

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

平成14年 2月14日

株式会社 大林組

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

1994年のGHGインベントリーでタイは、人口の増加、固形廃棄物排出量の増加、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於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すること、そして、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する。

調査概要

調査は、タイの地球温暖化対策の取り組み状況、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うものである。

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。

なお、調査は当社の現地法人であるタイ大林および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現地カウンターパートとして実施した。

I 現地概要および埋立地ガス利用技術について

1 現地概要

- 1.1 タイ概要
- 1.2 地球温暖化対策に関わる取組
- 1.3 温室効果ガス排出量
- 1.4 CDM 受入体制

2 固形廃棄物の現況

- 2.1 固形廃棄物発生量及び組成
- 2.2 固形廃棄物処理に関する法制度、施策

<参考> タイに廃棄物処理施設計画から実施までの流れ

3 バンコクの固形廃棄物の現況

4 タイの LFG 利用状況

- 4.1 LFG の一般状況
- 4.2 タイの LFG 利用への取組み
- 4.3 施策、助成制度
- 4.4 タイの LFG 利用技術
- 4.5 その他の LFG 利用に関する動向

Ⅱ CDM プロジェクトの検討

1 プロジェクト立案 : ノンタブリ埋立地メタンガス利用

- 1.1 プロジェクト概要
- 1.2 ノンタブリ埋立地の概要
- 1.3 ノンタブリ埋立地 LFG 発電施設の計画
- 1.4 プロジェクト立案
- 1.5 モニタリング計画

2 システムバウンダリーの検討

3 ベースラインシナリオの検討

4 事業性の評価

- 4.1 GHG 削減量の算定
- 4.2 プロジェクトの経済性評価

Ⅲまとめ

1 LFG 発電の事業化に向けた課題及び必要検討事項

- 1.1 LFG 発生及び回収に関する課題
- 1.2 埋立地に関する留意点
- 1.3 その他の留意点および検討必要事項

2 まとめ

- 2.1 他地域への波及効果
- 2.2 まとめ

現地調査概要

添付資料リスト

参考文献リスト

I 現地概要および LFG 利用技術について

1 現地概要

1.1 タイ概要

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)を占める。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山がちのマレー半島で、ゴム、ココナッツ、錫などを産する。

2) 気候

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。

3) 歴史

国名「タイ王国(Kingdom of Thailand)」は、それまでの「シヤム(サイアム)」に代わり1949年に制定された。

① スコータイ王朝(1238～1378年)

タイ族は、中国南西部に起源を發し、徐々にインドシナ半島に南下し、13世紀にクメール(カンボジア)人、モン人の王国から独立を果たした。タイ王国の基礎は、このスコータイ王朝で築かれた。

② アユタヤ王朝(1351～1767年)

アユタヤ王朝は、スコータイ王朝を吸収しさらに領土を広げ、17世紀には西欧、中国、日本などとも交易を行い繁栄したが、1767年にビルマ軍の侵入により首都アユタヤは陥落、王朝は滅亡した。

③ トンブリー王朝(1767～1782年)

アユタヤの将軍タークシンはビルマ軍を撃退し、チャオプラヤ川の西岸に新都を作った。

④ チャックリー王朝

タークシンの死後、部下のチャックリー将軍はラーマ1世と号し、都をバンコクに移した。ラーマ4世(モンクット王、在位1851～1868年)は西洋諸国と修好通商条約を結び、タイの植民地化を防ぎ、近代化を図った。ラーマ5世(チュラロンコーン大王、在位1869～1910年)も先代の遺志を受け継ぎ、社会経済制度の改革、中央集権化を進めた。1932年に立憲革命が起こり、タイは絶対君主制から立憲君主制に移行したが、チャックリー王朝は現国王ラーマ9世(プーミポン・アドゥンヤデート王、1946年即位)に継承されている。

4) 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6000万人である。

タイは、ASEANの中で、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。

年齢別の人口比率を見ると、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年少者人口(15歳未満)の割合が27.9%から19.7%に減少する一方、高齢者人口(60歳以上)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、労働者人口(15～59歳)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予想している。(2020年の人口は約7100万人と予測)

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、

首都バンコクに全国の9.2%の人口(573万人)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。

5) 民族

タイ国民の約8割はタイ族といわれ、その他は華人も約1割と多いが、タイ化が進んでいる。また、南部にはマレー族も多く見られ、北部には山岳民族なども居住している。

6) 宗教

タイの国民のうち95.4%が仏教徒で、イスラム教徒が4%、キリスト教0.6%となっている。

タイでは憲法により信仰の自由が保障されている一方、国教は仏教とされ、寺院の数が30万以上といわれる。タイの仏教は南方上座部(テーラワーダ)仏教で、僧侶と俗人の区別が厳格であり、僧侶は227もの戒律を守り厳しい修行に励み、俗人は寺院や僧侶への功德(タムブン)に勤める。

7) 政治

① 政治動向

96年11月の総選挙でチャリワット党首を率いる新希望党が第1党となり、チャーチャイ元首相(故人)率いる国民発展党などと共に、6党による連立政権が成立した。同政権の最大の課題は、経済の建て直しと政治改革であった。しかし経済については、輸出の伸び悩み、不良債権問題の発生による金融不安、そしてついには97年7月2日のタイ・パーツの管理フロート制移行という事態になった。

政治改革については、下院の小選挙区比例代表制、上院の直接選挙制、閣僚の議員資格喪失などを盛り込んだ新憲法が97年9月27日、難産の末可決され、タイでは初めての民主的な手続きによる憲法が成立し、同10月11日に発効した。

チャリワット首相は憲法改正を遣りどげたものの、経済政策の失敗などから強い批判を浴び、97年11月3日に辞任を表明した。後任の首相は与党第2党のチャーチャイ国家発展等党首と野党第1党のチュアン民主党党首の争いになったが、チュアンが連立与党の切り崩しに成功し、97年11月9日、新首相に就任し、経済専門家チームを中心とする内閣を発足させた。その後は国際通貨基金(IMF)のプログラムに沿った政策運営を進め通貨の安定をもたらすなど、国民世論の支持を集めてきた。

しかし、内需停滞や金融機関の貸し渋り、さらにアジア諸国の景気の後退などにより依然経済は低迷を続け、失業者は増大した。そうした中、98年10月5日には

医薬品不法販売疑惑による厚生大臣辞任をきっかけに、ゴーン党首率いる野党第2党の国家発展党が連立与党に加わるなど大幅な内閣改造が実施された。

99年7月には、与党第4党だった社会行動党が党内対立から分裂状態に陥り連立与党を離脱したことなどから、同月12日、チュアン連立政権は内閣改造を実施した。

2000年3月4日に初の上院選挙が実施され、選挙違反続出から繰り返し選挙が実施されたが、7月末の第5回再選挙で全議席が確定した。一方、下院については、6月に早期解散・総選挙を求め野党議員が大量辞職し、チュアン首相の解散権行使に国民の注目が集まっていたが、任期切れ(11月7日)直前の11月9日、下院は解散され、新憲法下で初の総選挙が2001年1月6日に実施された。

2001年1月6日に実施された選挙の結果、タイ愛国党が過半数にせまる248議席を獲得し、圧倒的勝利を収めた。タクシン同党首は2月9日、タイ愛国党、タイ国民党、新希望党、自由正義党およびタイ地域党の賛成多数により、第23代首相に選出され、同月17日、タクシン内閣が国王の承認を受け発足した。タクシン首相の過去の資産報告に不正があったとの問題については、2001年8月3日に憲法裁判所が「シロ」の判決を下した。2002年3月3日に行われた下院議員補欠選挙で改選議席の半分しか確保できなかったなど人気に陰りが出る中、国家発展党を連立政権内に取り込み政権の安定化を図っている。しかしながら、党内派閥間のあつれきやタクシン首相とマスコミの対立など政権内部での不安定要素も増えつつある。

② 政権機構

A) 政体:立憲君主制

B) 元首:プーミポン・アドゥンヤデート国王(ラーマ9世)

1927年12月5日生まれ、1946年6月10日即位。2001年6月10日で在位55周年。憲法は、国王を神聖不可侵の元首(刑法には不敬罪の定めもあり)、国軍の統帥者、仏教の援護者であると規定している。

C) 議会:二院制

上院 200議席 任期5年。下院 500議席 任期4年

D) 地方自治制度

県—郡—区—村という内務省による直接的な監督下にある縦割り地方行政単位と、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。ただし、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。

8) 経済概況

① 経済構造

タイ経済は、1960年から96年までの年平均成長率が7.6%となるなど、通貨・経済危機を迎える97年までは長期にわたる高度成長が続いた。産業構造は、当初は農業を中心とするものであったが、80年代には外国直接投資が増加したことにより急速に工業化が進み、現在では工業・サービス業を中心とする経済構造に移行した。

GDPの産業別構造では、製造業のシェアは80年が21.5%、90年が27.2%、2000年が33.5%と上昇する一方、農林水産業は80年が23.2から、90年が12.5%、2000年が9.1%とシェアを落とし続けている。また、輸出総額に占める農業製品の比率は80年が51.1から、2000年が10.6%へと低下しているのに対し、工業製品は、80年が32.3から、2000年が74.9%へと上昇した。

GDPの項目別伸び率や寄与度をみると、通貨・経済危機前には消費支出や民間・政府による直接投資が経済の牽引役を果たしてきた。しかし、通貨・経済危機により個人消費は減速し、過剰設備の存在やIMFの緊縮財政指導などから民間・政府の投資が大幅に落ち込んだ。そのため企業は落ち込んだ国内市場をカバーするため、積極的に輸出を増加させた。通貨・経済危機後のGDPをみると、輸出の寄与度が増加していることがわかる。

こうした経済構造は、タイ経済が主要な貿易相手国である日本や米国などの経済に大きく依存していることを意味している。最近の輸出動向をみても、2000年後半からの米国経済の減速により世界経済が低迷し、その結果2001年にはタイからの輸出が前年比6.9%減と大きく落ち込み、GDPの伸び率も1.8%と低迷した。

所得水準は、タイ経済の成長と共に上昇した。60年の1人当たりGDPは103ドル、80年は693ドル、90年は1530ドル、96年に3040ドルまで上昇した。しかし、97年の通貨・経済危機によりタイ経済が深刻な打撃を受けたこと、パーツ安の影響もありドル表示の1人当たりのGDPは減少を続け、2000年には1960ドルまで低下した。

他方、国内での貧富の格差や地域間での所得格差も生じている。国家経済社会開発庁によると、96年末に680万人(総人口の11.4%)であった貧困層は、危機により99年に990万人まで増加した。また、地域別にはバンコク及びその周辺地域に富が集中している。98年の1人当たりのGDPは全体では1830ドルであったが、バンコク・周辺では4990ドル、最も低い東北部では638ドルと両地域間で8倍近い格差となっている。

② 経済動向

97年の通貨・経済危機は、タイバーツがそれまでの実質ドルベック制からフロート制に移行し、通貨価値を大幅に減価させたことが発端となったが、その他にも、高成長が続いたことにより設備機械や原材料などの輸入が増加し、貿易収支や経済収支が慢性的に赤字化していたこと、高金利で短期資本が大量に流入し一部がファイナンス・カンパニーなどを通し不動産投資に使われてバブルを引き起こしたこと、96年春以降一部の金融機関の破綻が表面化し金融セクターへの不安が高まったこと、などが複合して起こったものとされている。

通貨・経済危機以降のタイ経済は、バーツ安から輸出部門は急激な回復したものの、不良債権処理、過剰設備の存在、農産物価格の低迷による農家所得の伸び悩みなどの国内要因により相殺され、経済回復は緩やかなものにとどまっている。

こうした状況の中、2001年1月の総選挙で勝利を収めたタクシン首相は、30バーツ医療制度、農民債務利払いの猶予、村落基金の設置など低所得者層のテコ入れ政策を数多く採用した。2001年には世界経済の低迷に伴い減速したタイ経済であるが、政府のこうした景気刺激策により個人消費が堅調に推移したことや米国経済の回復傾向などもあり、2002年始めに底打ちし再び回復基調に入った。

9) 電力事情

① 国内資源

A) 水力

包蔵水力ポテンシャルは約15,155MWと推定されているが、2000年4月までに開発された水力は2,893MW(工事中も含め3,893MW)に過ぎない。残りの分については環境上の理由から当面開発が見送られている。

B) 天然ガス

タイの天然ガス包蔵量は、33.3兆立法フィートと推定されている。現在までに4兆立法フィート超が発電事業に利用されている。

C) 石油

タイの石油採取可能量は、約9億1,300万バレルと推定されている。地質上、開発コストがかさむことから、発電用の石油の殆どは輸入に頼っている。

D) リグナイト(泥炭)

リグナイトはタイ国内に広く分布し、埋蔵量は24億8000万トンと推定されている。既に約半数を用いて2625MWの発電用に開発されているが、新規リグナイト発電は、環境上の反対が強く予定されていない。

② 電気事業体制

タイにおける電気事業は、発電、送電および配電に分割されている。発電について最も重要な役割を担っているのはタイ発電公社 (Electricity Generating Authority of Thailand: EGAT) で、全発電事業者の総発電能力の 68.4% (2001 年推定) を占めている。

この他の発電事業者として、EGAT から分離民営化された EGCO (Electricity Generating Pcl.) を始めとした独立発電事業者 (Independent Power Producer: IPP)、各工業団地のために発電を行っている小規模発電事業者 (Small Power Producer: SPP)、さらにラオス等の外国がある。電源 (燃料別) 構成 (2001 年現在) は水力 13.7%、石炭 14.2%、石油 13.6%、天然ガス 56.7%、再生可能エネルギー 0.2%、その他 (外国からの購入電力) 1.6% と天然ガスに偏った構成となっている。

送電については、EGAT が全て行っており、発電事業者は電力を直接需要家に販売できず EGAT に売ることになっている。

配電 (小売り) については、首都圏配電公社 (Metropolitan Electricity Authority: MEA) が首都バンコクおよび隣県 2 県 (サムサットプラカン、ノンタブリ) を、地方配電公社 (Province Electricity Authority: PEA) が MEA 供給地域以外の全ての県を供給地域とするなど地域分割がされている。

MEA と PEA は、EGAT から電力を購入しているが、配電線整備の容易さ (供給エリアが狭いため、設備投資が少なくてすむ) から MEA の方が電力料金は安くなるはずである。しかし、政策上の理由により、PEA の電力料金は MEA と同等に設定されている。この全国均一料金維持のため、EGAT は PEA に MEA より安く電力を販売している。

1.2 地球温暖化対策に関わる取組

1) 京都議定書に対する動き

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。なお、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。

① 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

② 京都議定書 (Kyoto Protocol)

署名 1999 年 2 月 2 日

批准 2002 年 8 月 28 日

2) タイの地球温暖化対策関連組織

タイの地球温暖化対策は、科学技術環境省 (Ministry of Science, Technology and Environment:) 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。(MOSTE の組織を Figure I-1-1 に示す)

調査開始当初、OEPP はタイにとって適格な CDM 事業の枠組みを構築するための準備として、国家戦略・スタディ (National Strategy Study) を作成し、承認の手続きに入っているとの情報であった。しかし 2002 年 9 月、タクシン首相の「タイは基本的には CDM プロジェクトを受け入れない」という発言後、その進捗は不明である。また、OEPP は、タイ政府に対して気候変動に関する施策のアドバイザーとしての役割を果たしている National Committee on Climate Change (NCCC) の議長も務めている。



Figure I-1-1 科学技術環境省(MOSTE)組織

1.3 温室効果ガス排出量

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

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。

第二回目の GHG インベントリーは UNFCCC のフォーカルポイントである OEPP がタイ政府の資金的な援助を受け1997年に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、米国、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。

第三回目の GHG インベントリーは Thailand's Initial National Communication として1994年のインベントリーが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。(Table I-1-1、Table I-1-2 参照)

Table I-1-1 GHG インベントリー(1994)

温室効果ガス 吸収源分類	CO ₂		CH ₄	N ₂ O	NO _x	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)

Table I-1-2 CO2 換算 GHG インベントリー(1994)

GHG種類	排出量 (Gg)	温室効果可能性係数	CO2相当量	%
CO2	202,458.05	1	202,458	70.69
CH4	3,171.35	21	66,598	23.25
N2O	55.86	310	17,317	6.06
Total			286,373	100.00

(1 Gg =

1,000 ton)

1) 廃棄物セクター

タイにおける廃棄物セクターからのメタン排出源は固形廃棄物と廃水処理である。その中で、注目すべきポイントは、タイの衛生埋立地で処理されている固形廃棄物は、全固形廃棄物の内 25%以下に過ぎないにもかかわらず、衛生埋立処理より発生するメタンは、固形廃棄物全体から排出される全メタンの約 43%と非常に高い割合となっている点である。(Table I-1-3参照) これは、衛生埋立処理が他の処理方法に比べによるメタン排出率が高いことを示している。

従って、今後メタンガス発生量は、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、固形廃棄物排出量の増加に伴い 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している。

これに対してタイでは、メタン排出抑制の手段として以下の対策を示している。

- ① リサイクル
- ② 廃棄物発生量の低減
- ③ リサイクルによる固形廃棄物発生率の低減
- ④ 固形廃棄物のエネルギー利用

①～③の対策は固形廃棄物排出量削減に関するものであるが、現状のメタン排出レベルから相当量の排出量削減または排出制限が可能であるとしている。

また、④ 固形廃棄物のエネルギー利用の中で、LFG 発電およびパイプラインガスへの利用はメタン排出削減に非常に効果的であり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可能としている。これらの普及促進に関して、政府は LFG を利用した発電プラントは Small Power Producers (SPP)として有望であるとしており、これまでに 75MW が実施可能であることが確認されている。しかし、これらを実現する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である事が必要としている。

また、Table I-1-4 に示す通り、1990年のインベントリーでは固形廃棄物からのメタン排出量は1994年比べ非常に高い値を示している。その理由は下記のような

算定方法の違いによるものであり、廃棄物処理量、処理方法の変更によるものではない。

- ① 以前(1994以前)の算定方法
 廃棄物のマスバランスから算定する。この算定方法では時間のファクター、廃棄物のカテゴリー、処分場の年代の概念が含まれていない。
- ② 現在(1994年版から)は **First order kinetics method** を使用し時間を考慮した計算方法を採用している。

Table I-1-3 廃棄物セクターからのメタン排出量 GHG インベントリー(1994)

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

Table I-1-4 廃棄物セクターからのメタン排出量 1990、1994 インベントリー比較

廃棄物セクター	1990 インベントリー	1994 インベントリー
固形廃棄物	121.41	19.57
排水処理	24.68	15.65

(単位 Gg)

1.4 CDM 受入体制

OEPP に対してタイの CDM 受入れ体制についてヒヤリング調査を行った。(2002年7月)

CDM に対するニーズをまとめると以下の通りである。

- ① エネルギーセクターの優先度が高い。
例えば、エネルギーの効率改善事業、再生可能エネルギー等
- ② 植林は好ましくない。

しかし、バンコクポストで、タイは先進国から GHG を削減し、クレジットを得るプロジェクトに関するプロポーザルを断るとの記事が掲載された。(2002年9月20日) その後、10月にタイの CDM に対する受入姿勢について直接確認するため OEPP に面会を申し出たが、タイの政府としてはやはり政府の方針通り CDM を受け入れない方向で動いているので、打合せをしても今のところそれ以上の話は出来ないとの返事であった。

なお、ヒヤリング調査で、LFG 発電については、カセサート大学と大林組の技術を複合させ共同で GEF(Global Environment Facility)ファンドを申請して研究資金を獲得し、事業化へつなげると CDM となり易いとのアドバイスを頂いた。

ヒヤリング対応者

Surin Vivajsirin 氏 (Director, International Environmental Affairs Div.)

