

平成 15 年度
環境省委託調査

平成 15 年度 C D M / J I 事業調査

プノンペン市廃棄物埋立処分場（Stung Mean Chey）から排出するメタンガス等（LFG）の回収による温室効果削減及びエネルギー活用事業の F/S 調査

報告書

平成 16 年 2 月

財団法人 廃棄物研究財団

はじめに

1997年12月に開催された国際連合気候変動枠組条約第3回締結国会議(COP3)で採択された「京都議定書」で、日本は2008年から2012年までの温室効果ガスの排出量を1990年レベルより6%削減することが定められた。この削減目標を達成するために、国内の温暖化対策を進めるとともに、議定書に規定された国際的な地球温暖化対策のメカニズム - 先進国と開発途上国の間の「クリーン開発メカニズム(Clean Development Mechanism: CDM)」や先進国間の「共同実施」などについても積極的に推進することが必要となっている。

財団法人廃棄物研究財団は、平成15年度温暖化対策クリーンクリーン開発メカニズム事業調査(以下CDM/JI事業調査という。)を財団法人地球環境センターより受託した。

当調査を実施するために当廃棄物研究財団内に学識経験者で構成した「カ国」ブノンペン市廃棄物埋立処分場排出ガス回収によるCDM調査委員会(委員長 田中勝 岡山大学大学院教授)を設置し、調査計画から事業設計書(PDD)作成に至る各時点で委員各位の指導、助言等を得た。

調査を通じて協力を得たカンボジア国環境省、公共事業運輸省及びブノンペン市公共事業運輸局、同環境局他関係者に深く感謝致します。

平成16年3月

財団法人 廃棄物研究財団
理事長 杉戸大作

調査体制

1 調査委員会の設置

当調査の実施に際して財団法人廃棄物研究財団では「カンボジア国廃棄物処分場 LFG 削減 CDM 調査委員会（委員長 田中 勝 岡山大学大学院 教授）を発足し調査に対する指導・助言を得た。

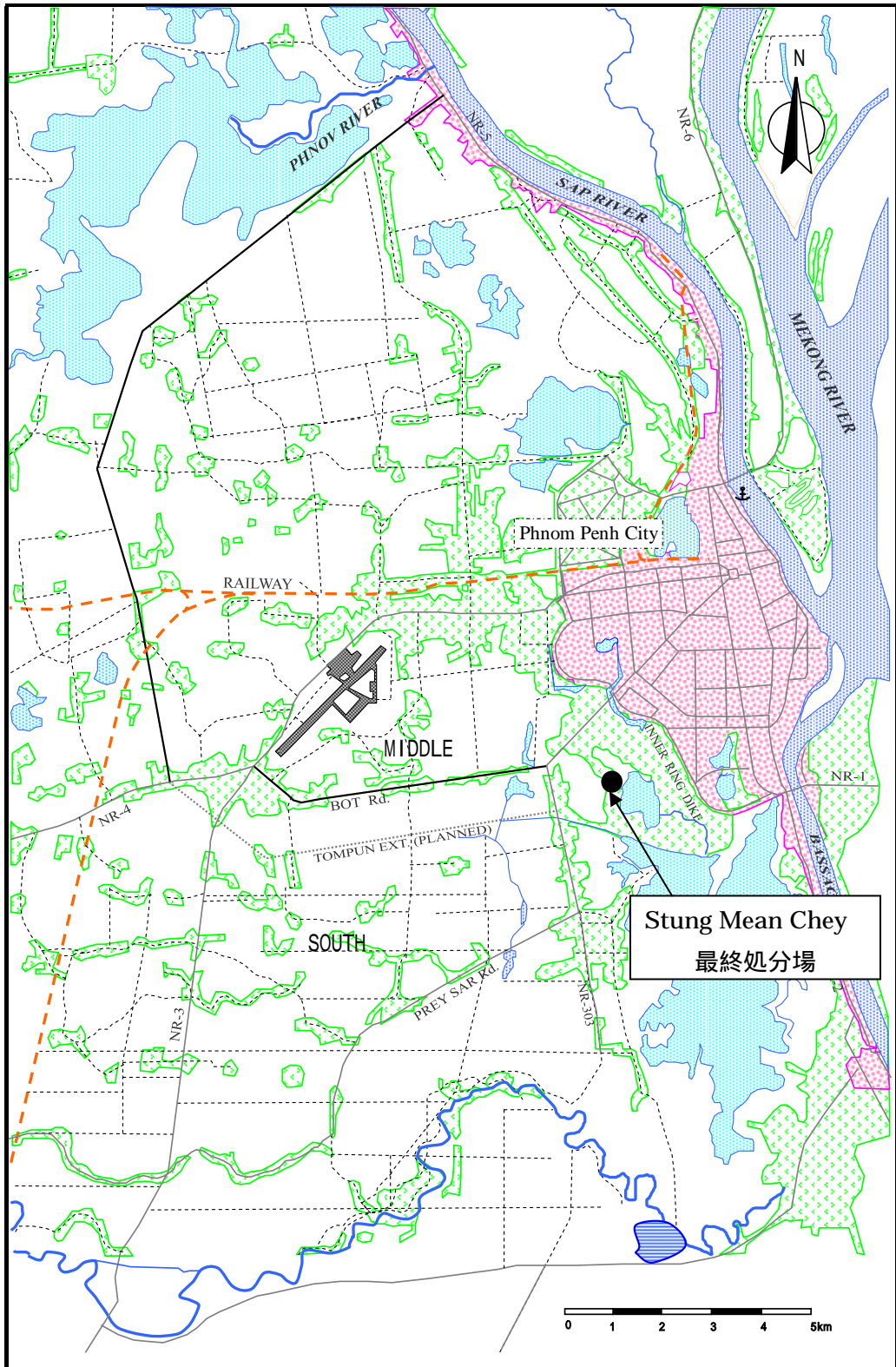
委員会構成員名簿

委員長	田中 勝	岡山大学大学院自然科学研究科	教授
委員	松藤 康司	福岡大学	教授
	平賀 良	(財)大阪市環境事業協会	技術部長
	孔井 順二	廃棄物コンサルタント協議会（オブザーバー）	
	諸頭 達夫	廃棄物研究財団 東京研究所	次長

2 調査団員

調査団員名簿

調査団長	三本木 徹	廃棄物研究財団	専務理事
調査団員	諸頭 達夫	廃棄物研究財団	東京研究所 次長
	藤川 輝昭	廃棄物研究財団	大阪研究所 次長
	木川 修二	廃棄物研究財団	大阪研究所 上席研究員
	川田 晋也	国際航業(株)	海外事業部
	楠 幸二	〃	環境エンジニアリング事業部
	高橋 将彦	〃	海外事業部



プノンペン市及び調査対象地域位置図



環境省気候変動室協議



プノンペン市副市長
及び公共事業運輸局協議



IGEC 主催 CDM キャパシティビルディング
セミナーにて事例報告



ガス抜き管立て込み工事



ガス抜き管立て込み工事



横みぞ設置工事



横みぞを覆うビニールシート工事



実験サイトの覆土工事



法面に施工された覆土



LFG 濃度測定



LFG 流速・温度・湿度計



さとうきびを材料とした木炭製造

目 次

1 . 調査の概要	1
1.1 調査の目的	1
1.2 調査対象事業	1
1.3 調査の基本的視点	2
(1) ホスト国の概要	2
2.1 自然	2
2.2 社会・経済	3
2.3 環境行政組織	4
(2) CDM プロジェクト	4
3.1 ベースラインシナリオの検討	4
3.2 プロジェクト期間	6
3.3 想定される GHG 削減量	7
(1) 実験サイトの状況	7
(2) 実験サイトからのメタン発生予測量	10
(3) メタン回収実験と回収効率	12
(4) メタン削減量	16
(5) LFG 燃焼実験	18
3.4 モニタリングの手法と計画	21
3.5 事業費積算	25
3.6 メタンエネルギー利活用	29
(1) ホスト国の電力事情	29
(2) SMC 処分場周辺住民の電力利用状況調査	29
(3) SMC 処分場周辺の燃料需要調査	31
(4) SMC 処分場のメタンガスエネルギーの利用可能性	35
3.7 財務分析	38
4. 環境影響と環境改善への貢献度	39
5. 利害関係者のコメント	39
6. キャパシティビルディング	40
7. ホスト国・地域の持続可能な開発に貢献できる点	40
8. 類似施設への普及の可能性	40

1. 調査の概要

1.1 調査の目的

1997年12月に開催された国際連合気候変動枠組条約第3回締結国会議(COP3)で採択された「京都議定書」で、日本は2008年から2012年までの温室効果ガスの排出量を1990年レベルより6%削減することが定められた。この削減目標を達成するために、国内の温暖化対策を進めるとともに、議定書に規定された国際的な地球温暖化対策のメカニズム - 先進国と開発途上国の間の「クリーン開発メカニズム(Clean Development Mechanism: CDM)」や先進国間の「共同実施」などについても積極的に推進することが必要となっている。特に、CDMについては、早期実施の規定により2008年以前でも2000年以降のプロジェクトの実施に伴うクレジットを獲得することができる。

CDMは先進国と途上国間における地球温暖化ガス(Green House Gas: GHG)削減スキームである。すなわち、GHG排出量の数値目標が設定されている先進国が、数値目標が設定されていない途上国においてGHG排出削減等のプロジェクトを実施し、その結果生じたクレジット(Certified Emission Reduction: CER)の一部を当該先進国が獲得することである。

本CDMプロジェクトは、GHG削減数値目標が設定されていない途上国(ホスト国:カンボディア)において、廃棄物埋立て処分場から大気中に放出されるメタンガスを削減することによるCDM事業化のフィージビリティ調査を実施するものである。

1.2 調査対象事業

カンボディア国の首都プノンペン市(人口約105万人2000年、面積約290km²)の唯一の処分場であるStung Mean Chey処分場(以下SMC処分場という)は、1960年代から使用されており、現在日量約670トンの都市ごみが埋め立てられている。当該処分場はオープンダンプングの状態、覆土されていないために火災が日常的に発生しており、煙や粉塵、悪臭、蠅の大量発生及び浸出水の排出など、周辺環境に大きな影響を与えている。その上、近年の急激な市街化で、処分場の周辺にも多くの開発の波が押し寄せ、これに伴って処分場の劣悪な環境に対する市民からの苦情が当局に寄せられている。

このため、当処分場の早急な改善が望まれており、カンボディア政府の要請を受けた日本政府は、2003年から2004年にかけてプノンペン市の廃棄物処理全般を改善するために国際協力機構(JICA)に廃棄物管理計画調査の実施を命じている。この調査の中で、JICA調査団は、ごみ収集改善実験、住民衛生教育、廃棄物管理データベースの構築と併せて、SMC処分場を現在のオープンダンプングから衛生埋め立て方式へと移行させるため、現処分場の

一区画で安定化した古い埋立ごみを覆土材として利用し、ガス抜き管の設置を行うパイロットプロジェクトを実施している。

本調査は、SMC 処分場の LFG の排出削減を対象としており、JICA 調査のパイロットプロジェクト区画（以下パイロット区画という）を利用し、処分場から発生するガスの収集効率の改善、収集された LFG の有効利用、モニタリングシステムの計画、事業費の積算等を行い、CDM の事業化の可能性を検討した。

1.3 調査の基本的視点

「温暖化対策クリーン開発メカニズム事業調査 実施マニュアル 平成 15 年 3 月（（財）地球環境センター）」によると、「嫌気状態となった埋立地からは大量のメタンガスが大気中に排出されている。このように自然発生しているメタンの回収・利用は、メタンの削減効果だけでなく、メタンのエネルギー利用により、化石燃料の代替による CO₂ 削減効果も期待できる」が、「オープンダンピング方式の場合は、LFG を効率良く回収することができないため、採用できるサイトは衛生埋立地に限定される」とされている。

しかし、途上国の場合、衛生埋立方式を採用している処分場は少なく、ほとんどがオープンダンピング方式である。従って、本調査では、オープンダンピング方式の埋立地において、ガス抜き管を設置し覆土を施した場合の LFG の回収効率及びメタンのエネルギー変換等を検討し、CDM 事業化の可能性を探るものである。

従って、調査は以下の方針に基づいて実施した。

- (1) 調査対象区画の選定については、JICA 調査のパイロットプロジェクトの制約を受けるが、対象区画の処分の履歴（ごみ質、層厚、年代、方法等）については現地ヒアリング等を通じて極力把握する。
- (2) 現地では、LFG の排出量及びメタン濃度を実測し、削減量算出の精度を高める。
- (3) 本調査で得られた知見は、ホスト国へ技術移転を図る。
- (4) ホスト国であるカンボディア国内及び各途上国の類似施設への適用の可能性について配慮する。
- (5) 専門家からなる委員会を設け調査が適切に行われるよう指導を受ける。

2 . ホスト国の概要

2.1 自然

カンボディアの気候は、雨季と乾季をともなうモンスーン気候である。雨季は、5 月から

10月で、インド洋から陸地に向かって吹く南西モンスーンで雨がもたらされる。乾季は、11月から4月で北東からの乾燥したモンスーンが吹く。

雨季には年間雨量の80%が降る。トンレサップ水盆 低地メコン谷をカバーする中央地域の雨量は1200~1900mmである。台風がカンボディアに被害をもたらすことは少ない。

雨季平均気温は、1月の25℃が最低で、4月の29℃までで、場所によってかわる。32℃以上の気温が普通である。雨季の始まる直前には38℃以上になる。相対湿度は、1月と2月が65-70%、8月と9月が85-90%である。年間蒸発散量は2000~2200mmである。

カンボディアは基本的に農業国であり、気候変動の影響を大きく受ける。洪水の影響も大きい。

国土は181,035km²で、そのうち49%は森林に覆われており、耕地は25,000km²である。

2.2 社会・経済

カンボディアは4つの自治体を含む24郡から構成されており、183地区、1,621の自治区と13,406の村からなる。1998年の人口は、11,400,000人で、人口増加率は年2.5%、全人口の85%は地方に居住している。1999年の調査によると、全人口の36%が貧困ライン（地方部0.46ドル、都市部0.54ドル、首都0.63ドル）以下であり、地方部で貧困層に属する住民の多くは農民であり、貧困の比率は地方部の40%に達しており、首都の比率の4倍に達している。

2000年から2002年のGDP成長率は、4.5%、6%及び5.5%である。GDPの12%は外資による投資であり、その5割以上は無償援助である。輸出は衣類関係が92%を占め、飛躍的に伸びを示している。

表 2.1 カンボディアにおける GDP 成長率

年	1995	1996	1997	1998	1999	2000
GDP(百万米ドル)	3,079	3,115	3,054	2,797	3,054	3,090
GDP/人(米ドル)	304	300	281	247	260	253

出典：鉱工業エネルギー省聞き取り

2002年における経済状況は、深刻な旱魃が農業生産に大きな打撃を与えたにもかかわらず良好な傾向を示している。アメリカへの繊維関係の輸出の伸びもあってGDPの実質成長率は5.5%である。2003年3月に開始した地方における貧困削減戦略として生活のための収入を上げる運動と連動して経済社会生活の再生が図られている。一人当たりの収入の増加率は年率3.5%になるであろう（鉱工業エネルギー省聞き取り）。

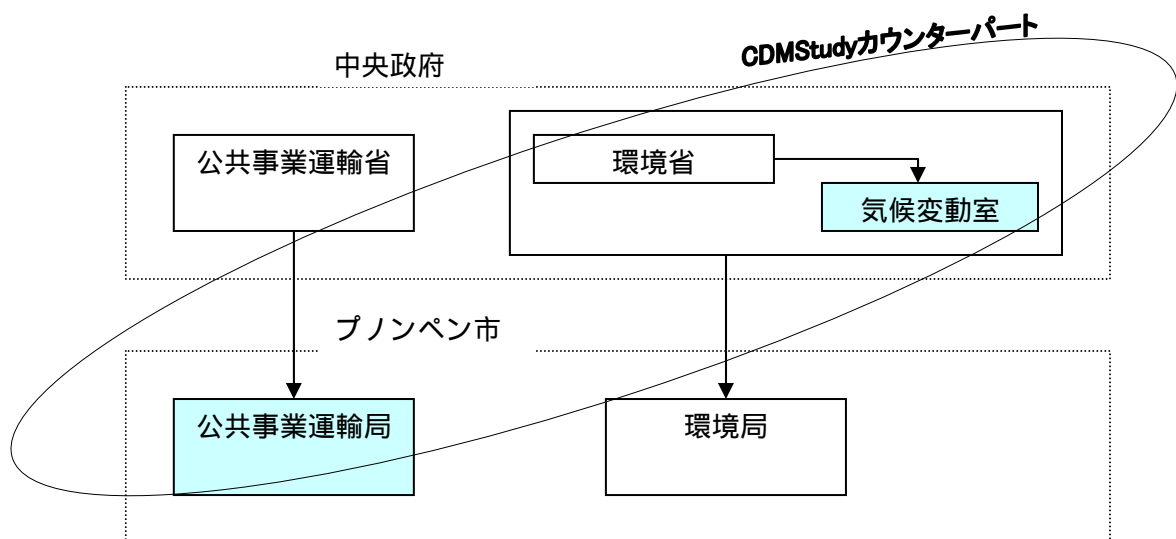
農業はカンボディア経済の主要な部門であり、GDPの平均46.4%を占めており、土地の適切な分配、灌漑施設の整備、畜産、水産業、林業、漁業の振興等を通じて、生活水準を改善し貧困をなくすべき優先的な部門である。

