

平成 18 年度 CDM / JI 事業調査

マケドニア・スコピエ埋立処分場  
メタンガス利用調査

報告書 概要版

平成 19 年 3 月

清水建設株式会社

## 概要

### 1. プロジェクトの目的と経緯

本調査は、マケドニア・旧ユーゴスラビア共和国スコピエ市において、ドリスラ(Drisla)埋立処分場から発生するメタンガスを主成分とするランドフィルガス(LFG)を燃料とした発電及びガス燃焼を行うプロジェクトについてのFS調査を行い、将来のCDM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。

スコピエ市はマケドニアの首都であり、人口は約47万人である。同市が所有するドリスラ(Drisla)埋立処分場は、スコピエ市の中心部から南に約10km、山脈の裾野の谷に位置する。本埋立処分場は管理型処分場である。本プロジェクトを実施するサイトは、この埋立処分場内の東側エリアである。本埋立処分場は、スコピエ市の都市廃棄物の受け入れ先として今後も稼働が期待されており、2007年以降の埋立てエリアを残す必要性から、東西どちらか一方を選ぶ必要がある。本プロジェクトでは西側で行った場合についても検討したが、廃棄物量が少なくCERも減る上、初期コストがかさみ、結果として東側よりも採算が悪くなると判断し、計画対象から除いた。

調査ではドリスラ(Drisla)埋立処分場をプロジェクトサイトとして、当該サイトへのガス収集パイプやガス処理設備、ガスエンジン発電設備などの導入計画を立案するとともに、プロジェクト効果、プロジェクトの収益性などを検討して民間プロジェクトとしての実現可能性を評価した。CDMプロジェクトとしての実現可能性を高めるために、フレアスタックによる処理と発電システムの併用方式を前提として調査を行っている。

本プロジェクトは地球温暖化の防止のみならず、地域環境の改善にもなるため、スコピエ市ではプロジェクトの推進に大きな期待を寄せている。また、再生可能エネルギーを利用した技術は、マケドニア国内にほとんど例がなく、本プロジェクトの技術は同国の持続可能な発展に寄与する技術であると考えている。

マケドニアは2004年に京都議定書を批准している。同国のDNAは環境・自然計画省であり、CDMプロジェクト承認手続きの手順等のCDMプロジェクト承認に対する体制が完成している。

### 2. プロジェクト計画の内容

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

このシステムによる発電により、接続する電力グリッド内の発電所の燃料使用量が削

減され、省エネルギー及び温室効果ガス排出削減が期待される。また、ガスエンジンで利用できないLFGについてもフレアスタックによる燃焼/破壊処理によってメタンを二酸化炭素に変換することができるため、温室効果ガス排出削減の効果がある。

