

平成 19 年度 CDM/JI 事業調査

ヨルダン・アルカイデル埋立処分場
メタンガス利用調査

報告書 概要版

平成 20 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、ヨルダンのイルビット市のアルカイデル (Al Akidar) 埋立処分場から排出されるメタンガスを主成分としたランドフィルガス (LFG) の回収・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。

イルビット市はヨルダンの北部シリアとの国境近くに位置し、人口はおよそ 25 万人である。本プロジェクトの実施サイトであるアルカイデル埋立処分場は、イルビット市の中心部から東に約 15km、砂漠の真ん中に位置し、周辺に居住区はない。処分場全体の敷地面積は約 60ha であり、運用開始年は 1990 年である。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 2010 年までに埋立完了する予定のエリアである。このプロジェクト対象地の面積は約 12ha であり、埋立深さは約 8～15m である。1990 年～2003 年までの 14 年間は、年間約 55,000 トンの廃棄物を受け入れてきたが、2004 年からは年間約 220,000 トンに増加している。本処分場は、シリア国境近くに位置していることから、環境対策には力を入れてきており、廃水処理、土被覆などの対策をとっている。

調査ではアルカイデル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、イルビット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、ヨルダン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。

ヨルダンでは、2003 年に京都議定書に加盟している。同国の DNA は環境省であり、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、ガスの回収・処理を行う。回収した LFG は、フレアスタックによって燃焼／破壊処理する。

フレアスタックによる燃焼／破壊処理によってメタンを二酸化炭素に変換することができるため、省エネルギーには直接つながらないものの温室効果ガス排出削減の効果がある。

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。

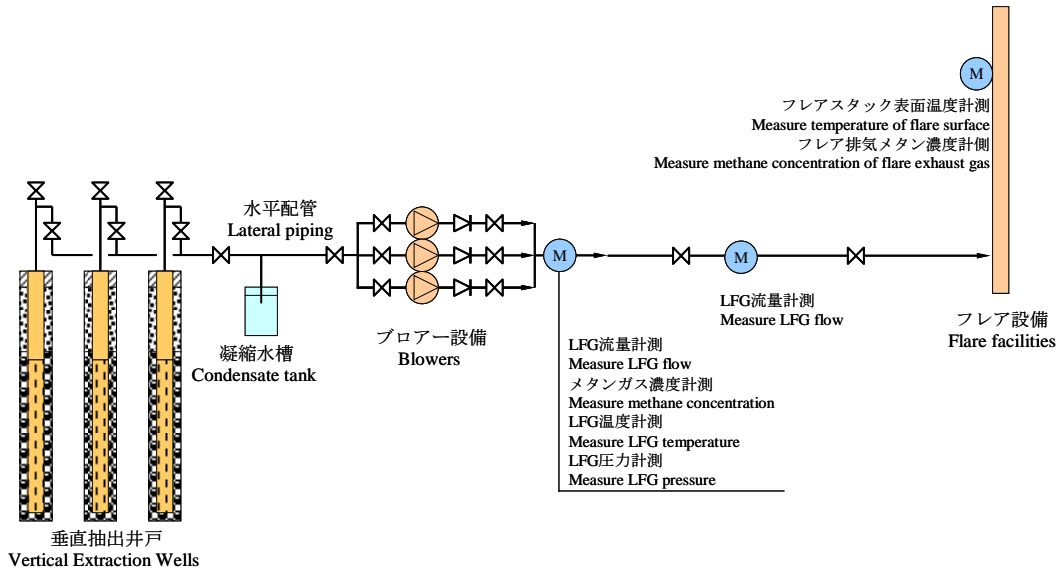


図 1 全体システム系統図

処分場から発生するメタンガス発生量の計算には、“*Tool to determine methane emissions avoided from dumping waste at a solid waste disposal site*”を使用する。本ツールによれば、メタンガス発生量 $BE_{CH_4,SWDS,y}$ は、以下の式で算出される。

$$BE_{CH_4,SWDS,y} = 0.9 \times (1 - f) \times GWP_{CH_4} \times (1 - OX) \times 16 / 12 \times F \times DOC_f \times MCF \times \sum_{(x=1 \sim y)} \sum_j W_{j,x} \times DOC_j \times e^{-k(y-x)} \times (1 - e^{-k_j})$$

