

平成15年度 CDM/JI 事業調査に係わるフィージビリティ調査  
「タイ国における廃棄物処理場(バンコク郊外)から発生するメタンガス  
有効利用施設の事業性調査・検証」

報告書

平成 15 年 2 月

株式会社 大林組  
Hitz 日立造船株式会社

## 調査の背景、目的および概要

### 調査背景

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。

この削減目標に対し日本政府は、温暖化対策大綱を発表し、現在のところ、大綱を中心に対策を進めている。しかし、日本は、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目標達成への取組が、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おり、目標達成のハードルは高いとされている。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 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倍の温室効果があること、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大変有用であるといえる。

### 調査目的

本調査は H14 年度に実施した「タイ国における廃棄物処分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」で明らかになった課題(とりわけ、事業性に大きな影響を与える LFG の発生量および組成)について再調査し、プロジェクトの事業性を精査することを目的とした。

### 調査概要

H14 年度調査に明らかになった課題を検討するために、LFG の発生量の算定に必要な、廃棄物の組成、発生量などを調査すると共に、LFG 発電システムおよびガス回収システム設計に必要な基礎データを収集するため、プロジェクト候補地に隣接するオープンダンプサイトに試験井戸を設置し、LFG の回収を行った。そして、調査結果に基づき、具体的な CDM プロジェクトを想定し、事業性の検討を行った。

想定したプロジェクトは、平成14年度と同じバンコク北西に位置するノンタブリ県の廃棄物処理センター内の衛生埋立地とした。なお、調査は日立造船株式会社と共同で実施し、現地カウンターパートはカセサート大学に依頼した。

## 概要

### I タイ王国の基本情報

#### 第1章 地理的情報

##### 1.1 地理

##### 1.2 人口

##### 1.3 気象

#### 第2章 政治・経済情勢

##### 2.1 政治情勢

##### 2.2 経済情勢

#### 第3章 地球温暖化に対する取組

##### 3.1 京都議定書に関する動向

##### 3.2 温室効果ガス排出量

##### 3.3 タイの CDM に関する動き

#### 第4章 固形廃棄物及び埋立地ガス

##### 4.1 固形廃棄物の現状

##### 4.2 固形廃棄物管理に関する施策

##### 4.3 埋立地ガス利用状況

##### 4.4 埋立地ガスに関する法規制

## II 埋立地ガス調査

### 第1章 調査計画

- 1.1 調査目的
- 1.2 調査項目
- 1.3 調査対象の概要

### 第2章 廃棄物組成調査

- 2.1 サンプルング調査
- 2.2 ごみ組成の変化予測
- 2.3 廃棄物組成

### 第3章 LFG 発生量・ガス組成調査(フィールドテスト)

- 3.1 フィールドテスト概要
- 3.2 調整期間における計測結果
- 3.3 連続運転による計測結果

### 第4章 LFG 発生量の算定

- 4.1 LFG 発生量算定方法
- 4.2 LFG 発生量算定

### 第5章 考察

- 5.1 LFG の収集
- 5.2 収集システム、施設の保護およびセキュリティ



### III CDM プロジェクトの検討

#### 第1章 プロジェクト概要

- 1.1 プロジェクト概要
- 1.2 LFG 発電システム

#### 第2章 ベースラインシナリオの検討

- 2.1 ベースライン方法論の選定
- 2.2 方法論の適応
- 2.3 排出削減量の算定方法について

#### 第3章 モニタリング方法及び計画

- 3.1 モニタリング方法論の選定
- 3.2 モニタリング項目及びモニタリング方法

#### 第4章 GHG 排出削減量の算定

- 4.1 GHG 排出削減量の算定条件
- 4.2 GHG 排出削減量の算定

#### 第5章 事業性評価

- 5.1 経済性評価の前提条件
- 5.2 プロジェクトの経済性評価

#### 第6章 まとめ

- 6.1 H14 年度調査との比較
- 6.2 事業化に向けた課題
- 6.3 まとめ

## I タイ王国の基本情報

### 第1章 地理的情報

#### 1.1 地理

タイはインドシナ半島の中央部に位置し、カンボジア、ラオス、ミャンマー、マレーシアの四カ国と接する。国土面積は約 51 万平方キロで、南北に約 2500km(北緯 5 度 30 分～21 度)、東西に 1250km(東経 97 度 30 分～105 度 30 分)の長さを持つ。海岸線はタイ湾(南シナ海)に 1840km、アマンダン海(インド洋)に 865km ある。主要河川は、中央部を流れるチャオプラヤ(メナム)川と、東部のラオス国境となるメコン川がある。

タイは 76 の県からなり、北部、中央部、東北部、南部の 4 つの地域に区分される。チェンマイのある北部は山脈と盆地からなり、ミャンマー、ラオスの影響を受けた独自の文化を形成している。バンコクのある中央部は、チャオプラヤ川の肥沃なデルタで、アジア有数の米作地帯である。東北部(イサン)はやせた高台のうえ、洪水・旱魃の影響を受けやすく、タイで最も貧しい地域といわれる。プーケットのある南部は、アマンダン海とタイ湾に挟まれたマレー半島で、ゴム、ココナッツ、錫などを産する。

#### 1.2 人口

タイの総人口は、国家統計局の人口・世帯センサス(2000 年 4 月 1 日実施、10 年毎に調査)によると、約 6000 万人で、ASEAN(Association of Southeast Asian Nations)の中ではインドネシア(約 2 億 1000 万人)、ベトナム(約 7800 万人)フィリピン(約 7700 万人)、に次いで 4 番目に人口の多い国となっている。

年齢別の人口構成は 1970 年には典型的なピラミッド型であったが、出生率の低下と高齢化により 15～19 歳と 30～34 歳に頂を持つふたこぶラクダ型へと変化した。

国家経済社会開発庁は 1995 年から 2020 年にかけて、出生率の低下により 15 歳未満の年少者人口の割合が 27.9%から 19.7%に減少する一方、60 歳以上の高齢者人口の割合が 8.1%から 15.3%に増加すると予想している。しかし、2020 年の人口を約 7100 万人と予測しており、15～59 歳の労働者人口の割合はほぼ横ばいで推移し、絶対数は約 3800 万人から約 4600 万人に増加するとしている。

地域別に見ると、東北部が 2149 万人と最大(全国の 34.5%)を占める。県別には、首都バンコクに 573 万人(全国の 9.2%の人口)が集中し、それに続くナコンラチャシーマ 257 万人、ウボンラーチャーターニー 178 万人、コーン・ケーン 176 万人、チェンマイ 160 万人などとなっている。

#### 1.3 気象

タイは北半球の熱帯に位置し、高温多湿の気候である。季節は気候の特長により雨季と乾季に、乾季はさらに寒気と暑気に分けられる。

##### (1) 雨季(5 月～10 月)

南西モンスーン(季節風)の影響を受け、毎日のように1～2時間程度の激しい雷雨を伴ったスコールが降る。特に雨季の始まりの5月と終わりの10月に降水量が多い。

## (2) 寒気(11月～2月)

乾燥した北東モンスーンの影響を受け、日中は30度前後になるものの朝晩は涼しく、湿度が低いため、日本の初秋を思わせる。

## (3) 暑気(3月～4月)

1年で最も暑い季節で、最高気温が40度近くに達する日もある。

## 第2章 政治・経済情勢

### 2.1 政治情勢

#### 2.1.1 政権機構

政体：立憲君主制

元首：プーミポン・アドゥンヤデート国王(ラーマ9世)

首相：タクシン・シナワット

議会：二院制(上院200議席 任期5年。下院500議席 任期4年)

#### 2.1.2 政治情勢

2001年1月の下院選挙においてタクシン党首率いるタイ愛国党が単独過半数に迫る議席を確保し、第一党となった。勝因として、チュアン前政権の経済政策に対する国民の不満、庶民指向の新たな政策の公約、豊富な資金力等が挙げられる。2001年2月18日、タイ愛国党は新希望党、タイ国民党、自由正義党との4党連立を形成し、タクシン政権が安定多数をもって正式に成立した。

タクシン首相は下院での与党の圧倒的多数と政権内での強固な権力基盤に基づき、強力なリーダーシップを発揮し、数々の経済改革政策を推進している。現政権は従来連立各党の利害調整型ではなく、トップダウンによる政策主導型の政権運営と成果主義の政策が特徴である。タクシン政権の政権基盤は強固であり、同政権は2005年2月の任期満了まで継続するとの見方が強い。

2002年10月3日、省庁改正法が発効し、従来の1府13省1庁より1府19省に省庁が再編された。表-I-2-1にタイ省庁の新旧対比を示す。省庁再編では大学庁が教育省に統合され、観光・スポーツ省、社会・人間開発省、天然資源・環境省、情報通信技術省、エネルギー省、文化省の6省が新設された。

省庁再編は行政の効率化、時代に即した体制への再編等、従来からの課題である行政改革の一環としている。当初困難と見られていた省庁再編の実現は、タクシン政権の強力な政治力、実行力を示すものでもありとされている。

表-I-2-1 タイの省庁 新旧対比表

旧	新	備考
首相府	首相府	
財務省	財務省	
国防省	国防省	
外務省	外務省	
内務省	内務省	
運輸通信省	運輸省	名称変更
	情報技術・通信省	新設
司法省	司法省	
農業・協同組合省	農業・協同組合省	
商業省	商業省	
教育省	教育省	
大学庁		教育省へ統合
工業省	工業省	
労働・社会福祉省	労働省	名称変更
	社会開発・厚生省	新設
科学技術・環境省	科学技術省	名称変更
	天然資源・環境省	新設
保健省	保健省	
	観光・スポーツ省	新設
	エネルギー省	新設
	文化省	新設
1府13省1庁	1府19省庁	

### 2.1.3 地方自治制度

県一郡一区一村という内務省による直接的な監督下にある縦割りの地方行政単位と、自治市町、衛生区、県行政機構、バンコク郡、パタヤ特別市という地方自治体が混在している。県知事は内務大臣による任命制で、バンコク郡、自治市町、衛生区、県行政機構などの地方自治体の首長は公選制である。

## 2.2 経済情勢

### 2.2.1 経済危機とタイ政府の取組み

1997年7月に起きた経済危機を克服するため当時のチャワリット政権は国際通貨基金(International Monetary Fund: IMF)のプログラムに基づく緊縮政策を実施し、為替レートの安定、経常収支の黒字化等の成果をあげた。一方、実態経済は低迷を続け、金融機関を中心とする企業の倒産、失業者の増大、貧困層等への社会的影響が深刻化した。

これに続き1997年11月に発足したチュアン政権は、IMFの合意を得て、緊縮政策から内需拡大に政策を転換し、3回にわたり、減税、雇用創出、公共投資、中小企業支援等を内容とする追加予算を含む総合経済対策を打ち出し、景気の回復を図った。特に、不良債権処理を促進するため、

銀行ごとの資産管理会社の設立を促し、民間債務リストラ及び破産法等の経済関連法を改正・実施した。

2001年2月に発足したタクシン現政権は、チュアン政権を大企業優遇の政策と批判し、草の根レベルからの経済回復を掲げて、従来の輸出に加えて国内需要も経済の牽引力とすることを訴えている。具体的政策としては農民債務の一時モラトリアム、村落における開発基金の創設、一村一品運動、マイクロ・クレジットである国民銀行の創設等のボトムアップ的な所得拡大による内需拡大策をとるとともに、中小企業育成等による国内産業の強化と海外投資の積極的な誘致による国際競争力の向上を目指している。また不良債権問題の早期解決のために、政府主導の不良債権買い取り機構を設置した。

## 2.2.2 現状と今後の見通し

1999年に好調な輸出、政府の財政政策による下支え等により、経済は回復基調に転じ、2000年6月をもってIMFの構造調整プログラムを終了した。2001年に入り、米国経済の減速、不良債権処理を含む金融セクターの再建の遅れ等から経済成長に鈍化傾向が見られ、2001年の経済成長率は、前年比1.8%に止まった。しかし、タクシン政権の経済政策の奏功と見られる個人消費の活性化等により、最近では経済の回復傾向が見られ、国家経済社会開発局は、2002年の経済成長率を5.2%と経済危機後最も高い数字を発表した。

## 第3章 地球温暖化に対する取組

### 3.1 京都議定書に関する動向

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をし、2002年8月28日に批准した。タイは温室効果ガス(Green House Gas: 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、Clean Development Mechanism (CDM)の対象国としての要件を満たしている。

#### ■ 気候変動枠組条約

(United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC)

署名 1992年6月12日

批准 1995年3月

#### ■ 京都議定書 (Kyoto Protocol)

署名 1999年2月2日

批准 2002年8月28日

### 3.2 温室効果ガス排出量\*

タイに於ける初の GHG インベントリーは1989年のデータとして、1993年に TDRI (Thailand Development Reserch Institute)／TEI (Thailand Environment Institute) により作成された。

第二回 GHG インベントリーは1997年に、UNFCCC のフォーカルポイントである 科学技術環境省 (Ministry of Science, Technology and Environment: MOSTE) の環境政策環境計画事務室 (Office of Environmental Policy and Planning: OEPP) がタイ政府の資金的支援を受け1990年のインベントリーとして発行した。このインベントリーは、国連開発計画 (United Nations Development Programme: UNDP) とアジア開発銀行の ALGAS (Asia Least-Cost Greenhouse Gas Abatement Strategy) のプロジェクトとしてサポートを受けて作成されたものである。

第三回 GHG インベントリーは2000年に “Thailand’s Initial National Communication” として1994年のインベントリーが 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、CO<sub>2</sub> 換算で 2 億 8 千 600 万トン (CO<sub>2</sub> が約 71%、CH<sub>4</sub> が約 23%) となっている。1994 年のガス種・セクター別 GHG インベントリーを表-I-3-1、CO<sub>2</sub> 換算 GHG インベントリー表-I-3-2 に示す。また、廃棄物セクターからのメタン排出量を表-I-3-3 に示す。

表-I-3-1 ガス種・セクター別 GHG インベントリー (1994 年)

温室効果ガス 吸収源分類	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOC
	排出量	除去量					
総排出／除去量	241,030.55	-39,101.60	3,171.35	55.86	286.65	555.11	2,513.30
1. エネルギー	125,482.80	0.00	196.55	0.83	271.85	33.90	0.72
A. 燃料燃焼	125,482.80	0.00	2.85	0.83	271.85	33.90	0.72
エネルギー・エネルギー変換産業	45,529.30		2.07	0.10	155.30	14.70	0.00
産業、鉱業、建設	30,824.20		0.61	0.58	113.90	17.10	0.00
運輸	39,920.40		0.09	0.00	0.26	1.30	0.70
商業	890.50		0.02	0.08	0.87	0.20	0.00
民生	3,469.40		0.06	0.06	1.37	0.50	0.00
農業	4,849.00		0.00	0.01	0.15	0.10	0.02
B. 一時的排出			193.70				
固体燃料			16.02				
石油天然ガス			177.68				
2. 産業プロセス	15,970.40		0.31	54.62			2,512.58
3. 農業			2,879.10	0.41			
4. 土地利用変化、林業	99,577.35	-39,101.60	59.57				
5. 廃棄物			35.22				

(1Gg = 1,000 ton)

※ 出典: Thailand’s Initial National Communication (2000 年 10 月発行)

表-I-3-2 CO<sub>2</sub>換算 GHG インベントリー(1994年)

GHG種類	排出量 (Gg)	温室効果可能性係数	CO <sub>2</sub> 相当量	%
CO <sub>2</sub>	202,458.05	1	202,458	70.69
CH <sub>4</sub>	3,171.35	21	66,598	23.25
N <sub>2</sub> O	55.86	310	17,317	6.06
<b>Total</b>			<b>286,373</b>	<b>100.00</b>

(1Gg = 1,000 ton)

表-I-3-3 廃棄物セクターからのメタン排出量(1994年)

排出源	メタン排出量(Gg)	比率(%)
1. 固形廃棄物処理		
①地方自治体		
トレンチダンピング	1.85	5.3
オープンダンピング(野積み)	0.37	1.0
(衛生)埋立地	4.51	12.8
①地方自治体 計	6.73	19.10
②バンコク		
オープンダンピング(ノンケン)	4.46	12.7
オープンダンピング(オンノック)	4.43	12.6
(衛生)埋立地 (カンペンセン)	3.96	11.2
②バンコク 計	12.84	36.50
1. 固形廃棄物処理 合計	19.57	55.60
2. 排出処理		
①都市排水		
排水	0.85	2.4
汚泥	0.92	2.6
①一般排水 計	1.77	5.00
②工場排水	13.88	39.4
2. 排水処理 合計	15.65	44.40
合計	35.22	100.00

### 3.3 タイの CDM に関する動き

#### 3.3.1 CDM 担当組織

環境担当省庁は、行政規則法及び省庁局改組法に伴い科学技術環境省から天然資源・環境省へと改正された。

CDM の担当組織も同様に以下の通り改正された。

新組織 : 天然資源・環境省

(Ministry of Natural Resource and Environment: MONRE)

国際協力室

(Office of International Cooperation on Natural Resource and Environment)

旧組織 : 科学技術環境省

(Ministry of Science, Technology and Environment: MOSTE)

環境政策・環境計画事務室(Office of Environmental Policy and Planning

: OEPP)

#### 3.3.2 CDM 受入体制 最終報告書にてアップデートの予定

タイの CDM プロジェクト受入は、CDM 指定国家機関 (Designed National Authority: DNA) である MONRE から国家 CDM 委員会 (National Committee on CDM: NCCDM)、国家気候変動委員会 (National Committee on Climate Change: NCCCC)、国家環境委員会 (National Environmental Board: NEB) にて審査され、最終的に内閣で個別審査され判断が下される。受入審査体性を図-I-3-1 に示す。

また、受入要件は次の通りであるが、現在のところ明快な基準は示されていない。なお、CDM の申請は、プロジェクト設計書 (Project Design Document : PDD) を用意することとしている。

タイの CDM 受入要件 (Thailand's Perspective)

- CDM must fully conform with the conditions required
  - Sustainable development of Thailand must be fully adhere to
  - Real and genuine technology transfer must present
  - Only quality proven CDM projects would be implemented in Thailand
- (出典: 2003 年 9 月 The 13<sup>th</sup> Asia Pacific Seminar on Climate Change)



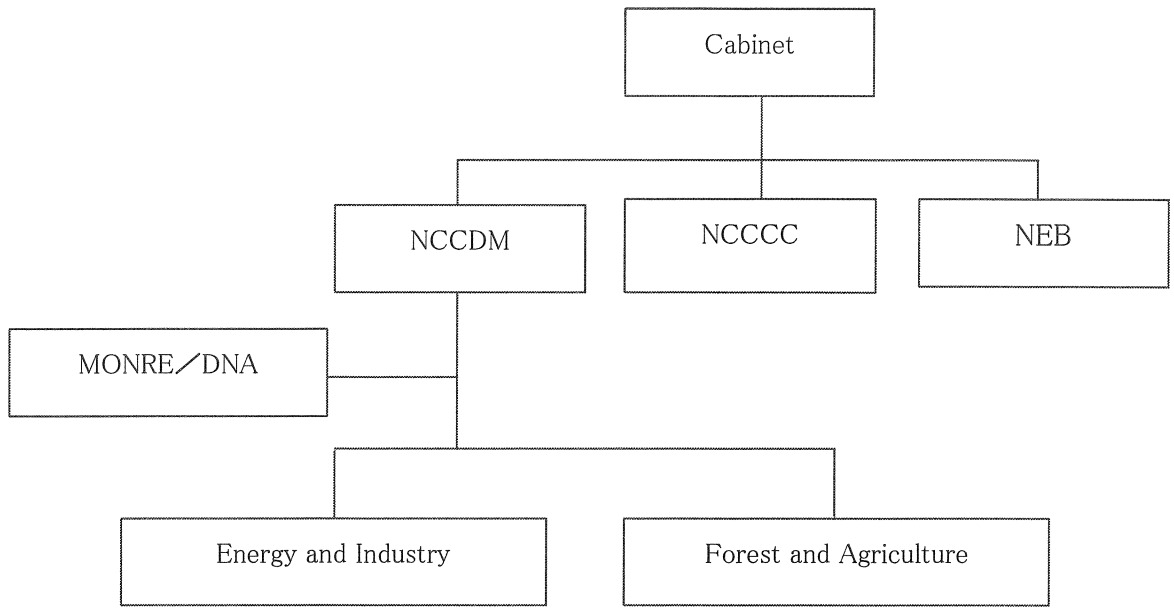


图-I-3-1 CDM 受入(审查)体制

## 第4章 固形廃棄物及び埋立地ガス

### 4.1 固形廃棄物の現状

#### 4.1.1 固形廃棄物発生量及び組成

タイの固形廃棄物の推移を表-I-4-1、図-I-4-1に、示す。2003年のタイの廃棄物発生量は約40,165トン/日で、バンコク首都圏:24%、地方自治体:31%、その他(農村部等):45%である。

また、バンコク首都圏の廃棄物発生量を発生源で分類すると、都市系固形廃棄物(Municipal Solid Waste)が約84%、産業廃棄物が約12%である。

バンコク首都圏の固形廃棄物組成を表-I-4-2、図-I-4-2に示す。固形廃棄物の組成は、食品(生ごみ)、紙、プラスチック類が大部分を占める。廃棄物中の含水率は、季節的な違いはあるものの概ね50~60%である。

表-I-4-1 タイの固形廃棄物発生量の推移 (1999-2003\*)

Area	1999		2000		2001		2002		2003*	
	(ton/day)	(%)	(ton/day)	(%)	(ton/day)	(%)	(ton/day)	(%)	(ton/day)	(%)
1.Bangkok (BMA)	8,990	24	9,131	24	9,317	24	9,458	24	9,640	24
2.Municipalities & Pattaya	12,328	33	11,893	31	11,903	31	12,216	31	12,451	31
3.Outside of municipality	16,561	44	17,256	45	17,420	45	17,734	45	18,074	45
<b>Total</b>	<b>37,879</b>	<b>100</b>	<b>38,280</b>	<b>100</b>	<b>38,640</b>	<b>100</b>	<b>39,408</b>	<b>100</b>	<b>40,165</b>	<b>100</b>

\* 2003年は近似値

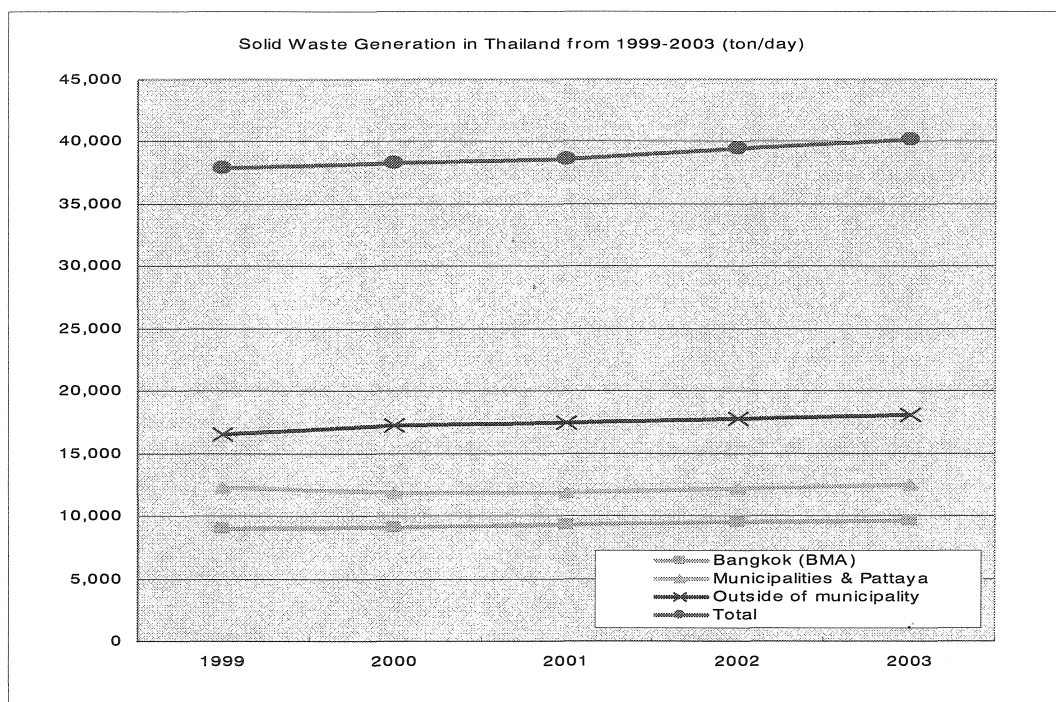


図-I-4-1 タイの固形廃棄物発生量の推移 (1999-2003\*)

表-I-4-2 バンコク首都圏の固形廃棄物組成

組成	比率(%)
Organic and food waste	50-60
Mixed plastic	15-20
Paper	10-15
Textiles	5-7
Wood	5-7
Glass	3-5
Metal	2-3
Others	2-3

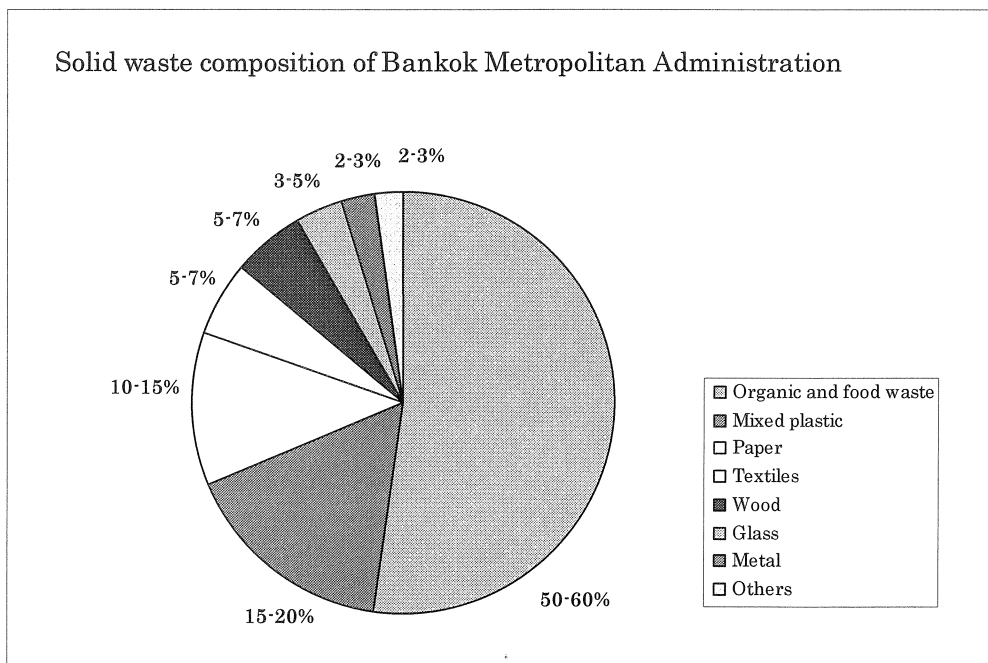


図-I-4-2 バンコク首都圏の固形廃棄物組成

#### 4.1.2 一般固形廃棄物(Municipal Waste)の収集及び処理

バンコク首都圏では固形廃棄物の約98～99%が回収されている。回収された廃棄物は民間企業により運営されている3箇所のトランスファーステーション(On-Nut, Nong-Khaem, Tha-Raeng)に運ばれ、バンコク隣県の2箇所の衛生埋立地(ラチャテワ衛生埋立地、カンペンセン衛生埋立地)で処理されている。

バンコク以外の都市における固形廃棄物の回収率(定期的に回収がされているもののみ)は、70～80%程度である。処理方法としては、未だにオープンダンプイングが広く行われている。しかし、オープンダンプイングが行われている地域では、悪臭や衛生面などに対する苦情が増えることが増えており、衛生埋立地への移行が増えてきている。この傾向は都市化が進むにつれて増加している。

タイでは、年々増加している固形廃棄物に対応するため、焼却施設の導入、衛生埋立の新設や増設など検討を行うと同時に、固形廃棄物の減量化のためにリサイクルを固形廃棄物管理の国家施策の一つとして推進してきた。

リサイクル推進のため、キャンペーン活動を行うなどして、リサイクルのコンセプトは徐々に国民に浸透してきたとしている。しかし、ゴミの分別基準が曖昧であったり、回収システムが分別に対応していないなどの理由により、2000年実績では、回収された廃棄物の内リサイクルされた割合は、わずか7%(2,360トン/日)にすぎない。

一方、1997頃の経済危機の間に失業した一部の労働者が廃棄物のリサイクルビジネスを始め、コンビニエンスストアのような新しいタイプのジャンクショップなどを立ち上げるなど、新しいタイプのリサイクルビジネスが定着してきている。この様な状況に伴い、リサイクル品のプロモーションを行い、市場原理を働かせることでリサイクル及びゴミの減量化の推進させようという動きが出てきている。

### 4.2 固形廃棄物管理に関する施策

#### 4.2.1 固形廃棄物管理担当組織

タイの固形廃棄物管理は、中央政府および地方行政機関の両方によって行われている。中央政府組織は政策立案及び技術/資金面などのサポートに重要な役割を果たしている。以下に、中央政府の固形廃棄物担当組織およびその役割を示す。

