

平成 28 年度低炭素社会実現のための都市間連携に基づく

JCM 案件形成可能性調査事業委託業務

インドネシア国バリ州における廃棄物発電事業

## 報 告 書

平成 29 年 3 月

JFE エンジニアリング株式会社

(協力団体：東京二十三区清掃一部事務組合)

リサイクル適性の表示：印刷用の紙へリサイクルできます。

この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料[A ランク]のみを用いて作製しています。

## 目 次

第1章	序論.....	1-1
1.1	調査の背景と目的.....	1-1
1.2	事業の実現可能性.....	1-1
1.2.1	対象地域の現状.....	1-1
1.2.2	インドネシア大統領令と固定買取価格制度の改定.....	1-3
1.3	調査内容.....	1-4
1.4	調査体制.....	1-5
1.5	調査スケジュール.....	1-5
第2章	対象地域における現状調査.....	2-1
2.1	社会経済状況.....	2-1
2.1.1	インドネシア共和国の一般概況.....	2-1
2.1.2	インドネシア共和国の経済概況.....	2-2
2.1.3	インドネシア共和国の電力事情.....	2-3
2.1.3.1	エネルギー資源.....	2-3
2.1.3.2	エネルギーバランス.....	2-3
2.1.3.3	エネルギー需給予想.....	2-5
2.1.3.4	再生エネルギー戦略.....	2-6
2.1.4	バリ州の一般概況.....	2-8
2.1.5	バリ州の経済概況.....	2-9
2.1.6	バリ州の電力事情.....	2-9
2.2	自然環境状況.....	2-10
2.2.1	バリ州の気候.....	2-10
2.2.1.1	バリ州の気温.....	2-10
2.2.1.2	バリ州の降水量・湿度.....	2-10
2.2.1.3	バリ州の日照率.....	2-10
2.2.2	バリ州の地形・地質.....	2-10
2.2.2.1	バリ州の地形.....	2-10
2.2.2.2	バリ州の地質.....	2-11
2.3	事業対象地域における処理対象の発生・処理の現況.....	2-11
2.3.1	ごみフロー、発生量・収集量・処分量.....	2-11
2.3.2	廃棄物の種類・組成.....	2-19
2.3.3	収集・運搬、処理・処分、リサイクルの現状.....	2-19
2.4	廃棄物関連法制度・政策・計画.....	2-20
2.4.1	廃棄物関連法制度.....	2-20
2.4.2	その他関連法制度.....	2-27

2.4.2.1	再生可能エネルギーの普及.....	2-27
2.4.2.2	インドネシア共和国 PPP 法概要.....	2-30
2.4.2.3	IIGF.....	2-34
2.4.2.4	VGF (Viability Gap Funding) .....	2-36
2.5	現地政府との打ち合わせ.....	2-38
2.5.1	都市間連携に基づく JCM F/S キックオフミーティング.....	2-38
2.5.2	想定プロジェクトスキームについて.....	2-39
2.5.3	BOT 事業のリスク分担について.....	2-40
2.5.4	廃棄物発電失敗事例の紹介および適格技術の説明.....	2-41
2.5.5	東京二十三区における業者選定方法・処理費用の重要性について.....	2-41
2.5.6	まとめ.....	2-42
第3章	廃棄物焼却方式の特長.....	3-1
3.1	焼却方式の種類.....	3-1
3.1.1	焼却炉方式の種類と実績.....	3-1
3.1.2	焼却炉方式の概要.....	3-3
3.1.3	ガス化溶融炉形式の概要.....	3-5
3.2	焼却形式の比較.....	3-7
3.2.1	建設費と運転費.....	3-7
3.2.2	安定性.....	3-7
3.2.3	残渣量.....	3-8
3.2.4	環境負荷.....	3-8
3.2.5	導入実績.....	3-9
3.2.6	焼却方式のまとめ.....	3-10
3.3	技術の優位性.....	3-10
3.3.1	日本技術の優位性.....	3-10
3.3.2	JFE エンジニアリングのストーカ炉技術.....	3-11
3.3.2.1	低空気比燃焼を実現する高温空気燃焼システム.....	3-11
3.3.2.2	二回流ガス流れの適用.....	3-13
3.3.2.3	高信頼性火格子による長期安定運転.....	3-14
第4章	廃棄物発電プラント計画.....	4-1
4.1	プラント基本計画.....	4-1
4.1.1	施設フロー.....	4-1
4.1.2	各設備の働き.....	4-2
4.1.2.1	燃焼設備.....	4-2
4.1.2.2	自動燃焼制御 (ACC) システム.....	4-3
4.1.2.3	燃焼ガス冷却設備.....	4-4
4.1.2.4	排ガス処理設備.....	4-4

4.1.2.5	熱回収設備.....	4-5
4.1.2.6	灰出し設備.....	4-5
4.1.3	設計条件.....	4-7
4.1.3.1	ごみ量・ごみ質設定.....	4-7
4.1.3.2	排ガス排出基準.....	4-7
4.1.3.3	主要設備仕様.....	4-8
4.1.4	配置計画.....	4-10
4.1.5	全体工事工程.....	4-10
4.1.6	プラントの建設費.....	4-11
4.2	プラントの運営計画.....	4-12
4.2.1	運転計画.....	4-12
4.2.2	運転費.....	4-12
4.2.3	発電計画.....	4-15
第5章	各種ステークホルダー・利害関係者.....	5-1
5.1	各種ステークホルダー・利害関係者.....	5-1
5.1.1	インドネシア共和国中央省庁.....	5-1
5.1.2	バリ州のステークホルダー.....	5-2
5.1.3	案件形成に必要なステークホルダー.....	5-3
第6章	プロジェクト・ファイナンスの活用.....	6-1
6.1	プロジェクト・ファイナンスの活用について.....	6-1
6.2	プロジェクト・ファイナンス活用のメリット.....	6-5
6.3	セキュリティ・パッケージの構築.....	6-6
6.4	プロジェクト・ファイナンス活用の可能性.....	6-7
第7章	実施体制.....	7-1
7.1	実施体制.....	7-1
7.2	特別目的会社の事業実施に必要な条件.....	7-3
第8章	実現可能性評価.....	8-1
8.1	実現可能性評価.....	8-1
8.1.1	事業前提条件.....	8-1
8.1.2	資金調達条件.....	8-2
8.1.3	廃棄物発電設備の仕様について.....	8-2
8.1.4	燃料（ごみ質）の設定.....	8-3
8.1.5	建設費用・インフラ接続費.....	8-3
8.1.6	運転保守修繕費.....	8-4
8.1.7	環境アセスメントに関連する費用.....	8-4

8.1.8	試運転に関わる諸経費の取り扱いについて .....	8-4
8.1.9	各種保険に関する費用について .....	8-5
8.1.10	公租公課について .....	8-5
8.2	採算性評価 .....	8-6
8.2.1	採算性評価の前提条件 .....	8-6
8.2.2	事業キャッシュフロー分析 .....	8-6
8.3	感度分析 .....	8-8
8.3.1	売電価格による経済指標の変動について .....	8-8
8.3.2	ごみ処理費用価格の変動による経済指標の変動について .....	8-10
8.3.3	Viability Gap Fund(VGF)適用による感度分析 .....	8-12
8.3.4	JCM 設備補助適用による感度分析 .....	8-13
第 9 章	JCM 方法論作成 .....	9-1
9.1	MRV 体制 .....	9-1
9.2	適格性要件 .....	9-3
9.3	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 .....	9-4
9.4	プロジェクト実施前の設定値 .....	9-8
9.5	JCM 方法論案 .....	9-16
9.5.1	JCM Proposed Methodology Form .....	9-17
9.5.2	JCM Proposed Methodology Spreadsheet .....	9-30
第 10 章	今後の課題と結論 .....	10-1
10.1	今後の課題 .....	10-1
10.2	結論 .....	10-2

## 図表 目次

図 1.1	バリ島の位置 .....	1-2
図 1.2	TPA Suwung 最終処分場の現状（平成 28 年 8 月現在） .....	1-2
図 1.3	TPA Suwung 最終処分場の現状（平成 28 年 8 月現在） .....	1-3
図 1.4	調査実施体制と役割 .....	1-5
表 1-1	実施スケジュール .....	1-6
図 2.1	インドネシア共和国人口推移 .....	2-1
図 2.2	インドネシア共和国 GDP 推移.....	2-2
図 2.3	産業部門別国内総生産の構成比 .....	2-3
図 2.4	PLN 発電電力量（2013 年、単位 GWh） .....	2-4
図 2.5	IPP および自家発電からの PLN 購入電力量（2013 年、単位 GWh） .....	2-4
図 2.6	需要家別販売電力量（2013 年、単位 GWh） .....	2-5
表 2.1	インドネシア共和国の電力販売量の予測値（単位：%、TWh） .....	2-5
図 2.7	電源構成比（2011 年） .....	2-6
図 2.8	電源構成比目標値（2025 年） .....	2-7
図 2.9	電源構成比目標値（2050 年） .....	2-7
図 2.10	インドネシアバリ州地図 .....	2-8
表 2.2	ジャワ・バリ系統における電力需要・電化率予測.....	2-9
表 2.3	ジャワ・バリ系統における燃料別エネルギー生産の構成.....	2-10
図 2.11	インドネシアにおけるごみ処理方式.....	2-12
図 2.12	デンパサールでのごみフロー .....	2-13
図 2.13	Suwung 最終処分場の区画説明（現地に掲載） .....	2-14
図 2.14	埋立使用中の BLOK1（2016 年 7 月） .....	2-15
図 2.15	サニタリーランドフィル .....	2-15
図 2.16	NOEI 社の設備（選別する前処理施設と推察される） .....	2-16
図 2.17	NOEI 社の設備（メタン発酵槽らしきコンクリート槽） .....	2-16
図 2.18	2016 年 7 月の様子（写真右側にガスエンジン建屋） .....	2-17
図 2.19	2016 年 11 月の様子（写真中央にガスエンジン建屋の屋根が見える） .....	2-17
図 2.20	コンポストセンターの様子 .....	2-18
表 2.4	ごみ組成別の原単位及び発生量 .....	2-19
表 2.5	Suwung 最終処分場への搬入状況 .....	2-20
図 2.21	デンパサール市内のごみ銀行の様子.....	2-22
表 2.6	政策と戦略 .....	2-23
表 2.7	3R に関する目標.....	2-25
図 2.22	大統領令 18 号 2016 により指定された 7 都市と廃棄物発生量.....	2-27
表 2.8	再生可能エネルギーに関する法令.....	2-28
表 2.9	メタンガス発電技術の FIT 価格.....	2-28

