

平成 21 年度 CDM/JI 実現可能性調査 報告書 概要版

調査名

「タイ・チョンブリ県・ラムチャバン廃棄物最終処分場における準好気処理 CDM 事業調査」

団体名

東急建設株式会社

調査実施体制

福岡大学（松藤教授）：廃棄物の準好気処理に関するアドバイス

カセサート大学（チャート准教授）：ガス分析および水質分析

Ch.Karnchang-Tokyu Construction Co.,Ltd.：機材等の手配、ガス収集補助、測量補助

1. プロジェクトの概要

タイ国チョンブリ県ラムチャバン市にあるラムチャバン処分場（約 6 ha）を対象サイトとする。同処分場はラムチャバン市が所有、管理しており、現在も運営中であるが一部埋め立てが完了し閉鎖されたエリアを有する。従来からオープンダンピング方式で埋め立てられているため、嫌気の状態であることは明らかであり、多くのメタンガス（CH₄）を放出していることが予想される。本プロジェクトでは、同処分場に通気と排水のための鉛直管と水平管を設置することで、嫌気の状態から準好気の状態に改善する。これにより、廃棄物の分解を促進するとともに、CH₄の発生を抑制する。本プロジェクトの実施により、2011 年～2016 年の 6 年間平均で 14,499t-CO₂/年の温室効果ガスの削減が見込まれる。プロジェクトはホスト国に設立する本事業に特化した SPC が実施し、2010 年末に工事を完了する予定である。

適用方法論

新規方法論を適用する。

2. 調査の内容

(1) 調査課題

- ① 埋め立てられている廃棄物量の推定と鉛直管および水平管の設計を行うために、プロジェクトサイトの測量を行う必要がある。
- ② 温室効果ガス削減量をより正確に予測するために、現時点で放出されているガスを分析する必要がある。
- ③ モニタリング項目を検討し、その実施体制を構築する必要がある。
- ④ タイの DNA である TGO（タイ温室効果ガス排出機構）およびプロジェクトサイトを所有・管理するラムチャバン市と協議をする必要がある。
- ⑤ 申請済み方法論が未承認のため、承認済み方法論も含めて適用性を検討する必要がある。

(2) 調査内容

1) 課題① プロジェクトサイトの測量

埋め立てられている廃棄物量の推定と鉛直管および水平管の設計を行うために、プロジェクトサイトの測量を行った。

測量結果より、プロジェクトサイトの対象区画の諸元を計算した。

- ・敷地面積 : 58,498m² (最大幅 : 200.0m、最大長さ : 319.1m)
- ・天端面積 : 39,380m² (最大幅 : 150.6m、最大長さ : 270.0m)
- ・最高高さ : 13.45m
- ・平均層厚 : 10.54m
- ・処分場体積 : 527,640m³

2) 課題② 現在放出されているガスの分析

温室効果ガス削減量をより正確に予測するために、現時点で排出されているガスを分析した。

ガスの採取は地表面から放出されているガスをチャンバー法で、ごく浅い地中(約 80cm)のところで発生しているガスをボーリングバー法で採取し、カセサート大学にて分析を行った。

分析結果から、放出されているガス内の CH₄ : CO₂ は平均するとほぼ 6:4 であることが分かった。また、今回計測した地点での CH₄ 排出量は最大で 13.16 (m^l/m²/sec)、平均で 1.58 (m^l/m²/sec) であることが分かった。

3) 課題③ モニタリング実施体制の構築

プロジェクトが実施されると定期的にモニタリングを行う必要がある。これに向けてモニタリング実施体制を構築する必要がある。

本事業調査では、現地ワーカーに指導しながらチャンバー法およびボーリングバー法でガスを採取した。採取したガスは、カセサート大学でメタン(CH₄)、二酸化炭素(CO₂)、酸素(O₂)の濃度を測定した。また、浸出水についても同大学で分析を行い、水素イオン濃度 (pH)、電気伝導度 (EC)、浮遊物質 (SS)、生物化学的酸素要求量 (BOD)、化学的酸素要求量 (COD)、全有機炭素量 (TOC)、ケルダール窒素量 (TKN)、アンモニア (NH₃) について計測を実施した。これらのことより、CDM プロジェクトに伴うモニタリングは現地機関のみで行えることを確認した。

4) 課題④ TGO およびラムチャバン市との協議

TGO およびラムチャバン市に対し本プロジェクトの説明を行い、以下のようなコメントを得た。

① TGO

- ・環境改善を伴う CDM 事業に期待している。
- ・タイ国の CDM 承認には最大 180 日、平均 100 日程度の日数を要している。
- ・本プロジェクトでどのくらいの利潤を見込んでいるのか知りたい。
- ・タイではオープンダンピングの処分場の悪臭と水質汚染対策の要求が増えている。

② ラムチャバン市

- ・現地での測量およびガス分析等の実施について再度了承する。
- ・FS 完了後に、FS の概要書と PDD の提出をお願いしたい。
- ・プロジェクトサイトの近隣より臭気に対するクレームがきている。対策できないか。

・欧州の企業よりメタンガスによる発電の CDM を実施したいという要望が来ているが本プロジェクトと比較するとどうなのかという問いに対し、同行した福岡大学松藤教授より、「メタンを回収するプロジェクトは事業に危険性が伴い、温室効果ガス回収以外の環境改善(水質、臭気)が図れない」という説明がなされた。これを受け、副市長より本 CDM は望ましい手法であると了解を得た。

5) 課題⑤ 方法論適用性の検討

嫌氣的廃棄物処分場を準好氣的破棄物処分場に改善するというプロジェクトに適用できる国連で承認された方法論は現在存在していない。このため準好氣改善に適用できる新方法論を国連 CDM ボードに申請し(NM0314)したが、2009 年 10 月に開催された方法論パネル(MP41)にて却下(C 判定)となった。