2 固形廃棄物の現況

2.1 固形廃棄物発生量及び組成

タイ全体の固形廃棄物の発生状況に関する MOSTE と公害管理局(Pollution Control Department: PCD)の報告を見ると、タイの固形廃棄物量は年を追って増加し、1992 年に排出された固形廃棄物は全体で 1 日当たりおよそ 30,000 トンであったのが、現在は 1 日当たり約 38,000 トンへと増加している。(Table I-2-1、Table I-2-2、Table I-2-3、Figure I-2-1) MOSTE PCD によると、経済危機以前(1992~1996 年)の増加率は年 4% 程度に達していたが、現在は約 1% の増加率となっている。また、タイの固形廃棄物の組成を Table I-2-4 に示す。

Table I-2-1 タイの固形廃棄物の状況 (2000 年)

固形廃棄物発生量	約 38,000 トン/日 (約 14,000,000 トン/年)
増加率	年間約 1% 増
発生原単位	約 1kg/人・日
最終処理	36-38% の固形ごみが衛生埋立地で処理。それ以外は主にダンピング

Table I-2-2 固形廃棄物の地域別の発生量% (2000 年)

バンコク首都圏	24 %
地方都市	31 %
それ以外	45 %

出典: タイ公害報告書 2000 年版

Table I-2-3 タイの固形廃棄物の発生量 (1992~2000 年) (トン/日)

地域	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1 バンコク市	6,000	7,050	7,000	7,192	8,098	8,949	8,497	8,990	9,130
前年比増加率(%)		18%	-1%	3%	13%	11%	-5%	6%	2%
2 都市部 (衛生区、パタヤ含む)	7,620	7,560	9,802	10,966	11,553	13,015	12,191	12,328	11,785
前年比増加率(%)		-1%	30%	12%	5%	13%	-6%	1%	-4%
都市部 (パタヤ含む)	3,180	3,422	5,618	6,311	6,658	8,196	7,414	12,328	11,785
衛生地区	4,440	4,138	4,184	4,655	4,895	4,819	4,777	-	-
3 都市部、衛生区以外	15,920	16,030	16,206	16,334	16,378	15,138	16,558	16,561	17,255
前年比増加率(%)		1%	1%	1%	0%	-8%	9%	0%	4%
合計	29,540	30,640	33,008	34,492	36,029	37,102	37,246	37,879	38,170
前年比増加率(%)		4%	8%	4%	4%	3%	0%	2%	1%

出典: MOSTE PCD HP Solid Waste Generation in Thailand from 1992-1999 及び タイ公害報告書 2000 年版

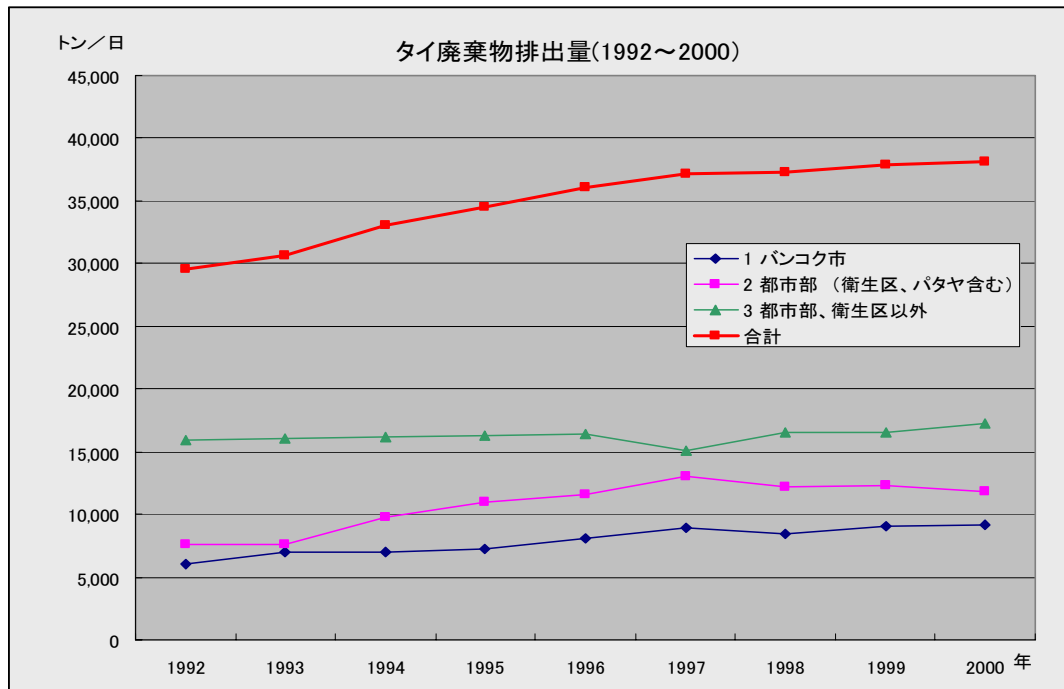


Figure I-2-1 タイの固形廃棄物の発生量 (1992～2000年)

Table I-2-4 固形廃棄物組成 (2000年の実績)

分類	構成比率 (%)
有機性廃棄物	42%
紙類	14%
プラスチック	17%
金属類(鉄)	4%
金属類(AL)	2%
ゴム系	2%
ガラス類	4%
危険物他	15%

出典: MOSTE PCD タイ公害報告書 2000年版

2.2 固形廃棄物処理に関する法制度、施策

タイの廃棄物回収状況を見ると、バンコクでは発生する固形廃棄物の約95%が回収されているが、パタヤを含む他の都市部では約80%にとどまっている。バンコクで固形廃棄物は衛生埋立地により処理されているが、それ以外の地区では衛生埋立地も増えてきているものの、野積みや野焼きなど非衛生的な処理が多い。そしてこれらの非衛生的な処理は、公害、苦情などの原因となっており、共に、侵出水により河川等の水質汚染も引き起こしている。

このような状況に伴い、廃棄物の発生量の増加が著しいバンコク周辺県、イースタンシーボート県、その他の地方都市では、固形廃棄物、尿尿の管理面だけではなく、環境汚染、健康への影響も大きな問題となっている。

MOSTE の PCD はこのような問題が顕在化しているにも拘わらず、改善が遅れている理由として、以下をあげている。

- 1) 廃棄物処理に関する長期マスタープランの欠如
- 2) 複数のコミュニティーによる処理施設や設備の協力、共同利用計画の欠如
- 3) 固形廃棄物の分別、収集、処分に対する明快な規制、ガイドラインの欠如
- 4) 自治体など担当組織において
 - ① 廃棄物処理の問題に対する優先度低い
 - ② 各自治体の管理能力不足
 - ③ 長期間利用できる固形廃棄物処理施設の土地確保が困難
 - ④ 資金、材料、機器そして“知識のある”作業員の不足
- 5) 固形廃棄物のリサイクルに必要な収集システム欠落
- 6) 収集費の民間負担という重要原則の欠如

MOSTE はこれらの問題の解決に向け、国家環境保全推進に関する施策と計画 1997～2016（添付資料 1：Policy on pollution and Eradication under Thailand Policy and Perspective Plan for Enhancement and Conservation of National Environmental Quality, 1997-2016）を作成している。そして、その中で以下の目標を立てている。

- 1) 固形廃棄物排出量の減量化(1.0 kg/人・日)、固形廃棄物リサイクルの促進(固形廃棄物発生量の 15% 以上)
- 2) 固形廃棄物の収集率の向上
 - ① 都市部 (Municipal District) 収集残し“ゼロ”
 - ② 都市部以外 (Outside Municipal Districts) 収集残し 15%以下
- 3) 各県に於いて固形廃棄物、尿尿処理マスタープラン作成および固形廃棄物、尿尿に関する適切な処理システムの確立

また、その実現のため民間セクターにインセンティブを与え、参加を強く促すと共に、廃棄物

処理の問題解決や効率改善に寄与する調査研究や技術開発も促進するとしている。

<参考> タイに廃棄物処理施設計画から実施までの流れ

タイに於ける衛生埋立地を含む廃棄物処理施設が一般的にどのように計画され、実施されるのかヒヤリングを行った。(カセサート大学 EEEG Prof. Kiatkrai より)

1) 計画から実施までの流れ

① 該当自治体



または、それ以下のレベルのタンボン、ムーバーンで独自に計画

② プロビンス(県)単位で取りまとめ(選定もあり)



③ MOSTE(OEPP)に計画を提出



④ OEPP により予算に応じて各県から出てきた案件の中から採択



⑤ 計画実施

補助金が支給される。

2) ただし、計画採択されるには各自治体で事前に計画書を作成し、応募する方がより予算がつきやすくなるとの事。

3) 埋立工事、設計工事は自治体から発注される。

ただし、『国際協力事業団タイ事務所 在外事務所プロジェクト形成調査(廃棄物分野)報告書 H11.3』によると、一般廃棄物処理については、関連する機関の役割分担について重複が見られるとの事である。例えば、地方都市での一般廃棄物処理を管轄するのは、法的には MOSTE となっているが、プーケットの焼却施設の様には内務省の PWD が事業を支援しているケースが見られるとのこと。

3 バンコクの固形廃棄物の現況

バンコクの固形廃棄物処理は衛生埋立が中心となっている。しかし、将来の処分場の容量不足が深刻になってきており、財政面の課題はあるものの、焼却施設建設の計画推進に積極的に取り組んでいる。また焼却施設と並び、海面埋立にも大きな興味を示しており、JICA に対し環境アセスメント実施の要請をしているとの事である。

バンコクの固形廃棄物の収集はバンコク市(Bangkok Metropolitan Administration: BMA)が行っている。収集された固形廃棄物はバンコク市内にある3ヶ所の中継基地であるオンノック、ノンケン、ターラン(2000年以前は、現在の中継基地がダンピングサイトとなっていた。)に集められる(Figure I-3-1)。それぞれの中継基地の運営は民間企業に委託されている。また、中継基地への搬入前にスカベンジャーにより有価物は取り除かれる。中継基地では収集車のまま、重量を計測した後、民間のトラックに積み替えられ、最終的にバンコク隣県のカンペンセン衛生埋立地およびラチャテワ衛生埋立地(それぞれ民間埋立地)に運ばれ埋立処理される。(Figure I-3-1、Figure I-3-3)

なお、埋立処分量が BMA の見込みを大きく上回っている為、BMA の予定していた4年間分の埋立処理予算を約2年間で使い切ってしまったとの事である。

また、BMA では処分場の容量不足に対処するため、民間の意識の向上および、リサイクルの推進による固形廃棄物量の削減を目指している。リサイクルの中でも、固形廃棄物の50%近くを占める有機性廃棄物(Table I-3-2)に対する取組としてオンノック中間処理場に新しいコンポストプラント(1000トン/日)を作る計画が進行中である。その他、一部の中継基地では固形廃棄物の分別も開始されており、技術的、財政的な問題が解決されれば、その他の施設への導入も検討されているとの事である。

なお、埋立地ガス(LFG)の利用については、埋立地が民間の所有であることから、BMA は殆ど関与していない様子である。ただ、オンノックにあるダンピングサイト跡地からの LFG 回収は科学技術環境省により FS が実施されている。

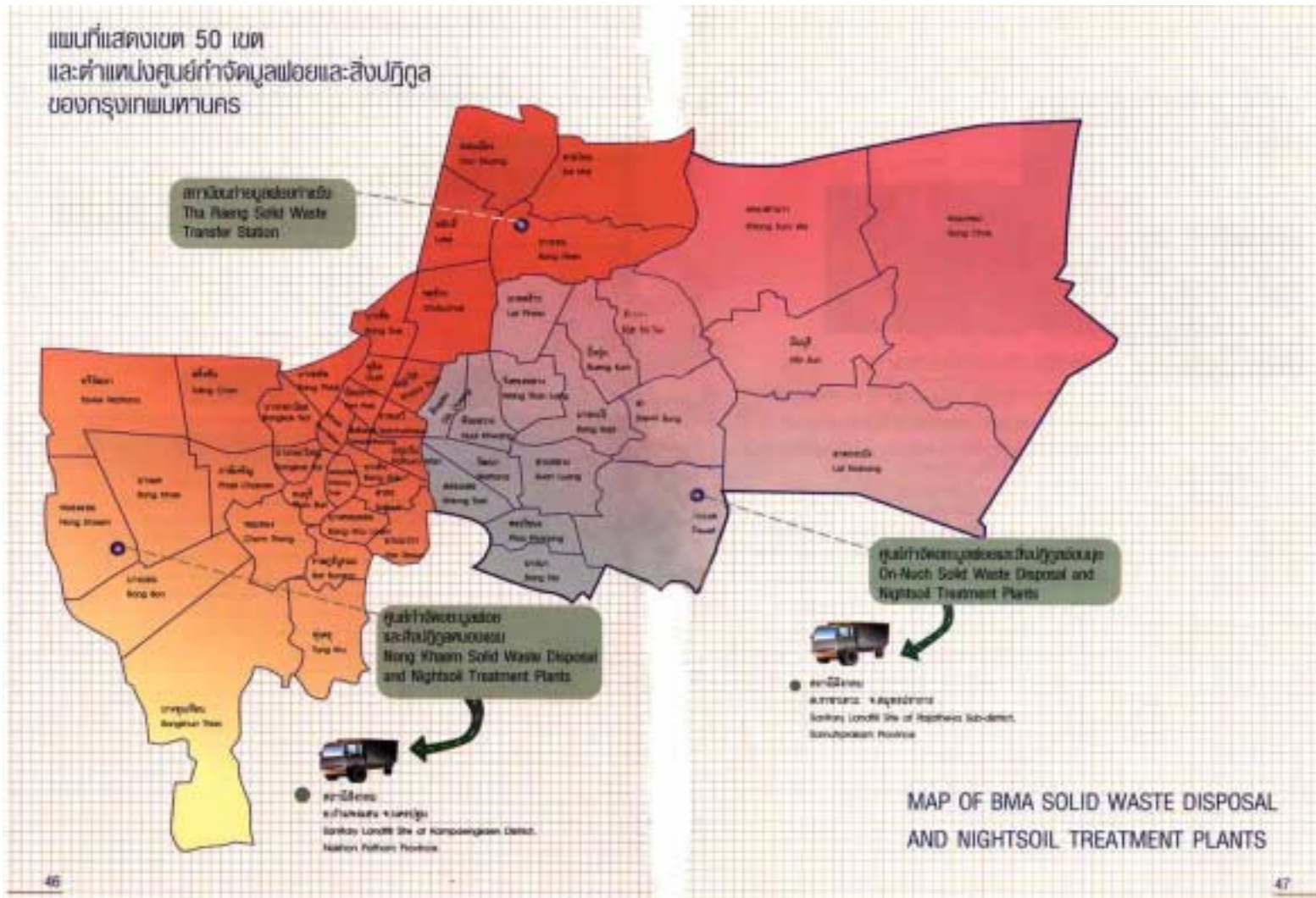


Figure I-3-1 กรุงเทพ固形廃棄物処理施設 配置

Table I-3-1 バンコク固形廃棄物の発生量（1992～2000年）

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
バンコク市	6,000	7,050	7,000	7,192	8,098	8,949	8,497	8,990	9,130
前年比増加率(%)		18%	-1%	3%	13%	11%	-5%	6%	2%

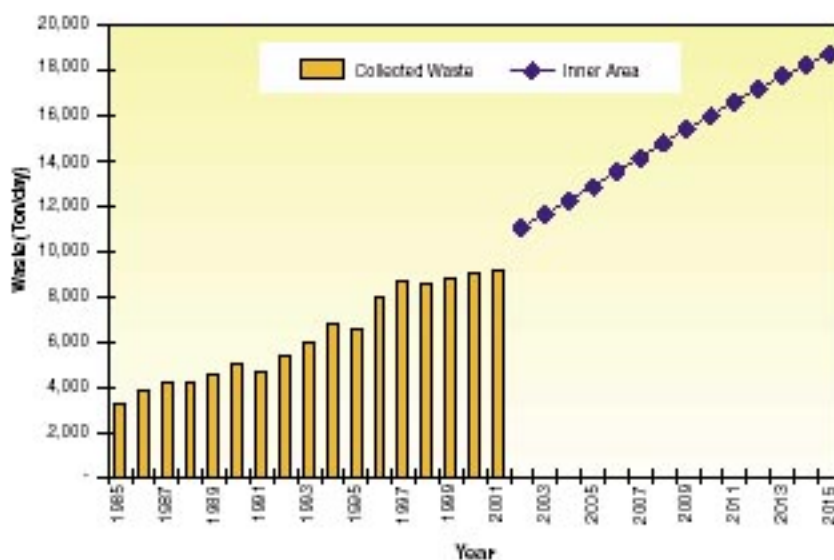


Figure 4.1 The Quantity of Collected Solid Wastes in Bangkok 1985-2001 and the Estimated Solid Wastes Generated in 2002-2015 (Source: Department of Public Cleansing, BMA, 2001)

Figure I-3-2 バンコクの固形廃棄物の処理量

出典：BMA Public Cleansing Department

Table I-3-2 固形廃棄物組成(%)

分類		1996年	1997年	1998年	1999年	2000年
有機性 廃棄物	厨芥	28.74	44.28	35.54	35.41	46.88
	紙類	11.20	11.39	11.58	9.57	8.66
	布類	7.34	6.17	3.71	11.01	6.43
	せん定、木	2.98	5.77	14.51	7.89	6.77
	有機性廃棄物合計	50.26	67.61	65.34	63.88	68.74
非有機	プラスチックや樹脂	19.06	17.43	19.80	25.84	19.47
	金属	2.76	2.30	2.00	0.96	1.47
	ガラス	6.72	4.47	4.17	1.67	2.57
	その他	21.20	8.19	8.69	7.65	7.75

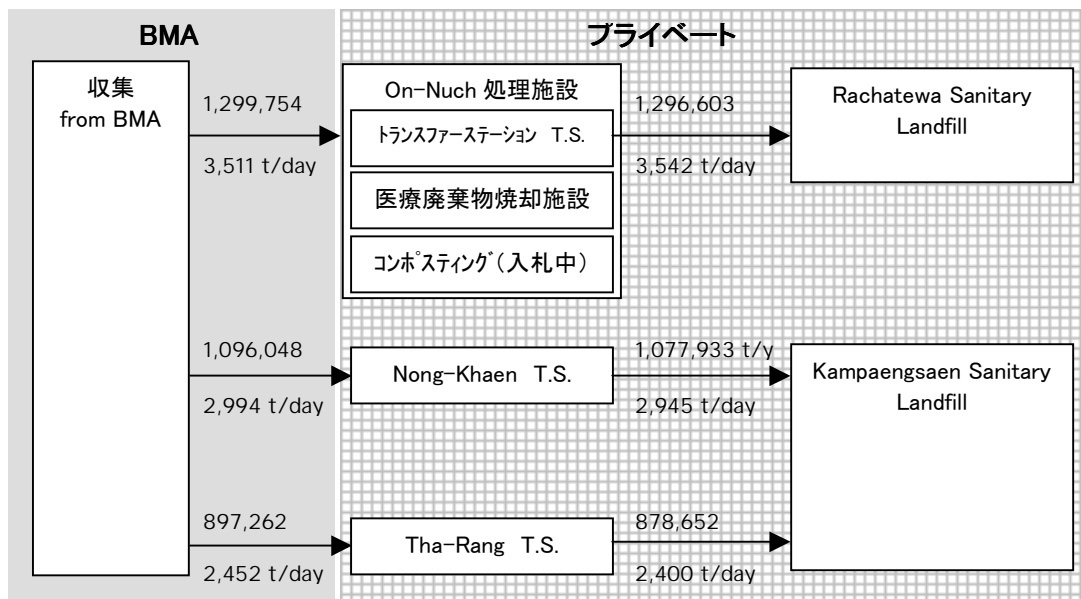


Figure I-3-3 固形廃棄物処分フロー(2000年)

Table I-3-4 バンコクの(固形廃棄物を受け入れている)衛生埋立地概況

カンペンセン 衛生埋立地	場所	Nakhon Pathom 県 Kampaengsaen
	運営会社	Group79 社
	受入量	約 5300トン/日
	契約料金	354 Baht / ton
ラチャテワ 衛生埋立地	場所	Samutprakarn 県 Bangplee
	運営企業	Pairojsompongpanitch LTD., Part.
	埋立容量	9,000,000 トン (現在、全体の約 50%が埋立完了)
	受入量	約 3500トン/日
	契約料金	323 Baht / ton

バンコクでは新たな廃棄物処理技術の導入、民間の参加と理解による固形廃棄物管理の改善を目指して以下の様な事業を計画又は実施している。

- 1) 市民参加
ごみの減量化・分別事業推進、住居前の美化推進、家庭の危険物ごみの分別推進、
生ごみの再加工による無臭処理化の推進
- 2) 固形廃棄物収集の改善
地理情報システムを利用した効率的なごみ収集への改善、有価物収集システムの開
発、家庭排出危険物ごみの専用トラックによる収集、移送業務、民間契約による事業
系ごみの収集
- 3) 固形廃棄物処分改善

固形廃棄物(未分別)の分別、コンポスト、焼却による処分、Preparation of a Master Plan for Land Use for BMA's Solid Waste Disposal Plants.、固形廃棄物処理施設の土地利用に関するマスタープランの準備、世界的な基準に適合した衛生理立地への改善、建築廃材の処理設備の導入、危険物ごみの仮保管場所および処理設備の計画

出典:Bangkok Beams (添付資料 2)

4 タイの LFG 利用状況

4.1 LFG の一般状況

1) LFG について

LFG は、有機物が嫌気状態で処理あるいは放置された場合に発生するメタン、二酸化炭素を主成分とするバイオガスである。LFG のメタンの含有率は有機物含有量、種類、温度、水分、埋立てられてからの時間など様々な条件により異なるが、日本のような廃棄物の焼却処分の行われていない場合、概ね50%程度である。発生する LFG の量は、メタン含有率と同様に条件により異なるものの、一般的に廃棄物1トンあたり200m³ 程度発生するとされ、そのうちメタンの含有量が50%とすると約100 m³/トンのメタンが発生する。メタンの低位発熱量は約8000kcal/Nm³あるので、LFG は、約4000kcal/Nm³ の発熱量を持つエネルギーといえる。