表 2.10	熱処理発電技術の FIT 価格 .....	2-28
表 2.11	PPP 制度の概要 .....	2-30
図 2.23	PPP スキームの流れ .....	2-33
図 2.24	IIGF の働き .....	2-35
図 2.25	VGF の適用フロー .....	2-37
表 2.12	キックオフミーティング概要 .....	2-38
図 2.26	事業スキーム .....	2-39
表 2.13	リスクアロケーション .....	2-40
図 2.27	キックオフミーティング写真（中央が副市長） .....	2-41
図 3.1	焼却炉方式 .....	3-1
図 3.2	世界のごみ焼却炉の導入数 .....	3-2
図 3.3	世界における焼却方式の導入割合 .....	3-2
表 3.1	焼却炉形式概要 .....	3-3
表 3.2	焼却炉形式間の比較 .....	3-4
表 3.3	ガス化熔融炉形式概要 .....	3-5
表 3.4	ガス化熔融炉形式間の比較 .....	3-6
表 3.5	建設費と運転費 .....	3-7
表 3.6	安定性 .....	3-8
表 3.7	残渣量 .....	3-8
表 3.8	環境負荷 .....	3-9
表 3.9	世界における導入実績 .....	3-9
表 3.10	各焼却方式の比較まとめ .....	3-10
図 3.4	燃焼排ガス再循環システム .....	3-12
図 3.5	高温空気燃焼システム .....	3-12
図 3.6	高温空気燃焼システムによる空気比の改善（実績比較） .....	3-13
図 3.7	高温空気燃焼システムによる電気出力の改善（実績比較） .....	3-13
図 3.8	二回流ガス流れ炉のメカニズム .....	3-14
図 4.1	焼却炉概略フロー .....	4-1
図 4.2	JFE 二回流式ストーカ炉の構造図 .....	4-3
図 4.3	JFE Hybrid ACC 概念図 .....	4-3
図 4.4	飛灰処理設備の概略フロー .....	4-6
表 4.1	ごみ質設定 .....	4-7
表 4.2	本調査で採用する排出基準 .....	4-8
表 4.3	主要設備仕様 .....	4-8
図 4.5	全体敷地計画図 .....	4-9
図 4.6	全体レイアウト縦断面図 .....	4-10
図 4.7	タービン・コンデンサ縦断面図 .....	4-11



図 4.8	タービン・コンデンサ縦断面図 .....	4-12
図 4.9	全体工事工程 .....	4-13
表 4.4	廃棄物発電プラントの建設費(概算).....	4-13
表 4.5	運転人員計画 .....	4-14
表 4.6	用役一覧 .....	4-15
表 4.7	運転費用 .....	4-16
表 4.8	電力収支 .....	4-17
図 5.1	インドネシアにおける中央省庁組織図.....	5-1
表 6.1	プロジェクト・ファイナンスとコーポレート・ファイナンスの相違点.....	6-2
図 6.1	JICA 投融資スキーム (想定) .....	6-4
図 6.2	セキュリティ・パッケージ (出典：日本政策投資銀行) .....	6-6
図 6.3	PPP 実施プロセス.....	6-9
表 6.2	廃棄物発電事業におけるリスク分担案.....	6-12
図 6.4	プラント建設フォーメーション想定図.....	6-16
図 6.5	リスク分類 .....	6-18
図 6.6	O&M 体系イメージ.....	6-20
図 7.1	実施体制 (案) .....	7-1
表 7.1	事業実施に必要な条件 (対インドネシア) .....	7-3
表 8.1	焼却残渣処理に関する所掌範囲 .....	8-1
表 8.2	プロジェクト・ファイナンス調達費用.....	8-2
表 8.3	廃棄物発電プラント設備仕様 .....	8-2
表 8.4	燃料 (ごみ質) .....	8-3
表 8.5	建設費用 .....	8-3
表 8.6	運転費用 .....	8-4
表 8.7	試運転諸費用 .....	8-5
表 8.8	各種保険に関する諸費用 .....	8-5
表 8.9	法人税.....	8-5
表 8.10	採算性評価の前提条件 .....	8-6
表 8.11	売電価格の変動影響 .....	8-8
図 8.1	売電価格の変動 .....	8-9
表 8.12	ごみ処理費用の変動影響 .....	8-10
図 8.2	ごみ処理費用の変動影響 .....	8-11
表 8.13	VGF 適応時の PIRR.....	8-12
表 8.14	VGF 適応時の EIRR .....	8-12
表 8.15	VGF 適応時の平均 DSCR.....	8-13

表 8.16	売電価格の変動影響(JCM 適応).....	8-14
表 8.17	ごみ処理費用の変動影響 (JCM 適応) .....	8-15
図 9.1	本プロジェクトにおいて想定される MRV 体制とそれぞれの役割.....	9-1
表 9.1	算定に用いるパラメーター一覧 .....	9-8
表 9.2	モデル補正係数のデフォルト値 (ベースライン排出量の場合) .....	9-10
表 9.3	Application A 及び水位が処分場の底よりも低い場合のデフォルト値 .....	9-11
表 9.4	DOCj デフォルト値.....	9-12
表 9.5	kj デフォルト値.....	9-12
表 9.6	分解速度 (kj) デフォルト値 .....	9-13
表 9.7	FCCj デフォルト値.....	9-14
表 9.8	FFCj デフォルト値.....	9-14
表 9.9	本方法論案で示した N2O 排出係数 (EFN2O) デフォルト値.....	9-15
表 9.10	N2O 排出係数 (EFN2O) デフォルト値 .....	9-15

# 第1章 序論

## 1.1 調査の背景と目的

経済成長の著しいアジア諸国において、人口増加や生活水準の向上により廃棄物の発生量が増加しており、適正な廃棄物処理が要求されている。しかしながら、廃棄物処理体制が未整備・未成熟である国においては、廃棄物の不適切な処理に伴って発生する環境汚染が懸念されている。

一方、廃棄物処理・リサイクルシステムの先進技術を向上させてきた我が国にとっては、廃棄物処理という問題に直面している国々に対して、我が国が保有している技術を展開し、世界規模で低炭素社会の実現につなげることが必要である。2015年11月に開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）においては、すべての国が参加し、公平かつ実効的な枠組みとなる「パリ協定」が採択され、早期に地球温暖化対策計画を策定し、排出削減への取組を着実に実行していくことが宣言され、そのための都市間連携の取組の重要性についてもアピールされた。また、2016年に開催された国連気候変動枠組条約第22回締約国会議（COP22）において、パリ協定の重要な柱の一つである市場メカニズムに関し、日本は二国間クレジット制度（JCM）に署名した16か国が一堂に会する「第4回JCMパートナー国会合」を開催し、その場で16か国の代表者とJCMクレジットの発行を含むJCMの進捗を歓迎し、JCMをさらに推進していくことを確認している。

以上のことから、本調査は、低炭素社会実現のための都市間連携に基づくJCM案件形成可能性調査事業として、そのノウハウを有する東京二十三区清掃一部事務組合と連携し、インドネシア共和国バリ州サルバギタ広域における都市ごみを対象に適正な廃棄物処理を提案し、循環型社会の実現へ向け、その事業性を評価するものとする。

現地においては、既存の埋立処分場の使用寿命が逼迫しており、また、バリ州は地理的な制約もあるため新たな埋立処分場の確保が難しいという現状を踏まえ、本調査では我が国の保有する適正な廃棄物処理および電力需要の改善に資する廃棄物発電プラントの導入を前提に、事業の実現可能性を評価する。

## 1.2 事業の実現可能性

### 1.2.1 対象地域の現状

インドネシア共和国バリ州は首都ジャカルタより凡そ950kmの距離にあり、ジャワ島東部に位置する。デンパサール市はバリの州都であり、バリ島南部位置している。小スンダ列島の中心地でもある。デンパサール市の面積は123.98㎡、人口は2005年には約57万人であったが、2011年には約80万人へと増加しており、年間6%以上の人口成長率を記録している。

デンパサール市においては、一般廃棄物（以下MSW: Municipal Solid Waste）はデンパサールに位置するTPA Suwung最終処分場にて埋立処理されており、日量約800-1,000トンのMSWが同埋立処分場にて埋立処理されている。バリ島の経済は著しい成長を続けており、急速に発展する経済と人口の増加に伴い、一般廃棄物の総量は増加の一途を辿っている。その一方で、同埋立処分場の使用寿命が近年逼迫しており、その寿命は5年以下という推算がなされている。また、デンパサール市は地理的な制約もあり、新たな埋立処分場の確保が難しいという現状にある。バ

リ州は州都デンパサールを中心に世界でも有数の観光地であり、経済発展は同国の他州と比較しても著しい。バリ州の過去 5 年におけるバリ州内域内総生産額（以下 GRDP）の成長率は平均 5.5%に達しており、主要産業である観光業は同州の GRDP における約 50%の比率を担っており、観光産業への経済依存は非常に大きくなっている。その為、最終処分場の逼迫により、廃棄物処理問題に起因する環境汚染等が発生した場合、島内の観光産業へのダメージは非常に大きく、仮に観光産業がゴミ処理問題に起因する環境汚染により衰退した場合、バリ州の経済は深刻な損失を被る事になると容易に想定出来る事から、同州の廃棄物処理に関する問題解決は切実であり、早急の解決すべき、喫緊の課題である。

以上より、デンパサール市が現在抱えている最終処分場の問題を解決する方策として、廃棄物発電プラントを導入することはゴミの減容化が図れる為、有効的な問題解決策であり、案件実現可能性は非常に高い。



図 1.1 バリ島の位置

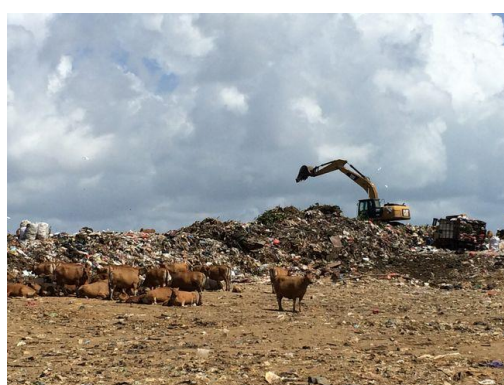


図 1.2 TPA Suwung 最終処分場の現状（平成 28 年 8 月現在）



図 1.3 TPA Suwung 最終処分場の現状（平成 28 年 8 月現在）

### 1.2.2 インドネシア大統領令の制定と固定買取価格制度の改定

インドネシア共和国は東南アジア諸国連合（以下 ASEAN）で最大かつ世界第四位の人口二億三千万を有する国家であり、日量約 2 億トンの廃棄物（内 MSW は約 1 億トン）が排出されている。同国では MSW は最終処分上にて埋立処分されているが、急速に発展する経済と人口増加に伴い、大都市近郊の最終処分場は何れも逼迫した状況下にある。こうした状況を受け、2008 年に中央政府は廃棄物処理法を制定し、オープンダンプングを行っている最終処分場を 5 年以内に閉鎖する事を決定した。しかしながら最終処分場の閉鎖は順調には進んではおらず、こうした現状を考慮し、2016 年には大統領令（Ref: NOMOR18/TAHUN 2016/以下大統領 18 号とする）が発令され、廃棄物に関しては熱処理での処分が義務付けられた。本大統領令 18 号令第 3 項の記載では都市ゴミ発電とは「都市ゴミをベースに新再生エネルギーを利用し、ガス化、焼却炉、熱分解等の熱処理技術による発電」と明確に定義付けられており、MSW 処理に関してのインドネシア共和国の指針が明確に示された形となった。また、2015 年には廃棄物発電に関する固定価格買取制度が改正となり、廃棄物発電に関しては一律 1,450IDR/kW（11.5USD セント相当）であった買取価格が 18.77USD セント/kW へと引き上げられた。こうした法制度の整備/改定は同国の廃棄物発電プラントの普及促進およびプロジェクトの実現に大きく寄与するものであると考えられる。バリ州デンパサール市においても、上記大統領令 18 号の制定、固定価格買取制度の改正を機に、廃棄物発電プラントプロジェクト実現の機運が高まっており、デンパサール市政府高官の廃棄物発電プロジェクト実現への期待は非常に大きい。またデンパサール市は過去に現地民間企業であるナビガット社（以下 NOEI : Navigat Organic Energy Indonesia）に同市にある Suwung 最終処分場でのメタン発酵発電事業の認可を与えたものの、設備は一度も稼働される事ではなく事業が頓挫した。こうした過去の失敗事例を踏まえ、デンパサール市政府高官は、“技術の信頼性”と“F/S の実施に基づく入念な事業計画”を重要視しており、質の高いインフラの重要性を認識している。