① Office of Environmental Policy and Planning (OEPP), MONRE

政策立案および資金面での支援を担当

② Pollution Control Department (PCD), MONRE

廃棄物管理に対する施策、ガイドライン等の制定および政府役人の技術面での教育を担当

③ Ministry of Interior

地方行政機関に対し、廃棄物管理システム運営のアドバイスを行う。

地方行政には次の4種類ある。

- ① 特別行政区:Special Administrative(2ヶ所)であるバンコク首都圏とパタヤ
- ② 市町自治体:Municipalities(1141ヶ所)
- ③ 県自治体:Provincial Administrative Organization (75ヶ所)
- ④ タムボン自治体:Sub-District Administrative Organization (6800ヶ所)

市町自治体において固形廃棄物は Division of Health and Environment によってサービスが行われており、廃棄物回収のトラック及び処理場の運営も担当している。

#### 4.2.2 固形廃棄物関連法規及び規制(現行)

##### (1) Public Health Act AE 1992

全ての一般廃棄物はこの法令に基づいて管理されている。 地方行政に対して条例の整備、回収フィーなど廃棄物管理システムに対して全面的な権限を与える法令。

##### (2) The Cleanliness and Orderliness of the Country Act AE 1992

世帯主に対して居住地域を清潔に保つ義務を与え、固形廃棄物の不法投棄を禁ずる法令。

##### (3) Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act AE1992”

地方行政が公共サービスとして独自或いは民間企業に委託して、セントラル方式の廃棄物処理施設を建設することを後押すもので、セントラル方式の廃棄物処理施設に投資、運営する政府機関または民間組織に対する補助金またはローンのために環境基金が創設されている。 また、この法令は MOSTE(現 MONRE)に対して廃棄物処理施設に対する排出／排水基準、施設運営に対するガイドライン／規制の発行を促している。 さらに、”Pollution Pay Principle (PPP)”の概念が取り入れられている。

#### 4.2.3 固形廃棄物関連法規及び規制(国家廃棄物管理計画)

##### (1) 背景

国家廃棄物管理計画は、2003年1月21日の閣議による任命により、MONRE のもとで PCD によって作成されている。 最終ドラフト版は発行され、政府および民間の関連機関により予備承認を受けている。 PCD は現在、正式な国家のマスタープランとして発行する準備として NEB および内閣に提出する準備を進めている。

##### (2) 目的および目標

国家廃棄物管理計画の大きな目的は、廃棄物量の減量化と有機性廃棄物や様々な種類の廃棄物(紙、プラスチック、ガラスなどの)から得られた素材を最大限に利用することである。 この目的を達成するために以下の目標が設定されている。

- ① 2006年の固形廃棄物発生量をバンコク首都圏及びパタヤ 1kg/人以下、それ以外の自治体は自治体規模に応じて0.8, 0.6, 0.4 kg/人以下に抑える。
- ② 2006年の未回収廃棄物量をバンコク首都圏及びパタヤでは一日あたりの廃棄物発生量の5%以下、それ以外の地域では10%以下にするために、回収及び輸送効率を改善する。
  - (a) 有機性廃棄物及びその他のリサイクル可能な固形廃棄物の利用を促進するため、国全体の固形廃棄物発生量を2006年までに30%以上再利用する。
  - (b) 個々の自治体が保有している廃棄物処理施設どうしのネットワーク確立を促進する。

### (3) 計画の範囲

国家廃棄物管理計画は、都市系固形廃棄物を対象にしており、産業系廃棄物は対象にしていない。対象とする固形廃棄物には、一般家庭、オフィス、学校、商業施設などからの有機性廃棄物、リサイクル可能廃棄物そして危険物が含まれる。医療施設から発生する感染系の廃棄物もこの計画に含まれる。

### (4) 対策

国家廃棄物管理計画に掲げた目標達成のため、社会、経済、法規そして助成の4つに分野で、固形廃棄物の発生源から最終処分まで廃棄物サイクル全体に対応した対策を講じている。以下に各分野の対策について説明する。

#### ① 社会

##### 方針(Strategies)

廃棄物の減量およびリサイクル促進(有機物およびその他再利用可能物)のため公的機関、民間機関、民間企業そして住民の参加の促進。

##### 対策(Measures)

問題点	対策
商品の供給業者による過剰包装	商品の供給業者に包装材料の減量化促進
商品の流通サイクルに静脈サイクルがない	商品供給業者に対して、商品供給～容器回収システムの構築促進
消費者の大量消費、大量廃棄の習慣	消費者の大量消費、過剰包装をなくす(減らす)ことに対する認識の向上
廃棄物の分別に対する正しい意識の欠如	地域住民及び、リサイクル業者の廃棄物の分別に対する適切な知識・理解の向上
自治体の廃棄物再利用に対する対応及び、深刻さの欠如	廃棄物の再利用に関連する自治体、民間および市民の協力体制確立に対する支援
廃棄物処理施設の用地取得に対する住民の協力の欠如	廃棄物処理用地取得の初期段階から地域住民の参加促進

## ② 経済

### 方針 (Strategies)

民間セクターの参加によるクリーンテクノロジーを利用した廃棄物処理および処分促進。また、生産活動に伴う廃棄物発生抑制を促進するため、高い税率の設定。

### 対策 (Measures)

問題点	対策
クリーンテクノロジーの欠如による生産過程における過剰な廃棄物の発生	生産過程における廃棄物発生を少なくするクリーンテクノロジーの導入促進
非効率な廃棄物回収および輸送システムによる回収残しの発生	廃棄物発生源への分別システム導入と共に、自治体の廃棄物回収及び輸送施設への予算分配
廃棄物処理及び廃棄施設建設に対する自治体の予算不足	自治体への廃棄物処理施設建設に対する適切な予算配分
過剰な包装材料の使用及び、廃棄の困難な包装材料の使用	過剰包装及び廃棄の困難な包装に対する増税

## ③ 法規

### 方針 (Strategies)

各段階の廃棄物管理をより効率的に行うために、(必要に応じて)新法規制定 又は法規の執行能力強化及び、既存法規及び規制の改正。

### 対策 (Measures)

問題点	対策
製品供給～包装回収システムの欠如	製品供給および包装回収システム創設のために法律の施行
廃棄物処理施設運営に対する規制の欠如	廃棄物処理施設運営のルールのみ示
住民および廃棄物回収システムにおける分別の欠如。排出源における分別システムの欠如。不適切(十分でない)な廃棄物回収コスト	排出源対策 <ul style="list-style-type: none"> <li>・住民:分別の促進</li> <li>・自治体:分別回収システム構築促進</li> </ul> 料金設定の見直し <ul style="list-style-type: none"> <li>・分別回収に見合った回収手数料の設定</li> </ul>

④ 助成

方針 (Strategies)

環境負荷の少ない(環境に優しい)製品及び、リサイクル製品生産の技術調査および開発に対する支援

対策 (Measures)

問題点	対策
包装材の過剰使用および廃棄の困難な材料の使用	廃棄の困難な材料に変わる製品の調査および開発の支援
近隣(住民)問題により、廃棄物処理施設の用地取得が困難	自治体に対し、廃棄物処理施設に適切な用地取得の促進
廃棄物処理施設運営に対する経験の欠如	(高い技術でなく)現地の状況に適した技術導入し、現地スタッフの知識強化による経験強化



#### 4.3 埋立地ガス利用状況

##### 4.3.1 カンペンセン埋立地

バンコク市と固形廃棄物の処理契約をしているナコンパトム県にあるカンペンセン衛生埋立地においてタイ初の LFG 発電に関するパイロットプロジェクトが 1996 年からカセサート大学 EEEEC により実施されている。当初はパイロットプロジェクトとしての性格上、技術面で様々な問題点があったが、昨年政府による資金援助が決まり、現在商用発電に向けてプロジェクトが進んでいる。

##### 4.3.2 ラチャテワの現状

ラチャテワ衛生埋立地は PAIROJSOMPONGPANITCH 社のプライベートの衛生埋立地で、バンコク市(BMA)との契約により廃棄物の受入れを行っている。

この埋立地では、政府他からの資金援助は受けずに独自の資金で、カセサート大学等の技術的なサポートを受けて、LFG 発電に取り組み、昨年 EGAT との売電契約が完了したとの情報である。

#### 4.4 埋立地ガスに関する法規制

タイの LFG に関連した法規およびガイドラインは、1998年 MONRE の PCD 発行の「固形廃棄物管理に関する法規およびガイドライン:REGULATION AND GUIDELINE OF MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT」に示されている。

この法規によると、埋立地はガスのモニタリングシステムおよびコントロールシステムを設置しなければならないとしている。これらの設置目的は爆発・火災及び悪臭防止であり、大気への放出を想定している。従って、現行法規に LFG(又はメタンガス)回収およびフレア処理等に対する要求はない。

## II 埋立地ガス調査

### 第1章 調査計画

#### 1.1 調査目的

平成14年度調査ではLFG発電の事業化の課題として、次に示すLFGに関する項目をあげた。

- ① LFG 発生量算定結果の信頼性
- ② 事業期間が限定的(LFG が利用できるが期間が限定される)
- ③ 地域特性によるゴミ組成の差異

本年度は廃棄物の特性(組成、発生量など)調査や試験井戸を用いた LFG 排出量およびガス組成調査を実施し、LFG 発生量を検証することを目的とする。また、LFG 発電システム及びガス収集システム設計における基礎データ収集及び、運用管理計画作成における施設の管理、運用面での懸案事項の確認も行う。

#### 1.2 調査項目

LFG 調査において実施した調査項目を表 II-1-1に示す。

表 II-1-1 調査項目一覧

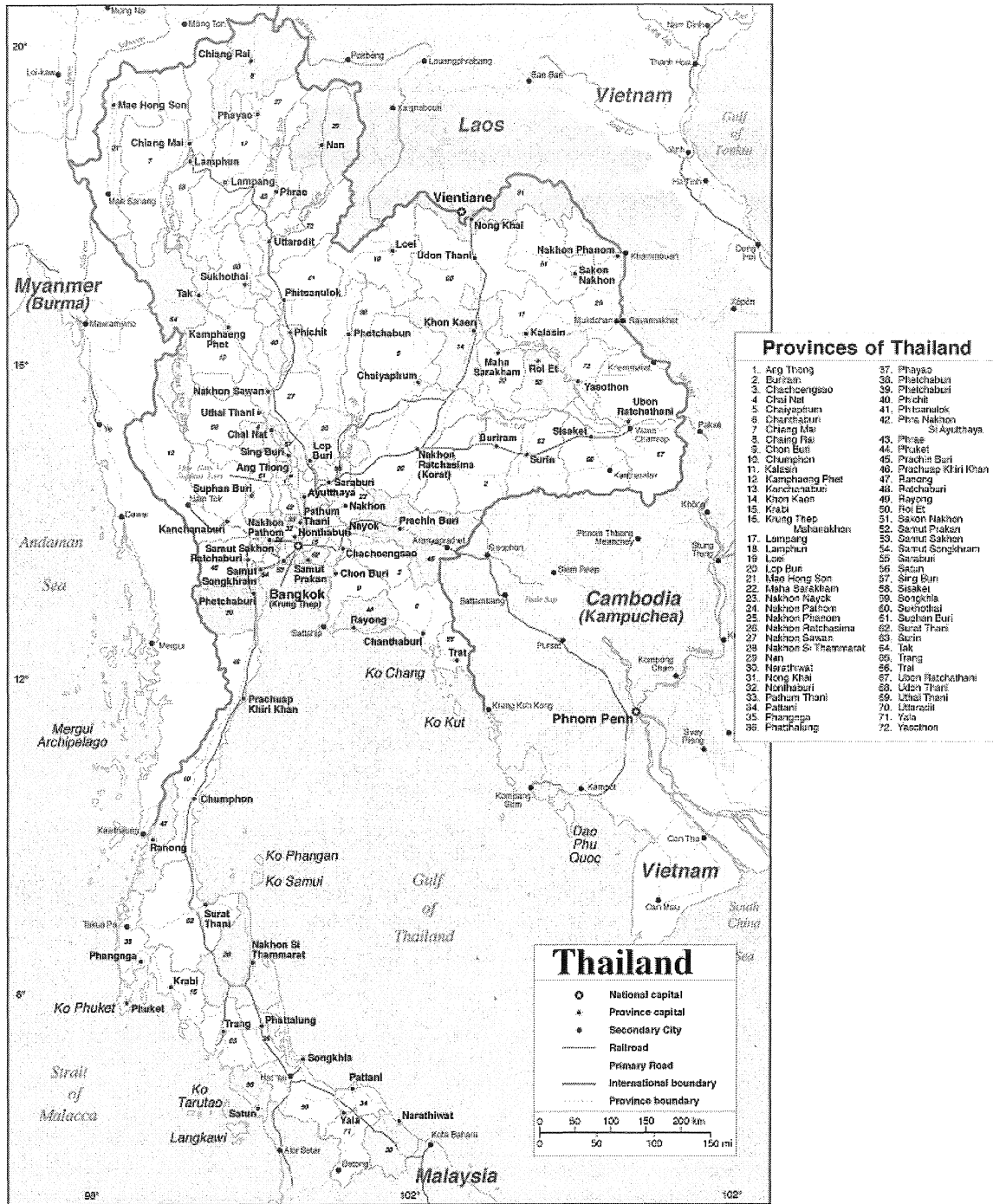
調査項目	調査内容	調査項目	結果の利用
廃棄物成分調査	サンプリング調査	湿潤および乾燥重量	LFG ガス発生量算定検討
		科学的組組成分析	
LFG 実測調査	吸引試験	ガス流速	最適吸引速度の設定
	ガス分析調査	ガス組成	最適発電設備の選定
		ガス温度	
	その他	施工上の課題の抽出・整理	ガスエンジンが要求する LFG 性状の検討 ガス収集システムブロー制御、ガス収集管材質等の検討
LFG 発生量算定			

#### 1.3 調査対象の概要

##### 1.3.1 調査対象の位置

調査対象は平成14年度と同じバンコク北西に位置するノンタブリ県の廃棄物処理センター内の衛生埋立地とした。ノンタブリ県の位置図を図 II-1-1 および図 II-1-2に示す。また、調査対象位置を図 II-1-3 に示す。ノンタブリ県はタイの中部地区に位置し、バンコク市ドムアン地区の他に、パスンタニ県(Phatumthanee Province)、ナコンパトム県(Nakornpathom Province)、アユタヤ県(Ayuttaya Province)に設置している。また、廃棄物処理センターはバンコクより自動車約1時間半の距離に

ある。



©1992 Magellan Geographix<sup>SM</sup> Santa Barbara, CA (800) 929-4627

図 II-1-1 ホンタブリ県位置(タイ全土)

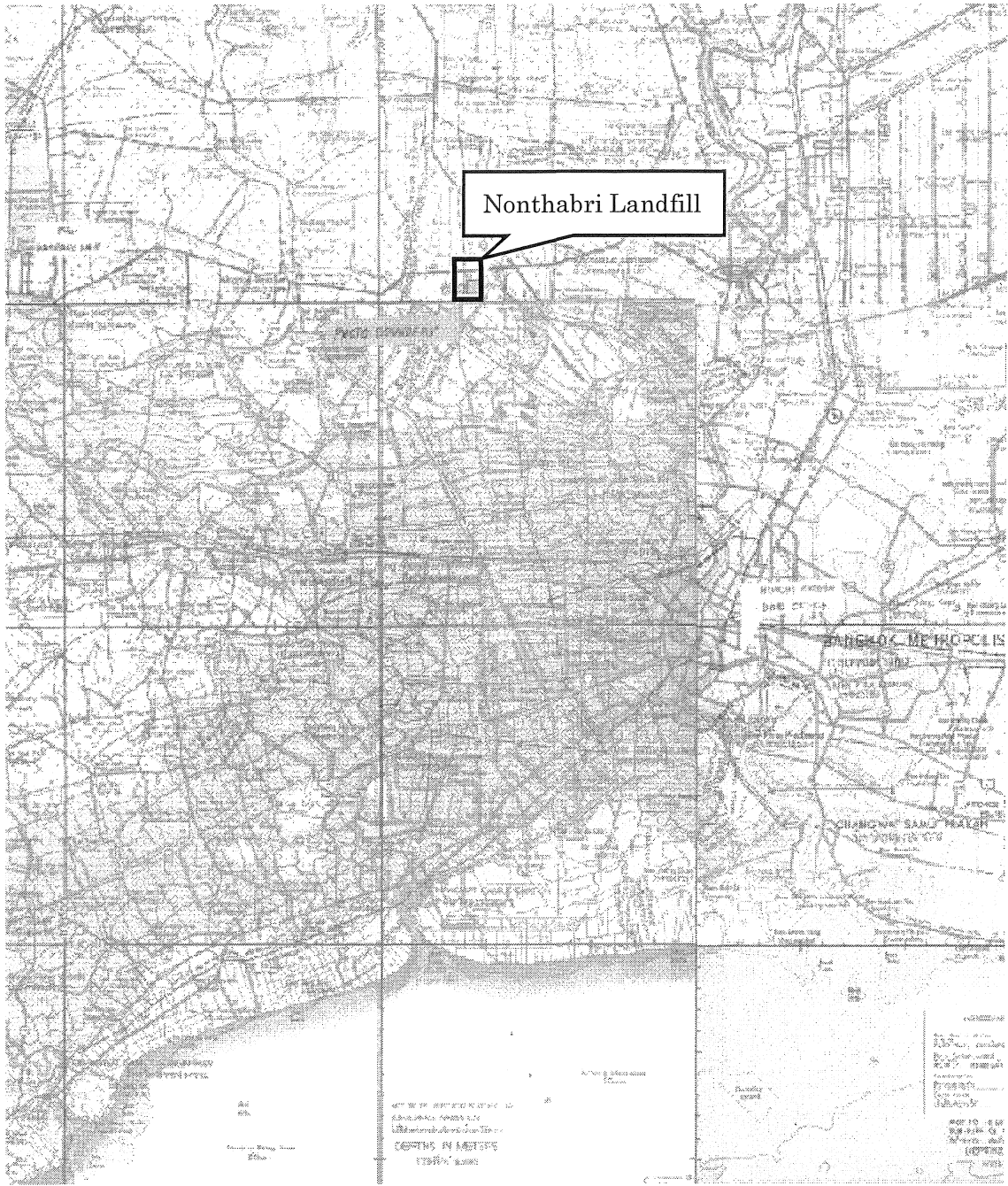


図 II-1-2 ノンタブリ県位置(バンコク周辺)



図 II-1-3 調査対象位置 (ノンタブリ県)

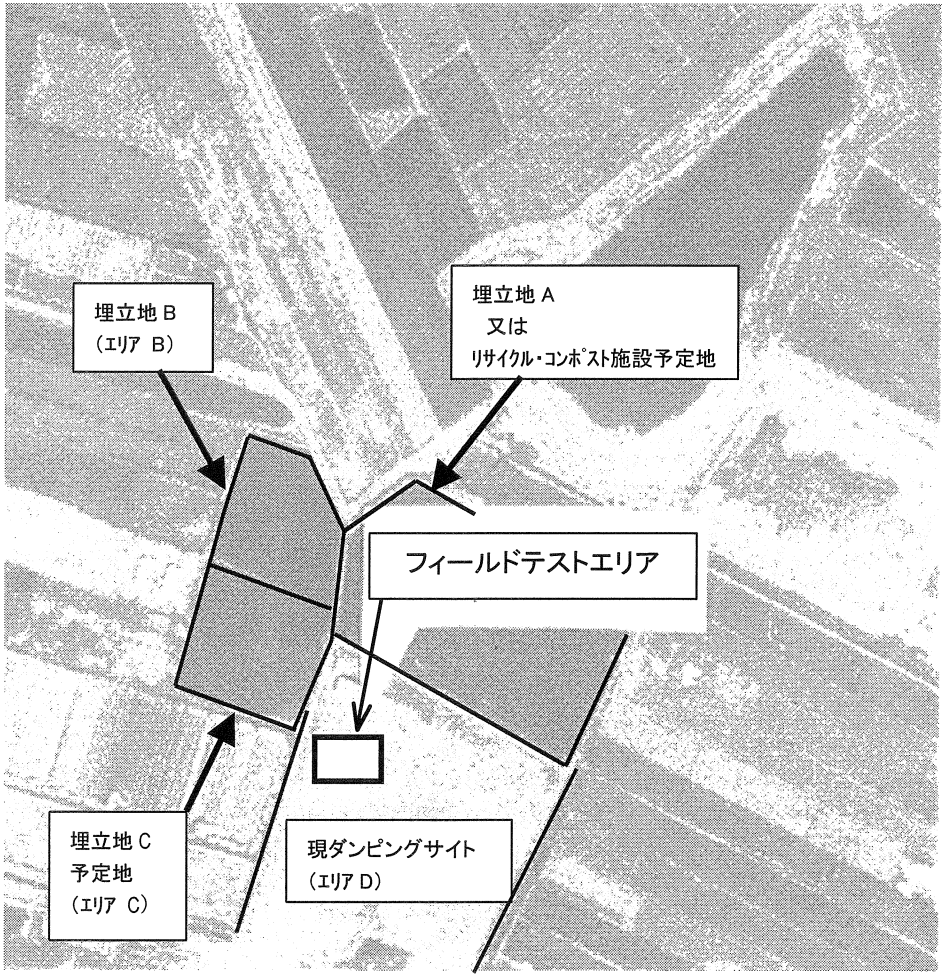


図 II-1-4 調査対象位置 (ノンタブリ県)

### 1. 3. 2 埋立地の現状

現在、廃棄物処理センター内に計画されている3ヶ所の埋立地 (Landfill A、B、C)のうち Landfill Bと Landfill B、C用排水処理設備(Lachate)は既に建設が完了している。2003年6月より廃棄物受入れ予定との情報であったが、2004年4月に延期されている。現在持ち込まれるごみは、オープンダンプングサイトに野積みされている状況である。

#### (1) 所有および運営者

Provincial Administration Organization of Nontaburi (PAON)

#### (2) 立地

Khlong-Khang Tambon, Sai-Noi Amphor, Nontaburi Province (図 II-1-1～3 参照)

#### (3) 廃棄物処理センターの概要

ノンタブリ県は人口増加に伴い、廃棄物処理は重要性が高まっている。また、現在、固形廃棄物は野積となっており、臭い、埃、排水などの環境面においても早急な対処が必要になっている。このような状況を受けて PAON は 2002 年に今後の新たな固形廃棄物処理システムの構築を目標とした検討(Study and Detail Engineering Design of Solid Waste Disposal Center)をカセサート大学 EEEEC (Energy and Environmental Engineering Center)に依頼した。

主な概要を表 II-1-2 に、全体を図 II-1-5、6 示す。

表 II-1-2 廃棄物処理センターの概要

施設概要	計画処理量/日 (計画値)	備考
リサイクル施設 (紙、プラスチック、金属、ガラス)	約 130 ton/日	
コンポスト施設 (バイオガスシステム含む)	約 130 ton/日	
衛生埋立地	約 510 ton/日	現在計画中の埋立地は容量から 15 年間の使用は不可であるが、隣接地の土地を購入して埋立地を拡張する予定
全体処理量 計	800 ton/日	

注) 処理量の増加に対してはリサイクル・コンポスト施設の稼働率を高めることで対応する計画。

なお、H14 年度の報告ではリサイクル及びコンポストを推進する計画となっているが、本年度の調査にて PAON にヒヤリングをした結果、2003 年度にリサイクルおよびコンポスト施設建設の予算申請を行ったが、却下されたことが判った。また、リサイクルおよびコンポスト施設の計画エリアを衛生埋立地として利用する案もあることが判った。ヒヤリング時に入手したリサイクル及びコンポ

ト施設を想定したセンター全体図および同エリアを衛生埋立地に変更したセンター全体図を、図II-1-4 および、図II-1-5に示す。従って、本年度の調査ではコンポスト・リサイクル施設用地を埋立地利用する案も検討する。

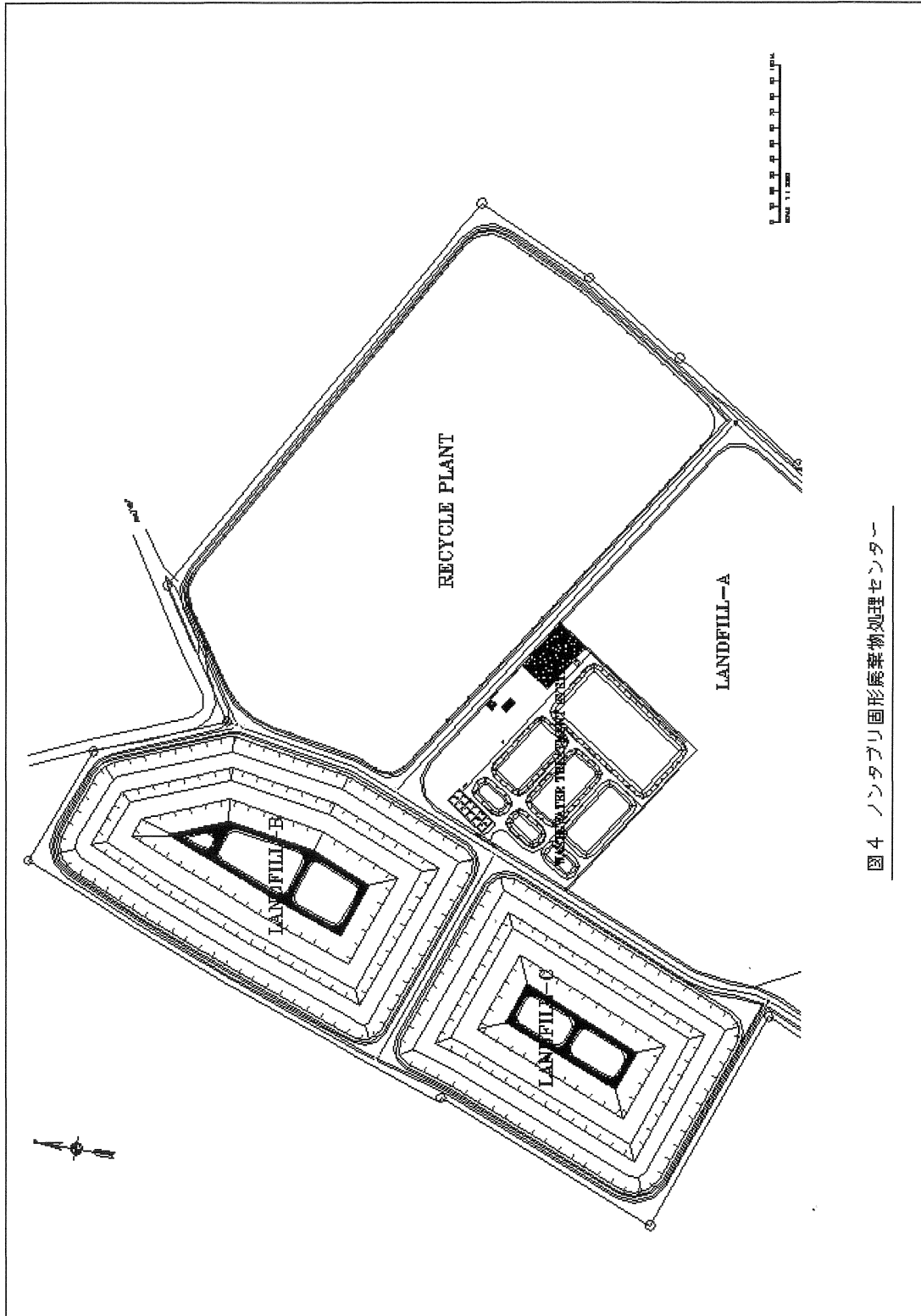


図 4 ノンダブルリ固形廃棄物処理センター

図 II-1-5 廃棄物処理センター全体図(リサイクルプラント計画あり)