なお、近年日本で注目されている畜産廃棄物や食品残渣などによるバイオガスシステムは、埋立地内のメタン発生プロセスを、温度等のコントロールにより効率的にバイオガスを回収するシステムでメタン発生プロセスそのものは同じである。

一方、メタンは、二酸化炭素の約21倍の温室効果のある GHG である。従って、同じ条件では二酸化炭素換算で2100m³/（廃棄物）トンの排出となる。

つまり、LFG 利用は、エネルギー有効活用および GHG 削減の両方を同時に実現できる非常に優れたシステムであることは勿論、悪臭防止や爆発の危険削減など周辺地域の生活環境の改善にもつながる対策である。

CADDET(International Perspective on Energy Recovery from Landfill Gas: 添付資料 3)によると、埋立地から回収可能なエネルギーは、メタン発生量から算定すると、エネルギー(熱)換算で1995年の調査で、13, 000MW_{th}、2010年までには19, 000MW_{th}、2025年には28, 000MW_{th} に増加すると予想されており、今後特にアジア地域に於ける増加が予想されている。

2) LFG 利用状況および用途

現在、LFG 利用は5大陸、20カ国で600以上実施されているとされ、主に北米と西欧で利用されている。また、LFG からのエネルギー回収技術は収集、利用に関して成熟しているが、プロジェクトを個別にみると障害も多く存在するとされている。

LFG の用途としては、①ボイラーなどの熱源用燃料、②ガスエンジン発電機などの発電用燃料、そして、LFG を高度処理して③ガスパイプラインへの供給が考えられるが、管理面、経済性の面から熱源利用が最も好ましい。しかし、熱源用燃料としての利用は、LFG の回収施設の近くに、安定的に LFG を利用してくれるユーザーの存在が最も重要な条件となるので、採用の場合には入念な事前の調査が必要である。一方、管理面、経済性でやや劣るものの、発電は配電網が近くにあればユーザーにとられることがなくなるため、選択肢として一般的に広く採用されている。

4.2 タイの LFG 利用への取組み

タイの LFG 利用に関する支援が MOSTE の PCD やバンコク市の PCD よりも NEPO や科学技術環境省のエネルギー開発および推進部 (Department of Energy Development and Promotion: DEDP) によって行われている事から、LFG 利用は、固形廃棄物処理の一貫というよりも、再生可能エネルギーとして取り扱われている印象を受ける。

タイの LFG 利用は、1996年頃から調査研究 (Table I-4-1、Table I-4-2) とパイロット事業が開始され、実用化に向けた取組みが開始された。(その中心的な役割を果たしてきたのが、今回の FS の現地カウンターパートであるカセサート大学 EEEEC である。) その後、通貨危機の影響や LFG 回収方法での技術的な問題などにより開発に遅れが出た。しかし、現在では資金面では世銀の融資 (GEF)、LFG 回収方法では水平井戸の採用による技術改善により LFG 発電の商用化にかなり近いところまで来ている。

しかし、LFG 利用に関して、技術的に多くの課題もみられ、事業化を検討する場合には課題を十分に理解した上で取り組む必要があると考えられる。なお、この点についてはⅢ章にて詳しく触れることとする。

Table I-4-1 LFG に関する調査研究 (フィージビリティスタディー等)

1	タイトル	Feasibility Study of Methane Recovery from Landfill for Energy Uses
	発行年月	Aug. 1996
	発行元	Department of Energy Development and Promotion
	作成者	EEEC Faculty of Engineering Kasetsart University
	調査内容	① Muang Nakhon Rachasima District、② Muang Nakhon Sawan District、③ Kamphaeng Saen Landfill における LFG 発電施設建設に関する事業性の検討
2	タイトル	A Pre-Investment Study on Landfill Gas Recovery for Energy Utilization at Nakorn Rachasima and Bangkok Metropolitan
	発行年月	Apr. 1999
	発行元	Department of Energy Development and Promotion
	作成者	EEEC Faculty of Engineering, Kasetsart University、Department of Mechanical Engineering, Mahidol University
	調査内容	① Nakhon Rachasima Landfill、② On-Nuch Landfill in Bangkok Landfill における LFG 発電施設建設に関する事業性の検討
3	タイトル	Utilization of Biogas from Landfill
	発行年月	2001
	発行元	Pollution Control Department
	調査内容	埋立地ガスの発生に関する基礎的な調査 (ガス発生量、ガス性状等)

- 1) パイロット事業 : Group79 (Kampensean:カンペンセン) 衛生埋立地
 バンコク市と固形廃棄物の処理の契約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 LFG 発電に関する実験プロジェクトが 1996 年からカセサート大学 EEEC により実施されている。現在は技術的な問題点も解決され、世銀からの資金支援(GEF Climate Change ファンド)を受け、435kWx2 台の LFG 発電施設が稼動する計画である。

Table I-4-2 カンペンセン埋立地 LFG 開発の経緯

年	実験プロジェクト経緯
1996	<LFG による小型ガソリンエンジン運転実験> カセサート大学のカンペンセン-キャンパスに隣接しているカンペンセン衛生埋立地にて改良したガソリンエンジンの運転実験
1997	<大型(435kW)エンジンによる実験> 小型エンジン運転実験に成功し、カセサート大学 EEEC は埋立地の所有者である Group79 社に埋立地の一部を使用した本格的な LFG 実験プラント設置と LFG 使用に関する許可、NEPO による資金面での支援を受け、垂直井戸 : 39 本、ガスエンジン発電機(GEG: Gas Engine Generator) : 435kW によるプラントを完成させた。 しかし、廃棄物の埋立て年度が古いことによる LFG 発生量の低下、浸出水処理ポンプの故障、高い浸出水の水位により LFG 回収で問題が発生
1999	<LFG 回収方式の変更> 垂直井戸と浸出水による問題点を解消するために検討を行い、浸出水のドレインを考慮した水平井戸を設置した。これらの改良により、安定した LFG の回収に成功
1999 2000	水平井戸の成功を受け、世銀の Block A PDF Grant (US \$ 25,000) を申請し、1999 年末に承認され、2000 年 5 月に水平井戸を追加 (現在、約 300m ³ /h @メタン濃度 約 50%の LFG を回収中)
現在	<GEF Climate Change ファンドへの承認申請> プロジェクトの目的: 1. CH ₄ 34,700 トンの削減(12 年間) GEG (435kW x 2 台)による発電 電力:カセサート大学での使用、余剰 LFG:フレアによる燃焼 2. タイおよび他のアジア地域での LFG 利用促進 としている。また、本プロジェクトをカンペンセン Phase2 エリアでの商用 LFG 利用への足がかりとして期待している。

4.3 施策、助成制度

1) Energy Conservation (ENCON) Fund

タイはエネルギーのセキュリティ上の観点から政府は再生可能エネルギー開発を進めている。具体的には、再生可能エネルギーの開発促進するためインセンティブとして ENCON ファンドを創設し、開発を後押しすると共に、Small Power Purchase Agreement として、自治体やタイ電力公社 (Electricity Generating Authority of Thailand: EGAT) へ供給する電源の買取り価格を設定している。2002年7月22日の NEPO へのヒヤリングによると、LFG も同様に再生可能エネルギーとして推進される予定となっているが、パイロットプロジェクトである (Table I-4-2 に示した) カンペンセン埋立地の LFG 発電が予定通り立ち上がっていない。NEPO はこのプロジェクトが成功し次第、ENCON ファンドを立ち上げる予定で、次期マスタープランの中では10年間で約50カ所 (99ある地方自治体の約50%) の LFG 発電施設に ENCON ファンドとして資金を準備する予定となっているとの事であった Table I-4-3。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。

ただし、LFG 発電を行うためには基本的に衛生埋立地であることが必要^(*)であると共に、事業として成立するためには、埋立地容量、廃棄物の受け入れ量など一定以上の規模が必要であり、LFG 発電の普及は、単に LFG に関する施策や助成制度だけでなく、それ以外の条件にも大きく左右される。Table I-4-4 にタイの衛生埋立地普及状況を示す。

Table I-4-3 LFG 発電計画 (NEPO 次期マスタープラン (案) より)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
LFG利用 計画施設数	-	-	1	2	3	6	10	15	22	31	42
電力量 (MW) (想定)	0.00	0.00	0.87	1.17	2.34	3.51	4.68	5.85	8.19	10.53	12.87
助成金+ Adm. cost	-	-	-	-	143	143	143	143	143	143	143

Table I-4-4 衛生理立地の普及状況（処理方式別一ゴミ処理量比率%）

処理方式	比率（%）	箇所数
衛生理立	30～40 %	約 46箇所
ダンピング、野焼き	60～70 %	約 96箇所

出典:カセサート大学

*1ダンピングサイトからもLFG回収は技術的に可能であるが、ガスを効率よく回収するために廃棄物の上に覆土する必要がある。通常のダンピングサイトは廃棄物が無計画に山盛りに積まれているため、覆土が出来るように廃棄物を別の場所に搬送する必要がある。（バンコクのオンノックで同様の方法でFSが実施済み）また、ダンピングサイト規模にもよるが、廃棄物が比較的古いためにLFGの発生量も少なくなっていることが予想され、ダンピングサイトのLFG利用は事業性の確保も難しいと考えられる。

4.4 タイのLFG利用技術

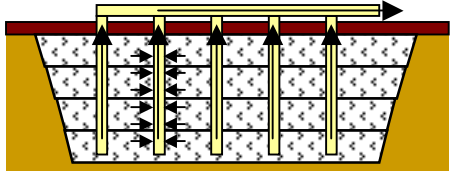
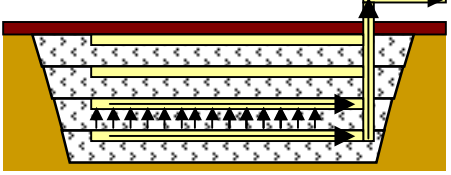
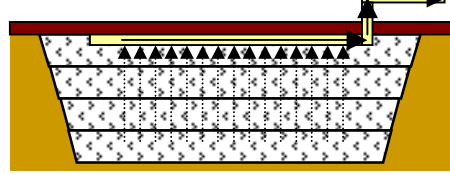
4.1 で述べた通り、LFGの利用は欧米を中心に行われ、LFG発電を始めとする利用技術も欧米を中心に関係されてきた。タイのLFG利用に関連する技術は欧米の技術を導入しており、基本的に同じものである。しかし、タイと欧米では気象条件、廃棄物組成、埋立地の構造や管理等が異なっているため、改良の加えられた技術も存在している。中でも、大きく改良されたものとしてLFG(回収)井戸の方式が挙げられ、タイのLFG利用の中で特徴的な技術となっている。

一般的に欧米で利用されているLFG回収井戸は

- ① 垂直井戸 (Vertical Well)
- ② 水平井戸 (Horizontal Well)

である。タイで採用している方式は、水平井戸の方式であるが、Table I-4-2 の中で示した通り、高い浸出水水位による問題を解決するため、一般的な水平井戸から改良が加えられている。一般的な回収井戸とタイで採用している井戸の比較を Table I-4-4 に示す。

Table I-4-4 LFG(回収)井戸の方式 比較表

比較項目		垂直井戸	水平井戸	タイ方式 水平井戸 (カンペンセン、ラチャテワ採用方式)
イメージ				
→ LFGの流れ				
井戸概要		Figure I-4-1 参照 垂直方向に井戸を設置する方式 (平面的な)井戸の設置間隔は、井戸どうしの干渉を考慮して設置する	Figure I-4-2 参照 各又は複数の埋立のリフト毎に水平に井戸を設置する方式	Figure I-4-3 参照 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
設置時期		一般的に埋立が完了後(最上部まで埋立完了)、設置	埋立途中に平行して設置	全ての埋立が完了してから、或いは、終了直前の覆土をする直前に水平井戸を設置
特徴	長所	<ul style="list-style-type: none"> 井戸毎で LFG 回収の制御が容易 LFG 発生状況や埋立地の状況に応じて井戸の増設が容易 凝縮水による問題が起こりづらい 	<ul style="list-style-type: none"> 埋立中に LFG 回収が可能 比較的安価 埋立地表面に突出物が少ない。(サイトの有効利用が可能) 	浸出水の影響が少ない
	短所	<ul style="list-style-type: none"> (最終リフトまで)埋立が完了するまで、LFG の回収が出来ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 埋立プラン(スケジュール)の変更に調整が必要 埋立車両による破損、不等沈下に考慮が必要 	<ul style="list-style-type: none"> (最終リフトまで)埋立が完了するまで、LFG の回収が出来ない。
収集井戸配管タイプ		多孔(長細穴)配管 材質: PVC、PE、HDPE 等	多孔(長細穴)配管 又は 異径配管 材質: PVC、PE、HDPE 等	多孔(長細穴)配管 材質: PVC、PE、HDPE 等
その他		東京都も同様の方式 ただし、配管材質は SUS(通常は PVC)		

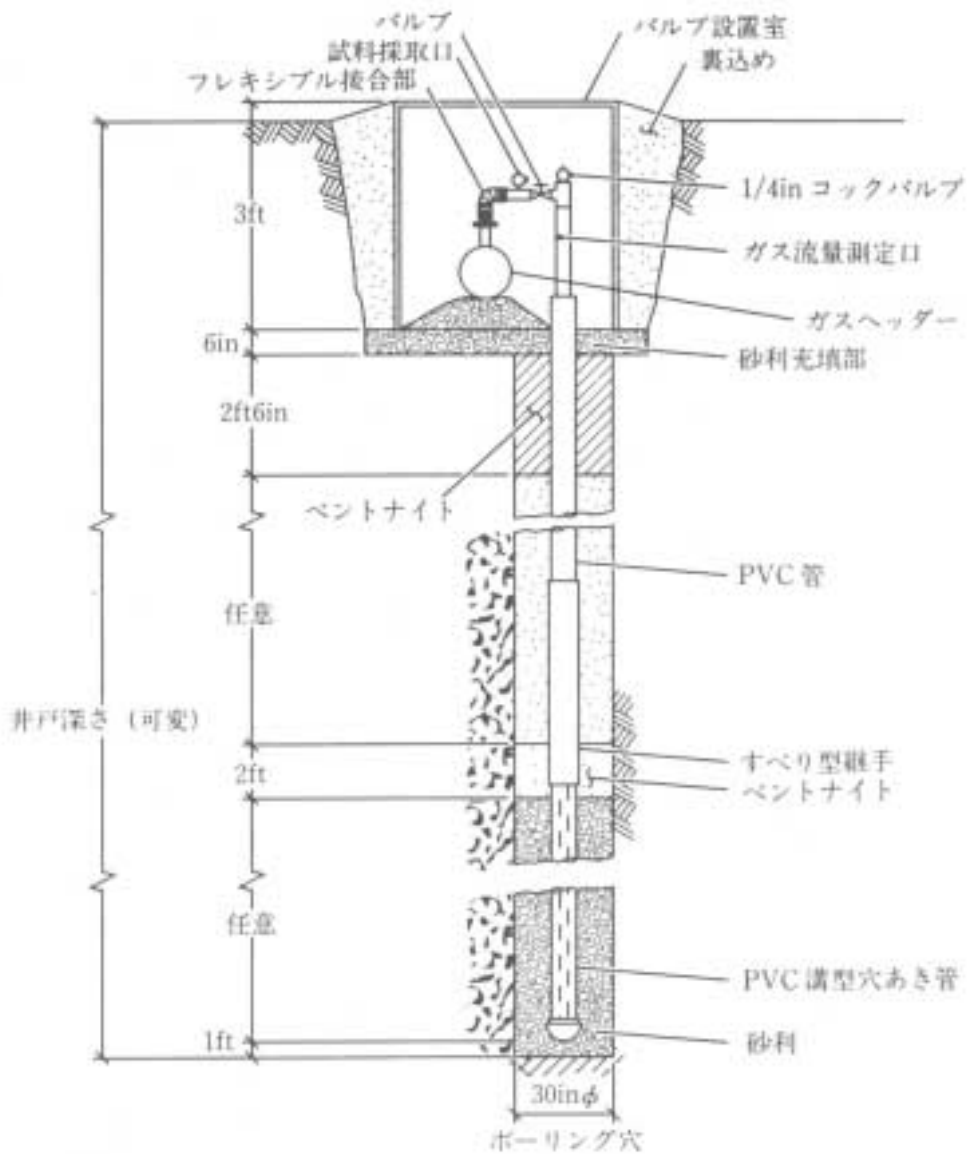


Figure I-4-1 垂直井戸

出典: 廃棄物処理総論 廃棄物工学の原理と廃棄物処理の問題

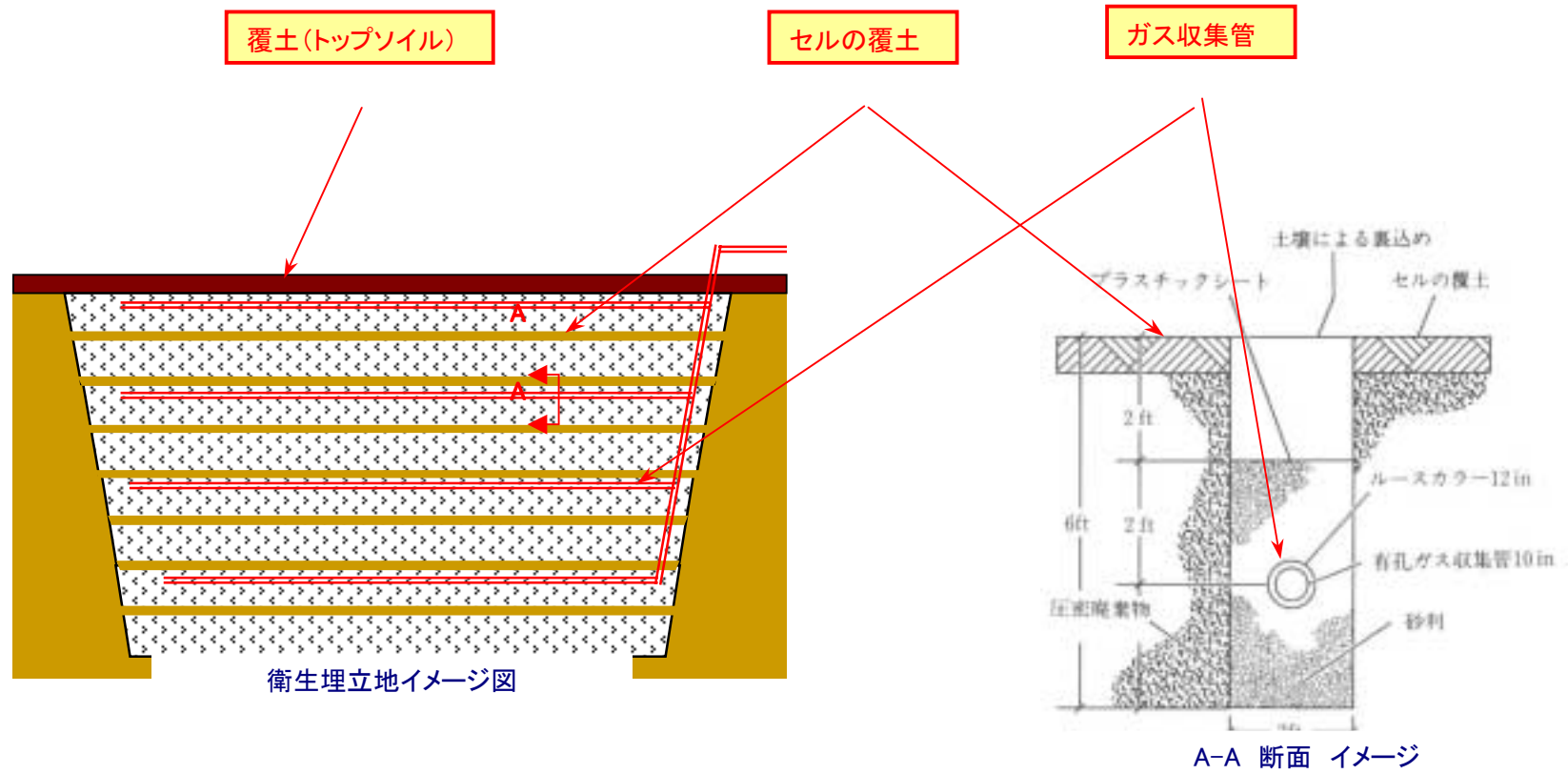


Figure I-4-2 水平井戸

出典: 出典: 廃 LFG 収集配管(水平井戸) の原理と廃棄物処理の問題

(多孔 配管)

覆土(トップソイル)