## 1.3 調査内容

本調査における調査内容および実施内容は以下の通りである。

### 1) 社会・経済状況把握

平成 26 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務インドネシア共和国バリ州サルバギタ広域における廃棄物発電環境基礎調査をベースとし、現地最新情報を収集して内容を見直す。現地最新情報収集については、現地法人の協力を得て、迅速かつ効率的に情報収集を進める。

### 2) 法制度調査

平成 26 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務インドネシア共和国バリ州サルバギタ広域における廃棄物発電環境基礎調査をベースとし、現地最新情報を収集して内容を見直す。特にプラント計画に必要な排ガス規制値等各種基準については、サルバギタ広域組合と協議の上決定する。またインドネシア環境林業省の助言を受ける。

### 3) 廃棄物発電プラント計画

上記 1 および 2 に基づいて、適切のごみ処理方式を検討する。検討したごみ処理方式についてプラントの概略設計を実施する。概略設計はこれまでの廃棄物発電プラント建設実績を活用しながら、適切なプロセスフロー、マテリアルバランス、レイアウトの作成を実施する。また、建設コストならびに運営コストを試算し、実現可能性評価のベースとする。

### 4) 実現可能性評価

上述 3)にて試算した建設コストならびに運営コストを用いた事業採算性の評価を実施する。また、環境負荷低減効果を定量的に評価し、低炭素化社会の実現可能性を総合的に評価・判断する。

### 5) 事業計画案の策定

実現可能性をより具体化するため、事業計画を立案する。

### 6) MRV 方法論案作成

本提案はごみ焼却発電施設を導入することにより、埋立処分場からの CH<sub>4</sub> 発生抑制および化石燃料由来電力との代替による温室効果ガス排出削減と、廃棄物の適正処理を実現するものである。その MRV 方法論案の作成に関して、作成業務の経験豊富な外部コンサルタントを活用して効率よく進める。

### 7) 都市間連携強化

日本の先進技術の紹介と、東京都の有するごみ処理施設運営手法や国際協力の取組みについて説明し、調査対象地域であるサルバギタ広域組合でのごみ処理運営管理の改善に貢献するとともに、都市間の連携を強化する。

## 1.4 調査体制

本調査の体制図を図 1.4 に示す。JFE エンジニアリング株式会社を実施者とし、都市間連携に基づき、本邦自治体として東京二十三区清掃一部事務組合を共同実施者とした。また、実施者である JFE エンジニアリングの海外現地法人 JFE エンジニアリングインドネシア（PT.JFE Engineering Indonesia）が、現地での情勢把握、法制度調査等を実施した。

さらに、PPP 事業の実施を想定した SPC を形成する可能性を有するため、日系大手商社ならびにインドネシア現地会社を出資者候補とし、対話を進めた。また、EPC パートナーとして現地インドネシアエンジニアリング会社と協業する可能性について協議を進めた。

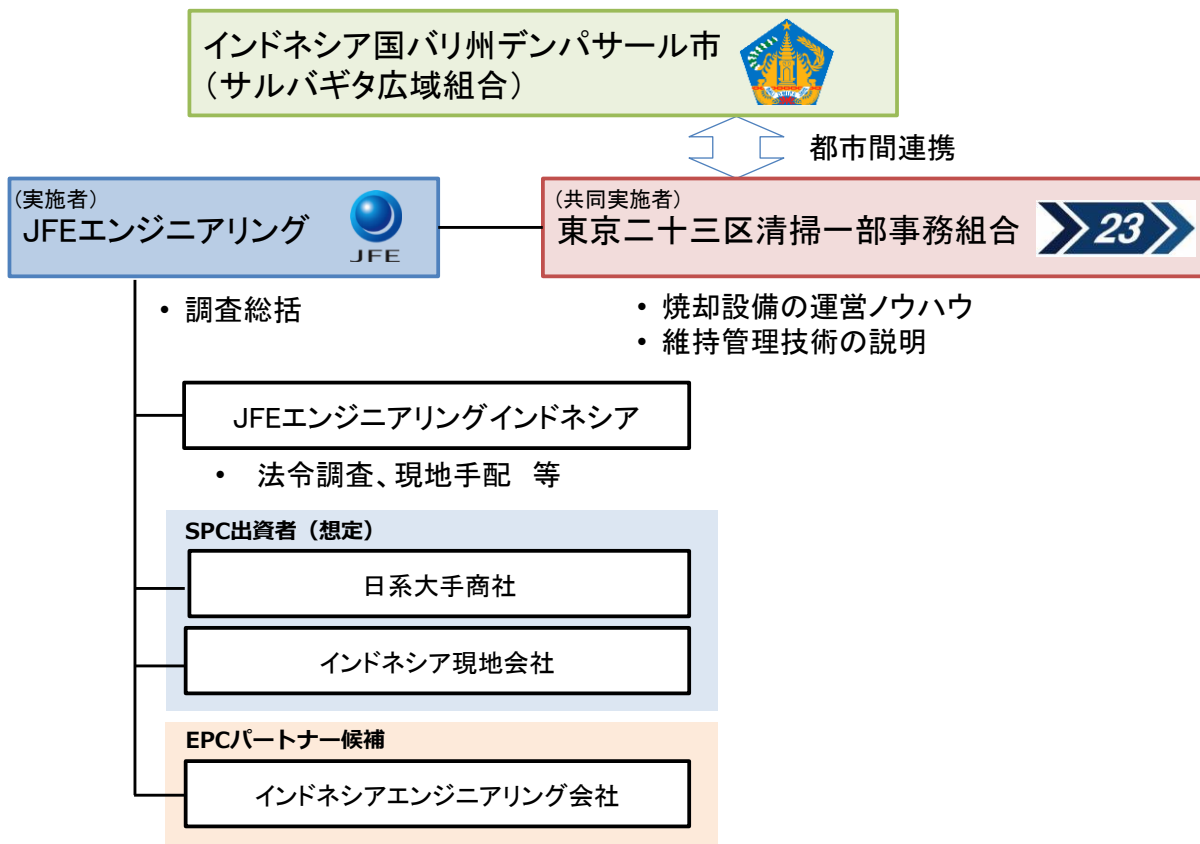


図 1.4 調査実施体制と役割

## 1.5 調査スケジュール

本調査は、表 1.1 に示す実施スケジュールとなった。

表 1-1 実施スケジュール

月	9月			10月			11月			12月			1月			2月			3月					
	下旬	3-7	10-14	17-21	24-28	31-4	7-11	14-18	21-25	28-2	5-9	12-16	19-23	26-30	2-6	9-13	16-20	23-27	30-3	6-10	13-17	20-24	27-3	6-10
主要スケジュール	関係者によるキックオフミーティング																							
	進捗会議																							
実施内容	担当																							
	1. 社会・経済状況把握 最新情報収集																							
JFE																								
2. 法制度調査 最新情報収集																								
JFE																								
3. 廃棄物発電プラント計画 フロント概略設計 建設・運営コスト試算																								
JFE																								
JFE																								
4. 実証可能性評価 事業スキームの検討 事業採算性 感度分析 事業性総合評価																								
JFE																								
JFE																								
5. 事業計画案の策定																								
JFE																								
6. MRV方法論案作成 提案方法論の準備																								
JFE																								
7. 都市間連携強化 先進技術紹介 運営ノウハウ構築支援																								
JFE																								
東京二十三区 物産キタ広域																								
JFE, JFEエンジニアリング																								
東京二十三区・東京二十三区清掃一部事務組合																								
サレハキタ広域：インドネシア国ハリ州サルハルバギタ広域組合																								



## 第2章 対象地域における現状調査

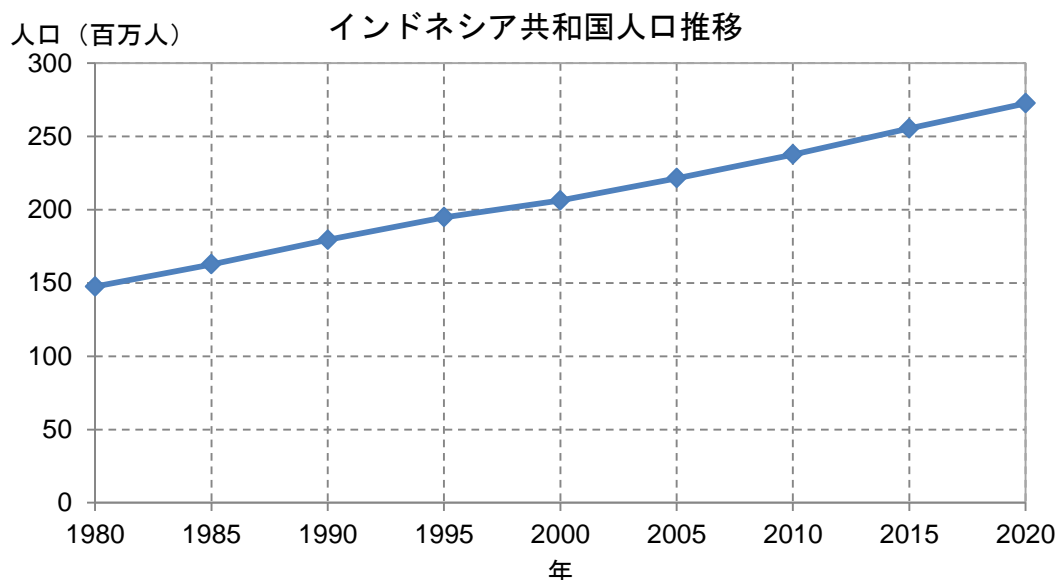
### 2.1 社会経済状況

#### 2.1.1 インドネシア共和国の一般概況

東南アジアの南東部に位置するインドネシア共和国は17,508もの島々によって構成される共和国である。パプアニューギニア、東ティモール、マレーシア、シンガポール、フィリピン、オーストラリアと国境を接している。人口は2014年時点で2億5千万人にのぼり、世界第四位の人口を有する。半分以上の人口はジャワ・バリ地域に居住しているため、経済活動もおよそこの地域に集中している。

17世紀以降にオランダ等の植民地支配下におかれ、第二次世界大戦後独立した。国民はマレー系の300もの種族から構成される多民族国家であり、宗教間、民族間の紛争が散発している。

産業は米、ココナッツ、茶等の農業の他に、石油、天然ガス、ボーキサイト、スズといった鉱物資源も豊富である。経済成長率は、1998年にはアジア通貨危機の影響からマイナス成長となったものの、その後は堅調に推移し、BRICsに続く、新興国のグループVISTAの一員を構成し、その本部が首都ジャカルタに置かれるなど、ASEANの中心的存在である。2014年に選出されたジョコ・ウィド大統領は、就任以来インフラ開発への注力を表明している。