本プロジェクトの全体システム系統図は図1に示すとおりである。

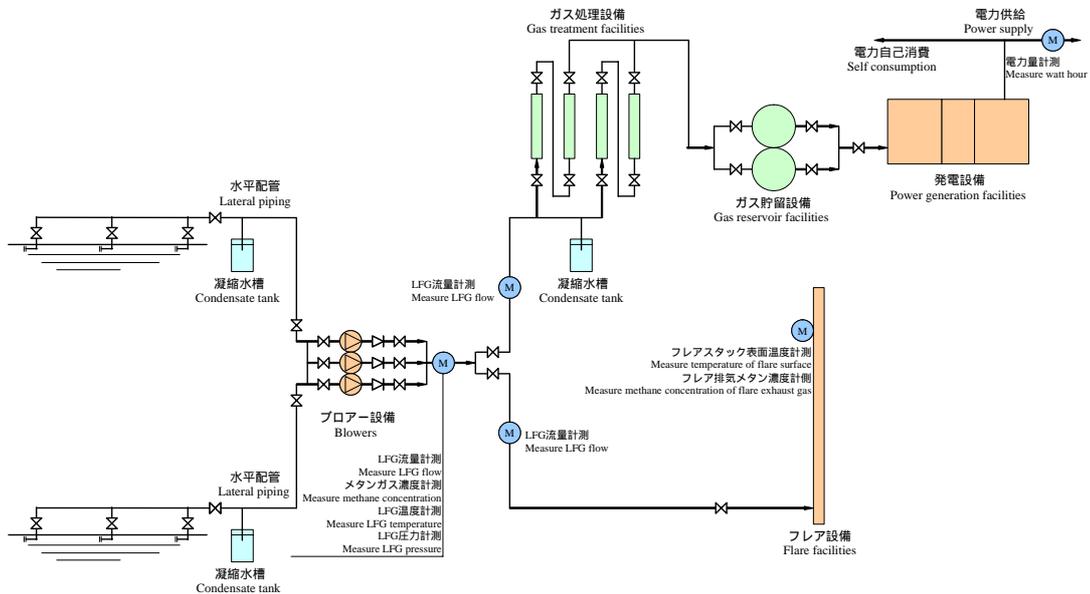


図1 全体システム系統図

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

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

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

メタンガス発生量及び収集量の試算結果は図 2 に示すとおりである。なお、Total generation は処分場全体からのガス発生量を、Total collection はプロジェクトサイトである東側エリアでのガス収集量を示している。また、2008 年は収集システムの稼働期間を 6 ヶ月間としたため、収集量が少なくなっている。

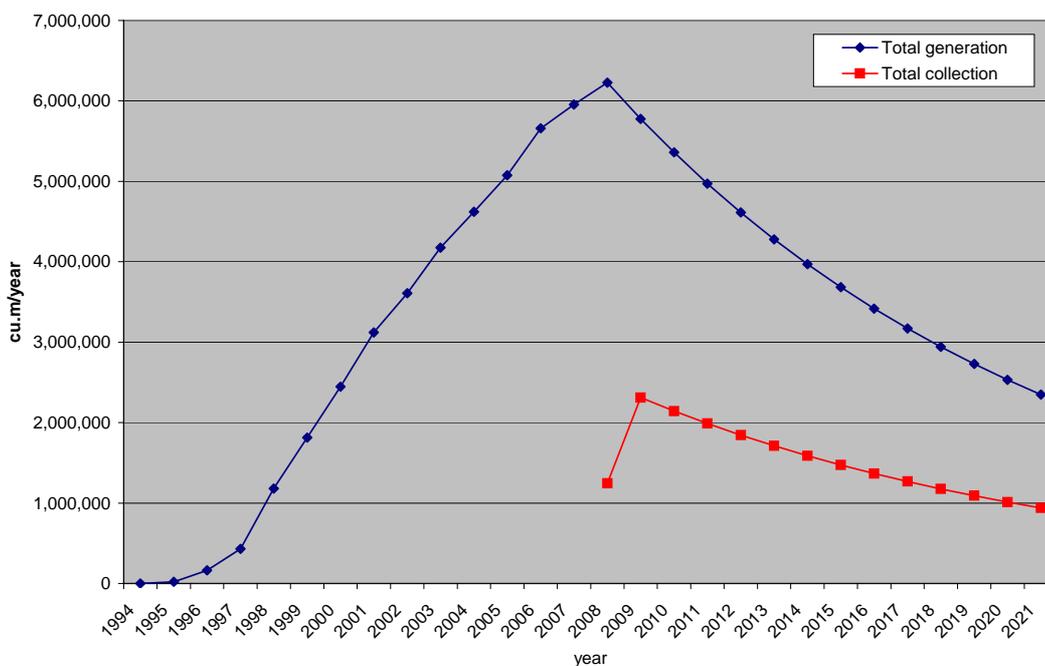


図 2 メタンガス発生量及び収集量の試算結果

ガスエンジン発電機 (GEG) は 500kW の容量の発電機を設置できる見込みである。このガスエンジン発電機からの発電電力の一部は、ブロアー等所内で消費され、余剰分が系統に売電される予定である。ガスエンジンの停止時、及びガスエンジンで使い切れないメタンガスについては、全量をフレアスタックにて破壊処理する。ガスエンジンで使用するメタンガスの量とフレアで使用するメタンガスの量の見込みは図 3 に示すとおりである。

