

CDM/JI事業調査及び温暖化対策クリーン開発メカニズム事業調査 概要
ベトナムにおける都市廃棄物からのメタン回収による発電事業調査

新日鉱テクノロジー株式会社

(1)プロジェクト実施に係る基礎的要素

提案プロジェクトの概要と企画立案の背景

ホーチミン市は以前サイゴン市と呼ばれ、ベトナムで最も大きい都市であり、最も大きい港湾を有し、商工業の中心地である。ホーチミン市の主な経済活動はサービス業と工業である。サービス部門は2005年にGDPの53.1%、2010年には54%を占め、工業と建設は2005年に45.7%、2010年に45.3%を占めると予測されている。2003年の統計によると、ホーチミン市には13箇所の工場団地（輸出基地3箇所と、ハイテクパーク1箇所を有している）に2万の企業が活動している。更にホーチミン市には5,547,900人（2002年）の居住者と数千の病院、個人クリニック、医療センターがある。これらの施設から2003年には毎日4,500~5,000トンの都市廃棄物、1,000~1,100トンの建設廃材、1,000トンの産業廃棄物（この内200トンは有害廃棄物、7~9トンは医療廃棄物）を排出している。今後、排出量は毎年10~15%増加し、2010年には家庭からのごみは1.0kg/人・日、合計6,324トン/日になると予測されている。

ホーチミン市では増え続ける廃棄物を郊外に埋立処分しているが、1箇所の埋立処分場の規模は約10年で満杯となり、次々に処分場を建設して対応している。埋立を終了した処分場は特別な対応をしていないため、地中で有機物が分解してメタンガス（LFG）を生成するが、特別な規制等がないためそのまま大気に放出し、温室効果の要因の1つとなっている。

本プロジェクトはホーチミン市北部のホックモン地区にあるドンタン廃棄物処分場から発生するLFG（主成分はメタンガスと炭酸ガス）を回収し、これを利用して発電するものである。ドンタン廃棄物埋立処分場は3つの区画（コンパートメント）に分かれている。区画-1は操業当初、都市廃棄物の埋立場所でも最も廃棄物の埋立量が多く、LFGの回収に最適である。ドンタン廃棄物埋立処分場は2002年に都市廃棄物の埋立を止め、現在は建設廃棄物だけの埋立処分場となっている。

本プロジェクトでは、区画-1の比較的新しい地表より上部の埋立部分を対象にLFG回収井戸を設置し、ブローでLFGを吸引し回収する。回収したLFGを利用してガスエンジンを稼働させ発電する。発電した電力は付近の配線に接続してグリッドに電力を供給する。ガスエンジンで利用されない余剰LFGはフレアスタックにより燃焼処理される。

なお、プロジェクト期間はLFG発生量を基に2007年より2016年までの10年間を予定している。

ホスト国の概要

1) 一般的事項

国名 : ベトナム社会主義共和国 (英文名 : Socialist Republic of Viet Nam)

人口 : 7,971 万人 (2002 年)

人口増加率 : 1.31% (2002 年)

面積 : 32 万 9,241km² (日本の 0.88 倍)

人口密度 : 227 人 / km²

首都 : ハノイ (人口 284 万 1,700 人 (2002 年 6 月))

言語 : ベトナム語、他に 4 種の山岳民族語

宗教 : 仏教 80%、カトリック、カオダイ教他

民族 : キン (Kinh) 族が人口の約 9 割を占め、ほか山岳部を中心に 60 種の少数民族

歴史 : 千年を超える中国支配を経験した中国文化圏最南端の国

1976年 南北統一 (社会主義共和国)

ホスト国の CDM/JI の受入のクライテリアや DNA の設置状況など、CDM/JI に関する政策・状況

ベトナムは 1994 年 11 月 16 日に気候変動に関する国際連合枠組条約 (UNFCCC)、2002 年 9 月 25 日に京都議定書 (KP) を批准した。天然資源環境省 (MONRE) は UNFCCC と KP を担当し、国の中心実施機関としてベトナム政府から指定された。MONRE の国際協力部は 2003 年 3 月にベトナムの CDM の政府機関 (CAN) として指名された。これは CDM に関するベトナムの担当政府機関 (DAN) の役割を担う。