工業部門は成長の主要な推進分野で年平均 16%を占めているが、二つの目標を持っている。すなわち輸出志向型産業の開発と労働集約型で天然資源を利用した農・工業型の消費財の輸入代用品の開発の 2 分野である。

繊維産業は輸出と雇用において急成長を示しているが、競争力を維持するためには労働力の価格と電気料金に留意する必要がある。

2.3 環境行政組織

カンボディア国の行政組織は、中央政府とプノンペン市の各組織が上下関係にあり、いわゆる縦割り行政組織になっている。中央政府の省の下に同名の局があり、これがプノンペン市に所属している。本調査では、環境省気候変動室が窓口となり、実働のカウンターパートは、SMC 処分場を管理しているプノンペン市公共事業局がこれにあたる。



3 . CDM プロジェクト

3.1 ベースラインシナリオの検討

(1) ベースラインシナリオ

首都プノンペン市 SMC 処分場は、1960 年代から使用されており、現在日量約 670 トンの都市ごみが埋め立てられている。当該処分場はオープンダンプの状態で、覆土はされておらず、またガス抜き管も敷設されていない。従って、過去に LFG を回収した履歴はない。



図 3.1 Stung Mean Chey 処分場

現在、JICA 調査団によって、首都プノンペン市の廃棄物管理計画マスタープランが策定されており、その中で提案されている衛生理立方式の処分場においても、ガス抜き管の設置と覆土を奨励しているが、LFG の回収は計画されていない。

また、カンボディア国環境省は廃棄物管理の政策責任を有しているが、現在のところ廃棄物管理行政において LFG の回収を義務付ける動きはない。

今回のパイロット区画の調査によると、LFG のメタンガス濃度が 20～25%と低く、このままでは燃焼用エネルギーとしての活用が困難であり、現時点では炭素クレジット取引以外の事業化はほとんど見込めない。

従って、CMD 事業が実施されない場合、現在の状況がそのまま推移することが予測され、その間 SMC 処分場から LFG が継続的に排出されることになる。

埋立て処分場から発生するメタンガス量を算出する計算式を IPCC が提案しているが (Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories: Workbook) この中で、管理型の処分場から発生するメタン量を 100%とすると、層厚 5m 以上の非管理型で 80%、層厚 5m 未満の非管理型で 40%のメタンガス発生が想定されている。

ベースラインシナリオを「CDM 事業が実施されない場合のメタン発生量」とすることができるが、実際には発生しているメタン量のすべてを正確に把握することはできない。

従って、ベースラインシナリオは、「CDM 事業が実施されない場合のメタン回収量はゼロである」とし、プロジェクトシナリオは、「CDM 事業によって回収・利用・破壊されるメタンガス量」とする。

(2) プロジェクトバウンダリー

廃棄物埋立処分は、CDM 事業に関係なく行われる業務であり、プロジェクトバウンダリーとして以下の要素が挙げられる。

- 1) 埋立処分場で発生する LFG
- 2) 埋立終了後の覆土輸送及び覆土工事に伴う車両と重機から排出される GHG 量
- 3) モニタリング機材の消費電力に相当する GHG 排出量

このうち、2) と 3) は、1) に比べて僅かであり、カウントしない。また、回収したメタンガス LFG のうち、一部は木炭製造等に利用することもあるが、それも燃焼行為であるため全量燃焼として扱うものとする。

埋立処分場内で発生する LFG と実際に回収できる LFG との差はリーケージとみなすことができるが、プロジェクトシナリオとして実際に回収できる LFG の量を設定するためリーケージとしてカウントする必要性はない。

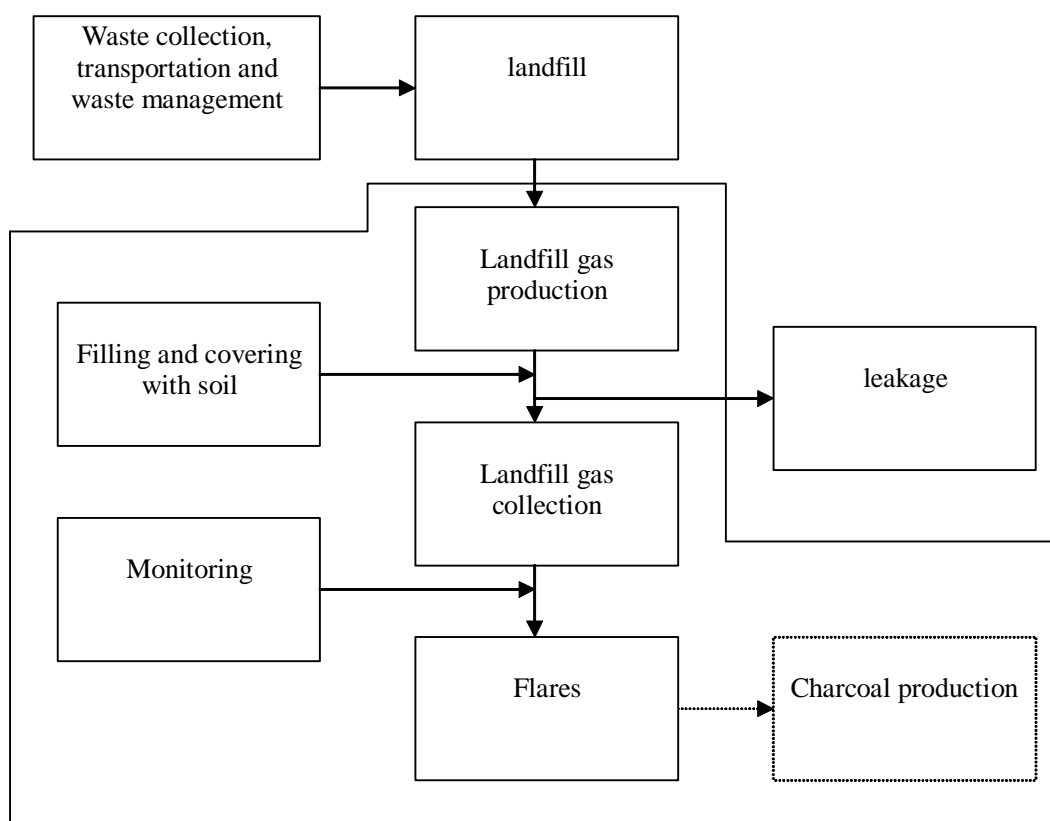


図 3.2 プロジェクトバウンダリー

3.2 プロジェクト期間

プロジェクト期間は及びクレジット獲得期間は 2005 年から 2011 年の 7 年間とする。

3.3 想定される GHG 削減量

(1) 実験サイトの状況

場内では頻繁に火災が発生しており、処分場内部から表面に排出された LFG の 1 部が燃焼している可能性がある。火災には自然発生のもの以外に、ウェストピッカーがタイヤ内部の金属を回収するために故意に火をつけているケースもある。

この SMC 処分場は、埋立に関してほとんど管理されておらず、従って、場内のごみの履歴、経過年数、層厚等の調査は相当に困難を極めたが、処分場の監督員からヒアリングを行って、実験サイト周辺のごみの履歴を整理した。

結果を図 3.3 に示す。

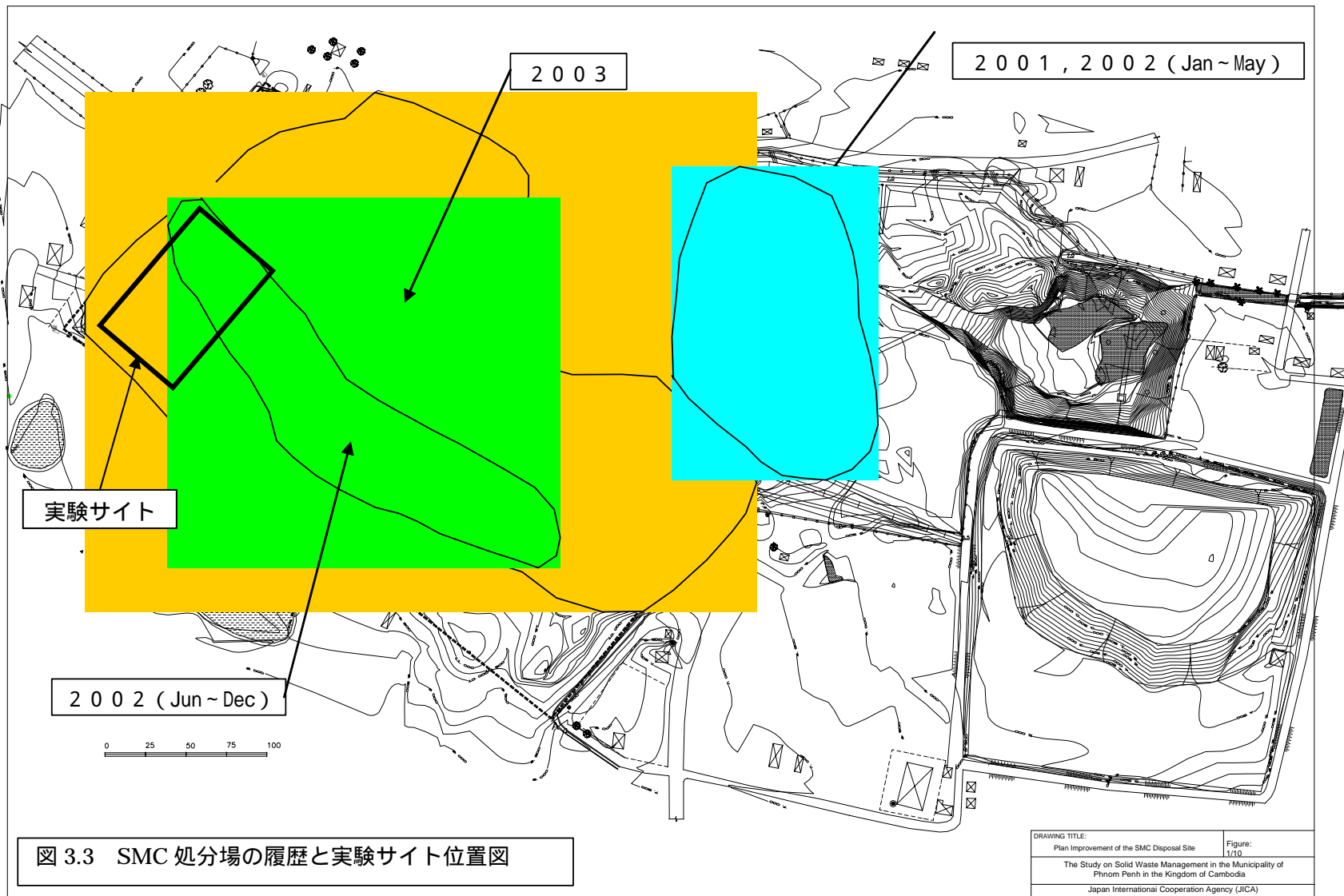


図 3.3 SMC 処分場の履歴と実験サイト位置図

これを基に、実験サイトのごみの積み込みが行われたため、実験サイトのごみの層厚及び履歴は、下図のようになった。

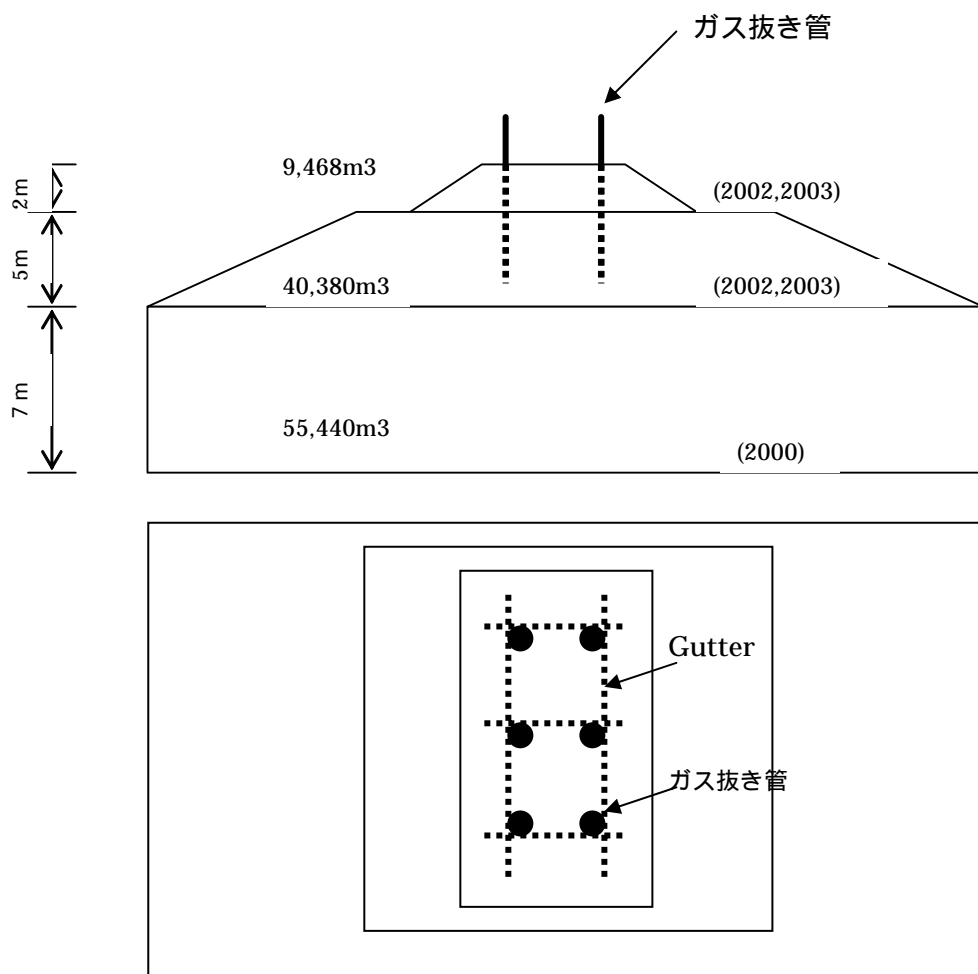


図 3.4 実験サイトの積み込みごみ量と履歴



図 3.5 実験サイトの法面覆土工事

(2) 実験サイトからのメタン発生予測量

1) メタン発生量の算定式

埋立処分場から発生するメタン発生量の算定式は種々提案されている。米国の EPA では以下の式が提案されている。

$$Q = 2kL_0M_i(e^{-kt_i})$$

この式で重要なのは、 L_0 と k 値である。 L_0 はごみ 1 トンから発生するメタンガスの量で、 $6.2 \sim 270 \text{ m}^3/\text{Mg}$ の範囲があり、 k 値の場合は $0.003 \sim 0.21/\text{年}$ の範囲がある。特に k 値は廃棄物中の水分、pH、温度、炭素含有量によって決まる値であるが、その決定に当たっては長期の観測が必要である。

本調査では、ごみ質や LFG 中のメタン濃度等が現地で実測されたため、IPCC が提案する以下の式を用いた。

$$\text{CH}_4 = \text{Land} \times \text{MCF} \times \text{DOCFrac} \times \text{GasFrac} \times \text{CH}_4\text{Frac} \times \text{Conv} - \text{Recov}$$

CH₄ : メタン排出量 (Gg/y)
Land: 年間埋立処分量 (Gg/y)
MCF: メタン修正係数
DOCFrac: 有機性炭素含有率
GasFrac: 有機性炭素ガス化率
CH₄Frac: ガス中のメタン率
Conv: $16/12(\text{CH}_4/\text{C})$
Recov: メタン回収量 (= 0.0)

2) メタン修正係数

メタン修正係数 (MCF) は、管理型の埋立場から発生するメタンガス量を 100% とした場合、ごみ層厚 5m 以上の非管理型埋立場から発生するメタン量を 80% としている。これには、ダンプサイトの好気性環境によるメタンの減少量が加味されているといえる。従って、実験サイトの埋立て方式及び埋立て深さを考慮して、0.8 を採用した。

表 3.2 メタン修正係数

廃棄処分場のタイプ	MCF
管理型	1.0
管理型でなく埋立て深さ 5 m 以上	0.8
管理型でなく埋立て深さ 5 m 未満	0.4
不明の場合 (管理型でないとは仮定して)	0.6

3) 有機炭素含有率

有機性炭素含有率 (DOCFrac) は、JICA 調査団が実施している「ごみ量・ごみ質分析調査」の結果を利用して、ごみ質を下表のごみの種類別に再整理し、DOC = 0.15 の値を得た。

$$\begin{aligned} \text{DOCFrac} &= 0.40 \times A + 0.17 \times B + 0.15 \times C + 0.30 \times D \\ &= 0.40 \times 0.09 + (0.17 + 0.30) / 2 \times 0.07 + 0.15 \times 0.07 \\ &= 0.15 \end{aligned}$$