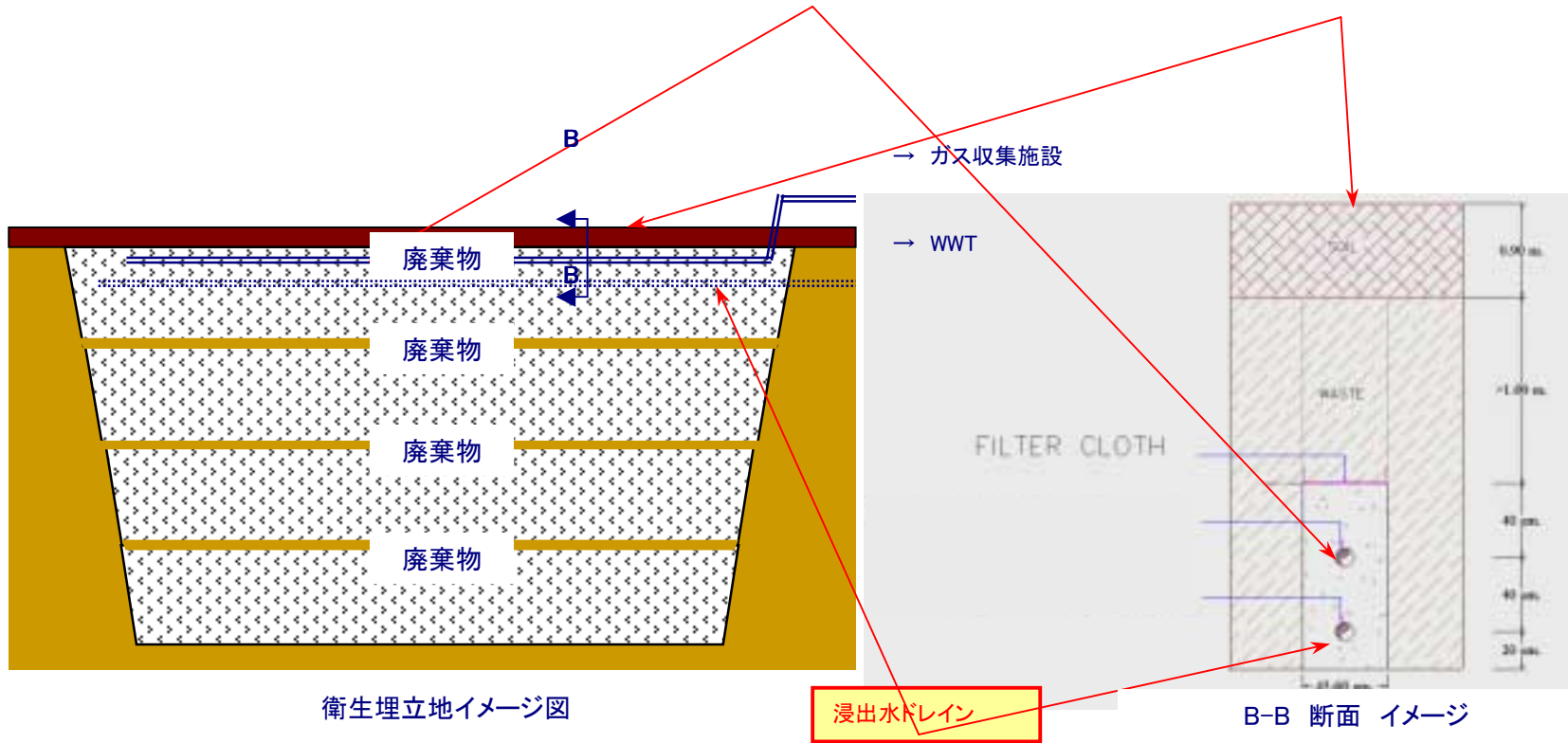


Figure I-4-3 タイ方式 水平井戸

4.5 その他の LFG 利用に関する動向

1) ラチャテワ衛生埋立地

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

ここでは、政府他からの資金援助は受けずに独自の資金で、カセサート大学の Kanoksak Eam-o-pas, Ph.D. Department of Agricultural Engineering による技術的なサポートを受けて、LFG発電に取り組んでいる。

発電は、当初 30kW(トヨタ製)から実験的に開始され、現在は 250kW(神戸製鋼製)の発電機を運転している。現在、発電した電力は、埋立地内の自給用電源として利用しているが、2003年初旬に EGAT に売電する計画としている。

II CDM プロジェクトの検討

1 プロジェクト立案 : ノンタブリ新埋立地 LFG 発電プロジェクト

1.1 プロジェクト概要

バンコクの北西に位置するノンタブリ県では、固形廃棄物処理センターの建設が計画されている。その計画の中には、3つの衛生埋立地(A、B、C)の建設計画が含まれており、現在、衛生埋立地 B、C は建設中、埋立地 A 予定地は現在オープンダンプ場として利用されている。

本 FS は、現在建設中の衛生埋立地 B、C において、LFG を回収し発電するプロジェクトについて CDM プロジェクトとしてのフィージビリティを検討するものである。

- ・事業フローを Figure II-1-1
- ・ノンタブリ処分場の地理的な位置を Figure II-1-2、Figure II-1-3、Figure II-1-4
- ・固形廃棄物処理センターの全体レイアウトを Figure II-1-5 に示す。

なお、埋立地建設・運営、廃棄物回収等、廃棄物管理に係わる工事、業務は自治体(或いは自治体が委託する業者)が行うものとし、本プロジェクトの範囲外とする。

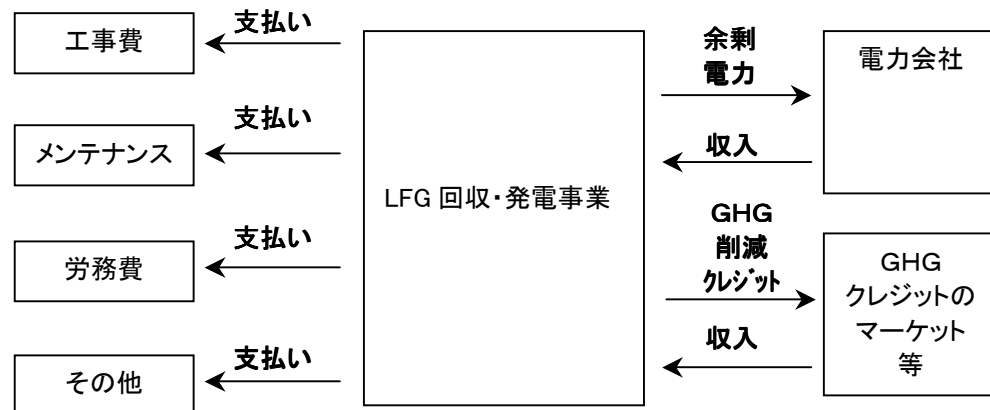


Figure II-1-1 プロジェクト 事業フロー



©1992 Magellan GeographixSM Santa Barbara, CA (800) 929-4627

Figure II-1-2 タイ全体地図

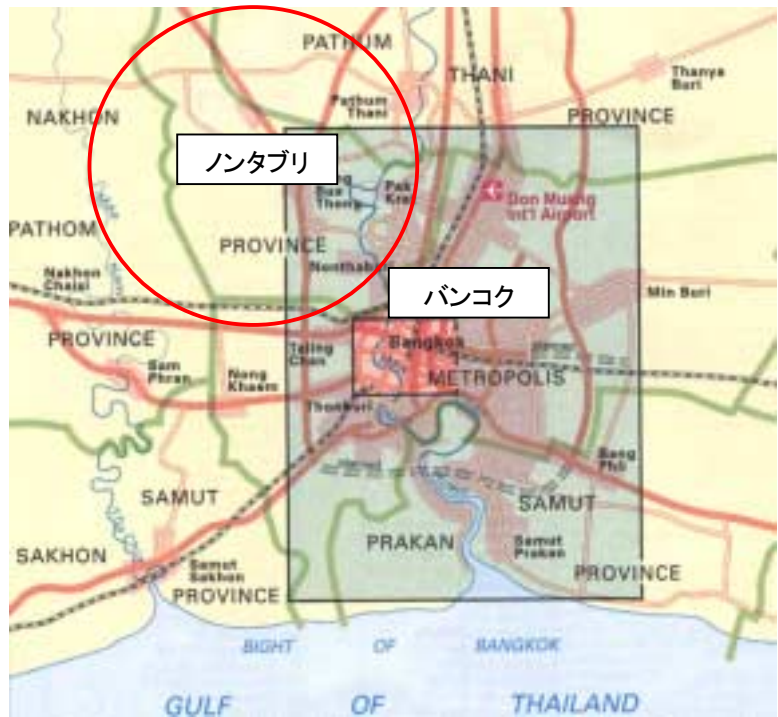


Figure II-1-3 กรุงเทพฯ周辺地図

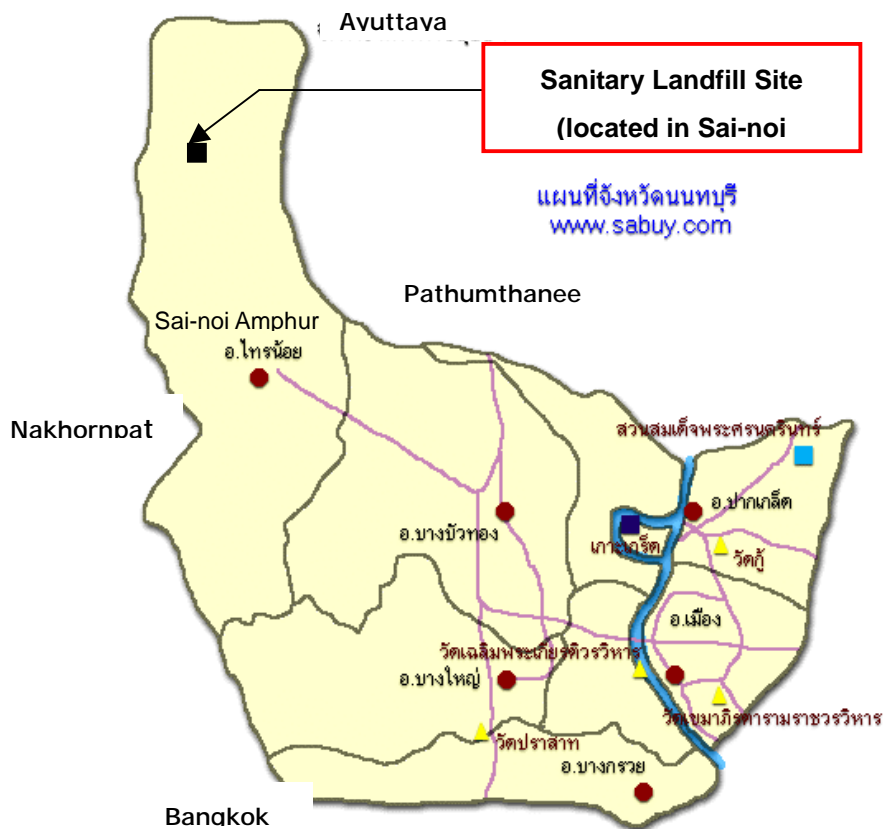


Figure II-1-4 นันทบุรี県 (プロジェクト予定地)

Figure II-1-5 ノンタブリ固形廃棄物処理センター

1.2 ノンタブリ埋立地の概要

- 1) 所有／運営者： Nontaburi Province Administrative Organization
- 2) 立地 : Khlong-Khang Tambon, Sai-Noi Amphor, Nontaburi Province
ノンタブリ県はタイの中部地区の属し、バンコク市ドンムアン地区の他、パスタニ県 (Phatumthanee Province)、ナコンパトム県(Nakornpathom Province)、アユタヤ県 (Ayuttaya Province)に接している。
- 3) 固形廃棄物処理センター(Solid Waste Disposal Center)の計画概要

ノンタブリ県は人口増加および固形廃棄物の排出量(一人あたり排出原単位)の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、固形廃棄物の処理はオープンダンプ(または野焼き)により処理されているため、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。この様な状況を受け Provincial Administration Organization of Nontaburi は、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スタディー: Studying and Detail Engineering Design of Solid Waste Disposal Center (2002) をカセサート大学 EEEEC に依頼した。

具体的な検討内容を以下に、固形廃棄物処理センターの全体レイアウトを [Figure II-1-5](#)、廃棄物処理センターの概要を [Table II-1-1](#) に示す。

① 検討内容

- A) 既存の廃棄物処理計画(タイの民間企業 COT により実施された計画)を見直し、ノンタブリ県の廃棄物を最低15年間受入れ可能な施設の検討
- B) 廃棄物および屎尿処理に関するデータベースの再構築
- C) 地図情報システム(GIS)の構築
- D) 廃棄物処理センター予定地の測量
- E) 廃棄物処理センターにおける廃棄物処理の検討および詳細設計
 - a 衛生理立地 (排水処理施設含む)
 - b リサイクル施設
 - c コンポスト施設(バイオガスシステム含む)
- F) 財務、経済分析・評価
廃棄物処理に関する適切な管理、収集費用に基づく財務、経済分析の実施
- G) 廃棄物および屎尿の適切な処理に関する管理組織、管理形態および法規の調査／提案

調査・計画期間 2002年 4月 ~ 9月

Table II-1-1 廃棄物処理センターの概要

施設	計画処理量／日 (計画値) ※1	備考
リサイクル施設 (紙、プラスチック、金属、ガラス)	約 130トン／日	
コンポスト施設 (バイオガスシステム含む)	約 160トン／日	
衛生埋立地 A、B、C (排水処理場含む)	約 510トン／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広げる予定
(全体処理能力)	800トン／日	

※1 処理量の増加に対しては時間延長で対応する事としている。

4) 廃棄物処理センターの建設スケジュール

衛生埋立地(B、C)、既存オープンダンピング場からの廃棄物移動および排水処理施設については既に予算が確保され、建設および既存オープンダンピング場からカンペンセン埋立地(ナコンパトム県)への廃棄物の搬出が開始されている。なお、埋立地 A、リサイクル施設およびコンポスト施設は予算申請中となっている。

① 進行中(予算確保済み)の計画 (Table II-1-2)

施設	計画内容
埋立地 B	5) 衛生埋立地 B、C 概要 参照
埋立地 C	5) 衛生埋立地 B、C 概要 参照
排水処理場(WWT)	
廃棄物の搬出 (既存オープンダンピング場からカンペンセン埋立地)	現在1億5000万パーツ(約5億円)の予算が用意され隣県のカンペンセン埋立地への廃棄物の搬出中。ただし、現状の予算では現存する廃棄物の1/4程度しか搬出出来ないとの事

② 予算待ちの計画 (Table II-1-3)

施設	計画内容
埋立地 A	埋立地 A 建設予定地は既存オープンダンピング場のため廃棄物の搬出が必要。
リサイクル施設	分別システム含む コンポスト施設、バイオガスシステム含む

5) 衛生埋立地 B、C 概要

- | | |
|----------|--------------------------|
| ① スケジュール | 埋立開始 2003 年～ 埋立終了 2006 年 |
| ② 埋立容量 | 約 120 万トン |
| ③ 廃棄物搬入量 | 約 300,000 トン／年 |
| ④ 埋立面積 | 36 Rai (14.23 Acres) |
| ⑤ 埋立地構造 | 9 層 (高さ: 30.5 m) |

1.3 ノンタブリ埋立地 LFG 発電施設の計画

1) LFG 発生量の推定

LFG の発生量の推定は LFG 利用施設を計画・設計する上で非常に重要なファクターである。推定方法は幾つかの種類があるが、計画から設計のそれぞれの段階に合わせて使い分けることが望ましいとされる(下記①～③参照)。本 FS に於いては②の算定プログラムによる推定を採用した。なお、算定プログラムは米国環境省 (USEPA) の開発した Landfill Gas Emission Model, “LandGem” Ver. 2.01 (1998) (添付資料 4)を使用した。

入力パラメーターを Table II-1-4、推定結果を Table II-1-5 に示す。

① 計画初期段階：簡略な推定

ただし、廃棄物の年代が10年以下の場合

- A) LFG 発生量: 6m³/年・トン(廃棄物)
- B) 発生量は5～10年継続
- C) 精度: ±50%

② システム設計段階：算定プログラムによる推定

特に米国環境省の開発した First Order Decay Equation 方式を採用した LandGem や E-Plus は、世界的に広く利用されている

特徴は以下の通り

- A) プロジェクト予定地の条件を入力可能であり、地域の気象条件を考慮した定数の設定が可能。
- B) 廃棄物容量が100万トン以上の埋立地に適している。
- C) IPCC の GHG インベントリーの算定方法として適合している。
- D) 精度: ±25%

ただし、入力データの精度、埋立地方式/管理レベル、LFG 回収効率により算定結果が大きく異なる。

③ 最終的な計画段階：現地調査による推定

調査用井戸を設置し LFG を回収することにより、実際の LFG の組成や発生量などをつかめると同時に、侵出水の状態を知ることができるため、最終的な設計や機器選定時に有効な手段である。しかし、季節変動を考慮せず、ガスの組成や排出量を過大に見込んでしまう事もあるので注意を要する。従って、納得できるまで、長期間の調査を行いデータの信頼性を高める事が必要である。

Table II-1-4 LANDGEM 入力パラメーター

Year Landfill Opened	2003
Expected Landfill Closure Year	2006
Waste Capacity	1,200,000 tons
Annual Waste Acceptance Rate	300,000 ton/year
Methane Generation Constant	k = 0.03 (1/y) *
Methane Generation Potential	L0 = 155.93 m ³ /ton (=2.5 cf. /pound)*
Percent CH ₄ in LFG	50 %
Percent CO ₂ in LFG	50 %

Table II-1-5 LFG 発生量の推定

年	埋立量 (Mg)	100% CH ₄		LFG (50% CH ₄)
		(Mg/year)	(m ³ /year)	(m ³ /year)
2003	埋立開始	-	-	-
2004	300,000	9.363E+02	1.403E+06	2.806E+06
2005	600,000	1.845E+03	2.765E+06	5.530E+06
2006	900,000	2.727E+03	4.087E+06	8.174E+06
2007	1,200,000	3.548E+03	5.369E+06	1.074E+07
2008	1,200,000	3.476E+03	5.211E+06	1.042E+07
2009	1,200,000	3.374E+03	5.057E+06	1.011E+07
2010	1,200,000	3.274E+03	4.907E+06	9.814E+06
2011	1,200,000	3.177E+03	4.762E+06	9.524E+06
2012	1,200,000	3.083E+03	4.622E+06	9.244E+06
2013	1,200,000	2.992E+03	4.485E+06	8.970E+06
2014	1,200,000	2.904E+03	4.352E+06	8.704E+06
2015	1,200,000	2.818E+03	4.224E+06	8.448E+06
2016	1,200,000	2.735E+03	4.099E+06	8.198E+06
2017	1,200,000	2.654E+03	3.978E+06	7.956E+06
TOTAL		3.954E+04	5.932E+07	1.186E+08

2) LFG 回収可能量の推定

Table II-1-5 に示す LFG 発生量に回収効率を考慮し、LFG 回収可能量の推定した。なお、回収効率は、MOSTEの実施した調査報告書*の中に示される60~85% を参考に、本 FS の埋立地の形状、回収方法等を考慮し80%と設定した。

LFG の回収可能量の算定結果を Table II-1-6、Figure II-1-6 に示す。

*A-Pre Investment Study on Landfill Gas recovery for Energy Utilization at Nakhorn Ratchasima province and Bangkok Metropolitan (by DEDP, MOSTE, 1999)

Table II-1-6 LFG 回収可能量の推定

年	LFG発生量 x10 ⁶ (m ³ /年)	LFG回収可能量 x10 ⁶ (m ³ /年)
2003	0.000	0.000
2004	2.806	2.245
2005	5.530	4.424
2006	8.174	6.539
2007	10.738	8.590
2008	10.422	8.338
2009	10.114	8.091
2010	9.814	7.851
2011	9.524	7.619
2012	9.244	7.395
2013	8.970	7.176
2014	8.704	6.963
2015	8.448	6.758
2016	8.198	6.558
2017	7.956	6.3648
TOTAL	118.642	94.914