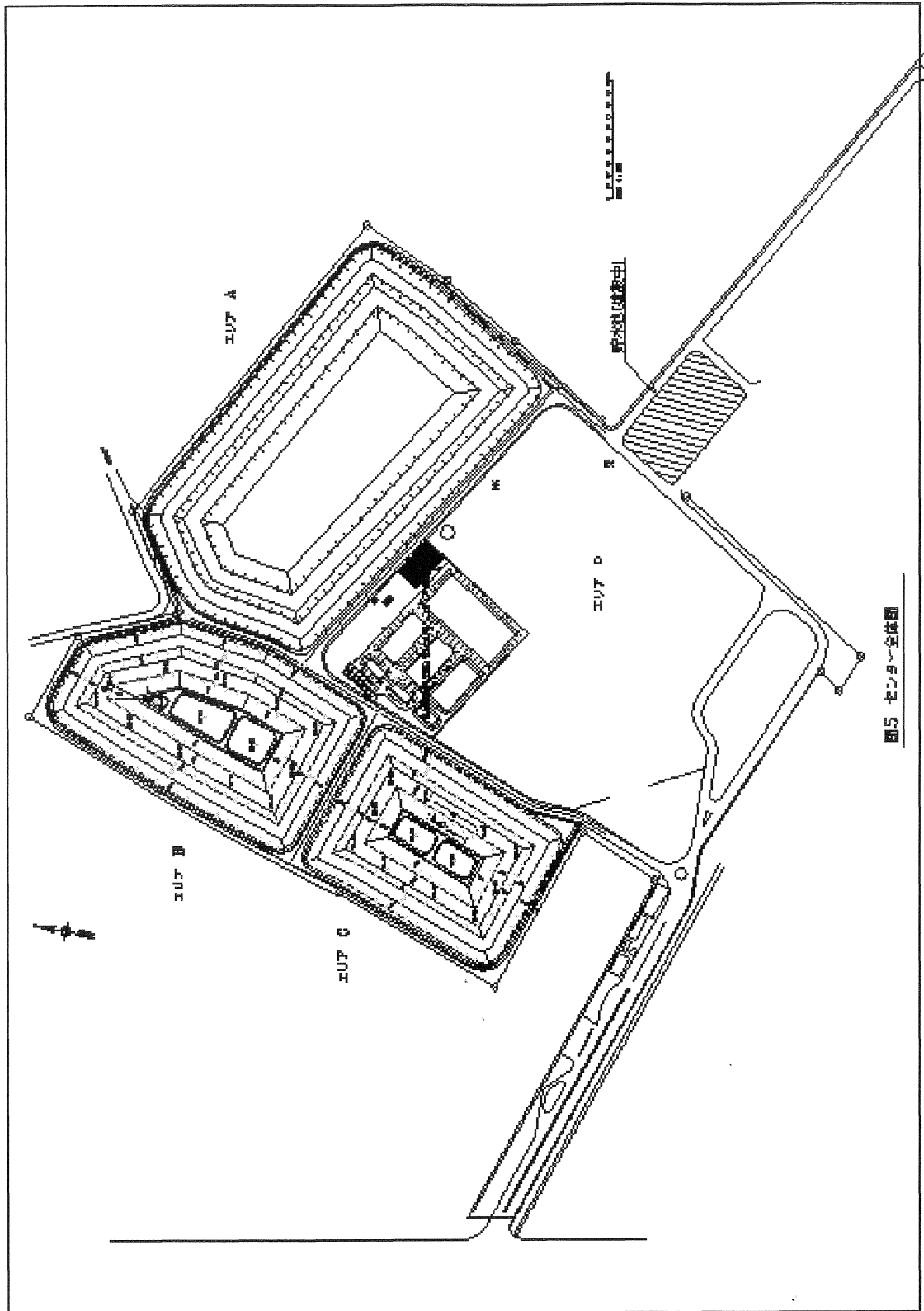


図5 エウツ全体図

図 II-1-6 廃棄物処理センター全体図  
 (リサイクルプラント用地を衛生埋立地として利用する案)



現地の状況を次にまとめる。

① Landfill A

オープンダンピングエリア(エリア D)より発生する浸出水を一時的に蓄えている池。かなりの水を蓄えている。(写真1)

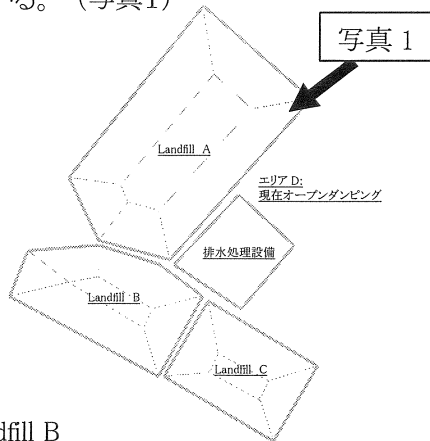


写真 1



② Landfill B

衛生埋立地として建設完了。2004.4 からの受入に備える。(写真2)

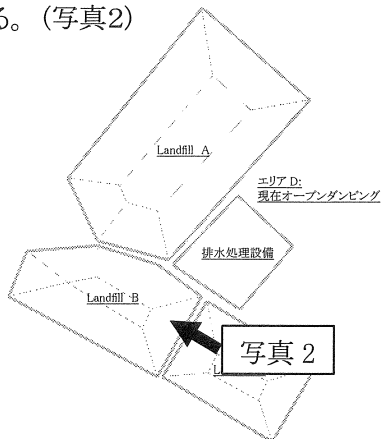


写真 2



③ Landfill C

オープンダンピングエリア(エリア D)より発生する浸出水を一時的に蓄えている池。かなりの水を蓄えている。(写真3)

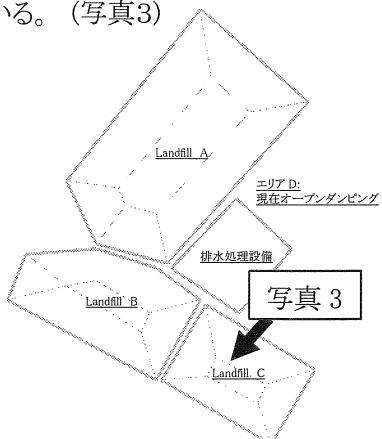
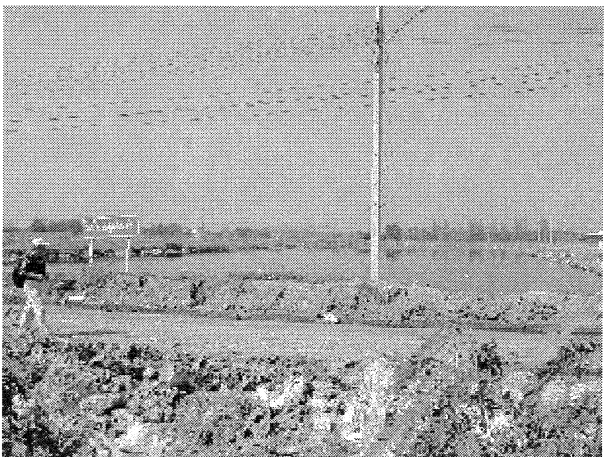


写真 3



④ エリア D

オープンダンピングサイトと(埋立地 B+C 用)排水処理施設。オープンダンピングエリアの 2 ヶ所(図中★の場所)で現在ゴミを受け入れている。(写真4) 排水処理施設には、隣接するダンピングサイトから発生する浸出水が流れ込んでいる。なお、廃水処理施設は未稼動の状態。(写真5)

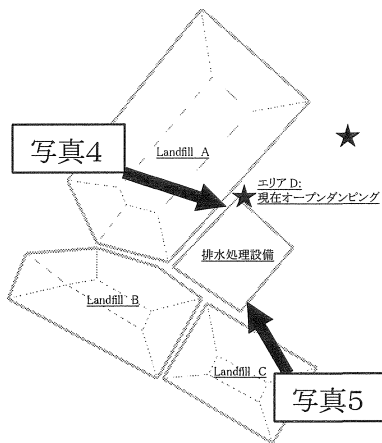


写真4



写真5



### 1.3.3 埋立地の今後

#### (1) 建設スケジュール

1.3.2(3)で述べた通り、廃棄物処理センターにおけるリサイクルおよびコンポスト施設建設予算は確保出来なかった。これら施設の建設コストは衛生埋立地に比べ非常に高額であり、今後予算確保が困難であること、現状のダンプ処理から衛生埋立処理に改善出来れば、廃棄物処理として政府や地域住民の要求を満足できると考えられることから、埋立地利用となる可能性が高い。そこで、想定される埋立計画を表 II-1-3 に、スケジュールを図 II-1-6 に示す。

表 II-1-3 埋立計画

	第一期	第二期	第三期
埋立地	Landfill B	Landfill C	Landfill A
建設期間	完了	2004.11～2005.4	2005.10～2007.1
埋立期間	2004.7～2006.1	2006.1～2007.2	2007.3～2010.5
埋立容量(m <sup>3</sup> )	644,000	457,000	1,200,000

注1) 埋立容量には Daily cover、Intermediate Cover、Top(Final) Cover に使う表土の容量も含む。

なお、野積みのゴミより発生する浸出水は Landfill A および Landfill C 用地、廃水処理施設で受け入れており、この廃水を処理しなければ、Landfill B の埋立および Landfill C の建設が着工出来ない。PAON でヒアリングした結果によると、エリア B の埋立は 2004 年 4 月より開始することになっているが、ごみ発生量予測では放流池の建設と浸出水の移動を勘案し、2004 年 7 月から開始と想定した。

#### (2) 調査対象のごみ受入計画と発生量予測

##### 1) ごみ発生量予測

PAON の受入計画量は、表 II-1-1 の通り廃棄物処理センター全体で 800ton/日で、コンポストやリサイクルの推進により計画量を超えないように考えられている。しかし、(1)で述べたとおり、同センター内でのコンポスト及びリサイクル施設建設の可能性は低く、ごみの受入量を計画値以下に維持することは困難と考えられ、ごみの受入量は増加すると予想される。ごみの発生量は人口や生活水準に依存する。本調査では、ゴミの受入量は人口増加に比例するとして次の通り算定した。

- ・ ごみ発生量の算定
- ・ ごみ密度を考慮してゴミ重量に換算

##### ① ごみ発生量算定

次式により算定する。

$$P_n = P_o \times (1+r)^n$$

P<sub>n</sub>:n年のゴミ量

P<sub>0</sub>:基準年のゴミ量(PAONの計画受入量 800 ton/日本とした)

r:増加率

n:経過年数

ゴミの増加は人口増加に比例する。バンコク周辺部の人口増加率は JBIC (Japan Bank for International Cooperation) の資料に記載されている 0.43%を用いた。算出結果を表 II-1-4に示す。

表 II-1-4 算出結果

		2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
ごみ発生量	ton/日	800	803	807	810	814	817	821	824	828	831
	m <sup>3</sup> /日	941	945	949	953	957	962	966	970	974	978
年間受入量	ton/年	292,000	293,256	294,517	295,783	297,055	298,332	299,615	300,903	302,197	303,497
	m <sup>3</sup> /年	343,529	345,007	346,490	347,980	349,476	350,979	352,488	354,004	355,526	357,055
累計	ton	292,000	585,256	879,772	1,175,555	1,472,610	1,770,942	2,070,557	2,371,461	2,673,658	2,977,155
	m <sup>3</sup>	343,529	688,536	1,035,026	1,383,006	1,732,482	208,342	2,435,950	2,789,954	3,145,480	3,502,535

## ② ごみ密度による重量換算

計画中の埋立地に投入されるごみの量(ton)を想定するため、タイにおけるごみ密度を以下の通り想定した。

- ・ 埋立前のゴミ比重 :159~184kg/m<sup>3</sup>
- ・ 埋立初期のゴミ比重:500~600kg/m<sup>3</sup>
- ・ 埋立後期のゴミ比重:800~900kg/m<sup>3</sup>
- ・ 埋立完了後長期間過ぎたゴミ比重:1000~1500kg/m<sup>3</sup>

本調査では、埋立後期の比重を採用し、その平均値(850kg/m<sup>3</sup>)を採用する。

## 2)埋立地に投入される廃棄物量および埋立スケジュールの設定

ごみの埋立は、3m 毎(グラウンドレベルまでは 4m)に 0.3m の Intermediate cover、最後に Top(Final) cover として土を敷く計画で、全9層、高さ 31.5mである。図 II-1-7 に断面図を示す。従って、埋立地の容量に対する土の量は全体の8.5%となるので、投入出来るゴミの容量は計画値の91.5%となる。

$$\text{土の割合} = \frac{0.3 \text{ m} \times 9 \text{ 層}}{31.5 \text{ m}} = 0.085 \rightarrow 8.5\%$$

これまでの結果を元に、埋立地に投入される廃棄物量および埋立スケジュールを設定する。また、その結果を表 II-1-5 に、スケジュールを図 II-1-7 に示す。

表 II-1-5 埋立地の受入状況

年度	日量 m <sup>3</sup> /d	年間量 m <sup>3</sup> /y	Landfill B		Landfill C		Landfill A	
			589,260m <sup>3</sup>		418,155m <sup>3</sup>		1,098,000m <sup>3</sup>	
			Fill %	Month	Fill %	Month	Fill %	Month
2004	941	343,529	43.7	12				
2005	945	345,007	100.0	11.5	3.2	0.5		
2006	949	346,490			86.1	12		
2007	953	347,980			100	2.0	26.4	10.0
2008	957	349,476					58.2	12
2009	962	350,979					90.2	12
2010	966	352,488					100	3.7
2011	970	354,004	-	-	-	-	-	-
2012	974	355,526	-	-	-	-	-	-

年度	2004年度												2005年度												2006年度												2007年度									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
気候	雨季			寒季			暑季			雨季			寒季			暑季			雨季			寒季			暑季			雨季																		
Landfill B	埋立	→																																												
Landfill C	建設																																													
	埋立																									→																				
Landfill A	建設																																													
	埋立																																					→								

図 II-1-7 埋立地のごみ受入スケジュール

## 第2章 廃棄物組成調査

### 2.1 サンプルング調査

#### (1) 調査概要

LFG 発生量を算定する場合、信頼出来る結果を得るためには、プロジェクトサイトあるいは地域固有の適正なごみ組成・化学的な組成を用いる必要がある。従って、プロジェクトサイトに持ち込まれるごみについてサンプルングを行った。調査要領は次の通り。

- ① 日時 :第1回:平成15年11月12日  
:第2回:平成15年12月22日
- ② 場所 :ノンタブリ廃棄物処理センター (Nonthabri Waste Center)
- ③ 対象 :ノンタブリ廃棄物処理センター (Nonthabri Waste Center) に持込まれる都市ごみ  
収集地域 ・Nonthaburi (ノンタブリ)  
・Bangkruay (バンクロイ)  
・Pakkret (パクレット)
- ④ サンプルング方法  
:タイ国標準方法に準拠(4分法)
- ⑤ 分析内容 :ごみ組成分析(湿り重量%、乾き重量%)、化学的組成分析(可燃分、灰分、水分)

#### (2) 調査結果

##### ① 廃棄物組成分析結果

表 II-2-1 に調査結果、V 資料 に実施状況を示す。結果は、タイで公表されている廃棄物組成および PCD, MONRE が実施した廃棄物組成調査の結果(※1)、と比較するとプラスチック類が、約 23%~38% (タイの平均=17%) と非常に高い割合を占めている。また、その他の組成についても大きなばらつきが確認できる。

(※1) PCD では本年度タイ国全土のごみ組成調査を乾季(6月~9月)及び雨季(9月~10月)に実施した。表 II-2-2 及び表 II-2-3 は、その結果の内、ノンタブリを含むバンコク周辺地域(22地区)を抜粋したものである。

表 II-2-1 調査結果

		第一回(雨期)				第二回(寒期)			
	単位	Nonthabri	Pakkret	Bangkroy	平均	Nonthabri	Pakkret	Bangkroy	平均
廃棄物組成(湿り重量%)									
紙	%	8.39	23.24	4.73	12.12	6.93	8.41	15.78	10.37
食物	%	28.47	28.79	9.32	22.19	32.63	33.65	17.08	27.79
布	%	1.34	3.97	0.97	2.09	1.3	5.26	-	3.28
植物	%	28.86	11.91	30.6	23.8	22.84	3.58	23.56	16.7
プラスチック	%	23.21	27.6	24.2	25.0	32.63	35.75	37.70	35.4
ゴム	%	-	-	-	-	-	-	-	-
革	%	-	-	-	-	-	-	-	-
鉄	%	0.8	4.49	7.37	4.22	0.82	2.31	-	1.57
非鉄	%	-	-	-	-	-	-	-	-
ガラス	%	5.36	-	15.16	10.26	2.85	9.25	-	6.05
砂利、陶器	%	3.57	-	4.31	3.94	-	1.79	4.12	2.96
その他	%	-	-	3.34	3.34	-	-	1.76	1.76
合計		100	100	100		100	100	100	
廃棄物組成(乾き重量%)									
紙	%	7.27	20.53	4.74	10.85	7.90	7.53	17.49	10.97
食物	%	26.74	25.86	2.48	18.36	22.87	17.2	14.3	18.12
布	%	1.01	3.42	0.45	1.63	2.49	7.1	-	4.80
植物	%	25.19	10.27	24.38	19.9	14.97	4.09	14.03	11.0
プラスチック	%	23.43	32.7	22.8	26.3	42.83	37.63	44.09	41.5
ゴム	%	-	-	-	-	-	-	-	-
革	%	-	-	-	-	-	-	-	-
鉄	%	1.62	7.22	10.61	6.48	1.87	4.3	-	3.09
非鉄	%	-	-	-	-	-	-	-	-
ガラス	%	7.47	-	23.93	15.70	7.07	18.71	-	12.89
砂利、陶器	%	7.27	-	5.64	6.46	-	3.44	6.4	4.92
その他	%	-	-	4.97	4.97	-	-	3.69	3.69
合計		100	100	100		100	100	100	
三成分									
水分	%	55.8	47.78	38.39	47.32	39.23	48.90	47.82	45.32
灰分	%	5.84	18.31	27.35	17.17	15.62	13.83	14.96	14.80
可燃分	%	94.16	81.69	72.65	82.83	84.38	86.17	85.04	85.20

表 II-2-2 ノンタブリ周辺地域のゴミ組成データ (雨季)

	Nakonprathane		Samutsakone		Supaburi		Chainat	Nonthaburi		Samut-prakane	Pathumhani	Ayutthaya	Angthong	Siugburi	Saroburi		Ratchaburi		Samut-songkhram	Petchiburi		平均
	1	2	1	2	1	2		1	2						1	2	1	2		1	2	
紙	8.75	4.39	3.93	10.41	14.31	6.37	14.51	5.21	3.36	6.31	2.57	9.84	5.5	4.88	6.58	6.81	4.41	9.05	6.7	14.89	10.1	7.57
食物	70.01	64.76	63.27	58.84	44.18	64.32	49.49	62.77	61.85	67.16	63.36	67.99	72	70.78	64.6	62.52	66.58	56.78	61.84	58.2	59.79	62.43
布	1.2	1.18	0.31	2.08	3.16	2.05	2.78	2.06	1.15	1.36	2.32	1.37	0.75	1.22	2.12	0.57	1.27	0.43	0.24	0	3.55	1.48
植物	0.1	0.18	0.51	0	0.5	0.59	0.53	0.41	0.25	0.6	0.89	0.76	0.86	0.98	0	0.04	1.5	0	0.59	0.41	0.32	0.48
プラスチック	13.46	19.32	24.26	19.74	26.14	16.82	21.13	19.97	26.32	20.46	24.25	15.75	13.31	16.28	21.87	24.89	16.58	24.67	21.96	16.73	19.64	20.17
ゴム	0.39	0.03	0	1.36	1.04	0.88	0	0.45	0.06	0.75	0.39	0.03	0.05	0.12	0	0.45	0.09	0	0.01	0.37	0.91	0.35
革	0	0.13	0	0	0	0	0	0	0.11	0.02	0	0	0.12	0	0.17	0	0	0	0	0	0	0.03
金属	0.53	0.28	0.67	0.69	3.83	0.59	0.81	0.65	0.65	0.75	0.96	0.94	0.61	0.29	0.47	0.29	0.89	0.97	1.86	0.37	0.8	0.85
非金属	0.59	0.36	1.04	0.35	0.65	0.52	0.86	0.52	0.49	1.09	0.6	0.8	1.08	0.5	0.55	1.07	0.38	1.14	0.64	0.73	0.8	0.70
ガラス	2.39	3.47	2.05	2.08	1.37	1.76	3.38	1.39	0.5	0.69	1.09	1.22	1.75	1.02	0.1	0	2.44	1.38	1.98	3.08	0.69	1.61
砂利、陶器																						
その他	2.58	5.9	3.96	4.45	4.82	6.1	6.51	6.57	5.26	0.81	3.57	1.3	3.97	3.93	3.54	3.36	5.86	5.58	4.18	5.22	3.4	4.33
合計	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

表 II-2-3 ノンタブリ周辺地域のゴミ組成データ (寒季)

	Nakonprathane		Samutsakone		Supaburi		Chainat	Nonthaburi		Samut-prakane	Pathumhani	Ayutthaya	Angthong	Siugburi	Saroburi		Ratchaburi		Samut-songkhram	Petchiburi		平均
	1	2	1	2	1	2		1	2						1	2	1	2				
紙	4.64	3.16	4.61	4.24	22.88	8.64	10.58	4.86	3.19	3.07	6.46	6.24	2.35	2.75	5.43	4.98	7.57	10.81	8.92	5.35	5.62	6.49
食物	76.9	67.8	67.45	62.2	45.32	69.76	55.66	63.55	67.8	74.43	68.98	73.65	79.09	77.52	68.8	68.29	70.47	52.99	57.4	59.6	63.8	66.26
布	0.91	0.57	6.25	3.28	5.75	0.78	0.87	2.07	0.57	1.67	2.72	0.62	0.36	0.18	1.15	1.05	0.53	4.14	3.39	2.02	2.12	1.95
植物	1.82	0	0.36	0	0.13	0.3	2.15	0.84	0	0.45	0	0.73	0.71	1.36	0.27	0.56	4.2	0.26	11.42	17.37	12.81	2.65
プラスチック	13.65	13.92	14.47	16.21	17.05	14.26	22.51	14.44	13.91	13.75	11.72	9.7	11.29	13.45	18.81	20.21	12.01	19.95	11.29	9.6	8.36	14.31
ゴム	0	0.71	0.35	0	1.08	0.05	0.96	0.32	0.7	0.04	0.36	0.26	0.17	0.11	0.33	0	0.02	0.05	0.77	0.83	0.22	0.35
革	0	0	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.16	0.33	0.08	0	0	0	0	0.03
金属	0.91	0.4	0.3	1.31	1.03	0.28	0.78	1.12	0.4	0.08	0.31	0.74	1.15	0.37	0.54	0.42	0.68	0.17	1.11	0.34	0.51	0.62
非金属	0.06	0.58	0.8	1.18	0.44	0.94	1.14	0.48	0.58	0.08	2.63	0.53	0.26	0.09	1.19	1.23	0.34	3.3	0.5	0.64	0.9	0.85
ガラス	0.46	4.2	0.67	3.14	1.82	0.63	2.29	10.21	4.19	4.35	5.53	6.89	1.35	0.57	0.55	0.75	3.86	3.93	2.03	0.89	1.56	2.85
砂利、陶器																						
その他	0.65	8.66	4.66	8.44	4.5	4.36	3.06	2.11	8.66	2.08	1.29	0.64	3.27	3.6	2.77	2.18	0.24	4.4	3.17	3.36	4.1	3.63
合計	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	



## 2.2 ごみ組成の変化予測

### ① 季節変動の影響

表 II-2-2、3 のデータに示す通り、雨期及び寒気の廃棄物組成に大きな相違は見られない。また、LFG 発生に大きく寄与する食物の比率(湿重量比で)も寒期で 66%、雨期で 62%である。従って、LFG 発生量算定時に廃棄物組成に関する季節変動は考慮しないこととする。

### ② 経年変化の影響

一般のごみ組成は、生活水準に影響を受け、変動する。本調査では、詳細に掴めなかったが、タイの経済状況がここ数年で安定した感があることやノンタブリ県の様なバンコク周辺地域は主だった変化(経済、生活面)はないと想定した。

従って、本調査における LFG 発生量算定においては、経年変化は考慮しないこととする。

## 2.3 廃棄物組成

サンプリング調査の結果および、PCD で実施したごみ組成調査結果を元に、LFG 発生量の算定に使用する廃棄物組成について検討を行った。結果、サンプリング調査によって得られた組成は、2.1.(2).① で示した通り、プラスチック含有率が特異的に高い比率であること、その他組成についてもばらつきが見られることから、PCD で実施したごみ組成調査結果(表 II-2-2、3)の平均を LFG 発生量の算定用の組成として仮定した。表 II-2-4 に仮定した廃棄物組成を示す。

表 II-2-4 本調査で用いる廃棄物組成

項目	湿り重量 %
紙	7.03
食物	64.35
布	1.72
植物	1.57
プラスチック	17.24
ゴム	0.35
革	0.03
鉄	0.73
非鉄	0.78
ガラス	2.23
砂利、陶器	0.00
その他	3.97
合計	100.00

### 第3章 LFG 発生量・ガス組成調査(フィールドテスト)

#### 3.1 フィールドテスト概要

廃棄物処理センター内のダンピングサイト(エリア D)にある野積みの廃棄物を対象として、LFG 発電システム及びガス回収システム設計における基礎データ収集のためフィールドテストを実施した。また、フィールドテストを通して、実際の LFG 発電施設の管理、運用面での懸案事項等の確認及び抽出も併せて行った。

##### 3.1.1 試験目的

###### (1) LFG 発電システム及びガス回収システム設計用基礎データの入手

- ①最適吸引流量 :回収配管設計用
- ②ガス温度 :井戸設計用、前処理システム設計用
- ③ガス組成 :井戸設計用、前処理システム設計用

###### (2) 施設の管理、運用面での懸案事項の確認

LFG 発電施設の実施の際、他者による配管やその他計器類の破損や盗難及び風雨など自然条件を考慮しておく必要があるため、施設の管理、運用面での懸案事項を確認する。

##### 3.1.2 調査場所及び期間

- (1) 調査場所 廃棄物処理センター内のダンピングサイト(エリア D)
- (2) 調査期間 平成16年1月4日 ~ 平成16年 2月 29日  
(調整期間 平成15年12月24日 ~ 1月3日)

##### 3.1.3 調査項目及び調査方法

###### (1) 最大吸引量の算定

###### ① 調整時

STEP-0:

収集管施工後、長期間(4日)放置し埋立地内の状態を安定化させる。LFG 収集管内の静圧、温度、濃度を計測する。

STEP-1:

LFG 収集管の全てのバルブを全開し、ブローを運転開始。

埋立地内部の状態が安定する(約3日)までその状態で連続運転。

STEP-2:

連続運転後、各種項目を計測。

収集ガス中の O<sub>2</sub> 濃度が安定的に 1%を越えていないことを確認。  
 酸素濃度が 1%を越えないように、吸引量を(吸引圧)を上げ、連続運転。

STEP-3:

STEP-1と STEP-2を繰り返し、吸引最大点を探る。

## ② 試験時

①に示した運転条件にて、数日間(3~4 日)運転後、計測項目を計測する。安定的なガス収集が出来る事を確認。

(2) ガス温度 (温度センサー :ガス収集配管内に設置)

(3) ガス組成 (ガス分析装置 :ガス収集配管内に連続式ガス分析装置を設置)

### 3.1.4 調査条件及び調査システム

#### (1) 調査条件

調査条件を表 II-3-1 に示す。

表 II-3-1 調査条件

条件項目		条件概要	備考
ごみ組成		組成調査結果参照	
埋立てごみ量		54,000 m <sup>3</sup>	地表面からのごみ量の想定値
ごみ年齢		0 ~ 7 年	
表土 (ポリエチレンシートで代用)		材質: PE 厚さ: 1mm	
LFG 収集管	開口率		
	口径		
	埋設深さ	5m	
	埋設パターン	水平	
その他			

#### (2) システムフローおよび調査設備

##### ① システムフロー

図 II-3-1 にフィールドテスト用のシステムフローを示す。

埋立地に埋設した収集管の両端より、埋立地内で発生したガスをブローで引き出す。引き出したガスはフレアスタックへ送り出し、燃焼する。本試験で使用する機器仕様は下記に示す。

##### ② 機器・設備概要

A 吸引ファン :ルーツ型(150m<sup>3</sup>/h)、1kW

- B LFG 収集管 :6 インチと 4 インチの二重管(傾斜:3 度、長さ:50m)
  - C フローメーター :ベーン型の流速計 (ヘッダーにある計測口に取付)
  - D 温度計 :測温抵抗体
  - E ガス分析計 :GEM500(計測項目:CH4、CO2、O2)
- 流速計の位置に簡易的に取付ける。

図 II-3-2 に収集管敷設図、写真 7~9 に建設写真を示す。

90m×60mの範囲の試験領域を重機でならした後、全長 50m の収集管を 3 本埋めている。収集管は 6 インチの塩ビ管(PVC)の内側に 4 インチの PVC を入れ込んだ形の二重管である。収集管と収集管の間隔は 30m、深さ 5m に埋めている。収集管は 3 度の傾斜がついている。収集管の回りに石を敷き詰めている。ガス採取管は収集管の端部付近より上方に突き出し、ガスを採集するようにした。収集管の下部にドレン排出用の配管を設置している。ドレン管からガスが漏れないように蓋をして浸出水で満たされるようにしており、蓋の隙間からドレンが排出するようになっている。試験領域は PE(厚さ 1mm)で覆い、衛生埋立地に近い状態になるようにした。

