

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」
報告書概要版

1. プロジェクト実施に係る基礎的要素

1.1. 提案プロジェクトの概要と企画立案の背景

ウクライナ国の首都であるキエフ市の下水は、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 1,300,000m³/日の排水を処理しており、処理水はドニエプル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、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、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は、コージェネレーションの燃料として使用する。

1.2. ホスト国の概要

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、ポーランドといった諸国と国境を接し、南部は黒海に面する。国土の面積は 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。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。主要河川は、国土の中央部を流れるドニエプル川、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。

2004 年におけるウクライナの人口は約 4,801 万人程度であり、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 5%となっている。人口の分布では首都のキエフが最も多く約 260 万人、次いでハリコフが約 145 万人、ドニエプロペトロフスクが約 120 万人と続いている。

公用語は、東スラブ語族のひとつであるウクライナ語だが、ロシア語も広く使われている。宗教はウクライナ正教会の信徒が多いが、西部にはウクライナ・カトリック教徒がいる。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。

1.3. ホスト国の CDM/JI の受入のクライテリアやDNAの設置状況など、CDM/JIに関する政策・状況

ホスト国の JI 政策の根幹をなす「JI プロジェクトの検討、承認、実施に関する命令」は、現在政府内で検討がなされている段階である。この命令の案は、2005 年 9 月に環境保護省によって内閣に提出されたが、現在首相の署名待ちの状況になっている。ウクライナの政治状況は、2006 年 3 月実施の選挙へ向けて多少の混乱が見られるため、この命令が正式なものとなるまでには、もう少し時間がかかるものと推察される。

1.4. 提案プロジェクトがホスト国の持続可能な開発へ貢献できる点・技術移転できる点

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、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。

1.5. 調査の実施体制(国内・ホスト国・その他)

本調査は、以下のウクライナ側の機関の協力を得て実施した。

- ・ **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。

2. プロジェクトの立案

2.1. プロジェクトの具体的な内容

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 CH_4 (消化ガス) 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。

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)

汚泥を嫌氣的に消化させ、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。

2.2. プロジェクトバウンダリー・ベースラインの設定・追加性の証明

このプロジェクトでは、新しいベースライン方法論を構築し、それに基づきベースラインシナリオを同定し、追加性を証明し、プロジェクト境界を設定している。

(1) ベースラインシナリオの同定

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。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。検討の結果、ベースラインシナリオは、現状維持であることが証明された。