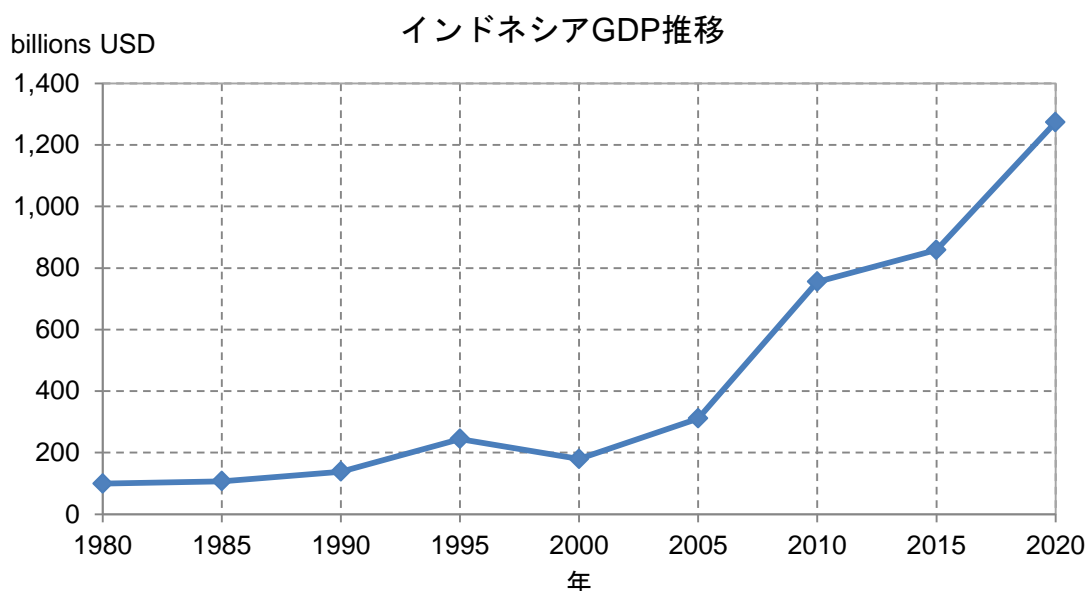


出典：IMF World Economic Outlook Database

図 2.1 インドネシア共和国人口推移

## 2.1.2 インドネシア共和国の経済概況

インドネシア共和国は東南アジア最大の経済大国であり、その国内総生産（以下 GDP）はおよそ 87 兆円（2013 年）にのぼる。インドネシア共和国は 1997 年のタイバーツ切り下げに端を発したアジア通貨危機の悪影響を受け一次停滞したものの、その後は、年率約 6% の安定した経済成長を記録しており、他の ASEAN と比較してもその経済成長は著しい。インドネシア共和国の経済は長らく石油の輸出等の資源産業によって支えられていた。特に 70 年代、80 年代は石油の輸出が経済成長を加速させた。しかし時を経て、2004 年に石油の純輸入国になると、それまでの資源輸出経済から国内の製造業と投資に支えられた経済へと変化しつつある。

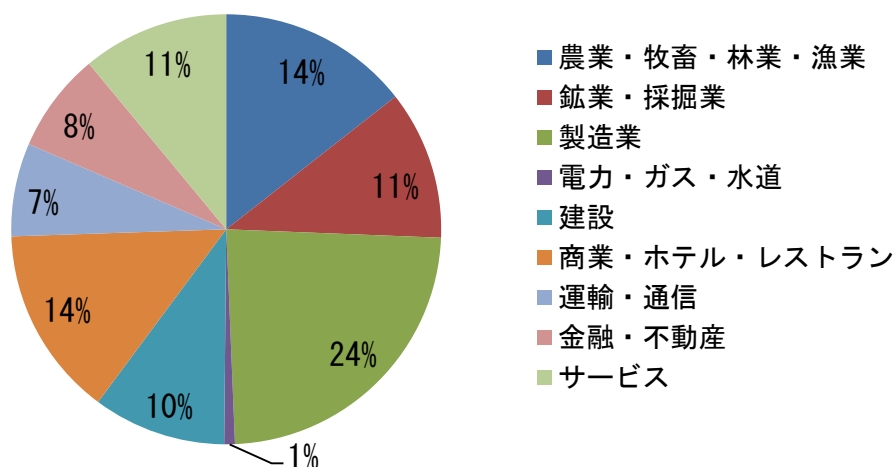


参照：IMF World Economic Outlook Database

図 2.2 インドネシア共和国 GDP 推移

インドネシア共和国における、著しい経済成長は雇用機会を創出するとともに、衛生・教育・インフラといった分野に対する公共支出の増加をもたらし、結果として貧困の解消につながっていると評価出来る。しかしながら、インドネシア共和国政府による実態調査によると、国家貧困ラインである月収 Rp275,779 (\$21.20) 以下の、国民人口は依然 11.47% に達しており、相対的貧困率は低くはない。この数字は 1999 年の 23.4% と比較すれば、減少しているものの、依然として 2700 万人は貧困に喘いでいる状況にある。

顕著な経済発展および人口の増加を遂げる中所得国であるインドネシア共和国にとって、安定的なエネルギー源の確保が今後の課題となっている。仮にインドネシア経済が現在の水準で成長を続ける場合、国内のエネルギー需要は毎年およそ 8% のペースで増加し、2010 年から 2030 年の間で、電力需要は 3 倍になるとエネルギー鉱物資源省は推定している。



出典：Statistics Indonesia

図 2.3 産業部門別国内総生産の構成比

### 2.1.3 インドネシア共和国の電力事情

#### 2.1.3.1 エネルギー資源

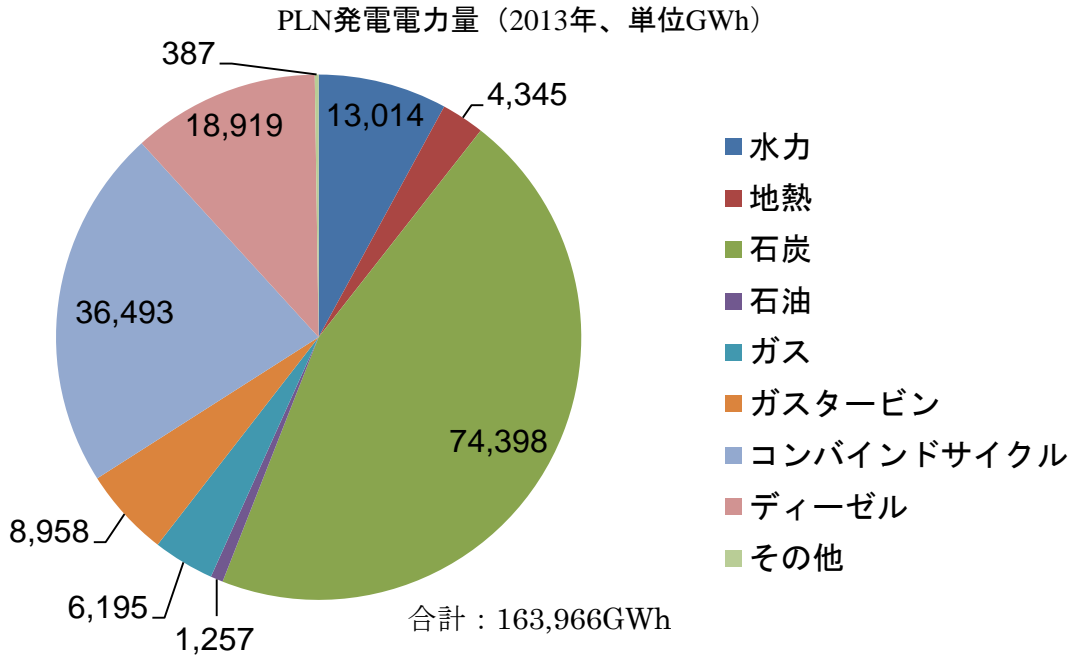
同国エネルギー鉱物資源省によれば、インドネシア共和国には 1200 億トンの石炭、36 億バレルの石油、101trillion cubic feet の天然ガスの埋蔵が確認されている。これは現在確認されている埋蔵量で、石油に 23 年、天然ガスに 59 年、石炭に 146 年の可採年数があることを示している。インドネシア共和国においては化石燃料のみならず、再生可能エネルギー資源も潤沢であり、再生可能エネルギー市場ポテンシャルの潜在市場規模は非常に大きいものであると推測出来る。再生可能エネルギーの潜在資源量は以下のとおりである。

- 1) 水力 (75,000MW)
- 2) 小型水力 (1,013MW)
- 3) 太陽光 (4.8kWh/m<sup>2</sup>/day)
- 4) バイオマス(32, 654MW)
- 5) 風力 (3-6m/s)
- 6) 地熱 (28,000MW)

#### 2.1.3.2 エネルギーバランス

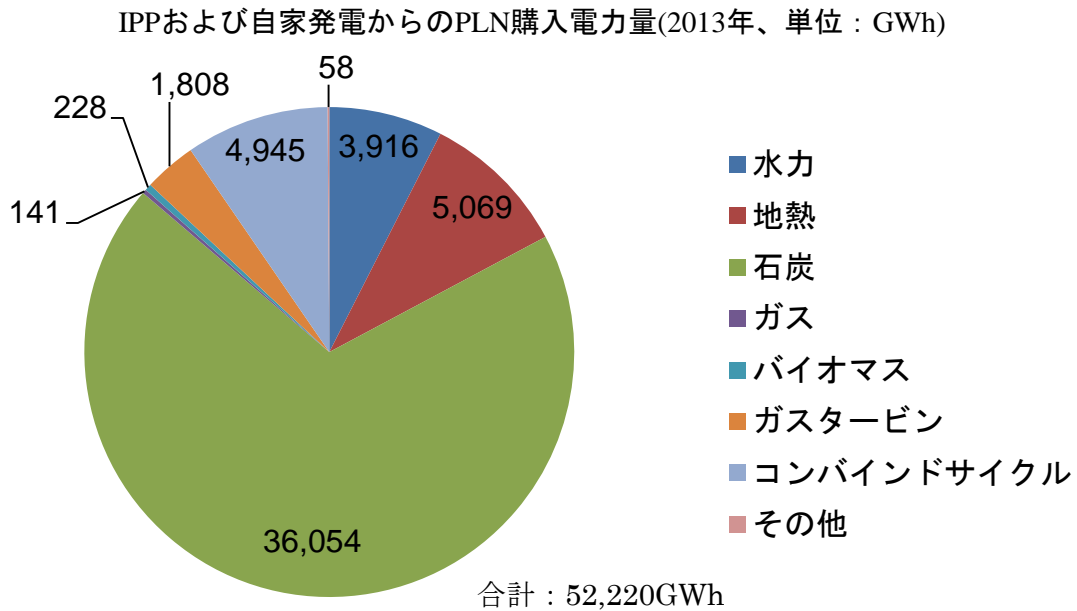
インドネシア共和国における 2013 年の電力需給状況について、インドネシア国営電力公社 (Perusahaan Listrik Negara Persoro:以下 PLN) による発電電力量を図 2.4 に示した。また、PLN が IPP や自家発電から購入した電力量を図 2.5 に示した。電力供給側から見ると、2013 年においては計 216,186GWh の電力が供給されたことになる。一方、図 2.6 に示す需要化別販売電力量によると、電力需要は 187,541GWh であった。2013 年度、電力供給