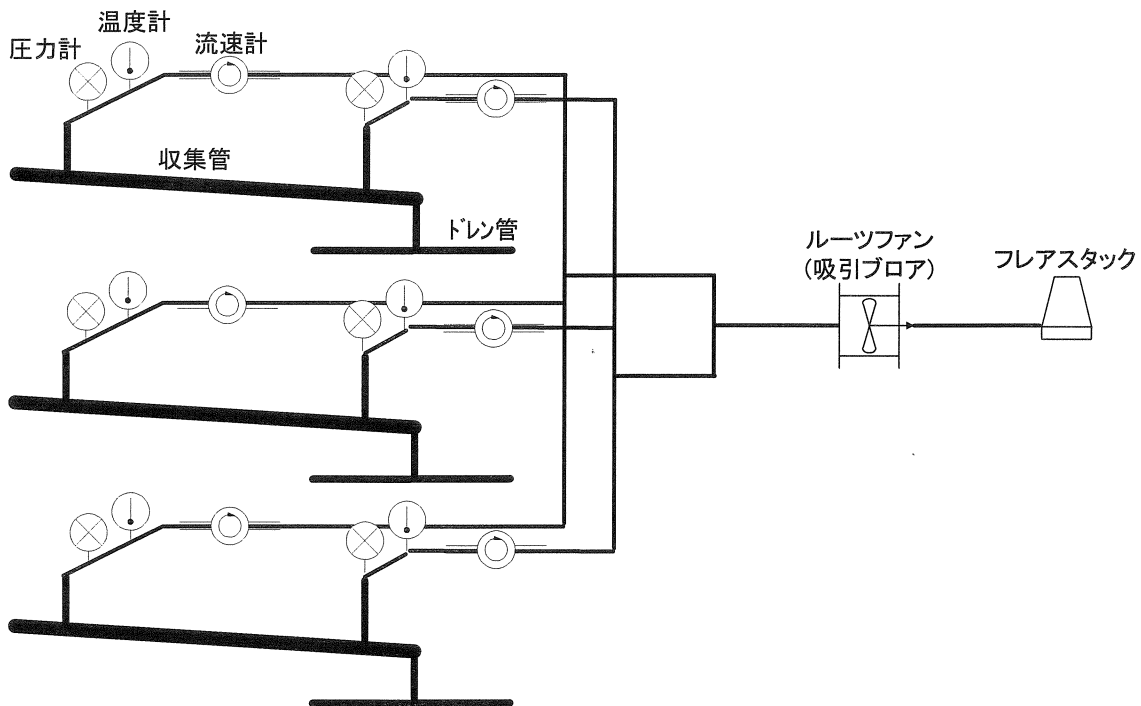


図 II-3-1 システムフロー(フィールドテスト用)



(写真7) 収集管用の溝

- ・溝の底には石を敷き詰めている。
- ・挿入前の収集管がある。

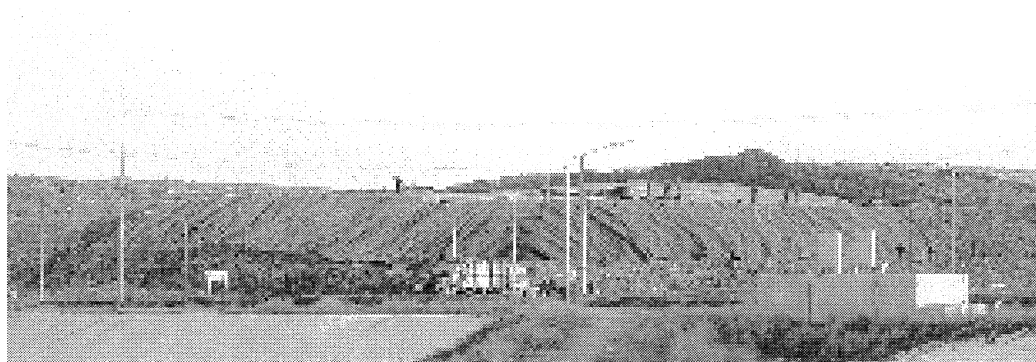


(写真8) 収集管挿入後

- ・上部につきだしているのが採取管。



(写真9) フィールドテスト地域全景



### 3.2 調整期間における計測結果

#### 3.2.1 ガス量および酸素濃度

表 II-3-2～4 に調整期間における酸素濃度並びにガス温度、ガス量を示す。酸素濃度 1%を越えない程度で、吸引出来る最大流量は 180m<sup>3</sup>/h であった。なお、3A で2回目の計測時に酸素濃度が 1%を越え、3 回目にガス温度が 55℃を越えた。現地のオペレーションを担当したカセサート大学によると、ガス温度が 55℃以上を超えると引火の危険性があるとのことで、バルブを閉鎖した。3A の状態を注意しながら試験を行なうこととする。

表 II-3-2 酸素濃度 (%)

項目	チューニング		
	1回目	2回目	3回目
日付	2003.12.27	2003.12.30	2004.1.3
1A	0.30	0.70	0.30
2A	0.50	0.20	0.30
3A	0.70	1.30	-
1B	0.40	0.40	0.30
2B	0.30	0.30	0.30
3B	0.40	0.90	1.00
積算平均	0.5	0.5	0.4

表 II-3-3 ガス温度 (°C)

項目	チューニング		
	1回目	2回目	3回目
日付	2003.12.27	2003.12.30	2004.1.3
1A	-	53.3	53.3
2A	50.0	50.0	47.8
3A	61.1	46.7	56.7
1B	-	43.3	45.6
2B	-	52.2	45.6
3B	51.7	53.3	53.3

表 II-3-4 ガス流量 (m<sup>3</sup>/h)

項目	チューニング		
	1回目	2回目	3回目
日付	2003.12.27	2003.12.30	2004.1.3
1A	7.42	36.26	34.61
2A	13.18	28.84	43.67
3A	20.60	0.00	-
1B	5.77	28.02	37.90
2B	11.54	32.14	38.73
3B	17.30	24.72	25.54
合計	75.81	149.97	180.46

### 3.2.2 最適吸引流量

安定的に吸引するにはブロアの効率も考慮し、最大流量時の 80～85%が最適である。(タイ国での他事例も同じ) 従って、運転条件は 2 回目の計測時の条件とし、連続運転する。  
( $149.97 \div 180.48 = 83.1\%$ )

### 3.3 連続運転による計測結果

#### 3.3.1 LFG 発電システム及びガス回収システム設計用基礎データ

連続運転試験は、3A の温度変化に注意して行なった。表 II-3-5 に試験結果、表 II-3-6 に温度結果を示す。

- (1) 平均最適吸引流量 : 144.82 m<sup>3</sup>/h
- (2) 平均ガス温度 : 51.2
- (3) 平均ガス組成 : CH<sub>4</sub> = 55 %, CO<sub>2</sub> = 30.1 %, O<sub>2</sub> = 0.3 %

なお、このフィールドテストの結果を元に LFG 回収および発電システムの設計条件を整理した。検討結果は第 5 章に示す。

表 II-3-5 試験結果

項目	1回目	2回目	3回目	4回目	平均
	2004.1.5	2004.1.8	2004.1.12	2004.1.14	
ガス量(m <sup>3</sup> /h)	155.74	146.67	131.84	145.02	144.82
CH <sub>4</sub> 濃度(%)	48.0	55.6	57.2	59.1	55.0
CO <sub>2</sub> 濃度(%)	25.6	37.4	28.1	29.2	30.1
O <sub>2</sub> 濃度(%)	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3

表 II-3-6 温度結果

項目	連続運転試験				平均
	1回目	2回目	3回目	4回目	
	2004.1.5	2004.1.8	2004.1.12	2004.1.14	
1A	53.3	53.9	53.3	53.3	53.5
2A	47.8	47.8	46.7	46.7	47.3
3A	33.3	57.2	-	-	45.3
1B	53.9	53.9	53.3	53.3	53.6
2B	52.8	52.2	51.1	52.2	52.1
3B	53.3	53.3	51.7	52.2	52.6
平均	49.1	53.1	51.2	51.5	51.2

2 回目に 3A 付近で 55℃を超えたので全閉し、試験した。3A を除いた温度分布の傾向は各計測とも同じ傾向で、回を追う毎に、徐々に低下している。図 II-3-3 にガス量の時間傾向を示す。



これより、ガス量は時間がたつに連れて減少傾向を示しているが、メタン量は同じ量を推移している。メタン量に変化せず、LFG 量が減少していくことは、単体量あたりの熱量が増加する傾向にあり、良質なガスを採取することが期待出来る。

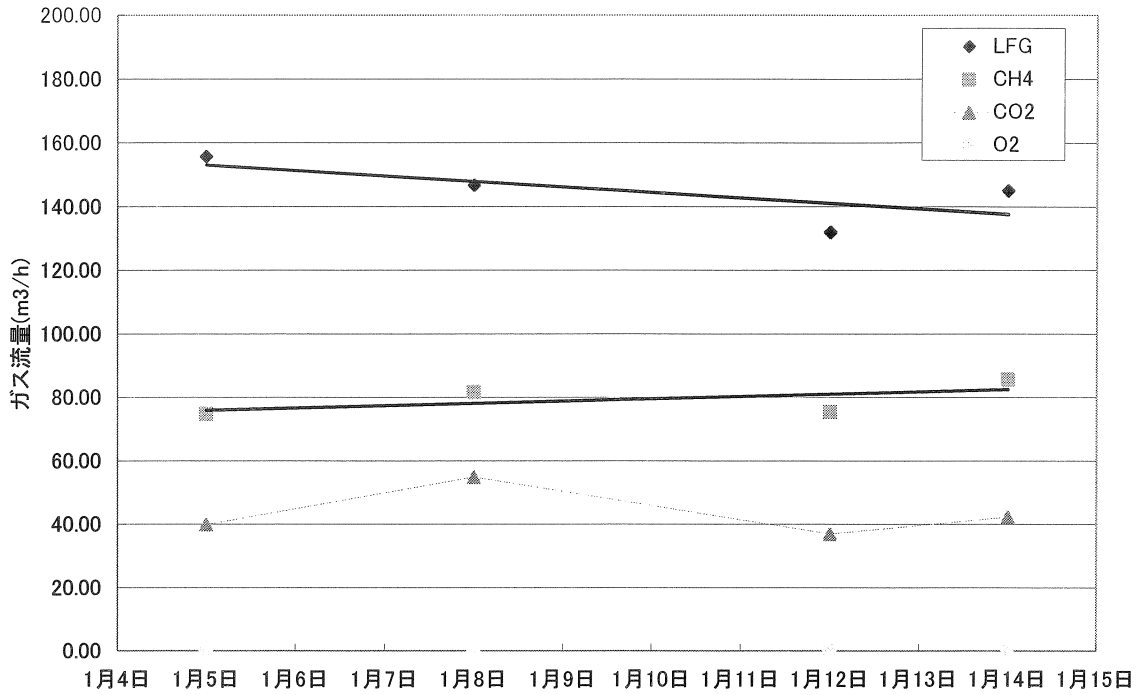


図 II-3-3 ガス発生量の時間的傾向

ガス収集開始から 2～3 ヶ月を過ぎた頃にはガス収集量は半減するとされており、本調査結果と摺り合わせると、ガス発生量は 77～90m³/h に落ち着くものと推定される。

### 3.3.2 施設の管理、運用面での懸案事項の確認

フィールドテスト実施時の状況を踏まえ、第 5 章に施設の管理、運用面での懸案事項をまとめた。

## 第4章 LFG 発生量の算定

### 4.1 LFG 発生量算定方法

LFG 発生量の算定は First Order Decay (FOD)法による。IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) が国別温室効果ガス発生量を報告するために提案されている手法の一つで、これまで CDM 委員会にて承認された多くのプロジェクトでこの手法が採用されている。

算定式は以下の通りである。

#### (1) 埋立期間中適用式

##### ① x 年に埋め立てたゴミから発生するメタン量

$$Q_{(t,xi)} = k \times R_x \times L_o \times \exp(-k \times (T-x))$$

##### ② t 年において埋立力発生するメタン総量

$$Q_{(t)} = \sum \{Q_{(t,xi)}\}$$

$Q_{(t)}$ : x 年に埋め立てたゴミから t 年に発生するメタン量

k : メタン生成定数

$L_o$  : メタン発生潜在量

$R_x$  : x 年に埋め立てたゴミ

x : 埋立年

t : 当該年

#### (2) 埋立終了後適用式

$$Q = L_o \times R \times \{ \exp(-k \times c) - \exp(-k \times t) \}$$

Q: 当該年に発生するメタン量

$L_o$ : 障害におけるメタン発生量

R: 年間に埋め立てた平均ゴミ量

k: メタン発生定数

c: 埋立地を閉鎖してからの年数

t: 埋立地を開始してからの年数

本調査では、埋立が完了していないため、(1)を採用する。

kや $L_o$ は IPCC で推奨するのデフォルト値があるが、精度の高い結果を得る為には調査対象埋立地固有のパラメータを選定する必要がある。本調査では $L_o$ を導くため、埋立地に投入されるゴミの組成やガス組成を調査した。

## 4.2 LFG 発生量算定

### 4.2.1 L<sub>0</sub> 値の検討

メタン発生ポテンシャル(L<sub>0</sub> 値)を求めるためには埋立地に投入されるゴミの成分とゴミの湿度を考慮する必要がある。L<sub>0</sub> 値の算定は、IPCC ガイドラインに従い、次式を用いた。

$$L_0 \text{ Value} = [\text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOC}_F \times F \times 16/12] (\text{Gg CH}_4 / \text{Gg waste})$$

L<sub>0</sub> : Methane Generated Potential メタン生成容量(Gg CH<sub>4</sub> / Gg waste)

MCF : Methane Correction Factor メタン補正係数

DOC : Degradable Organic Carbon 分解性有機炭素(Gg C / Gg MSW)

DOC<sub>F</sub> : Fraction DOC dissimilated 不同 DOC 係数

F : Fraction by volume of CH<sub>4</sub> in landfill gas 埋立地ガス中のメタン体積分率

#### (1) MCF

メタン補正係数(MCF)は埋立地の管理状況や、埋立地の深さに影響を受ける。表 II-4-1 に IPCC の指針を示す。ノントブリ衛生埋立地は埋立前のため、評価が出来ないが、管理型が適用されるとし、1.0 を採用する。

表 II-4-1 衛生埋立地の MCF

埋立地の形式	メタン補正係数
管理型	1.0
非管理型(深さ 5m 以上)	0.8
非管理型(深さ 5m 未満)	0.4
衛生埋立地でないもの	0.6

#### (2) DOC

分解性有機炭素(DOC)はゴミ組成に依存しており埋立地に投入される様々なゴミの平均炭素量から算出できるが、ここでは IPCC のガイドラインによる次式で求める。

$$\text{DOC} = (0.4 \times A) + (0.17 \times B) + (0.15 \times C) + (0.3 \times D)$$

A : 成分比 (紙と布)

B : 成分比 (講演や庭のゴミ、食物以外の腐敗しやすい有機分)

C : 成分比 (食物)

D : 成分比 (木やわら)

算定結果は表 II-4-2 に示すとおり、DOC=0.136 と計算できる。

表 II-4-2 成分別 DOC 換算表

項目	重量費 (%)	係数	重量費×係数
紙	7.03	0.4	2.81
食物	64.55	0.15	9.68
布	1.72	0.4	0.69
植物	1.57	0.3	0.47
プラスチック	17.24	—	
ゴム	0.35	—	
革	0.03	—	
鉄	0.73	—	
非鉄	0.78	—	
ガラス	2.23	—	
砂利、陶器	0.00	—	
その他	3.97	—	
合計	100.00	—	13.62

(3)  $DOC_F$

不同  $DOC$  係数( $DOC_F$ )はゴミに含まれる有機物中で炭素に分解するのが非常に遅いものを考慮する係数である。この値はガス温度に依存するため、次式より算出が可能である。

$$DOC_F = 0.014 \times T + 0.28$$

T: ガス温度

フィールド試験結果(チューニング; 3回目)よりガス温度は平均 50℃なので、0.98 となるが、調査期間が短いため、IPCC のデフォルト値(0.5)とする。ただし、埋立地からのメタン発生量に大きく影響する項目であることから、今後のフィールドテストの結果および他の埋立地のケースを参考に継続して検討することとする。

(4) F

一般的に LFG のガス成分はほとんどがメタンと  $CO_2$  である。メタン体積分率(F)は一般的に 0.5 を用いる(IPCC のデフォルト値となっている)。ゴミ組成における様々な要因(例えば炭水化物やセルローズ)により、変動幅は 0.4~0.6 である。

LFG 発生量・ガス組成調査の結果ではメタン濃度は 58%であったが、調査期間が短いため、IPCC のデフォルト値(0.5)を用いる。

#### (5) $L_0$ 値の算定

$$\begin{aligned} L_0 &= [MCF \times DOC \times DOC_p \times F \times 16/12] \\ &= 1.0 \times 0.136 \times 0.5 \times 0.5 \times 16/12 = 0.0456 \text{ (Gg CH}_4 \text{ / Gg Waste)} \\ &= 70.78 \text{ (m}^3 \text{ CH}_4 \text{ / Mg Waste)} \end{aligned}$$

また本プロジェクトでは、廃棄物中の水分による影響を考慮して、上記で求めた  $L_0$  を含水率補正 ( $N = L_0 \times (100 - M) / (100 - 25)$ )  $M$ : 廃棄物の含水率 = 48% を使用し、 $L_0$  として  $49.1 \text{ (m}^3 \text{ CH}_4 \text{ / Mg Waste)}$  を採用した。

#### 4.2.2 $k$ 値の検討

平均メタン発生比 ( $K$ ) は FOD 法の時間要因である。ゴミの腐食(分解)速度に依存し、次式に示す通り、半減期が因子である。

$$\begin{aligned} k \text{ Value} &= \ln(2) / t_{1/2} \\ t_{1/2} &\text{ ガス発生量半減期の時間 (year)} \end{aligned}$$

分解速度は周囲条件に依存するため、 $t_{1/2}$  は地域的特性を考慮する必要がある。タイ国において行なわれた実績では、 $t_{1/2}$  は、4.6 年であった。従って、 $K$  は 0.15 とする。

#### 4.2.3 LFG 回収可能量の検討

埋立地内で発生する LFG を収集管で全て捕集するのは物理的に難しい。従って、次項に示す項目について検討する。

##### (1) 収集管の回収効率 (WCE)

埋立地を構成する固体物 (ゴミ、土)、水分はガスを通し難く圧損となる。従って、埋設された収集管回りで発生しているガスを回収する阻害要件となっている。また、吸引しすぎる事は、LFG のガス濃度の安定性 (濃淡など) を欠くことになり、安定的に利用出来ないことや埋立地内が負圧になるため、管理上好ましくない。

各層毎の埋立中は表土がないため、LFG が逃げやすい。従って、埋立中と完了後では条件が変わる。これらを考慮した経験値を次に示す。

- ・ 埋立途中 : 50%
- ・ 埋立完了 : 70%

##### (2) 収集システムの捕集範囲 (LSC)

本調査で採用する水平型収集配管システムは埋立地の上方部をカバーした配置であるが、埋立地全体で発生するガスを完全には捕集することは難しい。また、埋立層の間には土が敷かれているため、上下間のガス移動が難しい。収集管を埋立地のゴミの各層に均等に設置する事が出来れば、ほぼ 100% 捕集が可能であるが、経済的でない。従って、これらを考慮した経験

値を次に示す。

- ・ 埋立途中 : 50%
- ・ 埋立完了 : 70%

LFG の回収可能量は WCE に LSC を乗じたものとする。これより、埋立後は  $70\% \times 70\% = 49\%$  とする。

米国 EPA (Environmental Protection Agency) の基準では、近代的な衛生理立地の回収効率は 60~85% に対して低い値であるが、本調査対象であるノタブリ衛生理立地は現状が野積み状態であり、管理水準が低い。また、OEPP のマニュアルに示されている水準に遵守するには、急激な水準向上が要求される。従って、達成が難しいと判断され、有効性のある値と想定される。

#### 4. 2. 4 その他考慮すべき項目

その他考慮すべき項目をまとめる。これら、課題を考慮して発生量算定において  $\pm 25\%$  の変動を考える。

##### (1) 季節間変動

他の事例では、雨期と乾期の差が 15% (平均に対して  $\pm 7.5\%$  程度) 変動し、乾期が低い。主な原因は表土のひび割れによるガス漏れである。乾期に表土が過度に乾燥することにより、ひび割れが深いものとなり、埋立地内部にまで亀裂が届く。それにより、内部で発生した LFG が、亀裂より逃げるためである。従って、表土の管理は重要である。

##### (2) 埋立ておよび埋立後の管理

管理された埋立が要求される。特に dairy cover soil の施工は LFG の発生に大きく寄与する。OEPP のマニュアルには埋立方法が示されている。また、OEPP のマニュアルには管理基準が示されている。将来、十分な管理がなされるかが重要である。

##### (3) 浸出水の影響

他の埋立地では、埋立地内がほぼ水浸しの状態である。当該埋立地も同様な傾向を示す可能性は高い。しかし、ガス発生には影響はない。

空気と触れる可能性が低いと、嫌気性発酵が維持されやすいことと、必要十分な水が得られること、埋立地の下部で発生した LFG はラチェットを通じて上部に移動し、埋立地の上部の収集管により補修出来るからである。現在、埋立前のため、埋立地の建設(埋立)計画にラチェットが含まれていることを確認することが重要である。

#### 4. 2. 5 LFG 発生量算定

採用した LFG 発生量算定式の入力パラメータを表 II-4-3、算定結果を表 II-4-4 および図 II-4-2、3 に示す。

表 II-4-3 入力パラメータ

入力項目	入力値		
	エリア B	エリア C	エリア A
埋立開始年	2004 年	2005 年	2007 年
埋立終了年	2005 年	2007 年	2010 年
埋立地の容量	500,871ton	355,433ton	933,300ton
平均メタン発生比(K 値)	0.15		
メタン発生ポテンシャル(L <sub>0</sub> 値)	49.1		
LFG 中のメタン濃度	0.5		

なお、各年の埋立量は表 5 を参照する。

表 II-4-4 埋立地（各エリア）から発生する LFG 量

year	Methan emission rate(FOD Calculation)			LFG emission rate			LFG emission rate		LFG Collection Rate		Remarks
	Site B	Site C	Site A	Site B	Site C	Site A	Case-1 Site B+C	Case-2 Site B+C+A	Case-1 B+C	Case-2 A+B+C	
	k=0.15 L <sub>0</sub> =49.1			CH4=50.0%						Tolerance=-25% Collection rate=49%	
(m <sup>3</sup> /yr)			(Cubic m/yr)			× 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		× 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>			
2004											
2005	1.61E+06			3.23E+06							
2006	3.46E+06	8.39E+04		6.93E+06	1.68E+05		6.93	6.93	2.55	2.55	Landfill-B start
2007	2.98E+06	2.24E+06		5.96E+06	4.48E+06		10.44	10.44	3.84	3.84	Landfill-C start
2008	2.57E+06	1.93E+06	1.81E+06	5.13E+06	3.86E+06	3.63E+06	8.99	8.99	3.30	3.30	
2009	2.21E+06	1.66E+06	3.75E+06	4.42E+06	3.32E+06	7.50E+06	7.74	15.23	2.84	4.25	Landfill-A start
2010	1.90E+06	1.43E+06	5.42E+06	3.80E+06	2.86E+06	1.08E+07	6.66	17.51	2.45	6.26	
2011	1.64E+06	1.23E+06	4.67E+06	3.27E+06	2.46E+06	9.34E+06	5.73	15.07	2.11	5.54	
2012	1.41E+06	1.06E+06	4.02E+06	2.82E+06	2.12E+06	8.04E+06	4.93	12.97	1.81	4.77	
2013	1.21E+06	9.11E+05	3.46E+06	2.42E+06	1.82E+06	6.92E+06	4.25	11.16	1.56	4.10	
2014	1.04E+06	7.84E+05	2.98E+06	2.09E+06	1.57E+06	5.95E+06	3.65	9.61	1.34	3.53	
2015	8.98E+05	6.75E+05	2.56E+06	1.80E+06	1.35E+06	5.12E+06	3.15	8.27	1.16	3.04	
2016	7.73E+05	5.81E+05	2.21E+06	1.55E+06	1.16E+06	4.41E+06	2.71	7.12	1.00	2.62	
2017	6.65E+05	5.00E+05	1.90E+06	1.33E+06	1.00E+06	3.80E+06	2.33	6.13	0.86	2.25	
2018	5.73E+05	4.30E+05	1.63E+06	1.15E+06	8.61E+05	3.27E+06	2.01	5.27	0.74	1.94	
2019	4.93E+05	3.71E+05	1.41E+06	9.86E+05	7.41E+05	2.81E+06	1.73	4.54	0.63	1.67	
2020	4.24E+05	3.19E+05	1.21E+06	8.48E+05	6.38E+05	2.42E+06	1.49	3.91	0.55	1.44	
2021	3.65E+05	2.75E+05	1.04E+06	7.30E+05	5.49E+05	2.08E+06	1.28	3.36	0.47	1.24	
2022	3.14E+05	2.36E+05	8.97E+05	6.28E+05	4.72E+05	1.79E+06	1.10	2.89	0.40	1.06	

LFG emission rate=Methan emission rate(FOD Calculation) × CH4 density

LFG Collection Rate =LFG emission rate × Collection rate/100 × (100-tolerance)/100



図 II-4-2 埋立地から発生するガス量 (ケース 1)

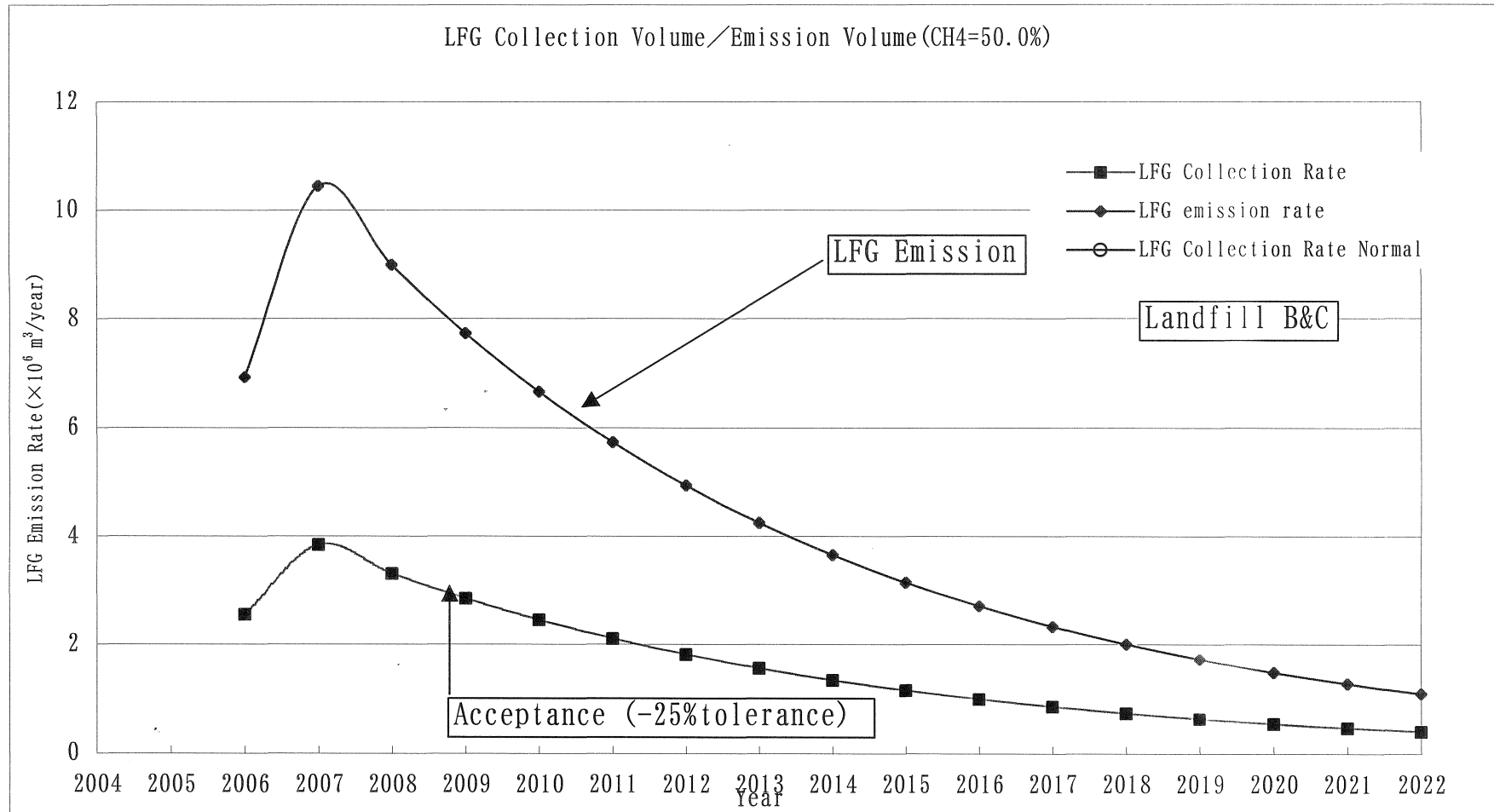
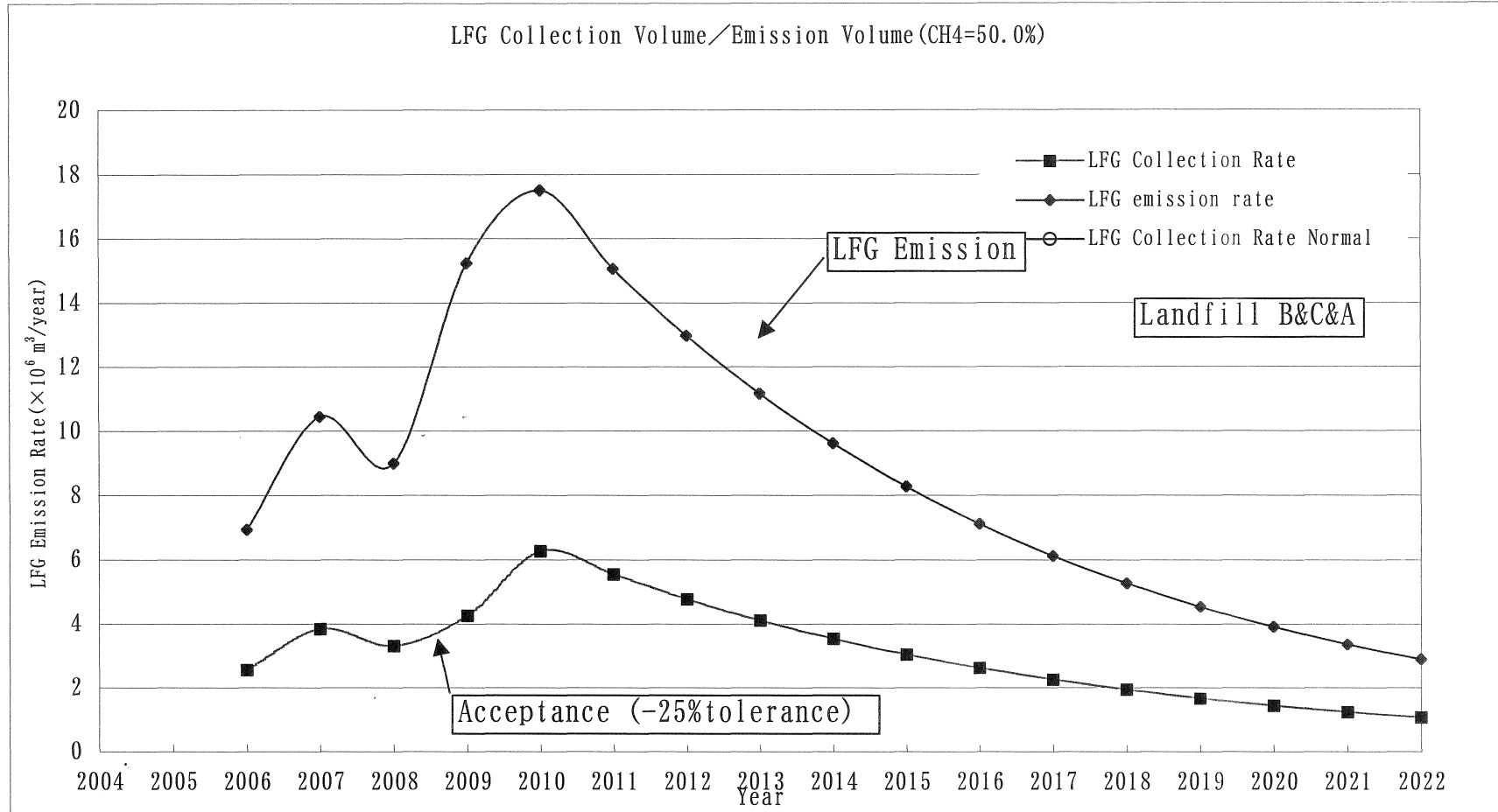