申請していた準好氣方法論に関して指摘された項目を再検討して再度準好氣改善のための新方法論を国連 CDM 方法論パネルに申請する。

3. CDM プロジェクト実施に向けた調査結果

(1) ベースラインシナリオ及びプロジェクトバウンダリーの設定

1) ベースラインシナリオの設定

検討は再度申請する新補法論の手順に沿って実施する。

Step1:プロジェクト代替案の同定

- ・考えられるシナリオの特定
- ・適用される法規制等の状況把握

Step2:適用除外される条件の検討および投資分析

- ・代替案実施を不可能とする条件の特定
- ・上記条件により除外される代替案の特定
- ・投資分析

Step3:適用可能なシナリオが2つ以上残った場合の選択

適用可能なベースラインシナリオの中で、最もベースライン排出量が少ないものをシナリオとして選択する。

この検討手順に従って、本プロジェクトに関するベースラインシナリオを検討する。

方法論が示している“考えられるシナリオ”の選択肢として、次の(a)~(d)のものがあげられている。

Step1:プロジェクト代替案の同定

- (a) CDMを適用しないで改善プロジェクトを実施
- (b) 温室効果ガスを回収あるいは燃焼をしないまたは、一部しか回収・燃焼をしない
- (c) エネルギー生成のために温室効果ガス回収と燃焼を実施、あるいはエネルギー生成しないが温室効果ガス回収と燃焼を実施
- (d) 処分場を再度掘削し廃棄物を処理

法規制については、廃棄物処分場から発生するガスに関して抑制・利用等の定めがないため、すべての代替案はタイ国の法規制を満足している。

Step2: 適用除外される条件の検討および投資分析

(a)のCDMを適用せずに改善プロジェクトを実施する場合、改善のための費用を全額拠出することになり、これがすべて回収不能の負債となること、(c) のガスを回収あるいは燃焼によるエネルギー生成あるいは、エネルギー使用しないが回収・燃焼を行う場合、エネルギー使用については現地での需要がほとんどないことや、配ガスの設備等がないことより事業実施に当たっての設備投資額が大きく、供給による収入も多くは見込めない。また、エネルギー生成せずに単に回収や燃焼する場合においては、設備投資分の回収が全くできない。(d)の廃棄物掘削・処理”も多大な掘削処分費用の発生および新たな処分にかかる費用の発生などがある。

このため、(a)、(c)および(d)の適用は実状で難しい。

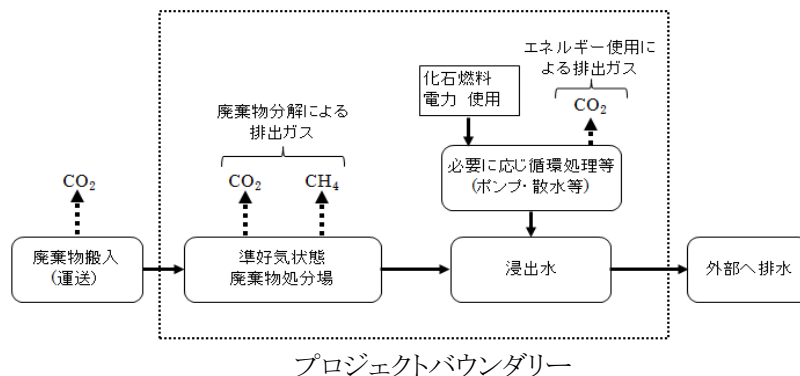
これらのことより、提案するプロジェクトがなかった場合に排出されているであろう温室効果ガスの排出量を合理的に表すベースラインシナリオとしては、(b)の温室効果ガスを回収あるいは燃焼させない(=現状のままとする)が同定される。

Step3: 適用可能なシナリオが2つ以上残った場合の選択

適用可能なベースラインシナリオは一つのため検討不要である。

2) プロジェクトバウンダリーの設定

プロジェクトとして現地廃棄物処分場を準好気改善する場合、現地条件は現状と変化しないことより、廃棄物処分場内で実施されるものが対象となる。バウンダリーを次に示す。



浸出水に対する処理は、抜気処理等の永久的な設備でなく、現地に散水処理するのみであることより、ほとんどエネルギーを消費しないため除外できる。

3) 適用方法論

既に申請していた準好気方法論で指摘された下記に示す項目を修正した上で、新方法論を再度提出する。

(a) 申請した準好気新方法論(NM0314)に関する主要指摘事項

嫌氣的廃棄物処分場を準好氣的破棄物処分場に改善するというプロジェクトに適用できる国連で承認された方法論は現在存在していない。このため準好気改善に適用できる新方法論を国連CDMボードに申請し(NM0314)したが、2009年10月に開催された方法論パネル(MP41)にて却下(C判定)となった。

①ベースライン排出量の把握が過大に見積もられる

ベースライン排出量の把握を、プロジェクト実施後に毎年測定される排出ガス量にプロジェクト実施前に測定したメタンガス比率を乗じて求める方法としたが、プロジェクト実施で水平および鉛直通気管を通じて外気が導入されるため全体のガス排出量が多くなり、この多くなったガス排出量にメタンガス比率を乗じるとベースライン排出量が多めに算定される。これは、CDMのクレジットを算定する上で不適切であるとされた。

これに関して、外気流入を防止するため水平管にキャップをした上で測定、また、排出されるガスのうち、メタンおよび二酸化炭素の量のみを対象とすること、を提案したが認められなかった。