(2) 追加性の証明

追加性の証明は、プロジェクトが実施されて GHG の排出量が追加的に削減されることを証明する手法とした。

(3) プロジェクト境界の設定

プロジェクト境界を以下に示す。

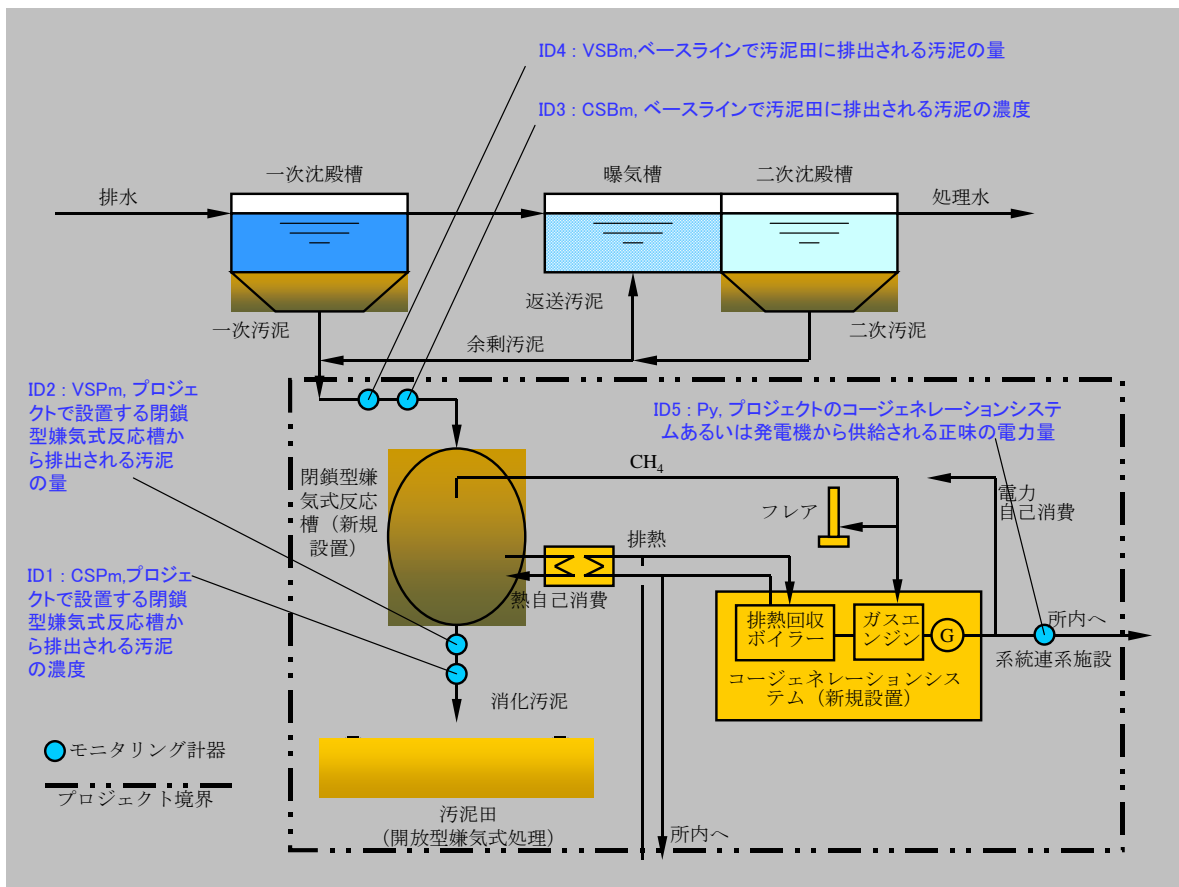


図-1 プロジェクト境界、モニタリング計画図

2.3. プロジェクト実施による GHG 削減量及びリーケージ

(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。

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

ここで、

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

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

$$\text{EF}_{s1} \text{ (反応槽で処理されている汚泥の排出係数) = } 2.42 * 10^{-2} \text{ ton-CH}_4\text{/ton- RDS}$$

$$\text{EF}_{s2} \text{ (反応槽で処理されていない汚泥の排出係数) = } 7.80 * 10^{-2} \text{ ton-CH}_4\text{/ton- RDS}$$

$$\text{GWP}_m \text{ (CH}_4\text{のGWP) = 21.0}$$

であるので、ベースラインの排出量は、

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

である。

(2)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。

$$\text{(Equation-4) Project emissions (ton-CO}_2\text{/y)} = \text{MSPy} * \text{EFs} * \text{GWPM}$$

ここで、

$$\text{MSPy (汚泥の量)} = 116,800 \text{ ton-RDS/y}$$

$$\text{EFs (汚泥の排出係数)} = 2.42 * 10^{-2} \text{ ton-CH}_4\text{/ton- RDS}$$

$$\text{GWPM} = 21.0$$

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。

(3)リーケージ(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。

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

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 (オランダ経済省)」に記載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-1 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、

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

とする。以上により計算したベースラインのリーケージを表-1 に示す。

(4)リーケージ(プロジェクトのリーケージ)

プロジェクトではリーケージはない。

(5) 排出削減量

以上により計算した排出削減量を表-1 に示す。

表-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- 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	

2.4. モニタリング計画

このプロジェクトでは、新しいモニタリング方法論を構築し、それに基づき、モニタリング計画を策定している。モニタリング項目を表-2 に示し、モニタリング計画図を図-1 に示す。

表-2 モニタリング項目一覧表

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。
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	流量計	m ³ /month あるいは m ³ /week あるいは	計測	1ヶ月に1回(不安定であれば1週間に1	100%	電子データとして保管す	この項目はID3と同時に計測すること。

	ら汚泥田へ排出される汚泥の容積		m ³ /day		回(不安定であれば1日に1回))		る。データはクレジット期間終了後2年間保管する。	
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 /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。

2.5. 環境影響/その他の間接影響

このプロジェクトにより、環境への顕著な悪影響はない。このプロジェクトによるその他の好影響を以下に示す。

- ・**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。
- ・**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。
- ・**持続的発展への貢献**：1.4.に既に述べた通りである。
- ・**省エネ効果**：コージェネレーションにおけるバイオガスの利用により、化石燃料の消費量を削減できる。
- ・**GHG 排出削減効果**：2.3.に既に述べた通りである。

2.6. 利害関係者のコメント

ウクライナのIIプロジェクトでは利害関係者のコメントの収集は義務付けられていない。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。

3. 事業化に向けて

3.1. プロジェクトの実施体制(国内・ホスト国・その他)

(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**：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を作成する。本プロジェクトに出資（ERUの購入を含む）を行い、見返りにERUを獲得する予定。

○**キエフ市役所**：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**：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)プロジェクト実施組織の概要

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IIプロジェクトでは、先行するオランダやオーストリアのIIプロジェクトの影響が大きく、II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。

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II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II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り入れは全く想定していない。なぜなら、ウ

クライナの市中銀行の利息は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える。

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。

(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。

(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える。

(5)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

3.2. プロジェクト実施のための資金計画

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 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。

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、公的資金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。

3.3. 費用対効果

以下の表に内部収益率の計算結果を示す。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 資金で実施することが望まれるという結果となった。

表-3 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
	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	4.39%	2.61%
	30 EURO /ton-CO ₂	11.22%	8.88%
	40 EURO /ton-CO ₂	16.94%	13.86%

表-4 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
	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	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%

3.4 具体的な事業化に向けての見込み・課題

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とキエフボドカナル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。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 参加資格のうちのひと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。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。