

平成 14 年度温暖化対策クリーン開発メカニズム事業調査
タイにおける廃棄物処理場から発生するメタンガスを利用した
発電施設の事業性調査

報告書

概要版

平成 14 年 2 月

株式会社 大林組

調査目的および概要

1997年12月に開催された気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)で採択された京都議定書の中で、先進国は、2008年～2012年までの温室効果ガス(Greenhouse Gas: GHG)の排出量を1990年比で平均5%(日本は6%)の削減目標が定められた。

日本政府はこの削減目標を達成するための政策として、地球温暖化対策大綱を定め、大綱を中心に対策を進めている。しかし、省エネルギー化が進んだ日本では、目標達成に要する費用は諸外国に比べ高いとされ、国内対策に依存した取組は、国際的な競争力低下、ひいては国内経済へ大きな影響が懸念されている。このような状況の中で、目標達成のために京都メカニズム、とりわけCDM(Clean Development Mechanism)を活用することの重要性はますます高くなってきていると言える。

CDMプロジェクト中でもメタン排出抑制プロジェクトは、メタンが二酸化炭素に比べ約21倍の温室効果があり、削減効果が高いと注目されている。また、回収技術が比較的安価である事により事業性に優れるとされており、目標達成に要する費用の高い我が国にとってメタン排出抑制プロジェクトに関する知見を深めることは非常に有意義であるといえる。

タイは、1994年のGHGインベントリーで、人口の増加による固形廃棄物排出量の増加およびオープンダンピングから衛生埋立地への転換に伴いメタンの排出量が大幅に増加すると予測している。そして、メタンの排出抑制の手段として、メタンのエネルギー利用は非常に効果的で、固形廃棄物由来のメタン発生量の最高79パーセント程度まで削減が可能としている。このような背景を受け、本調査はタイの廃棄物処分場において発生するメタンを主成分とする埋立地ガス(Landfill Gas: LFG)を回収し、メタン排出量を削減すると共に、未利用エネルギーとして発電するLFG発電のCDMプロジェクトとしての事業性を検討し、LFG利用に関する実施に向けた課題を明らかにする事を目的とした。

本調査では、タイの地球温暖化対策の取組み状況、廃棄物処理状況、LFG発電への取組状況など基礎的情報を調査すると共に、具体的な調査の実施モデルを選定し、CDMプロジェクトとしての事業性の評価を行った。

プロジェクトの実施モデルは、バンコクの北西に隣接するノンタブリ県に現在建設中の衛生埋立地とした。現地カウンターパートには、当社の現地法人であるタイ大林、タイにおいて衛生埋立地の設計、LFGの利用技術に関して実績を有するカセサート大学を選んだ。

1. 現地概要

1) 地球温暖化対策にかかわる取組

タイは1992年6月に気候変動枠組条約に署名し、1995年3月に批准した。1999年2月に京都議定書に署名し、2002年8月28日に批准した。タイはGHG排出量について削減義務を負わない非付属書I国であり、CDMの対象国としての要件を満たしている。なお、タイの地球温暖化対策は、科学技術環境省(Ministry of Science, Technology and Environment: MOSTE)内の環境政策・環境計画事務室(Office of Environmental Policy and Planning: OEPP)を中心に進められている。

2) 温室効果ガス排出量

タイでは、Thailand's Initial National Communicationとして1994年のGHGインベントリ一が2000年にMOSTEより発行されており、現在の最新版となっている。これによると、タイのGHG総排出量は、CO₂換算で2億8千600万トン(CO₂が約71%、CH₄が約23%を占めている)である。

固形廃棄物からは、メタン総排出量の約6%にあたる約2万トンが排出されている。固形廃棄物処理は一般的に、野焼き、オープンダンピング、衛生埋立処理されており、そのうち衛生埋立による処理は、全体の約25%となっている。一方で、衛生埋立地からは、固形廃棄物から排出されるメタン全体の43%が排出されており、衛生埋立処理が、嫌気状態を保持しやすく、他の処理方法に比べメタン発生率が高いことを示している。

