分期間における排出係数 (RDS) ÷ IPCC 逆算された排出係数 (RDS) × 100	%	3.8



写真-1 試験状況（試験用の汚泥田に汚泥を投入したところ）

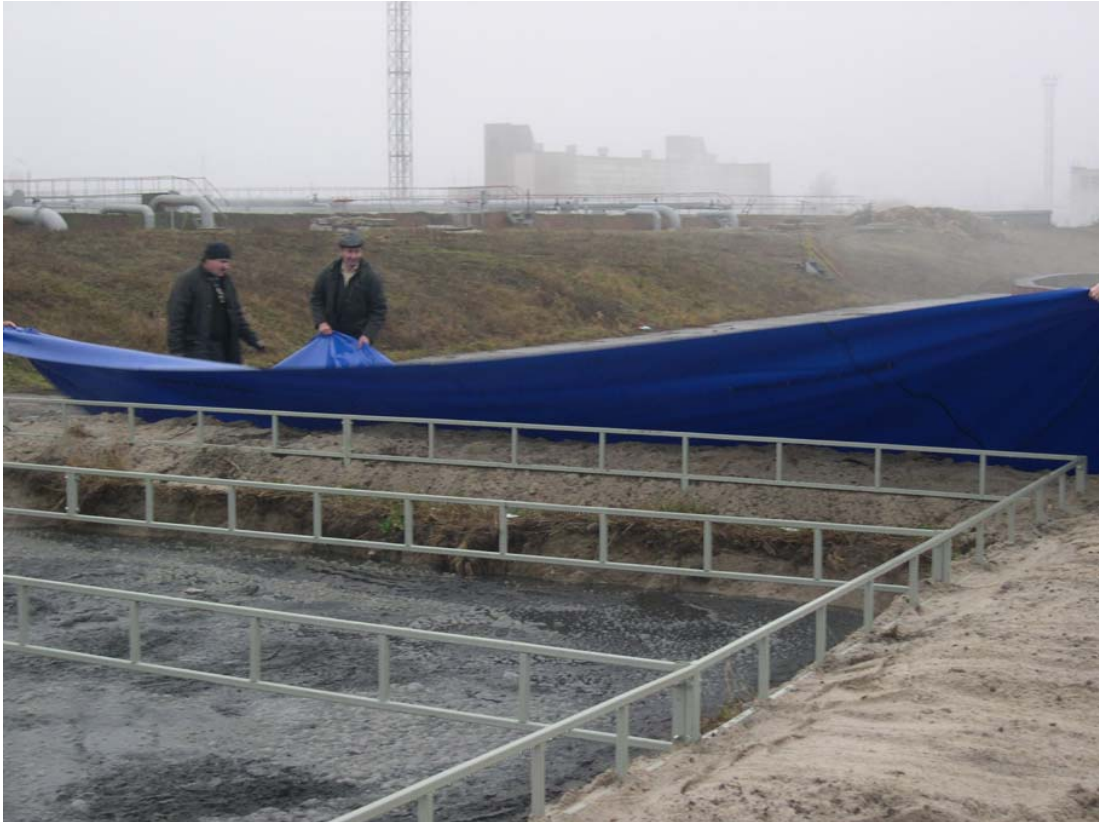


写真-2 試験状況（フラックスチャンバーを設置しているところ）



写真-3 試験状況（フラックスチャンバーの設置が完了したところ）

7.考察

試験結果によれば、排出係数は、逆算した排出係数のわずかに3.8%にとどまっている。この理由は以下が考えられる。

- ①計測は冬期の一度しか実施していない。即ち、計測回数が少なすぎ、積分期間が短すぎる。
- ②計測はバクテリアの活動が低調になる冬期にしか行っていない。即ち、季節変動を把握できていない。