政府 CDM 実行諮問委員会 (CNECB) が 2003 年 4 月に発足し、MONRE の国際協力部の部長が議長に就任した。CNECB は 10 の部門から 12 人が委員となっている。

ベトナム政府は地球温暖化による自国への影響をよく認識しており、国際協力も含めて温暖化対策の問題に取り組んでいる。具体的には

(a) 気候の変動の大きな地域、水没の可能性がある地域における生産性持続のための技術的検討

(b) 海岸の生態系や、多様な生物の保護に関する検討

(c) 海面に関する研究

(d) 国民の環境に対する意識高揚

(e) 気象変動及び海面上昇に対する対策を促進するため現在の組織機構を改革

(f) 国際レベル、特に東南アジア諸国との協力関係の促進

などである。

また、温室効果ガスの排出削減対策としてエネルギー関係 15 項目、農業関係 3 項目、土地利用の変更と森林関係 3 項目について検討を行っている。

調査の実施体制（国内・ホスト国・その他）

（国内の体制）

新日鉱テクノリサーチ：一般調査、経済性評価、GHG 排出検討、ベースライン、
モニタリング検討、関係者ヒアリング、環境影響調査等

（株）ジャパンエナジー：資金計画

関西設計（株）：実施サイト現地調査、設備設計、建設費積算等

みずほ総合研究所（株）：PDD の作成

（ホスト国）

ホーチミン市天然資源・環境部：現地一般事項調査・諸法制度調査支援、
関係者ヒアリング他現地各種調査支援

バンラン大学環境技術センター：廃棄物及び LFG の分析及び解析

ホーチミン市環境会社：プロジェクト遂行のカウンターパート
CDM プロジェクト支援

(2)プロジェクトの立案

プロジェクトの具体的な内容

本プロジェクトは、温室効果ガスの排出量を削減することを目的として、ベトナム国ホーチミン市のドンタン廃棄物埋立処分場から発生する LFG（主成分はメタンガスと炭酸ガス）を回収し、LFG 中のメタンを燃料にガスエンジン発電機で発電を行い、電力を地元の電力グリッドに供給するものである。なお、ガスエンジンで利用できない余剰の LFG はフレアスタックで燃焼させる。

1) LFG 回収・前処理設備

LFG 回収対象エリアの有効面積は 20.88ha である。対象とする廃棄物は GL から上の部分の 23m までの部分で、ここに合計 28 本の井戸を設置し LFG を回収する。井戸設置間隔は井戸どうしの干渉を十分に考慮し、また効率的に LFG を回収できるように井戸設置間隔は 50m ピッチで設置する。なお、採取管の埋込深さは処分場の上部から深さ 20m までとする。また、1 本の井戸当たりの埋立地面積は平均約 0.25ha となる。各採取管から採取した LFG は接続した収集管により回収し、脱水器で水分を除去した後、LFG 回収ブローで吸引し、ガスエンジン発電機に送る。

2) 発電設備及び電力供給設備

発電システムは発電効率や投資効率等を考慮してガスエンジン発電機を採用する。発電機容量 200kW を 2 基設置し、5 年間はフル稼働、LFG 発生量の低下に伴い 6 年以降は部分負荷運転となる。LFG に含まれるシロキサン成分を活性炭により吸着除去する。発電した電力(380V)は、低压配電盤を介し、既設送電線設備に接続し送電する。

3) 余剰ガス燃焼設備

発電設備が停止している場合や LFG が余剰の場合はフレアーにより燃焼処理される。

プロジェクト境界・ベースラインの設定・追加性の立証

1) プロジェクト境界

本プロジェクトの境界はドンタン廃棄物埋立処分場の敷地境界と電力をグリッドに供給することからグリッドが対象となる。

2) ベースラインの設定

提案されているプロジェクトに対する代替案として下記の3つのシナリオを考える。

シナリオ1：現況がそのまま継続され、埋立地において LFG は回収されずに大気中に放出されたままの状態。

シナリオ2：LFG を回収し、フレア燃焼する。

シナリオ3：LFG を回収・発電し、発電電力を地元の電力グリッドに供給する。また、余剰のメタンについてはフレア燃焼させる。(CDM なしのプロジェクトシナリオ)