今後、オープンダンピングから衛生埋立地への転換、人口の増加による固形廃棄物排出量の増加により、廃棄物セクター(固形廃棄物と都市および工業排水)からのメタンガス発生量は1994年の3.5万トンから2010年には10.2万トンへと大幅に増加すると予測されている。これに対して、メタン排出抑制の手段としてLFG発電等の固形廃棄物のエネルギー利用は特に有効であるとしており、固形廃棄物由来のメタン発生量の最高79%程度まで削減可能としている。また、LFG発電はSmall Power Producers (SPP)として有望で、75MWが開発可能としている。ただし、実現のためには事業性を考慮し、大規模かつ管理の行き届いた衛生埋立地が必要としている。

3) タイのLFG利用状況

① タイのLFG利用への取組

LFG利用の調査研究は1996年頃から開始され、同時期にバンコクの固形廃棄物を受け入れているカンペンセン衛生埋立地(Nakhon Pathom 県Kampewngsaen)においてパイロットプロジェクトが開始された。パイロットプロジェクトは、通貨危機による開発の遅れはあったが、現在、世界銀行の融資(Global Environmental Facility: GEF)を受け研究が進み商用化発電に近いところまできている。

その他、タイ固有の問題として、浸出水の影響によるLFG回収率の低下等があったが、欧米で主流である鉛直回収井戸を、独自に開発した水平回収井戸に変更することにより問題を解決している。

またカンペンセン衛生埋立地の他、ラチャテワ衛生埋立地(Samutprakarn 県 Bangplee、バンコクの廃棄物を受入)で、政府他からの資金援助は受けずに独自の資金でLFG発電事業が進められており、2003年初旬にタイ電力公社(Electricity Generating Authority of Thailand: EGAT)に売電する予定である。

② 施策・助成制度

タイはエネルギーの危機管理上の観点から再生可能エネルギー開発を進めており、インセンティブとしてENCONファンドを創設すると共に、開発されたエネルギーはSmall Power Purchase Agreementとして、自治体やEGATに電力の買取りにプレミアム価格を設定している。LFG発電も再生可能エネルギーとして開発が推進される予定となっているが、現在のところLFG発電向けENCONファンドは創設されていない。Energy Policy and Planning Office: EPPO(旧 National Energy Policy Office: NEPO)は、カンペンセンでのLFG発電が成功し次第、ファンドを立ち上げる予定で、次期マスタープランによると、10年間で99箇所ある地方自治体の50%にあたる50の自治体でLFG発電施設に資金を準備する予定である。なお、次期マスタープランは、2002年9月頃に発表予定であったが、まだ発表されていない様子である。

2. ノンタブリ新埋立地LFG発電プロジェクト

1) プロジェクト概要

本調査では、CDMプロジェクトとしてバンコクの北西に位置するノンタブリ県で計画、建設中の固形廃棄物処理センター内の衛生埋立地においてLFGを回収し、発電するプロジェクトを選定し、事業性の検討を行った。なお、埋立地の建設・運営および廃棄物回収・管理は自治体が行うものとし、本プロジェクトの範囲外とした。

対象とした衛生埋立地は3区画から構成され、現在2ヶ所が建設中で、残りの1ヶ所はオープンダンピング場として利用されている。建設中の埋立地の概要をTable 2-1に示す。

Table 2-1 建設中の衛生埋立地概要

項目	内容
----	----

スケジュール	埋立開始 2003 年～ 埋立終了 2006 年
埋立容量	約 120 万トン
廃棄物搬入量	約 300,000 トン/年
埋立面積	36 Rai (14.23 Acres)
埋立地構造	9 層 (高さ: 30.5 m)

2) LFG 発電システム

① LFG 回収可能量の算定

LFG 回収可能量は、米国環境省が開発した LFG 発生量算定プログラム“LandGem”の算定結果に 80%の回収効率を考慮して求めた(Figure 2-1)。なお、回収効率は MOSTE のデータを参考に、埋立地の形状および構造から判断した。

