

二国間クレジット制度(JCM)案件組成調査 最終報告書(概要版) 様式・記入要領	
調査案件名	ホーチミン市における統合型廃棄物発電
調査実施団体	日立造船株式会社(日立造船) 株式会社サティスファクトリーインターナショナル(サティス)
ホスト国	ベトナム社会主義共和国

1. 調査実施体制：

国	調査実施に関与した団体名	受託者との関係	実施内容
日本	サティス	共同実施者	JCM 方法論作成、PDD 案の作成、MRV 体制の検討、事業化に関する関連情報の調査
日本	EJ ビジネス・パートナーズ (EJBP)	外注先	事業採算性の評価及び検討、リスク評価及び分析、資金計画作成支援
ホスト国	Center for Environment Technology Management (ETM)	外注先	ホーチミン市の廃棄物ストリームの調査、環境影響評価及び投資計画書の作成

2. プロジェクトの概要：

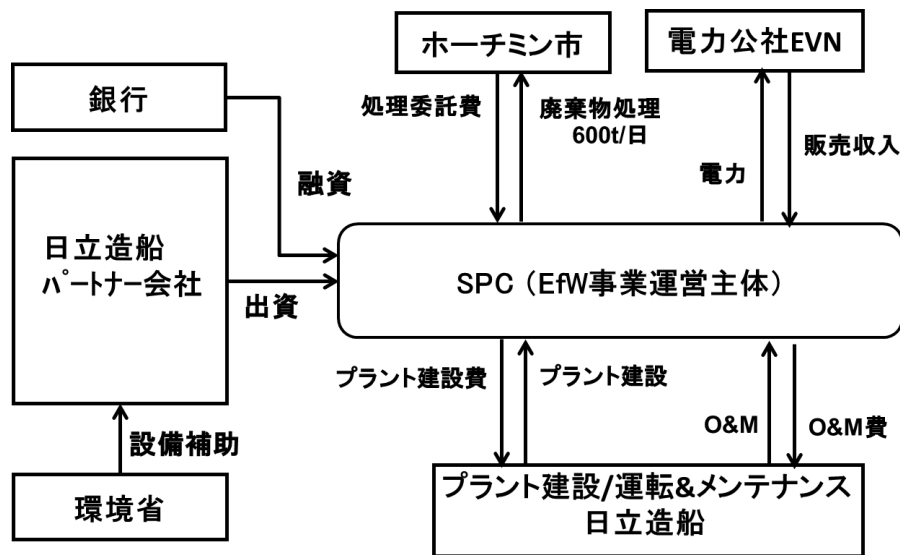
調査対象プロジェクトの概要			
プロジェクトの概要	本プロジェクトは、現在埋立処分されている都市ごみを焼却して発電し、政府による廃棄物発電支援制度を活用して売電する廃棄物発電事業を行うものである。化石燃料を廃棄物に代替することで GHG の削減に加え、廃棄物を有効活用することで、廃棄物最終処分量の低減、資源有効利用、天然資源使用量の削減、急増する電力需要に備えた電源供給を実現し、都市インフラの整備を含む統合型廃棄物発電事業を目指す。		
代表事業者	日立造船株式会社(日立造船)		
プロジェクト実施主体	日立造船、サティス、EJ ビジネス・パートナーズ(EJBP)及び現地パートナーの出資により設立する事業会社。		
初期投資額	6,250,000 (千円)	着工開始予定	2016年2月
年間維持管理費	365,000 (千円)	工期(リードタイム)	24か月
投資意志	プロジェクト参加予定の3社投資意思あり。	稼働開始予定	2018年2月
資金調達方法	初期投資額はプロジェクト開発費 500 万 USD、設計・調達・施工を行うプラントコスト 5,000 万 USD(廃棄物発電施設の試運転を含めた完工までの費用を想定)に付帯設備 750 万 USD を加えた 6,250 万 USD(=62.5 億円、1USD=100 円)である。 資金調査は 40%(2,500 万米ドル)を JCM 設備補助、42%(2,625 万米ドル)を現地金融機関からの融資、18%(1,466 万米ドル)の資本金で調達計画する。		
GHG 削減量	GHG 削減量: 約 2,052~46,921 (tCO ₂ /年) ① メタン排出回避 95,061~107,231 (tCO ₂ /年) ② グリッドに供給される電力による削減量 27,256~35,044 (tCO ₂ /年) ▲ プロジェクト排出量 ▲ 85,911~128,053 (tCO ₂ /年) なお、削減ポテンシャルは約 307,800~7,038,150 (tCO ₂ /年)		