ただし、A, B, C, D はごみの種類別湿潤重量比

表 3.3 有機性炭素含有率

Category	Composition (%)	DOC	Organic carbon content
A. Paper & Textile	0.09	0.40	0.04
C. Kitchen Waste	0.63	0.15	0.09
(B. + D.)Grass & Wood	0.07	0.235	0.02
Total	0.79		0.15

出典：JICA 調査報告書

$$B+D = (0.17+0.30)/2 = 0.235$$

4) 有機性炭素ガス化比率

有機性炭素ガス化比率 (GasFrac) は、以下の算出式を用いて、過去の埋立て量と今後の埋立て予測量をもとに、経過時間で積分してメタン排出量を算出した。ただし、この式は累積量であり、各年ごとの係数は下図のとおりである。

福岡大学工学部の式

$$y = 0.76X - 0.02 \quad (0 \sim 3 \text{ 年})$$

$$y = 30.61 \log X - 6.91 \quad (4 \text{ 年} \sim)$$

y : ガス化率 (%)

X : 経過時間 (X>1)

表 3.4 GasFrac (%)

Age	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Gas Frac	3.10	8.11	8.08	18.22	3.06	2.42	2.01	1.71	1.50	1.33	1.19	1.09	0.99	0.91	0.85

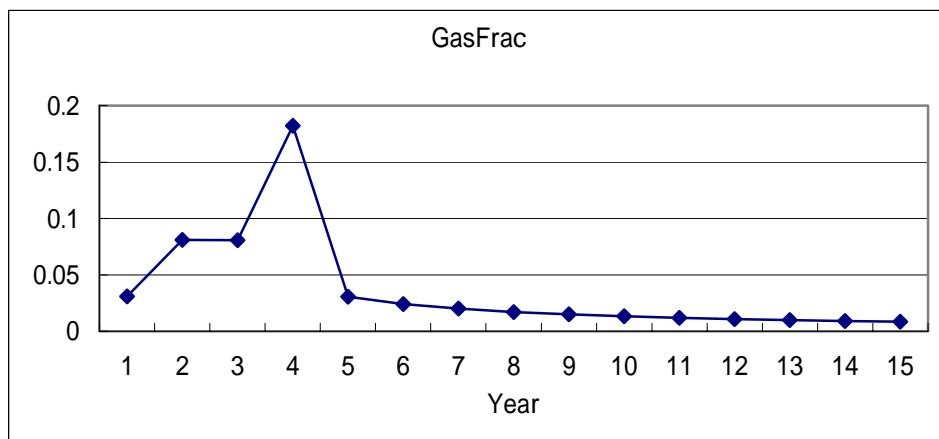


図 3.6 有機性炭素ガス化比率

5) メタン率

ガス中のメタン率 (CH₄Frac) は、現地実測値に基づいて、LFG のメタン濃度を 20% とした。

6) 実験サイトからのメタン排出量

以上の入力条件から実験サイトから排出するメタン量を計算した。

$$\begin{aligned}
 \text{CH}_4 &= \{(9,468+40,380)/2 \times 0.031 + (9,468+40,380)/2 \times 0.0811 + 55,440 \times 0.1822\} \times 0.8 \times 0.15 \times 0.20 \times 16/12 \\
 &= 394.76 \text{ トン/年} \\
 &= 394.76 / 365 \\
 &= 1,081.5 \text{ kg/日}
 \end{aligned}$$

また、現地でごみの堆積物を掘削して、頻発する火災の影響を調べたが、火災は堆積したごみの深部には至らず主としてその時点の表層部分に限られていると観測されたため、10%の削減量を加味するものとした。従って、火災の影響を加えた場合、実験サイトから発生するメタンガス量は 972kg/日となる。

$$\begin{aligned}
 \text{CH}_4 &= 1,081 \times (1 - 0.1) \\
 &= 972 \text{ kg/日}
 \end{aligned}$$

(3) メタン回収実験と回収効率

LFG 回収装置

廃棄物処分場から発生する LFG を回収するために、縦型ガス抜き管及び横溝式ガス補修装置を設置し、横溝の上部はプラスチックシートでカバーし、その上に 50cm の覆土を行った。パイプ NO.5 と NO.6 は深さ 5 m の縦型ガス抜き管を横溝から独立させて設置し、縦型ガス抜き管単独で収集できるガス量を測定した。また、NO.7 と NO.8 はごみ埋立層に深く挿入せず短管とし、横溝だけで収集できるガス量を測定した。

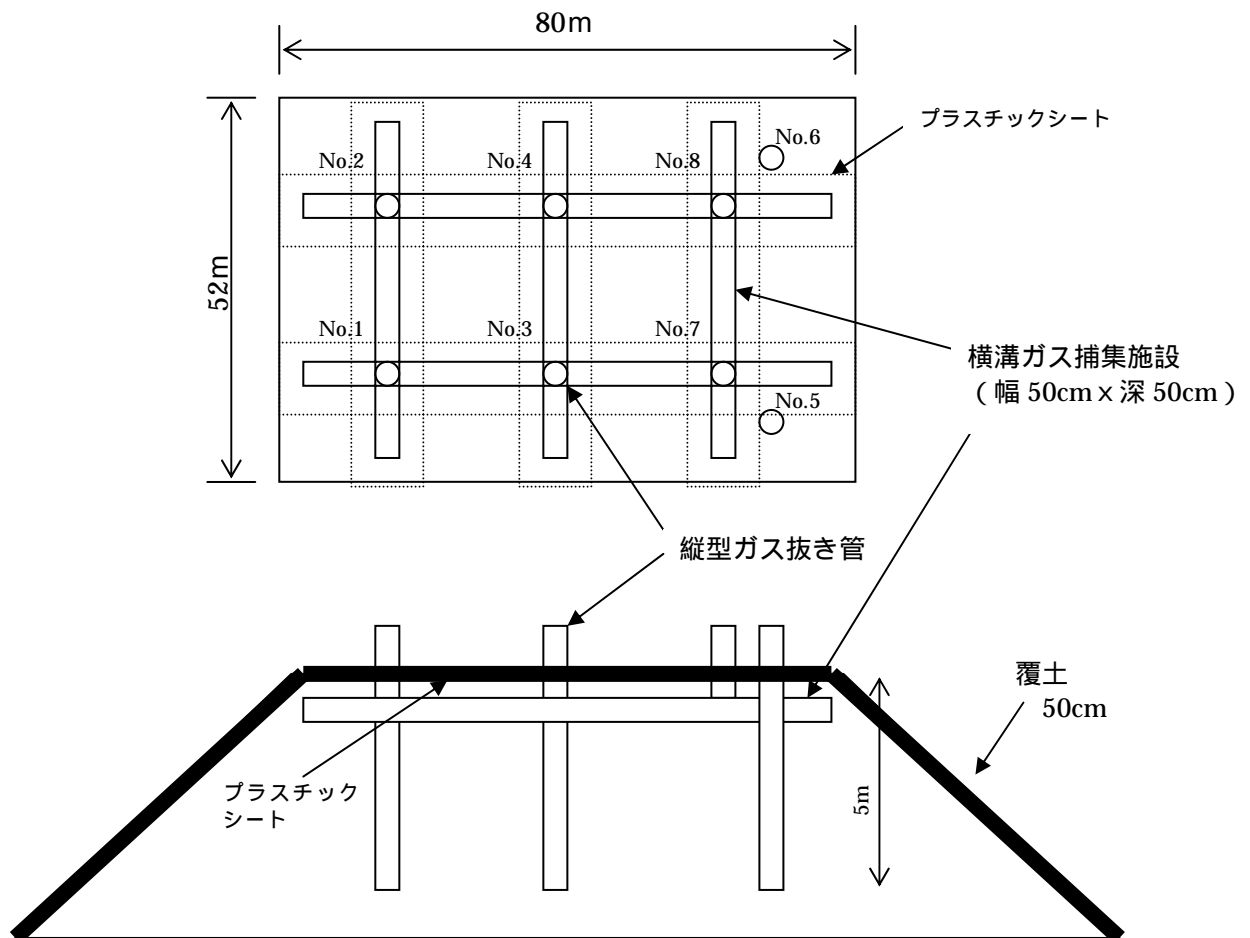


図 3.7 ガス回収用施設位置図

観測方法

観測を行った項目及び観測機器は表のとおりである。

表 3.5 LFG 測定機材一覧表

NO	観測項目	観測機器	頻度
1	温度 ()	アイ電子技研 アネモハイロクメーターV-01-AN IV D	1 回/日
2	湿度 (%)	アイ電子技研 アネモハイロクメーターV-01-AN IV D	"
3	流速 (m/s) 流量	アイ電子技研 アネモハイロクメーターV-01-AN IV D	"
4	メタン濃度 (%)	新コスモス電機 (株) 高濃度ガス検知器 コスモテクタ - XP - 314	"
5	硫化水素濃度 (ppm)	新コスモス電機 (株) 複合型ガス検知器 XA-926	"
6	一酸化炭素濃度 (ppm)	新コスモス電機 (株) 複合型ガス検知器 XA-926	"

観測員は 2 人一組で 8 本のガス抜きパイプについて順次測定を行った。測定は、各パイプの側面に設置された測定孔に機器の先端を挿入して、値が安定してから読み取った。流速については、管径が 20cm で大きいため、4 点観測を実施して平均値を求めた。

また、測定孔から空気が侵入しないよう測定時は密閉状態になるよう留意した。

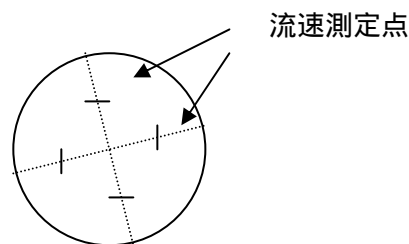


図 3.8 ガス抜き管の断面 (d = 20cm)



図 3.9 メタン濃度測定

観測結果及びメタン回収効率

12月下旬から開始した観測結果は表3.7のとおりである。

JICA調査団によるごみ成形と覆土工事が一部遅延したため、NO.5、NO.6、NO.7、NO.8の計測が出来ず、観測開始が遅れた。

2月第2週のNO.5,6とNO.7,8について比較した。

観測データが少ないため、正確な分析は出来ないが、LFG回収効率については、縦型のガス抜き管が60%～70%の寄与率に対して、ごみの表面に設置した横みぞの回収効果は約30%～40%であることが判明した。

表 3.6 縦型ガス抜き管と横溝のメタン回収寄与率

(単位：kg/日)

パイプ	縦型ガス抜き管	横溝	合計
NO.5 & 7	295(71%)	119(29%)	414(100%)
NO.6 & 8	269(62%)	164(38%)	433(100%)

実験サイトにおけるメタン回収量は、変動がみられるが、観測結果から約900kg/日とした。これからメタンの回収効率を求めると以下のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{回収効率} &= (\text{メタン回収量}) / (\text{メタン発生量}) \times 100 \\ &= (900 / 972) \times 100 \\ &= 92.6 \% \end{aligned}$$

埋立地の状況と排出ガスの特徴

埋立地を概念的に整理すると好気性埋立、準好気性埋立、嫌気性埋立に大別できる。実際には好気性埋立はほとんど存在しないので有機性廃棄物のコンポストがそれに当てはまる。

埋立てられた有機物が分解する過程で初期(好気性・通性嫌気性状況)には大気中の酸素を消費するため二酸化炭素が発生し、嫌気性状況になるとメタンガス、アンモニアガス、微量の硫化水素ガス等が発生する。

埋立後に覆土する等嫌気性衛生埋立によって管理された埋立処分場では、排出ガスの主成分はメタンガス(一般的には40～55%)と二酸化炭素(50～40%)であり両方で90%以上を占めており、覆土が不十分であったり十分に展圧されていない準好気性埋立処分場ではメタンガス、二酸化炭素、酸素、窒素が主成分となる。

この内、大気由来の酸素(21%)や窒素(78%)はであるため窒素や酸素の割合が多いほど埋立層の雰囲気当好気性状況が保たれている事を意味している。

モデル埋立区の現状

今回の調査は回収目的であるメタンと利・活用で問題となる硫化水素、アンモニアに注目して行っている。そのため、大気由来の酸素、窒素を測定していないこと、有機物の分解過程で生成する二酸化炭素についても測定していないので埋立地の状況を評価する事は困難であるが先に示した有機物の分解に伴うガスの主成分などから埋立地の現況を概括する。

家庭等で排出される生ごみは埋立処分場に搬入される時点で初期の分解が進んでおりいわゆる「えた匂い」がしている。これを埋立てると、埋立層に混入する空気中の酸素を摂取して分解が進むため酸発酵が起こり、更に酸素がなくなり嫌気性状態になるとメタン発酵が起こり、メタンガスが発生する。

当埋立地では、メタンガス濃度が20%程度で増加する傾向が認められなかった点を考慮すると現状では準好氣的埋め立ての状況が保たれているものと推定される。

この原因は、埋立ごみを集めて成形していること、法面の覆土に亀裂が起こって大気が埋立層に侵入していると考えられることが挙げられる。排出ガスの燃焼試験、炭焼き試験時には自噴していた点を考

えると大気への侵入も相当あるものと推測される。

埋立地が沈下等で安定するとメタンガスの濃度が高くなる事も予想され、CDM の事業化をことになれば新しいごみの投入、埋立方法の検討などによってメタンガス濃度の改善は十分期待できる。

表 3.7 実験サイトにおける LFG 及びメタン濃度の実測値
(単位：kg 及び ppm)

期日	項目	1	2	3	4	5	7	6	8	合計	換算												
2003年12月第4週	LFG	1614	1451	1343	1329	/				5737	8605.5												
	CH4	211	208	182	159					760	1140												
	H2S	0.5	3	1	8																		
	CO	5	5	5	10																		
2004年1月第1週	LFG	1709	1234	1119	1031	/				5093	7639.5												
	CH4	213	177	125	116					631	946.5												
	H2S	0.5	1.5	0.5	4.5																		
	CO	5	5	5	5																		
2004年1月第2週	LFG	1248	490	841	977	1790	705	2753	490	9294													
	CH4	147	80	114	122	2495	74	136	61	801													
	H2S	22	26.5	0.5	2	67	10.5	12	30														
	CO	10	5	0	5	3.5	120	55	120														
2004年1月第3週	LFG	/				/				/													
	CH4											/		/		/							
	H2S																	30	25.5	0.5	2	11.5	30
	CO																	5	5	0	0	55	105
2004年1月第4週	LFG	183	377	664	832	1904	705	2135	490	7290													
	CH4	32	66	64	115	2609	333	333	935	1070													
	H2S	30	19.5	0.5	19	325	30	30															
	CO	25	5	5	10	30	75	55															
2004年2月第1週	LFG	168	346	881	870	1718	705	2037	490	7215													
	CH4	30	56	110	116	2423	277	290	2527	879	1014												
	H2S	23	15	5	25	26.6	30	27	30														
	CO	13	3	2	9	43	15	27	35														
2004年2月第2週	LFG	215	199	786	1024	1749	691	1675	963	7302													
	CH4	35	33	125	148	2440	295	119	269	164	1188												
	H2S	21.5	28	0.5	16.5	8.5	2	5	21.5														
	CO	5	5	5	10	45	15	25	25														

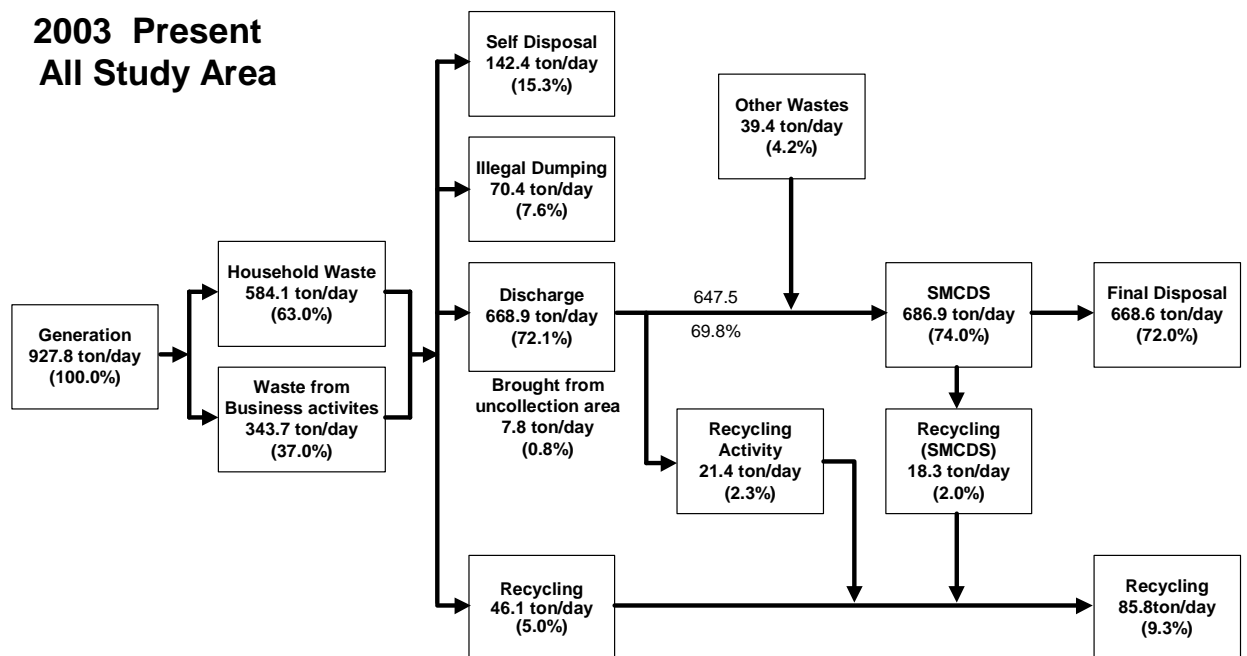
- ・ 1 ~ 8 はガス抜き管の番号を示す
- ・ LFG 及び CH4 の単位は kg/日、H₂S 及び CO の単位は ppm
- ・ 「換算」の欄は、測定できないガス抜き管から排出される LFG を推計して加えた参考値