②鉛直通気管の設置間隔を20m以内としなければ適切な改善効果が得られない

これに関しては、適切な設置間隔を定めた国家基準等が見当たらないため、米国陸軍の技術マニュアルを適用し7600m³当たり1本の鉛直通気管を配置することを提案したが認められなかった。ただし方法論パネルが示した20mという間隔に関しても確固たる論拠は見当たらない。

③排水を処分場内へ循環散水すれば、排水に含まれる有機成分が処分場内で分解されガスとして排出されることより、ベースライン設定時の元になるガス量が多めに測定される。

(b) 新方法論概要

上記事項を検討し、以下の点を修正して新方法論を定める。新方法論のフローは、既に承認されているAM0083を参考にして同様のものとしている。

a) ベースライン排出量算定

- ① 現地処分場の廃棄物をサンプリング調査し、FOD モデルを用いてメタンガス発生量 Q_c を計算する。
- ② 現地処分場でガス測定を行い、実際に排出されているガス量 Q_m を把握する。
- ③ ①、②で求めた結果より、比率 $R(Q_m/Q_c)$ を求める。(①の計算で求めた結果について実測値補正を行う)
- ④ ③で求めた R を①の値 Q_c に乗じてベースライン排出量とする。

上記の手順をとすることで、ベースライン把握はすべてプロジェクト実施前に行われることより、前回CDM パネルにより指摘されたベースライン排出量が多く算定されるという指摘はクリアされる。

これは、既に国連で承認されている AM0083 と同じ手法である。

また、上記①のため、BMP 試験を実施し、そのため、AM0083 と同様に、PJ 実施前に 1 回処分場 1ha 当たり 4 本ボーリングを行い、廃棄物をサンプリングして試験を実施して同時に分解可能な廃棄物量を把握する。

b) 鉛直通気管の打設ピッチ

米国陸軍のマニュアルを基本とし、7,646m³ に 1 本の通気管設置するものとし、今回の方法論の適用条件を廃棄物層厚 10m 以上のものとする制限をかける(この場合の最大ピッチは 28m)。

これにより、廃棄物層厚が薄い場合等に関する指摘は回避される。

更に、公的な基準を引用して打設ピッチは最大でも 40m 以内(下記②および③より)とすることを明記する。

c) 水平管設置による浸出水の処理

ベースライン排出量把握をa)で記述したように変更することで、プロジェクト実施後の状況はベースライン排出量把握に一切関係しないため、この指摘は回避されることより、プロジェクト実施後に発生する浸出水の処理は前回提出の方法論と同様、処分場内に散水処理する。

4) ベースライン排出量 (BE_y) 計算方法

ベースライン排出量の計算は、FOD モデルを用いて算出した結果と、現地測定結果とを比較して、ガス発生の低減率を求め、この低減率を FOD モデルによる計算結果に乗じて将来の各年の発生量を算出する。

$$BE_y = (MB_y - MD_{reg,y}) \quad (1)$$

ここで:

$$\begin{aligned} BE_y &= \text{年間のベースライン排出量 (t CO}_2\text{/yr)} \\ MB_y &= \text{プロジェクトがなかった場合の年間のメタンガス排出量 (t CO}_2\text{/yr)} \\ MD_{reg,y} &= \text{プロジェクトがなかった場合に破壊されるメタンガス量 (t CO}_2\text{/yr)} \end{aligned}$$

今回のプロジェクトでは、MD_{reg,y} は0である。

(a) プロジェクトが実施される前のベースライン排出量(MB_{y,ad}=MB_y)

$$MB_{y,ad} = \varphi \times (1 - f) \times GWP_{CH_4} \times (1 - OX) \times MCF_{adj} \times \sum_i A_{f,i} \times L_{o,i} \times e^{-k_{CH_4}(y-x)} \times (1 - e^{-k_{CH_4}}) \quad (2)$$

$$A_{f,i} = f_{dg,i} \times A_{T,i} \quad (3)$$

ここで:

$$\begin{aligned} \varphi &= \text{モデル適用に関する収集低減係数(=0.9)} \\ f &= \text{メタン捕獲あるいは燃焼割合(=0)} \\ GWP_{CH_4} &= \text{メタンの温暖化係数(=21) (t CO}_2\text{/t CH}_4\text{)} \\ OX &= \text{酸化係数(=0)} \\ MCF_{adj} &= \text{メタン修正係数(嫌気状態=1.0, 準好気状態=0.5)} \\ L_{o,i} &= \text{BMP 試験による廃棄物のメタン生成可能容量 (Mg CH}_4\text{/Mg Waste)} \\ k_{CH_4} &= \text{有機廃棄物の分解割合} \\ x &= \text{エアレーションの期間 (yr)} \\ i &= \text{処分場の区画 i} \\ A_{f,i} &= \text{処分場の区画 i に埋められている分解可能な廃棄物総量 (t)} \\ f_{dg,i} &= \text{処分場の区画 i にある分解可能な廃棄物の割合} \\ A_{T,i} &= \text{処分場の区画 i の廃棄物総量 (t)} \end{aligned}$$

(b) プロジェクト実施まえに行う事前排出量把握 (MB_{y,ea}=MB_y) : 初期 PDD 作成時

$$MB_{y,ea} = \varphi \times (1 - f) \times GWP \times (1 - OX) \times \frac{16}{12} \times F \times DOC_r \times MCF \times \sum_{x=1}^y \sum_j W_{j,x} \times DOC_j \times e^{-k_j(y-x)} \times (1 - e^{-k_j}) \quad (4)$$