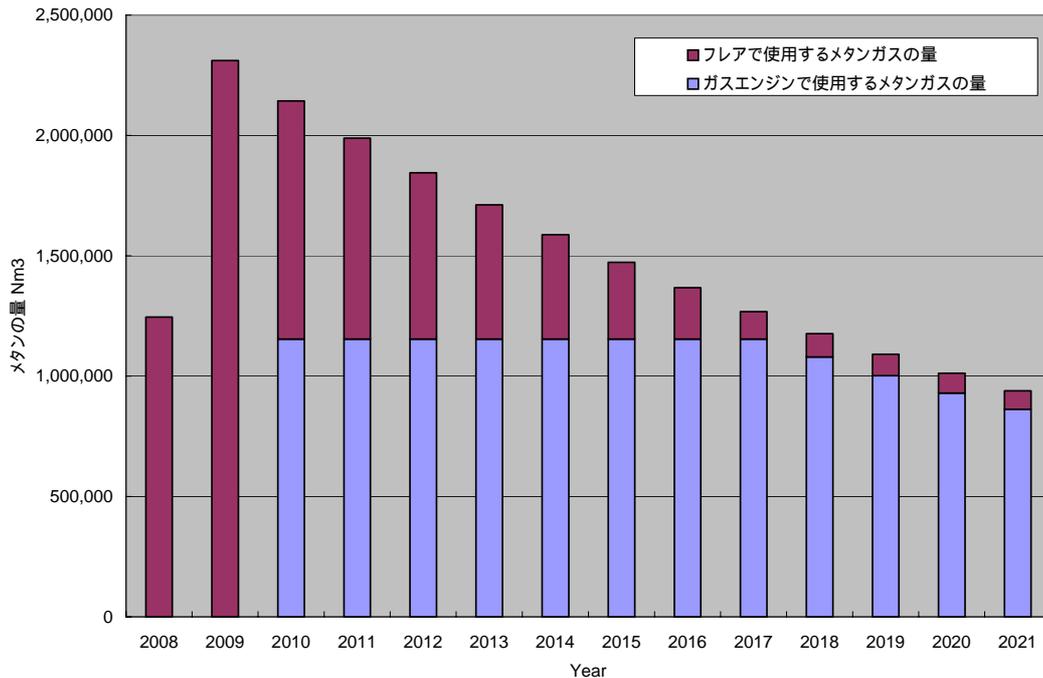


図3 回収したメタンガスの使用用途

### 3. プロジェクト実施計画

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

本プロジェクトは、やや規模が小さいプロジェクトであるが、炭素クレジット取得側から考えた場合ペイオンデリバリー型の方がプロジェクトリスクを回避できるメリットはある。ただし、初期段階での資金不足を解消するために、炭素クレジットの相当額の一部を先払いすることが必要である。これにより、プロジェクトの資金計画が非常に有利になると考える。また、本プロジェクトの場合、プロジェクトの早期実現を考慮すると全額直接投資（投資金の調達方法は特に問わない）によるプロジェクト実施が有効と考えた。

本プロジェクトにおいては、CERの経済価値の有無によってその事業性に大きな差を生じる。CERの経済価値がない場合には、資金調達以前にプロジェクトの事業性自体が低く、実現は難しい。一方、CERの経済価値を考慮した場合、プロジェクト期間を14年、CERの価格を15US\$/tCO<sub>2</sub>とすると、IRR（税引後）は6.28%程度となり事業としての成立は可能と考える。

なお、埋立処分場の西側でプロジェクトを行った場合の収支についても検討したが、廃棄物量が少なくCERも減る上、初期コストがかさみ、結果として東側でプロジェクト

を行った場合よりも採算が悪くなった。

実施スケジュールは表 1 に示すとおりである。2007 年度上期に CDM 理事会への登録を目指し、手続きを進めていく予定である。2007 年下期には運営会社の設立および詳細設計を行い、2008 年 1 月から建設工事を開始し、2008 年 7 月より事業をスタートさせる予定である。プロジェクトの実施期間は 14 年間で予定している。