従って、現実的な排出係数の把握のためには、この試験を最低でも1年（原則的には、汚泥の汚泥田での処理期間に相当する期間）は継続させる必要があるものと考えられる。

今回の試験で、汚泥田からは（たとえ冬期であっても）確実にメタンガスが発生していることがわかり、プロジェクトの実現可能性が高まったと言える。

資料-6 排出削減量計算結果とキャッシュフロー計算結果

(1) JI 資金による初期投資額の負担金額を、すべての項目にした場合で、ERU の経済的価値を 0EURO/ton-CO₂ とした場合

年	系統の排出係数	正味供給可能電力量	ベースライン排出量			プロジェクト排出量		排出削減量	年	初期投資費	ランニングコスト	ERU以外の収入	ERU収入	キャッシュフロー税引前	キャッシュフロー税引後
			グリッドによる排出 (ベースラインのリーケージ)	既存の嫌気汚泥発酵槽で処理されている汚泥が汚泥田で排出するメ	既存の嫌気汚泥発酵槽で処理されていない汚泥が汚泥田で排出する	汚泥田からのメタン排出	排出削減量								
-	ton-CO ₂ /MWh	MWh/y	ton-CO ₂ /y	ton-CO ₂ /y	ton-CO ₂ /y	ton-CO ₂ /y	ton-CO ₂ /y	-	EURO/y	EURO/y	EURO/y	EURO/y	EURO/y	EURO/y	
2007								2007	-1.42E+07					-1.42E+07	-1.42E+07
2008								2008	-1.42E+07					-1.42E+07	-1.42E+07
2009	6.80E-01	6.44E+04	4.38E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.56E+05	2009		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2010	6.66E-01	6.44E+04	4.29E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.55E+05	2010		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2011	6.51E-01	6.44E+04	4.19E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.55E+05	2011		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2012	6.36E-01	6.44E+04	4.10E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.54E+05	2012		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2013	6.21E-01	6.44E+04	4.00E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.53E+05	2013		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2014	6.06E-01	6.44E+04	3.90E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.52E+05	2014		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2015	5.91E-01	6.44E+04	3.81E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.51E+05	2015		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2016	5.76E-01	6.44E+04	3.71E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.50E+05	2016		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2017	5.61E-01	6.44E+04	3.61E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.49E+05	2017		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2018	5.46E-01	6.44E+04	3.52E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.48E+05	2018		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2019	5.31E-01	6.44E+04	3.42E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.47E+05	2019		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2020	5.16E-01	6.44E+04	3.32E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.46E+05	2020		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2021	5.01E-01	6.44E+04	3.23E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.45E+05	2021		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2022	4.86E-01	6.44E+04	3.13E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.44E+05	2022		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2023	4.71E-01	6.44E+04	3.03E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.43E+05	2023		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
合計	-	9.66E+05	5.56E+05	1.31E+05	2.45E+06	8.90E+05	2.25E+06								