② LFG 発電システム

システムの計画は以下の通り設定した。

A プロジェクトの実施期間

10 年間 (2007 年稼働、2016 年終了)、システムの建設は 2006 年に実施

B システムの稼働条件

- 発電した電力は本施設で使用する電力を除き全てグリッドを通して売却
- 発電で余った LFG は、余剰ガス燃焼装置で処理

C 発電容量

10 年間安定的に発電することを目的としてプロジェクト期間内のメタン回収量を基準に設定した。

- 総発電容量 1070 kW
(2016 年は LFG 回収可能量の減少に伴い発電容量は 870 kW)

D LFG 発電システム構成

システム構成は、LFG 回収システム、LFG トリートメントシステム、発電システム、余剰ガス燃焼装置(フレア・システム)とし、発電容量は 1070kW (435kW × 2 セット、100kW × 2 セット)とした。LFG 発電システムのブロックフローを Figure 2-2 に示す。

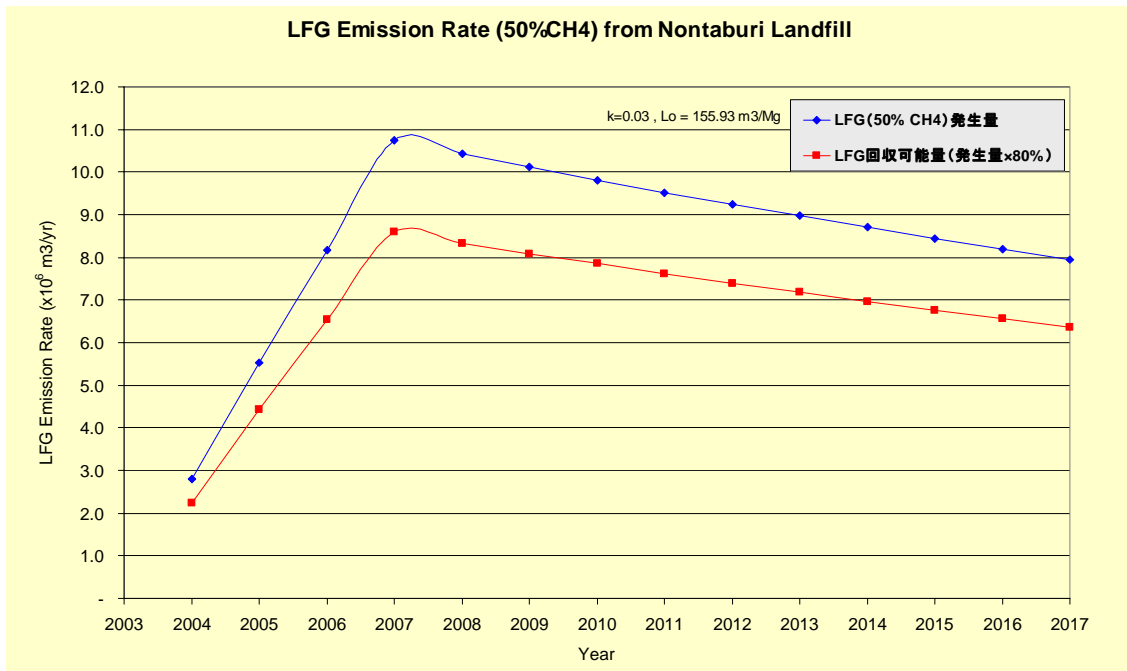


Figure 2-1 LFG 発生量及び回収可能量の推定

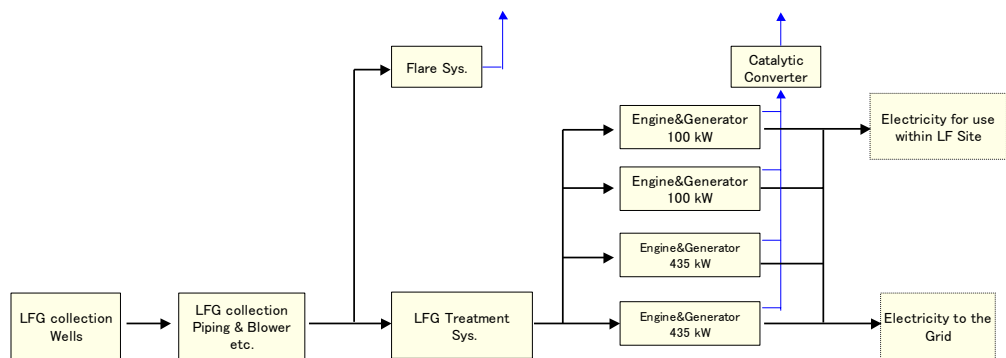


Figure 2-2 LFG 発電 システム ブロックフロー

3) システムバウンダリー

本プロジェクトに起因する影響を検討し、以下の 2 つの影響をシステムバウンダリーとした。

- ① 直接影響(主目的による影響)「LFG 回収・燃焼(発電)による GHG 排出削減」
- ② 間接影響(主目的による影響)「LFG 発電による代替燃料の消費削減による GHG 排出削減」

なお、以下は、影響項目から除外とした。

A 施設稼働による電力消費

(施設電源は、LFG 発電による電力供給を想定しているため)
B輸送車やごみ拾い人(スカベンチャー)などへの影響
(本プロジェクトに廃棄物の運搬や埋立地の建設・運営を含まないため)

4) ベースライン

以下の3つの理由により「LFGの大気への放出」を本プロジェクトのベースラインとして採用した。

- ① ベースとなるノンタブリの廃棄物処理施設において LFG は埋立地に設置予定の排気管により大気へ排気される計画である。
- ② タイの LFG 利用はパイロット事業の段階である。
- ③ LFG 発電に対する助成制度も未発表かつ、実施スケジュールは未確定である。