表 1 プロジェクトの実施スケジュール

業務項目	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年		2021 年
FS の実施	●————●							
PDD 作成		3 月 ●						
DOE の決定 パリテーション		5 月 - 6 月 ●————●						
両国政府承認		7 月 ●						
国連承認		9 月 ●						
運営会社設立及び 詳細設計の開始		9 月 ●						
建設工事の開始		1 月 ●						
クレジット期間 の開始			7 月 ●		クレジット期間 14 年			▶

#### 4. ベースラインの設定

本プロジェクトには、「統合化ベースライン方法論 ACM0001/ Version5 ランドフィルガスプロジェクト活動のための統合化ベースライン方法論」及び「統合化モニタリング方法論 ACM0001/ Version5 ランドフィルガスプロジェクト活動のための統合化モニタリング方法論」を適用した。

本プロジェクトは、

現在、スコピエ市の処分場においては、LFG の収集が行われておらず、LFG の全てを大気に放出している。(ベースライン)

既存のスコピエ市の処分場において LFG の収集を行い、回収した LFG はフレア処理される。

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

であり、ACM0001 の適用条件である(a)、(c)に該当し、この方法論が適用できる。

また、ACM0001 に従い、「追加性の証明ツール」を用いてベースラインシナリオを現

状維持と設定し、本プロジェクトの追加性を証明した。

なお、ACM0001 では、プロジェクトを行った場合の排出削減量を直接計測するモニタリング計画を行っているので、ベースライン排出量及びプロジェクト排出量を計測するわけではない。ACM0001 に基づき、直接排出削減量を算出した。

本プロジェクトによる排出削減量の試算は表 2 に示すとおりである。クレジット期間（2008 年～2021 年）における排出削減量は、334,862 tCO<sub>2</sub> になると試算された。