3. 調査の内容及び結果

3.1. プロジェクト実現に向けた調査

3.1.1. プロジェクト計画

本プロジェクトの実施主体は、日本側プロジェクト参加者により現地に設立される特別目的会社（SPC）である。この SPC がホーチミン市との 20 年間の BOT 契約に基づいて事業を実施する。発電された電力は EVN ホーチミンに対して、廃棄物発電補助プログラムに基づく全量固定価格買取制度の下売却される。

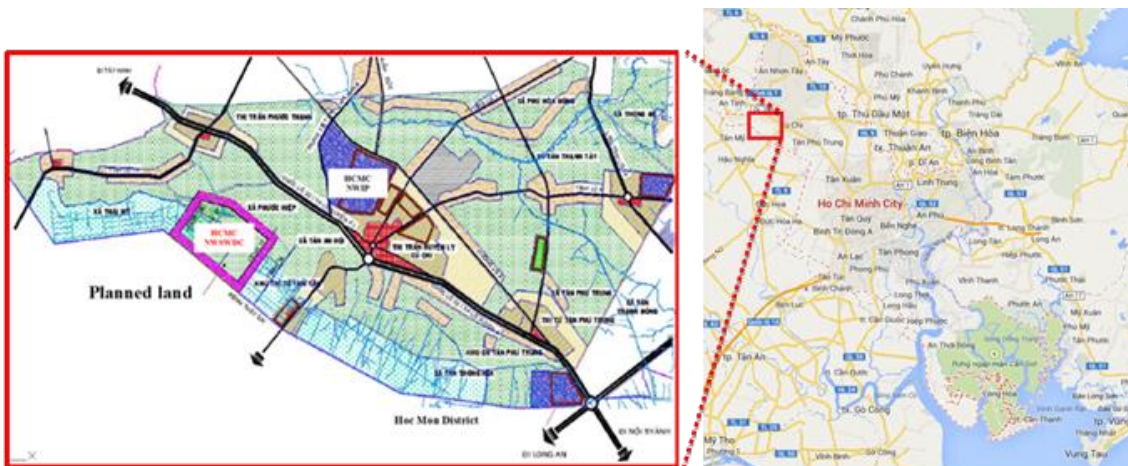


① 投資証明書取得に向けたホーチミン市との交渉経緯

2014年8月に日立造船よりホーチミン市人民委員会(以下「HPC」)へ原則承認事業承認依頼レターを提出し、投資証明書の取得に向けた交渉を開始した。およそ5ヶ月にわたる交渉を経たのち、その後、1月30日のHPCとの会議を経て、2月3日原則承認レターを入手した。

② 建設予定地の調査

建設予定地は2014年12月3日にDONREよりHPCへ提出されている報告書に基づき、タイバック固形廃棄物処理コンプレックスを建設予定地として現地調査を行った。ホーチミン市の廃棄物マスタープランにて同コンプレックスにて廃棄物発電プロジェクトが計画されている。



③ 対象廃棄物の検討

廃棄物発電の対象ごみとして2014年12月3日にDONREよりHPCへ提出されている報告書において、コンポスト残渣、発生源分別後の都市ごみ、埋立処分場からの掘り起こしごみ等が候補として挙げられている。そのため対象ごみの検討は、まず廃棄物発生量の予測、収集運搬、廃棄物処理状況及び市中における廃棄物組成を整理し、それらのデータを参考にしながら、後段にて計画処理対象ごみの設定を行った。