$BE_{CH_4,SWDS,y}$	tCO ₂ e	Methane emissions potential of landfill site (SWDS)
f	-	Fraction of methane captured at the landfill site (SWDS)
OX	-	Oxidation factor
F	-	Fraction of methane in the LFG (SWDS gas)
DOC_f	-	Fraction of DOC that can decompose
MCF	-	Methane correction factor
$W_{j,x}$	t	Mass of waste type j deposited in the year x
DOC_j	-	Fraction of DOC in the waste type j
k_j	-	Decay rate for the waste type j
j	-	Waste type category

f: Fraction of methane captured at SWDS

本プロジェクトの実施サイトにおいて、プロジェクト以外でランドフィルガス（メタン）の回収は行われておらず、将来も行われる予定はないため、 $f=0$ を採用する。

OX: Oxidation factor

本プロジェクトの実施サイトは管理型のため、“IPCC 2006 Guidelines”を参照し、OX = 0.1 を採用する。

F: Fraction of methane in the SWDS gas

“IPCC 2006 Guidelines”により推奨されている $F = 0.5$ を採用する。

DOC_f: Fraction of DOC that can decompose

“IPCC 2006 Guidelines”により推奨されている $DOC_f = 0.5$ を採用する。

MCF: Methane correction factor

本プロジェクトの実施サイトは管理型のため、 $MCF = 1.0$ を採用する。

W_{j,x}: Mass of waste type j deposited in the year x

本プロジェクトの実施サイトの固形廃棄物埋立量と固形廃棄物の組成は以下に示すとおりであり、廃棄物タイプ j の量は、a) 固形廃棄物埋立量と b) 固形廃棄物の組成の積により計算できる。

メタンガス発生量の試算結果は表 1 に示すとおりである。

表 1 メタンガス発生量の試算結果

Year	メタンガス発生量 (Nm ³ CH ₄)	Year	メタンガス発生量 (Nm ³ CH ₄)
2009	3,432,301	2016	3,043,953
2010	3,780,750	2017	2,866,687
2011	4,108,907	2018	2,699,744
2012	3,869,622	2019	2,542,523
2013	3,644,273	2020	2,394,458
2014	3,432,047	2021	2,255,016
2015	3,232,180	2022	2,123,694

3. プロジェクト実施計画

本プロジェクトでは、日本側のプロジェクト参加者がプロジェクトの初期投資（建設工事の発注）を行うが、それ以外のプロジェクトの運営（モニタリング、機器の運転・保守、経理業務、外注・委託契約、人事、報告等）はすべてイルビット公共サービス委員会が責任を持つ。

本プロジェクトでは、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、カウンターパートが公共事業体であるため、予算措置などに相当程度の時間を要することが考えられる。そのため前払い形式での資金拠出の場合でも、相当額を先行拠出することになる。

そのため、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の経済的価値の有無によってその事業性に大きな差を生じる。CERの経済的価値がない場合には、資金調達以前にプロジェクトの事業性自体が低く、実現は難しい。一方、CERの経済的価値を考慮した場合、プロジェクト期間を14年、CERの買取価格を10US\$/tCO₂とすると、IRR（税引後）は8.27%であり、十分採算が確保できる事業であると考えられる。清水建設以外の日本側参加者については今後募ることとなるが、出資に応ずる企業は少なからず存在すると考えている。

2008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。2008年度下期から運営会社の設立および詳細設計を行い、建設工事を開始し、2009年1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年間を予定している。

表2 プロジェクトの実施スケジュール

業務項目	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	
FSの実施	●	●															
PDD作成		● 3月															
DOEの決定 バリデーション		●● 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		●●●															
クレジット期間 の開始			●	1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、統合化方法論 ACM0001 “Consolidated baseline and monitoring methodology for landfill gas project activities”の Version 08 を適用する。

また、ACM0001 で参照することとされている以下のツールを使用する。

- “Tool for the demonstration and assessment of additionality” (Version 04)
- “Tool to determine project emissions from flaring gases containing methane” (Version 01)
- “Tool to calculate project emissions from electricity consumption” (Version 01)
- “Tool to determine methane emissions avoided from dumping waste at a solid waste disposal site” (Version 01)

ACM0001 には、その適用条件（Applicability）として以下が述べられている。

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

- a) 回収されたガスがフレア処理される、又は
- b) 回収されたガスがエネルギー（e.g. 電力/熱）生産に利用される
- c) 回収されたガスが天然ガス供給ネットワークを介し消費者に供給される。もし、天然ガスの移動を排出削減量に含める場合には、AM0053 を利用できる。

その他、上記ツールに含まれる適用条件を満たしていること。」

一方、本プロジェクトは以下の通りである。

- ① 現在、埋立処分場においては、LFG の収集が行われておらず、LFG の全てを大気に放出している。（ベースライン）
- ② このプロジェクトは、埋立処分場において、LFG の収集を行い、回収した LFG はフレア処理される。

ゆえに、このプロジェクトは、ACM0001 の適用条件である(a)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。