LFG Emission Rate (50%CH4) from Nontaburi Landfill

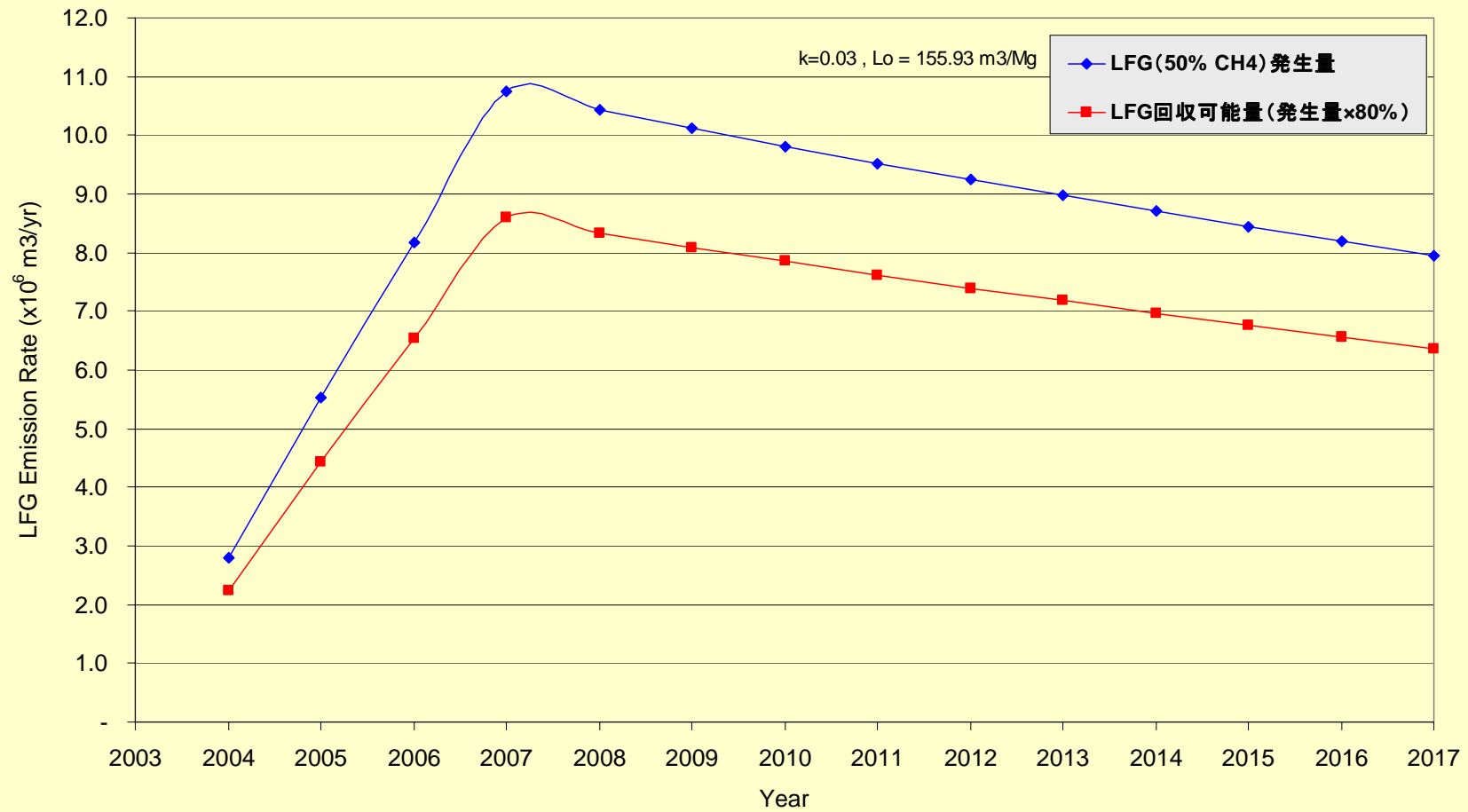


Figure II-1-6 LFG 発生量及び回収可能量の推定

3) LFG 発電システムの設計

Ⅱ-1.3 - 2) にて推定した LFG 回収可能量をベースに LFG 発電システムを計画した。

LFG 発電システムは ①LFG回収システム、②LFGトリートメントシステム、③LFG発電システム、④余剰ガス燃焼装置(フレアシステム) で構成され、システムを中心となる発電機セット(以下、発電機とする)は、

- ・435 kW 発電機 :電力会社への販売を主目的
→製品の品質、発電電力の安定性を考慮し、収入の安定を図る

- ・100 kW 発電機(タイ国内リ・ビルト品)
:施設内利用を主目的
→性能、発電電力の安定性より、コストを重視

の目的に応じた2種類の発電機で構成するシステムとした。

システムのブロックフローを Figure Ⅱ-1-7 に、全体レイアウト:Figure Ⅱ-1-8、LFG 井戸および収集配管 (参考図):Figure Ⅱ-1-9 に示す。

なお、システム設計の基本条件として以下の様に設定した。

- ① 回収した LFG は基本的に全て発電燃料として使用
- ② 余剰 LFG 或いは発電不可の場合はフレアとして燃焼
- ③ 発電電力は LFG 発電施設で使用する電力を除き全て配電網を通して電力会社に売却
- ④ LFG回収システムで回収された凝縮水は埋立地の排水処理施設にて処理

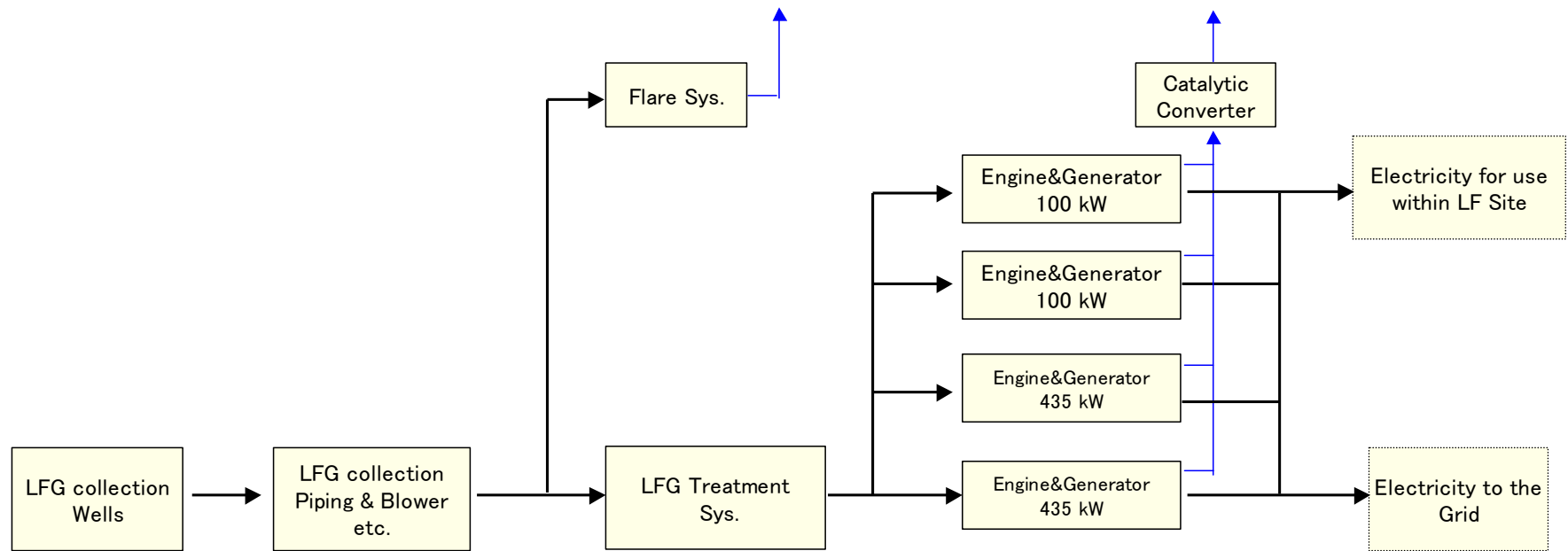


Figure II-1-7 LFG 発電 システム ブロックフロー (435kW × 2 セット、100kW × 2 セット)

Figure II-1-8 全体レイアウト図

Figure II-1-9 LFG 配管 (参考図)

4) LFG 発電システム概要

① LFG 回収システム

A) 収集井戸

タイにおける LFG 回収の取組の中で、特に雨期に顕著に現れる埋立地内部の(浸出水)水位上昇が障害となる事が確認されている。この様な状況から、現在タイ国内にて進行中のLFG回収プロジェクトは全てタイ独自の水平式井戸が採用されており、本FSに於いても同様の水平式井戸を採用する。(詳細は、I-5.3 タイのLFG回収技術 参照)

B) LFG収集配管

収集配管の方式には、一般的にループ方式とヘッダーブランチ(又は、ヘリオンボーン)方式の2種類があるが、本 FS では、敷地的な制約もないため、配管ルートが比較的シンプルで凝縮水対策が取りやすい“ヘッダーブランチ方式”を採用した。

② LFGトリートメントシステム

LFG トリートメントシステムは発電機の腐食等を考慮し、水分、パーティクル(微粒子)そして硫化水素の除去を行う事とした。ただし、現段階では LFG に含まれるメタン、二酸化炭素以外の微量ガス、水分、微粒子についてサンプリング等の調査が行えない為、詳細な検討は行っていない。

③ 発電システム

本FSで使用する発電システムはII 1.3 3)で述べた通り、輸入品と国内リ・ビルト品の2種類のガスエンジン(GE)発電機を採用している。日本国内であれば製品保証やメンテナンスの関係もあり、輸入GE発電機同等品を使用するところであるが、ホスト国であるタイでの維持管理の容易さなども考慮し、利用目的に応じて採用した。

Table II-1-7 発電機仕様

発電機 種類	容量/台	台数	容量
輸入GE発電機	435 kW	2 セット	870 kW
国内リ・ビルトGE発電機	100 kW	2 セット	200 kW
合計			1070 kW

Table II-1-8 輸入・国内リ・ビルトGE発電機の特徴

発電機	特徴
輸入GE発電機 (主に、売電用)	<ul style="list-style-type: none"> ・非常に高価 ・ローカルでのメンテナンス性について調査・検討が必要 ・スペアパーツ等の確保が必要(輸入の為) ・設備寿命は長い(10年以上)
国内リ・ビルトGE発電機 (主に、施設内利用用)	<ul style="list-style-type: none"> ・非常に安価 ・ローカルでのメンテナンスが容易 基本的には、使い捨て的な考え方(3年程度もてば良い)で、ガスのトリートメントも特に必要なしとのこと ・スペアパーツの入手が容易 ・設備寿命が短い(約3年)

④ 余剰ガス燃焼装置

余剰ガス燃焼装置には下記のように2種類あるが、安価な Candle-Stick 方式を採用した。

A) Candle-Stick 方式

発電設備に併設し、余剰ガスを燃焼させる。

B) Enclosed Ground 方式

LFGの収集配管に破損等が発生した際に、オンサイトで使用する。

1.4 プロジェクト立案

1) プロジェクト条件

前述した通り、LFG 発電施設を SPP としてプロジェクトを以下の通り想定する。

- ① 基本条件 : LFG を利用する SPP 施設(詳細は、前項Ⅱ-1.3 2)参照)
 - A) 発電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
 - B) 基本的に回収した LFG は全て発電燃料として使用
 - C) 余剰 LFG は余剰ガス燃焼装置で燃焼
- ② システム : (詳細は、前項Ⅱ-1.3 2)参照)
- ③ 稼働期間 : 10年間 (2)プロジェクトスケジュール参照)

2) プロジェクトスケジュール

プロジェクトは埋立て完了後の 2007 年初に LFG 発電システムを稼働し、2016 年末までの 10 年間で稼働期間とする。システムの建設、運転のプロジェクトスケジュールは Table II-1-9、Figure II-1-10 に示す通りとする。

Table II-1-9 プロジェクトスケジュール

年	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18
計画														
建設														
稼働			10年											

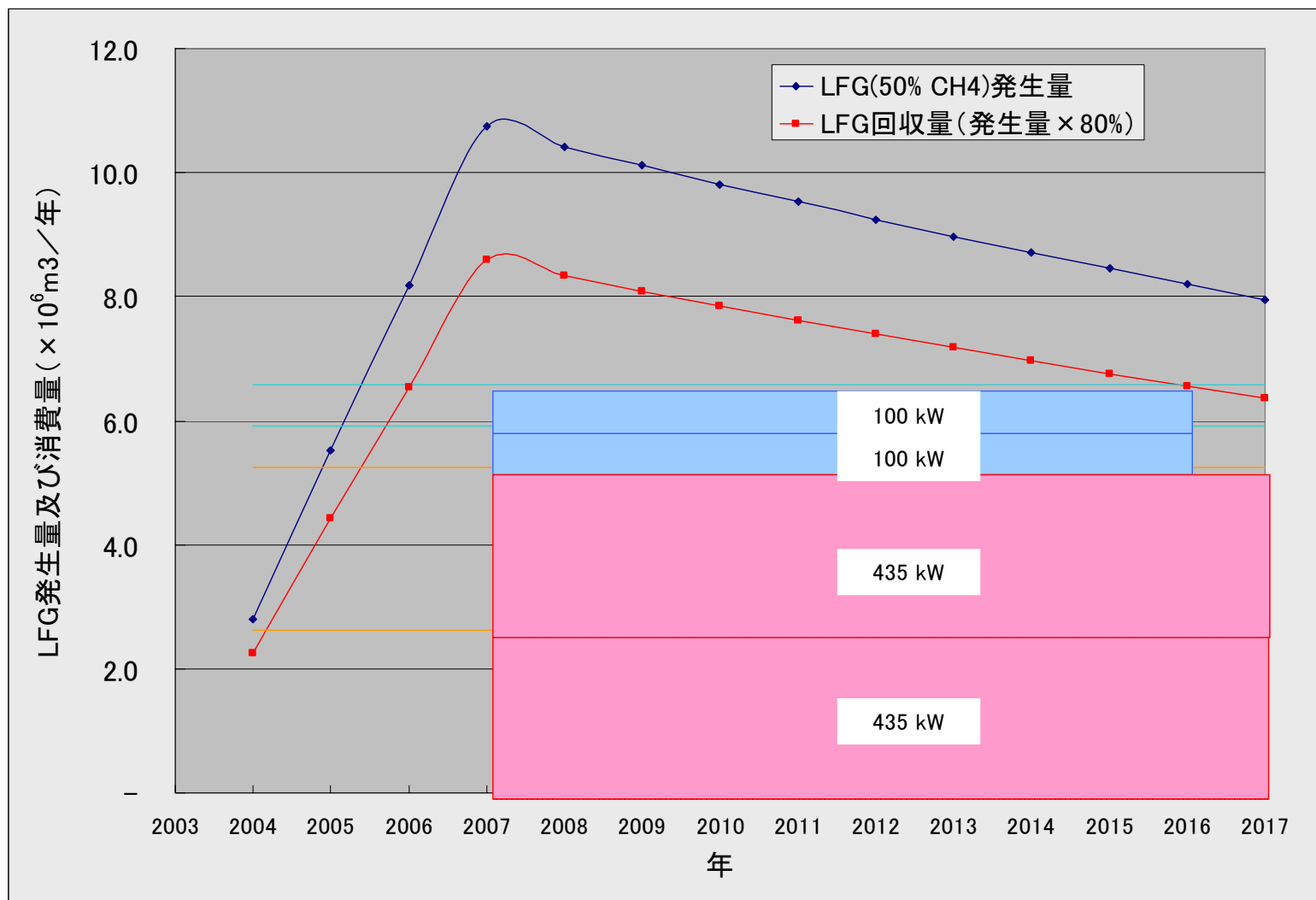


Figure II - 1-10 System 1 schedule (LFG 回収量と発電機消費量〔発電機稼働台数〕)

3) プロジェクトのスキーム、実施体制および運営体制

本プロジェクトの事業スキーム及び実施体制については、現地に於いて LFG 発電が民間企業にとって、事業として実施できる段階まで達していないため、詳細については、今後の検討項目とする。

プロジェクトの運営体制は、現地の状況を踏まえ下記 Table II-1-10 に示す通り想定した。

Table II-1-10 運営体制

役割／担当	要員
Plant Manager	1 人
Mechanical Engineer	1 人
Electrical Engineer	1 人
LFG Plant Operator	1 人
Accountant	1 人
Technician	1 人

1.5 モニタリング計画

本プロジェクトでは埋立地管理を範囲外としている。従って、モニタリング計画で必要となる項目は、GHG の削減量算定に必要な下記の二つである。

- 1) 売電による電力会社の発電量の減少に伴う CO₂ 排出削減量と、
- 2) メタン回収量

1) 売電による電力会社の発電量の減少に伴う CO₂ 排出削減量の算定

① 発電量

LFG 発電により発電された電力のうち売電量は電力会社との繋ぎ部分に設置される電力量計でモニタリングすることとする。従って、電力会社との間で取り交わされる電力の売買に伴う請求書等を正式な記録書類として使用することが可能である。

② 電力会社の単位電力あたりの炭素排出係数

電力会社または政府より公式な炭素排出係数が提示されれば、それを使用することが望ましいが、ない場合は電力会社の電力開発計画または発電実績より算定する。

2) メタン回収量

メタンの回収量のモニタリングは、LFG の流量測定と LFG のメタン濃度測定により行う事ができる。メタンの濃度測定はデータの信頼性、現場作業の負荷を考慮し、月一度程度のサンプリングによるメタン濃度の測定が現実的と考える。

2. システムバウンダリーの検討

「環境省 CDM/JIに関する検討調査 平成12年度報告書 CDM/JI プロジェクト計画時の技術的作業ステップ」を参考に 本プロジェクトに起因する影響を検討し、システムバウンダリーを決定した。検討のステップは以下の通り。

- 1) (直接、間接)影響の検討 (Table II-2-1)
- 2) 1)で検討した影響についてバウンダリーとして考慮の必要性を検討 (Table II-2-2)
- 3) 2)をベースにシステムバウンダリー Figure II-2-1 を決定

なお、本プロジェクトでは、廃棄物の運搬や埋立地の建設・運営を含まないので、輸送車やごみ拾い人(スカベンチャー)などの影響は含まない。

Table II-2-1 プロジェクトの実施に起因する影響

影響の分類		影響の内容
直接影響	主目的による影響	<GHG 排出削減> LFG の回収・燃焼(発電)
	その他の影響	<燃料の消費> ・施設稼働による電力消費 ・建設機材の稼働 ・建設資材の運搬 <土地改変> ※元はタンピングサイト
間接影響	主目的による影響	<GHG 排出の削減> LFG 発電による代替燃料の消費削減 <発電効率の低下> LFG 発電により既存(電力供給元の)発電施設の効率が低下し、GHG 排出量が増加
	その他の影響	<燃料の消費> 建設資材の原料、加工 <GHG 排出削減> 類似プロジェクトの増加に伴う GHG 排出削減効果の増大

Table II-2-2 本プロジェクトに於いて考慮の必要となる影響

直接影響	主目的による影響	LFG の回収・燃焼(発電)による GHG 排出削減
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

※施設稼働による電力消費(その他の影響)については施設電源を LFG 発電による電力の供給を想定しているため影響項目から削除した。

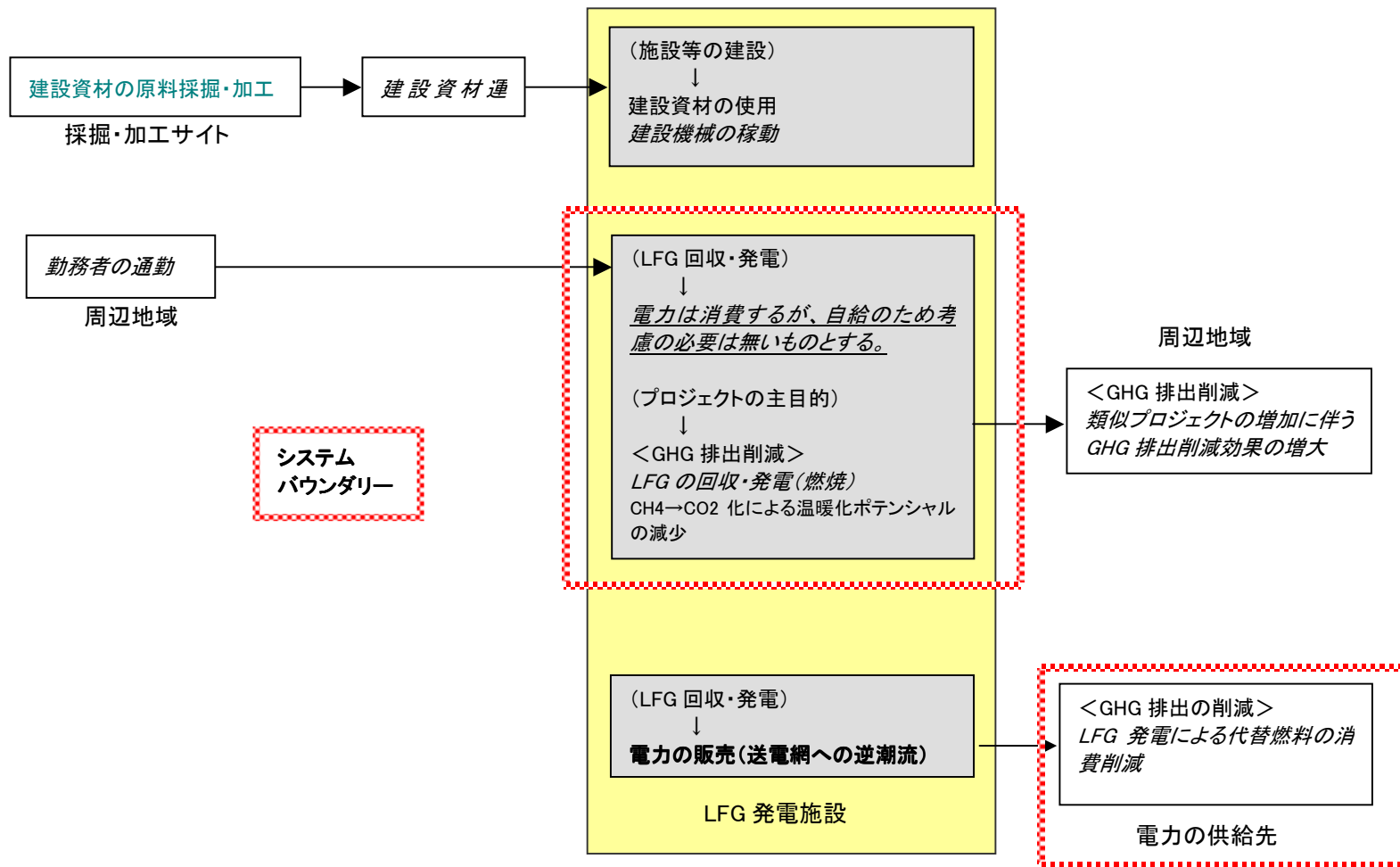


Figure II-2-1 本プロジェクトのシステムバウンダリー

3. ベースラインシナリオの検討

1) ベースラインシナリオ

当該地域に於ける LFG の利用技術に関するベースラインを「環境省 CDM/JIに関する検討調査 平成12年度報告書 CDM/JI プロジェクト計画時の技術的作業ステップ ベースラインシナリオの決定ステップ」を参考に検討した。(Figure II-3-1 参照)