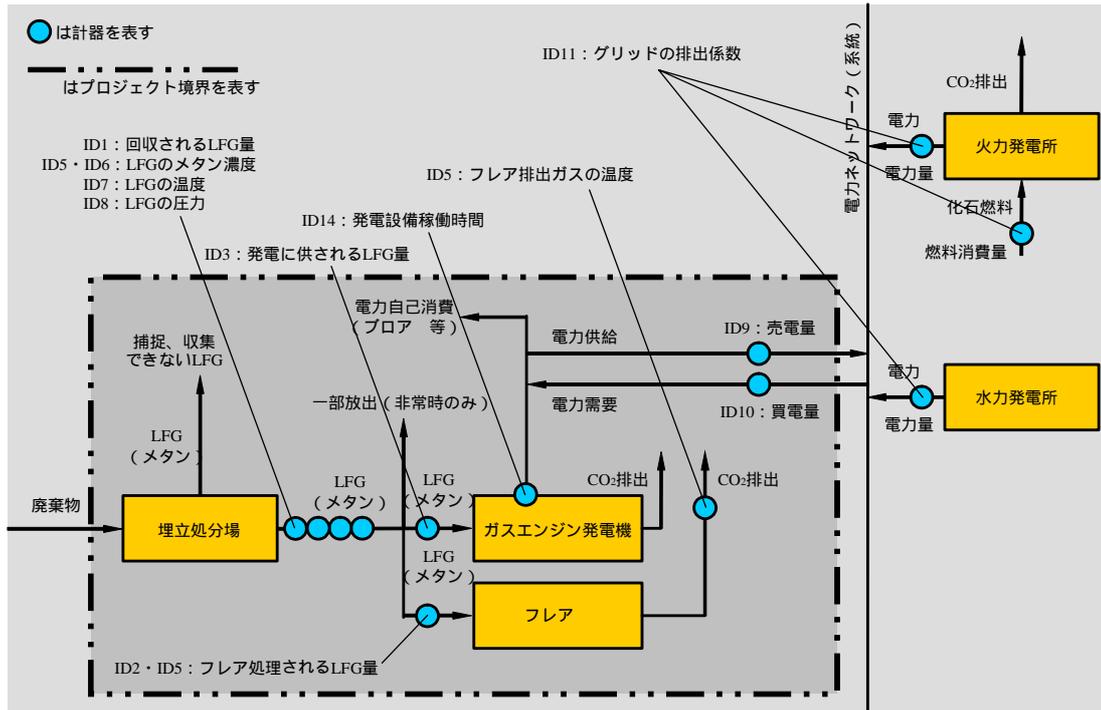
表 2 排出量及び排出削減量の試算結果

年	プロジェクト 排出量	ベースライン 排出量	リーケージ	排出削減量
	t-CO <sub>2</sub> e	t-CO <sub>2</sub> e	t-CO <sub>2</sub> e	t-CO <sub>2</sub> e
2008	77,018	93,725	0	16,707
2009	55,804	86,952	0	31,149
2010	50,046	83,725	0	33,679
2011	46,315	77,896	0	31,581
2012	42,854	72,488	0	29,634
2013	39,620	67,013	0	27,393
2014	36,641	62,358	0	25,717
2015	33,880	58,078	0	24,199
2016	31,318	54,110	0	22,793
2017	28,927	50,165	0	21,237
2018	26,834	46,595	0	19,761
2019	24,904	43,228	0	18,324
2020	23,112	40,074	0	16,962
2021	21,451	37,178	0	15,728
合計	538,725	873,586	0	334,862

## 5. モニタリング計画など

本プロジェクトにおけるモニタリング項目を ACM0001 に基づいて決定した。なお、フレア設備の効率率は、方法論に示されている閉鎖型フレア設備のデフォルト値である 0.9 を用いることとした。

本プロジェクトにおけるモニタリング計画は、図 4 に示すとおりである。



ID 番号はモニタリング項目に対応する。  
 このモニタリング計画で計測される売電量 (ID9) は発電電力量からシステムの自己消費量を差し引いたものである。

図 4 モニタリング計画図

## 6. 収益性

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。  
 建設費は 3,833,000 US\$ (当初建設時に 3,073,000 US\$、2 年後に追加投資として 760,000 US\$) であり、ランニングコストは 1 年当たり運転費が 19,200 US\$、保守費が 34,655 US\$ (3 年目以降) である。そのほかに年間 20,000 US\$ のベリフィケーション費用を見込んでいる。

税金については、企業利潤税が経常利益に対して 15% である。

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

電力料金は、既存の資料から 4.0 US\$cent/kWh と設定した。この価格は、発電事業者が配電会社へ電力を販売する場合の価格である。

試算に用いる為替レートは、1US\$=116.00 円とする。

最後に、プロジェクト実施スケジュールについては、2008 年下期より運転開始と想定しており、クレジット期間は 2008 年～2021 年までの 14 年間とする。

投資回収年数については表 7.2-1 に示すとおり、CER の経済的価値なしの場合、CER 価格が 5 US\$/tCO<sub>2</sub>、10 US\$/tCO<sub>2</sub>、15 US\$/tCO<sub>2</sub>、20 US\$/tCO<sub>2</sub> の 4 種類の CER の経済的価

値ありの場合について、累積事業収支が黒字転換するプロジェクト開始（建設開始）からの年数を算定した。

表3 各条件における投資回収年数

CERの経済的価値の有無		投資回収年数
CERの経済的価値なしの場合	0 US\$/tCO <sub>2</sub>	回収できない (回収できない)
CERの経済的価値ありの場合	5 US\$/tCO <sub>2</sub>	回収できない (回収できない)
	10 US\$/tCO <sub>2</sub>	13年 (14年)
	15 US\$/tCO <sub>2</sub>	9年 (9年)
	20 US\$/tCO <sub>2</sub>	7年 (7年)