(4) メタン削減量

SMC 処分場では、既に 30 年間以上に亘ってごみの埋立が行われているが、過去の 1 日当たりの処分量はほとんど把握されていない。JICA 調査団は、処分場入り口にトラックスケールを設置し、搬入ごみ量を計量し、実態を把握した。

本調査では JICA 調査団が策定したプノンペン市廃棄物管理計画マスタープランのデータを採用した。以下に 2003 年の廃棄物の流れ図を示す。

ごみ発生量は 927.8 トン/日であり、自家処分量が 142.4 トン/日、リサイクル量が 85.9 トン/日で、SMC 処分場で最終処分されるごみ量は 668.6 トン/日である。



出典：カンボディア国プノンペン市廃棄物管理計画調査：The study on solid waste management in the municipality of Phnom Penh in The Kingdom of Cambodia JICA

図 3.10 プノンペン市の廃棄物のフロー図

また、SMC 処分場でウェストピッカーによりリサイクルされているごみ量は以下のとおりである。

表 3.8 SMC 処分場におけるウェストピッカーのリサイクルごみ量

ごみの種類		ごみ量(kg/日)	構成比
Paper	Paper	1,590	8.7
	Cardboard	2,010	11.0
Plastic	Plastic bottle	600	3.3
	Soft plastics	2,220	12.1
	Hard plastics	1,050	5.7
Metal	Aluminum can	30	0.2
	Steel can	1,890	10.3
	Steel	1,170	6.4
Glass bottle		90	0.5
Cloth		330	1.8
Organic waste		7,350	40.0
Total		18,330	100.0

出典：同上

以上の結果を整理すると SMC 処分場に埋め立てられたごみ量及び将来の埋立予測値は以下のとおりである。

なお、同処分場は、2006 年末に閉鎖される計画となっている。

表 3.9 年間ごみ処分量

年	ごみ量 (t/日)	ごみ量 (t/年)
1996	370.2	135,000.0
1997	403.9	147,000.0
1998	440.2	161,000.0
1999	479.4	175,000.0
2000	521.6	190,000.0
2001	566.8	207,000.0
2002	615.3	225,000.0
2003	668.6	244,000.0
2004	715.1	261,000.0
2005	769.0	281,000.0
2006	827.2	302,000.0
2007	0.0	302,000.0
2008	0.0	302,000.0
2009	0.0	302,000.0
2010	0.0	302,000.0
2011	0.0	302,000.0

出典：同上

このごみ量を使って、SMC 処分場全域から排出されるメタンガス量を算出して表 3.10 に示した。算出式は以下のとおりである。

$$\text{CH}_4 = \text{Land} \times \text{MCF} \times \text{DOCFrac} \times \text{GasFrac} \times \text{CH}_4\text{Frac} \times \text{Conv} - \text{Recov}$$

表 3.10 SMC 処分場から発生するメタンガス量

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1996	134	350	349	787	132	105	87	74	65	57	51	47	43	39	37	0
1997	0	146	381	380	857	144	114	95	80	71	63	56	51	47	43	40
1998	0	0	160	418	416	939	158	125	104	88	77	69	61	56	51	47
1999	0	0	0	174	454	452	1,020	171	136	113	96	84	74	67	61	55
2000	0	0	0	0	188	493	491	1,108	186	147	122	104	91	81	72	66
2001	0	0	0	0	0	205	537	535	1,207	203	160	133	113	99	88	79
2002	0	0	0	0	0	0	223	584	582	1,312	220	174	145	123	108	96
2003	0	0	0	0	0	0	0	242	633	631	1,423	239	189	157	134	117
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	259	677	675	1,522	256	202	168	143
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	279	729	727	1,638	275	218	181
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	784	781	1,761	296	234
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total	134	496	890	1,759	2,048	2,338	2,630	2,933	3,251	3,577	3,617	3,154	2,662	1,146	979	824
累計										3,577	7,194	10,348	13,010	14,156	15,135	15,959

また、埋立中に排出する LFG 等によって発生する火災履歴（10%減）及び回収効率（92.6%）等を考慮して、メタンの回収量を算出すると以下のとおりである。

$$15,959 \times (1 - 0.1) \times 0.926 = 13,300 \text{ トン (2005~2011 年の 7 年間)}$$

$$13,300 \times 21 = 279,300 \text{ トン (CO}_2\text{eq) (炭酸ガス換算値)}$$

(5) LFG 燃焼実験

LFG 燃焼実験は、縦型ガス抜き管のガス吐出口でガスの排出を確認し、直接点火した。着火後、風の影響で火が消えるものがあったが、吐出口部分に風除けのレンガを置くことで 24 時間燃焼を継続することができた。

さらに、縦型ガス抜き管 NO. 1 に恒常的に燃焼させるフレア装置を設置し連続試験を行ったが、燃焼は安定しており、自噴による排ガス燃焼も可能であることが判明した。

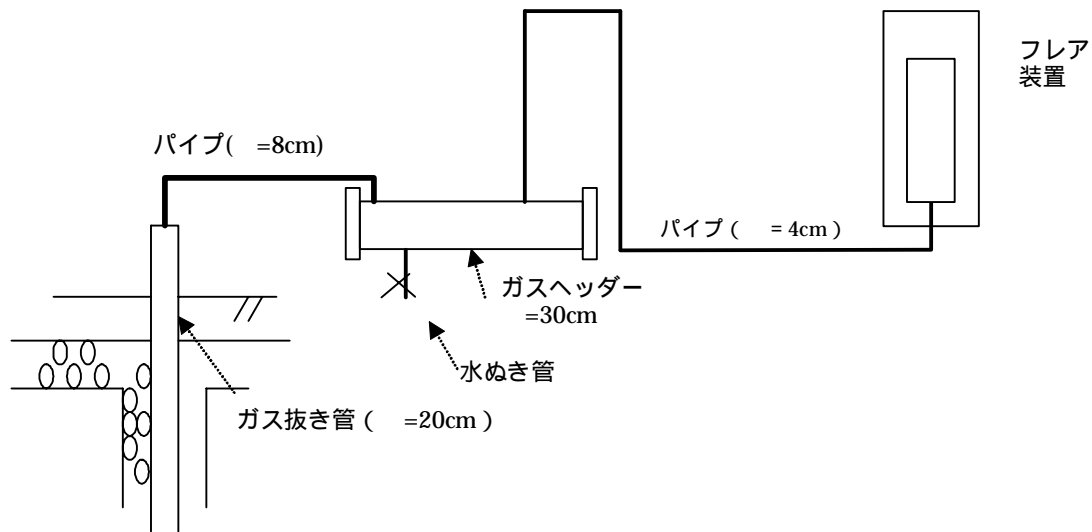
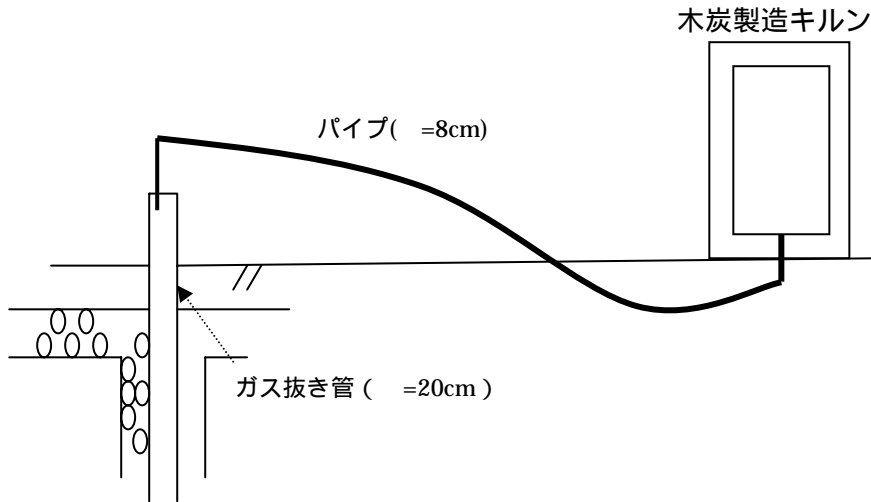


図 3.11 燃焼実験設備

縦型ガス抜き管 NO. 2 に木炭製造装置を設置し、木炭の製造を行った。装置は、石油ドラム缶の周囲をレンガで囲った簡易なもので、燃焼装置も単にパイプの先端を曲げただけのもので、特別な燃焼口を設けてはいない。

種火を着火してから1時間で炉内温度は300 に達し、その後、約800 で9時間の燃焼を継続し、良質な木炭を製造することが出来た。この間、燃料は自噴しているLFGのみで燃焼が継続された。この期間のLFG中のメタン濃度を測定した結果、20～25%程度であったが炭焼き用の燃料としての利用には十分対応できると考えられる。1炭焼き工程で消費したLFGは約157m³で、メタン量は約39m³ (28kg)であった。



石油ドラム缶の木炭製造窯



燃烧実験



製造された木炭・竹炭

図 3.12 燃烧実験施設（木炭製造装置）と製造された木炭

3.4 モニタリングの手法と計画

(1) プロジェクト活動に適用したモニタリング手法の名称と出典

UNFCCC のウェブサイトには承認されたモニタリング手法は掲載されていないので、このプロジェクトではガス抜き管から排出するガス量とメタンガス濃度の直接観測手法を導入する。

モニタリング手法の名称を「LFG 燃焼による排出削減量の現地測定によるモニタリング法」とする。

(2) モニタリング手法の選定とプロジェクト活動に適用する理由

本件のような低濃度メタン含有 LFG は、このままではガスエンジンや民生用ガス燃料として使用することが困難なため、捕集した LFG をフレアとして燃焼させてそのメタン量を正確に計測することが重要である。

プロジェクトを実施することによって達成される削減量は、ベースラインと事業実施後の差から求めてはならない。なぜなら、捕集して破壊した1トンのメタンは、確実に大気中には放出されておらず、明らかに1トンのメタンが削減されたことを意味する。すなわち、本件で採用するモニタリング手法によれば、明確に把握できないベースラインシナリオの排出量に頼らないで済む。実際、想定されるベースライン排出量は、サンプル調査程度しかできないので、全体の実態把握は困難であり、その点からも本件の計画は有効である。たとえベースライン排出量が観測されたとしても、それとプロジェクト実施後の差を求めるよりは、本件で提案している実測による削減量把握の方が正確である（CDM 理事会の承認を受けたプロジェクトより引用）。

本件モニタリング計画では、GHG 削減が正確に実施されるよう多くの業務を規定した。

(3) 収集するデータとその保存法

本件プロジェクトでは、削減量を直接計測するので、該当するものはない。以下のデータを収集する。

表 3.11 収集データと保存法

ID number (Please use numbers to ease cross-referencing to table D.6)	Data variable	Data unit	Measured (m), calculated (c) or estimated (e)	Recording frequency	Proportion of data to be monitored	How will the data be archived? (electronic/paper)	For how long is archived data to be kept?	Comment
1	燃 焼 ガ ス の 流 量	M3	測定	連続記録	100%	電子媒体	2年及びクレジット期間	月及び年ごとに集約
2	燃 焼 効 率	%	M&C	年間燃焼効率決定	年1回以上見直し	電子媒体	2年及びクレジット期間	データはテストに使用。必要に応じて修正
3	メ タ ン 濃 度	%	M&C	連続記録	100%	電子媒体	2年及びクレジット期間	月及び年ごとに集約

(4) プロジェクト活動に起因する排出源で、プロジェクトバウンダリーに含まれないものがある場合のデータ収集と保存の方法

LFG 回収施設の建設によってのみ、ベースラインシナリオの場合には発生しない GHG が発生する。しかし、その量は僅かである。プロジェクトで捕集・測定する排出量以外に排出量の増加はない。また、本件では削減量を直接測定する方法を採用するので、間接的な排出量が問題になることはない。

(5) プロジェクトバウンダリー内の人為的排出のベースラインを決定する上で必要なデータとその収集・保存法

本件プロジェクトでは、削減量を直接計測するので、該当するものはない。上記のデータを収集する。

(6) モニタリングデータの品質管理と品質保証法

本件プロジェクトで実施される品質保証活動は以下のとおりである。

観測日報：LFG 捕集とガス燃焼状況を監視するために担当者は毎日現場に行き、LFG が捕集されずに大気中に放出されていないかどうかチェックする。問題を発見したら、直ちに適切な措置を講じる。

観測週報：週単位で実施する。担当者は現場を回り、各排出源の計器を読み取り、記録をつけ管理事務所へ持ち帰る。ファイリングする前に間違いをチェックする。LFG 中のメタン濃度を正しく測定するために濃度分析器を整備する。

担当者のための定型業務指示書：各担当者には日・週・月別定型業務指示書を与える。技術担当、運転担当及び訓練・安全担当は、この定型業務指示書に従って、すべての業務が行われているかどうかをチェックする。また、管理事務所では書類が整備されているかどうかチェックする。これには、観測データや計器の読み取り値のチェックも含まれる。

現場監査：環境省気候変動室主任、技術担当、運転担当及び訓練・安全担当は定期的に現場監査を実施する。日常業務の監査以外に、未解決な問題の監査を行う。

未解決課題表：現場監査の結果に従って、職員が実施すべき業務を一覧表にした「未解決課題表」を作成する。この課題が実行されたかどうかは次回の監査時点でチェックする。

測定機材精度調整：使用する機器の取り扱い説明書、機器調整手順等に則り調整するほか、定期的にメーカーによる点検を依頼する。

軌道修正の行動計画：品質保証対策には、モニタリング計画実施で不都合な業務を軌道修正する手続きを含む。

- ・ プロジェクトの責任者が不都合な問題とその原因を早急に分析する。
- ・ その解決のためにプロジェクト責任者は軌道修正のための行動計画を決定する。
- ・ 修正行動を実行しプロジェクト責任者に報告する。

上記以外にプロジェクト責任者は、品質を保証するために「運営マニュアル」を策定する。マニュアルには、訓練、組織強化、機材の取り扱い方法、緊急時の対応、安全管理等の手続きを含むものとする。

事業者は、本件モニタリング計画の実施に当たって、担当者に対して適切な訓練を受けさせる。

下記の一覧表に品質管理と品質保証の内容を示す。

表 3.12 品質管理と品質保証

Data (Indicate tables and ID number e.g. D.4-1;D.4-2)	Uncertainty level of data (High/Medium/Low)	Are QA/QC procedures planned for these data?	Outline explanation why QA/QC procedures are or are not being planned
D3-1	Low	Yes	流量メータは定期検査を受けて精度を保証する
D3-2	Low	Yes	定期的検査を実施して正しい燃焼を保証。 従来と大きく異なる場合は、精度補正を実施する。
D3-3	Low	Yes	ガス濃度分析器は定期検査で精度を保証する。

(7) モニタリング手法の決定者/組織名

三本木 徹

財団法人 廃棄物研究財団

東京都墨田区両国 3 - 25 - 5

両国第一生命ビル 8 階

電話 03 - 5638 - 7161

FAX 03 - 5638 - 7164

www.jwrf.or.jp

3.5 事業費積算

次頁に示す計画図に基づいて、概算事業費を算出した。

この処分場は 2006 年まで稼動する予定であるため、2005 年と 2006 年の 2 年に分けて工事を実施する計画とした。

また、機材のメンテナンス費用として年間 5,000 ドルを計上した。人件費については、以下のとおりである。

表 3.13 モニタリングに必要な人件費

NO	職掌	人数	単価	費用 (ドル/年)
1	Engineering Manager	1	3000	3000
2	Operations Manager	1	2500	2500
3	Training & Safety Coordinator	1	2500	2500
4	Site Technician	2	1000	2000
計				10,000

表 3.14 概算事業費

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	計
ごみ成形・覆土	455,000	353,000	0	0	0	0	0	808,000
測定機材・モニタリング施設	95,000	72,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	192,000
人件費	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	70,000
計	560,000	435,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	1,070,000

2005 年

$$\text{ごみ成形・覆土} = (\text{成形}) + (\text{覆土}) = 363,000 + 92,000 = 455,000$$

測定機材・モニタリング施設

$$\begin{aligned} &= (\text{パイプ、ホース等}) + (\text{モニタリング機材}) + (\text{燃焼装置}) \\ &= (48,000 + 14,000) + 20,000 + 13,000 \\ &= 95,000 \end{aligned}$$