④ 初期事業費及びO&Mコスト

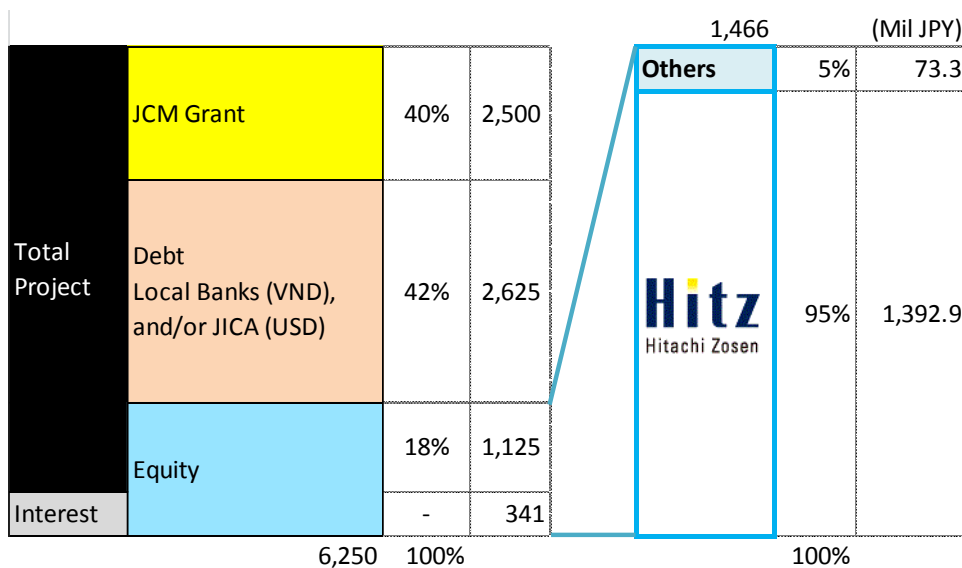
初期事業費及びO&Mコストを以下に示す。

(為替レート：1USD=100円)

初期事業費		O&Mコスト	
費目	金額	費目	金額
①PJ 開発費用	USD 5,000,000	① 人件費 (20年間平均)	USD 623,000
②焼却発電施設	USD50,000,000	② 補修費・用益費 (20年間平均)	USD1,992,000
(内訳) 土工工事費	USD 3,000,000	③ その他経費 (20年間平均)	USD 1,031,000
電機工事費	USD 4,000,000	合計	USD 3,646,000
機器材料費	USD 40,000,000		
設計管理費	USD 3,000,000		
③付帯設備	USD 7,500,000		
系統連系施設、 水処理施設、 現場造成費用等			
合計	USD 62,500,000		

⑤ 資金計画

プラント建設費用 6,250 万米ドル+建中金利等 341 万米ドルを加えた約 6,591 万米ドルについては、その 40% (2,500 万米ドル) を JCM 設備補助、42% (2,625 万米ドル) を現地金融機関による現地通貨建融資、18% (1,466 万米ドル) を株式出資による資本金調達を計画する。



⑥ 事業性評価及び感度分析

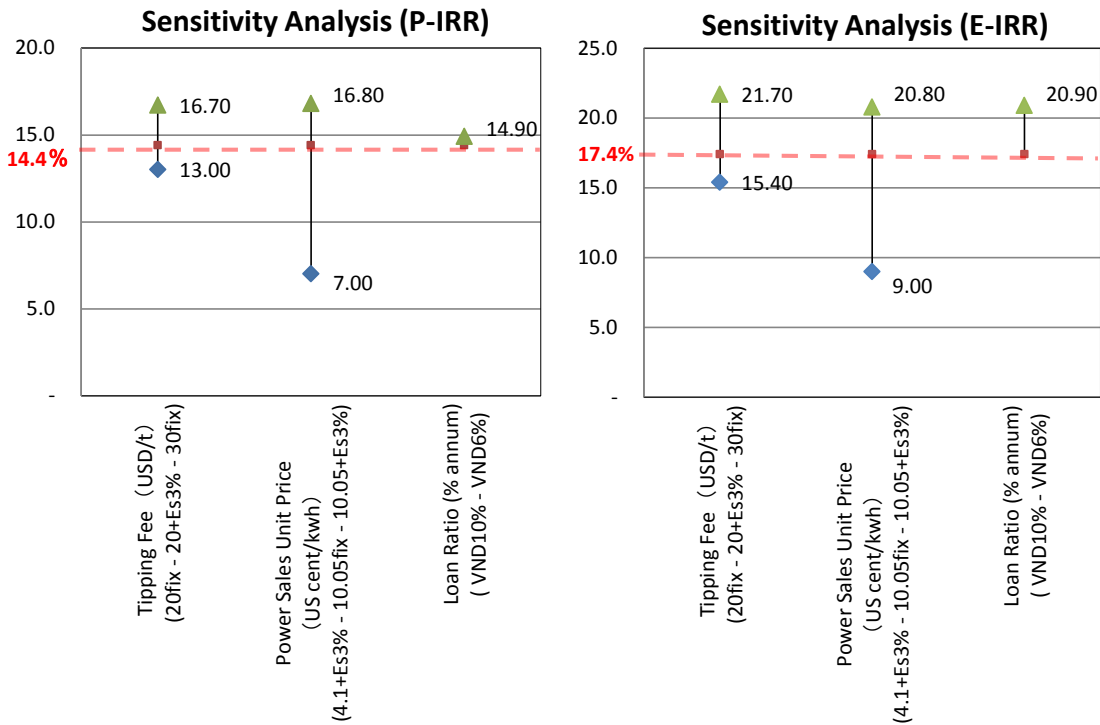
以下の前提条件に基づき、事業収益性の評価を実施した結果、事業実施期間 20 年間のプロジェクト利回り (P-IRR) は 14.4%、株主資本利回り (E-IRR) は 17.4% となり、収益性からは十分な事業性が見込めることが確認された。また楽観、基本及び悲観シナリオに基づいて感度分析を実施した。その結果、電力の売電単価が大きく事業採算性に影響する事を確認した。更なる IRR 向上に向けては、今回変数としなかった事業費 (6,250 万米ドル) の削減、あるいは補助率 (40%、2,500 万米ドル) の向上、O&M 費用の精査、運転時間の増加等が必要となる。