ここで

ϕ	:モデル適用に関する収集低減係数(=0.9)
f	:メタン捕獲あるいは燃焼割合(=0)
GWP	:メタンの温暖化係数(=21)
OX	:酸化係数(=0)
F	:廃棄物処分場におけるメタン割合(=0.5)
DOC _f	:分解可能な有機炭素の割合
MCF	:メタン修正係数(嫌気状態=1.0, 準好気状態=0.5)
W _{j,x}	:ある年における処分場に廃棄された有機廃棄物タイプ jの量
DOC _j	:有機廃棄物タイプ jの分解可能な有機炭素の割合
k _j	:有機廃棄物タイプ jの分解割合(rate)
j	:廃棄物タイプ
x	:クレジット期間
y	:メタン排出量が計算される年

(2) プロジェクト排出量

1) プロジェクト排出量 (PE_y)

(a)プロジェクト実施時

a)排出量把握

排出量は次式で把握する。

$$PE_y = PE_{EC,y} + PE_{FC,j,y} + PE_{a,y} \quad (5)$$

ここで:

PE_y = プロジェクト実施時の年間の排出量(t CO₂/y)

$PE_{EC,y}$ = プロジェクト実施時に年間に消費する電力による排出量 (t CO₂/y)

$PE_{FC,j,y}$ = プロジェクト実施時に年間に消費する化石燃料 (t CO₂/y)

$PE_{a,y}$ = 準好気改善により廃棄物処分場から年間に排出される量 (t CO₂/y)

準好気改善では、電力、化石燃料は使用しないため、 $PE_{EC,y}$ および $PE_{FC,j,y}$ は発生しない。

b)準好気改善により廃棄物処分場から排出されるガス量 PE_{a,y}

プロジェクト実施後は、鉛直通気管および地表面を通じてメタンガスが排出されるため、プロジェクト排出量はこの2つについて測定を行い次式で算出する。式中、右辺第1項は鉛直通気管から排出されるガス量で、第2項は地表面から排出されるガス量である。

$$PE_{a,y} = \sum_k \sum_q (GWP_{CH4} \times MC_{CH4,v,k,q} \times SG_{v,k,q}) + \sum_i \sum_q (GWP_{CH4} \times MC_{CH4,s,i,q} \times SG_{s,i,q} \times CF) \quad (6)$$

$$SG_{v,k,q} = s \times N_{v,k,q} \times A_{v,k} \quad (7)$$

ここで

GWP_{CH_4}	=	メタンの温暖化係数(=21) (t CO ₂ /t CH ₄)
$MC_{CH_4,v,k,q}$	=	通気管 k からシーズン q 中に排出されるメタン濃度 (t CH ₄ /m ³)
$SG_{v,k,q}$	=	通気管 k からシーズン q 中に排出される排出量 (m ³ /q)
$MC_{CH_4,s,i,q}$	=	区画 i の地表面からシーズン q 中に排出されるメタン濃度 (t CH ₄ /m ³)
$SG_{s,i,q}$	=	区画 i の地表面からシーズン q 中に排出される排出量 (m ³)
k	=	通気管の本数
i	=	表面区画の数量
CF	=	表面からの排出量に関する補正係数 (=1.37)
s	=	シーズン q の期間の時間 (seconds)
$N_{v,k,q}$	=	シーズン q 中の通気管 k からのガス流速 (m ³ /m ² .s)
$A_{v,k}$	=	通気管 k の断面積 (m ²)

c)通気管からのガス排出量把握

全鉛直通気管に対して測定を行い、この測定結果を適用する。

d)地表面からのガス排出量把握

①モニタリング数

地表面からの排出量測定モニタリング数は、対象とする廃棄物処分場の面積を考慮して英国環境省が定める次式を適用して実施する。

$$n_c = 6 + 0.15\sqrt{A}$$

ここで、

n_c : サンプル数(モニタリング数)

A : 処分場の面積(m²)

②地表面からのメタン割合 $MC_{CH_4,s,i,q}$

測定した地表面からのメタンガス割合を次の式を用いて統計処理し、95%信頼区間のプラス側の値を用いる。

③表面排出量 $SG_{s,i,q}$

測定した地表面からのガスフラックスは次式を用いて統計処理し95%信頼区間のプラス側の値を採用し、対象面積および対象期間を乗じて対象期間中のガス排出量を算出する。

$$SG_{s,i,q} = FL_{s,i,q} \cdot s \cdot A_i \quad (8)$$

ここで:

$SG_{s,i,q}$ = 区画 i における地表面からの全排出量 (m³)

s = シーズン q の期間の時間 (seconds)

A_i = 区画 i の面積(m²)

$FL_{s,l,q}$ = 区画 i の地表面フラックス (m³/s m²)

$$\mu_{FLs,l,q} - t \cdot \frac{\sigma_{FLs,i,q}}{\sqrt{n_c}} \leq FL_{s,l,q} \leq \mu_{FLs,l,q} + t \cdot \frac{\sigma_{FLs,i,q}}{\sqrt{n_c}}$$

$\mu_{FLs,i,q}$ = 区画 i で測定される地表面からの実測ガス排出量の平均値(m³/s m²)

$$\mu_{FLs,i,q} = \frac{\sum_{c=1}^{n_c} FL_{s,i,c,q}}{n_c}$$

$FL_{s,i,c,q}$ = 区画 i で測定される地表面からの実測ガス排出量(m³/s m²)

n_c = モニタリング数

q = 測定時期(雨季・乾季の 2 回)

$\sigma_{FLs,i,q}$ = 区画 i で測定される地表面からの実測ガスフラックスの標準偏差(m³/s m²)

$$\sigma_{FLs,i,q} = \sqrt{\frac{\sum_{c=1}^{n_c} (FL_{s,i,c,q} - \mu_{FLs,i,q})^2}{n_c - 1}}$$