図 II-4-3 埋立地から発生するガス量(ケース2)



## 第5章 考察

### 5.1 LFG の収集

収集管の設置を検討する上で、どれくらいの管が必要であるかを検討しなくてはならない。その為の検討を行なう。

#### (1) 必要配管量

必要配管量は収集した LFG 量を収集管の総延長で除したガス収集量率を用いて算定する。ガス収集量率 (Gas Flow Rate) は、一定長さの収集管がガスを収集する量のことを示す。算出方法は次式による。

$$R = W \div L$$

R : ガス収集量率 (m<sup>3</sup>/h・m)

W : 収集ガス量 (m<sup>3</sup>/h)

L : 収集管の総全長 (m)

フィールドテストで用いた二重管タイプ(6 インチと 4 インチ)での単位長さあたりのガス収集量は次の通りである。

#### ① 最大流量時

$$180.46(\text{m}^3/\text{h}) \div 150(\text{m}) = 1.20(\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m})$$

#### ② 連続試験時(4 回計測分)

$$144.82(\text{m}^3/\text{h}) \div 150(\text{m}) = 0.97(\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m})$$

タイ国の他のサイトでの実績値は次の通り、

- ・ ガス収集期間が若い(0~2 年) : 0.8~1.0(m<sup>3</sup>/h・m)
- ・ ガス収集期間が長い(3~5 年) : 0.5~0.6(m<sup>3</sup>/h・m)

本調査では LFG を採取し始めたところであること、連続的に吸引出来るレベルにしていることより、連続試験時のデータは他のサイトと遜色のない結果であると推定する。

このタイプの収集管を使うことを前提に、各サイトでの必要収集管総全長を検討する。表 II-5-1 に検討結果を示す。

表 II-5-1 想定される必要収集管長さ

	Landfill A	Landfill C	Landfill A
最大収集量(m <sup>3</sup> /h)	387	251	589
発生年	2006 年	2007 年	2010 年
LFG 収集率(m <sup>3</sup> /h・m)	1.2	1.2	1.2
必要収集管全長(m)	323	209	491

## (2) 収集管と収集管の間隔

収集管から離れば離れる程、収集されるガス量は減る。従って、適正な間隔で埋設する必要がある。タイ国での実績によると、収集管から半径 30mが有効吸引距離としている。また、タイ国の他のサイトでは間隔を 50mとしている。これは離れたところでの吸引力の低さを5m分をオーバーラップさせることでカバーする考えである。

本調査では、実績も考慮し十分なオーバーラップを考慮して、30～50mの範囲で検討する。

## (3) 収集管の材質

タイ国の他の埋立地では、埋立地内部が水で満たされた状態となっている。これより、耐水性が求められる。また、ゴミの融解分が水の pH を変化させるために耐食性に優れていることが求められる。収集管に用いられる材質としては鋼管や塩ビ (PVC) が考えられるが、上記のことを考慮すると SUS もしくは塩ビとなる。コスト (二重管タイプ) を考慮して、塩ビを使うこととする。

## 5.2 収集システム、施設の保護およびセキュリティ

事業することを想定した場合、何らかの障害で、収集システムや施設に影響を受けることがある。

### (1) 重機による影響

埋立途上もしくは埋立後に収集管を埋設する場合、建設機械が収集配管の上方を動く。それによって、収集管が変形および破損する可能性がある。従って、埋立および収集管理設後に十分なロードローダーによる転圧作業を行なうことが必要である。

### (2) 天候による影響

乾期には Top soil cover に乾燥によるひび割れが促進するため、LFG が逃げやすくなる。従って、十分な管理が必要である。一方、雨期には、雨がしみこむことにより、埋立地内の浸出水が増えるため、嫌気性発酵の条件がよくなることも考えられるが、廃水処理を考えると雨水の浸入は防ぐ必要がある。

### (3) 施設のセキュリティ

収集配管はほとんどを地中に埋めることで問題はない。ただし、施設までの配管や施設の盗難に対しては注意が必要である。

本調査では、スカベンジャーを雇い、24 時間見張りをさせた。彼らは非常に安い賃金で雇うことが出来るのと、埋立地内のスカベンジャー達との調整ができるため、効率のよい対策が打てることと、現金収入が得られるなど生活改善が図れる。

### (4) その他

収集管より発生する廃水を廃水処理施設へ送り処理するのが一般的であるが、タイ国の埋立地の特徴として、水が満たされた状態であることと、ガス発生に水が寄与していることを考慮し、発生した廃水を埋立地に戻すシステムとする。

### III CDM プロジェクトの検討

#### 第1章 プロジェクト概要

##### 1.1 プロジェクト概要

本プロジェクトは、(仮称)ノンタブリ廃棄物処分場の衛生埋立地において発生するLFGを回収し、発電およびフレアによりLFGを燃焼させるプロジェクトである。プロジェクトのブロックフローを図III-1-1に示す。

本プロジェクトでは、埋立地より発生するLFG(主成分:メタン)を回収しLFGを発電設備及びフレアによって燃焼させることによりGHGの削減を行うと共に、発電した電力の売電により、既存の化石燃料起源の電力を代替することによるGHG削減が期待される。

今回検討したプロジェクトの概要を表III-1-1に示す。また、検討内容は、表III-1-2に示す2つのケースについて検討を行った。ケース1はH14年度調査と同じ、埋立地BおよびCを対象としたプロジェクトであり、ケース2は、プロジェクトの事業性を向上させるため、埋立地B、Cに加え、埋立地Aを加えたプロジェクトである。そしてさらに、それぞれのケースにおいて使用する発電機は、リビルト品(中古品)を導入した場合のケースについて検討を行った。

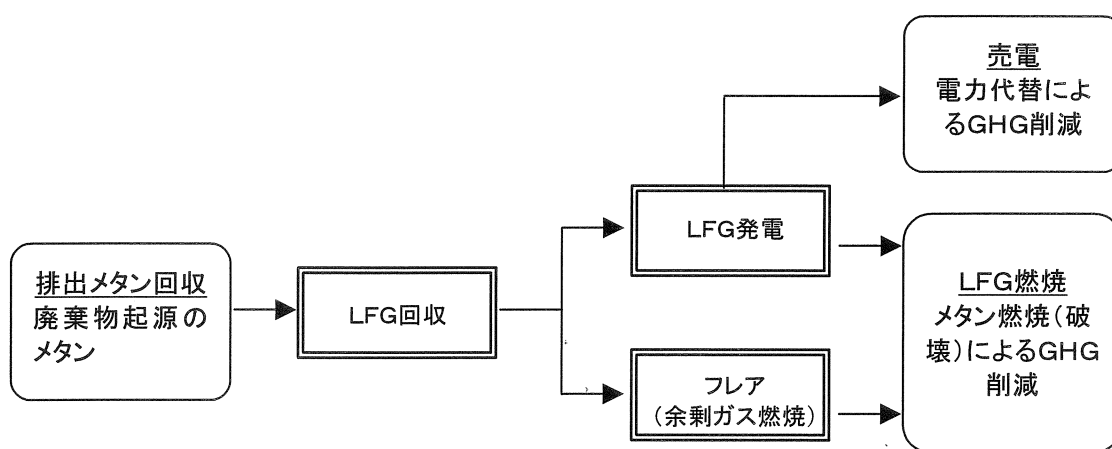


図 III-1-1 プロジェクトブロックフロー

表 III-1-1 検討プロジェクト概要

項目	内容
プロジェクト名称	(仮称)ノンタブリLFG発電プロジェクト
プロジェクト参加者	未定
プロジェクト地域	タイ国 ノンタブリ県
プロジェクト期間	10年間 (2007～2016)

表 III-1-2 検討ケース

計 画	ケース1	ケース2
対象サイト	埋立地 B&C <sup>(注1)</sup>	埋立地 B&C&A <sup>(注1)</sup>
発電容量	300 kW (300kW×1台)	600kW (300kW×2台)

注 1) 埋立地の概要は表 II-1-3 参照

## 1.2 LFG 発電システム

### 1.2.1 システム概要

LFG 発電システムは、LFG を回収し、前処理(精製)する LFG 回収設備、LFG を燃料として使用し、発電をおこなう LFG 発電設備、発電した電気をグリッドに供給する電力供給設備、余剰ガスを燃焼させる余剰ガス燃焼設備により構成される。各設備は、II 埋立地ガス調査結果で算定した LFG の発生量を基に計画した。各設備の概要を以下に説明する。

#### (1) LFG 回収設備および余剰ガス燃焼設備

LFG 回収および余剰ガス燃焼設備のシステムフローを図 III-1-2、平面図を図 III-1-3、断面図を図 III-1-4 そして、設備仕様を表 III-1-5 及び表 III-1-6 に示す。

##### 1) LFG 回収井戸

回収井戸は、埋立地中の水位が高いというタイの埋立地の特徴および、タイの他の埋立地における実績を考慮して、水平式井戸を採用する。今回採用した LFG 回収井戸の概要を表 III-1-3 に示す。

表 III-1-3 今回採用した LFG 回収井戸の概要

特徴	概要
浸出水対策	回収井戸は傾斜を持たせ、井戸に侵入した浸出水が排水出来るように考慮されており、埋立地内の水の影響を極力受けないように設計されている。なお、浸出水排出配管の排出側端部は U 字配管とし、エアーの吸い込みを防止する。ガス収集管の構造を図 III-1-4 及び図 III-1-5 に示す。
二層式井戸	水平井戸方式は、カンペンセン、ラチャテワ衛生埋立地において採用実績があるが、いずれも、最上部の覆土(トップソイル)の下部に水平井戸を設置する方式(1段のみ)である。この方式では、浸出水の影響が少ないという利点がある一方、埋め立てが完了するまで LFG 回収ができない。本プロジェクトでは LFG 回収量を上げるため、2段設置方式とし、Ground level (GL)+5.5m、GL+12m にガス収集管を埋設する。
井戸の設置間隔	ガス収集管の設置間隔は約 30m とする。

2) LFG 回収、前処理(精製)設備および余剰ガス燃焼装置(フレア)

回収したLFGは、発電機等の設備の腐食、閉塞などの障害を防止するため、前処理(精製)する必要がある。前処理設備は、先ずLFG中の凝縮水の除去するミストセパレーター、そして、LFG に混入している有害な硫化物を除去する脱硫装置、微粒子を除去するフィルタ装置で構成される。そして、余剰ガス燃焼装置は、ガスエンジンがメンテナンスで停止している場合や、ガスエンジン消費量以上のガス発生がある場合、余剰 LFG を燃焼させる装置である。なお、各装置の容量は、LFG回収可能量に基づいて計画している。表III-1-4 にLFG回収、前処理設備および機能を示す。

表 III-1-4 LFG 回収設備、前処理(精製)設備

LFG回収、前処理設備	機能
ミストセパレータ	LFG中に含まれる水分を除去する装置
脱硫装置	LFG中に含まれる腐食性のあるH <sub>2</sub> Sの除去する装置
ガス回収ブロワ	埋立地からLFGを回収する装置
ガスフィルタ(エンジン入口側)	LFG中に含まれるパーティクルの除去する装置
ガス供給ユニット	前処理(精製)の済みのLFGを発電機に供給する装置
フレア	発電機がメンテナンスで停止している場合や、発電機が消費する以上にガス発生がある場合に余剰 LFG を燃焼させる装置





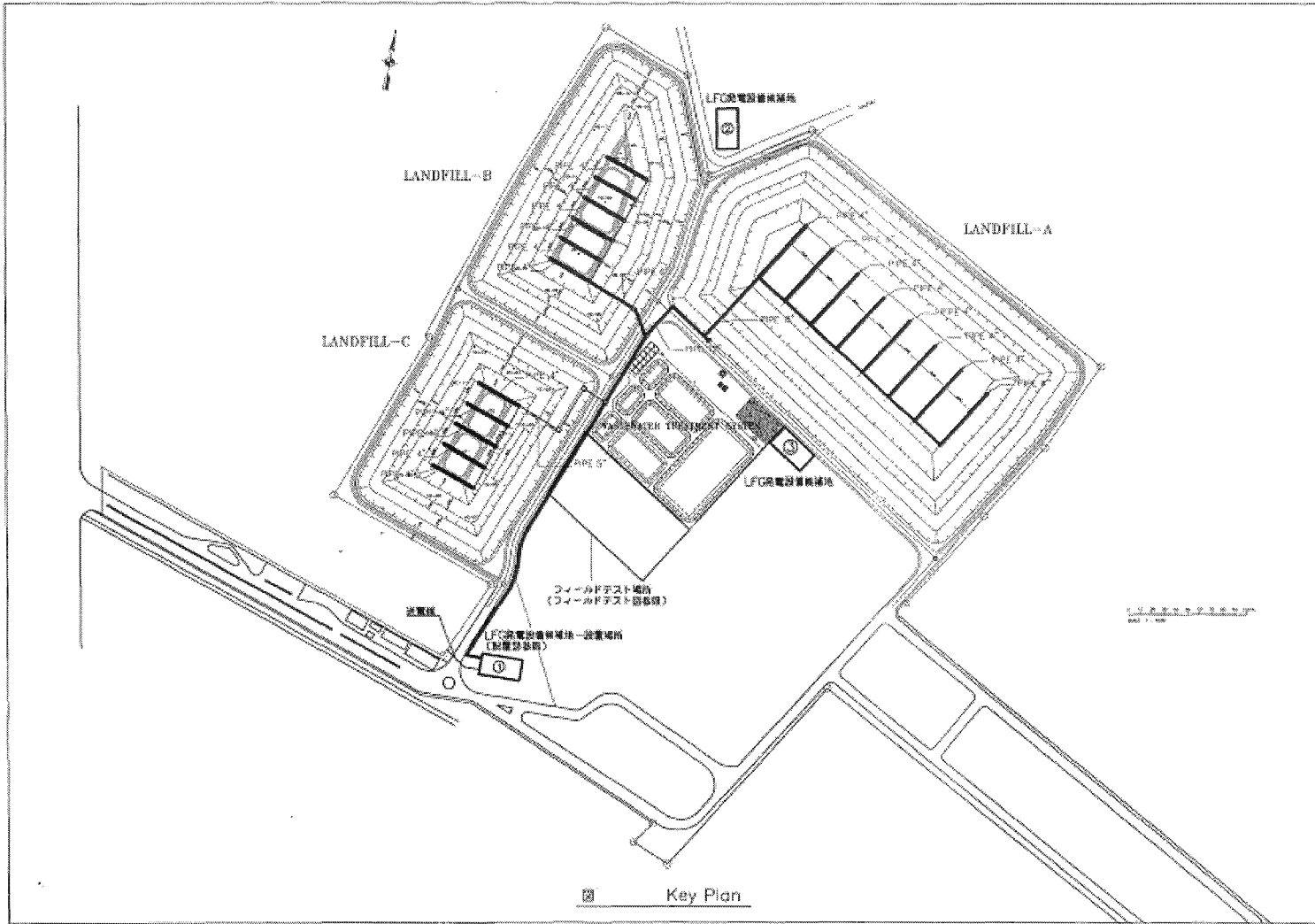


図 III-1-3 全体配置図

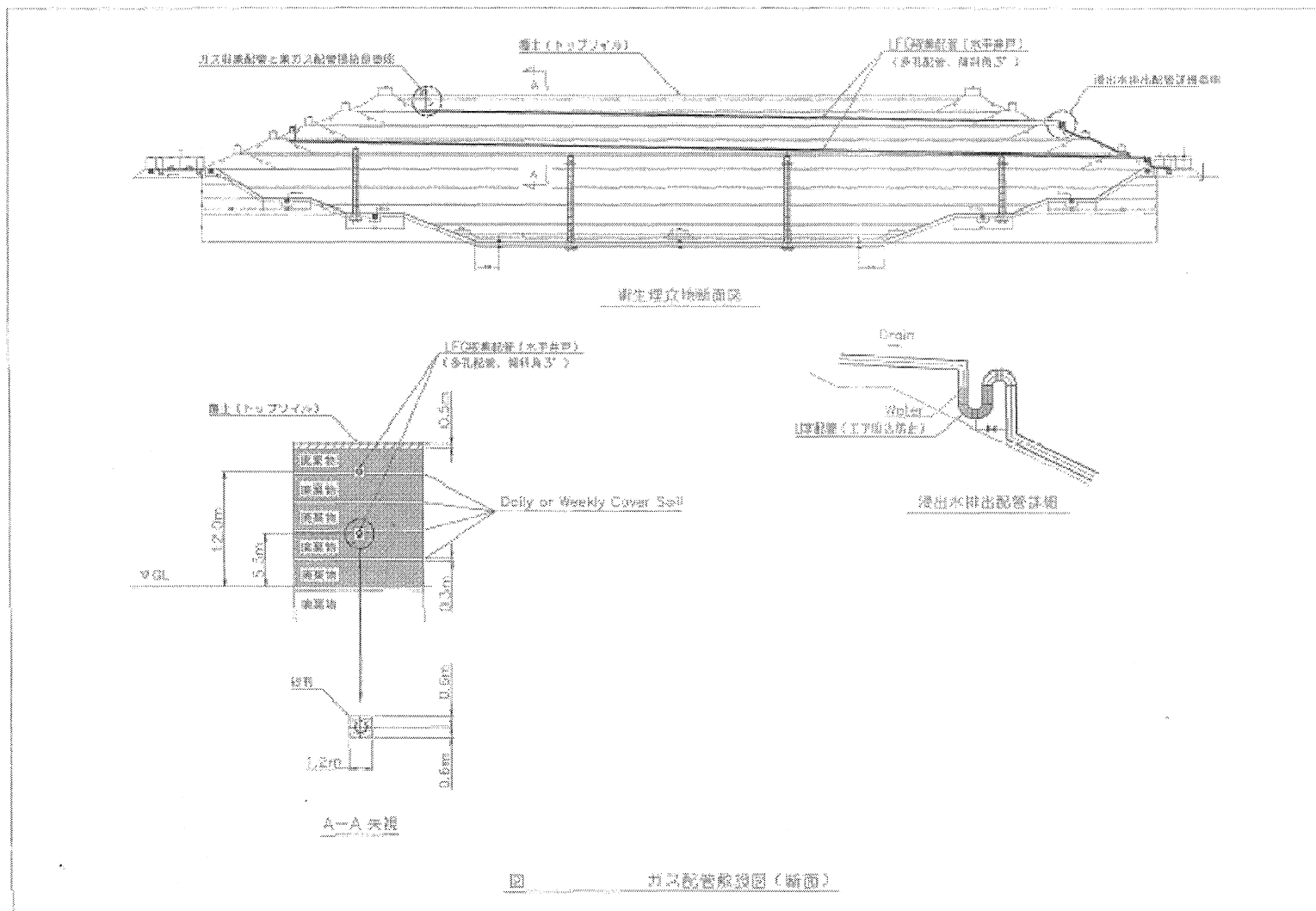


図 III-1-4 ガス配管敷設図 (断面)



表 III-1-5 主要設備の仕様(ケース 1)

項目		LF-B	LF-C
ガス抜き抗(水平埋設配管)			
必要本数	本	6×2set	5×2set
サイズ	外管	6"×50m	6"×50m
	内管	4"×50m	4"×50m
ガス採取管			
必要本数	本	6×2set	5×2set
口径		50A	50A
集ガス配管			
材質		PVC	PVC
容量	m <sup>3</sup> /h	334	251
余裕率	×1.1	367	276
サイズ	cm	0.206	0.178
口径	A	200	200
ガスヘッダー管			
材質		PVC	
容量	m <sup>3</sup> /h	438	
余裕率	×1.1	485	
サイズ	cm	0.250	
口径	A	250	
ミストセパレータ			
台数	台	2(1-予備)	
処理ガス量	m <sup>3</sup> /h	485	
脱硫装置			
台数	台	2(1-予備)	
処理ガス量	m <sup>3</sup> /h	485	
ガス収集ブロワ			
台数	台	2(1-予備)	
年間	×10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	3.84	
時間あたり	m <sup>3</sup> /h	438	
余裕率	×1.1	485	
必要量	m <sup>3</sup> /min	8.1	
吐出圧力	kPa	10	
電動機	kW	3.0	
ガスフィルタ(エンジン入口側)			
台数	台	1	
処理ガス量	m <sup>3</sup> /h	190	
ガス供給ユニット			
台数	台	1	
燃料消費率	m <sup>3</sup> /h	176	
余裕率	×1.1	190	
フレアスタック			
台数	台	1	
外形寸法		40A×6m	

表 III-1-6 主要設備の仕様(ケース2)

項目		LF-A	LF-B	LF-C
ガス抜き抗(水平埋設配管)(1セット分)				
必要本数	本	8×2set	6×2set	5×2set
サイズ	外管	6"×60m	6"×50m	6"×50m
	内管	4"×60m	4"×50m	4"×50m
ガス採取管(垂直配管)				
必要本数	本	8×2set	6×2set	5×2set
口径		50A	50A	50A
集ガス配管				
材質		PVC	PVC	PVC
容量	m <sup>3</sup> /h	580	334	251
余裕率	×1.1	630	367	276
サイズ	cm	0.273	0.206	0.178
口径	A	300	200	200
ガスヘッダー管				
材質			PVC	
容量	m <sup>3</sup> /h		714	
余裕率	×1.1		790	
サイズ	cm		0.303	
口径	A		300	
ミストセパレータ				
台数	台		2(1-予備)	
処理ガス量	M <sup>3</sup> /h		790	
脱硫装置				
台数	台		2(1-予備)	
処理ガス量	M <sup>3</sup> /h		790	
ガス収集ブロワ				
台数	台		2(1-予備)	
年間	×10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		6.26	
時間あたり	m <sup>3</sup> /h		714	
余裕率	×1.1		790	
必要量	m <sup>3</sup> /min		13.2	
吐出圧力	kPa		10	
電動機	kW		4.6	
ガスフィルタ(エンジン入口側)				
台数	台	1		1
処理ガス量	m <sup>3</sup> /h	190		190
ガス供給ユニット				
台数	台	1		1
燃料消費率	m <sup>3</sup> /h	176		176
余裕率	×1.1	190		190
フレアスタック				
台数	台		1	
外形寸法			65A×6m	

(2) LFG 発電設備および電力供給設備

本プロジェクトでは、発電した電力をグリッドに売電する計画としている。そのため、発電設備は、グリッドに対し電気供給が安定的に行える信頼性と現地事情を考慮して選定した。また、電力供給設備は、電力の販売先として想定している EGAT (Electricity Generating Authority of Thailand) の基準に準じて計画を行った。

1) LFG 発電設備

発電設備としては、ガスタービン、ガスエンジン、ボイラ・蒸気タービン(BTG)が考えられる。各発電設備の比較を表 III-1-7 に示す。本プロジェクトでは、以下の条件を考慮してガスエンジン(GE: Gas Engine)発電機を選定した。

- ① 付近に蒸気供給先が無いため、廃熱利用が出来ない。
- ② 埋立地内に設置するため、コンパクトな設備である必要がある。
- ③ 発電効率が低い
- ④ LFG への適応性および実績がある。

選定した GE 発電機の概要を表 III-1-8、発電設備全体のシステムフローを図 III-1-6 に、仕様を表 III-1-9、配置図を図 III-1-7 に示す。なお、GE 発電機の排ガスはタイの国内法規(表 III-1-10)に準拠している。なお、プロジェクトの経済性を考慮し発電機はリ・ビルト品(オーバーホール済みの中古品)で検討を行った。

表 III-1-7 発電システムの一般的な性能比較

	ガスエンジン	ガスタービン	ボイラ・蒸気タービン
主な燃料	都市ガス	都市ガス、灯油	都市ガス、重油
排熱回収形態	排ガス: 温水または蒸気 冷却水: 温水または蒸気	温水/蒸気	—
発電効率 注1	30~35%	15~25%	10~15%
総合効率 注2	70~85%	70~80%	70~90%
設置サイズ	中	小	大
LFGへの対応	○	△	○

注1 : 発電効率は、出力レベルなどにより異なる。

注2 : 総合効率は排熱回収の形態により多少異なる

表 III-1-8 選定した GE 発電機概要

計 画	ケース1	ケース2
対象サイト	サイト B&C	サイト B&C&A
発電機	ガスエンジン発電機 (コンテナタイプ)	同左
形式	TBG2016FV8	同左
燃料(定格消費量)	LFG(174m <sup>3</sup> /h (50% CH <sub>4</sub> ))	同左
定格発電容量	300kW/台	同左
発電効率(%)	35.4	同左
売電仕様	50 Hz、400V	同左
発電容量	300 kW (300kW×1 台)	600 kW (300kW×2 台)
台数	1 台	2 台