事業評価の前提条件

項目	条件	備考
事業期間	20 年	ホーチミン市との BOT 契約
廃棄物処理量	600t/d	300 日×24 時間=7200 時間稼働
ごみ処理委託費 (T/F)	USD20/t ※年率 3% 上昇	現況ホーチミン市最高値
売電量	64,800,000kwh/年	売電分容量 9.0MW×7,200 時間
売電価格	10.05US セント/kwh ※変動なし	2014 年 5 月ごみ発電補助プログラムに関する大統領決定 (FiT) 価格
その他収入	なし	堆肥・再生品・熱利用等
減価償却	土建 20 年、機械・電気工事 7 年	定額法
租税公課	収入発生後 4 年間法人税免税 (0%) 13 年目まで優遇×50%減税 (5%) 15 年目まで優遇 (10%) 20 年目まで標準 (20%)	廃棄物等投資奨励制度に基づく優遇税率適用
借入金	VND 建、年利 10%、2 年猶予+8 年償還	現地金融機関
物価変動	現地調達人件費・物品にインフレ 7.5%	

感度分析設定項目

	楽観シナリオ	基本	悲観シナリオ
T/F	\$30/t w ESC. 0.0% (DONRE レポートの最大値)	\$20/t(2017) w ESC. 3.0%	\$20/t w Esc. 0.0% (DONRE レポートの最小値)
売電単価	FiT + Esc. 3% 10.05cent/kwh(2013)	FiT + Esc. 0% 10.05cent/kwh(2013)	ACT + Esc. 3% 4.0cent/kwh (2013)
事業費	62.5Million USD		
補助金	25 Million USD		
融資	Local Soft Loan 想定 金利 6% (VND) VEPF、HFIC 等政府系ファンド利用。 ⇒為替リスクなし。 据置 2 年+返済 8 年	Local 2step loan 想定 金利 10% (VND) 地場行が JICA や WB 等から受ける TSL 適用 ⇒為替リスクなし。 据置 2 年+返済 8 年	



⑦ リスク分析

事業の計画、廃棄物発電施設の建設、運営維持管理から事業終了時までの段階における想定されるリスクを洗い出し、対処の必要性及び方針を検討し、作成した。

3.1.2. 許認可取得

2014年8月5日に、ホーチミン市人民委員会（HPC）に対して、原則承認依頼レターを提出し、2015年2月3日に原則承認レターを入手した。今後のプロジェクト許認可取得の予定は以下の通りである。