本プロジェクトのベースライン排出量、プロジェクト排出量、排出削減量は ACM0001 に基づき計算した。本プロジェクトでは、発電、熱エネルギー生産、天然ガスパイプラインへの供給を行わないことを考慮し、式を整理した。

計算結果は表 3 及び表 4 に示すとおりである。ただし、これは試算であり、実際の排出削減量ではないことに注意すべきである。

表 3 排出量及び排出削減量の概要

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
	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e
2009	8,555	51,666	0	43,111
2010	16,328	56,911	0	40,583
2011	23,648	61,851	0	38,202
2012	301	58,249	0	57,948
2013	301	54,857	0	54,556
2014	301	51,662	0	51,361
2015	301	48,653	0	48,353
2016	301	45,820	0	45,519
2017	301	43,152	0	42,851
2018	301	40,639	0	40,338
2019	301	38,272	0	37,971
2020	301	36,043	0	35,743
2021	301	33,944	0	33,644
2022	301	31,968	0	31,667
合計	51,838	653,685	0	601,847

表 4 排出削減量の試算結果

		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
ex-ante	BE _{CH4_SWDS,y}	tCO ₂ e	51,666	56,911	61,851	58,249	54,857	51,662	48,653	45,820
	collected LFG	tCO ₂ e	43,412	40,884	38,503	58,249	54,857	51,662	48,653	45,820
	EqC	-	0.84	0.72	0.62	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	BE _y	tCO ₂ e	51,666	56,911	61,851	58,249	54,857	51,662	48,653	45,820
	MD _{project,y}	tCH ₄	2,460	2,710	2,945	2,774	2,612	2,460	2,317	2,182
	MD _{reg,y}	tCH ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	AF	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	PE _y	tCO ₂ e	8,555	16,328	23,648	301	301	301	301	301
	PE _{EC,y}	tCO ₂ e	301	301	301	301	301	301	301	301
	EC _{PJ,y}	MWh	193	193	193	193	193	193	193	193
	EF _{grid,y}	tCO ₂ e/MWh	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
	TDL _y	-	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	not collected LFG	tCO ₂ e	8,254	16,027	23,348	0	0	0	0	0
	ER _y	tCO ₂ e	43,111	40,583	38,202	57,948	54,556	51,361	48,353	45,519

		2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOTAL	
ex-ante	BE _{CH4_SWDS,y}	tCO ₂ e	43,152	40,639	38,272	36,043	33,944	31,968	653,685
	collected LFG	tCO ₂ e	43,152	40,639	38,272	36,043	33,944	31,968	606,056
	EqC	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	BE _y	tCO ₂ e	43,152	40,639	38,272	36,043	33,944	31,968	653,685
	MD _{project,y}	tCH ₄	2,055	1,935	1,822	1,716	1,616	1,522	31,128
	MD _{reg,y}	tCH ₄	0	0	0	0	0	0	0
	AF	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	PE _y	tCO ₂ e	301	301	301	301	301	301	51,838
	PE _{EC,y}	tCO ₂ e	301	301	301	301	301	301	4,209
	EC _{PJ,y}	MWh	193	193	193	193	193	193	2,698
	EF _{grid,y}	tCO ₂ e/MWh	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	
	TDL _y	-	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	
	not collected LFG	tCO ₂ e	0	0	0	0	0	0	47,629
	ER _y	tCO ₂ e	42,851	40,338	37,971	35,743	33,644	31,667	601,847

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。
本プロジェクトにおけるモニタリング計画は、図 2 に示すとおりである。