のほうが上回っていることがわかる。



出典 : Handbook of Energy & Economics Statistics of Indonesia 2014

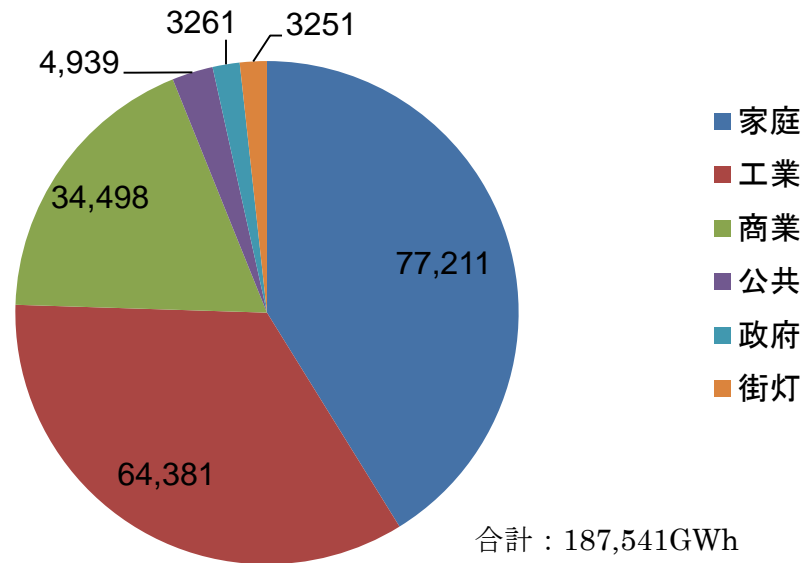
図 2.4 PLN 発電電力量 (2013 年、単位 GWh)



出典 : Handbook of Energy & Economics Statistics of Indonesia 2014

図 2.5 IPP および自家発電からの PLN 購入電力量 (2013 年、単位 GWh)

需要家別販売電力量(2013年、単位：GWh)



出典：Handbook of Energy & Economics Statistics of Indonesia 2014

図 2.6 需要家別販売電力量 (2013年、単位 GWh)

### 2.1.3.3 エネルギー需給予想

現時点においては、需給バランスは取れているものの、PLNは「Long Term Electricity Plan(2013-2022)」の中で、電力需要は予測経済成長率を超え年平均 8.4%で増加していくと予想しており、今後も新たな電源開発の必要があると思われる。

表 2.1 インドネシア共和国の電力販売量の予測値 (単位：%、TWh)

	経済成長率	電力販売量
2013	5.8	189.0
2014	6.0	207.8
2015	6.9	226.8
2016	6.9	246.5
2017	6.9	266.0
2018	6.9	286.4
2019	6.9	308.0
2020	6.9	331.6
2021	6.9	357.7
2022	6.9	386.6

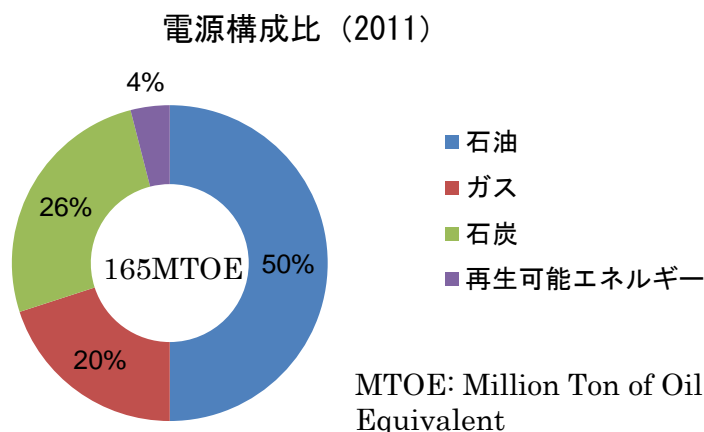
出典：Long Term Electricity Plan(2013-2022)

#### 2.1.3.4 再生エネルギー戦略

インドネシア共和国の政府エネルギー戦略は National Energy Policy (KEN: Kebijakan Energi Nasional) にて制定されており、本指針の中では電源の多様化、環境持続性、国内エネルギー資源の最大限活用が強調されている。KEN は 2014 年に改正されており、2025 年までに全体の 380Mtoe (million tons of oil equivalent 石油換算トン) に対して、石油 (25%)、ガス (22%)、石炭 (30%)、再生可能エネルギー (23%) という目標値が設定されている。その背景として、現状、インドネシア共和国の電源構成比は、以下図 2.7 電源構成比 (2011 年) に記載の通り、化石燃料由来の電源比率が非常に高く、再生可能エネルギーは 4% と依然低い水準であり、化石燃料由来の電源は環境負荷が非常に高いことから他電源へのシフトが急務の課題となっている。また近年、環境保護団体や近隣住民の反対運動の激化により、新規大型石炭火力発電所の建設等は非常に難しい状況にある。その最たる事例として、日系大手商社・IPP 企業が PLN と共同出資を行ったパダン石炭火力発電所プロジェクトの建設計画は、当初予定では 2012 年に着工、2016 年下旬に商業運転開始予定であったものの、土地取得による住民訴訟、環境負荷等の複合的な問題により、大幅なプロジェクト遅延を引き起こしている。

図 2.8 および図 2.9 のグラフは、KEN の中で示されている電源構成比の現状と将来目標値である。2011 年の電源構成比と比較して、再生可能エネルギーの電源構成比率が 4% (2011 年) から、23% (2025 年目標) と設定されていることから、再生可能エネルギーの利用拡大を加速させ、従来の化石燃料を由来とする電源からの電源シフトが国家エネルギー戦略目標として打ち出されている。

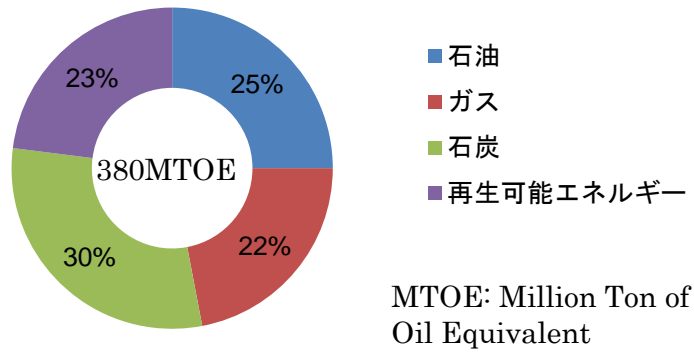
こうした KEN の目標は政府がエネルギー分野の方針を設定する際の判断基準となり、エネルギー鉱物資源省と PLN は共にこの目標を採用し、再生エネルギーの普及を掲げている事からごみを燃料とした廃棄物発電の普及においてもドライビングフォースとなる事が期待される。



出典 : ADB. Energy Sector White Paper. 2014

図 2.7 電源構成比 (2011 年)

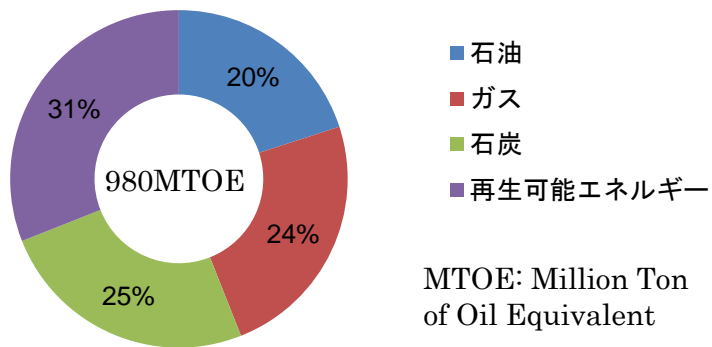
電源構成比目標値（2025）



出典：ADB. Energy Sector White Paper. 2014

図 2.8 電源構成比目標値（2025 年）

電源構成比目標値（2050）



出典：ADB. Energy Sector White Paper. 2014

図 2.9 電源構成比目標値（2050 年）

#### 2.1.4 バリ州の一般概況

バリ州はジャワ島及びロンボク島の上に位置し、北側でバリ海、南側でインド洋、西側でバリ海峡、東側でロンボク海峡に接する。最大のバリ島、ヌサペニダ島、ヌサチュニガン島、ヌサレンボンガン島、スランガン島、及びムンジャンガン島から成る。総面積は5,632.86km<sup>2</sup>であり、8 県（ジュンブラナ県、タバナン県、バドゥン県、ギアニヤール県、クルンクン県、バンリ県、カラングアスム県、ブレレン県）と 1 市（デンパサール市）で構成されている。州都はデンパサール市である。県/市の下部行政組織としては郡がありバリ全州では 55 郡を有する。バリ州の全人口は約 389 万人、州都デンパサールの人口は約 83.5 万人<sup>1</sup>で、2010 年の 78.9 万人<sup>2</sup>から増加傾向にある。なおバリ州全体での 2011-2013 年の人口増加率は 3.19%である。人口密度は、バリ州での 690 人/km<sup>2</sup> に対して、デンパサール市では 4,170 人/km<sup>2</sup>、隣接するバドゥン県では 826 人/km<sup>2</sup> とデンパサール都市圏への人口集中が進んでいる。



図 2.10 インドネシアバリ州地図

1 バリ州中央統計局 2012 年国勢調査による予測値

2 バリ州中央統計局 2010 年国勢調査



### 2.1.5 バリ州の経済概況

バリ州の2012年度GRDPは33兆ルピア（約2,800億円）であり、インドネシア共和国においても。2008年-2012年経済成長率は5.97-6.65%/年とアジア通貨危機以降は、安定して推移している。また、産業別には第3次産業が65%を占めており、次いで第1次産業19%、第2次産業16%となっている。一人当たりGRDPは約825ドルであり、インドネシア共和国平均の94%となっている。

観光産業はバリ州の最も重要な産業であり、2011年度には765万人の外国人観光客が訪れた。観光客数は季節的な変動は少ないものの、乾季である7～9月が最も多い。観光業の発展により州内には数多くの宿泊施設やレストランを有している。実際にバリ州の労働人口約2.3百万人（2012年）のうち3次産業に従事している人口が最も多く、52%に従事している。次点で1次産業に26%、2次産業に22%に従事している。最低賃金は967,500ルピア（県によって異なる）で、これは概ねジャカルタ市の60%～70%レベルである。

### 2.1.6 バリ州の電力事情

バリ州はPLNの事業地域のうちジャワ・バリ系統として分類されている。ジャワ・バリ系統における2011-2021年の電力需要を表2.2に示す。2011年の120.8TWhから2021年には259.4TWhに増加し、年平均増加率は7.9%と予測されている。

表 2.2 ジャワ・バリ系統における電力需要・電化率予測

内容	2011	2012	2014	2016	2018	2020	2021
エネルギー需要 (TWh)	120.8	132.4	156.4	185.8	212.6	242.9	259.4
成長率 (%)	6.5	9.6	9.0	9.0	7.0	6.8	6.8
電化率 (%)	74.0	75.9	80.4	86.6	86.6	89.5	90.9

出典：Long Term Electricity Plan (2012-2021)

2012年から2021年の燃料種類別の電力供給と燃料需要の計画を表2.3に示す。この間に石炭の需要は2倍以上、天然ガスは約1.5倍となるが、その一方で石油燃料の需要は急減する。これはLNGが石油燃料を代替するためである。

表 2.3 ジャワ・バリ系統における燃料別エネルギー生産の構成

燃料タイプ	2012	2014	2016	2018	2020	2021
ディーゼル	7,655	1,828	1,813	428	650	650
船舶用燃料	1,864	1,482	-	-	-	-
ガス	33,537	48,227	43,843	28,947	27,638	31,901
LNG	5,636	12,929	17,982	26,435	30,442	30,442
石炭	89,601	100,425	130,919	157,044	179,779	193,795
水力	5,273	5,273	5,807	7,891	8,425	9,162
地熱	7,953	8,401	11,651	21,948	30,371	30,371
合計	151,519	178,652	212,102	242,781	277,393	286,408

出典：Long Term Electricity Plan(2012-2021)