IRR=	#DIV/0!	#DIV/0!
------	---------	---------

注:IRRの数値で「#DIV/0!」は、投資資金を回収できないプロジェクトであることを示す。

(2) JI 資金による初期投資額の負担金額を、すべての項目にした場合で、ERU の経済的価値を 40EURO/ton-CO₂ とした場合

年	系統の排出係数	正味供給可能電力量	ベースライン排出量			プロジェクト排出量		排出削減量	年	初期投資費	ランニングコスト	ERU以外の収入	ERU収入	キャッシュフロー税引前	キャッシュフロー税引後
			グリッドによる排出 (ベースラインのリーケージ)	既存の嫌気汚泥発酵槽で処理されている汚泥が汚泥田で排出するメ	既存の嫌気汚泥発酵槽で処理されていない汚泥が汚泥田で排出するメ	汚泥田からのメタン排出	ton-CO ₂ /y								
-	ton-CO ₂ /MWh	MWh/y	ton-CO ₂ /y	ton-CO ₂ /y	ton-CO ₂ /y	ton-CO ₂ /y	ton-CO ₂ /y	-	EURO/y	EURO/y	EURO/y	EURO/y	EURO/y	EURO/y	
2007								2007	-1.42E+07				-1.42E+07	-1.42E+07	
2008								2008	-1.42E+07				-1.42E+07	-1.42E+07	
2009	6.80E-01	6.44E+04	4.38E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.56E+05	2009		-3.07E+06	2.74E+06	6.26E+06	5.93E+06	5.75E+06	
2010	6.66E-01	6.44E+04	4.29E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.55E+05	2010		-3.07E+06	2.74E+06	6.22E+06	5.89E+06	5.46E+06	
2011	6.51E-01	6.44E+04	4.19E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.55E+05	2011		-3.07E+06	2.74E+06	6.18E+06	5.85E+06	5.21E+06	
2012	6.36E-01	6.44E+04	4.10E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.54E+05	2012		-3.07E+06	2.74E+06	6.14E+06	5.81E+06	5.02E+06	
2013	6.21E-01	6.44E+04	4.00E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.53E+05	2013		-3.07E+06	2.74E+06	6.10E+06	5.77E+06	4.85E+06	
2014	6.06E-01	6.44E+04	3.90E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.52E+05	2014		-3.07E+06	2.74E+06	6.07E+06	5.74E+06	4.71E+06	
2015	5.91E-01	6.44E+04	3.81E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.51E+05	2015		-3.07E+06	2.74E+06	6.03E+06	5.70E+06	4.60E+06	
2016	5.76E-01	6.44E+04	3.71E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.50E+05	2016		-3.07E+06	2.74E+06	5.99E+06	5.66E+06	4.50E+06	
2017	5.61E-01	6.44E+04	3.61E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.49E+05	2017		-3.07E+06	2.74E+06	5.95E+06	5.62E+06	4.42E+06	
2018	5.46E-01	6.44E+04	3.52E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.48E+05	2018		-3.07E+06	2.74E+06	5.91E+06	5.58E+06	4.28E+06	
2019	5.31E-01	6.44E+04	3.42E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.47E+05	2019		-3.07E+06	2.74E+06	5.87E+06	5.54E+06	4.16E+06	
2020	5.16E-01	6.44E+04	3.32E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.46E+05	2020		-3.07E+06	2.74E+06	5.83E+06	5.50E+06	4.13E+06	
2021	5.01E-01	6.44E+04	3.23E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.45E+05	2021		-3.07E+06	2.74E+06	5.79E+06	5.46E+06	4.10E+06	
2022	4.86E-01	6.44E+04	3.13E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.44E+05	2022		-3.07E+06	2.74E+06	5.76E+06	5.43E+06	4.07E+06	
2023	4.71E-01	6.44E+04	3.03E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.43E+05	2023		-3.07E+06	2.74E+06	5.72E+06	5.39E+06	4.04E+06	
合計	-	9.66E+05	5.56E+05	1.31E+05	2.45E+06	8.90E+05	2.25E+06								

IRR= 16.94% 13.86%

注:IRRの数値で「#DIV/0!」は、投資資金を回収できないプロジェクトであることを示す。

(3) JI 資金による初期投資額の負担金額を、コージェネレーション部分に限定した場合で、ERU の経済的価値を 0EURO/ton-CO₂ とした場合

年	系統の排出係数	正味供給可能電力量	ベースライン排出量			プロジェクト排出量		排出削減量	年	初期投資費	ランニングコスト	ERU以外の収入	ERU収入	キャッシュフロー税引前	キャッシュフロー税引後
			グリッドによる排出 (ベースラインのリーケージ)	既存の嫌気汚泥発酵槽で処理されている汚泥が汚泥田で排出するメ	既存の嫌気汚泥発酵槽で処理されていない汚泥が汚泥田で排出するメ	汚泥田からのメタン排出	ton-CO ₂ /y								
-	ton-CO ₂ /MWh	MWh/y	ton-CO ₂ /y	ton-CO ₂ /y	ton-CO ₂ /y	ton-CO ₂ /y	ton-CO ₂ /y	-	EURO/y	EURO/y	EURO/y	EURO/y	EURO/y	EURO/y	
2007								2007	-6.02E+06				-6.02E+06	-6.02E+06	
2008								2008	-6.02E+06				-6.02E+06	-6.02E+06	
2009	6.80E-01	6.44E+04	4.38E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.56E+05	2009		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2010	6.66E-01	6.44E+04	4.29E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.55E+05	2010		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2011	6.51E-01	6.44E+04	4.19E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.55E+05	2011		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2012	6.36E-01	6.44E+04	4.10E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.54E+05	2012		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2013	6.21E-01	6.44E+04	4.00E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.53E+05	2013		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2014	6.06E-01	6.44E+04	3.90E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.52E+05	2014		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2015	5.91E-01	6.44E+04	3.81E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.51E+05	2015		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2016	5.76E-01	6.44E+04	3.71E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.50E+05	2016		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2017	5.61E-01	6.44E+04	3.61E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.49E+05	2017		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2018	5.46E-01	6.44E+04	3.52E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.48E+05	2018		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2019	5.31E-01	6.44E+04	3.42E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.47E+05	2019		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2020	5.16E-01	6.44E+04	3.32E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.46E+05	2020		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2021	5.01E-01	6.44E+04	3.23E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.45E+05	2021		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2022	4.86E-01	6.44E+04	3.13E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.44E+05	2022		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
2023	4.71E-01	6.44E+04	3.03E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.43E+05	2023		-3.07E+06	2.74E+06	0.00E+00	-3.30E+05	-3.30E+05	
合計	-	9.66E+05	5.56E+05	1.31E+05	2.45E+06	8.90E+05	2.25E+06								