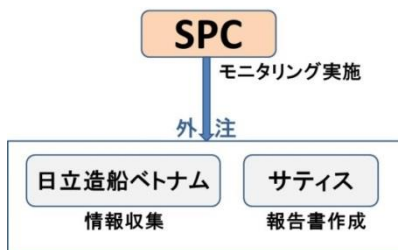
	責任を有する機関	2015年												2016年		
		2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
原則承認レター	HPC	● 2月3日取得														
FSレポート作成	HPC	■														
環境影響評価	MONRE	■														
廃棄物処理委託契約	DONRE			■												
土地賃貸契約締結	DONRE (Land Use Div.)					■										
投資許可証取得	DPI			■												
電力開発マスタープランへの登録	DOIT/MOIT	■														
売電契約	EVN						■									
建設許可取得	DOC										■					
資金計画の作成	Hitz、金融機関			■												
建設工事開始	Hitz															■

3.1.3. 日本技術の優位性

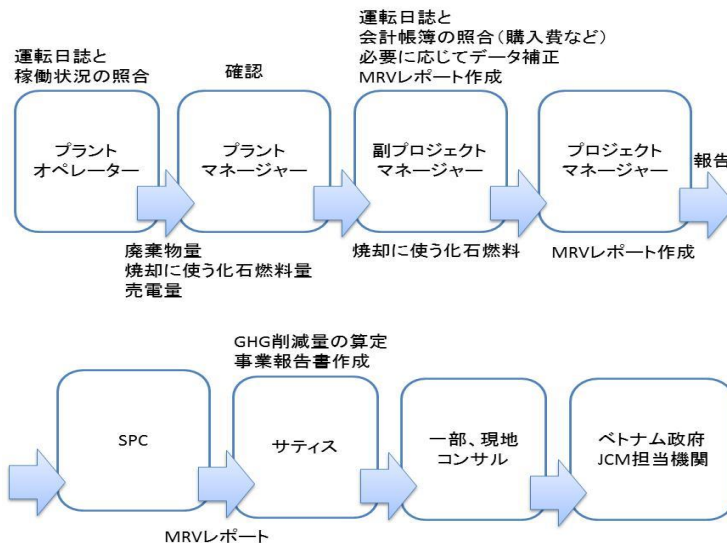
ベトナム国内の都市ゴミ焼却炉のうち、最も処理能力が大きな炉でも、1 炉あたり 150ton/日である。その他は、50ton/日にも満たないものが大半であり、この表の中で唯一廃棄物発電の機能を有する炉の処理容量は、48ton/日である。したがって本プロジェクトで導入を予定している焼却施設は処理日量 600ton 以上、また、熱回収による発電設備を備えている点が、現在ベトナムで普及している焼却施設と大きな相違点であると共に日本技術の優位点であると考える。

3.1.4. MRV 体制

当事業の MRV(Measurement, Reporting and Verification)の実施体制を、以下の図の通りである。MRV は、事業運営会社となる SPC が実施し、SPC が、プラントの維持管理を行う日立造船ベトナムに情報収集を、サティスにはそれらの情報に基づき GHG 削減量を算出した報告書作成を行う。



MRV レポート作成フローを以下の図に示す。MRV モニタリング項目は、投入する廃棄物の投入量、廃棄物の焼却に用いる化石燃料の使用量及び売電量である。これら 3つのデータは、その他のプラント稼働データと一緒に監視システムによりデータが中央管理室に集約され運転日報として帳票に入力される。運転日誌はプラントオペレーターが実際の稼働状況と照合して、プラントマネージャが確認する。副プラントマネージャはその運転日誌と会計部門における帳簿数値と突き合わせ、必要な場合にはデータの補正を行い、MRV モニタリング計画に基づく MRV レポートを作成しプロジェクトマネージャの承認後、SPC へ報告する。サティスは SPC より MRV レポートを入手後、GHG 削減量の算定と報告書を作成の上、ベトナム政府の JCM 担当機関へ送付する。



3.1.5. ホスト国の環境十全性の確保と持続可能な開発への寄与

■ 環境十全性の確保

EIA の結果、本プロジェクトの実施により想定される実施地域と周辺地域への環境面での好影響及び悪影響（及び回避措置）は以下の通りである。

・好影響：

本プロジェクトの実施により、管理不十分な埋立処分場への廃棄物投入量を削減することができるため、埋め立て処分場周辺の環境汚染を低減することができる。また、分別回収が不十分な現状において、有機性廃棄物を分別して利用するコンポスト化以外に、都市廃棄物全般を大量に焼却できる技術を導入することで、より早急に、埋立処分場から発生するメタンガス、腐敗臭及び浸出水の抑制等の環境面での好影響を導くことが期待できる。