(b) プロジェクト実施前の事前排出量予測

プロジェクトを実施した場合に予測される排出量の算定は、(1) 4)のベースライン排出量をもとに推定する。

FOD モデルによる計算で適用したメタン割合は式中 $F \times MCF$ で表わされており、嫌気的狀態では 0.5 となっている。準好気ではこのメタン割合は低減されるため、ベースライン排出量の値に想定される低減値を乗じてプロジェクトを実施した時に予想されるメタンガス排出量を推定する。

一般的に、嫌気的狀態での CO₂ : CH₄ は 4 : 6 程度で、準好气的狀態では CO₂ : CH₄ は 8 : 2 程度に改善されることが報告されている。したがって、嫌気的狀態でメタンの占める割合を FOD モデルによる推定時の 0.5 とし、準好气的改善時のメタンの占める割合を 0.2 と考えると、準好气的狀態では、嫌気的狀態と比較してメタンガス発生量は 40% (改善後の 0.2 は、当初の 0.5 に対して 40%) となるため、ベースライン計算値に 0.4 を乗じて準好气的改善時の排出量とする。

2) リークージ排出量

プロジェクト実施によるリークージは発生しない。

(3) モニタリング計画

モニタリング方法は新規提出の新方法論によるものを適用する。

ガス排出量に関しては鉛直通気管および地表面について測定を行う。また、周辺環境状況把握として実施する廃棄物処分場からの浸出水の水質および周辺の臭気を測定する。

1) 通気管からの排出量:流速・濃度測定

全通気管(全部で54本)を対象とし、通気管からの排出量は、通気管内のガス流速と通気管断面積を用いて算出する。

2)地表面からの排出量測定：チャンバー法

測定数はイギリス環境省の基準に基づきサンプリング数を決めてチャンバー法を適用して行う。

3)ガス測定の間隔

ガス発生は外気条件に左右されることより、現地での特徴的な季節毎に測定することが不可欠である。現地は熱帯性の気候の属しており、季節としては雨季と乾季に大別されることより、この2つの季節で測定を実施する。

モニタリング項目一覧を下記に示す。

モニタリング項目および頻度

対象	パラメータ	単位	内容	データ源	測定方法	測定間隔	品質保証
ガス	MC _{CH₄,v,k,q}	ml/m ² ・sec	ベースライン掘削時の標準温度・圧力下での区画 i での地表面からのメタン排出量	現地測定	チャンバー法による測定結果から計算	ベースラインキャンペーン実施時	—
	A _i	m ²	区画 i の面積	現地測定	現地測量	プロジェクト開始前に1回	測定機器は国際的に認められた規準に沿って校正されたものを用いる。
	L ₀	Mg(メタン)/Mg(廃棄物)	廃棄物のメタン生成可能性	実験室での分析	BMP (Biochemical Methane Potential) 試験により、L ₀ 値を分析	P1開始時	BMPに関する文献に準じて実施。たとえば下記の文献 < http://www.scsengineers.com/Papers/Kelly_WM-Analytical_Tools_LF_Waste_Stability.pdf >
	f _{dg,i}	-	処分場の区画iにおける分解可能な廃棄物割合	現地測定	BMP試験実施時に採取する資料を用いて、分解可能なものと分解不可能のものを分類する	プロジェクト開始時に1回	—
	A _{T,i}	ton	処分場の区画iにおける廃棄物総量	現地測定	プロジェクト開始前に体積と重量を測定		これまでの廃棄物埋立履歴と比較
	FL _{sj,c,q}	m ³ /s・m ²	プロジェクト実施中の標準温度・圧力下での区画 i での地表面からのフラックス	現地測定	チャンバー法		測定機器は国際的に認められた規準に沿って校正されたものを用いる。
	MC _{CH₄,s,i,c,q}	tCH ₄ /m ³	雨季・乾季毎に区画 i での地表面排出に含まれるメタン割合	現地測定			—
	NG _{v,k,q}	m ³	プロジェクト実施中の標準温度・圧力下で鉛直通気管からの排出量	現地測定	流速計および濃度計による測定	ベースラインキャンペーン実施時および雨季・乾季の各季の真ん中で毎年実施	測定機器は国際的に認められた規準に沿って校正されたものを用いる。
	MC _{CH₄,v,k,q}	tCH ₄ /m ³	鉛直通気管からの排出に含まれるメタン割合	現地測定			同上
	T _s	°C	地表面排出時の温度	現地測定	流量計を用いて同時に温度と圧力を測定する		同上
	P _s	Pa	地表面排出時の圧力	現地測定			同上
	AF	%	法規制等によるメタン破壊要求	国・地方自治体	年度報告書による調査	年1回	—
	RATE ^{Compliance} _y	数値	処分場に関する法規制順守割合	自治体	自治体発行の年度報告書	年1回	—
水質	BOD, COD, TKN	mg/l	水質指標	処分場から採取した浸出水を実験室で分析	タイ国の排水基準の測定方法に準ずる方法	プロジェクト実施前1回、プロジェクト実施中(水質基準以下になるまで:1回/3ヶ月、それ以降年1回)	測定機器は国際的に認められた規準に沿って校正されたものを用いる。
	pH	-	水質指標				
	SS	mg/l	濁度				
	臭気	臭気指数	廃棄物処分場周辺の臭気				

(4) 温室効果ガス削減量（又は吸収量）

プロジェクトで削減される温室効果ガスは、廃棄物処分場から発生するメタンガスのみである。

単位(t・CO₂/y)

年		廃棄物埋立年							合計
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
2011	1	1,221	1,649	2,275	3,196	4,556	6,569	9,556	29,023
2012	2	926	1,221	1,649	2,275	3,196	4,556	6,569	20,393
2013	3	721	926	1,221	1,649	2,275	3,196	4,556	14,545
2014	4	577	721	926	1,221	1,649	2,275	3,196	10,567
2015	5		577	721	926	1,221	1,649	2,275	7,370
2016	6			577	721	926	1,221	1,649	5,095
2017	7				577	721	926	1,221	3,446
2018	8					577	721	926	2,225
2019	9						577	721	1,299
2020	10							577	577
プロジェクト実施中分 (2011～2016)		3,446	5,095	7,370	9,989	13,824	19,467	27,802	86,993
総計		3,446	5,095	7,370	10,567	15,123	21,692	31,248	94,541