IRR=	#DIV/0!	#DIV/0!
------	---------	---------

注:IRRの数値で「#DIV/0!」は、投資資金を回収できないプロジェクトであることを示す。

(4) II 資金による初期投資額の負担金額を、コージェネレーション部分に限定した場合で、ERU の経済的価値を 20EURO/ton-CO₂ とした場合

年	系統の排出係数	正味供給可能電力量	ベースライン排出量			プロジェクト排出量		排出削減量	年	初期投資費	ランニングコスト	ERU以外の収入	ERU収入	キャッシュフロー税引前	キャッシュフロー税引後
			グリッドによる排出 (ベースラインのリーケージ)	既存の嫌気汚泥発酵槽で処理されている汚泥が汚泥田で排出するメ	既存の嫌気汚泥発酵槽で処理されていない汚泥が汚泥田で排出するメ	汚泥田からのメタン排出	ton-CO ₂ /y								
-	ton-CO ₂ /MWh	MWh/y	ton-CO ₂ /y	ton-CO ₂ /y	ton-CO ₂ /y	ton-CO ₂ /y	ton-CO ₂ /y	-	EURO/y	EURO/y	EURO/y	EURO/y	EURO/y	EURO/y	
2007								2007	-6.02E+06				-6.02E+06	-6.02E+06	
2008								2008	-6.02E+06				-6.02E+06	-6.02E+06	
2009	6.80E-01	6.44E+04	4.38E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.56E+05	2009		-3.07E+06	2.74E+06	3.13E+06	2.80E+06	2.66E+06	
2010	6.66E-01	6.44E+04	4.29E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.55E+05	2010		-3.07E+06	2.74E+06	3.11E+06	2.78E+06	2.53E+06	
2011	6.51E-01	6.44E+04	4.19E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.55E+05	2011		-3.07E+06	2.74E+06	3.09E+06	2.76E+06	2.42E+06	
2012	6.36E-01	6.44E+04	4.10E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.54E+05	2012		-3.07E+06	2.74E+06	3.07E+06	2.74E+06	2.33E+06	
2013	6.21E-01	6.44E+04	4.00E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.53E+05	2013		-3.07E+06	2.74E+06	3.05E+06	2.72E+06	2.26E+06	
2014	6.06E-01	6.44E+04	3.90E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.52E+05	2014		-3.07E+06	2.74E+06	3.03E+06	2.70E+06	2.20E+06	
2015	5.91E-01	6.44E+04	3.81E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.51E+05	2015		-3.07E+06	2.74E+06	3.01E+06	2.68E+06	2.15E+06	
2016	5.76E-01	6.44E+04	3.71E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.50E+05	2016		-3.07E+06	2.74E+06	2.99E+06	2.66E+06	2.11E+06	
2017	5.61E-01	6.44E+04	3.61E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.49E+05	2017		-3.07E+06	2.74E+06	2.97E+06	2.64E+06	2.07E+06	
2018	5.46E-01	6.44E+04	3.52E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.48E+05	2018		-3.07E+06	2.74E+06	2.96E+06	2.63E+06	2.01E+06	
2019	5.31E-01	6.44E+04	3.42E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.47E+05	2019		-3.07E+06	2.74E+06	2.94E+06	2.61E+06	1.95E+06	
2020	5.16E-01	6.44E+04	3.32E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.46E+05	2020		-3.07E+06	2.74E+06	2.92E+06	2.59E+06	1.94E+06	
2021	5.01E-01	6.44E+04	3.23E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.45E+05	2021		-3.07E+06	2.74E+06	2.90E+06	2.57E+06	1.93E+06	
2022	4.86E-01	6.44E+04	3.13E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.44E+05	2022		-3.07E+06	2.74E+06	2.88E+06	2.55E+06	1.91E+06	
2023	4.71E-01	6.44E+04	3.03E+04	8.72E+03	1.63E+05	5.93E+04	1.43E+05	2023		-3.07E+06	2.74E+06	2.86E+06	2.53E+06	1.90E+06	
合計	-	9.66E+05	5.56E+05	1.31E+05	2.45E+06	8.90E+05	2.25E+06								