・悪影響：

本プロジェクトの実施による環境面での悪影響は、焼却灰（特に飛灰）中に含まれる重金属等の有害物質が発生する可能性である。焼却灰の処分方法に関しては、基本的にホーチミン市の処理責任範囲となる為、適正な処理が担保される方策の検討を促す。

■ 持続可能な開発への寄与

ホスト国（ベトナム）の開発政策・戦略等との整合性および環境汚染改善への貢献の視点から、これらのプロジェクト実施に向けた調査を通じ、以下のような寄与が期待されることがわかった。

- ・ 再生可能エネルギー利用の促進及びエネルギー供給問題の解決
- ・ 都市部における廃棄物管理（分別システムなど）の向上
- ・ 最終処分場への投入量の削減
- ・ ベトナムにおける高度な廃棄物焼却発電技術導入需要への対応
- ・ JCM による資金支援
- ・ GHG 削減と大阪市とホーチミン市の低炭素社会実現への貢献

3.1.6. 今後の予定及び課題

ホーチミン市からの原則承認を受け、次のステップは投資証明書入手し事業会社を設立する事である。それに向けた検討事項と課題を下記に示す。

■ 廃棄物発電の対象廃棄物

ホーチミン市より廃棄物発電の対象ごみに関する情報を入手し、その廃棄物組成、搬入ルート（対象ごみの中継施設の稼働状況を含む）の精査し計画対象ごみを確定させる。但し、提供される廃棄物データ情報が不足や調査データへの保証が望めない可能性がある為、計画値の設定の際には追加調査や変動幅に余裕を持たせた条件とする。

■ 建設予定地の周辺インフラ整備

建設地及び周辺インフラの整備はベトナム側より無償提供される事になるが、その所掌範囲と条件が明確になっていない。建設予定地が確定後、DONRE の担当部局と打合せや現場調査を行い明確にする。特に系統連携の接続条件は事業採算性への影響が大きいため優先して交渉する。

■ 廃棄物処理契約条件・売電契約条件

本調査における事業採算性とリスク分析の調査結果に基づき交渉を行う。主な交渉事項を下記に示す。交渉結果は現地政府のサイン付の書面もしくは議事録にて確認を行う。また交渉先の担当部局の役割、サイナーの権限については別途、裏付調査を行う。また現地政府との交渉になるため適時、環境省や大阪市、現地領事館や JICA 事務所、法務専門家等の助言を得る。

① 廃棄物処理量の保証

既存の事業者との契約には委託処理量の保証条件が有る事を確認している。その条件をベースに DONRE が廃棄物提供義務を怠った場合の補償条件について検討する。

② 事業開始の遅延リスク

許認可取得の手続きや工期の遅れ等により事業開始が遅延する可能性がある。そのため事業開始が遅延した場合の契約条件を明確に規定する。

③ 廃棄物発電サポートメカニズム (Circular 32/2014/TT-BCT) の適用

廃棄物発電サポートメカニズムは適用事例がない。固定買取価格(10.05cent/kwh)の適用は事業性確保の重要なポイントである為、申請書類の事前準備や関係部局との協議を優先して行う。

3.2. JCM 方法論作成に関する調査

3.2.1. 適格性要件

CDM 方法論 ACM0022 の “Scope and applicability” 及び EN-S-019 の適用条件を考慮すると共に、本プロジェクトで導入を予定している技術、設備及びプロジェクト内容を勘案し、以下の通り適格性要件を設定した。