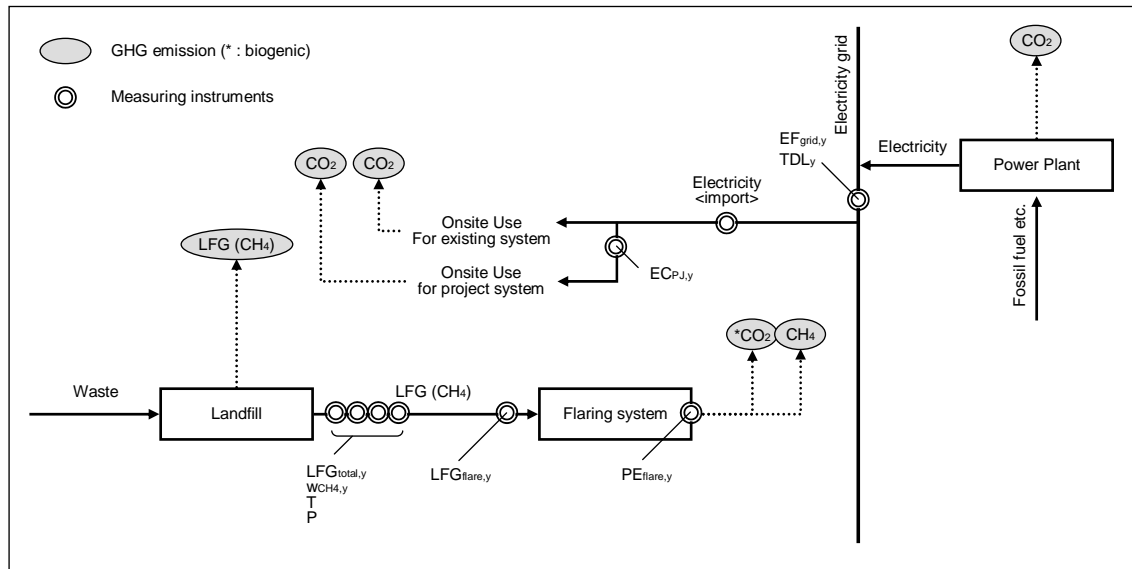


図 2 モニタリング計画図

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。

イニシャルコストは 2,302,476US\$ である。また、ランニングコストは年間 48,632US\$ である。税金については、企業利潤税を考慮する。ヨルダンの法規制によると、税率は経常利益に対して 25% である。また、獲得クレジットにかかる 15% の CER 税も考慮する。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。

試算に用いる為替レートは、1US\$=116.00 円とする。

投資回収年数については、CER の経済的価値なしの場合、および CER 価格として 5 US\$/tCO₂、10 US\$/tCO₂、15 US\$/tCO₂ の 3 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 (税引後) 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5 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 ₂	回収できない
CER の経済的価値ありの場合	5 US\$/tCO ₂	回収できない
	10 US\$/tCO ₂	8年
	15 US\$/tCO ₂	6年

内部収益率（IRR）については、CER の経済的価値なしの場合、および CER 価格として 5 US\$/tCO₂、10 US\$/tCO₂、15 US\$/tCO₂ の 3 種類の CER の経済的価値ありの場合について、比較検討する。

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 の値を用いるものとする。各条件における内部収益率（IRR、税引後）の計算値を以下に示す。

CER の経済的価値なしの場合におけるプロジェクト IRR はマイナスであるが、CER の経済的価値が 10US\$/tCO₂ のケースでは 8.27% となり、投資の対象となり得るレベルとなる。

表6 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 ₂	マイナス
CER の経済的価値ありの場合	5 US\$/tCO ₂	マイナス
	10 US\$/tCO ₂	8.27
	15 US\$/tCO ₂	16.96

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、2,302,476 US\$ である。一方、本プロジェクトにおけるクレジット期間（2009 年～2022 年）の温室効果ガス排出削減量の合計は、601,847 tCO₂ である。

温室効果ガス排出削減コストは、クレジット期間（2009 年～2022 年）の CO₂ 排出量をイニシャルコストで割ることにより、温室効果ガス排出削減コストを算出した。結果は表 7 に示すとおりである。

表7 CO₂削減コスト

項目	数値
温室効果ガス削減量 (tCO ₂)	601,847
コスト (US\$)	2,302,476
CO ₂ 削減コスト (US\$/tCO ₂)	約 3.83

7. 調査結果のまとめ、今後の対応

本 FS 調査は、アルカイデル埋立処分場から発生する LFG を回収・燃焼することにより、メタンの大気中への排出を削減するプロジェクトについて検討したものである。

埋立処分場からのメタンガス回収・燃焼のプロジェクトは、温室効果ガスの排出削減と同時に、悪臭防止、ハエ等の発生防止、火災防止等、地域の環境面・衛生面・防災面での改善が期待できる、『コベネフィット型』プロジェクトであり、ホスト国からもプロジェクト推進への期待が高い。

現在、ヨルダン政府は 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イルビット公共サービス委員会は、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、2009 年よりクレジットの獲得を目指す計画を想定し、その結果、本事業が 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 10US\$/tCO₂ 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あることから、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・燃焼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おける、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 N₂O 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

などのプロジェクトごとに独特な影響要因が多く、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、これまで知見の少なかった中東地域における埋立処分場からのガス回収プロジェクトについて検討し、埋立処分方法の特色、乾燥地域における LFG の発生状況などについて把握することができた。重ねて、これまでプロジェクト開発の進んでいない中東地域における動向の把握と日本政府の施策のアピールを行うことができ、周辺国からも関心が寄せられている。中東地域はこれまで、温室効果ガス排出削減に消極的な態度を取ってきたが、外国投資の呼び込みの観点から、積極的な態度を示す国も出始めている。今後、本プロジェクトを早急に実現化し、我が国としての実績を確実にするとともに、中東地域におけるプロジェクト開発を継続し、我が国の目標達成に繋げてゆく事が必要と考える。

当社は、今後のヨルダンの政治、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。