2006 年

$$\text{ごみ成形・覆土} = (\text{成形}) + (\text{覆土}) = 275,000 + 78,000 = 353,000$$

測定機材・モニタリング施設

$$\begin{aligned} &= (\text{パイプ、ホース等}) + (\text{モニタリング機材}) + (\text{燃焼装置}) \\ &= (32,000 + 7,000) + 20,000 + 13,000 \\ &= 72,000 \end{aligned}$$

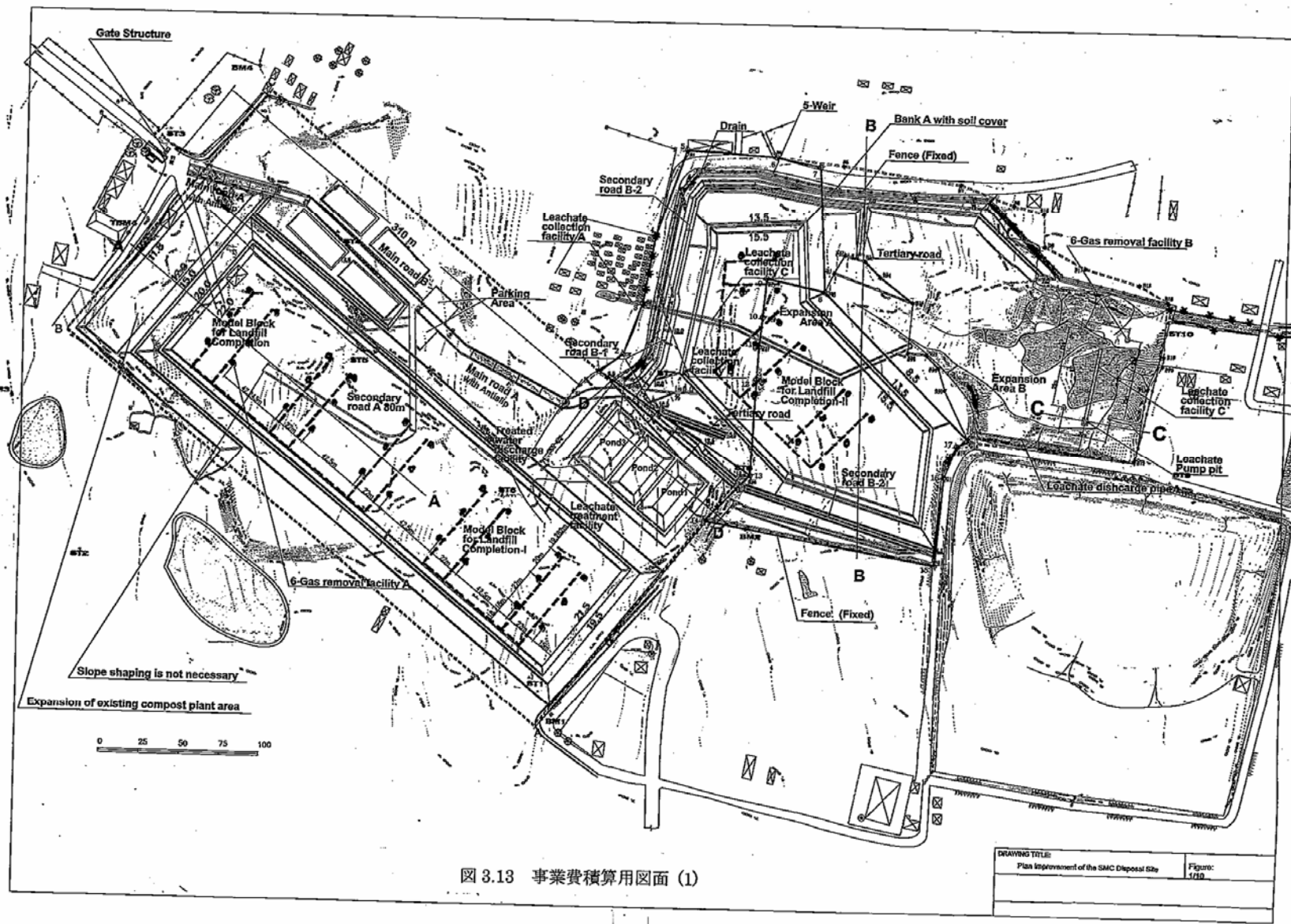
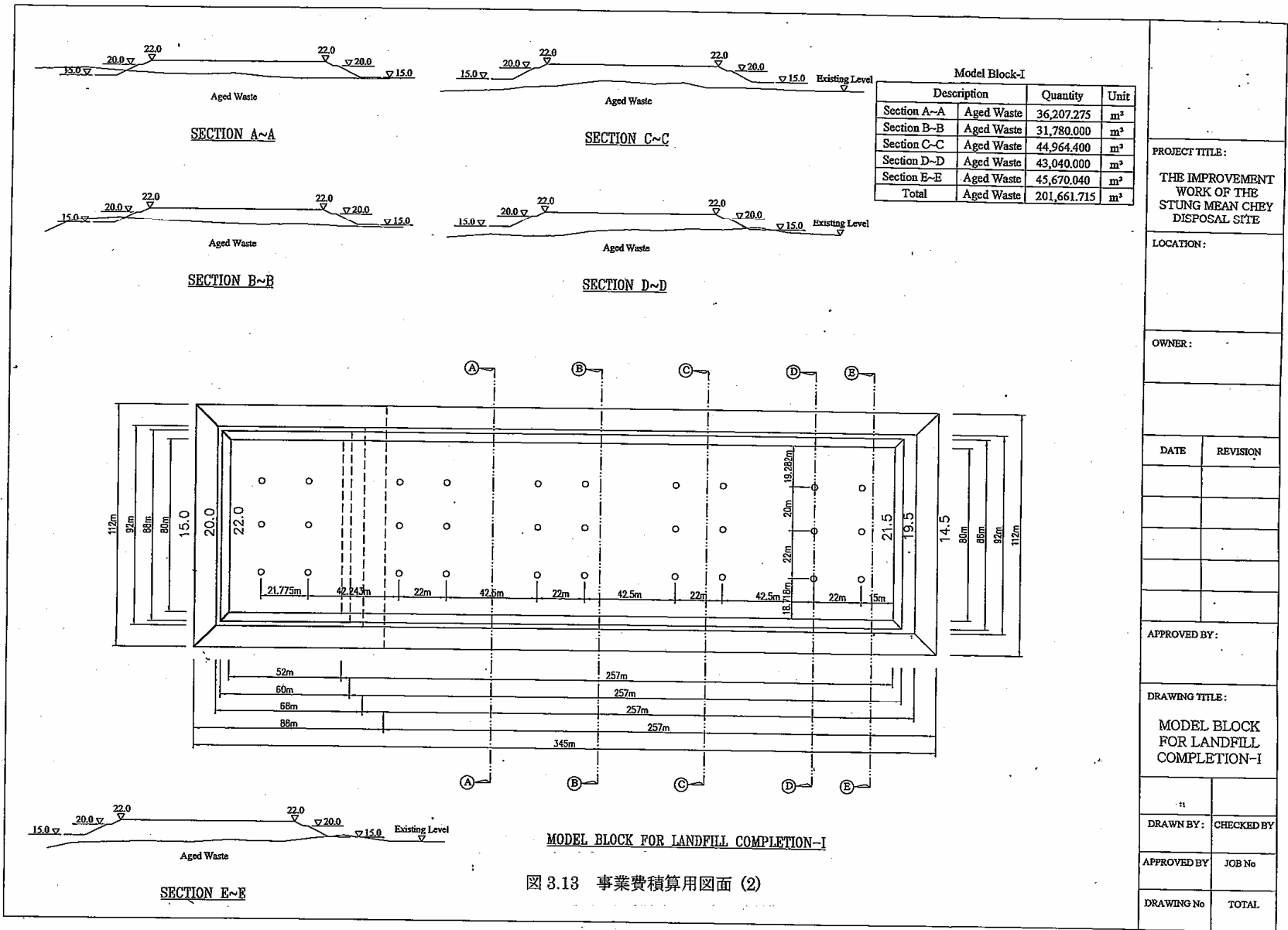


図 3.13 事業費積算用図面 (1)



PROJECT TITLE:
THE IMPROVEMENT
WORK OF THE
STUNG MEAN CHEY
DISPOSAL SITE

LOCATION:

OWNER:

DATE	REVISION

APPROVED BY:

DRAWING TITLE:
**MODEL BLOCK
FOR LANDFILL
COMPLETION-I**

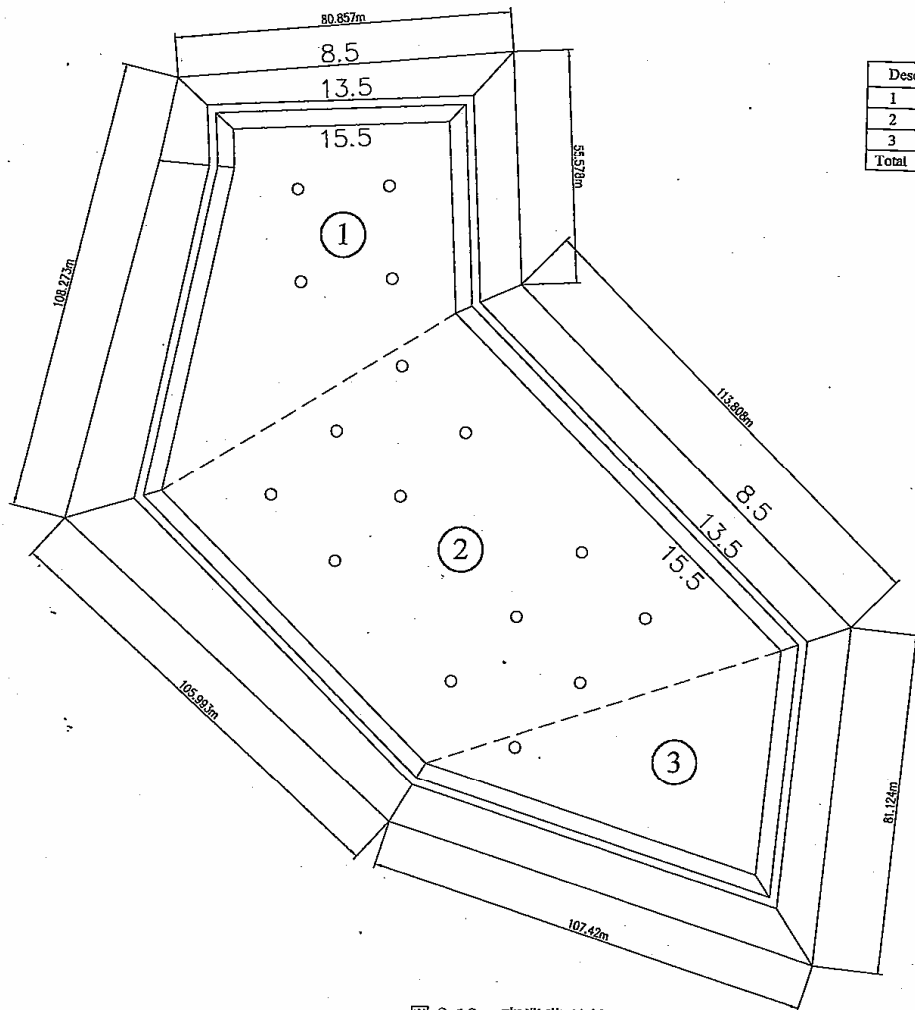
DRAWN BY: CHECKED BY:

APPROVED BY: JOB No

DRAWING No TOTAL

図 3.13 事業費積算用図面 (2)

MODEL BLOCK FOR LANDFILL COMPLETION-II



Model Block-II

Description	Quantity	Unit
1 Aged Waste	57,858.973	m ³
2 Aged Waste	72,341.288	m ³
3 Aged Waste	22,781.136	m ³
Total Aged Waste	152,981.397	m ³

PROJECT TITLE:
THE IMPROVEMENT
WORK OF THE
STUNG MEAN CHEY
DISPOSAL SITE

LOCATION:

OWNER:

DATE	REVISION

APPROVED BY:

DRAWING TITLE:

MODEL BLOCK
FOR LANDFILL
COMPLETION-II

DRAWN BY: CHECKED BY

APPROVED BY: JOB No

DRAWING No TOTAL

図 3.13 事業費積算用図面 (3)

3.6 メタンエネルギーの利活用

(1) ホスト国の電力事情

カンボディア国の電力供給施設は戦争で決定的なダメージを受けている。カンボディアは世銀、アジア銀、日本及び欧米諸国の支援を受けて復興を開始した。現在、電力は地方の市や町に中心を置いた24の独立した発電組織に限定されており、供給は不安定であり、範囲も限定されている。いずれもジーゼル発電所に依存している。一人当たりの電力消費量は僅か年間48キロワット時で、家庭で電気が使えるのは15%未満である(都市部53.6%、地方部8.6%)。電力の消費量は、個人消費が0.5%、サービス業40%及び工業が14%である。需要は年平均12.1%の伸びが予想されており、2020年のピーク時には991 MWに達すると見られている(出典：鉱工業エネルギー省より聞き取り)。

最大のシステムはプノンペン市のもので人口114万人で12,000以上の電力利用者がいる。これは国全体の電力消費の70%に該当しており、ピーク時の需要は80 MW、可能許容量は129.2 MW(EDC 74.5 MW, IPPs 54.7 MW)で、ピーク時の需要量は2004年に170MW、2020年には649MWに達すると見られている。2000年現在の総発電量は415.14 GWhである。

地方の総量は50MWで、個々には300kW tから5 MWまで範囲が広い。ピークの需要は2010年173 MW、2020年342 MWと予測されている。高価な輸入石油を燃料とする小規模発電、高圧送電線の欠如、配電時のロス等で、地方電力料金が最も高い。2000年の資料によるとプノンペンでは約14.6 US cents / kWhであるが、遠隔地では25 ~ 50 US cents / kWhである。僅かな電力が地方の個人投資家によってタイ国境及びヴェトナムから輸入されている。

(1) SMC 処分場周辺住民の電力利用状況調査

カンボディア国政府は、以下のような料金体系を決めているが、実際にはこのとおりに料金徴収が行われていない。

表 3.15 カンボディア国の電気料金体系

利用者		1 kWh の料金 (リエル)
1 . 一般家庭	・ 50KWh /month 未満	・ 350
	・ 51 ~ 100KWh	・ 550
	・ 101KWh 以上	・ 650
2 . 政府機関		700
3 . NGO		800
4 . 大使館、外国人住居		
5 . ホテル、ゲストハウス、クラブ、民間銀行、民間会社	・ 小規模	・ 650
	・ 中規模商業	・ 600
	・ 大規模商業	・ 500
	・ 中規模利用	・ 480
6 . 工場、繊維	・ 小規模工業	・ 600
	・ 中規模工業	・ 550
	・ 大規模工業	・ 500
	・ 中規模利用	・ 480

SMC 処分場周辺に居住する民家から、ランダムに 20 家庭を抽出し、電力利用の実態を調査した。対象者は以下のとおりである。表中の Location は SMC 処分場との位置関係を示す。

表 3.16 電力利用実態調査対象者一覧

NO	Name of interviewers	Sex	Age	Sangkat	Village	Tarif (Riel/month)	Location
1	Ouk Dem	M	41	Beung Tom Poun	Chamroeun Phal	20000	East
2	Oung Tauv	M	66	Beung Tom Poun	Chamroeun Phal	30000	East
3	Seun Sareth	F	37	Beung Tom Poun	Cham Roeun Phal	20000	East
4	Chea Sophon	F	32	Beung Tom Poun	Cham Roeun Phal	12000	East
5	Oung Kunthy	M	35	Beung Tom Poun	Cham Roeun Phal	55000	East
6	Kong Sarin	M	60	Beung Tom Poun	Chamroeun Phal	50000	East
7	Hom Iv	F	48	Stung MeanChey	Russey	24000	South
8	Kauv Kam	M	68	Stung MeanChey	Russey	31000	South
9	May Sotha	F	47	Stung MeanChey	Russey	32000	South
10	Chan Vanna	F	51	Stung MeanChey	Russey	45000	South
11	Chea Ny	F	31	Stung MeanChey	Dam Nakthom	5000	North
12	Khin Born	F	57	Stung MeanChey	Dam Nakthom	9000	North
13	Oung Phum	M	67	Stung MeanChey	Dam Nakthom	60000	North
14	Yim Yet	F	40	Stung MeanChey	Dam Nakthom	25000	North
15	Porn Cheanthy	F	37	Stung MeanChey	Russey	16000	West
16	Chuy Pork	F	30	StungMean Chey	Russey	6300	North
17	Sour Sothea	M	33	Stung MeanChey	Russey	15000	North
18	Heng Chanthy	F	32	Stung Mean Chey	Russey	30000	West
19	Chim Samboth	M	29	Stung MeanChey	Russey	40000	West
20	Em Sileap	F	47	Stung MeanChey	Russey	27000	West

これらの被験者に電気料金について質問をした結果は以下のとおりである。明らかに家庭によって単価が異なっている。これは、電気料金が、国営会社、民間会社、中間業者等によって異なるためである。

設問1 あなたが払っている電気料金の単価はいくらですか。

< 回答 >

550 リエル/ kWh 3名
 900 リエル/ kWh 2名
 1000 リエル/ kWh 6名
 1200 リエル/ kWh 6名
 1700 リエル/ kWh 3名