要件		設定根拠
要件 1	現在埋立処分されている新しい一般廃棄物（一般家庭や事務所等から排出される有害物質を含まない固形廃棄物。）の処理を対象とした焼却設備を導入する。	本方法論で対象とする技術及び廃棄物を特定するために設定した。
要件 2	焼却設備から発生する高温排ガスの熱を利用して発電するボイラ、タービンを有する設備を導入する。	本方法論で対象とする技術を特定するために設定した。
要件 3	廃棄物発電システムは、以下の基準を満たす設計および設備を有するものとする。 ・熱効減量 5%以下 ・年間運転時間…7200 時間以上	適切な廃棄物の焼却処理が行われるとともに、安定した運転が可能なシステムとするため、本要件を設定した。 ベトナム国内の廃棄物焼却設備を見学した際に、焼却主灰に燃焼しきっていない廃棄物の混在が確認された。そのため、導入する技術の技術的優位性を評価できるベンチマークとして設定する。
要件 4	廃棄物発電システムの廃棄物処理能力は、300t/日・炉以上であること。	ベトナム国内で既に導入されており、また今後も普及が考えられる廃棄物焼却設備（～100t/日・炉）と比較した場合に、その技術的優位性を評価できるベンチマークとして設定した。
要件 5	プロジェクトは以下の環境基準を満たすための設計及び設備を有することが確認出来ること。 ・排ガス基準値	現地調査におけるヒアリングでベトナム国内に導入されている廃棄物焼却設備の多くが、同国が定める排出ガスなどの基準値を満たしていないのではないかという情報が確認された。そのため、本プロジェクトの技術的優位性を評価できるベンチマークとして設定した。

3.2.2. リファレンス排出量の設定と算定、およびプロジェクト排出量の算定

■ リファレンス排出量

本方法論における GHG 排出削減の手法は以下の 2 つで構成される。

- ① 埋立処分場からのメタン排出の回避
- ② 系統電力の代替

リファレンス排出量の算定式は以下の通りである。

$$RE_p = RE_{CH_4,SWDS,p} + RE_{elec,p}$$

RE_p 期間pにおけるリファレンス排出量[tCO₂/p]

$RE_{CH_4,SWDS,p}$ 期間pにSDWSにおける廃棄物からのリファレンス排出量[tCO₂/p]

$RE_{elec,p}$ 期間pにおけるグリッド電力からのリファレンス排出量[tCO₂/p]

$$RE_{CH_4,SWDS,p} = \phi_p \times (1 - f_p) \times GWP_{CH_4} \times (1 - OX) \times \frac{16}{12} \times F \times DOC_{f,p} \times MCF_p \times \sum_{x=1}^p \sum_j W_{j,x} \times DOC_j \times e^{-kj(p-x)} \times (1 - e^{-kj})$$

ϕ_p 不確実性に関する調整係数

f_p 期間pにSDWSにおいて発生するメタンの内、回収されフレア、燃焼及び他の方法で利用される割合

OX 酸化分解性有機炭素の分解される割合

F LFG中のCH₄の割合

$DOC_{f,p}$ 期間pに分解性有機炭素の分解される割合

MCF_p メタン補正係数

$W_{j,p}$ 埋立回避された廃棄物jの重量 (t/p)

DOC_j 廃棄物jの分解性有機炭素の割合

k_j 廃棄物jの分解速度

j 廃棄物の分類

x 廃棄物の処分場での在留年数

p メタン排出量を計算する期間

$$RE_{elec,p} = PEC_p \times EF_{grid}$$

PEC_p 期間 p にプロジェクトにより系統に供給される電力量[MWh/p]

EF_{grid} 系統電力の排出係数[tCO₂/MWh]

■ プロジェクト排出量

本プロジェクトにおける GHG 排出源は以下の通りである。

- ① 化石燃料消費量
- ② 化石由来の廃棄物焼却による温室効果ガス排出量
- ③ 焼却排ガス中に含まれる温室効果ガス

本方法論におけるプロジェクト排出量の算定式は以下の通りである。

$$PE_p = PE_{FC,p} + PE_{COM_CO_2,p} + PE_{COM_CH_4N_2O,p}$$

$PE_{FC,p}$ 期間 p の化石燃料消費からの CO₂ 排出量[tCO₂/p]

$PE_{COM_CO_2,p}$ 期間 p の化石由来廃棄物の焼却による CO₂ 排出量[tCO₂/p]

$PE_{COM_CH_4N_2O,p}$ 期間 p の焼却排ガス中に含まれる温室効果ガス[tCO₂/p]

$$PE_{FC,p} = FC_p \times NCV_p \times EF_{CO_2,p}$$

FC_p 期間 p の化石燃料消費量

NCV_p 期間 p の化石燃料の真発熱量[GJ/t]

$EF_{CO_2,p}$ 期間 p の化石燃料の CO₂ 排出係数 [tCO₂/TJ]

$$PE_{COM_CO_2,p} = EFF_{COM,p} \times \frac{44}{12} \times \sum_j Q_{j,p} \times FCC_{j,p} \times FFC_{j,p}$$