## 2.2 自然環境状況

### 2.2.1 バリ州の気候

バリは熱帯性海洋気候である。遷移期によって区切られる乾期、雨期の 2 シーズンが存在する。乾期は 4 月から 10 月、雨期は 11 月から 3 月である。

#### 2.2.1.1 バリ州の気温

2012 年のバリ州全体の年間平均気温は 26.8℃、デンパサール市では 27.3℃を記録した。バリ州全体での最高気温はブレレン県で 27.5℃、最低気温はタバナン県で 19.7℃である。

#### 2.2.1.2 バリ州の降水量・湿度

2012 年の年間降水量は 1,767mm、年間を通じて 3 月にもっとも高い降水量の 528.5mm を記録した。近年、大気温度の上昇、海面温度の上昇等地球温暖化の影響でバリ州では降水パターンが変動し、乾期と雨期のシーズンがずれて訪れるようになっている。

バリ州内 4 か所の観測点で観測された平均湿度は 80.5%である。最高湿度はカランガスム観測点での 96%、最低湿度はサングラール・デンパサール観測点での 27%であった。

#### 2.2.1.3 バリ州の日照率

2012 年のバリ島の日照率は平均で 69%である。最低日照率はカランガスム観測点で 1 月に記録された 18%、最高はサングラール・デンパサール観測点、10 月での 95%であった。

### 2.2.2 バリ州の地形・地質

#### 2.2.2.1 バリ州の地形

バリ島は中央部に東西に山脈が広がり、これらの山脈の間に火山群がある。バリで最も

標高が高いのは 3,142m のアグン山である。また、上記の他にジュンブラナ県のマーブック山 (1,356m)、ブレレン県のパタス山 (1,414m)、カランガスム県のスラヤ山 (1,058m) を含む山脈がある。これらの山脈がバリを地理的に勾配の少ない狭い低地からなるバリ島北部と、広く勾配のあるバリ島南部に不均等に分けている。バリ州にはブラタン湖、ブヤン湖、タン布林ガン湖、バツール湖がある。北部とは異なり、バリの南部は 62,500m のアユントウカッド川を初めとした川が低地を流れている。

#### 2.2.2.2 バリ州の地質

バリ島の地質は主に *Regusol* と *Latasol* (赤土) から構成され、その他ごく僅かに *Mediteran*、*Andasol* 層が混在する。浸食に非常に弱い *Latasol* 層が西部のカロパクサ、ペテモン、リンジキット、プンパタンまで広がっており、プニユ山、ピントウ山、ジュウェット山、スラヤ山にも分布し、バリ島地域の 44.90% を占める。同じく浸食されやすい *Regusol* 層が東部のアマラプラからチュリック、シンガラジャ岸からスリリット、ブブナン、ククラン (タン布林ガン湖、ブヤン湖、ブラタン湖周辺)、バツカル森林、南岸のクサンバ村、サヌール、ブノア、クタの一部に分布する。この層はバリの 39.93% を占める。*Andasol* 層はバトゥリティ、チャンディクニン、バニユアティス、ゴブレグ、ププアン、バツカル山周辺の森林の一部にてみられる。浸食にやや強い *Mediteran* 層は、ジャジラヌサブニダ丘陵及び周辺の諸島、クタヒル、プレパットアゴンに、また浸食に強い沖積層がネガラ、スンバークランポック、マンギス及びアングアトルに分布している。

## 2.3 事業対象地域における処理対象の発生・処理の現況

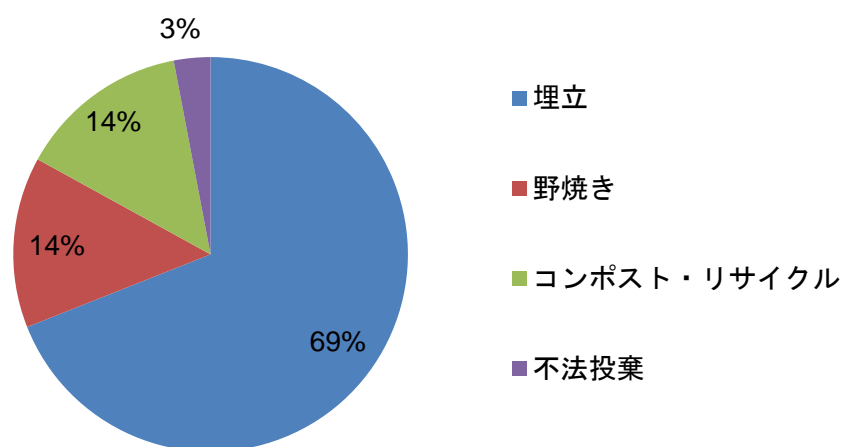
### 2.3.1 ごみフロー、発生量・収集量・処分量

インドネシア共和国における廃棄物の発生量は、およそ一人 1 日当たり 2・3 リットル、全土で 1 日 4 億 4 千万リットル、年間 1540 億リットルで約 8030 万トンに達すると見積もられている。

廃棄物の内容は、大都市ほど食品関係の有機廃棄物が占める割合が大きく、ジャカルタ、マカッサル、スラバヤ、バンドンなどのいずれかの主要都市においても、全体の 60% を超えている。また、紙の発生量も多く、廃棄物全体の 10% を超えている都市がほとんどである。他方、プラスチックとゴム廃棄物も多く、およそ 10% 近くに及ぶ。他方、非有機廃棄物の割合は、都市により異なるが、およそ 10~30% に達している。

また、家庭ごみは人口の増加に伴い、増加することが予想されている。人口の増加率が年 0.9% とすると、2020 年には総人口は 2 億 6,200 万人に達し、更に一人あたりのごみ発生量も増大することが予想される。1991 年の一人 1 日あたりのごみ発生量は 0.7kg であったが、1995 年に 0.8kg へと増加しており、廃棄物発生量は 2020 年には 0.91kg に増加すると予想されている。

インドネシア共和国のごみ処分方式をみると、廃棄物全体のおよそ 70%が最終処分場において、オープンダンプ方式による埋立処理されており、管理埋立方式はジャカルタ・バリ州等一部の最終処分場にて導入されてはいるものの、不衛生・不適切な廃棄物の処理による環境問題が人口の増加に伴うごみの発生量増加に伴い、年々顕在化している状況にある。また野焼き・不法投棄等も増加しており、海洋・土壌汚染等の環境問題を引き起こしている現状にある。



出典：Indonesia Domestic Solid Waste Statistics, MoE, 2008

図 2.11 インドネシアにおけるごみ処理方式

サルバギタ広域地区の都市ごみ量については、平成 26 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務インドネシア共和国バリ州サルバギタ広域における廃棄物発電環境基礎調査において調査している。その調査によると、2012 年に Suwung 最終処分場 (TPA: Tempat Pembuangan Akhir (インドネシア語で最終処分場)) に搬入されたごみは一日当たり約 800t/日、デンパサール市のみで約 300t/日を記録している。Suwung 最終処分場には、トラックスケール等、搬入されてくるごみの計測機器が無い為、正確な発生量は不明ではあるものの、本 F/S の実施にあたり、デンパサール市環境局に Suwung 最終処分場における搬入ごみ量のデータの提供を依頼し確認を実施した。デンパサール市清掃局の記録によると、2013 年のデンパサール市からのごみの発生量は 2,700m<sup>3</sup>/日、住民一人あたりの排出量は 3.5~4ℓ/日と推定されている。

ごみ発生量に加えて、本 F/S の実施にあたり、デンパサール市清掃局からの聞き取り調査によるデンパサール市におけるごみ処理フローを図 2.12 に示す。

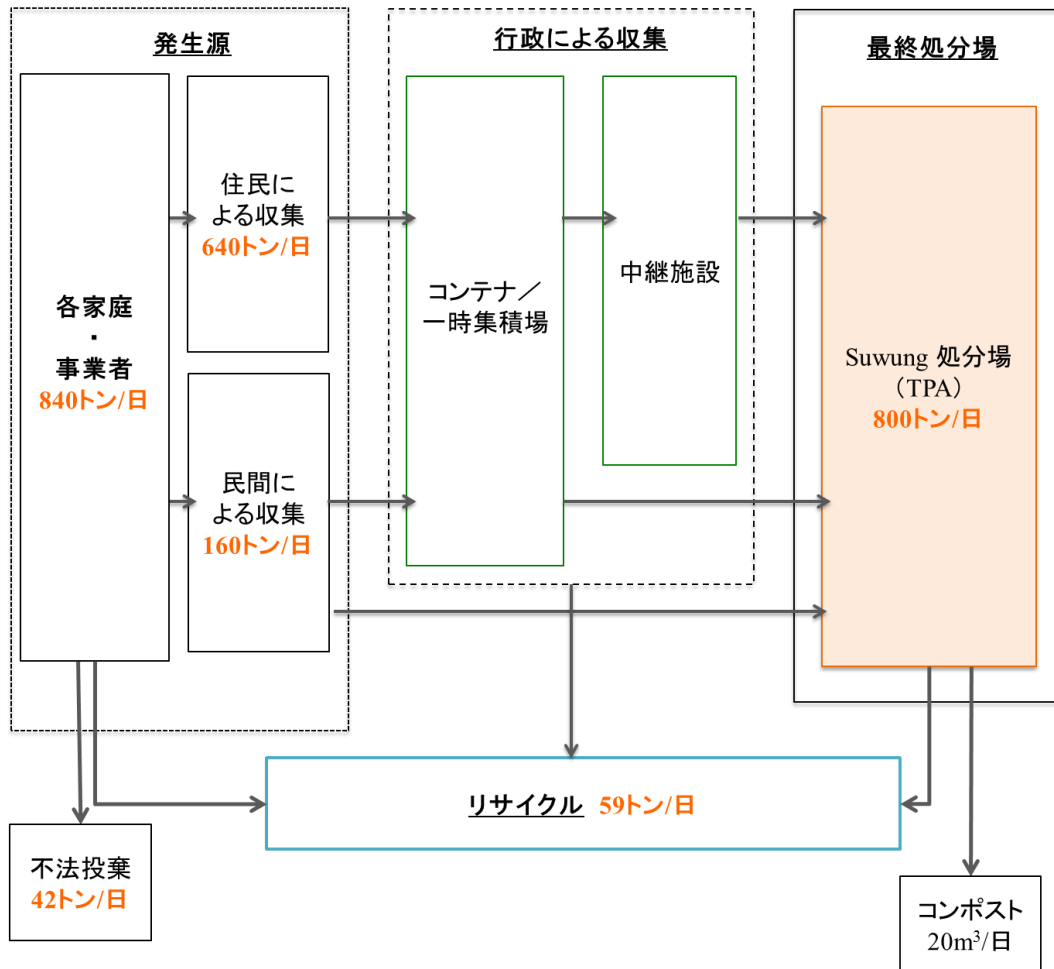


図 2.12 デンパサルでのごみフロー

デンパサル市清掃局によると、不法投棄の横行、発生源での有価物抜き取り等のためにデンパサル市内で発生するごみの正確な総発生量の把握は困難であった為、本調査では、デンパサル市清掃局より受領したごみ搬入量データ並びに、デンパサル市環境局局長やその他関係者等へのヒアリングによる数値に基づき、2012年の Suwung 最終処分場への搬入量と推定される各プロセスの発生量に対する割合から逆算し、総発生量を 840 トン/日と推計した。発生量のうち、5%が不法投棄されていると推定される。残り 95%が一時集積場 (TPS: Tempat Pembuangan Sampah (インドネシア語でゴミ処分場)) へ収集、もしくは Suwung 最終処分場へ直接搬入される。排出されたごみ量のうち 80%が住民、もしくはコミュニティで雇用された収集人により、リヤカーや 3 輪トラック等で TPS へ搬入される。残り 20%は民間業者により収集され TPS へ搬入、一部は最終処分場へ直接搬入される。なお TPS ではウェイストピッカーにより有価物の抜き取りが行われている。