さらに、電気料金の適・不適について質問したが、「不適切」という回答が90%に達した。電力供給への要求は高いが、料金体系等の見直しを望んでいることがわかる。少しでも安価な電力が供給されれば、容易に受け入れることを示している。

設問2 あなたが払っている電気料金は適切だと思うか。

<回答>

不適切だと思う 90%

適切だと思う 10%

(2) SMC 処分場周辺住民の燃料需要調査

家庭内における燃料の利用状況を把握する目的で、以下の調査を行った。

1) 対象地域及びサンプル数

SMC 最終処分場の周辺地域を4区分し、各区域から10~15の家族を抽出した。区分した地区の位置は図3.14に、また特徴は表3.17に示した。

表3.17 燃料利用状況調査の対象地域別サンプル数

区域記号	区域の特徴	サンプル数
A	幹線道路沿道の店舗兼用住宅が多い	15
B	処分場アクセス道路沿道で廃品回収業者が多い	10
C	古い住宅地域	15
D	新興の住宅地域 戸建が多い	10
	計	50

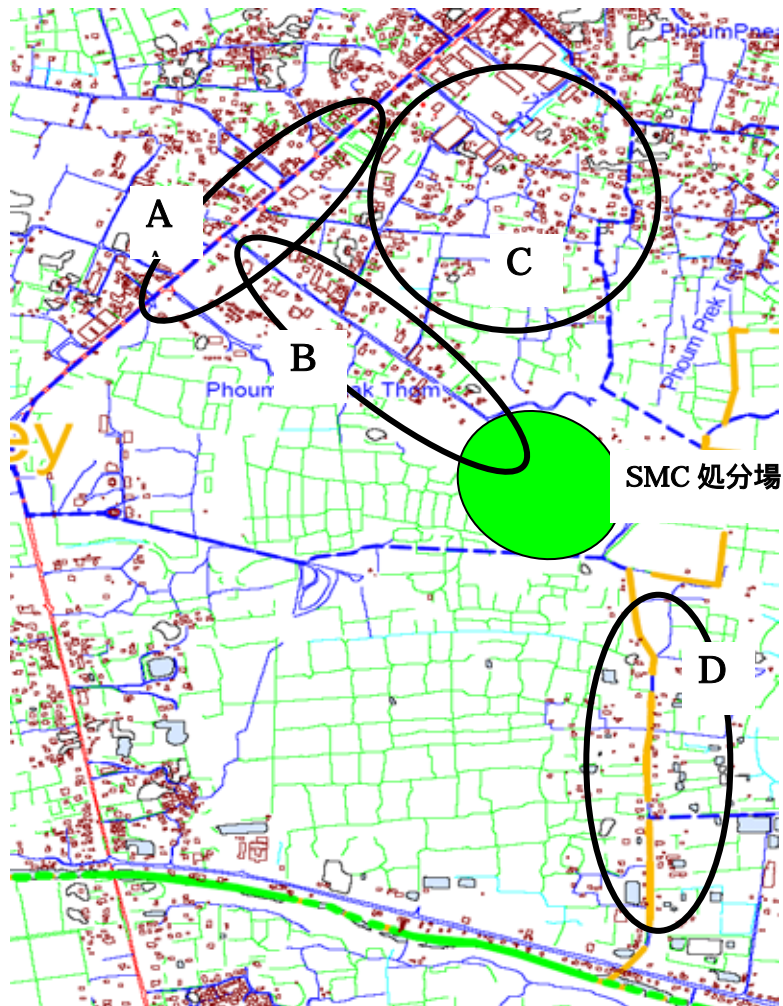


図 3.14 ヒアリング調査対象地域

2) 調査方法

訪問ヒアリング調査

3) 調査内容

家庭の属性

家屋の形態、居住年数、家族構成員、収入

使用燃料

使用燃料別用途、使用量、燃料費

4) 調査結果

家屋の形態

幹線道路沿道 (A) には、店舗兼用住宅が多いが、処分場へのアクセス道路沿道 (B) には店舗がない。古い住宅地 (C) 及び新興住宅地 (D) には戸建が多く見られた。

表 3.18 家屋の形態

(単位：%)

	A	B	C	D	計
a. 戸建	6	16	22	16	60
b. 集合住宅	6	4	0	0	10
c. 店舗兼用住宅	18	0	8	4	30
合計	30	20	30	20	100

居住年数

古い住宅地（C）及び処分場へのアクセス道路沿道（B）20年以上居住している家族が多く、幹線道路沿道（A）でも10年以上居住している人が多いが、新興住宅地ではほとんどの人が5年未満である。

表 3.19 居住年数

(単位：%)

	A	B	C	D	計
a. 5年未満	6	2	8	18	34
b. 5年以上9年未満	2	0	0	0	2
c. 10年以上20年未満	18	6	4	0	28
d. 20年以上	4	12	18	2	36
合計	30	20	30	20	100

家族構成員

家族の構成員は、5人から8人程度である。

表 3.20 家族数

(単位：%)

	A	B	C	D	平均
家族構成員	6.9	8.2	5.4	5.9	6.5

収入

各家族の収入は、100～200米ドルに集中しているが、特に、処分場へのアクセス道路沿道（B）の住民は最高でも300米ドル未満であるが、新興住宅地（D）では500～1,000米ドルの家族が見られる。

表 3.21 収入（米ドル/月/家族）

(単位：%)

	A	B	C	D	計
a. 10未満	0	0	0	0	0
b. 10～50未満	2	0	0	0	2
c. 50～100未満	8	4	10	10	32
d. 100～200未満	14	10	10	4	38
e. 200～300未満	2	6	6	2	16
f. 300～500未満	4	0	4	0	8
g. 500～1,000	0	0	0	4	4
h. 超1,000	0	0	0	0	0
合計	30	20	30	20	100

使用燃料

都市ガスの供給はない。調査対象家族の半数がプロパンガスを利用している。第二位が木炭で 36%、その他が薪で 14%である。

表 3.22 使用燃料

(単位：%)

	A	B	C	D	計
ガス	14	10	18	8	50
石油	0	0	0	0	0
木炭	8	6	12	10	36
石炭	0	0	0	0	0
薪	8	4	0	2	14
電気	0	0	0	0	0
合計	30	20	30	20	100

木炭利用家族

木炭を利用している家族についてさらに詳細な調査を実施した。主要な燃料として木炭を利用している家族は、全体の 36%であるが、第二の用途として木炭を利用している家族は 52%あり、合計で 88%の家庭で木炭が利用されていることがわかった。

表 3.23 木炭使用家族

(単位：%)

	A	B	C	D	計
通常の燃料として利用	8	6	12	10	36
第二の用途として利用	18	10	18	6	52
合計	26	16	30	16	88

燃料使用量

各家族の燃料使用量について調べた。薪が 130.9kg/月/家族で最も多く、次が木炭の 39.4kg であり、ガスについては 1 ヶ月に約 1 本のプロパンが消費されている。なお、プロパンガスは 1 本 15kg で 9 ドルである。

表 3.24 燃料使用量

(単位:Kg)

	A	B	C	D	平均
ガス	11.5	7.0	8.4	8.3	9.4
木炭	36.2	55.0	34.9	35.6	39.4
薪	161.4	188.0	52.9	100.0	130.9

燃料費

各家族の燃料費については、ガス代が最も高く 5.6 米ドルであり、木炭が 4 米ドルで最も安価である。

表 3.25 燃料費

(単位:米ドル)

	A	B	C	D	平均
ガス	7.4	4.0	4.4	5.0	5.6
木炭	4.1	5.6	3.4	3.4	4.0
薪	2.8	7.4	2.6	7.5	4.2

(4) SMC 処分場のメタンエネルギー利用の可能性

1) 発電

バイオガス発電の場合、発電に必要なメタンの濃度設定が40%程度以上であるが、SMC 処分場から回収されるLFGのメタン濃度は現在20~25%で低いため、発電用燃料としての利用は困難である。しかし、今後、嫌気状態が完全に再現された場合、LFG中のメタン濃度が上昇する可能性がある。そこで、濃度が50%まで上昇した場合の発電の可能性について検討した。仕様は以下のとおりとした。

表 3.26 発電の仕様

項目	仕様
発電機容量	435kw
稼働時間	24 時間/日
稼働日数	365 日/年
LFG 消費量	300m ³ /時
メタン濃度	50%

日当たりメタン消費量; $300 \text{ m}^3/\text{時} \times 24 \text{ 時間/日} \times 0.5 \times 16\text{kg}/22.4 \text{ m}^3 = 2,572 \text{ kg/日}$
 従って、2005年から2010年まで6年間の利用は可能である。

また、発電量は $435 \text{ KW} \times 24 \text{ 時間/日} \times 365 \text{ 日/年} = 3,810,600\text{KW}$

電力料金が一般家庭の350リエル/KWとすると、 $3,810,600 \times 350/4,000 = 333,000$ ドルとなり、6年間で概算1,998,000ドルの事業規模になる。

表 3.27 発電の事業規模

年	発生メタンガス量 (t/年)	メタン利用可能量 (kg/日)	メタン消費量 (kg/日)	発電量 (MW/年)	販売額 (ドル)
2005	3,577	9,800	2,572	3,810	333,000
2006	3,617	9,909	2,572	3,810	333,000
2007	3,154	8,641	2,572	3,810	333,000
2008	2,662	7,293	2,572	3,810	333,000
2009	1,146	3,139	2,572	3,810	333,000
2010	979	2,682	2,572	3,810	333,000
2011	824	2,257			
計	15,959				1,998,000

2) 周辺家庭のガスボンベ燃料

SMC 処分場周辺の家庭を対象に実施した調査によると、都市ガスの供給システムはなく、ガス利用者はボンベガスを購入している。使用量は1世帯1ヶ月当たり約15kgである。この数字を使って計算すると、SMC 処分場から発生するメタンガスを家庭の燃料として活用した場合、表のようになる。

15kgのガスが充填されたボンベが市価で1本9ドルで取引されているので、1本当たり市価の3割引で販売したとすれば、555,030ドルの事業規模になる。

$$88,100 \text{ 本} \times 9 \text{ ドル} \times (1 - 0.3) = 555,030 \text{ ドル}$$

しかし、実際のLFGに含まれるメタン濃度は20~25%であり、市販のボンベガスと比較すると1/5の内容量となる。従って、1世帯で1ヶ月に消費するボンベ数は5本となる。すなわち、交換用ボンベ数や配達・輸送頻度が5倍になり、運営維持管理費用が高額になる。またSMC 処分場から常時排出されるLFGを貯蔵するために通常ガスの場合と比べて5倍の容量をもった貯蔵タンクを整備しなければならず、現実的ではない。

表 3.28 メタンをボンベガスとして利用した場合の世帯数

年	発生メタンガス量 (t/年)	メタン利用可能量 (t/月)	利用可能世帯数 (戸)
2005	3,577	298	19,800
2006	3,617	301	20,000
2007	3,154	262	17,400
2008	2,662	221	14,700
2009	1,146	95	6,300
2010	979	81	5,400
2011	824	68	4,500
計	15,959		88,100

4) 木炭製造用燃料

ドラム缶1個に1回40kgの木材を入れて燃焼し、約10kgの木炭が製造できるが、所要時間が約10時間であるからメタンガスの消費量は、以下ようになる。

$$\text{LFG: } 0.87 \times 0.04 \times 0.04 \times 3.14 \times 60 \times 60 \times 10 = 157.35 \text{ m}^3$$

$$\text{CH}_4: 157.35 \times 0.25 \times 16 / 22.4 = 28 \text{ kg}$$

流速：0.87m/sec

ホース半径：0.04m

1時間 = 60 x 60 秒

所要時間：10時間

木炭製造時のLFGのメタン濃度：25%

メタンの分子量：16g

メタンの1モル体積：22.4L

1回の木炭製造に10時間を要するため、1日当たりのメタン利用可能量を求め、1日当たりの木炭製造可能量を算出した。さらに、1年間の稼働日数を240日とすると、7年間で306.2トンの木炭製造が可能になる。木炭の単価は約0.125ドル/kgであるからこれを販売すれば、46,740ドルの売り上げとなる。

ただし、木炭の材料である薪は1kg当たり約0.0321ドルであり、木材を原料として木炭を製造すると重量が約1/4になるため採算ベースにはのらない。

$$(\text{木炭単価}) - (\text{薪単価} \times 4) = 0.125 - 0.0321 \times 4 = -0.0034$$

そこで、材料として、処分場に搬入されるココナッツ殻及びさとうきびの皮と絞りカスを使って木炭製造を行った。出来上がった木炭はそのままでは扱いが不便なため、さらに粉末にして、キャッサバの粉、粘土粉末、松脂、水を混入して固め、乾燥させて新しい燃料(ブリケット)として利用できることが判明した。事業化については、現在、プノンペン市公共事業運輸局が検討している。

表 2.29 木炭製造可能量と販売額

年	発生メタンガス量 (t/年)	メタン利用可能量 (kg/日)	木炭製造可能量 (kg/日)	木炭製造高 (kg/年)	販売額 (ドル)
2005	3,577	9,800	350	84,000	10,500
2006	3,617	9,909	353	84,720	10,590
2007	3,154	8,641	308	73,920	9,240
2008	2,662	7,293	260	62,400	7,800
2009	1,146	3,139	112	26,880	3,360
2010	979	2,682	95	22,800	2,850
2011	824	2,257	80	19,200	2,400
計	15,959			373,920	46,740

3.7 財務分析

CDM プロジェクトなしの場合は、事業費の発生のみで収入はゼロである。従って、炭素クレジットを考慮しない場合、事業化の可能性はない。

CERs が CO₂ 1 トンあたり、3 ドル、4 ドル、5 ドルの 3 ケースについて FIRR を求めた。
物価上昇率及び金利は考慮していない。

算定した結果、CO₂ 1 トン当たり 4 ドルで CERs が取引された場合、FIRR は 3.4% となる。5 ドルで取引されれば、FIRR は 26.4% となる。

表 3.30 FIRR

ケース	FIRR
1 . 3 ドル/CO ₂ eq ton	- 15.2%
2 . 4 ドル/CO ₂ eq ton	3.4%
3 . 5 ドル/CO ₂ eq ton	26.4%

表 3.31 概算事業費と想定される CERs による収入

年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	計	
ごみ成形・覆土	455,000	353,000	0	0	0	0	0	808,000	
測定機材・モニタリング施設	95,000	72,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	192,000	
人件費	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	70,000	
計	560,000	435,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	1,077,000	
収入	CH ₄ (t)	3,577	3,617	3,154	2,662	1,146	979	824	15,959
	CO ₂ eq (t)	75,117	75,957	66,234	55,902	24,066	20,559	17,304	335,139
	Capture(t)	62,603	63,303	55,199	46,589	20,057	17,134	14,421	279,305
	3 ドル/t	187,808	189,908	165,598	139,766	60,170	51,402	43,263	837,915
	4 ドル/t	250,410	253,210	220,798	186,355	80,226	68,535	57,685	1,117,219
5 ドル/t	313,013	316,513	275,997	232,944	100,283	85,669	72,106	1,396,524	

$$\begin{aligned} \text{Capture (t)} &= (\text{メタン発生量}) \times (\text{火災による削減量}) \times (\text{回収効率}) \\ &= \text{CH}_4 \times (1 - 0.1) \times 0.926 \end{aligned}$$

4 . 環境影響と環境改善への貢献度

CDM 事業が実施に移行すれば、SMC 最終処分場は 2005 年からごみ山の本格的な成形・覆土が開始され、メタンの回収が実施される。

現在は、火災、粉塵、煙害、悪臭、景観阻害、ハエや蚊の発生、ごみの飛散、浸出水による水質汚染、周辺住民の健康被害、ウェストピッカーの人身事故等、環境に係る種々の影響が発生している。これが、CDM 事業実施によって、改善されることは明らかである。JICA 調査団がパイロットプロジェクトで実施したごみ成形と覆土及びガス抜き管敷設によって、現状が大幅に改善されており、その効果は衆人の認めるところである。

浸出水については、地下浸透を完全に遮断することは出来ないが、覆土によってごみの内部に浸透する雨水の量が激減するため、浸出水の流出量が大幅に削減されることが予想される。

結論として、CDM プロジェクトの実施は、大幅な環境改善に貢献することになり、新たな環境問題を惹起する可能性はない。

5 . 利害関係者のコメント

2003 年 6 月 23 日に環境大臣によって署名された NO.195 の宣言によって、環境省計画法務局内に気候変動室が設置された。ここは、気候変動に関する幅広い活動を行う組織で、計画・方針策定、UNFCCC の実行、新しい技術について気候変動に悪影響を及ぼすか温暖化ガスを削減するかの評価、キャパビル、啓蒙活動等の任務を担う。と同時に UNFCCC の出先の機能も持つ。

カンボディアは 1995 年 12 月 18 日には UNFCCC にサインした。1996 年には委員会が発効し、2002 年 7 月 4 日京都議定書に首相がサインし、2002 年 8 月 22 日に発効した。1999 年には CCEAP(Climate Change Enabling Activities Project)で UNDP と GEF(Global Environment Facility)の支援を受けて最初の気候変動関連プロジェクトを実施した。これは UNFCCC 活動の第一歩で 1994 年時点の地球温暖化ガスのインヴェントリーと 1994 年から 2020 年までの予測と削減計画がまとめられた。