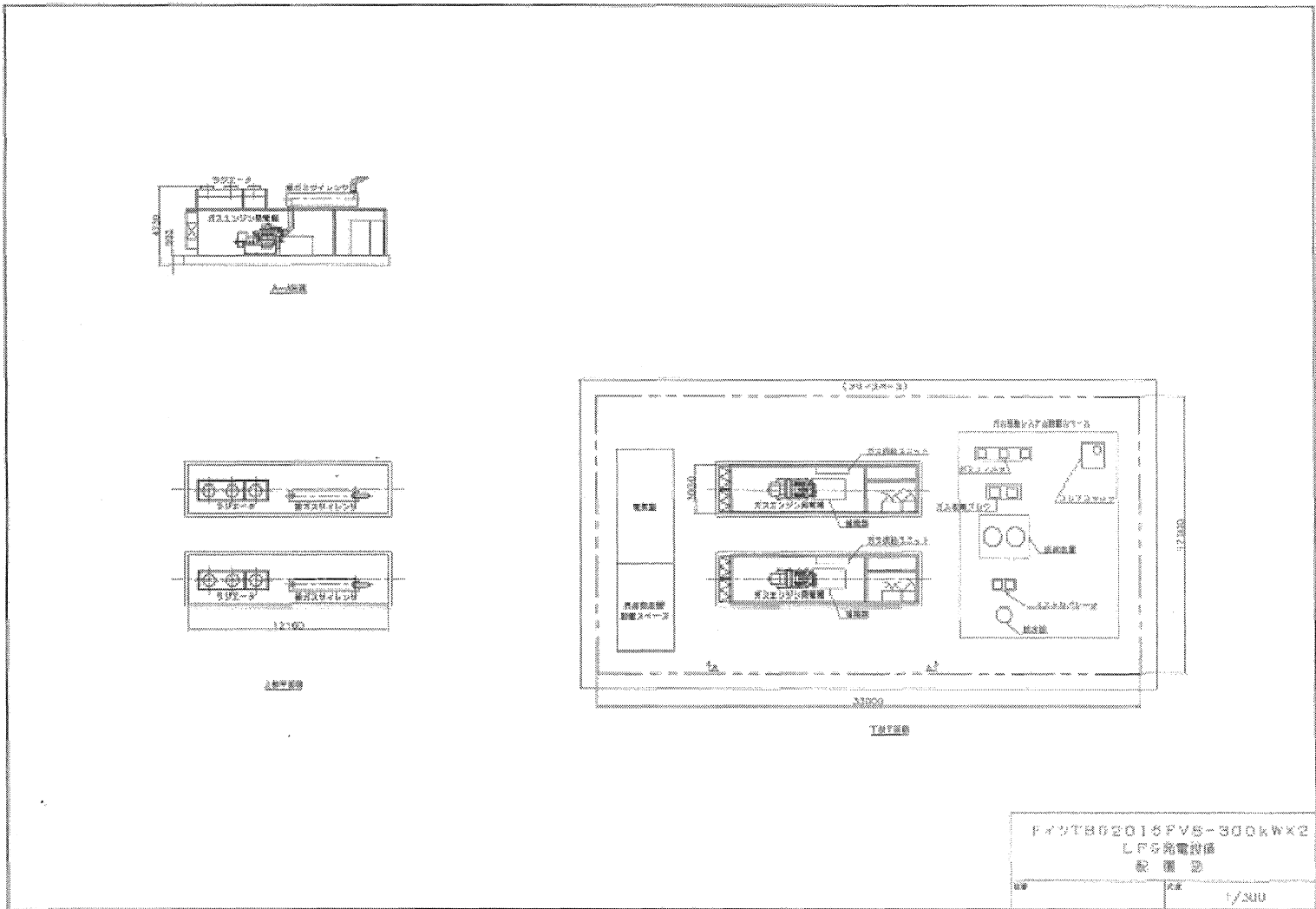


図 III-1-7 LFG 発電設備配置図

表 III-1-9 ガスエンジン発電設備仕様

ガスエンジン	台数	1台
	種類、形式	4サイクルバイオガスエンジン
	トランクピストン式	
	軸端出力	300 kW
	燃料消費量	176 m <sup>3</sup> /h (50% CH <sub>4</sub> )
	その他	エンクロージャ 排ガスサイレンサー付き
発電機	台数	1台
	種類、形式	ブラシレス同期型 自己通風冷却式
	発電容量	300 kW(発電機端)
	相数	3相
	周波数	50Hz
	電圧	400V
ラジエータ	台数	1台
	種類、形式	
	冷却能力	342kW
	冷却水温度	43 °C ⇒ 40 °C 90 °C ⇒ 78 °C
エンジン冷却水ポンプ	台数	1台
	種類、形式	横電動式渦巻ポンプ
	吐出容量	23.5 m <sup>3</sup> /h
	吐出圧力	0.25 Mpa
	電動機	3.7 kW
AC冷却ポンプ	台数	1台
	種類、形式	横電動式渦巻ポンプ
	吐出容量	8.0 m <sup>3</sup> /h
	吐出圧力	0.2 Mpa
排ガスサイレンサー 煙突、排気ダクト	材質	鋼製
	外形寸法	250A×10 m(H)
コンテナ	外形寸法	12160×3400×3400(L×W×H)
吸気ファン	台数	2台
	形式	
	吐出容量	20.0 m <sup>3</sup> /h
	吐出圧力	0.2 Mpa
電動機	2.2 kW	
吸気サイレンサー	台数	3台
排気サイレンサー	台数	3台

注) 複数台を設置する設備については1台の設備能力について記載している。



(3) プロジェクトスケジュール

プロジェクト実施スケジュール(案)を図 III-1-9 に示す。

(4) 運転管理、オペレータ教育

1) 所要人数

運転及び保守、管理を行うための所要人員を表 III-1-11 に示す。

表 III-1-11 所要人員

役 務	所要人員
Plant Maneger	1 人
Technician	2 人
合 計	3 人

2) 日常および定期メンテナンス

表 III-1-12 に示すメンテナンス項目およびスケジュールに従ってメンテナンスを行う。

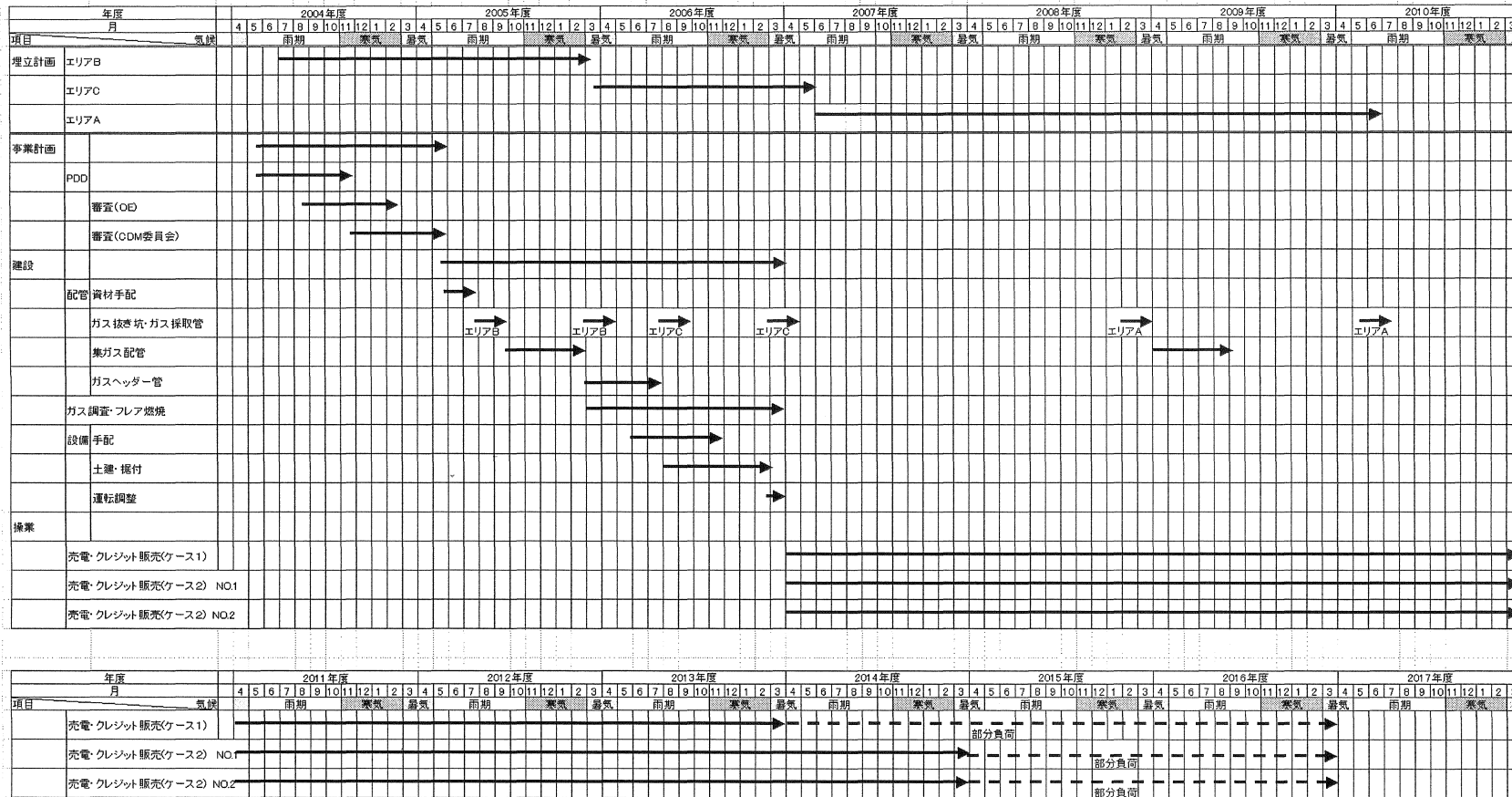


図 III-1-9 プロジェクト実施スケジュール(案)

表 III-1-12 メンテナンス項目およびスケジュール

	メンテナンス項目	運 転 時 間						
		毎日	1,500 毎	3,000 毎	6,000 毎	12,000 毎	24,000 毎	48,000 毎
エンジン本体	・異音・異常・油漏れ等目視点検	○						
	・点火プラグ点検、交換		○					
	・ガス制御弁類点検			○				
	・制御装置点検					○		
	・シリンダカバー開放点検					○		
	・主要部品開放点検、交換						○	
	・オーバークール・軸受類交換							○
発電機・盤類	・異音・異常・油漏れ等目視点検	○						
	・定期点検				○			
	・絶縁チェック					○		
	・保護装置作動確認					○		
ガス収集設備	・ガス収集配管の外観確認	○						
	・リークなどの確認	○						
	・シールポットの液面確認	○						
	・点検・補修				○			
酸素濃度計	・酸素濃度の確認	○						
	・点検・補修					○		
メタンガス濃度計	・メタンガス濃度の確認	○						
LFG 流量計	・LFG 流量の確認	○						
脱水器	・ドレン排出機能の確認	○						
	・点検・補修				○			
脱硫装置	・異音・異常・水もれ等目視点検	○						
	・差圧確認	○						
	・触媒交換						○	
ガスフィルター	・差圧確認	○						
	・フィルタ交換					○		
その他補機類	・異音・異常・水もれ等目視点検	○						
	・循環ポンプ・ファン点検					○		
	・熱交換器類点検、清掃					○		

## 第2章 ベースラインシナリオの検討

### 2.1 ベースライン方法論の選定

現在のところ、CDM 理事会で承認されている LFG 関連のベースライン方法論は表-III-2-1 に示す通り、4つある。そのうち2つは、CDM 理事会より承認されたベースライン方法論 (Approved Baseline and Monitoring Methodologies:AM)として登録されている。残りの2つは、現在のところ登録待ちの状態である。

承認された方法論のうち本プロジェクトへの適応性について方法論の適応条件及び、追加性の評価方法から判断し、AM0003 (NM0005) Simplified Financial Analysis for Landfill Gas Capture Projects を採用することとした。以下、AM0003 に基づいて以下のステップでベースラインを同定した。

表-III-2-1 LFG 関連(承認済み)ベースライン及びモニタリング方法論

	承認済み 方法論 No.	登録済み 方法論 No.	方法論名称 (プロジェクト名)
1	NM0004	AM0002	Greenhouse Gas Emission Reductions through Landfill Gas Capture and Flaring where the Baseline is established by a Public Concession Contract (Salvador Da Bahia 埋立地ガスプロジェクト)
2	NM0005	AM0003	Simplified Financial Analysis for Landfill Gas Capture Projects (NovaGerar 埋立地ガス回収発電プロジェクト)
3	NM0010		Cost and Investment Analysis for Electricity Auto-Generation (Durban 埋立地ガス発電プロジェクト)
4	NM0021		CERUPT methodology for landfill gas recovery (Onys ガス回収プロジェクト-ブラジル)

### 2.2 方法論の適応

#### 2.2.1 方法論に適応するための条件

AM0003 に示される当該方法論は下記の条件に適合する LFG 回収プロジェクトに適応できるとしている。

- 1) 回収された LFG がフレアによって燃焼される場合。
- 2) または、回収された LFG が発電に利用される場合。ただし発電により電力の代替による排出削減量はクレームしない。
- 3) BAU (Business as Usual) シナリオ (軽微な変更を含む) とプロジェクトシナリオの2つのシナリオがベースラインシナリオとして現実的な選択肢である場合。

本プロジェクトは、LFG を回収し発電を行うプロジェクトであり、上記の1及び2の条件に適合する。以下に3の条件に対する適合性について説明する。

## 2.2.2 方法論への適応

ステップ1: BAU シナリオとプロジェクトシナリオ以外に現実的なベースラインシナリオが存在しないという説得力のある理由。

プロジェクトシナリオにおいて想定可能なシナリオは以下の3つが想定される。

代替案1: 自治体(又は埋立地運営者)は、LFGの回収及びフレアリングを行わず、現在のタイにおける一般的な運用(=BAU)を続ける。

代替案2: 自治体(又は埋立地運営者)は、LFGの回収システム、フレアシステムに投資をする。 ※発電は行わない

代替案3: 自治体(又は埋立地運営者)は、LFG 回収、発電システム、フレアシステムに投資をする。(=プロジェクトシナリオ)

次に、ステップ1の目的である BAU シナリオとプロジェクトシナリオ以外に現実的なベースラインシナリオが存在しないことを示すため、上記代替案2がベースラインシナリオとして妥当でない理由を説明する。

- (1) タイ現行法規に LFG(又はメタンガス)回収およびフレア処理等に対する要求はない。法規は、大気への放出を想定している。
- (2) プロジェクトの計画地であるノンタブリの衛生埋立地の計画において、LFG の利用計画はなく、埋立地内に通気管を設置して大気へ放出することになっている。埋立地の計画及び施工はノンタブリ県(PAON)によって行われる事から、自治体による LFG(或いはメタン)の回収に対する法規制もないと判断できる。
- (3) LFGの回収システム、フレアシステムの投資により、事業者である自治体に利益は発生しない。つまり、代替案2への実施に対する経済的なインセンティブは存在しない。

以上の法規および経済性から判断すると、代替案2はベースラインシナリオとして、現実的な代替案ではないと結論づけられる。

従って、ベースラインシナリオとして可能性のある代替案は、代替案1(BAU)と代替案3(プロジェクトシナリオ)に絞ることが出来る。

ステップ2: プロジェクトシナリオの CER を含まない保守的なプロジェクトの IRR (Internal Rate of Return) 算定

AM0003によると、CER を含まない保守的な IRR を算定する上での注意点として以下を示している。なお、保守的なIRRとは、IRR に影響を与える各種条件をIRRが上昇する方向の値を選択し算



定された IRR のこと示す。

- (1) 計算には、プロジェクトの運営、保守など、BAUシナリオをプロジェクトシナリオにするために必要な投資の増加分全て反映させる。
- (2) CER を含めず、保守的に IRR を算定する。

プロジェクトケースの保守的な IRR を算定するために 表-III-2-2 の通り、条件設定し IRR を算定した。算定の結果を 表-III-2-2 に示す。

表-III-2-2 ベースライン用の保守的 (IRRを上昇させる方向) な設定した条件

	プロジェクト計画	ベースライン用	備考
<b>基本条件面</b>			
メタン回収効率	49 %	49 %	想定変動幅(比率)により考慮
想定変動幅(比率)	75 %	125 %	変動幅は+/-25%と想定した

表-III-2-3 プロジェクトケースの保守的な IRR の算定結果

検討ケース	発電容量	IRR
埋立地 B+C	300kW×2 set 発電機(新品)	-14.28 %
	300kW×2 set 発電機(中古品)	-0.10 %
埋立地 B+C+A	300kW×3 set 発電機(新品)	-0.89 %
	300kW×3 set 発電機(中古品)	+4.14 %

ステップ3: 算定されたプロジェクトシナリオのIRRが明らかに、同じタイプのプロジェクトとして受入可能なIRRよりも低いかどうか判断する。

受入可能な IRR の判断基準として AM0003 では、以下の基準をあげている。

- (1) ホスト国の国債利率 或いは 市場貸付金利
- (2) 専門家の評価による、提案プロジェクト或いは比較対照となるプロジェクトケースを実施するために期待される IRR
- (3) その他、ホスト国およびプロジェクトのセクターにおけるハードルレート

現在、市場にて入手可能なタイの国債利率(Bangkok Bank の 2004 年 2 月 2 日付け Bond

Price)は、4.6%～8.5%である。これはステップ2で算定したIRR(表-III-2-2)よりも明らかに高い利率であり、代替案3の提案プロジェクトケースは、経済的に最も魅力的な選択肢でないと判断出来る。従って、BAUシナリオが経済的に最も魅力的な選択肢であり、ベースラインシナリオとして最も適切であると判断でき、提案プロジェクトは追加的と説明できる。

#### ステップ4: クレジット獲得期間におけるベースラインシナリオの変化の分析及び説明

この部分は、PCDとの打合せの結果によっては修正します。

現在タイの固形廃棄物管理に関する計画の改訂作業が進められている。しかし、この法規にLFGの管理に関連した内容は含まれていない。また、タイは固形廃棄物を適切に処理することを進めており、先ずはダンピングから衛生埋立処理への転換を進めることを優先の課題として取り組んでいる。さらに、衛生埋立地の建設に必要な追加資金の確保も難しいことから衛生埋立地の管理に目が向くには、まだまだ時間がかかるものと考えられる。

従って、クレジット獲得期間である2007～2016年においてLFGの回収に対する要求の可能性があるとは判断する。

## 2.3 排出削減量の算定方法について

### 2.3.1 排出削減量の算定方法

AM0003 で示される排出削減量の算定方法を以下に示す。

$$ER_y = [(MD_{project,y} - MD_{baseline,y}) \times (GWP_{CH_4})] \quad \dots \textcircled{1}$$

$ER_y$  : プロジェクトによるある年(y)の GHG 排出削減量  
( $ER_y$ は GHG 排出削減トン数を CO<sub>2</sub> 換算(t-CO<sub>2</sub>e)した値)

$MD_{project,y}$  : ある年(y)にプロジェクトによりメタン排出削減量(トン)

$MD_{baseline,y}$  : ある年(y)にプロジェクトが実施されない場合に想定されるメタン排出削減量  
(EAF は少数で表した効率調整係数で、デフォルト値は 0.20)

$GWP_{CH_4}$  : メタンの(承認されている)温暖化係数  
(第一約束期間におけるメタンの温暖化係数は21 (t-CO<sub>2</sub>e/t-CH<sub>4</sub>)であり、  
2012年12月までの  $GWP_{CH_4} = 21$ )

$$(MD_{baseline,y}) = (MD_{project,y}) \times (EAF) \quad \dots \textcircled{2}$$

$MD_{baseline,y}$  は、プロジェクトが実施される時点で法規や契約書類などで規定されているガス回収効率(the “Effectiveness Adjustment Factor” (EAF))を考慮したメタンの排出削減量である。EAF のデフォルト値は20%であるが、プロジェクト実施地域固有の状況により変更は可能としている。なお EAF は、クレジット獲得期間の更新時期に一般的なマナーとして行われるフレア量を考慮し、見直しすることとしている。

①、②より、プロジェクト実施によるある年(y)の GHG 排出削減量( $ER_y$ )は、次の算定式によって求められる。

$$(ER_y) = (MD_{project,y}) \times (1 - EAF) \times (GWP_{CH_4})$$

また、 $MD_{project,y}$  は、実際にフレアまたは発電されたメタン量のモニタリングにより以下の通り算定できる。

$$(MD_{project,y}) = (MD_{flared,y}) + (MD_{electricity,y})$$

$$(MD_{flared,y}) = (LFG_y) \times (F_{CH_4}) \times (FE) \times (D_{CH_4})$$

$LFG_y$  : フレア処理された LFG 量(m<sup>3</sup>/年)

$F_{CH_4}$  : 定期的に計測された LFG 中のメタン比率

$FE$  : フレア効率(メタンの破壊比率)

$D_{CH_4}$  :メタンの密度:単位体積(m<sup>3</sup>)あたりの重量(トン)  
 $(MDelectricity_y) = (EG_y) \times (HR) / (EC_{CH_4})$   
 $EG_y$  :年間発電量(MWh)  
 $HR$  :熱効率(GJ / MWh)  
 $EC_{CH_4}$  :メタンの発熱量(GJ / t-CH<sub>4</sub>)

### 2.3.2 本プロジェクトで採用したパラメーター

(1) EAF = 0%

前述の通りプロジェクト計画地域においてLFG回収に対する法規や要求はなく、クレジット獲得期間中においても変更される可能性は低いと判断し、EAF= 0%を採用した。

(2)  $F_{CH_4}$  = 50 %

(3)  $D_{CH_4}$  = 0.0006446 t/m<sup>3</sup>

(4) HR = 未定

(5)  $EC_{CH_4}$  = 50.4 GJ/t-CH<sub>4</sub>

### 2.4 プロジェクトバウンダリー

本プロジェクトに起因する影響を検討し、バウンダリーを図-III-2-1、表-III-2-3のように決定した。

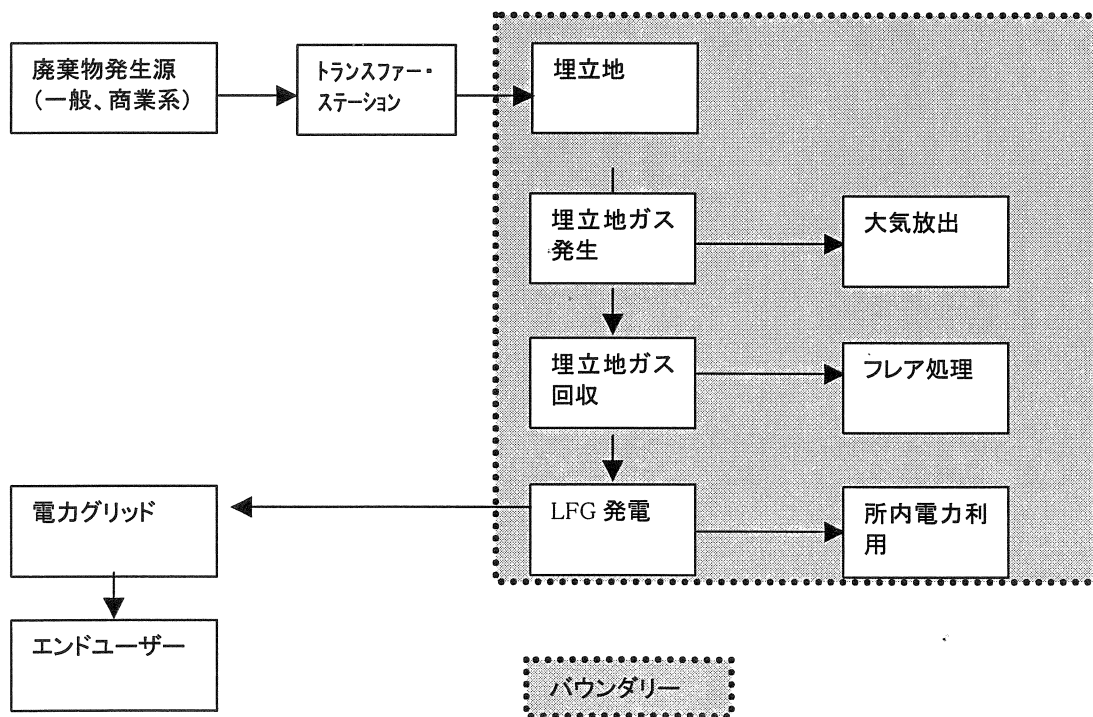


図-III-2-1: プロジェクトバウンダリー

表-III-2-4: プロジェクトバウンダリーまとめ

排出	プロジェクトシナリオ	ベースラインシナリオ
オンサイト直接排出	<p>&lt;埋立地から発生するLFGの排出 (大気への放出分)&gt;                      本プロジェクトにおける想定;                      発生量の内 49%が回収され、51%が大気へ放出される。</p>	<p>&lt;埋立地から発生する LFG は管理されずに大気へ放出&gt;</p>
オフサイト直接排出	<p>&lt;プロジェクトへの機器の搬入&gt;                      除外 :無視可能なレベル</p> <p>&lt;LFG 発電電力の使用によるグリッドの排出削減&gt;                      除外 :プロジェクトでは保守性を重視し、電力代替によるクレジットを含めない。</p>	<p>なし</p> <p>&lt;グリッド電力使用による排出&gt;</p>
オンサイト間接排出	<p>&lt;プロジェクトによる電力使用&gt;                      除外 :カーボンニュートラル</p> <p>&lt;プロジェクト建設に伴う排出&gt;                      除外 :他のプロジェクトが実施されても発生する。</p>	
オフサイト間接排出	<p>&lt;埋立地への廃棄物搬入&gt;                      除外</p>	<p>&lt;埋立地への廃棄物搬入&gt;                      除外</p>

### 第3章 モニタリング方法及び計画

#### 3.1 モニタリング方法論の選定

本プロジェクトは、ベースラインの検討においてベースライン及びモニタリング方法論としてAM0003を採用している。従って、モニタリング計画もAM0003に基づいて行う。AM0003に示されるモニタリング手法は、回収され、フレアシステム及び発電設備(図-III-4-1)によって破壊されるLFG量を直接測定する事とし、フレア量および発電量は連続的に計測を行う事としている。

以下、AM0003に基づいてモニタリング計画を立案する。

#### 3.2 モニタリング項目及びモニタリング方法

##### 3.2.1 モニタリング項目

- (1)メタンのフレアによる処理量 (MDflared<sub>y</sub>)
- (2)発電に利用されたメタン量 (MDelectricity<sub>y</sub>)

##### 3.2.2 モニタリング方法

- (1) メタン回収及びフレアによる処理量

図-III-4-1に示されるとおり、実際のメタンのフレアによる処理量は以下の項目のモニタリングにより算定する。

- ① LFG回収量 (LFG<sub>y</sub>) :連続式流量計(m<sup>3</sup>)
- ② LFG中のメタン含有率 (F\_CH<sub>4</sub><sub>y</sub>) :連続式分析器(%)
- ③ フレア稼働時間 :稼働時間メーター(h)

さらに、フレアの排ガス(フレアによって処理されたLFG)中のメタン含有率(メタン破壊率)は、メタンの処理効率(FE)を求めるために四半期毎に分析する。

- (2) 回収メタンと発電利用

発電に利用されたメタン量は以下のモニタリング項目の調査により算定する。

- ① 発電電力量 (EG<sub>y</sub>) :電力メーター(MWh)
- ② 発電機熱効率 (HR) :定期的なテストにより調査(GJ/MWh)
- ③ メタン熱量 (EC\_CH<sub>4</sub>) : (GJ/tCH<sub>4</sub>)

リーケージ量算定のため、ブロー等LFGの回収に使用された電力を記録する。

発電電力量はリーケージ計算の前に、購入電力量を差し引く。

### (3) QA/QC

収集されるLFG中のメタン濃度は、ガス回収システムの状況(大気の混入、配管のリークなど)1日の間で20%以上変わる可能性があることから連続式のメタン分析装置が重要である。なお、ガス成分(湿度、パーティクル)の分析装置は非常にセンシティブであり、キャリブレーションのための厳しいQA/QC手順書が必要である。

### (4) モニタリング項目のまとめ

① GHG 排出量のモニタリングに必要なデータ及び収集方法	表-III-3-1
② リークエージのモニタリングに必要なデータ及び収集方法	表-III-3-2
③ QA/QC 手順	表-III-3-3
④ その他のパラメータ	
1)メタンの温暖化係数	表-III-3-4
2)換算係数	表-III-3-5