表中、プロジェクト実施中分の欄は2011年～2016年までの6年間の排出量の合計。総計は、2011年～2020年までの10年間の合計を示す

(5) プロジェクト期間・クレジット獲得期間

1)プロジェクト期間・クレジット獲得期間

プロジェクト期間は現地処分場の準好気改善にプロジェクトにかかる設備設置を始める時からクレジット獲得終了期間までとする。

クレジット獲得期間は、プロジェクト実施により毎年クレジットが獲得されるものの、クレジット量が少量になった場合、モニタリング実施等に要する費用の方がクレジット収入より上回るかあるいは7年間のどちらか短い方の期間をクレジット獲得期間として採用する。本プロジェクトでは6年間とする。

プロジェクト開始日は、現地処分場の準好気改善にプロジェクトにかかる設備設置を始める2010年10月、クレジット獲得は施工が終了する2011年1月からとする。開始日としての妥当性は、CDMとしての申請および承認獲得までの必要期間およそ半年程度を考慮すると、2010年10月頃が妥当であると考ええる。

2)CDM化に関する整備状況

CDM化に関する調査は、今回の報告書で調査した現地状況および現地調査によるガス排出量測定結果などが採用できる。しかし今回の調査内容のみでは、現地廃棄物処分場内の廃棄物に関するメタンガス生成可能性調査(BMP試験:Biochemical methane potential Test)が不足しているため、この点については、事業実施前に追加調査が必要である。

(6) 環境影響・その他の間接影響

本プロジェクトは、埋立てを終了した廃棄物処分場において、鉛直・水平の通気管を設置するのみであることから、新たに環境影響評価の手続きをする必要はない。プロジェクトの実施においては、鉛直・水平管の設置に伴う打設機械の排ガス、騒音、また資材搬入に伴う工事車両の排ガス、騒音の発生が考えられるが、これらはタイの法律を順守して施工することにより、環境へ

の影響は極めて限定的である。

また、プロジェクトの実施により、処分場からのメタンガスの削減、浸出水・臭気の改善、廃棄物盛土の安定化等が図られるため、周辺環境に対する改善が可能となる。

以上より、本プロジェクトにおける環境影響はないと考える。

その他の間接影響については、経済面、社会面についての影響を検討したが、本プロジェクトが悪影響を与えることはないと考える。

(7) 利害関係者のコメント

現地調査にて、TGO（タイ温室効果ガス管理機構）、天然資源環境省、ラムチャバン市、カセサート大学を訪問し、以下のコメントを得た。

1) TGO（タイ温室効果ガス管理機構）

- ・環境改善を伴う CDM 事業に期待している。
- ・タイ国の CDM 承認には最大 180 日、平均 100 日程度の日数を要している。
- ・ドキュメントのチェックは 20 日間で行うので早めの提出が望ましい。
- ・本プロジェクトでどのくらいの利潤を見込んでいるのか知りたい。
- ・タイではオープンダンプ方式の処分場における、悪臭と水質汚染対策の要求が増えている。

2) 天然資源環境省

- ・Win & Win となるコベネフィット CDM を歓迎する。
- ・タイでは覆土を行っていないオープンダンプ方式の小規模な最終処分場が多く、近隣からのクレームが増えてきている。
- ・タイでは水質汚染を考慮していない処分場が多く、CDM 手法を利用して環境改善を行ってほしい。