IRR= 19.12% 15.70%

注:IRRの数値で「#DIV/0!」は、投資資金を回収できないプロジェクトであることを示す。

資料-7 PDD

資料-8 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 ₄	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 ₂	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 ₂ 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 ₆	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
UAH		ウクライナ・グリブナ
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

資料-9 引用文献、参考文献、参考 URL 一覧

○GEC（財団法人 地球環境センター）「CDM/JI 事業調査 事業実施マニュアル」2004年8月

○GEC（財団法人 地球環境センター）「CDM/JI 事業調査 事業実施マニュアル」2005年9月

○環境省／GEC（財団法人 地球環境センター）「CDM 方法論ガイドブック」2004年11月

○NEDO（独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）、清水建設株式会社「共同実施推進基礎調査 ウクライナ国における埋立処分場メタンガス有効利用調査」2004年3月

○GEC（財団法人 地球環境センター）、清水建設株式会社「平成16年度 CDM/JI 事業調査 ウクライナ・ルガンスク市埋立処分場メタンガス利用調査」2005年3月

○経済産業省「京都メカニズム利用ガイド Version5.4」2004年1月8日

○経済産業省「京都メカニズム専門家人材育成事業 CDM/JI 標準教材 Version1.0」2004年3月

○承認された方法論

AM00022「Avoided Wastewater and On-site Energy Use Emissions in the Industrial Sector --- Version 2」

http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/AM0022_version_2.pdf

○承認された方法論

AM00013「Forced methane extraction from organic waste-water treatment plants for grid-connected electricity supply --- Version 2」

<http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/AM0013version2.pdf>

○提案された新しい方法論

NM00038（未承認）「Methane Gas Capture and Electricity Production at Chisinau Wastewater Treatment Plant, Moldova」

[http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/publicview.html?OpenRound=5&single=1
&OpenNM=Nm0038](http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/publicview.html?OpenRound=5&single=1&OpenNM=Nm0038)

○PDD ガイドライン

「Guidelines for completing CDM-PDD, CDM-NMB and CDM-NMM (most recent version)」

http://cdm.unfccc.int/Reference/Documents/Guidel_Pdd/English/Guidelines_CDMPDD_NMB_NMM.pdf

○PDD フォーマット

「CDM Project Design Document (most recent version)」

http://cdm.unfccc.int/Reference/Documents/cdmpdd/English/CDM_PDD_ver02.doc

○NMB フォーマット

「CDM Proposed new methodology: Baseline (CDM-NMB, most recent version)」

http://cdm.unfccc.int/Reference/Documents/cdm_nmb/English/CDM_NMB.doc

○NMM フォーマット

「CDM Proposed new methodology: Monitoring (CDM-NMM, most recent version)」

http://cdm.unfccc.int/Reference/Documents/cdm_nmm/English/CDM_NMM.doc

○汚泥からの CH₄ の排出量に関する参考文献

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 「Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Reference Manual (Volume 3) CHAPTER 6 WASTE」

<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.htm>

○汚泥からの CH₄ の排出量に関する参考文献

「IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories」

http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/5_Waste.pdf

○汚泥からの CH₄ の排出量に関する参考文献

「Background Papers IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories」

<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/gpg-bgp.htm>

○CH₄ の GWP

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第 2 次評価報告書 (1995) (IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995)