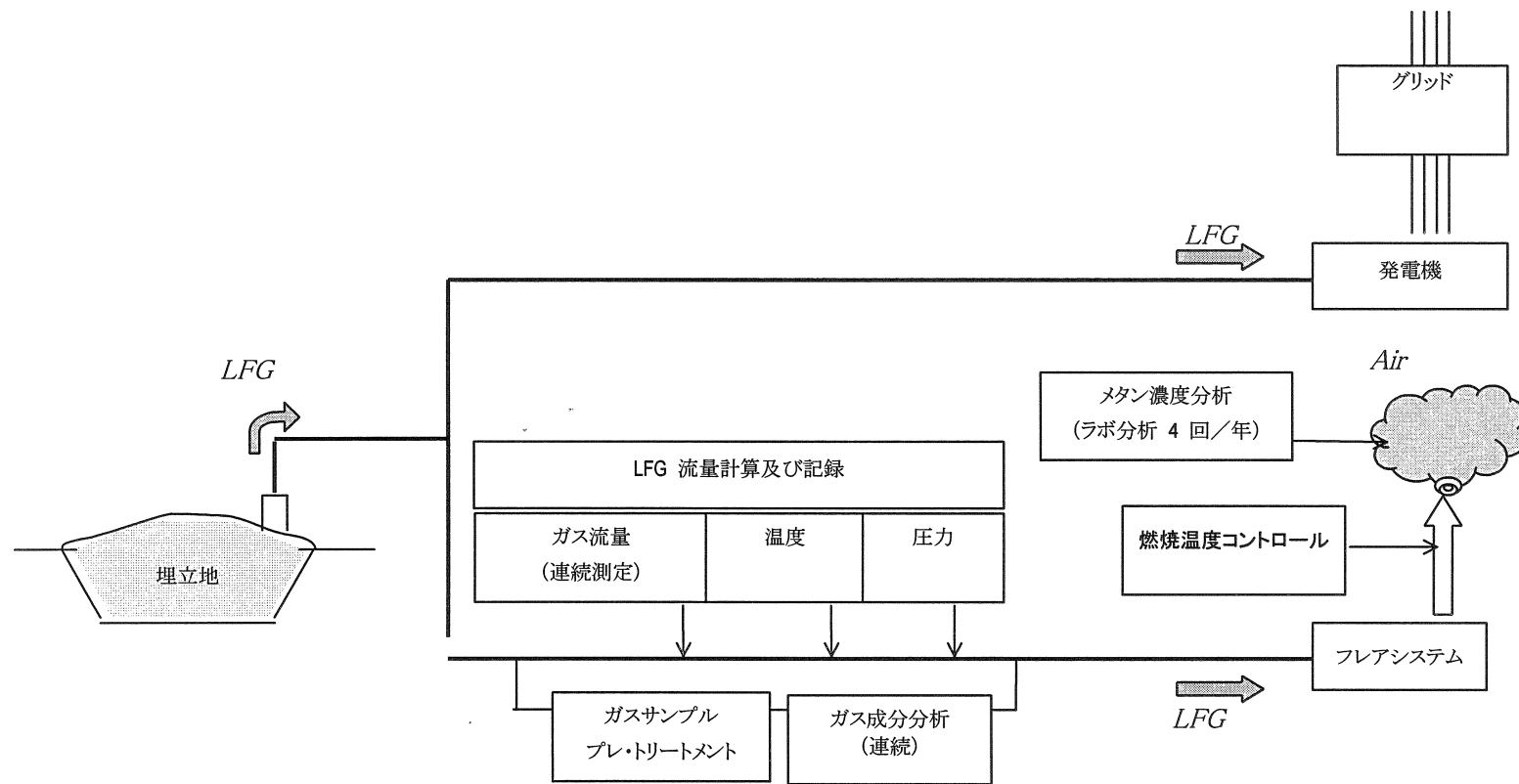


図-III-3-1 モニタリング計画イメージ



表-III-3-1 GHG 排出量のモニタリングに必要なデータ及び収集方法

ID	データ種類	データ単位	計測 (M) 計算 (C) 推定 (E)	記録頻度	計測するデータの割合	データの保管形態	データ保管期間	備考
1 LFG <sub>y</sub>	LFG 回収量 (フレア)	m <sup>3</sup>	M	連続	100%	電子データ	クレジット 獲得期間	流量計による計測 データ集計単位: 月、年単位
2 EG <sub>y</sub>	発電電力量	MWh	M	連続	100%	電子データ	クレジット 獲得期間	電力計による計測 データ集計単位: 月、年単位
3 HR	発電機熱効率	GJ/MWh	M and C	半年毎 (不安定な場合: 毎月)	N/A	電子データ	クレジット 獲得期間	データはテスト用として使用する。 必要に応じて発電機の熱効率を 修正する。
4 FE	フレアの 処理効率	%	M and C	連続	N/A	電子データ	クレジット 獲得期間	フレアガス中のメタン含有率
5 F-CH <sub>4,y</sub>	メタン含有率	%	M and C	半年毎 (不安定な場合: 毎月)	100%	電子データ	クレジット 獲得期間	連続式ガス分析器による計測

表-III-3-2 リークエージのモニタリングに必要なデータ及び収集方法

ID	データ タイプ	データ種類	データ単位	計測 (M) 計算 (C) 推定 (E)	記録頻度	計測するデータの割合	データの保管形態 (electronic: e/ paper: p)	データ保管 期間	備考
3.1	Electricity	ガス回収に使用 した電力量	kWh	M	連続	100%	日次 : e 月次 : p	プロジェクト期間	

表-III-3-3 QA/QC 手順

データ種	データの不確実性 (High/Medium/Low)	QA/QC 手順の計画の有無	なぜ QA/QC 手順が計画されているのか(或いはされていないのか) 簡単な説明
1 LFGy	Low	有り	流量計はデータの信頼性確保のため定期的なメンテナンスおよびテスト方法が要求されている。
2 EGy	Low	有り	電力計はデータの信頼性確保のため定期的なメンテナンスおよびテスト方法が要求されている。 また、電力計の読みは電力供給会社により確認される。
3 HR	Low	有り	発電機を最適な状態で運転するために定期点検が必要である。 熱効率は月ごとに大きな振れがないか確認し、半期毎に確認を行う。
4 FE	Low	有り	フレアを最適な状態で運転するために定期点検が必要である。 フレアの効率は月ごとに大きな振れがないか確認し、半期毎に確認を行う。
5 F_CH4y	Low	有り	ガス分析器はデータの信頼性確保のため定期的なメンテナンスおよびテスト方法が要求されている。

表-III-3-4 メタンの温暖化係数

メタン温暖化係数 (CO <sub>2</sub> e/CH <sub>4</sub> )	適応可能期間	出典
21	1996-現在	Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

表-III-3-5 換算係数

	係数	単位	適応期間	説明及び出典
メタンの発熱量	50.4	GJ/tCH <sub>4</sub>		
メタン比重	0.0006446	トン CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> (STP)	デフォルト	比重は現地の気候および高度にあわせ補正

## 第4章 GHG 排出削減量の算定

### 4.1 GHG 排出削減量の算定条件

本プロジェクトによるGHG 排出削減量の算定は、表 III-4-1、2に示す条件に基づいて算定を行った。算定結果を表 III-4-3、4に示す。

表 III-4-1 検討ケース

No.	項目	ケース1	ケース2
1	対象埋立地	埋立地 B、C	埋立地 B、C、A
2	発電容量	300 kW/h (300 kW/h × 1 セット)	600 kW/h (300 kW/h × 2 セット)

表 III-4-2 GHG 排出削減量算定の設定条件

No.	設定項目	設定値	単位
1	プロジェクト期間	10 (2007年～2016年)	年間
2	LFGメタン含有率	50	%
3	LFGメタン回収率	49	%
4	システム稼働時間	8,664	時間/年
5	トラブル率	5	% (年間運転時間比)
6	メタン温暖化係数	21	
7	メタン比重	0.0006446	ton / m <sup>3</sup>

### 4.2 GHG 排出削減量の算定

II(第4章)で算定したLFG発生量、設定したベースラインおよび上記条件に基づいてプロジェクトで期待されるGHG 排出削減量の算定を算定した。算定した結果によると、ケース1およびケース2によるGHG 排出削減量はそれぞれ、約14万CO<sub>2</sub>トン、28約14万CO<sub>2</sub>トンの削減が期待される。算定結果を表III-4-3、表III-4-4に示す。

表 III-4-3 ケース1 GHG 排出削減量

年	LFG 回収可能量(CH <sub>4</sub> =50%)				実想定 回収量 (-25%) m <sup>3</sup>	LFG 燃焼量			GHG 排出削減量		
	埋立地B	埋立地C	埋立地A	合計		発電機 消費	フレア 消費	合計	CH <sub>4</sub> 削減量	CH <sub>4</sub> 削減量 メタン比重 =0.0006446t/m <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> 換算 削減量
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	ton	ton-CO <sub>2</sub> e
2007	2.92E+06	2.20E+06	0.00	5.12E+06	3.84E+06	1.31E+06	2.50E+06	3.81E+06	1.91E+06	1.23E+03	2.58E+04
2008	2.51E+06	1.89E+06	0.00	4.41E+06	3.30E+06	1.31E+06	1.97E+06	3.28E+06	1.64E+06	1.06E+03	2.22E+04
2009	2.16E+06	1.63E+06	0.00	3.79E+06	2.84E+06	1.31E+06	1.51E+06	2.83E+06	1.41E+06	9.11E+02	1.91E+04
2010	1.86E+06	1.40E+06	0.00	3.26E+06	2.45E+06	1.31E+06	1.12E+06	2.44E+06	1.22E+06	7.85E+02	1.65E+04
2011	1.60E+06	1.21E+06	0.00	2.81E+06	2.11E+06	1.31E+06	7.86E+05	2.10E+06	1.05E+06	6.76E+02	1.42E+04
2012	1.38E+06	1.04E+06	0.00	2.42E+06	1.81E+06	1.31E+06	4.96E+05	1.81E+06	9.04E+05	5.83E+02	1.22E+04
2013	1.19E+06	8.93E+05	0.00	2.08E+06	1.56E+06	1.31E+06	2.46E+05	1.56E+06	7.79E+05	5.02E+02	1.05E+04
2014	1.02E+06	7.69E+05	0.00	1.79E+06	1.34E+06	1.14E+06	1.98E+05	1.34E+06	6.70E+05	4.32E+02	9.08E+03
2015	8.80E+05	6.62E+05	0.00	1.54E+06	1.16E+06	9.84E+05	1.71E+05	1.15E+06	5.77E+05	3.72E+02	7.81E+03
2016	7.57E+05	5.69E+05	0.00	1.33E+06	9.95E+05	8.46E+05	1.47E+05	9.93E+05	4.97E+05	3.20E+02	6.72E+03
合計	1.63E+07	1.22E+07	0.00E+00	2.85E+07	2.14E+07	1.22E+07	9.15E+06	2.13E+07	1.07E+07	6.87E+03	1.44E+05

表 III-4-4 ケース 2 GHG 排出削減量

年	LFG 回収可能量(CH4=50%)				実想定 回収量 (-25%)	LFG 燃焼量			GHG 排出削減量			
	埋立地B m3	埋立地C m3	埋立地A m3	合計 m3		発電機 消費 m3	フレア 消費 m3	合計 m3	CH4削減量 m3	CH4削減量 ×タン比重 =0.0006446t/m³ ton	CO2換算 削減量 ton-CO2e	
2007	2.92E+06	2.20E+06	0.00E+00	5.12E+06	3.84E+06	2.62E+06	1.20E+06	3.82E+06	1.91E+06	1.23E+03	2.59E+04	
2008	2.51E+06	1.89E+06	9.07E+05	4.41E+06	3.30E+06	2.62E+06	6.73E+05	3.30E+06	1.65E+06	1.06E+03	2.23E+04	
2009	2.16E+06	1.63E+06	1.87E+06	5.67E+06	4.25E+06	2.62E+06	1.61E+06	4.23E+06	2.12E+06	1.36E+03	2.86E+04	
2010	1.86E+06	1.40E+06	5.08E+06	8.34E+06	6.26E+06	2.62E+06	3.59E+06	6.22E+06	3.11E+06	2.00E+03	4.21E+04	
2011	1.60E+06	1.21E+06	4.57E+06	7.38E+06	5.54E+06	2.62E+06	2.88E+06	5.51E+06	2.75E+06	1.77E+03	3.73E+04	
2012	1.38E+06	1.04E+06	3.94E+06	6.36E+06	4.77E+06	2.62E+06	2.12E+06	4.74E+06	2.37E+06	1.53E+03	3.21E+04	
2013	1.19E+06	8.93E+05	3.39E+06	5.47E+06	4.10E+06	2.62E+06	1.46E+06	4.09E+06	2.04E+06	1.32E+03	2.77E+04	
2014	1.02E+06	7.69E+05	2.92E+06	4.71E+06	3.53E+06	2.62E+06	8.98E+05	3.52E+06	1.76E+06	1.13E+03	2.38E+04	
2015	8.80E+05	6.62E+05	2.51E+06	4.05E+06	3.04E+06	2.59E+06	4.49E+05	3.03E+06	1.52E+06	9.78E+02	2.05E+04	
2016	7.57E+05	5.69E+05	2.16E+06	3.49E+06	2.62E+06	2.23E+06	3.86E+05	2.61E+06	1.31E+06	8.42E+02	1.77E+04	
合計	1.63E+07	1.22E+07	2.73E+07	5.50E+07	4.12E+07	2.58E+07	1.53E+07	4.11E+07	2.05E+07	1.32E+04	2.78E+05	

## 第5章 事業性評価

### 5.1 経済性評価の前提条件

#### 5.1.1 基本条件

経済性評価を実施するにあたり、表 III-5-1 および 表 III-5-2 のとおり条件を設定した。

表 III-5-1 検討ケース

No.	項目	ケース1 (埋立地 B、C)	ケース2 (埋立地 B、C、A)
1	発電容量	300 kW/h (300 kW/h × 1セット)	600 kW/h (300 kW/h × 2セット)
2	LFG 消費量/時	176 m <sup>3</sup> /h	352 m <sup>3</sup> /h

表 III-5-2 GHG 排出削減量算定の設定条件(共通事項)

No.	設定項目	設定値	単位	備考
1	プロジェクト期間	10	年間	2007年～2016年
2	LFG メタン含有率	50	%	
3	LFG メタン回収率	49	%	
4	発電機稼動時間	8,280	時間/年	
5	フレア稼動時間	8,664	時間/年	
6	トラブル率	5	%	不慮のトラブル率(運転時間比)
7	運転余裕率	5	%	対エンジン負荷
8	プラント内消費電力	5	%	対発電電力量
9	送電ロス	2	%	対全送電量
10	メタン温暖化係数	21		
11	メタン比重	0.0006446	ton / m <sup>3</sup>	

#### 5.1.2 設備関係コスト

LFG 収集設備を含めたプラント設備の設備費を表 III-5-3 に示す。

なお、この設備費は、材料費と現地での土建、搬入据付費を含めた費用とする。

表 III-5-3 プラント設備の設備費

	設備名	金額(百万円)		備考
		ケース1	ケース2	
1	ガス収集設備	9.8	15.4	ガス採取抗、ガス収集管
2	ガスエンジン 発電設備	27.5	57.5	
3	その他プラント設備	43.0	43.0	ガス前処理(精製)設備、余剰 ガス燃焼装置、電気設備等
4	電気室建屋	1.2	1.2	
	合計	81.5	117.1	

### 5.1.2 O&M 関係コスト

#### (1) 電力単価

本プロジェクトでは所内電力消費分を除き、発電電力は全て販売する予定である。EGAT の制度 (Very Small Renewable Energy Power Providers :VSPP) では、電力の買取価格は 1.9~2.0Baht であるので、本プロジェクトでは表 III-5-4 のとおり想定した。

表 III-5-4 電力買取価格

電力買取価格	1.9 Baht/kWh
--------	--------------

参考) 購入価格は 2.5baht/kWh

#### (2) 運転経費 (燃料費、人件費、メンテ費等)

##### 1) 人件費

運転及び保守、管理を行うための所要人員は 3 名とし、人件費を表 III-5-5 のとおり想定した。

表 III-5-5 所要人員及び労務費

役 務	所要人員	単価 (M¥/年)	労務費 (M¥/年)
Plant Maneger	1	0.2352 (8,400baht/年)	0.2352 (8,400baht/年)
Operetor	2	0.2016 (7,200baht/年)	0.4032 (14,400baht/年)
合 計	3		0.6384 (22,800baht/年)

##### 2) メンテナンス費用

メンテナンス費はシステムの運転時間に依存する。プロジェクト期間中の平均メンテナンス費を算出し、表 III-5-6 に示す。

表 III-5-6 メンテナンス費用 (百万円)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	合計
ケース 1	3.93	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	15.72
ケース 2	7.49	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	19.28



### 5.1.3 プロジェクトの CDM 化に伴う条件

#### (1) 炭素クレジットの価格

炭素クレジットの買取価格は、表 III-5-7 のとおり想定した。

表 III-5-7 炭素クレジット価格

炭素クレジット価格	3 US\$/ t-CO <sub>2</sub>
-----------	---------------------------

#### (2) CDM 化に必要な経費

プロジェクトの CDM 化に伴い必要と想定される経費を、表 III-5-8 のとおり推定した。

表 III-5-8 CDM化に必要な経費

No.	経費の種類	予想金額
(1)	計画から登録までに必要な(想定)経費(イニシャルコスト)	
①	プロジェクト設計図書(PDD)作成費	700 万円
②	バリデーション費	200~400 万円
③	その他 社内経費/コンサル費(法務、ファイナンス等)	500 万円
	合計	1500 万円
(2)	クレジット獲得に必要な(想定)経費/年(ランニングコスト)	
①	ベリフィケーション費	300 万円/年
	合計	300 万円/年

### 5.1.4 その他設定および除外項目

その他、事業性評価で使用した条件項目を表 III-5-9 に、事業性評価に含んでいない項目を表 III-5-10 に示す。

表 III-5-9 その他 事業性評価に含んでいる条件項目

No.	項目	考慮した条件
1	税金	30 %
2	減価償却	償却期間 10 年 (焼却後残存資産 10 %)
3	借入金	150M¥ (プロジェクトコスト) (借入金利 5%、返済期間 10 年)
4	為替レート	1Baht = 2.8 円

表 III-5-10 その他 事業性評価に含んでいない条件項目(除外項目)

No.	項目	備考
1	LFG 費用	適正価格の調査、PAON との協議が必要
2	諸経費	プロジェクト開始に必要な準備金
3	土地借用費用	LFG 井戸、配管、発電設備に必要な土地借用費用

## 5.2 プロジェクトの経済性評価

### 5.2.1 総発電量および売電量

5.1 に示す条件で計算した販売電力量を表 III-5-11 に示す。プロジェクト期間 10 年での販売電力量は、ケース 1 では 19,266MWh、ケース 2 は 40,892MWh である。

表 III-5-11 販売電力量(ケース 1、ケース 2)

	西 暦	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	合計
ケース1	LFG使用量 ( $\times 10^3\text{m}^3/\text{y}$ )	1,310	1,310	1,310	1,310	1,310	1,310	1,310	1,140	980	850	12,140
	発電量 (MWh/y)	2,236	2,236	2,236	2,236	2,236	2,236	2,236	1,947	1,676	1,443	20,716
	ロス等 (MWh/y)	156	156	156	156	156	156	156	136	117	101	1,450
	販売電力量 (MWh/y)	2,079	2,079	2,079	2,079	2,079	2,079	2,079	1,811	1,559	1,342	19,266
ケース2	LFG使用量 ( $\times 10^3\text{m}^3/\text{y}$ )	2,620	2,620	2,620	2,620	2,620	2,620	2,620	2,620	2,590	2,230	25,780
	発電量 (MWh/y)	4,471	4,471	4,471	4,471	4,471	4,471	4,471	4,471	4,407	3,793	43,969
	ロス等 (MWh/y)	313	313	313	313	313	313	313	313	308	266	3,078
	販売電力量 (MWh/y)	4,158	4,158	4,158	4,158	4,158	4,158	4,158	4,158	4,098	3,527	40,892

### 5.2.2 CDM プロジェクトとしての経済性評価

ケース 1、ケース 2 それぞれについて経済性評価のため損益計算およびキャッシュフロー計算を行った。結果を表 III-5-12 および表 III-5-13 に示す。この結果によると、ケース 1 では、事業期間中に累損およびマイナスの IRR を解消することは出来ない。

ケース 2 では、事業開始後 7 年目で黒字(税引後)となり、事業期間中の累積利益は 31 百万円、IRR は税引前で 8.6%、税引後で 1.1%と大変厳しい結果となった。

表 III-5-12 ケース1 損益計算およびキャッシュフロー

損益計算書		2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度
項目		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
事業収益			19.7	18.5	17.5	16.6	15.8	15.2	14.6	12.7	10.9	9.4
電力販売	(単価 1.9 Bath/kWh)		11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	9.6	8.3	7.1
クレジット販売	(単価 3.0 US\$/t-CO <sub>2</sub> )		8.7	7.5	6.4	5.5	4.8	4.1	3.5	3.0	2.6	2.3
売上原価			4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
労務費			0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
燃料代			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
メンテナンス代			3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
売上純利益			15.2	14.0	12.9	12.0	11.3	10.6	10.0	8.1	6.4	4.8
販売費及び一般管理費		15.0	19.8	16.3	13.6	11.4	9.7	8.3	7.2	6.3	5.7	5.1
設備減価償却 (設備費 81.5 百万円) (定率法 20.6% 10年償却)			16.8	13.3	10.6	8.4	6.7	5.3	4.2	3.3	2.7	2.1
諸経費 (baht)		0										
CDM経費 (当初費用 15 百万円、ペリフィケーション 3 百万円/年)		15	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
一般管理費												
営業利益		-15.0	-4.6	-2.4	-0.7	0.6	1.6	2.3	2.8	1.8	0.7	-0.3
	累計	-15.0	-19.6	-22.0	-22.6	-22.0	-20.4	-18.1	-15.2	-13.5	-12.8	-13.0
営業外費用			4.1	3.7	3.3	2.9	2.4	2.0	1.6	1.2	0.8	0.4
長期借入金金利 (5%)			4.1	3.7	3.3	2.9	2.4	2.0	1.6	1.2	0.8	0.4
税引前当期利益		-15.0	-8.7	-6.0	-3.9	-2.2	-0.9	0.3	1.2	0.6	-0.1	-0.7
	累計	-15.0	-23.7	-29.7	-33.6	-35.8	-36.7	-36.4	-35.2	-34.7	-34.8	-35.5
税金			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.2	0.0	0.0
法人税 (30%)			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.2	0.0	0.0
当期利益		-15.0	-8.7	-6.0	-3.9	-2.2	-0.9	0.2	0.8	0.4	-0.1	-0.7
	累計	-15.0	-23.7	-29.7	-33.6	-35.8	-36.7	-36.5	-35.7	-35.3	-35.4	-36.1

キャッシュフロー(ケース1)		2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
事業開始コスト(設備費を含む)		96.5										
当期利益(税引き前)(原価償却の続)			12.2	11.0	9.9	9.0	8.3	7.6	7.0	5.1	3.4	1.8
	計	-96.5	12.2	11.0	9.9	9.0	8.3	7.6	7.0	5.1	3.4	1.8
	プロジェクトIRR(税引前)											-5.4%
事業開始コスト(設備費を含む)		96.5										
当期利益(税引き前)(原価償却の続)			8.5	7.7	6.9	6.3	5.8	5.3	4.9	3.6	2.3	1.3
	計	-96.5	8.5	7.7	6.9	6.3	5.8	5.3	4.9	3.6	2.3	1.3
	プロジェクトIRR(税引後)											-11.9%

表 III-5-13 ケース2 損益計算およびキャッシュフロー

損益計算書	項目	2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
事業収益			30.8	29.6	31.7	36.3	34.6	32.9	31.4	30.1	28.7	24.7
電力販売	(単価 1.9 Bath/kWh)		22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	22.1	21.8	18.8
クレジット販売	(単価 3.0 US\$/t-CO <sub>2</sub> )		8.7	7.5	9.6	14.1	12.5	10.8	9.3	8.0	6.9	5.9
売上原価			8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
労務費			0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
燃料代			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
メンテナンス代			7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
売上純利益			22.7	21.5	23.6	28.1	26.5	24.8	23.3	22.0	20.6	16.6
販売費及び一般管理費		15.0	27.1	22.1	18.2	15.1	12.6	10.6	9.0	7.8	6.8	6.0
設備減価償却 (設備費 117 百万円) (定率法 20.6% 10年償却)			24.1	19.1	15.2	12.1	9.6	7.6	6.0	4.8	3.8	3.0
諸経費 ( baht)		0										
CDM経費 (当初費用 15 百万円、レバファイナンス 3 百万円/年)		15	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
一般管理費												
営業利益		-15.0	-4.4	-0.6	5.4	13.1	13.9	14.2	14.2	14.2	13.8	10.5
累計		-15.0	-19.4	-20.0	-14.6	-1.6	12.4	26.5	40.8	54.9	68.7	79.2
営業外費用			4.1	3.7	3.3	2.9	2.4	2.0	1.6	1.2	0.8	0.4
長期借入金金利 ( 5 %)			4.1	3.7	3.3	2.9	2.4	2.0	1.6	1.2	0.8	0.4
税引前当期利益		-15.0	-8.5	-4.3	2.2	10.2	11.5	12.1	12.6	13.0	12.9	10.1
累計		-15.0	-23.5	-27.8	-25.6	-15.4	-3.9	8.2	20.8	33.8	46.7	56.8
税金			0.0	0.0	0.6	3.1	3.4	3.6	3.8	3.9	3.9	3.0
法人税 ( 30 %)			0.0	0.0	0.6	3.1	3.4	3.6	3.8	3.9	3.9	3.0
当期利益		-15.0	-8.5	-4.3	1.5	7.1	8.0	8.5	8.8	9.1	9.1	7.1
累計		-15.0	-23.5	-27.8	-26.3	-19.1	-11.1	-2.6	6.2	15.3	24.4	31.4

キャッシュフロー(ケース2)	2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
事業開始コスト(設備費を含む)	132.1										
当期利益(税引き前)(原価償却の続)		19.7	18.5	20.6	25.1	23.5	21.8	20.3	19.0	17.6	13.6
計	-132.1	19.7	18.5	20.6	25.1	23.5	21.8	20.3	19.0	17.6	13.6
プロジェクトIRR(税引前)											8.6%
事業開始コスト(設備費を含む)	132.1										
当期利益(税引き前)(原価償却の続)		13.8	12.9	14.4	17.6	16.5	15.2	14.2	13.3	12.3	9.5
計	-132.1	13.8	12.9	14.4	17.6	16.5	15.2	14.2	13.3	12.3	9.5
プロジェクトIRR(税引後)											1.1%

## 第6章 まとめ

### 6.1 H14年度調査との比較

#### 6.1.1 LFG発生量および発生特性

平成14年度と平成15年度に実施したLFG発生/回収量算定の条件及び結果を表-III-6-1に示す。また、年度ごとのLFG発生量の比較を表-III-6-2及び図-III-6-1年度ごとのLFG回収可能量(想定)を表-III-6-3及び図-III-6-2に示す。

表-III-6-1 LFG発生量と発生特性の比較表

No.	項目	平成15年度	平成14年度	H14年度比
	廃棄物量 (埋立地 B+C)	86万 (トン)	120万 (トン)	約71%
	メタン発生ポテンシャル( $L_0$ )	49.1 ( $m^3/t$ )	155.93 ( $m^3/t$ )	約31%
	メタン発生定数(k)	0.15 (1/y)	0.03 (1/y)	
	LFG回収効率	49 (%)	80 (%)	約61%
	回収量変動率(Tolerance)	-25 (%)	0 (%)	
	LFG発生量(表-III-6-2参照) ・期間 :10年間 ・対象 :埋立地 B、C	5.83E+07 ( $m^3/y$ ) (回収量変動率含)	9.42E+07 ( $m^3/y$ )	約62%
	LFG回収量(表-III-6-3参照) ・期間 :10年間 ・対象 :埋立地 B、C	1.88E+07 ( $m^3/y$ )	7.53E+07 ( $m^3/y$ )	約25%

#### (1) LFG発生量

調査の結果、プロジェクト実施期間として設定した10年間に想定されるLFG発生は、平成14年度比62%、回収可能量は25%と、低い結果となった。以下、その理由について説明する。

##### 1) 埋立地に投入される廃棄物量の減少

H14年度の調査では、PAOの計画に示される埋立地容量(埋立地 B+C)120万トンと採用し、LFG発生量を算定した。しかしH15年度は、LFG発生量を正確に把握するため、埋立地中の廃棄物の比重および、デイリーカバー量(土量)を想定し、埋立地の容量(トン換算)計算を行った。結果は、表-III-6-1に示すとおりH14年度調査比29%減となり、LFG発生量を減少させることとなった。

## 2) メタン発生ポテンシャル(L<sub>0</sub>)

メタン発生ポテンシャルL<sub>0</sub>=49.1(m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> / Mg Waste)を採用した。この結果は平成 14 年度の調査で採用したL<sub>0</sub>=155.93(m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> / Mg Waste)と比較すると約 1/3 と非常に低い値である。低い値になった理由を以下にまとめる。

IPCC のグッドプラクティスガイダンスに示されるとおり、L<sub>0</sub> は次の式により算定できる。

$$L_0 = [MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times 16/12] \text{ (Gg CH}_4 \text{ / Gg waste)}$$

しかし、今回の調査で採用した L<sub>0</sub> は廃棄物の含水率を考慮し、次の式により算定した。

$$L_0 = [MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times 16/12] \times [\text{廃棄物の含水率のファクター}]$$

H15 年度の L<sub>0</sub> が低い原因は、式中のファクターが想定していた以上に低い値であったこと、および、保守的な値を採用したことによる。

### ① Degradable Organic Carbon 分解性有機炭素

DOC は固形廃棄物中の有機物によって決まるファクターである。タイの廃棄物中に占める有機物の比率は 60%以上と高い。しかし、有機物中の中でも DOC の少ない厨芥等の比率が高い廃棄物が多いため、DOC が想定していたよりも低い値であった。

### ② DOC<sup>F</sup>(不同 DOC 係数)

不同 DOC 係数(DOC<sub>F</sub>)はゴミに含まれる有機物中で炭素に分解するのが非常に遅いものを考慮する係数である。この係数はガス(LFG)温度に依存し、次式より算出できる。

$$DOC_F = 0.014 \times T + 0.28 \quad (T: \text{ガス温度})$$

フィールドテスト結果によると LFG の温度は平均 50℃であった。従って、算定式によると DOC<sub>F</sub>=0.98 となる。しかし、フィールドテストによる調査期間が短い事、そしてタイの他サイトにおける LFG の回収実績から判断して、暫定値として安全サイドである IPCC のデフォルト値の DOC<sub>F</sub>=0.5 を採用した。結果として、L<sub>0</sub> および LFG 発生量の減につながっている。