プロジェクトシナリオに対するベースラインシナリオとして、上記シナリオ1～3をリストアップした。すべてのシナリオが現在のベトナムの法制度のもとで起こり得ることを確認したうえで、投資分析およびバリア分析を行った。その結果、事業の経済性やホスト国の状況に鑑みて、シナリオ2、3はベースラインシナリオになり得ず、シナリオ1の現状維持の状態がベースラインシナリオとなる。

3) 追加性の立証

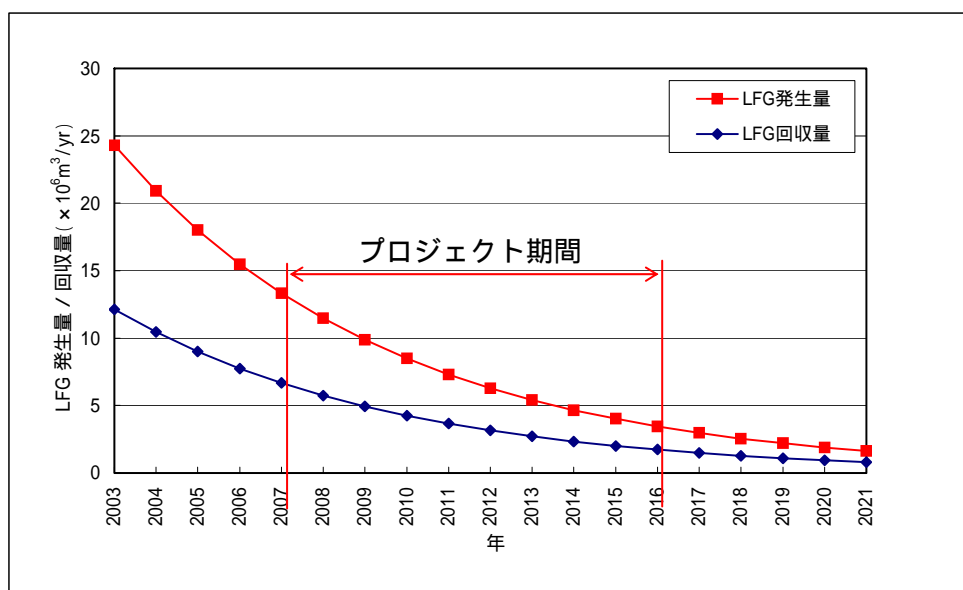
また、本プロジェクトであるシナリオ3は、CDM プロジェクトとして登録されることによって、つまり CER の売却益があって初めて実現化するという意味で、追加的であると言える。

プロジェクト実施による GHG 削減量及びリーケージ

ドンタン廃棄物埋立処分場の区画-1 の LFG 発生量・回収量算定条件を以下に示す。

項目	記号	単位	入力値
年間廃棄物投入量	R	t/年	550,000
メタン生成定数	k	/年	0.15
メタン発生ポテンシャル	Lo	m ³ /t	99
対象とする廃棄物の埋立開始年	-	年	2001
対象とする廃棄物の埋立終了年	-	年	2002
LFG 中のメタンの割合	F	%	50
回収効率	-	%	50
LFG 精度	-	%	-20