○CH₄ の低位発熱量

社団法人火力原子力発電技術協会 (Thermal and Nuclear Power Engineering Society)、通商産業省 (Ministry of International Trade and Industry) 資源エネルギー庁 (Agency for Natural Resources and Energy) 監修「火力原子力発電必携」1991、P158

○UNFCCC、京都議定書批准状況

http://unfccc.int/files/essential_background/convention/status_of_ratification/application/pdf/ratlist.pdf

http://unfccc.int/files/essential_background/kyoto_protocol/application/pdf/kpstats.pdf

○JI に関する一般情報

財団法人海外投融資情報財団「中東欧地域の JI・GIS 案件への具体的対応戦略調査」2005 年 10 月

○ウクライナのインベントリー

「MINISTRY FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION OF UKRAINE NATIONAL REPORT ON GREENHOUSE GAS INVENTORY OF UKRAINE, 2003 Volume 1 Kiev 2005」

http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/2761.php

○国際金融機関との協調融資の提案をしているプロジェクトの開発の可能性について、ウクライナ政府が意思決定を検討するための提案書 プロジェクト名称 株式会社「Kievvodokanal」の Bortnichi 曝気所における排水沈殿物の処理、その消化、バイオガスによる発電と熱回収に関する総合技術「Proposals submitted for consideration of the Government of Ukraine for making decision on the feasibility of development of projects proposed for joint financing with international financial organizations. Project name: "Integrated Technology of Wastewater Sediment Treatment, Digestion, and Generation of Electric and Heat Energy of Biogas at Bortnichi Aeration Station of Open Joint Stock Company "Kievvodokanal"」

○ウクライナの系統の GHG 排出係数

JI プロジェクトの PDD 運用ガイドライン 第 1 巻 一般論 バージョン 2.3 (オランダ経済省 2004 年 5 月 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, P42 Table B1

http://www.senternovem.nl/mmfiles/guidelines_JI_%20vol1_tcm24-33765.pdf#search='Operational%20Guidelines%20for%20Project%20Design%20Documents%20of%20Joint%20Implementation%20Projects%20Volume%201:%20General%20guidelines%20Version%202.3%20Ministry%20of%20Economic%20Affairs%20of%20the%20Netherlands%20May%202004'