3. 事業性の評価

GHG 排出削減量の算定

GHG 排出削減量の算定結果を Table 3-1 に示す。

プロジェクト期間である10年間で約55万CO₂-ton、そのうち「LFG回収によるメタン排出削減量」は約50万CO₂-ton、「LFG発電で発電した電力を電力会社に売電することによるCO₂排出削減量」は約5万CO₂-tonである。そして、第一約束期間に有効な排出削減量は約35万CO₂-ton、第二約束期間では約20万CO₂-tonである。

「LFG回収によるGHG排出削減量」は、下記A、Bの合計として算定した。

- A. 「発電によりLFGを燃焼することによるメタン排出削減量」
- B. 「LFGのフレア燃焼によるメタン排出削減量」

「LFG発電で発電した電力を電力会社に売電することによるCO₂排出削減量」は、売電による発電所の発電量の減少を考慮したもので、タイ全国系統電源平均CO₂排出原単位を推定し算定した。なお、推定したタイ全国系統電源平均CO₂排出原単位は0.6CO₂-kg/kWhである。

	LFG回収による メタン排出削減	発電所の発電量 減少の伴う GHG排出削減	合計
	(CO ₂ -ton)	(CO ₂ -ton)	(CO ₂ -ton)
2007	57,269	5,098	62,368
2008	55,584	5,098	60,682
2009	53,941	5,098	59,040
2010	52,341	5,098	57,440
2011	50,795	5,098	55,893
2012	49,301	5,098	54,400
2013	47,840	5,098	52,938
2014	46,421	5,098	51,520
2015	45,056	5,098	50,154
2016	43,723	4,047	47,770
Total			552,204

2007～2012（第一約束期間）	349,822
2013～2016（第二約束期間）	202,382
合計	552,204

1) プロジェクトの経済性評価

本プロジェクトの経済性をCO₂クレジットの有無の2ケースで評価した。なお、クレジットは、\$3/CO₂-tonと仮定した。評価結果は以下の通りである。

- ① CO₂クレジットなしの場合 —FIRR: 15.51 %、投資回収期間: 5年10ヶ月
- ② CO₂クレジット(\$3/CO₂-ton)の場合—FIRR: 29.18 %、投資回収期間: 4年1ヶ月