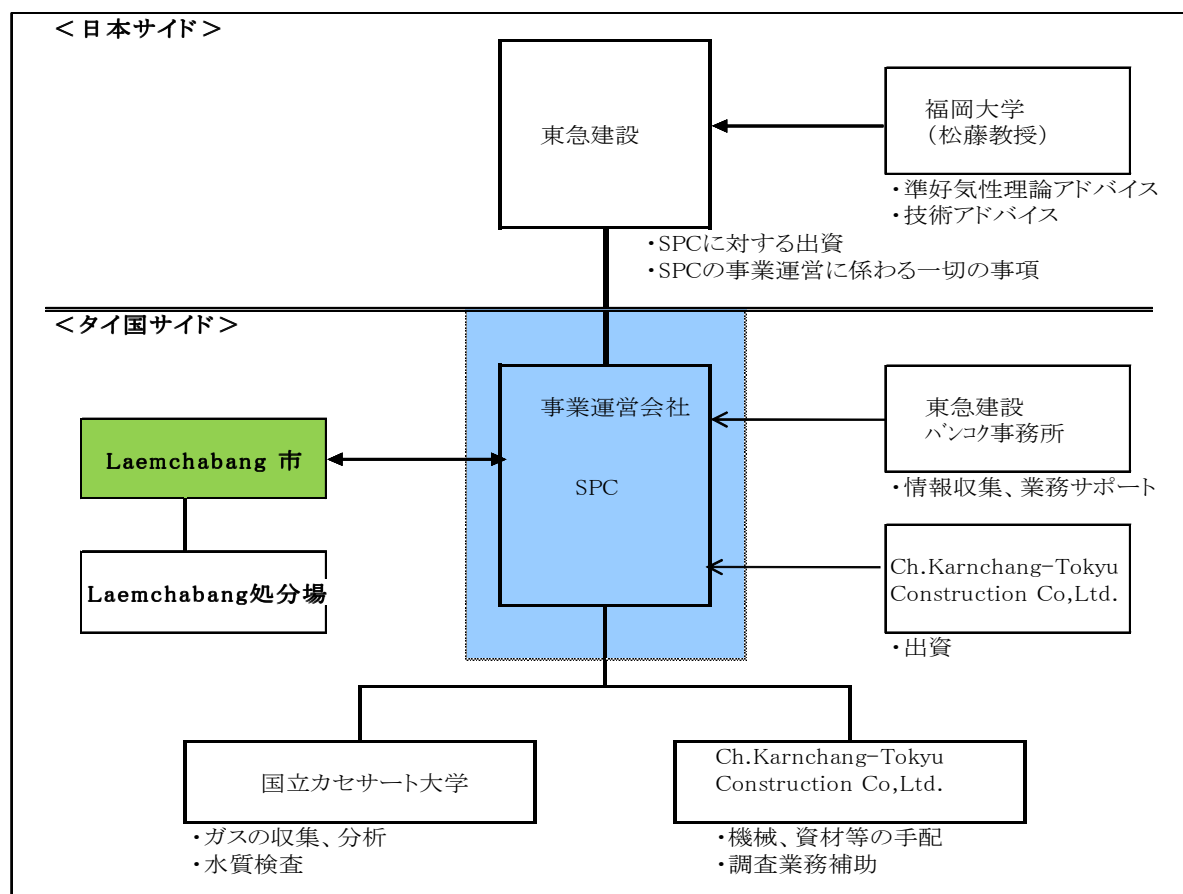
3) カセサート大学

- ・処分場におけるガス分析と水質分析はカセサート大学で可能である。
- ・本 CDM の新方法論で必要となる BMP 試験は、機材を揃えれば実施可能である。

4) ラムチャバン市

- ・現地での測量およびガス分析等の実施について再度了承する。
- ・FS 完了後に、FS の概要書と PDD の提出をお願いしたい。
- ・プロジェクトサイトは住宅地まで約 1 km と近い。近隣住民より臭気に対するクレームがきている。対策できないか。
- ・欧州の企業よりメタンガスによる発電の CDM を実施したいという要望が来ているが本プロジェクトと比較するとどうなのかという問いに対し、同行した福岡大学松藤教授より、「メタンを回収するプロジェクトは事業に危険性が伴い、温室効果ガス回収以外の環境改善(水質、臭気)が図れない」という説明がなされた。これを受け、副市長より本 CDM は望ましい手法であると了解を得た。

(8) プロジェクトの実施体制



(9) 資金計画

本プロジェクトに使用される申請中の新方法論によるプロジェクト実績がないことを考慮すると、第三者からの資金調達は困難と思われる。よって、今回のケースでは事業提案者が初期投資額 68 百万円、当面の運転資金 12 百万円、資本金 10 百万円の合計 90 百万円を調達する予定である。

経済性分析のケース別事業収支試算で述べたケース③における年度毎のキャッシュフローは以下のとおりである。

(単位：百万円)

年度	収入	設備投資	経費・利息等	法人税等	差引残高
2010	90	▲67	▲1	0	22
2011	52	0	▲8	▲9	57
2012	37	0	▲8	▲5	81
2013	26	0	▲8	▲2	97
2014	19	0	▲7	▲0	109
2015	13	0	▲7	0	115
2016	9	0	▲7	0	117

(10) 経済性分析

本事業における収益は CER の売却収入のみであるため、事業の経済性は CER の単価に大きく左右される。今回対象としているラムチャバン廃棄物最終処分場においては、初期投資額、経費等を現状のままと仮定した場合、事業化するには CER 単価が 1,800 円/t-CO₂ 前後である必要がある。

ケース別事業収支試算表

(単位：百万円)

CER 単価	削減量 ton (CO ₂ 換算)	収入	初期 投資	経費・ 支払利息	税引前 利益	税引後 利益	IRR (%)
①@1,200	86,933	104	68	44	▲9	▲15	▲11.1
②@1,500	86,933	130	68	44	18	5	3.7
③@1,800	86,933	156	68	44	42	25	15.4

(11) 追加性の証明

検証にあたっては CDM 理事会による“追加性の評価と証明のためのツール(Tool for the demonstration and assessment of additionality)”の最新版を用いる。

Step1: プロジェクトの代替手段の同定

Step2: 投資分析または、Step3: 障害分析

Step4: 一般的慣行分析

本プロジェクトでは、クレジット収入が期待できない場合、準好気改善に要する投資費用回収が見込めないことより、CDMを適用することを前提として検討を行った。

Step1のプロジェクトの代替手段の同定として、代替案の検討および法規制との整合性について検討を行う。代替案としては、

(a) CDMを適用しないで改善プロジェクトを実施

(b) 温室効果ガスを回収あるいは燃焼をしないまたは、一部しか回収・燃焼をしない

(c) エネルギー生成のために温室効果ガス回収と燃焼を実施、あるいはエネルギー生成しないが温室効果ガス回収と燃焼を実施

(d) 処分場を再度掘削し廃棄物を処理

が考えられる。

廃棄物処分場から発生するガスに関して抑制・利用等の定めがないため、すべての代替案はタイ国の法規制を満足している。

Step3の障壁分析として、プロジェクト活動の実施を妨げる障壁が存在し、かつ、少なくとも一つの代替

案の実施は妨げない、ことについて検討を行う。

提案したCDMプロジェクトの実施に対する投資的障壁および技術的障壁に関し、投資障壁では、本プロジェクトによる改善は、現在処分場から発生しているメタンガスを、準好気に改善することでメタンガスの発生量そのものを低減するものであることより、改善から、電力等、資金回収となるべきものが得られないため事業収入は見込めない。このため、クレジット売却収入によりはじめて経済的に実行可能なプロジェクトとなり得る。また、ランドフィルガス回収によるガス配給については、回収設備および配ガス設備の設置および運営に多額の費用が必要となるとともに、周辺地域におけるガス需要も見込めないこと、発電実施においても回収・発電・送電設備に多額の費用を要するとともに近隣にも需要が見込めない。さらに、処分場を再度掘削し再処理を行うには多額の費用を要するとともに改善による資金回収も見込めない。以上のことより、明らかに投資障壁が存在する。