( )内は税引前の値を示す。

また、内部収益率（IRR）については、表4に示すとおり、CERの経済的価値なしの場合、CER価格が5 US\$/tCO<sub>2</sub>、10 US\$/tCO<sub>2</sub>、15 US\$/tCO<sub>2</sub>、20 US\$/tCO<sub>2</sub>の4種類のCERの経済的価値ありの場合について、比較検討した。ここでの内部収益率（IRR）によるプロジェクト収益性の評価は、投資的的確性を判断するための指標として算出するものであるため、金利および借入金返済を考慮しないプロジェクトIRRの値を用いた。

CERの経済的価値なしの場合、CER価格が5 US\$/tCO<sub>2</sub>のケースでは、プロジェクトIRRはマイナスであるのに対し、CER価格が15 US\$/tCO<sub>2</sub>のケースでは、6.28%（税引後）であり、事業としての成立は可能と考える。カントリーリスクを考慮するとプロジェクトファイナンスによる資金調達は難しいが、その場合、全額直接投資を予定している。

表4 各条件における内部収益率（IRR）

CERの経済的価値の有無		IRR
CERの経済的価値なしの場合	0 US\$/tCO <sub>2</sub>	マイナス (マイナス)
CERの経済的価値ありの場合	5 US\$/tCO <sub>2</sub>	マイナス (マイナス)
	10 US\$/tCO <sub>2</sub>	0.44 (0.88)
	15 US\$/tCO <sub>2</sub>	6.28 (6.66)
	20 US\$/tCO <sub>2</sub>	11.13 (11.81)

( )内は税引前の値を示す。

本プロジェクトにおけるイニシャルコストは既に述べたように、3,833,000US\$である。

一方、本プロジェクトにおけるクレジット期間（2008年～2021年）の温室効果ガス排出削減量の合計は、334,862tCO<sub>2</sub>である。

温室効果ガス排出削減コストは、クレジット期間（2008年～2021年）のCO<sub>2</sub>排出量をイニシャルコストで割ることにより、温室効果ガス排出削減コストを算出した。結果は表5に示すとおりである。

表5 CO<sub>2</sub>削減コスト

項目	数値
温室効果ガス削減量 (tCO <sub>2</sub> )	334,862
コスト (US\$)	3,833,000
CO <sub>2</sub> 削減コスト (US\$/tCO <sub>2</sub> )	約 11.4

## 7. 調査結果のまとめ、今後の対応

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

現在、マケドニア政府はCDMプロジェクト承認手続きの手順等のCDMプロジェクト承認に対する体制を既に完成させており、本プロジェクトが同国における承認プロジェクトとなる可能性は高い。

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

本プロジェクトでは、採算性等の観点から500kW（0.5MW）のガスエンジン発電機を設置し、2008年下期よりクレジットの獲得を目指す計画を想定し、その結果、本事業がCDM事業として関係機関の承認を得て、炭素排出権市場の価格が15US\$/tCO<sub>2</sub>以上となる状況であれば、事業実施可能であるとの結論を得た。

しかしながら、本プロジェクトにおいては固形廃棄物搬入量予測値の不確実性、LFG発生量の予測不確実性、プロジェクト期間の設定等のリスクの存在もことから、プロジェクトを進めるにあたっては、それらリスクを慎重に見極めることが必要である。

埋立処分場からのメタンガス回収・利用プロジェクトには統合化方法論が適用でき、新方法論の審査・承認のようにプロジェクト実施者が管理不可能な要素がないために、2008年からの第一約束期間に向けた、確実かつ速やかなプロジェクトの実現のためにきわめて有利である。

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

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

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

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

本調査では、プロジェクトの概要でも述べたとおり、当該埋立処分場の地形的な特徴である地下水位の問題から、一般的な垂直井戸によるガスの回収が難しく、このことがプロジェクトの事業性に影響を与えることが明らかになった。これは、埋立処分場の地形的な特徴に基づいてプロジェクトをスクリーニングする際に有効な知見である。今後スコピエ市との協議によりこの点を検討し、プロジェクトの実現可能性をより高めていきたい。

当社は、今後のマケドニアの政治、経済の動向を見守りつつ、本プロジェクトの速やかな事業実現化を推進してゆく予定である。