TPS に搬入されたごみは清掃局の 6m<sup>3</sup> 車両 35 台により中継施設へ輸送される。トリップ数は 4 トリップ/日である。中継施設で積み替えられたごみは Suwung 最終処分場へ搬入される。Suwung 最終処分場はサルバギタ広域組合の管理下で運営されており、32ha の敷地面積に 5 区画のオープンダンピングと 1 区画のサニタリーランドフィル(管理型埋立区画)が存在する。以下 Suwung 最終処分場の各区画についての使用状況をまとめたものを図 2.13 に記載する。現在、BLOK II から BLOK V のオープンダンピングサイトに関しては既に閉鎖されており、BLOK I および管理型埋め立て区画(雨季のみ使用)のみが現在使用されている状況にある。

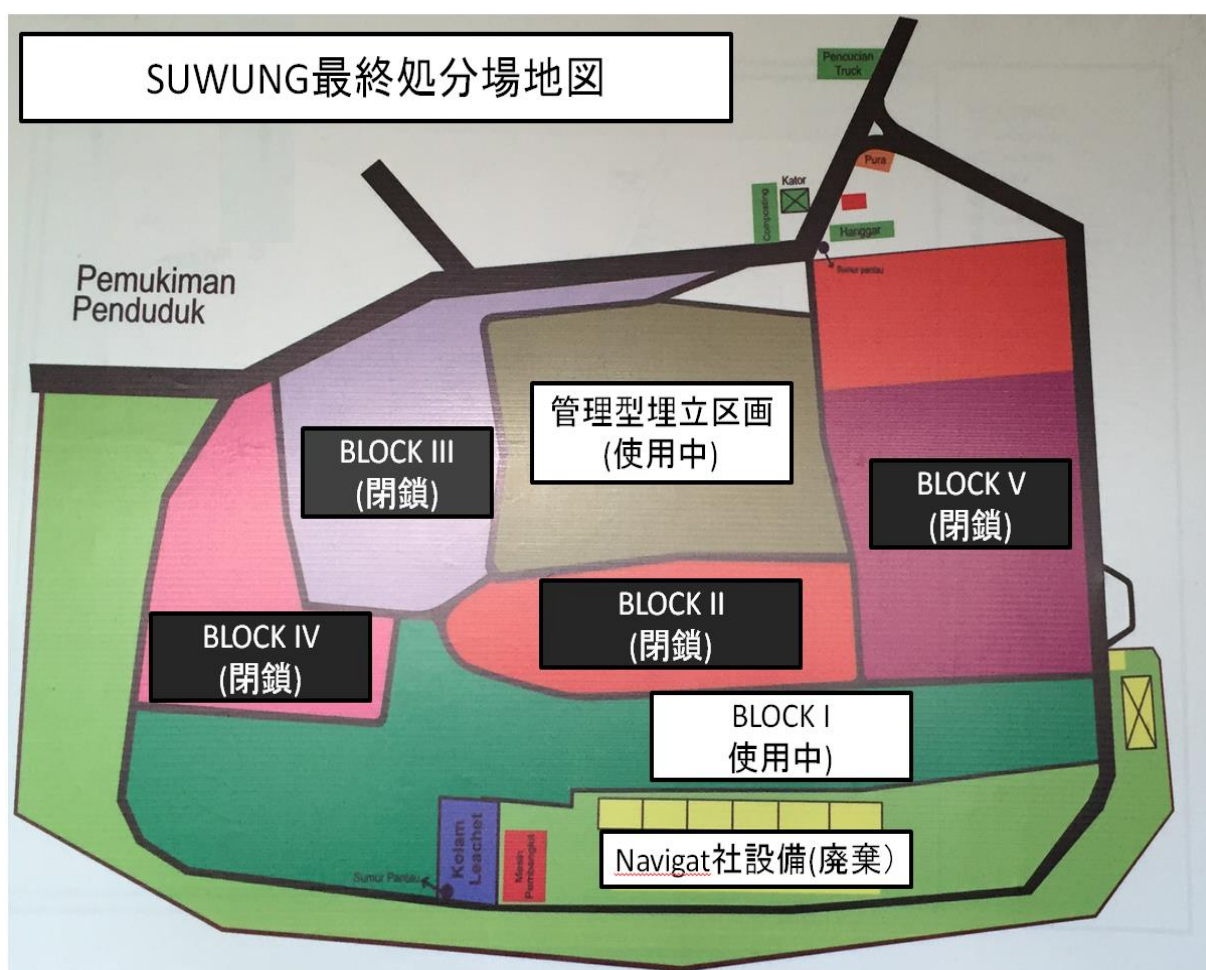


図 2.13 Suwung 最終処分場の区画説明 (現地に掲載)

図 2.14 が 2016 年 7 月時点での BLOK1 の状況である。雨季は積層するゴミが崩れてくることが予想されるため、サニタリーランドフィル（図 2.15）を併用し、オープンダンピングとサニタリーランドフィルのバランスをとりながら運用している。Suwung 最終処分場を管理するデンパサール市清掃局の職員によれば、ごみ運搬車の搬入台数は 500 台/日程度で、およそ 800-1000 トンのごみがサルバギタ地域から搬入されており、最終処分場の残存寿命は 3~5 年程度であるとのことであった。



図 2.14 埋立使用中の BLOK1 (2016 年 7 月)



図 2.15 サニタリーランドフィル

デンパサール市はかつてナビガット社(以下 NOEI: Navigat Organic Energy Indonesia)とメタン発酵施設建設の契約を結んでおり、NOEI 社により施設の一部が建設された。しかしながら、処理費用なしの事業契約であった為、経済採算性確保が困難である事から、一度も使用されることなく、契約は2016年5月に解除された。現在はランドフィルサイト内に、選別の前処理施設(図 2.16)とコンクリート槽(図 2.17)とガスエンジン建屋(図 2.18)が存在する。



図 2.16 NOEI 社の設備 (選別する前処理施設と推察される)



図 2.17 NOEI 社の設備 (メタン発酵槽らしきコンクリート槽)



図 2.18 の通り、2016 年 7 月時点で、NOEI 社が建設したガスエンジン建屋は存在し、その周辺はごみの堆積が見られない状況であった。しかしながら、2016 年 11 月に訪問した際には、堆積していたごみが崩落し、ガスエンジン建屋が押しつぶされ、前処理施設の付近まで、およそ 1~2 メートルのごみが堆積している状況になっていた（図 2.19）。



図 2.18 2016 年 7 月の様子（写真右側にガスエンジン建屋）



図 2.19 2016 年 11 月の様子（写真中央にガスエンジン建屋の屋根が見える）

また処分場内には市営のコンポストセンターが設けられ、搬入されたごみから選別された有機ごみの堆肥化を行っている。ただし生産量は多くなく、20m<sup>3</sup>/日程とのことであった。生産されたコンポストは販売されず、街路樹の肥料等、市内の緑化に無料で使用されている。



図 2.20 コンポストセンターの様子

### 2.3.2 廃棄物の種類・組成

平成26年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務インドネシア共和国バリ州サルバギタ広域における廃棄物発電環境基礎調査によると、2013年のデンパサール市の年間ごみ収集量は904,835m<sup>3</sup>であることから、1日当たりのごみ収集量は2,479m<sup>3</sup>と算出される。また、現地でのごみ量・ごみ質調査よりデンパサール市のごみのかさ比重は205.6kg/m<sup>3</sup>であった。また、デンパサール市からヒアリングした最新のごみ発生量は、2016年1月から9月までの合計で931,456m<sup>3</sup>であり、1日あたりのごみ収集量は3,411m<sup>3</sup>であり、2013年から比較して37%増となっている。このことから、デンパサール市のごみ発生量が増大傾向にあることがわかる。

表2.4には平成26年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務インドネシア共和国バリ州サルバギタ広域における廃棄物発電環境基礎調査で求めたごみ組成別の原単位及び発生量を求めた結果を示す。

表 2.4 ごみ組成別の原単位及び発生量

項目	組成(%)	原単位(g/人/日)	発生量(トン/日)
有機ごみ	37.1	266.7	189.0
剪定ごみ	17.7	127.3	90.2
プラスチック包装	12.3	88.4	62.7
紙ごみ	7.6	54.6	38.7
紙おむつ	6.7	48.2	34.1
その他	4	28.8	20.4
果実の皮	2.8	20.1	14.3
硬質プラスチック	2.4	17.3	12.2
繊維	2.4	17.3	12.2
雑紙	1.7	12.2	8.7
ガラス	1.6	11.5	8.2
木材	1	7.2	5.1
段ボール紙	0.8	5.8	4.1
ゴム・皮革	0.5	3.6	2.5
金属	0.4	2.9	2.0
紙パック	0.4	2.9	2.0
新聞紙	0.4	2.9	2.0
発泡スチロール	0.2	1.4	1.0
有害ごみ	0.1	0.7	0.5

### 2.3.3 収集・運搬、処理・処分、リサイクルの現状

次にサルバギタ地域を代表するデンパサール市の廃棄物管理の現状を述べる。デンパサール市ではごみの排出は毎日17時～19時の間に定められている。住民は自宅近くのコンテナもしくは一時集積場(TPS)までごみの搬入を義務付けられ、そこから最終処分場(TPA)までの運搬が行政の管轄となる。各家庭からは個別収集もしくは25の住民グループ単位に

よる共同収集によりごみが排出される。続いて TPS から TPA への搬入をデンパサール清掃局のトラックが行う。加えて、デンパサール市内には7つの TPS/DEPO（中継施設）が配置されており、TPS からの収集トラックの積み替えも行っている。この段階で有価物の選別も一部行われている。TPS もしくは中継施設を経由して最終処分場へごみが搬入される。

次に最終処分場の搬入状況を示す。平成 26 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務インドネシア共和国バリ州サルバギタ広域における廃棄物発電環境基礎調査により、サルバギタ地域から Suwung 最終処分場への搬入状況は表 2.5 の通りである。

表 2.5 Suwung 最終処分場への搬入状況

No.	処分場への搬入元	2012年の平均搬入量(トン/日)												平均
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
1	バドゥン県	81.11	71.92	63.28	66.49	57.41	55.96	58.40	62.50	71.31	54.65	57.60	59.30	63.33
2	デンパサール市	366.55	353.92	307.31	302.22	255.31	271.98	261.80	288.70	235.83	281.57	275.66	258.30	288.26
3	タバナン県	11.00	10.63	9.82	11.30	10.21	6.68	12.48	9.20	6.30	9.90	6.63	6.21	9.20
4	ギアニャール県	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	事業者	265.59	386.92	432.91	337.44	277.32	329.06	351.20	394.20	388.84	386.05	388.20	325.40	355.26
6	不明	72.43	82.34	81.33	71.75	60.03	66.37	68.39	75.46	70.23	73.22	72.81	64.92	71.60
	合計	796.68	905.73	894.65	789.20	660.28	730.05	752.27	830.06	772.51	805.39	800.90	714.13	787.65

デンパサール市、バドゥン県、事業者による搬入が主であり、現在のところタバナン県、ギアニャール県からの搬入量はわずかである。ただし今後、現在他処分場へ搬入されているギアニャール県、タバナン県のごみが Suwung 最終処分場に搬入されることが検討されている。