農業低開発国のカンボディアは、地球温暖化によって環境、社会、経済が大きな影響を受ける国であるという認識を強く有している。

気候変動室は CDM の推進に積極的な姿勢を示しており、海外からの事業実施、投資活動に強い関心を持っており、特に本件 F/S 調査実施後の事業化を強く望んでいる。

また、DPWT 及び PPWM は、埋立処分場から発生するメタンの回収による CDM 事業の成立に期待をかけている。この案件が CDM 事業として実施されれば、2006 年の処分場閉鎖に当たって、覆土やガス抜き管の設置工事がクレジットで得られた資金によって行われるため、プノンペン市としてはその予算措置を免れることができるという利点があることも、積極的な姿勢をとらせる原因の一つになっている。

また、周辺住民は、覆土とガス抜き管の設置によって、処分場の環境が大幅に改善されることを目の当たりにしており、CDM 事業の実施に期待を寄せている。

最大の問題は、ウェストピッカーの生活基盤の喪失問題であるが、JICA 調査団の衛生埋立計画によると、ウェストピッカーが有価物の回収を行うことを妨げる方法は採らず、ウェストピッカーのごみ回収活動を保証しながら覆土を実行する計画であり、ウェストピッカーからの同意も得られている。

6．キャパシティビルディング

ホスト国カンボディアの組織は、環境省（MOE）の下部組織としてはプノンペン市に「環境局（DOE）」があり、一方、同市の公共事業運輸局（DPWT）の上部組織は「公共事業運輸省（MPWT）」である。しかし、本件 CDM 調査は、「プノンペン市環境局（DOE）」ではなく、サイトを管理している「プノンペン市公共事業運輸局 DPWT」をカウンターパートに選んでいる。

局長は Mr. Nhem Saran で、実際は事業管理部の Mr. Moeung Sophan 副部長が窓口になっている。両氏は、CDM 事業がプノンペン市へもたらす利点を十分に認識しており、積極的な姿勢を維持している。

JICA パイロットプロジェクトで設置したガス抜き管のメンテナンスやモニタリングは、以下の DPWT の職員が担当している。

Mr. KHEM Sandap

Mr. TED Sambath

2005 年 2 月末までの現地観測は、上記両名が担当し、継続調査を実施する予定である。

7．ホスト国・地域の持続可能な開発に貢献できる点

環境影響の項で述べたとおり、CDM 事業として実行された場合、ホスト国にもたらされる利益は多大なものがある。処分場の環境が改善することで、首都圏の持続可能な開発に大きく貢献することが期待できる。

8．類似施設への普及の可能性

埋立処分場に覆土してガス抜き管を設置しメタンを回収する技術はそれほど高度なものではない。カンボディア国の技術水準で十分対応できるため、一般に途上国への普及の可能性は高いといえるが、覆土材の費用負担、分析機器や測定機材の調達、維持、盗難防止、人材教育等の問題解決をどう図るかについて検討する必要がある。

カンボディア国内には 23 の郡があるが、本件で実施した調査結果によると、首都プノンペン市以外の全国の廃棄物処分場で 1 日に処分されているごみ量は、僅か 300 トン未満であり、最大のシェムリアップ地方でも処分量は 57 トン/日である。従って、カンボディア国内で類似施設への普及の可能性は低いといわざるを得ない。

一方、東南アジア諸国については、地理的条件、自然条件、経済・社会条件が類似している場合には、適用の可能性が十分にあると考えられる。

表 8.1 カンボディア国内の処分場一覧表 (1)

		1	2	3	4	4	5	6	7
1	Name of government	Kandal Province	Phnom Penh	Kampong Cham	Ratanakiri	Ratanakiri	Siem Reap	Kampong Thom	Pur Sat
2	Name of organization	Department of environment	DPWT	Department of environment	Provincial municipality	Provincial Department of Environment	Department of environment of Siem Reap	Department of Environment	Provincial Municipality
3	Your name	Long Yan	Kong Chansavuth	Thoeun Sreyneang	Khien Phosy	Em Chhoen	Phong Lyna	Mam Rithy	Vong Samol
	Telephone	011 878 499	012 595 746	016 869 315	012 967 701	012 988 519	012 775 365	012 924 395	012 896 814
4	Population	61086	1.200.000	48,761	20,000	4,705	720,000	67,000	20,000
5	Name of disposal site	Prek Ho	Stung Meanchey	Wat Tmey	Village 4	Monorom	Prey Kuy village	No name yet. It is a new	Srang Touch
6	Area now (m2)	5,000	68,000	40,000	1,000	200	30,000	10,000	20,000
	Area from now (m2)	1,500	52,000	60,000	10,000	OnlyReserved land	30,000	0	10,000
	Total (m2)	20,000	120,000	10,000	11,000	50,000	60,000	10,000	30,000
7	Age of disposal site	4	38	6	3	8	5	2	8
8	Daily waste amount(m3)	4	680	miss	4	miss	95	7	12
	(tons)	8	miss	9,5	Do not think	1,5	57	miss	12
9	Waste amount from now(m2)	84,960	miss	Frequence diposal & burning	Frequence diposal & burning	miss	242,725	20,000	80,000
	(tons)	28,320	1,277, 500	420	no	over 1,000	145,635	miss	miss
10	Plan of new disposal site(m2)	no any new plan	1,000,000	6	It is not yet any plan	none	30,000	It is not yet any plan	It is not yet any plan
	start year	no	2008	2007		None	2010	No	No

表 8.1 カンボディア国内の処分場一覧表 (2)

8	9	10	11	11	12	13	14	15
Bunthea Mean Chhey	Svay Rieng	Sihanouk Ville	Battambang	Battambang	Takoe	Kampot	Kep town	Kampongchhang
Provincial Department of Environment	Provincial Municipality	Department of environment	Provincial municipality	Department of environment	Provincial municipality	Provincial department of environment	Municipality department of environment	Provincial department of environment
Put Chhub	Chan Savan	Hem Saroen	Ouk Vong	Chhub Sarun	Yos Nachhom	Long Sreng	Chhub Kao	Ouk Socheat
012 839 176	012 701 792	016 854 180	012 936 727	012 550 061	012 508 549	012 862 946	012 993 490	026 988 686
72,550	22,452	55, 440	135,478	135 478	38,000	27,552	41,200	50,000
Phnom Tob	At the edge of Osmach	Sangkat Betrang	Ondong Chegn Village	No available	Preyleu	Takes air port	Chamka 3	Svaychrom
25,000	5,000	80,000	20,000	10,000	10,000	9,600	40,000	10,000
0	20,000	0	15,000	15,000	0	0	0	20,000
25,000	25,000	Over 80,000	35,000	35,000	10,000	9,600	40,000	30,000
3	18	5	13	13	4	4	15	10
6	miss	98	35	35	miss	18	miss	1,5
miss	7	55	miss	miss	1,5	9	8	0.1
Do not know	None available	3.800.000	20,000	2,000	No available	2,500	miss	miss
Do not know	miss	2.300,000	miss	miss	No available	1,200	1,600	100,000
It is not yet any plan	10,000-20,000	No plan yet	20,000	20,000	20,000	No plan yet	40,000	20,000

表 8.1 カンボディア国内の処分場一覧表 (3)

16	17	18	19	20	21	22	23
Kratie	Koh Kong	Preah Vihear	Prey Veng	Kampong Cham	Pai Len town	Odor Mean Chey	Kam Pong Speau
Kratie provincial municipality	Koh Kong provincial department of	Preah Vihear provincial municipality	Prey Veng provincial municipality	Provincial municipality	Department of environment of Pai Len	Provincial municipality	Provincial Municipality
Yin Khem	Sao Semthorn	Song Bun Leang	Khem Youn	Ban Bunthean	Ly Soun Oeung	Thach Tharath	Klaing Chhuch
011 732 132	011 886 320	012 959 352	012 921 217	016 832 480	016 552 244	011 720 057	012 808 589
276,000	30,059	10,000	56,132	48,761	47,305	May be 12,400	665,505
Kla Stus, Kapovillage	Srok Smach Mean Chey	Mountain area	Baray and Presh Stach	Wat Tmey	Dei Kraham	Au Kravann	Sbar Morn
600	70,000	1444	60,000	4,000	1,500	Do not know	10,000
3,000	0	0	0	6,000	23,500	Do not know	20,000
5,000	70,000	1444	60,000	10,000	25,000	Provincial municipality	30,000
5	3	2003	10	6	3	2	20
miss	miss	miss	miss	miss	3	3	0
2	No plan to study	2	5	9,5	3	miss	3
miss	No plan to study	27,436	miss	Frequence disposal and burning	12,500	NO	30,000
3,000	No plan to study	miss	60	420	12,500	NO	0
20,000	No plan to study	1444	50,000	6,000	50,000	Provincial municipality does not	10,000

<添付資料 Ⅰ >

PDD（案）作成のために

D. モニタリングの手法と計画（和文）

D.1. プロジェクト活動に適用したモニタリング手法の名称と出典

UNFCCC のウェブサイトには承認されたモニタリング手法は掲載されていないので、このプロジェクトではメタンの直接観測手法を導入する。

There is no methodology choice available in the UNFCCC website yet, but this project requires only a straight forward monitoring methodology.

モニタリング手法の名称としては「LFG 燃焼による排出削減量の現地測定と算出によるモニタリング法」とする。

The following name is suggested for the monitoring approach used here:

“Direct monitoring and calculation of ERs in landfill gas flaring projects”

D.2. モニタリング手法の選定とプロジェクト活動に適用する理由

本件のようなメタンガス捕集プロジェクトでは、フレアとして燃焼するメタン量を正確に計測することが最も重要である。

For a landfill methane gas capture project such as this one it is most appropriate to accurately measure the methane combusted in flares.

このような LFG 捕集プロジェクトでは、大気中に放出されないメタン量が直接計測できる点の特徴である。プロジェクトを実施することによって達成される削減量は、ベースラインと事業実施後の差から求めてはならない。なぜなら、捕集して破壊した1トンのメタンは、確実に大気中には放出されておらず、明らかに1トンのメタンが削減されたことを意味する。すなわち、本件で採用するモニタリング手法によれば、明確に把握できないベースラインシナリオの排出量に頼らないで済む。実際、想定されるベースライン排出量は、サンプル調査程度しかできないので、全体の実態把握は困難であり、その点からも本件の計画は有効である。たとえベースライン排出量が観測されたとしても、それとプロジェクト実施後の差を求めるよりは、本件で提案している実測による削減量把握の方が正確である。

Characteristic for LFG collection projects of the kind described above is that the emissions not released to the atmosphere can directly be monitored. The emissions reductions achieved by the project do not have to be derived from a comparison between baseline and project emissions, because every ton of methane collected and destroyed equals one ton of methane not released to the atmosphere and thus one

ton of methane emissions reduced. In other words, a monitoring and ER calculation method can be used that does not rely on information about baseline emissions, i.e. the quantity of emissions in the baseline scenario can remain unknown. This is convenient, since the monitoring of baseline emissions from landfills is also unpractical except on a sample basis. The proposed monitoring and ER calculation method can also be expected to be more accurate than an attempt to derive ERs as the difference between monitored or estimated baseline and project emissions.

本件モニタリング計画では、地球温暖化ガス削減がすべての面で正確に実施されるよう多くの業務を規定している。

This monitoring plan sets out a number of monitoring tasks in order to ensure that all aspects of projected GHG emission reductions for this project are controlled and reported. This requires an ongoing monitoring of the project to ensure performance according to its design and that claimed CERs are actually achieved.

D.3. 収集するデータとその保存法

本件プロジェクトでは、削減量を直接計測するので、該当するものはない。以下のデータを収集する

。 Not applicable, because the project directly monitors and calculates ERs. The following data will be collected.

ID number (Please use numbers to ease cross-referencing to table D.6)	Data variable	Data unit	Measured (m), calculated (c) or estimated (e)	Recording frequency	Proportion of data to be monitored	How will the data be archived? (electronic/paper)	For how long is archived data to be kept?	Comment
1	Flow of landfill gas to flares 燃焼ガスの流量	M3	M 測定	Continuous 連続記録	100%	Electronic (spreadsheet) 電子媒体	1 years and duration of the project crediting period in files 2年及びクレジット期間	Data will be aggregated monthly and yearly 月及び年ごとに集約
2	Flare efficiency 燃焼効率	%	M&C	Annual determination of flare efficiency 年間燃焼効率決定	Once per year or more frequent depending on observed deviation	Electronic (spreadsheet)	2 years and duration of the project crediting period in files	Data will be used to test and, if necessary, correct the flares' efficiency ratings

					from previous rating 年 1 回以上見直し			データはテストに使用。必要に応じて修正
3	Methane fraction in LFG メタン濃度	%	M&C	Continuous	100%	Electronic (spreadsheet)	2 years and duration of the project crediting period in files	Data will be aggregated monthly and yearly.

D.4. プロジェクト活動に起因する排出源で、プロジェクトバウンダリーに含まれないものがある場合のデータ収集と保存の方法

LFG 回収設備の建設によってのみ、ベースラインシナリオの場合には発生しない GHG が発生する。しかし、その量は僅かである。プロジェクトで捕集・測定する排出量以外に排出量の増加はない。また、本件では削減量を直接測定する方法を採用するので、間接的な排出量が問題になることはない。

Only the construction of the LFG collection system will lead to some GHG emissions that would not have occurred in the absence of the project. These emissions are, however, insignificant. No increase in emissions is discernible other than those targeted and directly monitored by the project. Moreover, because the project employs directly monitoring of ERs, indirect emissions will not distort their calculation.

D.5. プロジェクトバウンダリー内の人為的排出のベースラインを決定する上で必要なデータとその収集・保存法

本件プロジェクトでは、削減量を直接計測するので、該当するものはない。上記のデータを収集する

No applicable, because the project directly monitors and calculates ERs. The data above will be collected.

D.6. モニタリングデータの品質管理と品質保証法

本件プロジェクトで実施される品質保証活動は以下のとおりである。

The quality assurance practices that will be implemented in the context of this project are as follows:

観測日報：LFG 捕集とガス燃焼状況を監視するために担当者は毎日現場に行き、LFG が捕集されずに大気中に放出されていないかどうかチェックする。問題を発見したら、直ちに適切な措

置を講じる。

Daily Monitoring Records: Site staff makes a daily visit to the gas field to check the situation of LFG collection and flares. This gas field inspection will observe occurrence of any unintended releases of landfill gas. In case unintended releases are observed, appropriate corrective action will be taken immediately.

観測週報：週単位で実施する。担当者は現場を回り、各排出源の計器を読み取り、記録をつけ管理事務所へ持ち帰る。ファイリングする前に間違いをチェックする。LFG中のメタンのメタン濃度を正しく測定するために濃度分析器を整備する。

Gas Field Monitoring Records: Taken on a weekly basis. The Site Technician walks the gas field taking readings at each gas well and recording these on a form, which is then brought back to head office. These readings are checked for any anomalies before being filed for future reference. A gas analyzer will be installed in order to enable accurate measurement of the methane content on the landfill gas.

担当者のための定型業務指示書：各担当者は日・週・月別定型業務指示書を与えられる。技術部長、運転部長及び訓練・安全担当は、この定型業務指示書に従って、すべての業務が行われているかどうかをチェックする。また、管理事務所では書類が整備されているかどうかチェックする。これには、観測データや計器の読み取り値のチェックも含まれる。

Routine Reminders for Site Technicians: All Site Technicians are issued with a reminder list to guide them through their daily, weekly and monthly routine. The Engineering Manager, Operations Manager and Training & Safety Coordinator go through this routine during site visits to ensure all aspects of the role are being performed. In addition paperwork due at head office is checked to ensure data have been filed. This includes monitoring records and meter readings.

現場監査：環境省気候変動室主任、技術部長、運転部長及び訓練・安全担当は定期的に現場監査を実施する。日常業務の監査以外に、未解決な問題の監査を行う。

Site Audits: The chief of Climate Change Office, Ministry of Environment, the Engineering Manager, Operations Manager and Training & Safety Coordinator make regular site visits. In addition to ensuring the site routines are being performed an audit is taken of any outstanding task on site.

未解決課題表：現場監査の結果に従って、職員が実施すべき業務を一覧表にした「未解決課題表」を作成する。この課題が実行されたかどうかは次回の監査時点でチェックする。

Outstanding Works Notice: Following the Site Audit a ‘Outstanding Works Notice’ is issued to the Site Technician listing all the jobs that the management team consider necessary to be undertaken. This is checked on subsequent site audits to ensure these jobs have been carried out.

測定機材精度調整：測定機材精度調整は、国の法令に従って毎月実施する。

Calibration of measurement equipment: Calibration of measurement equipment will be done monthly in accordance with the requirements of the national regulation.