$EFF_{COM,p}$ 期間 p の焼却炉の焼却効率

$Q_{j,p}$ 期間 p に焼却される廃棄物種類 j の重量[t]

$FCC_{j,p}$ 期間 p に焼却される廃棄物種類 j 中の総炭素量[tC/t]

$FFC_{j,p}$ 期間 p に焼却される廃棄物種類 j 中の化石由来炭素の割合

$$PE_{COM_CH_4N_2O,p} = Q_{waste,p} \times (EF_{N_2O} \times GWP_{N_2O} + EF_{CH_4} \times GWP_{CH_4})$$

$Q_{waste,p}$ 期間 p に焼却される廃棄物の重量[t]

EF_{N_2O} 廃棄物焼却の N₂O の排出係数 [tN₂O/t 廃棄物]

GWP_{N_2O} N₂O の温暖化係数

EF_{CH_4} 廃棄物焼却の CH₄ の排出係数[tCH₄/t 廃棄物]

GWP_{CH_4} CH₄ の温暖化係数

■ 排出削減量の算定式

本方法論における排出削減量の算定式は以下の通りである。

$$ER_p = RE_p - PE_p$$

ER_p 期間 p の排出削減量 [tCO₂/p]

3.2.3. プロジェクト実施前の設定値

リファレンス排出量の算定に係る事前設定値

	パラメータ	値	根拠
ϕ_p	不確実性に関する調整係数	0.85	方法論ツール “Emissions from solid waste disposal sites” アプリケーションB、Humid/wet conditons
OX	酸化分解性有機炭素の分解される割合	0.1	方法論ツール “Emissions from solid waste disposal sites”
F	LFG中のCH ₄ の割合	0.5	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
$DOC_{t,p}$	期間pに分解性有機炭素の分解される割合	0.5	同上
MCF_p	メタン補正係数	1.0	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse

			Gas Inventories 嫌気性管理埋立処分場 (anaerobic managed solid waste disposal sites)	
DOC _j	廃棄物jの分解性有機炭素の割合	廃棄物種	%	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Volume 5, Tables 2.4 と2.5)
		木類	43	
		紙類	40	
		食品廃棄物	15	
		布、繊維	24	
		剪定ごみ	20	
		無機廃棄物	0	
k _j	廃棄物jの分解速度	廃棄物種	速度	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Volume 5, Tables 3.3) Tropical(MAT>20°C)、Wet (MAP>1000mm)
		紙類、布	0.07	
		木類	0.035	
		食品以外の有機物	0.17	
		食品廃棄物	0.40	
EF _{grid}	系統電力の排出係数	0.5408	ベトナムの系統電力の排出係数 (MONRE)	

プロジェクト排出量の算定にかかる事前設定値

パラメータ		値	根拠	
NCV _p	化石燃料の真発熱量	43	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories	
EF _{CO2,p}	化石燃料のCO2排出係数	0.0728	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories	
FCC _{j,p}	廃棄物種類j中の総炭素量	廃棄物種	%	CDM方法論“Alternative waste treatment processes”
		紙類	50	
		布	50	
		食品廃棄物	50	
		木	54	
		剪定枝	55	
		おむつ	90	
		ゴム・皮	67	
		プラスチック	85	
		金属	-	
		ガラス	-	
	無機物	5		
FFC _{j,p}	廃棄物種類j中の化石由来炭素の割合	廃棄物種	%	CDM方法論“Alternative waste treatment processes”
		紙類	5	
		布	50	
		食品廃棄物	-	
		木	-	
		剪定枝	0	
		おむつ	10	
		ゴム・皮	20	
		プラスチック	100	
		金属	-	
		ガラス	-	
	無機物	100		
EF _{N2O}	廃棄物焼却のN ₂ Oの排出係数	0.0000605	CDM方法論“Alternative waste treatment processes”	
GWP _{N2O}	N ₂ Oの温暖化係数	310	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories	
EF _{CH4}	廃棄物焼却のCH ₄ の排出係数	0.000000242	CDM方法論“Alternative waste treatment processes”	
GWP _{CH4}	CH ₄ の温暖化係数	25	IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories	