しかし、

- ① ベースとなるノンタブリの廃棄物処理施設に於いて 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
- ② タイの LFG 利用技術の普及状況、LFG 利用計画、施策は、前述(I-5 タイの埋立地ガス利用)の通り、
 - A 現状の LFG 利用はパイロットフェーズ
 - B LFG 発電に対する助成制度(ENCON ファンド)をEPPOが準備しているが、未発表かつ、実施スケジュールは未確定

であることから、本プロジェクトのベースラインは、「LFG の大気への放出」とすることが妥当であると考えられ、これをベースに GHG 排出削減量を算定することとした。

2) プロジェクトの寿命(クレジット獲得期間)

クレジット獲得期間は、ベースラインシナリオの検討でも述べた通り、ベースプロジェクトは、LFG を大気へ放出する計画である事から、BAU(Business As Usual)とはならないと判断し2007年から2016年までの10年間とした。

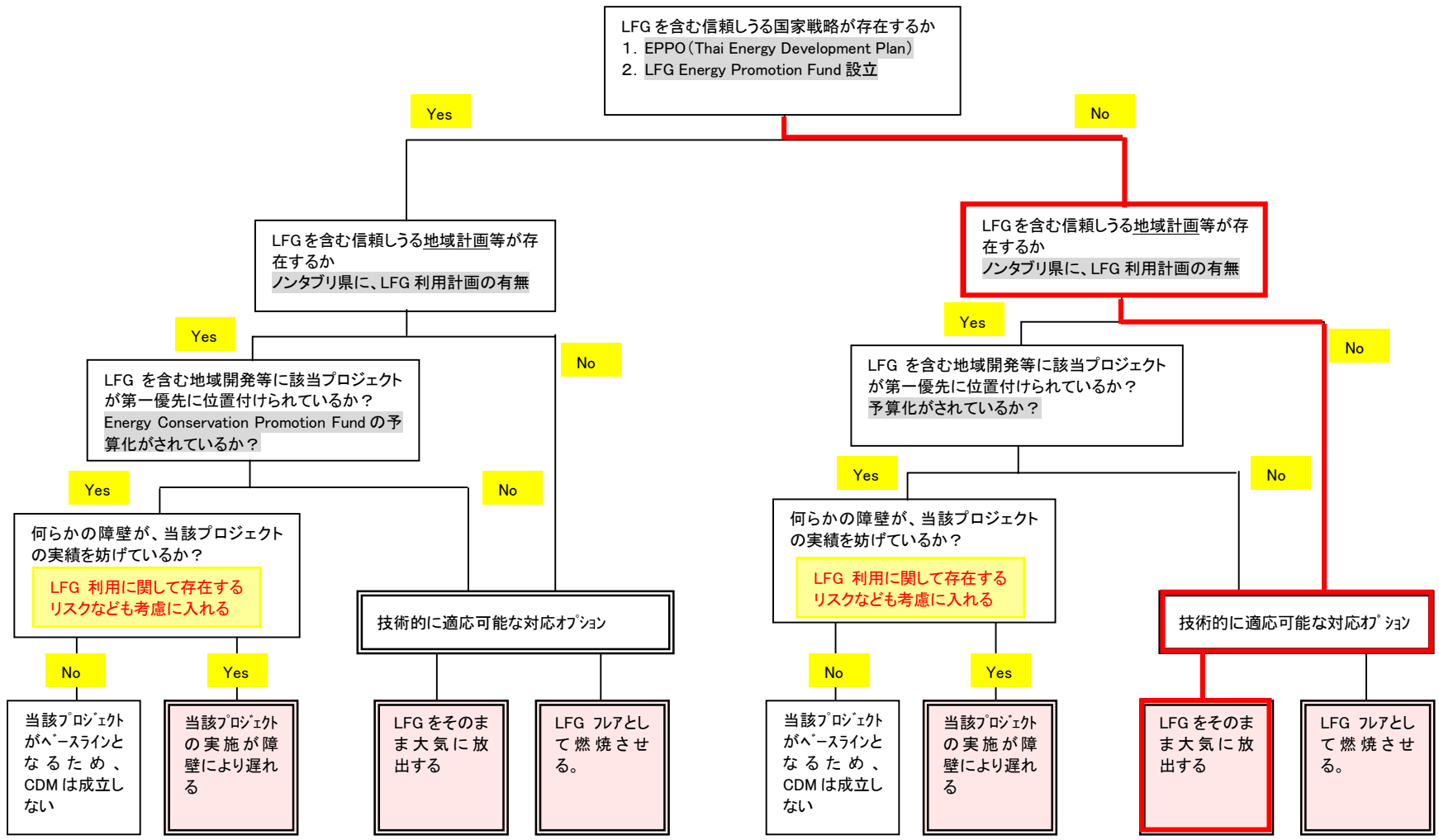


Figure II-3-1 ベースラインケースのオプション

4 事業性の評価

4.1 GHG 排出削減量の算定

本プロジェクト実施による GHG 排出削減量は以下の 1) と 2) により算定出来る。

1) LFG 回収による GHG 排出削減量

- ① 発電により LFG を燃焼することによるメタン排出削減
- ② LFG のフレア燃焼によるメタン排出削減

2) 発電所の発電量の減少による CO2 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)

1) LFG 回収による GHG(CO2 換算) 排出削減量

本プロジェクト実施による GHG の排出削減量は、

- ① LFG 発電により使用されたメタンガス量
- ② LFG のフレアにより燃焼するメタンガス量

を算定することにより求める事ができる。算定結果を Table II-4-2 に示す。

なお、算定には LFG 発電システム設計の条件(II-1.4-1)及び、下記条件(Table II-4-1)を設定した。

Table II-4-1 LFG 回収によるメタン排出削減量の算定の基本条件

プロジェクト期間	10 年間 (2007~2017)
LFG のメタン含有%	50 %
システム(GEG、フレア)稼働時間/日	24 時間/日
システム(GEG、フレア)日数/年	365 日/年
輸入 GE 発電機(435kW)の消費 LFG/hr	300 m ³ /hr
国産リビルト GE 発電機(100kW)の消費 LFG/hr	75 m ³ /hr
メタン回収率	80 %

*実際の削減量は、消費または燃焼させた LFG 量、メタン濃度を測定し算定することとなる。

Table II-4-2 LFG 回収による GHG(CO2 換算)排出削減量

FY	発電システム			LFG回収可能量(*1)		①発電機消費		②フレア燃焼		総CH4回収量			備考
	GE発電機台数		発電量 合計(kW)	(m3)	CH4換算 (m3)	LFG量 (m3)	CH4換算 (m3)	LFG量 (m3)	CH4換算 (m3)	(m3)	(トン)	CO2トン 換算 *5	
	435kW	100kW											
2003				0	0	0	0	0	0	0	0	0	*2
2004				2,244,800	1,122,400	0	0	0	0	0	0	0	
2005				4,424,000	2,212,000	0	0	0	0	0	0	0	
2006				6,539,200	3,269,600	0	0	0	0	0	0	0	*3
2007	2	2	1,070	8,590,400	4,295,200	6,570,000	3,285,000	2,020,400	1,010,200	4,295,200	2,863	57,269	*4
2008	2	2	1,070	8,337,600	4,168,800	6,570,000	3,285,000	1,767,600	883,800	4,168,800	2,779	55,584	
2009	2	2	1,070	8,091,200	4,045,600	6,570,000	3,285,000	1,521,200	760,600	4,045,600	2,697	53,941	
2010	2	2	1,070	7,851,200	3,925,600	6,570,000	3,285,000	1,281,200	640,600	3,925,600	2,617	52,341	
2011	2	2	1,070	7,619,200	3,809,600	6,570,000	3,285,000	1,049,200	524,600	3,809,600	2,540	50,795	
2012	2	2	1,070	7,395,200	3,697,600	6,570,000	3,285,000	825,200	412,600	3,697,600	2,465	49,301	
2013	2	2	1,070	7,176,000	3,588,000	6,570,000	3,285,000	606,000	303,000	3,588,000	2,392	47,840	
2014	2	2	1,070	6,963,200	3,481,600	6,570,000	3,285,000	393,200	196,600	3,481,600	2,321	46,421	
2015	2	2	1,070	6,758,400	3,379,200	6,570,000	3,285,000	188,400	94,200	3,379,200	2,253	45,056	
2016	2	0	870	6,558,400	3,279,200	5,256,000	2,628,000	1,302,400	651,200	3,279,200	2,186	43,723	
Total				88,548,800	44,274,400	64,386,000	32,193,000	10,954,800	5,477,400	37,670,400	25,114	502,272	

Note : *1 LFG収集効率: 80%
 *2 埋立開始
 *3 埋立終了
 *4 発電開始
 *5 CH4燃焼を考慮し、温暖化係数=20とする。

2007~2012 (第一約束期間) 319,232 CO2-ton
 2012~2016 (第二約束期間) 183,040 CO2-ton
 合計 502,272 CO2-ton

2) 発電所の発電量の減少に伴う CO2 排出削減量

① 削減量の算定方法

LFG 発電により発電した電力を電力会社に販売する事により、発電所で発電する電力量が削減される。この削減された電力量を発電した場合に排出されたであろう CO2(燃料消費量の削減)が本プロジェクトによる CO2 の排出削減量となる。なお、本プロジェクトでの売電量は LFG 発電により発電した電力で LFG 発電施設で使用する電力を賄うため、LFG 総発電量から施設利用電力量を差し引いたものとなる。

$$\text{CO2 排出削減量} = (\text{全国系統電源の平均 CO2 排出量} / \text{kWh}) \times (\text{販売電力 kWh})$$

通常、本プロジェクト地域の電力供給元が特定できる場合は、特定された電力供給源の CO2 排出原単位を算定することにより求めることができるが、今回は全国の平均的な CO2 排出量により算定することとした。

A) 全国系統電源平均 CO2 排出原単位の推定

タイの発電による CO2 排出原単位は、Asia Pacific Energy Reserch Center 作成資料(下図 Figure -4-1)で示されている CO2 排出原単位より

$$\text{CO2 排出原単位} = 0.6 \text{ CO2-kg/kWh とした。}$$

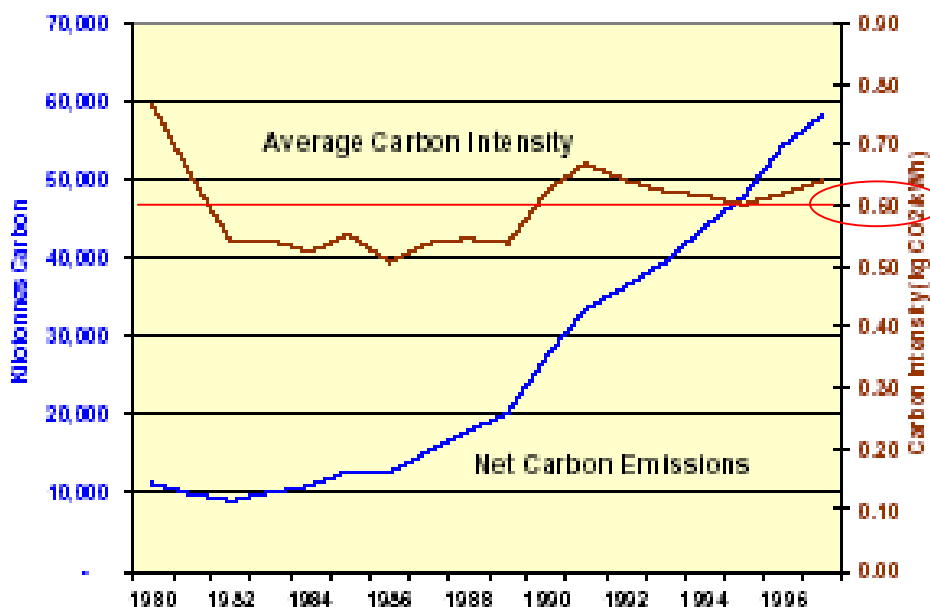


Figure II-4-1 Making The Clean Development Mechanism Work, March 2001 (Figure36) Source EDMC and IEA database

② 発電所の発電量の減少に伴う、CO2 排出削減量 算定

施設の売電量および① A) で設定した全国系統電源の平均 CO2 排出量より、
 発電所の発電量の減少に伴う CO2 排出削減量を Table II-4-3 の通り算定し
 た。

Table II-4-3 発電所の発電量の減少に伴う CO2 排出削減量

FY	GE発電機台数		発電量	売電量(*1)	年間発電量	CO2削減
	435kW	100kW	合計(kW)	合計(kW)		
2003	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0
2007	2	2	1,070	970	8,497,200	5,098
2008	2	2	1,070	970	8,497,200	5,098
2009	2	2	1,070	970	8,497,200	5,098
2010	2	2	1,070	970	8,497,200	5,098
2011	2	2	1,070	970	8,497,200	5,098
2012	2	2	1,070	970	8,497,200	5,098
2013	2	2	1,070	970	8,497,200	5,098
2014	2	2	1,070	970	8,497,200	5,098
2015	2	2	1,070	970	8,497,200	5,098
2016	2	0	870	770	6,745,200	4,047
Total						49,932

CO2排出原単位 = 0.6 CO2-kg/kWh

*1:施設内利用電力を考慮し、100kWマイナス。(Table II-4-7 参照)

2007～2012 (第一約束期間)	30,590
2012～2016 (第二約束期間)	19,342
合計	49,932

3) プロジェクトによる GHG 排出削減量 (CO2 換算)

本プロジェクトによる総 GHG 排出削減量は、Table II-4-2 LFG 回収による GHG (CO2 換算) 排出削減量と Table II-4-3 発電所の発電量の減少に伴う CO2 排出削減量 を集計により求める事が出来る。算定結果を Table II-4-4 に示す。

Table II-4-4 プロジェクトによる GHG 排出削減量 (CO2 換算)

	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
	(CO2-ton)	(CO2-ton)	(CO2-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

4.2 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 クレジットがない場合、\$3/CO2-t の場合に分けて Table II-4-5 に示す。ここで、CO2 クレジットなしの場合とありの場合を比較すると、FIRR に大幅な改善がみられ、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いえる。

詳細は、Table II-4-13、Table II-4-14 参照

Table II-4-5 分析結果サマリー

	FIRR ^(*1)	Payback Period
CO2 クレジットなし	15.51 %	5 年 10 ヶ月
CO2 クレジット @\$3/CO2-t	29.18 %	4 年 1 ヶ月

*1 FIRR: Financial Internal Return Rate

ファイナンス的 IRR であり、事業の金銭的な利益率を示す。従って、経済的な評価を含まない。

なお、分析は以下の基本(設定)条件に基づいて評価した。

Table II-4-6 基本(設定)条件

プロジェクト期間	10 年間の施設実働期間を含む 11 年間
稼働時間	24 時間/日 365 日/年 発電電力量は Table II-4-3 参照
売電コスト	SPP として生産した電力は全て売電できるものとする。 1.9 バーツ/kWh EPPO (旧 NEPO) のプレミアム価格を想定 (SPP の平均売電価格: 約 1.4 B/kWh + EPPO の補助(予定): 約 0.5 B/kWh)
Discount Rate	12 %
ユーティリティ使用量	本施設で使用する電力は全て自給とする。 詳細は Table II-4-7 参照
諸経費	9,000,000 バーツ プロジェクト開始に必要な準備費用
労務費用	Table II-4-8 参照
投資費用	Table II-4-10、Table II-4-11 参照
O&M 費用 (労務費含む)	メンテナンス費は、イニシャルコストをベースとして想定 パーセントを乗じて算定 詳細は Table II-4-12 参照
法人税	純利益に対し 30%
見積除外項目	Table II-4-9 参照

Table II-4-7 本プロジェクトによる（電力）使用量

システム	機器	電気容量
Gas Collection System	Blower / Motor	50 kW
Gas Treatment System	Motor	10 kW
	Flare	5 kW
Control Facilities		5 kW
Miscellaneous		30 kW
Total		100 kW

ユーティリティ（施設稼動に必要な電力）は全て LFG 発電により全て賄うものとする。

Table II-4-8 労務費

人員構成	人数 workers	単価 (Baht/Month)	Cost (Baht)
Plant Manager	1	25,000	300,000
Mechanical Engineer	1	20,000	240,000
Electrical Engineer	1	20,000	240,000
LFG Plant Operator	1	20,000	240,000
Accountant	1	10,000	120,000
Technician	1	10,000	120,000
TOTAL			1,260,000

Table II-4-9 見積除外項目

LFG 費用	適正な価格の調査及び、ノンタブリ県との協議が必要
土地借用費用	LFG 井戸、配管、発電施設、道路などに必要な土地借用費用についてノンタブリ県との協議が必要
借入金	資金調達は今後の検討
CDM 経費	申請費用を含めて CO2 クレジット獲得に必要な経費

Table II-4-10 Capital and O&M Cost Assumption

Unit : Baht

	Capital cost			O&M cost		
	Cost per Set	No. of Sets	Value	% of Capta	Value	description
1. Gas Collection System	500,000	1	500,000	1	5,000	every year
2. Building , Equipment	300,000	1	300,000	1	3,000	every year
3. Electricity System						
1. Unit 1						
A) Modified Engine (year 2-6) Engine (Motor and Controller) of capacity 100 kW (Replacement every 3 years) - 2 sets (2007-2016)	500,000	2	1,000,000	30.00	300,000	every year
B) Filter System	100,000	1	100,000	5	5,000	every 5 years
C) Electric line	200,000	1	200,000	5	10,000	every 5 years
2. Unit 2						
A) Imported Engine (2007-2017) Engine of capacity 435 kW	14,000,000	2	28,000,000	1	280,000	every year
B) Filter System	5,000,000	1	5,000,000	5	250,000	every 5 years
C) Electric line and Transformer	1,000,000	1	1,000,000	5	50,000	every 5 years
D) Control System	1,000,000	2	2,000,000	5	100,000	every 5 years

Table II-4-11 Annual Capital Cost

Unit : Baht

Year	Gas Collection System	Building Equipment	LFG発電システム		諸経費 各種手続き等	Total
			CAP Cost			
			Unit 1	Unit 2		
2006 (***)	500,000	300,000	1,000,000	36,000,000	9,000,000	46,800,000
2007						
2008						
2009			1,000,000			1,000,000
2010						
2011						
2012			1,000,000			1,000,000
2013						
2014						
2015			1,000,000			1,000,000
2016						
Total	500,000	300,000	4,000,000	36,000,000		49,800,000

Table II-4-12 Annual O&M Cost

Unit : Baht

Year	Maintenance				Operation		Sub Total	Overhead 20%	Total
	Gas Collection System	Building Equipment	Electricity System		LFG燃料費	Labor Cost			
			Unit 1	Unit 2					
2006									
2007	5,000	3,000	300,000	280,000	0	1,260,000	1,848,000	369,600	2,217,600
2008	5,000	3,000	300,000	280,000	0	1,260,000	1,848,000	369,600	2,217,600
2009	5,000	3,000	300,000	280,000	0	1,260,000	1,848,000	369,600	2,217,600
2010	5,000	3,000	300,000	280,000	0	1,260,000	1,848,000	369,600	2,217,600
2011	5,000	3,000	315,000	680,000	0	1,260,000	2,263,000	452,600	2,715,600
2012	5,000	3,000	300,000	280,000	0	1,260,000	1,848,000	369,600	2,217,600
2013	5,000	3,000	300,000	280,000	0	1,260,000	1,848,000	369,600	2,217,600
2014	5,000	3,000	300,000	280,000	0	1,260,000	1,848,000	369,600	2,217,600
2015	5,000	3,000	300,000	280,000	0	1,260,000	1,848,000	369,600	2,217,600
2016	5,000	3,000		680,000	0	1,260,000	1,948,000	389,600	2,337,600
Total	50,000	30,000	2,715,000	3,600,000		12,600,000			22,794,000