次に技術障壁に関しては、廃棄物処分場から排出されるガスを「ガス供給」あるいは「発電」に適する量および濃度でかつ安定的に供給することは非常に難しい問題である。分解可能な有機炭素を含む廃棄物が大量にかつ継続的に供給される処分場であれば、ガスの安定回収の可能性は高くなるが、既に閉鎖された処分場では廃棄物の新規供給がないことより、この問題を解決することは難しく、技術的障壁が存在する。

同定した障壁が最低一つの代替シナリオの実現の障壁とならないことに関して検討すると、上記の結果から、Step1の(1)、(3)および(4)のシナリオには障壁が存在する。一方、(2)の現状維持を前提としたシナリオに関しては、実施を妨げることはないことが分かる。

また一般的慣行分析として、プロジェクトタイプ(技術または運用)が既に関係セクターや地域に普及しているかどうかを検討した場合、タイ国内では、廃棄物処分場はほとんどがオープンダンピングで実施され嫌気の状態にあり、廃棄物を準好気の状態にして埋め立てる方法はほとんど普及していないのが実情である。準好気状態の廃棄物処分場を設置する場合には、事前に水平および鉛直の通気管等を設置しなければならないことより、現在実施されているオープンダンピングによる埋立て処分と比較してコストが高くなるため、一般的には採用されていない。また、埋立て終了後の処分場を準好気に改善することも多額の費用を要し経済的メリットが得られないため実施されていない。

今後も廃棄物処分場は現状のままオープンダンピングによる嫌气的埋立てが継続されるものと思われ、準好気に改善する投資額を回収できる収入源がない限り、準好気状態での埋立てあるいは既存廃棄物処分場の準好気への改善を行うことは難しい。

これらの事より、本プロジェクトと類似のものが実施される見込みはなく、CDM プロジェクトとして登録されることが本プロジェクトの実施に不可欠であるため、本プロジェクトには追加性があると判断できる。

(12) 事業化の見込み

経済性分析で述べた、①方法論における通気管の打設ピッチ、②クレジット価額の動向の2点が事業性を確保できるかどうかのポイントとなる。現時点での試算では、CER の売却単価が@1,800 円/t-CO₂ 前後であれば、事業化できる見込みである。

4. コベネフィットに関する調査結果

(1) ホスト国における環境汚染対策等効果の評価

本プロジェクトでは、嫌気の状態にある処分場に、通気と排水を促進させる鉛直管と水平管を設置することによって準好気の状態に改善し、有機物の好氣的分解を促進させて、メタンガス（温室効果ガス）の削減を目的としている。この方法により、廃棄物の安定化が促進されるため、浸出水の良質化や臭気の改善等も実現でき、ホスト国の環境改善のニーズに貢献することができる。

コベネフィット定量評価マニュアルによると、本プロジェクトにおけるコベネフィットは、「環境保全」、「環境汚染防止」に分類され、対象となる具体的コベネフィット分野は、「廃棄物管理」であり、実施されるプロジェクトの段階は「廃棄物の適正処理の実施」である。

コベネフィットの評価指標としては、浸出水の水質と臭気とし、浸出水の水質については、実際の浸出水の水質汚濁の状況を 9 項目について調査し、タイ国の排水基準と比較した。その結果、浸出水の評価指標は、タイ国で排水基準が設定されている項目として、pH、SS、BOD、COD、TKN、水温を選択した。

したがって、本プロジェクトのコベネフィット型温暖化対策の評価手法は、実測データを活用することから、評価手法レベル Tier2 に相当する。また、評価指標のレベルは、測定機器によるデータ取得が簡便に行えることから、レベル 2 に相当する。

本プロジェクトにおけるコベネフィット評価の「ベースラインシナリオ」は、プロジェクト実施前の測定値を用いることとする。

(2) コベネフィット指標の提案

本プロジェクトで提案するコベネフィット指標、モニタリング方法および頻度を下表に示す。

評価指標	指標の説明	指標の使い方	モニタリング方法	頻度
水素イオン濃度 (pH)	微生物活性の支配因子	排水基準との関係进行评估する	タイ国の排水基準の測定方法に準ずる方法	プロジェクト実施前：1回 プロジェクト実施中：排水基準以下になるまで1回/3ヶ月、それ以降1回/年
浮遊物質濃度 (SS)	不溶解物質の濃度	SS 濃度の低減量から濁度の低減効果进行评估する		
生物化学的酸素要求量 (BOD)	生物分解が可能な有機物量	BOD 濃度の低減量から水質汚濁の低減効果进行评估する		
化学的酸素要求量 (COD)	化学的に分解可能な有機物量	COD 濃度の低減量から水質汚濁の低減効果进行评估する		
ケルダール窒素量 (TKN)	有機態窒素とアンモニア態窒素	TKN の低減量から廃棄物の分解程度进行评估する		
水温	浸出水の水温	埋立て廃棄物層内部の分解反応の程度进行评估する		
臭気	廃棄物から発生する悪臭	臭気指数の変化から悪臭抑制効果进行评估する	三点比較式臭袋法あるいはその簡易法	プロジェクト実施前：1回 プロジェクト実施中：臭気指数 10 以下になるまで1回/6ヶ月、それ以降1回/年

5. 持続可能な開発への貢献に関する調査結果

なし