軌道修正の行動計画：品質保証対策には、モニタリング計画実施で不都合な業務を軌道修正する手続きを含む。

- ・ プロジェクトの責任者が不都合な問題とその原因を早急に分析する。
- ・ その解決のためにプロジェクト責任者は軌道修正のための行動計画を決定する。
- ・ 修正行動を実行しプロジェクト責任者に報告する。

Corrective Actions: The quality assurance measures include procedures to handle and correct non-conformities in the implementation of the project or this monitoring plan. In case such non-conformities are observed:

- ・ An analysis of the non-conformity and its causes will be carried out immediately by Director of the project.
- ・ The Director will make a decision on appropriate corrective actions to eliminate the non-conformity and its causes
- ・ Corrective actions are implemented and reported back to the Director.

上記以外のプロジェクト責任者は、品質を保証するために「運営マニュアル」を策定する。マニュアルには、訓練、組織強化、機材の取り扱い方法、緊急時の対応、安全管理等の手続きを含むものとする。

In addition to the quality assurance measures described above, Director of the project will prepare an Operational Manual. The Operational Manual will include procedures for training, capacity building, proper handling of equipment, emergency plans and work security.

事業者は、本件モニタリング計画の実施に当たって、担当者に対して適切な訓練を受けさせるものとする。

The project owner will also ensure that staff will receive appropriate training on the implementation of this monitoring plan and of the project.

下記の一覧表に品質管理と品質保証の内容を示す。

The table below summarized the quality control and quality assurance procedures suggested implemented in the context of the project.

Data (Indicate tables and ID number e.g. D.4-1;D.4-2)	Uncertainty level of data (High/Medium/Low)	Are QA/QC procedures planned for these data?	Outline explanation why QA/QC procedures are or are not being planned
D3-1	Low	Yes	Flow meters will be subject to a regular maintenance and testing regime to ensure accuracy 流量メータは定期検査を受けて精度を保証する
D3-2	Low	Yes	Regular maintenance will ensure optimal operation of flares. Flare efficiency will be calibrated annually or more often, if significant deviation from previous efficiency rating is observed. 定期的検査を実施して正しい燃焼を保証。 従来と大きく異なる場合は、精度補正を実施する。
D3-3	Low	Yes	Gas analyzer will be subject to a regular maintenance and testing regime to ensure accuracy ガス濃度分析器は定期検査で精度を保証する。

D.7. モニタリング手法の決定者/組織名

三本木 徹

財団法人 廃棄物研究財団

東京都墨田区両国 3 - 25 - 5

両国第一生命ビル 8 階

電話 03 - 5638 - 7161

FAX 03 - 5638 - 7164

www.jwrf.or.jp

<添付資料Ⅱ>

B.ベースライン手法

B.1.プロジェクトに適用する手法の名称と出典

B.2.手法の選択と適用理由

B.3.適用の仕方

B.4.ベースラインよりも人為的排出量が削減される理由

B.5.ベースライン手法に係るプロジェクトバウンダリー

< 添付資料 III >

Minutes of Meeting

Date: 18 December 2003/12/18
Place: Office Room of Director
Participant: Mr. NHEM SARAN, Director of DPWT
Mr. MOEUNG SOPAN, Deputy Manager
Mr. HENG LAY ORN, Governor of PPWM
Mr. Junji ANAI, Team Leader of JICA Study Team
Mr. Shinya KAWADA, member of CDM F/S Study Team
Mr. Heak PRING, Interpreter

1. The technology of CDM project will be transferred to two members in DPWT.
 - Mr. TEP Sambath
 - Mr. KHEM Sandap
2. They will continue to collect landfill gas and measure concentration of methane in landfill gas from 23rd January to the end of February and keep facility and equipment for gas capture safely.
Training for capture of landfill gas is carried out at certain time.
3. Participants to the seminar were decided as follows..

NO	Organization	Participant
1.	Ministry of Environment	4
2.	Department of Environment	2
3.	Ministry of Health	2
4.	Department of Health	2
5.	Department of Industry	2
6.	Municipality of Phnom Penh (MPP)	3
7.	Department of Public Work and Transport (DPWT)	4
8.	Phnom Penh Waste Management (PPWM)	4
9.	KHAN	7
10.	Royal University of Phnom Penh	5
11.	NGO	3 ~ 5
12.	Japanese participants including lecturers	10
	Total	48 ~ 50

4. Opening Address is conducted by Mr. NHEM SARAN, Director of DPWT.
5. Closing Address is conducted by Mr. CHEV Kim Heng, Vice Governor of Phnom Penh Municipality. .
6. CDM Team prepares a request letter for the company of Vice Governor of MPP to the seminar and submits it to Mr. NAK Tanavuth, Director of International Relations Department next week.

Guideline for Landfill Gas Monitoring
At Stung Mean Chey Disposal Site



December 2003

Feasibility Study Team of Clean Development Mechanism
Japan Waste Research Foundation

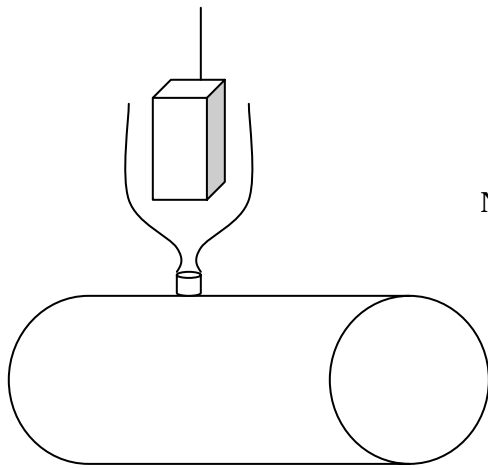
Manual for Landfill Gas Monitoring

< Items to be confirmed before leaving the office for the site >

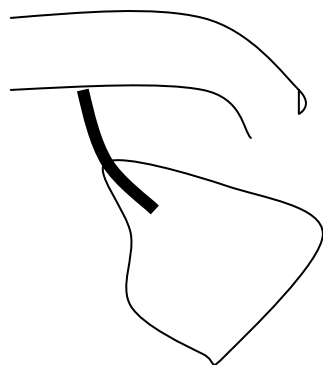
- 1 . Do you have necessary equipment?
- 2 . Do you have a long boot?
- 3 . Recording sheet?
- 4 . Ball-point Pen?
- 5 . Plastic Bag for landfill gas sampling?
- 6 . Spanner?
- 7 . Mask?
- 8 . Did you check batteries of all equipment?
- 9 . Lighter for combustion?
- 1 0 . A step or chair?
- 1 1 . Plastic tape?
- 1 2 . A cutter?

<Measurement of CO and H₂S by using the equipment XA- 9 2 6

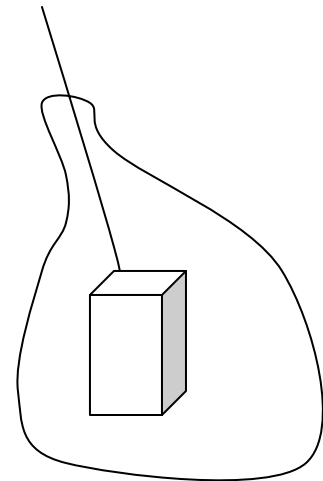
- 1 . Push the button of **on/off** one time
- 2 . Mark of “ ---“ appears. Wait until the mark changes into “ 0 “ or “ 0.0 ”, while calibration is carried out automatically. If possible, keep the equipment in the position of upstream of wind to get fresh air.
- 3 . After the marks of “CO , 0 “ and “H₂S, 0.0 “ appear, Push the button of **on/off** one time again.
- 4 . The mark of “**peak**” appears.
- 5 . Grasp the string of equipment and insert the equipment into the ventilation pipe slowly.
- 6 . Keep it in the pipe more than 20 seconds for measurement.
- 7 . When the concentration of gas exceeds certain level, alarm sounds like “pi, pi, pi” or “ piiiiiii”. But do not mind it.
- 8 . After 20 seconds, pull up the equipment slowly and determine the concentration. CO is shown by integral number and H₂S is shown by the first decimal place one after the other.
- 9 . “ **OL** “ means “Over Level” and shows that concentration exceeds the limit of measurement. Therefore, record “ **more than 30 ppm** “ when H₂S shows OL, and record “ **more than 300 ppm** “ in case of CO.
- 1 0 . In case of NO.1 and NO.2, equipment cannot be inserted in the ventilation pipe because the end of pipe is closed. In case of NO.1, you can use a pet bottle and in case of NO.2 plastic bag can be used. Take care that air cannot enter the plastic bag.



NO.1



NO.2



- 1 1 . After finishing measurement, push the button of **on/off** for a several seconds. The switch is off with the sound “ pi, pi, piiiiiii “
- 1 2 . Compare today’s concentration with the previous one. If the result is unusual, measure it once again
- 1 3 . The marks **— — —** show the consumption of electricity in battery. Change the battery when the number of these marks decrease. Hexagonal spanner can be used to open the battery box. Be careful not to lose the small tool, a hexagonal spanner.
- 1 4 . Sometimes lift the flexible hose connected to the ventilation pipe and make the water in the hose go into the gas header and then open the drain valve put under the gas header for a few minute. Water comes out.

<Measurement of temperature by using the equipment V-01-AN IV D

- 1 . First of all, Confirm that the gas from ventilation pipe is not burning. If it is burning, start the measurement after putting out the fire. Never open the hole for measurement while burning.
- 2 . Connect the attachment of tool for temperature to “**S-110 0185 TEMP**”
- 3 . Push the button of “ **TEMP**” at “**MODE SELECT**”.
- 4 . If you have another thermometer, you can carry out calibration. You can adjust the indicator by the button of “ **0 . ADJ**”
- 5 . There are two holes on the side of ventilation pipe. Take off a smaller cap and insert the

equipment after putting off the cap from the end of the equipment. Determine the temperature after the indicator is stable. Take care that air cannot go into the pipe through the small space between the equipment and hole.

6 . Push the button of “**OFF**” to switch off.

<Measurement of velocity by using the equipment V-01-AN IV D

1 . Push the button of “**VELO m/s**” at **MODE SELECT**.

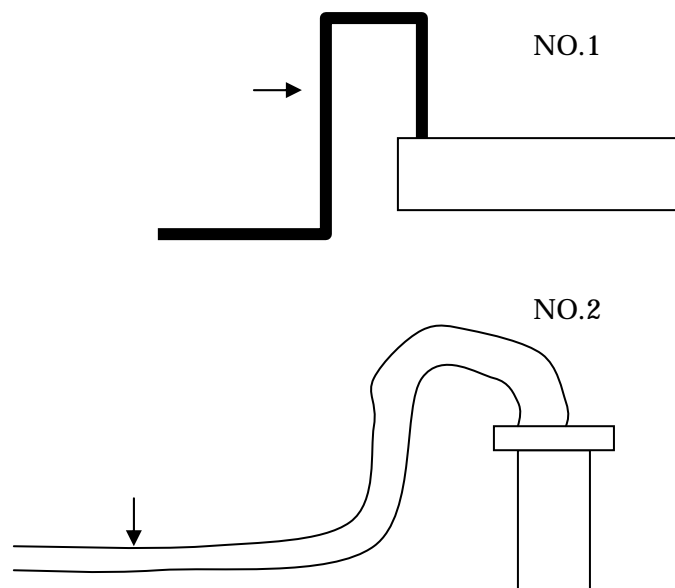
2 . You can carry out calibration with the cap put on the end of the equipment. Zero point adjustment can be done by the button of “**0 . ADJ**”

3 . In case of pipe with diameter 20cm, measurement of velocity should be conducted at two points shown in the picture on the recording sheet. After that, open the other bigger cap and measure velocity at two points. Average velocity can be calculated by four data. Since velocity at the central point of the pipe is highest, take care that you do not measure it and not overestimate the volume of landfill gas.

4 . Push the button of “**OFF**” to switch off.

5 . In case of NO.1 pipe, velocity is measured one time at the central point of the pipe because diameter of the pipe is only 4cm and small.

6 . In case of NO.2 pipe, velocity is measured one time at the central point of the pipe by inserting the hole on flexible hose because diameter of the hose is only 8cm..



<Measurement of humidity by using the equipment V-01-AN IV D

1 . Connect attachment at **PROBE “R.H”**

2 . Push the button of “**R.H %**” at **MODE ELECT**.

- 3 . Insert the end of equipment into bigger hole on the side of the ventilation pipe.
- 4 . Determine the value.
- 5 . Push the button of “**OFF**” to switch off.
- 6 . After finishing measurement, caps on the side of the ventilation pipe should be closed tight to prevent from being stolen.
- 7 . Regarding NO. 1 and NO.2 ventilation pipe, it can be measured in the same as the case of CO and H₂S.

<Measurement of methane by using the equipment XP-314>

- 1 . Set the dial at “**BATT.**” And confirm that the indicator comes to the right side of center of blue line.
- 2 . Set the dial at “**L**”. “L” means Low.
- 3 . Carry out calibration by the dial “**ZERO - ADJ**”
- 4 . Set the dial at “**H**”. “H” means High.
- 5 . Insert the end of equipment into a smaller hole for monitoring and determine the concentration of Methane after the indicator is stable. Take care that air cannot go into the pipe through the small space between the equipment and hole.
- 6 . When it is dark and hard to read the indicator, push the button of “**METER LIGHT**” to light up.
- 7 . After measuring, keep the equipment operating until the indicator comes near to zero point by drawing fresh air and then set the dial at “**OFF**”.
- 8 . When the concentration of methane gas is thin, you can determine easily the value by setting the dial at “**L**”.
- 9 . When the battery is not enough to measure gas concentration, you should change it to new one.

< Items to be done after measuring >

- 1 . Calculate average velocity of landfill gas.
- 2 . Calculate volume of landfill gas.
- 3 . Calculate amount of methane gas generated from the ventilation pipes.

22 January 2004

Proposal for Charcoal Production at Stung Mean Chey

Feasibility Study Team of CDM at Stung Mean Chey

Team member

Shinya Kawada

A. How to produce charcoal by the existing oil drum kiln

- 1 . Set the oil drum stable.



- 2 . Lay bricks. Since the objective of laying bricks is to prevent the heat from escaping outside, lay the bricks no space between them. A small hole is necessary to get air for combustion.



A hole for air



- 3 . After building of bricks, insert material of charcoal into oil dram. A step or a chair is available to do so.



- 4 . After filling with material of charcoal, cover the hole on the top with iron plate and insert a thermometer into a small hole on the iron plate. The thermometer should be supported by a brick 10cm above the top of the oil dram to avoid over-heating. There are two small lids on the oil dram. If they are made of aluminum, they would be melt and air could come easily into the dram. Therefore, filling cans with sand, cover two holes with them.



- 5 . Since the cable of thermometer is not strong for heating, it is better to be hanged up above the dram.



6 . Set other dram frame on the oil dram and fill it with sand to prevent air from going into the dram.



7 . Open the gas valve and ignite the landfill gas by using paper through air hole on the side of brick wall.

8 . Continue to burn the landfill gas until temperature reaches 350 and close the valve half.



9 . Continue burning until white smoke disappears. It may be 3-5hours. After white smoke disappears, open the valve completely.

10 . Again smoke comes out of the dram. Continue burning until the smoke disappears. It may be 4-6 hours. After smoke disappears, close the valve to extinguish fire. Keep the dram cooling for a day and take the dram outside of the brick wall. Take out charcoal from the dram.

- 1 1 . In case of no thermometer, just after ignition, close the valve to half position and continue burning until white smoke appears and disappears. It may be 4-6 hours. After white smoke disappears, open the valve fully and continue burning until smoke appears and disappears. It may be 4-6 hours. After smoke disappears, stop the burning completely.
- 1 2 . Charcoal can be made of wood, bamboo, coconut shell, sugarcane (cover and/or core), branch of coconut. If you cannot use it as charcoal, grind it into powder and produce briquette by mixing with clay, cassava flour, resin and water.

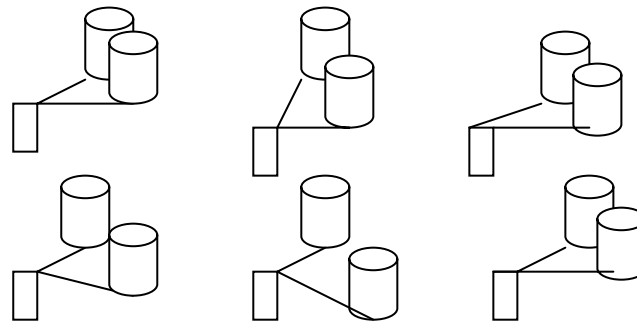


B. How to produce a lot of charcoal

You should construct 2 kilns for each ventilation pipes, totally 12 kilns.

1. Construction materials are as follows.

- Bricks
- Oil dram
- bended steel pipe
- 80mm flexible hose
- attachment of hose
- valve



2. Construction Cost

Approximately 600 US\$ per one kiln

3. How to manage

Every day charcoal can be produced from 6 oil drums if you use one dram of each pipe one day and other dram next day. In case that you procure good wood, you could get high quality charcoal and sell at a high price. However, when you use coconut shell and sugarcane, you had to grind them into powder and produce briquette. You may be able to order briquette production to NGO, Cambodia Fuel-wood Saving Project by providing charcoal of coconut and sugarcane.

Materials for charcoal production are as follows. Some of them can be obtained free of charge at the SMC disposal site.

- Wood
- Bamboo
- Cover of sugarcane
- Core of sugarcane
- Core of coconut
- Cover of coconut
- Tree of coconut
- Branch of coconut
- Core of corn
- Tree of cassava