以上の条件で算定した LFG 発生量・回収量を以下に示す。



LFGの発電利用及びフレアー燃焼によるCO₂削減量は

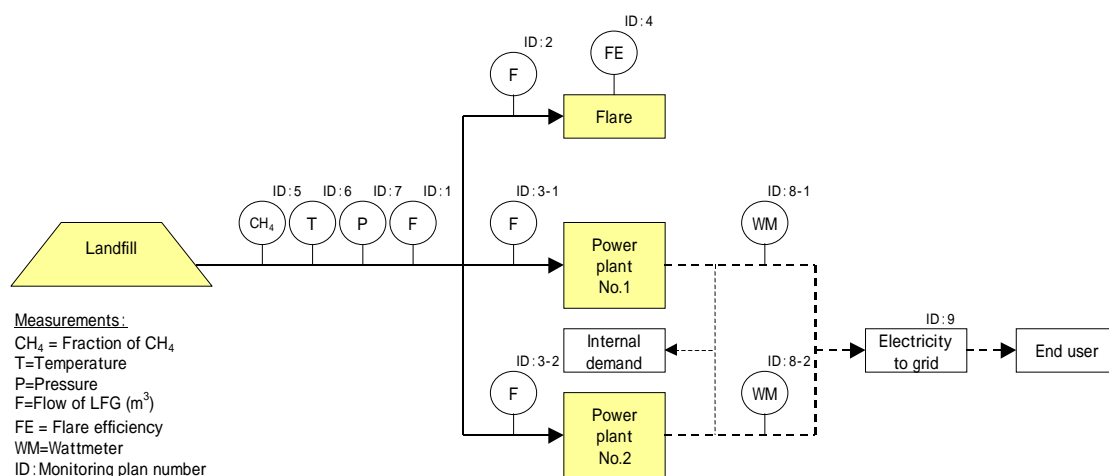
年	正味 LFG 発生量	発電利用 LFG 量	フレア LFG 量	メタン回収 量	CO ₂ 削減量
	m ³	m ³	m ³	tCH ₄	tCO ₂
2007	5,305,608	2,123,820	3,181,788	1,655	34,761
2008	4,565,088	2,123,820	2,441,268	1,427	29,968
2009	3,929,112	2,123,820	1,805,292	1,231	25,853
2010	3,380,256	2,123,820	1,256,436	1,062	22,301
2011	2,909,808	2,123,820	785,988	917	19,256
2012	2,509,056	2,038,867	470,189	793	16,646
2013	2,160,576	1,950,768	209,808	684	14,373
2014	1,855,656	1,675,458	180,198	588	12,344
2015	1,594,296	1,439,478	154,818	505	10,606
2016	1,376,496	1,242,828	133,668	436	9,157
合計	29,585,952	18,966,499	10,619,453	9,298	195,263

発電した電力を系統電源へ供給した場合に削減されるCO₂排出量及び合計削減量は

年	年間売電量	系統電源の 炭素排出係数	系統電源で削減 されるCO ₂ 排出量	削減される CO ₂ 合計
	EG _y	CEF _{electricity,y}	EG _y * CEF _{electricity,y}	
	kWh	kgCO ₂ /kWh	tCO ₂ 相当	tCO ₂
2007	2,663,270	0.391	1,042	35,802
2008	2,663,270	0.391	1,042	31,010
2009	2,663,270	0.391	1,042	26,894
2010	2,663,270	0.391	1,042	23,342
2011	2,663,270	0.391	1,042	20,298
2012	2,556,739	0.391	1,000	17,645
2013	2,447,249	0.391	957	15,330
2014	2,101,024	0.391	822	13,166
2015	1,805,105	0.391	706	11,312
2016	1,559,493	0.391	610	9,767
合計	23,785,963		9,302	204,565

モニタリング計画

本プロジェクトのモニタリング計画は UNFCCC の CDM 理事会によって承認、登録されている ACM0001 Approved Consolidated Baseline Methodology(LFG プロジェクト活動の統合化ベースライン方法論)に基づいて行う。ただし、本プロジェクトでは熱エネルギーの利用がないため、熱エネルギーの利用の部分は含まない。本プロジェクトのモニタリング計画(モニタリング項目等)を以下に示す。



環境影響/その他の間接影響（植林の場合、リスク調査結果も含む）

1) 環境的恩恵

- (a) LFG 回収の際、浸出水も同時に回収する。したがって、排水中に有害物質が取り込まれる量も減るため、水質改善が見込まれ、周辺住民の健康増進に貢献する。
- (b) LFG 回収により臭気の問題を軽減することができる。
- (c) 埋立地周辺の自然発火や爆発の危険性を削減できる。
- (d) 埋立処分場で有価物を漁るスカベンジャーと呼ばれる人々（2万人超）の健康被害のリスクが減少する。