結果をみると、投資回収期間では大幅な変化は見られないものの、FIRR(Financial Internal Return Rate)が大幅に改善されることからLFG発電プロジェクトのCDMプロジェクトとしてのポテンシャルは高いと考えられる。

ただし、この評価にはLFG使用料(購入コスト)、土地借用費用、借入金、CDMプロジェクトに必要な経費等の費用は含まれていない。

2) LFG発電の事業化に向けた課題

本調査で明らかになった課題を整理すると以下の通りである。

① LFG発生および回収に関する課題

事業の収入を決める発電システムを設計する上で、LFG発生量および回収量は最も重要な情報である。しかし、タイにおけるLFG利用は始まったばかりであり、算定に必要な基礎的な調査は十分に行われていない。従って、本調査で用いたLFG発生量や回収量は信頼性が低く、システム設計に十分なデータとはいえない。LFG発電の事業化を考える場合、信頼性のあるデータが必要であり、これらの基礎的な調査研究が必要である。

② 水平式井戸の回収効率

タイの埋立地の特徴の一つとして、埋立地内の高い浸出水水位がある。この高い浸出水水位は LFG 回収に大きな障害となるため、タイでは浸出水による影響を受けにくい独自の水平式回収井戸を採用している。本プロジェクトも同様の考えで1層の水平回収井戸を採用したが、一般的な水平井戸で採用されている2リフト程度毎の井戸の設置と比べて LFG の回収率が低いと予想される。今後、効率的な LFG 回収方法および浸出水の適切な処理方法の検討が必要である。

③ LFG 購入コスト

本プロジェクトは、大気に放出される LFG を回収し、GHG 削減を図るもので、埋立地の所有者へは LFG 利用の代価等の支払いは考慮していない。

事業性の検討で、軽油(ディーゼル)価格を上限とした LFG 購入価格を設定し、経済性評価を行ったが、結果は事業性を著しく低下させることとなった。従って、事業化の際には、LFG 所有権を明らかにすると共に、利益の分配方法の検討が必要である。

④ 埋立地に関する留意点

埋立地の容量や形状は LFG 回収井戸および回収配管の設置、またそれら施設の建設および維持管理費など事業性に影響を与える。同様に、本プロジェクトの範囲外としている埋立地の管理運営も LFG の回収量を左右し、事業性に影響を与える。従って、事業化を考える際には、これらの状況を十分に把握することが必要である。

3) 他地域への波及効果

本調査を通して入手した情報および文献調査によると、東南アジア地域における固形廃棄物処理はタイと同様あるいはタイがやや進んでいる状況と考えられる。

また、世界銀行もカンペンセン衛生埋立地のパイロットプロジェクトへの融資にあたり、他のアジア地域への LFG 利用の波及を期待している。従って、タイで LFG 発電技術が確立されれば、他の地域、とりわけ自然条件の近い東南アジア地域への波及効果は高いと考えられる。

4) 事業性の評価

プロジェクトの経済性および地域環境等から考えると、LFG 発電は CDM として魅力的でありタイ(ホスト国)にとっても有用なプロジェクトであるといえる。また、目標達成に要する費用の高い我が国にとってメタン排出抑制プロジェクトは費用対効果の面から魅力的であると考えられる。

しかし、実施に向けた課題を含め総合的に評価すると、民間企業が直ちにプロジェクトを実施することは困難であるといえる。

従って、我が国が LFG 発電を事業として取り組めるように、本 FS で明らかになった課題の解決に向けた支援を行っていくことが必要で、とりわけ LFG 発生および回収に関する課題(LFG 発生量、回収効率、浸出水の水位と回収井戸)に関する支援が有効であると考えられる。