Table II-4-13 CO2 クレジットを含まない経済性(財務)分析結果

Unit : US\$

Year	Costs			Benefits				Net Benefit
	CAP Exp	O&M Exp	Total	Unit 1	Unit 2	CO2 Credit	Total	
				revenue from electric sale	revenue from electric sale			
2006	1,076,400		1,076,400					-1,076,400
2007		51,005	51,005	38,281	333,046		371,328	224,226
2008		51,005	51,005	38,281	333,046		371,328	224,226
2009	23,000	51,005	74,005	38,281	333,046		371,328	208,126
2010		51,005	51,005	38,281	333,046		371,328	224,226
2011		62,459	62,459	38,281	333,046		371,328	216,208
2012	23,000	51,005	74,005	38,281	333,046		371,328	208,126
2013		51,005	51,005	38,281	333,046		371,328	224,226
2014		51,005	51,005	38,281	333,046		371,328	224,226
2015	23,000	51,005	74,005	38,281	333,046		371,328	208,126
2016		53,765	53,765		294,765		294,765	168,700
Total	1,145,400	524,262	1,669,662	344,531	3,292,183		3,636,714	1,054,016
PV	993,498	263,908	1,257,405	182,118	1,869,461		1,851,279	127,390

換算レート 0.023 \$/Baht

Simple Payback	5年10ヶ月
FIRR (%)	15.23 %

Table II-4-14 CO2 クレジット(\$3/CO2-トン)を含む経済性(財務)分析結果

Year	Costs			Benefits				Net Benefit
	CAP Exp	O&M Exp	Total	Unit 1	Unit 2	CO2 Credit	Total	
				revenue from electric sale	revenue from electric sale			
2006	1,076,400		1,076,400					-1,076,400
2007		51,005	51,005	38,281	333,046	187,103	558,431	355,198
2008		51,005	51,005	38,281	333,046	182,047	553,375	351,659
2009	23,000	51,005	74,005	38,281	333,046	177,119	548,447	332,109
2010		51,005	51,005	38,281	333,046	172,319	543,647	344,849
2011		62,459	62,459	38,281	333,046	167,679	539,007	333,583
2012	23,000	51,005	74,005	38,281	333,046	163,199	534,527	322,365
2013		51,005	51,005	38,281	333,046	158,815	530,143	335,396
2014		51,005	51,005	38,281	333,046	154,559	525,887	332,417
2015	23,000	51,005	74,005	38,281	333,046	150,463	521,791	313,450
2016		53,765	53,765		294,765	143,309	438,075	269,017
Total	1,145,400	524,262	1,669,662	344,531	3,292,183		5,293,326	2,213,645
PV	993,498	263,908	1,257,405	182,118	1,869,461		2,708,650	727,550

Unit : US\$

換算レート 0.023 \$/Baht

Simple Payback (yrs)	4年1ヶ月
FIRR (%)	29.18 %

Ⅲ まとめ

1 LFG 発電の事業化に向けた課題及び必要検討事項

本 FS でタイに於ける LFG 発電について調査、検討を行った結果、LFG 発電の事業化に向けた課題や検討必要事項はあるものの LFG 発電の CDM 事業としてのポテンシャルは高いといえる。しかし、事業化を検討する場合には課題を十分に理解した上で取り組む必要があると考えられる。以下に本 FS で明らかになった検討を要する課題を整理する。

1.1 LFG 発生及び回収に関する課題

1) LFG 発生量

LFG 発生量の算定は、Ⅱ-3 で述べた通り US EPA の開発した LFG 発生量算定プログラム(First Order Decay 法 LANDGEM)を用いた。この算定方法は世銀の PCF などでも使用されている通り、一般的に広く利用されている。

ただし、信頼できる結果を得る為には、プロジェクト或いは地域固有の適正なパラメータの設定が重要であり、このプログラムにおいては L_0 と k が LFG 発生量に大きな影響を与える。(参考として、本 FS のケースにおいて k の変化による LFG 発生量の変化を表したグラフを Figure III-1-1 に示す。)

L_0 (Potential Methane Generation Capacity)

メタン(或いは LFG)発生のポテンシャル($m^3\text{-CH}_4/\text{Mg}$)を示す定数であり、一般的に有機物量に依存する定数として扱われている。

k : (Methane Generation Rate Constant)

LFG の発生率を決定する定数であり、廃棄物中の水分(含水率)、pH、温度、埋立地の管理状況などに依存した定数

しかし、タイにおいてこれらのパラメータの調査・研究は現在のところ十分に行われておらず、これまでの実験による経験に欧米の文献を照らし合わせて決めている。今回 FS で算定した LFG 発生量の推定に於いても、同様に、タイの廃棄物の組成や化学的な組成等は十分に反映されていない。

従って、算定された LFG 発生量はそのまま信頼できるものではなく、システムの設計に十分なデータとはいえない。事業化を検討する際、信頼性のあるデータ算定が必要であり、現地状況に適合した適切なパラメータの調査研究が必要である。

なお、参考までに、今回の FS で算定されたメタン発生量と「環境省 H14 年度 温室効果ガス排出量算定方法検討会 廃棄物分科会 報告書」に基づき算定したメタン発生量の比較を行った結果を Figure III-1-2 に示す。

*現在、定数“ k 値”については、調査・研究が始められているとの情報を入手している。

Graph of Methane Emission from Landfill at various Methane Generation Rate Constant (k)

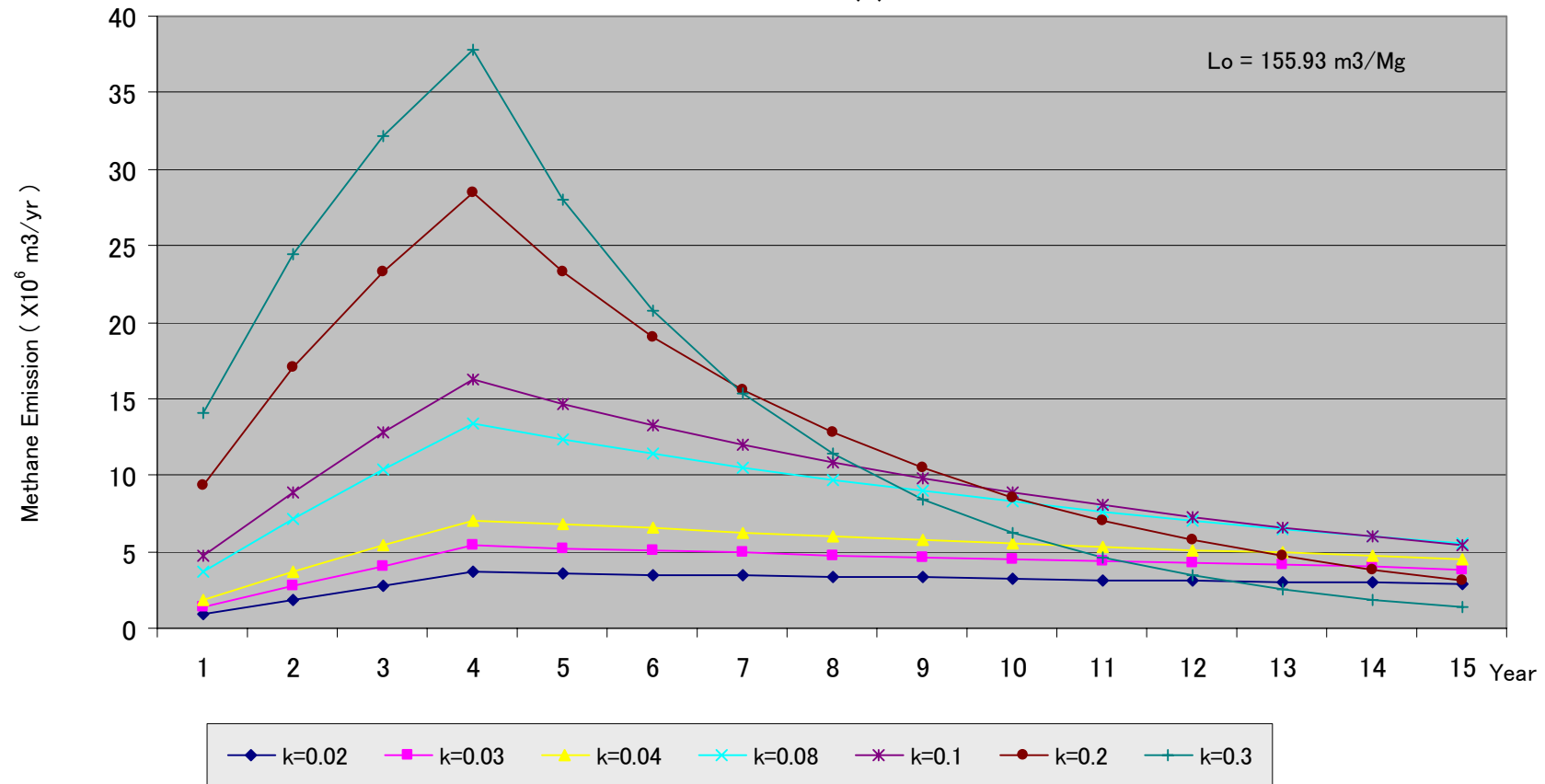


Figure III-1-1 “k”値によるメタン発生量の変化

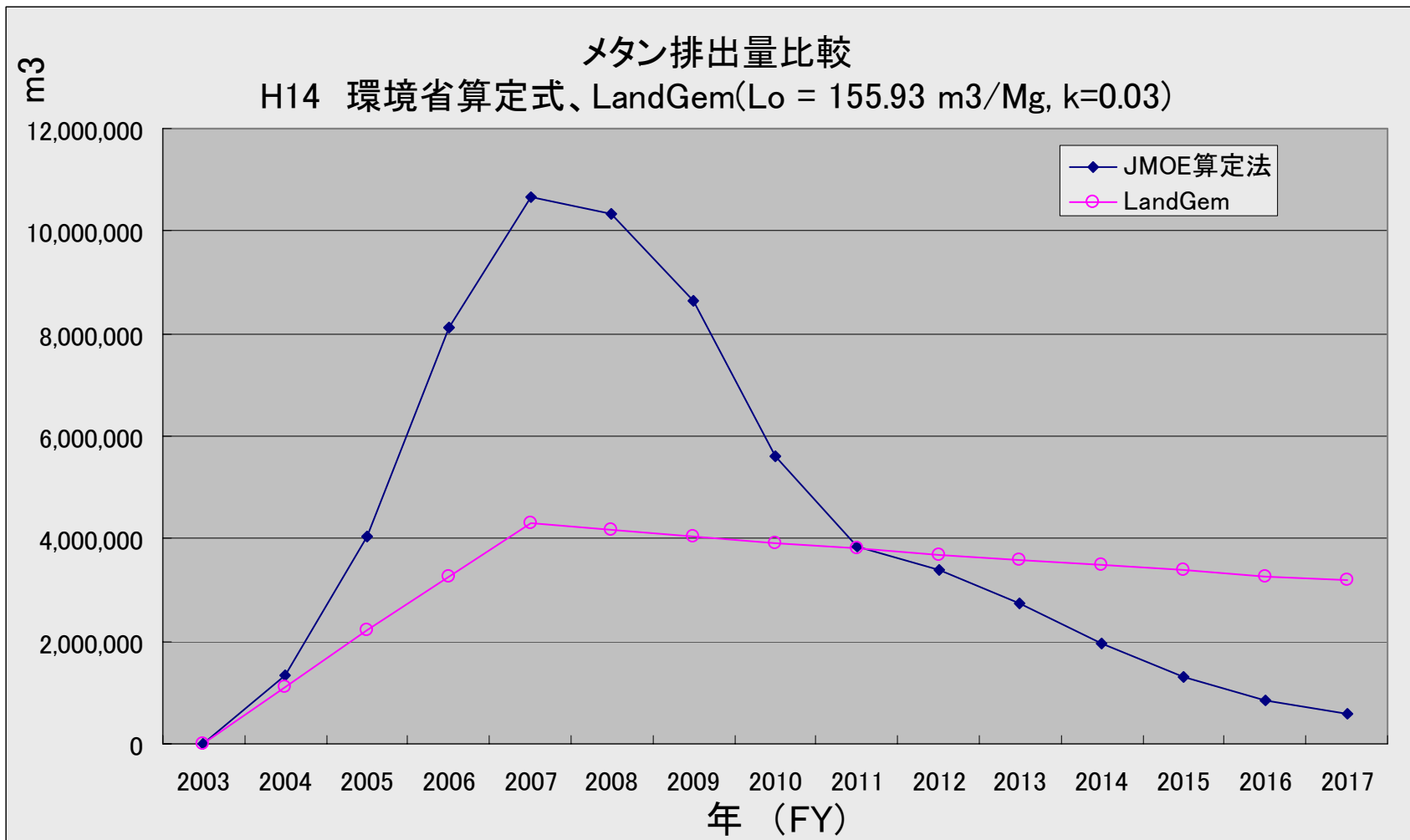


Figure III-1-2 環境省算定式と本 FS で使用した(LandGem による)メタン排出量の比較

2) 回収効率

タイ MOSTE の報告書によると、埋立地からの LFG 回収効率は60～85%程度とされており、本 FS では80%と設定した。これは、カセサート大学のこれまでの経験(井戸1本からの LFG 回収実績)に基づいて設定した値であるが、Table III-1-1 に示す通り、他のプロジェクトや報告書で示されている回収効率と比較すると、高めの値になる。

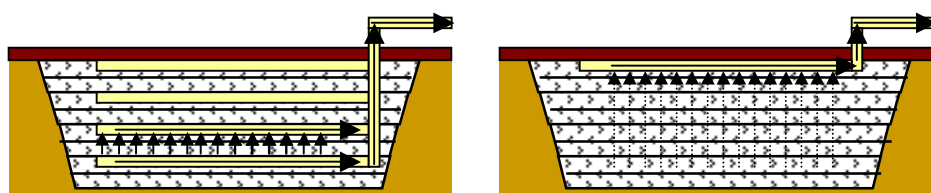
文献によると、一般的な水平井戸の場合、2リフト程度ごとに井戸を設置する事になっており、この条件に従うとノンタブリ埋立地の場合には、Figure III-1-3 の様に4層程度の水平井戸が設置されることになる。しかし、今回ノンタブリで計画した LFG 収集井戸は覆土の下面の1層のみであり、一般的な井戸に比べ収集効率が低いと予想される。

本 FS で設定した LFG 回収効率は適当なものか、現地の調査を通して、信頼できる回収効率の確認が重要と考えられる。

Table III-1-1 文献、他のプロジェクトの LFG 回収効率

文献	LFG 回収効率	備考
タイ環境省	60 - 85%	
世銀 *1	60% 以上	
メキシコ PCF	70%	
米国環境省 FS@マニラ	70%	H12 年度 オイスカ報告書より
SCS Engineers	60 - 80%	

*1 Guidance Note on Recuperation of Landfill Gas from Municipal Solid Waste Landfills



一般的な水平井戸設置例に従った場合

ノンタブリの水平井戸(単層)

Figure III-1-3 水平井戸イメージ図

3) 浸出水の水位と回収井戸

タイでは LFG 回収において、浸出水の高水位に悩まされてきたが、現在では浸出水の水位が高い状態でも LFG を回収できるタイ独自の水平井戸により浸出水の問題を解決してきている。しかし、一般的に衛生埋立地では、浸出水は適切に排水され、廃水処理施設で処理されるべきであり、浸出水の水位が高いというのは、本来あるべき状態ではない。つまり、浸出水の水位が高いからといって LFG の回収方法を変えるのではなく、浸出水を排水することが本来あるべき処置であると考えられる。従って、LFG を効率よく安定的に回収する為に浸出水の水位を低く維持する様な対策の検討が必要であり、それをベースに効率的な LFG の回収方法の検討が必要である。

1.2 埋立地に関する留意点

1) 埋立地の規模について

LFG 利用の事業化で最も重要な条件の一つとして埋立地の容量があり、文献により異なるが、最低100万トン以上の埋立容量が必要といわれる。この点から、東南アジアでは大都市の埋立地でないと事業として成立しないという指摘もある。

2) 埋立地の形状

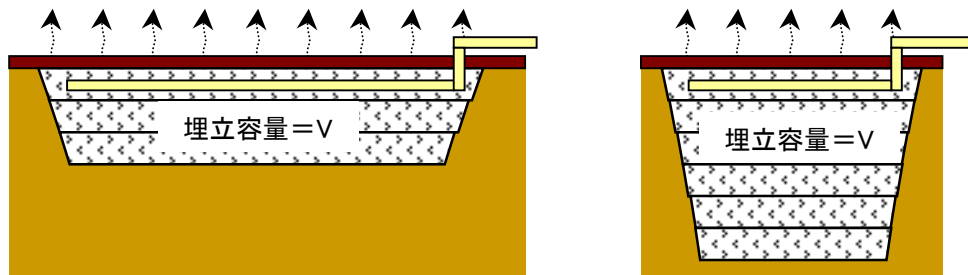
LFG 利用を考えた場合、埋立地の形状も重要な要素となる。Figure III-1-4 に示す同じ容量のA)とB)の埋立地を比較した場合、A)はB)に比べ、覆土面積が大きく、この覆土面積の大きさは

①LFG 回収井戸、回収配管の設置、維持管理費用の増大

②覆土から大気への LFG 放出量の増大

につながり、事業性にマイナスの要素となる。従って、LFG の利用を考えた場合、埋立地の形状としては、B)の様な形状が望ましいことになる。しかし、タイの埋立地は A)の様な形状の埋立地が多いとされている。

ただし、埋立地の運営も事業の中に含まれる場合には、埋立地の建設コストも含めて総合的に検討する必要がある。



A) LFG 利用に不利な埋立地

B) LFG 利用に有利な埋立地

Figure III-1-4 埋立地形状の比較

3) 埋立地の管理

埋立地の覆土管理は、LFG 利用、特に回収効率を大きく左右する要素である。すなわち、

① LFG は完全な嫌気状態で発生するため、埋立地内への空気の流入はできる限り避ける必要がある。(LFG 利用の場合、特に LFG 回収の為に埋立地内が負圧となっている為、空気が流入し易い条件となっている) また、前述した通り② 浸出水は LFG 回収の大きな障害をもたらす可能性があり、浸出水の素となる雨水の埋立地への浸透はできる限り避けたい。

安定的に LFG を回収するためには覆土から空気、雨水の流入を防止する事が必要であり、覆土の材料は勿論、適切な厚さそして、適切な管理が大変重要となってくる。

本 FS で想定したように埋立地の管理と LFG 利用施設の運営組織が異なる場合、埋立地の管理は自らコントロールできないため、事業化を考える際に注意が必要である。

1.3 その他の留意点および検討必要事項

1) LFG の価格

本 FS では、LFG の購入コストは考慮しない事とした。事業性の検討の過程で、LFG 価格として軽油(ディーゼル)価格を上限として検討をしてみたが、事業性を著しく低下させる結果となった。今後、具体的な事業性検討を行わないと正確な結論は出せないが、LFG の使用量に応じて代金を支払うことは、事業の経済性の面で困難であると考えられ、事業で得られた利益の分配により処理する方が事業として成立し易いと考えられる。

LFG 利用を考える際には、所有者と何らかのかたちで合意する必要がある。

2) リサイクルの普及による影響

タイでは廃棄物処理の対策としてリサイクルを大きな柱としている。今回のノンタブリにおいても、これまでの様に収集した廃棄物を全て埋立処理するのではなく、分別する計画が含まれており、有機性廃棄物によるバイオガスシステムの導入も含まれている。実際に実現するかどうかは技術的、資金的に疑問があるが、このようなスキームが普及した場合、埋立処理される廃棄物の LFG 発生ポテンシャルは低下することになり、事業化の魅力が低下してくる可能性がある。この点についても計画に際しては動向や計画を注視していく必要がある。

2 まとめ

2.1 他地域への波及効果

本 FS を通じたカセサート大学を始め様々な人との情報交換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、LFG 発電が普及する可能性は高いといえる。

また、世銀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 (Table I-4-2 参照) 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ことから、タイで LFG 発電技術が確立されれば、東南アジア地域においても参考に出来る部分も多く、波及効果は非常に高いと考えられる。

以下に本 FS で入手した東南アジア地域の LFG 発電に関する情報を整理する。

1) フィリピン

アジア開発銀行の ELY ANTHONY R. OUNO 氏 (Principal Environmental Specialist, Region and Sustainable Development Department) へのヒヤリング (2002年10月3日) で、フィリピンにおいて LFG 発電の計画はないとの情報である。

2) インドネシア

世銀の LFG に関する報告書 (Guidance Note on Recuperation of Landfill Gas from Municipal Solid Waste Landfills) の中にインドネシアの LFG 発電について記述はあるが、詳細は不明

3) マレーシア

バンコク市の廃棄物を受け入れているラチャテワ衛生埋立地を所有する PSP 社によると、マレーシアで進められているプロジェクトが東南アジア初の LFG 商用発電となるとの情報を得ている。