2) 経済・社会的恩恵

- (a) プロジェクト・サイトであるドンタン廃棄物埋立処分場に導入される施設の管理運営等に関係した雇用増加が見込まれる。
- (b) プロジェクト実施により、潤滑油や副資材等の需要が発生し、経済面で寄与する。
- (c) 電力需給が逼迫している同市における電力供給に貢献する。

3) 技術移転効果

- (a) 現在、ベトナムの廃棄物埋立処分場では、メタン回収技術、フレア燃焼、及び LFG を利用した発電技術はほとんど導入されていない。本プロジェクトの実施にあたって現地関係者に施されるオペレーター教育を通して、それらの運転・管理技術、設備保全技術等が本プロジェクトのサイトであるドンタン廃棄物埋立処分場に移転される。高度な廃棄物処理技術の移転は、ドンタン廃棄物埋立処分場が所在する地域の技術力の底上げにつながるだけでなく、将来的にベトナムの他の地域にも当該技術が普及する効果も見込まれる。

利害関係者のコメント

本プロジェクトに対する地域住民、地方行政、ホーチミン市、天然資源環境部、Van Lang 大学等の具体的なコメントは下記の通りである。

1) 埋立処分場の地域住民からのコメント

地域住民は CDM プロジェクトに関してはほとんど関心がないが、付近で環境事故や有害な環境現象が起きれば埋立処分場内の活動を強力に拒絶し、環境改善と補償を要求する。

2) 地方行政のコメント

地方行政は CDM プロジェクトが行政のトップにより承認されたものであれば、必ず実施する。地域行政は地元で埋立処分場を設置することを好まないが、CDM プロジェクトのように埋立処分場の環境改善や環境事故の危険を回避する投資には歓迎する。

また、地域住民がこれらのプロジェクトに関する法律や規則を履行するよう指導することで投資家をサポートする。

3) ホーチミン市のコメント

ホーチミン市は環境プロジェクト、特に CDM プロジェクトの海外投資家を支援している。

ホーチミン市の予算は限られており、安全な廃棄物処理を緊急な課題として予算を振り向けている。このため、CDMの実施に当たり関係官庁との調整や支援を行う。

4) 環境管理当局（天然資源環境部）のコメント

2010年までのホーチミン市の環境管理計画によると、CDMプロジェクトは固体廃棄物管理を発展させるものと位置づけている。廃棄物からエネルギーの様な固形廃棄物管理の進んだ技術は今の地方政府では予算のショートリストの優先項目とはなっていない。天然資源環境部では CDM の投資が廃棄物管理の分野に振り向けられるようプロジェクトを支援し一刻も早く CDM プログラムが実施されることを望んでいる。

5) Van Lang 大学のコメント

Van Lang 大学の特に環境技術管理部門のスタッフは数年間廃棄物の埋立処分場の調査を行ってきており、CDMに関心を持っている。この CDM プロジェクトを推進することはホーチミン市の廃棄物処理の状況を改善するだけでなく新しい技術に接することができる。ドンタン廃棄物埋立処分場は10年前悪臭を発生していたが現在は改善されている。最近の調査では9箇所に穴を掘りメタンガスによる燃焼を確認しており、CDM プロジェクトとして重要であると考えている。