### ③ 廃棄物の含水率を考慮

IPCC のグッドプラクティスガイダンスでは、廃棄物の含水率を考慮するパラメーターはない。しかし、本プロジェクトでは、タイで実施されている他の LFG の回収実績から、含水率を考慮することとし、L<sub>0</sub> に含水率補正として  $[100 - M(\text{廃棄物の含水率})] \div [100 - 25]$  を掛けている。

なお、本調査において廃棄物中の含水率=48%としたため、含水率補正=0.69 となり、L<sub>0</sub> を約 30%押し下げる結果となった。

### 3) LFG 回収効率および回収量変動率(Tolerance)

平成 15 年度調査では、LFG の回収効率は 49%を採用している。H14 年度に採用した 80%と比較するとかなり低めの設定となっている。主な理由は「II 埋立地ガス調査」の中で示したとおり、ノントブリ衛生埋立地で行われる埋立地の管理水準を想定した結果である。

また、平成 15 年度調査では LFG 回収量を推定するにあたり、LFG の季節変動、埋立完了後の覆土管理、浸出水の影響など考慮して LFG 発生及び回収量の変動(回収量変動率:Tolerance)を±25%想定している(※H14 年度は考慮していない)。なお、本調査ではリスクとして-25%で計算をしている。従って、LFG の回収可能量は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} \text{[H14 年度 回収量]} &= \text{[LFG 発生量]} \times \text{[回収効率:80\%]} \\ &= 0.80 \times \text{[LFG 発生量]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{[H15 年度 回収量]} &= \text{[LFG 発生量]} \times \text{[回収効率:49\%]} \times \text{[回収量変動率:75\%]} \\ &= 0.37 \times \text{[LFG 発生量]} \end{aligned}$$

### (2) LFG 発生特性の変化

LFGに見識のある専門家の意見を参考に、 $k=0.15$ を採用した。(昨年度採用  $k=0.03$ )。その結果、LFGの発生速度は H14 年度の想定値より非常に速くなった。埋立後初期に急激に発生量が増えて発生ピークをむかえ、その後急激に減少する発生特性を持つとした。

この変動の大きい LFG の発生特性は、発電機を(事業期間中)安定的に運転することが必要な発電事業にとって不利に作用する。



表-III-6-2 LFG 発生量比較表

年度	H15 年度 (m <sup>3</sup> /年)	H14 年度 (m <sup>3</sup> /年)
2007	1.04E+07	1.07E+07
2008	8.99E+06	1.04E+07
2009	7.74E+06	1.01E+07
2010	6.66E+06	9.81E+06
2011	5.73E+06	9.52E+06
2012	4.93E+06	9.24E+06
2013	4.25E+06	8.97E+06
2014	3.65E+06	8.70E+06
2015	3.15E+06	8.45E+06
2016	2.71E+06	8.20E+06
合計	5.83E+07 (H14 年度比 62%)	9.42E+07

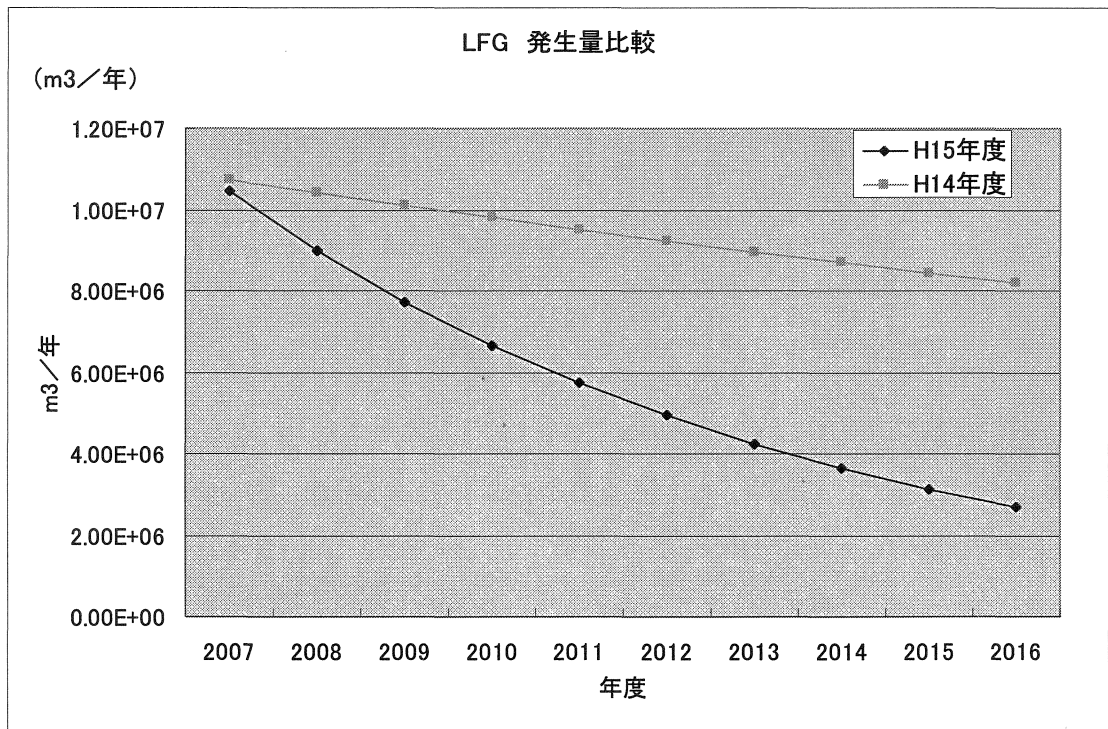


図-III-6-1 LFG 発生量比較

表-III-6-3 LFG 回収可能量(想定)比較

年度	H15 (安全率考慮なし) (m3/y) 回収効率(49%)	H15 (安全率考慮あり) (m3/y) 回収効率(49%) × 安全率(25%)	H14 回収可能量 (m3/y) 回収効率(85%)
2007	4.50E+06	3.38E+06	8.59E+06
2008	3.88E+06	2.91E+06	8.34E+06
2009	3.34E+06	2.50E+06	8.09E+06
2010	2.87E+06	2.15E+06	7.85E+06
2011	2.47E+06	1.85E+06	7.62E+06
2012	2.13E+06	1.60E+06	7.40E+06
2013	1.83E+06	1.37E+06	7.18E+06
2014	1.58E+06	1.18E+06	6.96E+06
2015	1.36E+06	1.02E+06	6.76E+06
2016	1.17E+06	8.76E+05	6.56E+06
合計	2.51E+07 (H14年度比 33.3%)	1.88E+07 (H14年度比 25.0%)	7.53E+07

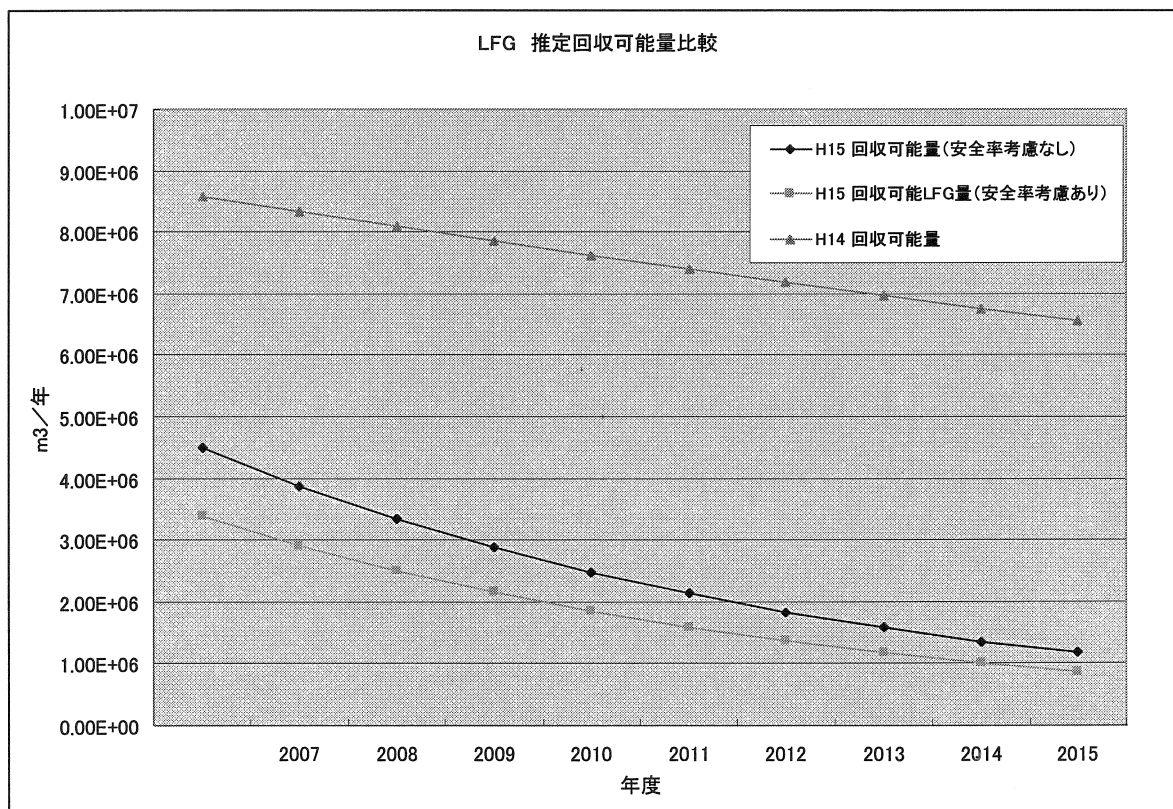


図-III-6-2 LFG 回収可能量(想定)比較

### 6.1.2 LFG 発電システム

H14 年度と H15 年度の LFG 発電システムの比較を表-III-6-4 に示す。

H15 年度の発電設備の容量は、ガス回収量の減少に伴い 300kW×1 となり H14 年度報告より 770kW 低下した。また、発電設備の稼働時間は昨年度報告によると 8,760 時間/年であるのに対し、H15 年度はメンテナンスなど想定して、8,280 時間/年とした。一方で、LFG 回収井戸の数は回収効率を向上させることを目的として H14 年度に比べ増えている。

これらに伴い売電量が減少しプロジェクト収入が減少すると共に、井戸の材料費および施工費が増えプロジェクト経費が増加している。

表-III-6-4 LFG 発電システムの比較

		H14 年度		H15 年度	
		埋立地 B	埋立地 C	埋立地 B	埋立地 C
LFG 回収システム	LFG 回収井戸本数	6本	5本	8	6
	敷設層数	1		2	
発電システム	種類台数	輸入 GE	2台	ビルト GE	1台
		タイ国内ビルト	2台		
	総発電容量 (kW)	1070		300	
	稼働時間/年	8,760h(24h×365日)		8,280h(24h×345日)	

### 6.1.3 事業性

IRR により、プロジェクトの経済性を評価した結果、プロジェクトの経済性は、H14 年度の経済性の算定結果と比較して著しく悪い結果となった。

H15 年度と H14 年度の経済性(IRR)の検討結果を表-III-6-4 に示す。以下、経済性を低下させた主な原因について説明する。

表-III-6-4 事業性評価(IRR)結果の比較

	プロジェクト対象 埋立地	検討システム	H15 年度	H14 年度
	埋立地 B+C	1070kW (新品 870kW: 435 kW×2、 中古 200kW: 100 kW×2)	N/A	29.2 %
		新品 300 kW:300 kW×1 +フレア	算定不能 (低すぎる)	N/A
		中古 300 kW:300 kW×1 +フレア	-11.9 %	N/A
		フレアのみ	N/A	N/A
	埋立地 B+C+A	新品 600 kW:300kW×2 +フレア	N/A	N/A
		中古 600 kW:300 kW×2 +フレア	1.1 %	N/A
		フレアのみ	N/A	N/A

#### (1) プロジェクト収入の減少

7.1.1 LFG 発生量および発生特性で示した通り、H15 年度の調査に基づいて算定した LFG 回収量は、H14 年度と比較して著しく低い。また、LFG の発生特性も前述のとおり、「埋立後初期に急激に発生量が増えて発生ピークをむかえ、その後急激に減少する」という LFG 発電事業に好ましくない特性を示している。これらの原因により、発電機容量および GHG 削減量が減少し、プロジェクト収入が減少した。

#### (2) CDM化に必要な経費の計上

H15 年度の調査で推定した CDM 化に必要な経費は、表-III-6-5 のとおり、イニシャルコストとして、約 1,500 万円、ランニングコストとして年間 約 300 万円である。

本プロジェクトの場合(埋立地 B+C の場合)、プロジェクトの規模が小さく、表-III-6-6 に示すように炭素クレジットによる収入(\$3/CO<sub>2</sub>-t とした場合)と炭素クレジットを得るために必要なコストがほぼ同等で、プロジェクトの CDM 化による経済的なメリットが得られていない。

表-III-6-5 CDM化に必要な経費

No.	経費の種類	予想金額
(1)	計画から登録までに必要な(想定)経費(イニシャルコスト)	
①	プロジェクト設計図書(PDD)作成費	700 万円
②	バリデーション費	200~400 万円
③	その他 社内経費/コンサル費(法務、ファイナンス等)	500 万円
	合計	1500 万円
(2)	クレジット獲得に必要な(想定)経費/年(ランニングコスト)	
①	ベリフィケーション費	300 万円/年
	合計	300 万円/年

表-III-6-6 プロジェクトの CDM 化に伴う経費と収入

プロジェクト対象 埋立地	検討システム	CDM 化に 必要な経費 (注 1、2)	CDM 化によ る収入 (注 1)
埋立地 B+C	新品 300 kW:300 kW×1 +フレア	4500 万円	4600 万円
	中古 300 kW:300 kW×1 +フレア	同上	4600 万円
	フレアのみ	同上	4600 万円
埋立地 B+C+A	新品 600 kW:300kW×2 +フレア	同上	8900 万円
	中古 600 kW:300 kW×2 +フレア	同上	8900 万円
	フレアのみ	同上	8900 万円

(注 1) :金利等は含めない単純な経費及び収入発生時の金額を足した金額

(注 2) :モニタリングに必要な機器の設置コストおよび、キャリブレーションに必要なコストは含んでいない。

## 6.2 事業化に向けた課題

### 6.2.1 経済性の向上に向けた方策および課題

第5章で述べたとおり、本プロジェクトの経済性は乏しく、民間事業者が現状で事業を実施することは非常に困難な状態といえる。実現には、プロジェクトの経済性の改善が必要である。以下、想定される経済性の改善策について検討を行う。検討をおこなった改善策を表 III-6-7 に示す。

表 III-6-7 プロジェクトの経済性の改善策(案)

改善手法	具体案
収入を増やす	(1) 対象埋立地の拡大(=廃棄物量を増やす)
	(2) 炭素クレジット価格、売電価格に対するオプション
	(3) LFG 発生量予測の精査
	(4) 埋立地管理の改善によるLFG回収効率の改善
支出を減らす	(5) CDM経費に対する政府補助への申請
	(6) LFG 使用に対する対価の低減

#### (1) 対象埋立地の拡大(=廃棄物量を増やす)

LFG 量を増やすために最も簡単な方法は、埋立地の容量(廃棄物量)を大きくすることである。H15年度の調査では、H14年度検討対象としたB、C埋立地に加え、A埋立地を候補として検討を行った。

検討の結果、プロジェクトを実施するだけの十分な事業性を得ることは出来なかったが、経済性は大幅に改善した。

埋立地 B+C : IRR=-11.9%

埋立地 B+C+A : IRR= 1.1%

従って、本プロジェクトの実現の為には、対象埋立地を埋立地B+C+Aに加え、埋立地Aの次に建設されるであろう埋立地を候補に加えることが必要と考えられる。そこで、埋立地 A の建設および、その次に建設される埋立地の実現は、事業主体である自治体任せとなるための協議が必要である。

#### (2) 炭素クレジット価格、売電価格に対するオプション

炭素クレジット価格、売電価格は直接的にプロジェクトの経済性を左右する。従って、価格が上昇するようなオプションがあれば、事業実現に大きな後押しとなる。価格変化がプロジェクトの事業性に与える影響の調査結果を表 III-6-7 に示す。

結果は、炭素クレジット価格が 5US\$/t-CO<sub>2</sub> と高めに推移すれば、ケース 1 は黒字に転じ、ケース 2 は IRR(税引前)15%を越えている。今後、プロジェクトの規模や地域貢献度等を考慮して政府が炭素クレジットを高めで買い取る制度や、ホスト国政府による小規模の再生可能エネルギーや CDM 事業に対するインセンティブとなる制度が期待される。

表 III-6-7 炭素クレジット価格、売電価格の上昇に関するケーススタディー

売電単価 (Baht/kWh)	クレジット単価 (US\$/t-CO <sub>2</sub> )	ケース 1 IRR (税引前) (%)	ケース 2 IRR (税引前) (%)
1.9	3	-5.4	8.6
2.0	3	-3.9	9.9
1.9	5	2.6	15.5
2.0	5	3.8	16.6

※H15 年度調査では、炭素クレジット=3US\$/t-CO<sub>2</sub>、売電価格=1.9 Baht/kWh と想定した。

### (3) LFG 発生量予測の精査

LFG 発生量の算定は、IPCC のグッドプラクティスガイダンスに示されている FOD 法によって算定を行った。FOD 法で LFG 量を正確に算定するためには、各種パラメータを適切に設定する必要がある。FOD 法の算定式に含まれる L<sub>0</sub> の算定では、事業者にとって安全サイド(低め)にパラメータを設定した。しかし、プロジェクトの経済性を大きく下げている原因でもあることから、採用したパラメータの妥当性について慎重に評価する必要がある。以下にそれぞれのパラメーターがプロジェクトの経済性に与える影響について説明する。

#### 1) DOC<sub>F</sub> について

6.1.1-(1)-2)に示したとおり DOC<sub>F</sub> は、暫定的に IPCC のデフォルト値である 0.5 を採用した。DOC<sub>F</sub>=0.5 の場合、LFG の温度は 15.7°C (DOC<sub>F</sub>=0.014×T+0.28 (T:ガス温度))となる。一方、フィールドテスト結果によると LFG 平均温度 50°C であり、採用した値との間に大きな開きがある。フィールドテストでは、埋立地の覆土の代わりに黒いビニールシートを被せていたため実際の埋立地に比べ LFG の温度は上昇した可能性はある。しかし、タイの平均気温が 29.4°C であることから考えると、15.7°C は著しく低い。

妥当な温度設定をするためには、現地で継続調査および専門家へのヒヤリング等が必要であるが、DOC<sub>F</sub> の経済性に与えるインパクトの大きさを知る目安としてタイの平均気温でケーススタディーを行ってみた。

LFG 温度=タイの平均気温とした場合の DOC<sub>F</sub> は 0.98、L<sub>0</sub> は 68 となる。この時の LFG 発生量は表 III-6-8、図 III-6-3 に示すとおり、約 1.5 倍になる。この LFG の増加によるプロジェクトの経済性へのインパクトは、炭素クレジット価格が現在の 3 US\$/t-CO<sub>2</sub> から 4.5 US\$/t-CO<sub>2</sub> になった場合と同じであり、事業性の評価に大きく影響することが予想できる。

#### 2) 含水率補正について

6.1.1-(1)-2)に示したとおり IPCC のグッドプラクティスガイダンスでは、廃棄物の含水率を考慮するパラメーターはない。本調査では、含水率補正により、L<sub>0</sub> を約 30%押し下げる結果となった。L<sub>0</sub> がプロジェクトの経済性へ与えるインパクトは大きく、含水率補正の妥当性について検討を行う必要がある。

表 III-6-8  $DOC_F$  の LFG 発生量に与える影響

(IPCC のデフォルト値  $DOC_F=0.5$  とタイの平均気温に基づいた  $DOC_F=0.98$  の場合)

	埋立地 B+C			埋立地 B+C+A		
	IPCCデフォルト $DOC_F=0.5$ (L0=49)	タイ平均気温 $DOC_F=0.98$ (L0=68)	増率	IPCCデフォルト $DOC_F=0.5$ (L0=49)	タイ平均気温 $DOC_F=0.98$ (L0=68)	増率
2007	5.12E+06	7.09E+06	139%	5.12E+06	7.09E+06	139%
2008	4.41E+06	6.60E+06	150%	5.31E+06	7.85E+06	148%
2009	3.79E+06	5.68E+06	150%	5.67E+06	8.27E+06	146%
2010	3.26E+06	4.89E+06	150%	8.34E+06	1.19E+07	143%
2011	2.81E+06	4.21E+06	150%	7.38E+06	1.15E+07	155%
2012	2.42E+06	3.62E+06	150%	6.36E+06	9.86E+06	155%
2013	2.08E+06	3.12E+06	150%	5.47E+06	8.49E+06	155%
2014	1.79E+06	2.68E+06	150%	4.71E+06	7.31E+06	155%
2015	1.54E+06	2.31E+06	150%	4.05E+06	6.29E+06	155%
2016	1.33E+06	1.99E+06	150%	3.49E+06	5.41E+06	155%
合計	2.85E+07	4.22E+07	148%	5.59E+07	8.40E+07	150%

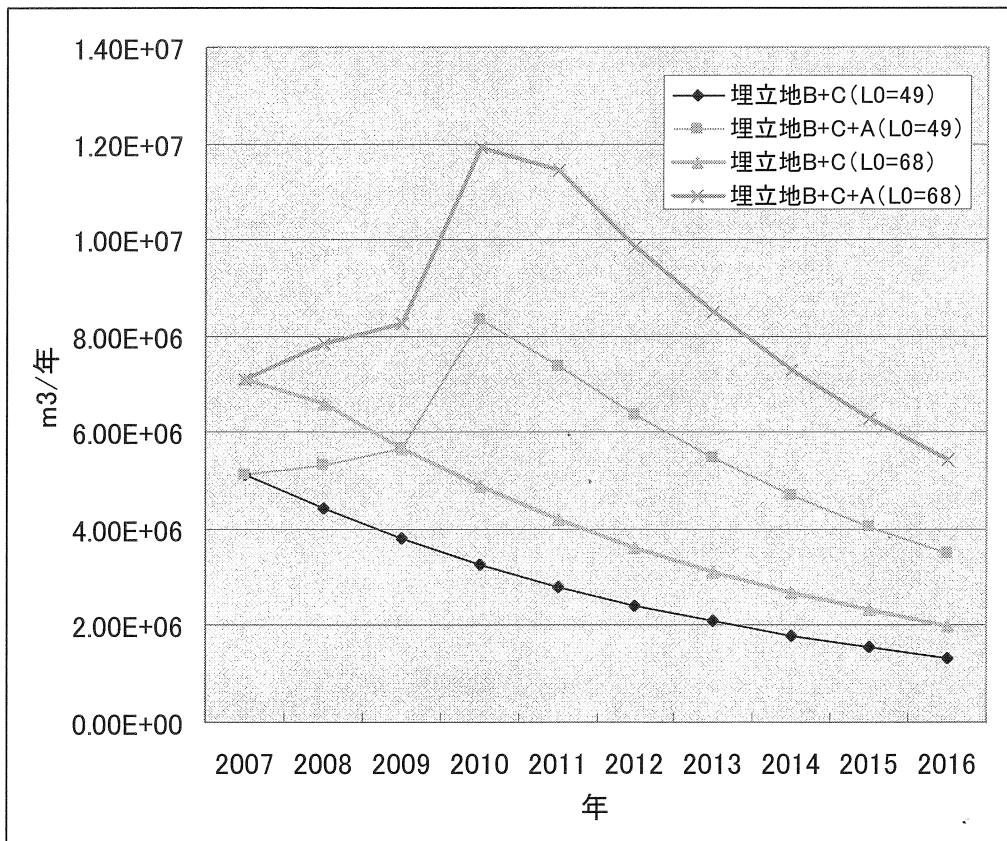


図 III-6-3  $DOC_F$  の LFG 発生量に与える影響



#### (4) CDM経費に対する政府補助への申請

政府補助金を受けることにより、事業性改善の可能性は考えられる。しかし、現時点で十分な検討が出来ていないので今後の検討課題としたい。

#### (5) 埋立地管理の改善によるLFG回収効率の改善

「埋立地管理の改善により、LFG回収効率の改善が可能である」と、本調査で協力頂いた Waste Management 社は指摘している。また同時に、埋立地を管理している自治体には、埋立地管理に対する知識・経験及び、資金がないとも考えられる。

埋立地が適切に運営が行われていない場合、担当者の教育が必要と考える傾向にあるが、実際はそれほど単純でない。通常、オープンダンピングの場合は運ばれてきたゴミをそのままダンピングするだけなので、費用の大部分が収集コストでオペレーションコストは殆どかからない。これに対して、衛生埋立の場合は、ゴミ均し、転圧、デイリーカバー等の管理作業が発生し、重機購入代、燃料代、土代、作業員代などの予算が必要となる。

つまり、運営を適切に行うためにはガイドラインの整備や教育だけでなく、適切な埋立地運営を行うために必要な資金(提供)が必要で、政府による支援が有効と考えられる。

#### (6) LFG 使用に対する対価の低減

H14年度の調査において課題としたLFG使用に対する対価に関する自治体へのヒヤリングは、プロジェクトの経済性確保が出来なかったため行っていない。しかし、H15年度のプロジェクトの経済性は、H14年度調査結果に比べ著しく低いことから、LFG使用に対する対価支払いはさらに難しい状況にある。したがって、プロジェクト実現には、埋立地の所有者である自治体が、地域の環境改善などプロジェクト実施の意義を理解し、LFG使用に対する対価を低く抑えることが必要である。

具体的には、現地カウンターパートや関連機関が、CDM や環境改善などプロジェクト実施の意義を理解するため、政府等によるキャパシティービルディングの実施が有効と考えられる。

## 6.2.2 その他 事業性に影響を与える課題

### (1) 埋立地の運用開始時期

LFG 発電プロジェクトにおいて埋立地にゴミが入っていることは、計画を進める上で最も基本となる条件である。ノタブリの廃棄物処分場は、2003年6月の廃棄物受入れ予定であったが、未だゴミを受け入れていない。今後、埋立が計画通りに実施されるかどうか、プロジェクト実施に向けた大きな課題である。

### (2) 廃棄物分野に係わる利権

途上国ではよくある事だが、とりわけ廃棄物分野には利権構造が存在しているとの指摘がある。実際に今回の現地調査(フィールドテスト)において、テスト井戸の設置においても利権の絡んだ問題に直面した。

利権の関する障害解決には追加の労力は勿論、追加的なコスト及び時間的なロスに繋がり、プロジェクトの事業性に影響を与える。実際のプロジェクト実施において最も大きな課題となる可能性がある。

### (3) プロジェクト実施に関わる手続き

プロジェクトの実施には、建設許可、CDM登録、発電許可、売電許可、売電契約等、多くの事務的な手続きが必要である。これらの手続きにどの程度の時間および費用が必要となるか現時点では、十分に把握出来ていない。しかし、これまで実施した調査の経験からすると、多くの時間を必要とし、プロジェクトの実施時期に影響を与える可能性は高い。なお、これらの手続きを円滑に進めるためには日本政府および政府機関によるバックアップが有効と考えられる。

### (4) LFG 発生量の信頼性

LFG 発生量の算定には、IPCC のグッドプラクティスガイダンスで示されている First Order Decay (FOD)法が広く利用されている。H15年度調査では、CDM事業の事業性を評価する指標を加える目的で、日本の GHG インベントリーの算定に使用されている Seldon Arteta モデルによる LFG 発生量算定を実施中である。

### 6.3 まとめ

H15年度の調査結果をまとめると以下のとおりである。

#### 1) LFG 発電プロジェクトの経済性

- LFG 回収量の減少に伴い、プロジェクト収入(発電および炭素クレジット)が大幅に減少する。
- CDM 経費の計上(H14年度は経済性計算に含んでいない)および CDM 経費がプロジェクト収入に比べ割高である。
- 以上の理由により、プロジェクトの経済性が低下(埋立地 B および C を対象とした場合 IRR=-11%、埋立地 B、C および A を対象とした場合 IRR=1%)し、民間企業の実施するプロジェクトとして成立しない。

#### 2) LFG 発生量および回収量

- 埋立地の廃棄物受入容量およびメタン発生ポテンシャルを見直した結果、LFG 発生量は H14 年度に比べ 38%減少した。
- LFGの発生速度は H14 年度の想定値より非常に速い。(埋立後初期に急激に発生量が増えて発生ピークをむかえ、その後急激に減少する)
- 上記および想定される埋立地の管理レベルを勘案し LFG 回収効等を見直した結果、LFG 回収可能量は、H14 年度の調査結果に比べ 75%減少する。

従って、プロジェクト実施のためには、経済性を改善が必要となる。具体的な改善策としては、対象埋立地の拡大(廃棄物量を増やす)、炭素クレジット価格および売電価格の上昇、LFG 発生量予測の精査、CDM 経費に対する政府補助金への申請、埋立地管理の改善による LFG 回収効率の改善、LFG 使用に対する対価の低減などが有効と考えられる。また、プロジェクト実施には、埋立地の運用開始時期、廃棄物分野に係わる利権などの影響を評価する必要がある。