2.2 まとめ

本 FS により、得られた情報をまとめると以下の通りである。

- 1) 経済性分析の結果 LFG 発電は CO2 クレジットがない場合においても事業として成立する可能性を有する。
- 2) プロジェクトの経済性を比較した場合、CO2 クレジットを考慮した場合に、FIRR が大幅な改善がみられることから、LFG 発電の CDM プロジェクトする意義が大きい。
- 3) LFG 発電は GHG 排出削減のみならず、臭気や爆発の危険の低下など周辺環境の改善の大きく寄与する。
- 4) 今後、衛生埋立地の普及に伴い、タイおよび他の東南アジア地域において LFG 発電の利用できる環境が整っていくと考えられる。
- 5) LFG 発電の事業化に向けた課題や検討必要事項も多く存在する。従って、事業化を検討する場合には課題を解決あるいは十分に理解した上で取り組む必要がある。

以上の情報から判断すると、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が、プロジェクトの実施にあたり、現時点で多くの課題が存在する。

しかし、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考えても魅力的であると考えられ、我が国が LFG 発電を事業として取り組めるような環境作りが必要であると考えられる。従って、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はないかと考えられる。とりわけ、Ⅲ-1 で説明した LFG 発生及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。

現地調査概要

1. 第一回現地調査出張 2002年7月21日～7月24日

1) 調査目的

固形廃棄物、発生および処理、LFG 取組、CDM に関する現地状況のヒヤリングおよび調査

2) 訪問先

- ① DEDP Energy Reserch and Development Division
- ② NEPO
- ③ DEDP Project Planning Division
- ④ OEPP International Environmental Affairs Division
- ⑤ BMA PCD

2. 第二回現地調査出張 2002年9月2日～9月14日

1) 調査目的

① カウンターパート(Kasetsart University)調査内容打合せ

② 固形廃棄物、発生および処理、LFG 取組、CDM に関する現地状況のヒヤリングおよび調査

2) 訪問先

- ① Kasetsart University
- ② PCD, MOSTE
- ③ JICA バンコク事務所
- ④ PCD, BMA
- ⑤ JETRO バンコク
- ⑥ ノンタブリダンピングサイト
- ⑦ オンノックトランスファーステーション

3. 第三回現地調査出張 2002年10月26日～10月30日

1) 調査目的

① バンコク廃棄物処理施設調査

② カウンターパート(Kasetsart University)調査状況確認および内容打合せ

2) 訪問先

- ① Kasetsart University
- ② ノンタブリダンピングサイト
- ③ ターラン トランスファーステーション
- ④ オンノック トランスファーステーション
- ⑤ ラチャテワ衛生埋立地

4. 第四回現地調査出張 2002年9月2日～9月14日

1) 調査内容

カウンターパート(Kasetsart University)調査状況確認および内容打合せ

2) 訪問先

① Kasetsart University



第一回現地調査
2002年7月22日 DEDP打合せ
DEDP: AMUNUAY THONGSATHITYA
大林組: 神永、浅井



第一回現地調査
2002年7月22日 カセサート大学打合せ
カセサート大: Prof. Kiatkrai Ayuwat, Dr. Chart Chiemchaisri
タイ大林: Ms. Montha Khongkrurphan
大林組: 神永、浅井



第一回現地調査
2002年7月22日 NEPO打合せ
NEPO: Mr. Anan Chansakran, Chai Sirivattanachaigun
大林組: 神永、浅井



第一回現地調査
2002年7月23日 DEDP打合せ
DEDP: Mr. Jirasak Surawatanawong
大林組: 神永、浅井



第一回現地調査
2002年7月23日 OEPP打合せ
OEPP: Mr. Surin Vivajsirin
大林組: 神永、浅井



第一回現地調査
2002年7月22日 PCD_BMA打合せ
PCD: Mr. Thirachai Thiansanchai, Deputy Director General
Ms. Sarinporn Leemaharounguang, Director
タイ大林: Ms. Montha Khongkrurphan
大林組: 神永、浅井



第二回現地調査
2002年9月9日 ハナフリダンプサイト現地視察
ダンプサイト南西より北東方向を望む



第二回現地調査
2002年9月9日 ハナフリダンプサイト現地視察
ダンプサイト西側より東方向を望む



第二回現地調査
2002年9月9日 ハナフリダンプサイト現地視察
ダンプサイト北西より西方向を望む



第二回現地調査
2002年9月9日 ハンブリタンピングサイト現地視察
タンピングサイト北西角より南東方向を望む



第二回現地調査
2002年9月9日 ハンブリタンピングサイト現地視察
Landfill B 建設予定地
(タンピングサイト西側)



第二回現地調査
2002年9月9日 ハンブリタンピングサイト現地視察
リサイクル施設 建設予定地
(タンピングサイト北側)



第二回現地調査
2002年9月9日 ハンブリタンピングサイト現地視察
Landfill B 建設予定地
(タンピングサイト西側)



第二回現地調査
2002年9月9日 ハンブリタンピングサイト現地視察
Landfill B 建設予定地
(タンピングサイト西側)



第二回現地調査
2002年9月9日 ハンブリタンピングサイト現地視察
タンピングサイト南西より北東方向を望む



第二回現地調査
2002年9月9日 ハンブリタンピングサイト現地視察
タンピングサイト進入道路より



第三回現地調査
2002年10月29日 オンノック トランスファーステーション
埋立地への廃棄物搬出トラックへの積み込み状況



第三回現地調査
2002年10月29日 オンノック トランスファーステーション
収集車ウェイトステーション



第三回現地調査
2002年10月29日 ラチャテリ衛生埋立地視察
PSP社: Mr. Pairoj Jaroenpoj, Owner
Mr. Chareon Jirakarnka, Project Engineer
Mr. Komsilp Wang-Yoo, Mec. Engineer
タイ大林: Mr. Manat, Mec. Engineer
大林組: 浅井



第三回現地調査
2002年10月29日 ラチャテワ衛生埋立地視察
LFG用 ガスエンジン発電機



第三回現地調査
2002年10月29日 ラチャテワ衛生埋立地視察
衛生埋立地 全景



第三回現地調査
2002年10月29日 ラチャテワ衛生埋立地視察
衛生埋立地 全景



第三回現地調査
2002年10月29日 ターラン トランスファーステーション
廃棄物積替え施設



第三回現地調査
2002年10月29日 ターラン トランスファーステーション
廃棄物積替え施設 搬出車用ピット全景



第三回現地調査
2002年10月29日 ターラン トランスファーステーション
廃棄物積替え施設 搬出車用ピット



第三回現地調査
2002年10月29日 ターラン トランスファーステーション
収集車ウェイトステーション



第三回現地調査
2002年10月28日 ハンタリタンピングサイト現地視察
Landfill B 造成状況



第三回現地調査
2002年10月28日 ハンタリタンピングサイト現地視察
Landfill B 造成状況

添付資料リスト

添付資料 1 :

「Policy on Pollution Prevention and Eradication under Thailand Policy and Perspective Plan for Enhancement and Conservation of National Environmental Quality, 1997-2016」
Pollution Control Department, MOSTE

添付資料 2 :

「Bangkok Beams」
Public Cleansing Department, BMA

添付資料 3 :

「International Perspective on Energy Recovery from Landfill Gas」
CADDET

添付資料 4 :

「User's Manual Landfill Gas Emissions Model Version 2.0」
U.S Environmental Protection Agency, Office of Research and Development

参考文献リスト

- ① A PRE-INVESTMENT STUDY ON LANDFILL GAS RECOVERY FOR ENERGY UTILIZATION AT NAKORN RACHASIMA AND BANGKOK METROPOLITAN “EXECUTIVE SUMMARY REPORT”
Department of Energy Development and Promotion, MOSTE
- ② “Bangkok” state of the Environment 2001
The United Nations Environment Programme
- ③ Bangkok Beams
Public Cleansing Department, BMA
- ④ Executive Summary of Biogas from Landfill
Pollution Control Department, MOSTE
- ⑤ FEASIBILITY STUDY OF REGIONAL SOLID WASTE FACILITY “Final Report”
Pollution Control Department, MOSTE
- ⑥ Guidance Note on Recuperation of Landfill Gas from Municipal Solid Waste Landfill
The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank
- ⑦ International Perspective on Energy Recovery from Landfill Gas
CADET
- ⑧ Policy on Pollution Prevention and Eradication under Thailand Policy and Perspective Plan for Enhancement and Conservation of National Environmental Quality, 1997–2016
Pollution Control Department, MOSTE
- ⑨ Regulation and Guideline of Municipal Solid Waste Management
Pollution Control Department, MOSTE
- ⑩ “Thailand” Case Study _ Report from the UNIDO project UC/RAS/01/107
The United Nations Industrial Development Organization
- ⑪ Thailand’s Initial National Communication under UNFCCC
Ministry of Science, Technology and Environment, Thailand

- ⑫ Thailand's National Greenhouse Gas Inventor, 1990
Thailand Environment Institute
- ⑬ 国別環境情報整備調査 報告書(タイ) 平成9年10月
国際協力事業団
- ⑭ 在外事務所プロジェクト形成調査(廃棄物分野) 報告書
国際協力事業団 タイ事務所
- ⑮ 所報 2002. 8
盤谷日本人商工会
- ⑯ 平成12年度 CDM/JIIに関する検討調査 報告書
パシフィックコンサルタンツ株式会社
- ⑰ 平成14年度 温室効果ガス排出量算定方法検討会 廃棄物分科会 報告書
環境省 温室効果ガス排出量算定方法検討会
- ⑱ 廃棄物処理総論 廃棄物工学の原理と廃棄物処理の問題
(株)エヌ・ティー・エス

添付資料 1 :

「Policy on Pollution Prevention and Eradication under Thailand Policy and Perspective Plan for Enhancement and Conservation of National Environmental Quality, 1997-2016」

Pollution Control Department, MOSTE

添付資料 2 :

「Bangkok Beams」

Public Cleansing Department, BMA

添付資料 3 :

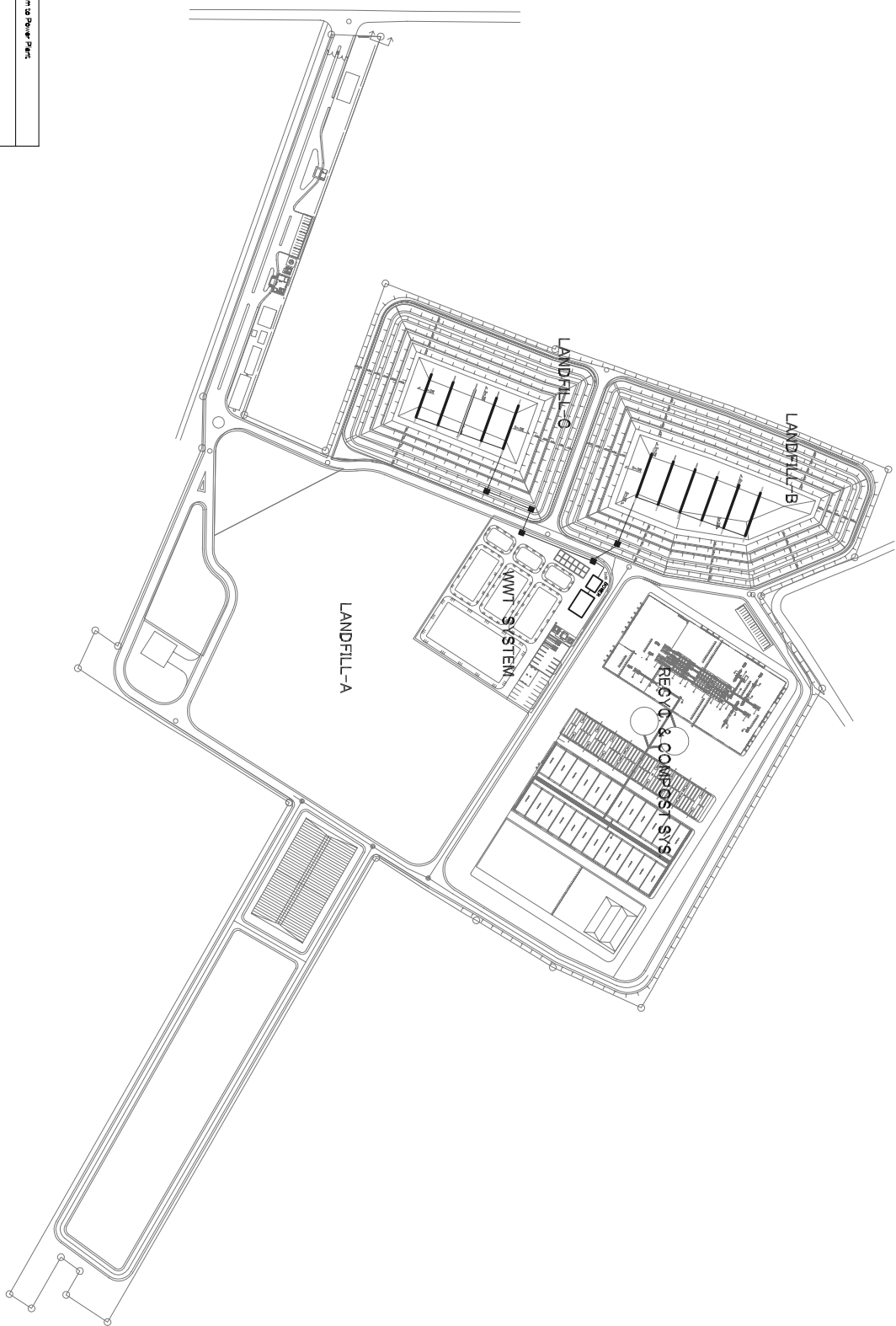
「International Perspective on Energy Recovery from Landfill Gas」

CADDET

添付資料 4 :

「User's Manual Landfill Gas Emissions Model Version 2.0」


U.S Environmental Protection Agency, Office of Research and Development



Detail of Gas Collecting system to Power Plant

Gas Extraction System
- distance of piping to power plant: 40 m
- horizontal walls 20/0.3 m high 10.11 walls
- gravel / lean header pipe 0.125φ 8 mm (above ground)
- interval distance of each extraction walls of 40 m

Figure II-1-5 ノンタグリ固形廃棄物処理センターの全体レイアウト

CONSULTANT :  THE ENERGY AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING CENTER FACULTY OF ENGINEERING, KASETSART UNIVERSITY		DRAWING TITLE : Solid Waste Disposal Center & LFG Facilities		SANITARY ENGINEER	ELECTRICAL ENGINEER	DRAWN BY	DATE	SHEET NO.
		CIVIL ENGINEER	MECHANICAL ENGINEER	CHECKED	TOTAL			

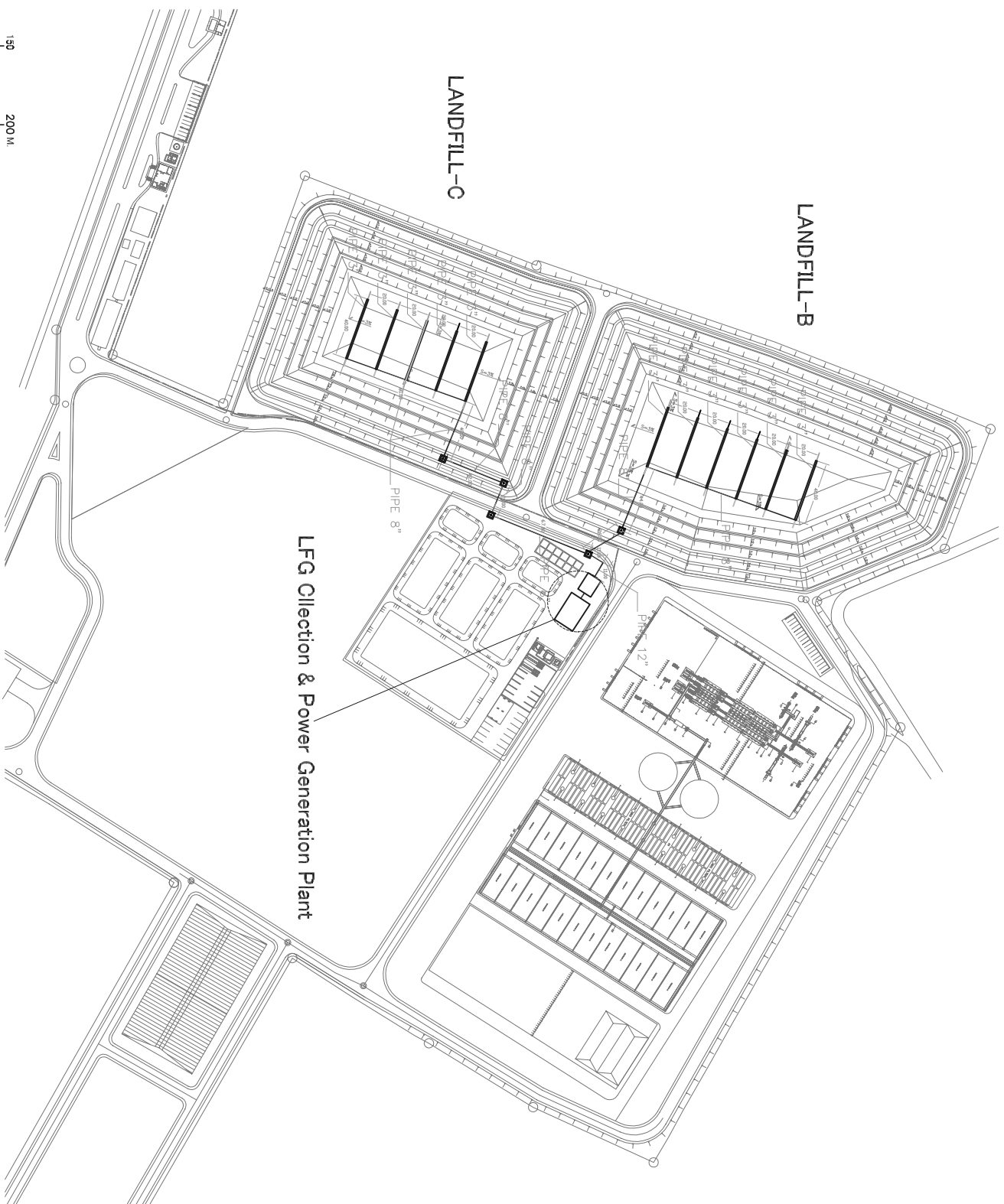
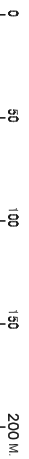



Figure II-1-8 ノンタグリ固形廃棄物処理センター全体レイアウト拡大図

CONSULTANT :  THE ENERGY AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING CENTER FACULTY OF ENGINEERING - KASETSART UNIVERSITY		DRAWING TITLE : Solid Waste Disposal Center & LFG Facilities		SANITARY ENGINEER CIVIL ENGINEER		ELECTRICAL ENGINEER MECHANICAL ENGINEER		DWG NO. DATE		SHEET NO. TOTAL	
--	--	--	--	-------------------------------------	--	--	--	-----------------	--	--------------------	--

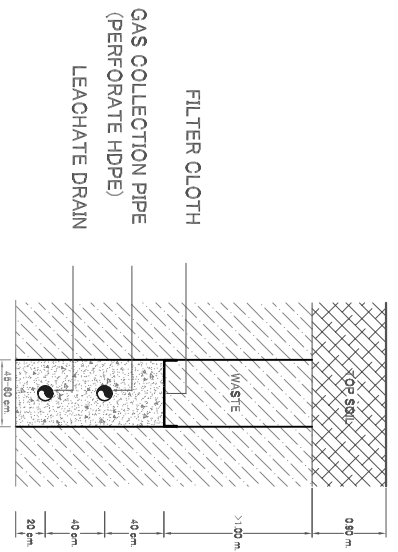
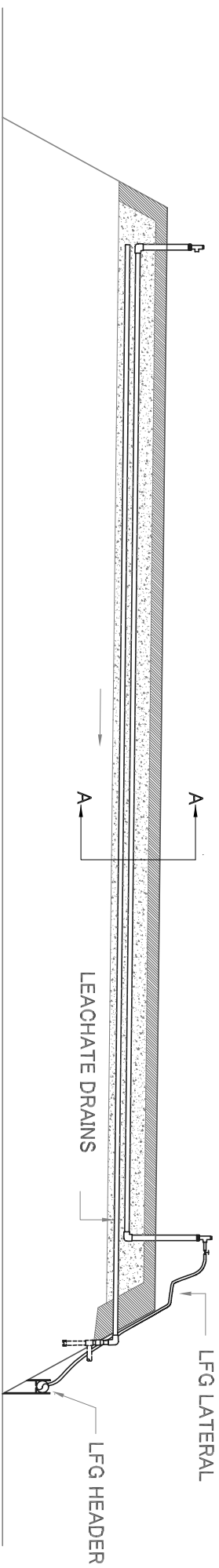



Figure II-1-9 LFG井戸および収集配管 (参考図)

AUTHORISED :		CONSULTANT :		DRAWING TITLE :		DRAWN BY :		DWG NO.		SHEET NO.	
		 THE ENERGY AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING CENTER FACULTY OF ENGINEERING, KASETSART UNIVERSITY		LFG COLLECTION PIPING SYSTEM (Typical)							
		SANITARY ENGINEER		MECHANICAL ENGINEER		CHECKED		DATE		TOTAL	
		CIVIL ENGINEER									