○下水処理施設に関する一般技術情報

社団法人 日本下水道協会 建設省都市局下水道部監修「下水道施設計画・設計指針と解説」1994年版（前編、後編）

○ウクライナの一般情報

外務省 各国・地域情勢（ウクライナ）

<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/ukraine/index.html>

○ウクライナの一般情報

世界銀行 Ukraine Data Profile

<http://devdata.worldbank.org/external/CPProfile.asp?PTYPE=CP&CCODE=UKR>

○ウクライナの政治状況

毎日新聞、共同通信、産経新聞、日本経済新聞、時事通信、ロイター、読売新聞の各記事

○ウクライナ輸出入銀行向けバンクローンの供与

JBIC ホームページ

<http://www.jbic.go.jp/autocontents/japanese/news/2005/000132/index.htm>

○ウクライナとキエフの一般情報

<http://www.ukrainebiz.com/Articles/KyivFacts.htm>

http://www.arthistoryclub.com/art_history/Kiev

<http://www.kiev.info/about/>

資料-10 図表一覧

- 図 1-1 ウクライナ位置図（矢印は首都キエフの位置）
- 図 1-2 ウクライナの 1991～2003 の電力生産量、単位 100 万 kWh
- 図 1-3 ウクライナの発電と送電の系統連系
- 図 1-4 ウクライナの電力セクターの概要
- 図 1-5 ウクライナの電力事業セクターの構造と規制
- 図 1-6 2004 年のウクライナにおける各種発電所の卸売価格と生産コスト
- 図 1-7 ウクライナにおける主な GHG の排出量、吸収量
- 図 1-8 キエフ位置図
- 図 2-1 ボルトニッチ排水処理場の系統図
- 図 2-2 プロジェクト計画の系統図
- 図 2-3 プロジェクト計画の平面図
- 図 3-1 プロジェクト境界
- 図 4-1 モニタリング計画図
-
- 表 1-1 ウクライナの人口統計
- 表 1-2 ウクライナの経済諸指標
- 表 1-3 ウクライナの発電所容量構成
- 表 1-4 ウクライナの主要な発電設備
- 表 1-5 ウクライナの電力セクターの一般情報
- 表 1-6 ウクライナの一部地域における発電不足量の予測（単位 MW）
- 表 1-7 ウクライナの各種発電所の卸売価格と生産コスト
- 表 1-8 キエフの一般的な電気料金
- 表 1-9 ウクライナでの JI プロジェクトにおける電力の排出係数
- 表 1-10 ウクライナにおける熱の製造及び消費状況
- 表 1-11 ウクライナにおける地域暖房の詳細データ（2001 年）
- 表 1-12 ウクライナにおける熱のみを発生するボイラーの数
- 表 1-13 ウクライナにおける地域暖房ネットワーク
- 表 1-14 ウクライナの地域暖房に使用される各種燃料の排出係数
- 表 1-15 国内行動計画の内容
- 表 1-16 1990 年～2003 年までの GHG の排出量、吸収量（単位×103ton-CO₂）
- 表 1-17 各インベントリーの比較
- 表 1-18 2003 年における主な GHG 源カテゴリー
- 表 1-19 ウクライナの JI 参加資格適合状況（ウクライナ環境保護省による）
- 表 1-20 キエフの平均的な外気温

- 表 2-1 下水の汚染物質濃度と汚泥田から返送される排水の汚染物質濃度の比較
- 表 2-2 ボルトニッチ排水処理場の問題点とその解決策
- 表 2-3 反応槽仕様
- 表 2-4 ガスエンジンコージェネレーションの主な仕様
- 表 2-5 フレア設備の主な仕様
- 表 2-6 イニシャルコストの内訳
- 表 2-7 ランニングコストと収入の内訳
- 表 3-1 下水汚泥 CH₄ 回収の JI 案件に適用可能な方法論の検討
- 表 3-2 ホスト国ウクライナで合法的でありえそうなシナリオ
- 表 3-3 シナリオの障壁分析
- 表 3-4 シナリオの投資分析
- 表 3-5 プロジェクト境界内からの排出源
- 表 3-6 プロジェクト境界外からの排出源
- 表 3-7 排出係数の逆算のための前提条件
- 表 3-8 排出係数の逆算
- 表 3-9 ベースラインのリーケージ
- 表 3-10 排出削減量の試算値
- 表 4-1 プロジェクト排出量を計算するために必要なモニタリング項目
- 表 4-2 ベースライン排出量を計算するために必要なモニタリング項目
- 表 4-3 リークエージを計算するために必要なモニタリング項目
- 表 4-4 モニタリングにおける品質管理／保証
- 表 5-1 排出削減量の試算値
- 表 9-1 収益性検討の前提条件
- 表 9-2 各条件における投資回収年数 (PBP) (必要な初期投資金額の全額を民間の JI 資金で賄う場合)
- 表 9-3 各条件における投資回収年数 (PBP) (JI 資金による初期投資額の負担金額を、コージェネレーション部分に限定した場合)
- 表 9-4 各条件における内部収益率 (IRR) (必要な初期投資金額の全額を民間の JI 資金で賄う場合)
- 表 9-5 各条件における内部収益率 (IRR) (JI 資金による初期投資額の負担金額を、コージェネレーション部分に限定した場合)
- 表 9-6 感度分析結果
- 表 9-7 CO₂ 削減コスト (必要な初期投資金額の全額を民間の JI 資金で賄う場合)
- 表 9-8 CO₂ 削減コスト (JI 資金による初期投資額の負担金額を、コージェネレーション部分に限定した場合)

- 写真 2-1 ボルトニッチ排水処理場（一次沈殿槽）
- 写真 2-2 ボルトニッチ排水処理場（曝気槽）
- 写真 2-3 ボルトニッチ排水処理場（曝気槽）
- 写真 2-4 ボルトニッチ排水処理場（曝気槽）
- 写真 2-5 ボルトニッチ排水処理場（曝気槽）
- 写真 2-6 ボルトニッチ排水処理場（反応槽）
- 写真-2-7 ボルトニッチ排水処理場（汚泥田）
- 写真 2-8 ボルトニッチ排水処理場（汚泥田）