(3)事業化に向けて

プロジェクトの実施体制（国内・ホスト国・その他）

（国内の体制）

新日鉱テクノリサーチ：詳細調査、技術指導、運転・保守要員訓練、
機器調達、政府交渉、CDM 推進、事業検証等

(株)ジャパンエナジー：資金計画、資金供与

関西設計(株)：設備設計、現地工事、試運転、性能確認、技術支援

みずほ総合研究所：CDM 推進支援

（ホスト国）

ホーチミン市天然資源・環境部：ベトナム政府との交渉、諸法制度手続き、
現地工事支援

バンラン大学環境技術センター：LFG 分析、環境分析

ホーチミン市環境会社：現地工事支援、廃棄物埋立処分場管理、
LFG 回収設備運転管理

プロジェクト実施のための資金計画

1) 予算額(建設コスト)：123,500 千円

2) 資金の調達の選択肢

(a)ベトナム側市中銀行からの借り入れを前提として必要な資金回収計画を日本側で策定する。必要により日本側が保証する。

(b)日本側が設備をベトナム側にリースし、設備稼働後の利益からリース料を日本側が

受け取る。

(c) 設備を日本から輸出し、日本側企業が輸出金融等の資金を手当てする。

(d) 日本側が炭素クレジットとして資金を調達し、CDM 事業として削減したCO₂排出削減量を日本側が確保する。

(a) はベトナム国内で CDM 事業として有利な金利で借りられる政策が計画されない限り難しい。(c) はベトナムで設備を製作することが難しいため可能である。プロジェクトの採算性が高い場合は (b) の日本のリース会社によるリース方式も可能である。今後は CDM のスキームが明確になれば日本側の企業が資金を拠出すると期待される。

費用対効果

CDM 事業なしで発電事業を行った場合の IRR は -5.99% となり、投資を回収できない。CDM 事業で発電ありの場合はクレジット単価が比較的低い 3\$ の場合で IRR が若干の + となった。クレジット単価が 5\$ では IRR は 8.38% と改善し、クレジット単価の影響が大きい。また、発電なし(フレアーのみ)の場合はクレジット以外の収入が見込めないためクレジット単価が 5\$ 以下の場合では IRR が - となる。しかし、クレジット単価が 7.5\$ 以上になると、発電ありの場合と比較して設備費が半分以下となるため、IRR は改善する。発電なしの場合は、発電ありの場合と比較してクレジット単価の影響が更に大きいといえる。また、建設費の影響は 20% の変動で発電有り無しとも IRR に対し 5% 程度である。

CDM 事業を実施する場合、炭素クレジットの一部を現地に支払う必要があることを考慮すると、発電なしの場合は収益性が更に悪化する。また、ドンタン廃棄物処分場の所内電力を自ら確保できること、ベトナムでのグリッドの排出削減のメリットなどを考慮すると、発電ありの場合がプロジェクト全体の収入が売電収入分大きく、現地にとって魅力的なプロジェクトといえる。

各クレジット単価、発電有無による IRR 結果

クレジット単価 US\$/ t CO ₂	0	3	5	7.5	10
発電あり IRR (%)	-5.99	3.58	8.38	13.97	19.35
発電なし IRR (%)	-	-	-	7.07	19.82

クレジット単価 7.5\$ での設備費変動による IRR の影響

建設費の変動 (%)	-10	-5	0	+5	+10
発電あり IRR (%)	16.58	15.22	13.97	13.19	11.77
発電なし IRR (%)	9.66	8.31	7.07	5.90	4.81

具体的な事業化に向けての見込み・課題

本プロジェクトは埋立処分場から発生する LFG を回収してフレアーまたはガスエンジンで燃焼させて処理するものである。埋立処分場は近隣住民から悪臭に対する苦情が多く寄

せられている。悪臭防止の手段として LFG 回収は有効な手段と考えられている。LFG 中のメタンガスは CO₂ の 21 倍の温室効果があることから、これを CDM プロジェクトにできれば、削減したメタンガスにより多くの炭素クレジットが得られる。ベトナムではこれらの費用を捻出することは困難であるため、これを収入源として LFG 回収設備を導入することを期待している。

廃棄物埋立処分場から発生する LFG の発生量を予測する方法として First Order Decay Model を用いたが、実際に計算結果どおりの LFG が発生することを証明することは難しいため、正確な CO₂ 削減量を求めることができない。小規模な現地テストを実施するなど LFG の発生量及び化学成分（シリカ等）分析などデータの精査を行うことが必要である。更に CDM 事業化の為には地方行政を中心としたキャパシティビルディングが必要と考えられる。

(4)バリデーション/デターミネーション（本プロセスを行った場合）

バリデーション（デターミネーション）又は、デスクレビューの概要

OE とのやりとりの経過