## 2.4 廃棄物関連法制度・政策・計画

### 2.4.1 廃棄物関連法制度

インドネシア共和国では、前述した通り、人口の著しい増加と顕著な経済成長による発展に伴い廃棄物の量の増大と質の多様化という問題が各地で顕在化している。この状況に対し、インドネシア共和国政府は、環境林業省・公共事業省を中心に、「集めて捨てる」から「減らして捨てる」への廃棄物管理の方向性の転換を目指し、3R アプローチに基づく減量化及び廃棄物管理方法の適正化のための政策・戦略の策定や関連法制度の整備を進めている。

インドネシア共和国において廃棄物管理の根幹を成すのは廃棄物管理法である。同法の第 18 章において、施行から 1 年以内に政令及び省令を、また 3 年以内に地方条例を定め、廃棄物管理に係る詳細な事項を示すことが規定されている。このため、廃棄物管理の責務を有する地方政府は、市民が廃棄物を減量、分別、再利用、リサイクルする具体的な方法を明記した適切な条例を制定することが求められている。

各法令の概要を以下に示す。

### (1) 廃棄物管理法（2008年法律第18号）

廃棄物管理法は都市ごみに関して新たに制定された包括的な法規制である。本法によって廃棄物は家庭系廃棄物・家庭系類似廃棄物・特定廃棄物の3種に定められた。家庭系廃棄物は一般家庭より排出される家庭ごみ、家庭系類似廃棄物は商業セクターや工業セクター、公共施設などから排出される「家庭ごみ」に似た種類のごみ、特定廃棄物は有害物質を含むものや災害時の廃棄物などである。廃棄物の管理は減量化と適正処理によってなされると規定し、全ての者が減量化と適正処理を環境に適した方法で実施しなければならないとしている。さらに減量化は排出抑制、再利用、リサイクル、適正処理は分別、収集、運搬、中間処理、最終処分と定義している。

また、住宅地、商業地、工業地域、公共施設、社会施設等の管理者に対しては廃棄物の分別施設の設置を義務付けているほか、製造者に対する責任として、その製品やパッケージが廃棄される段階まで求める、廃棄物処理業にライセンス制度を導入するなどの事項が含まれている。

またこの法律によると、オープンダンピングを行っている最終処分場を5年以内に閉鎖せねばならないとしているが、2017年2月現在、オープンダンピングを行っている最終処分場の閉鎖は完了しておらず廃止の目処もたっていない。

### (2) 家庭廃棄物及び家庭系類似廃棄物管理に関する政令（2012年政令第81号）

同政令は、法律第18号（2008年）に基づき家庭廃棄物及び家庭系類似廃棄物の管理に関する詳細な事項を定めている。同政令では、各地方自治体による廃棄物管理の方針や戦略の設定及び廃棄物管理マスタープランの策定のほか、製造者の責務として、生産過程及び販売活動における廃棄物減量化のための計画の策定・実施、廃棄物発生量を最小限にする容器包装の製造、リサイクルプログラムの実施、リユースの推奨などが規定されている。推奨されている分解可能な容器包装の使用については、州の環境局に対して、工業省の協力のもと、生産者と協議を行うことが求められている。

また、ごみ分別収集・運搬、最終処分に関する詳細のほか、廃棄物管理における罰則規定、自治体による住民への廃棄物減量化のための情報提供、住民参加についても同政令で示されている。

### (3) 環境管理法（2009年法律第32号）

同法では、環境保護及び環境管理について定めており、温室効果ガス排出抑制、気候変動適応及び緩和策、気候変動により増加する災害への対応能力の向上に関する記載も含まれている。また、同法に従い策定された省令2012年第19号では「気候変動村」プログラム（Program Kampung Iklim）が示されている。同プログラムではインドネシア共和国温室効果ガス削減目標達成のための各地域からの温室効果ガス排出量データ収集及びキャパシティ・ディベロプメントのためのパイロットプロジェクト事業等が実施されている。

(4) 環境省令（2009 年第 1 号）

同省令では、環境先進都市競争制度「ADIPURA プログラム」に関する事項が規定されている。「ADIPURA プログラム」は環境保護法（No.4/ 1982）による環境先進都市競争制度で 1986 年に開始され、人口 2 万人以上の都市が参加している。同制度における各都市の評価項目にはマネジメント面、フィジカル面、公衆衛生面、公開緑地アメニティ面の 4 項目がある。廃棄物関連ではマネジメント面の廃棄物管理組織、フィジカル面の廃棄物管理施設整備状況が評価対象に含まれている。

(5) 環境省令（2012 年第 13 号）

同省令では、「ごみ銀行」を通じた 3R の実施について規定している。「ごみ銀行」とはコミュニティベースで実施される廃棄物減量化プログラムである。本プログラムは、環境林業省の支援のもと各地域の RT（隣組）/RW（町内会；複数の RT から成る）レベルで「ごみ銀行」のための施設を設け、周辺住民が主体的に各戸より資源ごみを持ち寄って、分別・計量し、リサイクル業者への販売を行うものである。

インドネシア共和国全土には、2012 年 12 月時点で「ごみ銀行」に係る施設は 1,195 カ所設置されている。



図 2.21 デンパサー市内的のごみ銀行の様子

(6) 公共事業省令（2006 年第 21 号）

同省令では、廃棄物管理システム開発における国家政策及び戦略を示している。その概要は以下の通りである。

①目標

- ・ 持続可能な廃棄物管理のためのごみの減量化
- ・ 廃棄物管理サービスの拡大と質の向上
- ・ 市民及び民間セクターの役割の強化
- ・ 組織体制や運営体制の改善
- ・ 資金調達の強化
- ・ 法の整備と施行の強化

②2010年に向けた数値目標

- ・ ごみ量の 20%削減
- ・ 人口の 60%へのサービスの提供

③政策と戦略

表 2.6 政策と戦略

政策	戦略
1. 発生源におけるごみの削減	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 3R に関する一般市民の意識向上</li> <li>・ 3R 実施に関するインセンティブ及びディスインセンティブの開発と実施</li> <li>・ セクター間、特に工業と商業セクター間の連携の強化</li> </ul>
2. 廃棄物管理のパートナーとして一般市民及び民間セクターの積極的な参画の促進	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 初等教育を通じ年少期からの廃棄物管理に対する理解促進</li> <li>・ 廃棄物管理に関するガイドライン、ガイダンスなどの普及</li> <li>・ 特に女性を対象とした、廃棄物管理に係るコミュニティへのトレーニングの改善</li> <li>・ コミュニティレベルでの廃棄物管理の推進</li> <li>・ 民間セクターに対し動機付けする優遇施策の開発</li> </ul>
3. 廃棄物管理のサービス拡大と質の向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機材・設備の有効活用</li> <li>・ 計画性と公正に基づくサービス拡大</li> <li>・ サービス拡大目標に向けた機材・設備の拡充</li> <li>・ 環境を汚染している最終処分場のリハビリ</li> <li>・ 最終処分場のコントロールダンプ／衛生処分場への転換</li> <li>・ 都市圏を主とした広域最終処分の推進</li> <li>・ 環境に配慮した適正な処理技術の研究開発</li> </ul>
4. 組織と法制度の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃棄物管理担当組織の自立的組織(Agency あるいは Corporation)への転換</li> <li>・ 廃棄物管理担当組織のパフォーマンス向上</li> <li>・ 規制組織と実施組織との分離</li> <li>・ 政府内の他機関、開発業者、NGO、大学など様々なステークホルダーとの協力と連携の強化</li> <li>・ 廃棄物管理に携わる中央・地方政府関係者の人的資源開</li> </ul>

政策	戦略
	発 ・ 広域での集約的廃棄物管理の推進
5. 代替資金源の確保	・ 中央・地方政府の意思決定者における、廃棄物管理への優先度に関する認識の共有 ・ 廃棄物管理の採算性に関する意識向上

#### (7) 公共事業省令（2013年 第3号）

同省令は、家庭廃棄物及び家庭系類似廃棄物の管理における施設整備について規定している。同省令では地域コミュニティからのごみ収集における収集施設として 3R 実施機能を持つ一次集積所（以下 TPST-3R）を住宅地、商業地、工業地域、特別地域、公共施設及びその他の施設に設置することを地方自治体に対して義務付けている。

TPST-3R では家庭ごみ分別収集、有機ごみのコンポスト化、容器包装のリサイクル、危険ごみ（電池、蛍光灯等）の分別収集等が実施される。また「ごみ銀行」のようなコミュニティベースの廃棄物減量化活動も TPST-3R の活動に集約可能であると記載されている。

#### (8) 環境省による 3R 戦略

環境省の 3R 戦略の素案は、UNCRD 及び IGES の支援を受け、バンドン工科大学が中心となって策定している。その概要は以下のとおりである。なお、本 3R 戦略は完成後、環境省令として正式に発表される予定であったが現在策定、施行予定は未定である。

##### ①原則とする考え方

- ・ 製造業者の参加と一般市民の認識が鍵である。
- ・ 都市廃棄物及び産業廃棄物は資源である。
- ・ 排出者が責任をもつ。
- ・ End of Pipe から 3R アプローチへ社会の方向性及び価値観を転換する。
- ・ リサイクルは経済活動である。
- ・ モニタリングと評価により 3R 活動を継続的に向上させる必要がある。

##### ②戦略

- ・ 諮問機関としての新組織の設立
- ・ 法律と政策の整備
- ・ 技術と情報システムの整備
- ・ ステークホルダー（中央政府、州政府、県・市政府、ウェイストピッカー、企業、コミュニティ、研究機関）の役割の強化と連携
- ・ 財政措置（都市廃棄物の 3R は中央及び地方政府が負担し、産業セクターの 3R 実施は排出者責任の原則に基づく）



・国際協力の推進

さらに、アクションプランとして、2009年～2011年、2012年～2013年、2014年～2017年の3期ごとに、上記戦略の具体的な実施内容及び実施主体をあげ、表2.7のような目標を掲げている。

表 2.7 3Rに関する目標

目標年	2011年	2013年	2017年
都市廃棄物関連	<ul style="list-style-type: none"> <li>関係者の意識向上</li> <li>制度面・施設面の整備</li> <li>3Rの知識・技術の蓄積</li> <li>3Rクリアリングハウス</li> </ul> ※ 構築 <ul style="list-style-type: none"> <li>地方条例の整備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラスチックごみの75%をリサイクル</li> <li>リサイクルできないプラスチックごみの30%を有効利用</li> <li>都市廃棄物の35%をコンポスト化</li> <li>金属、ガラス、紙ごみの30%をリサイクル</li> <li>最終処分量の30%削減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラスチックごみの85%をリサイクル</li> <li>リサイクルできないプラスチックごみの60%を有効利用</li> <li>都市廃棄物の55%をコンポスト化</li> <li>金属、ガラス、紙ごみの45%をリサイクル</li> <li>最終処分量の45%削減</li> </ul>
産業廃棄物関連	<ul style="list-style-type: none"> <li>産業廃棄物3Rに関する国家政策の策定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>有害産業廃棄物1,500万トンをリサイクル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>有害産業廃棄物2,700万トンをリサイクル</li> </ul>

※クリアリングハウス...複数の情報システムを中継し、様々な形式のデータを相互に利用できるようにするためのサービス

(9) 環境影響評価制度 (AMDAL)

環境影響評価制度 (AMDAL)は、1997年環境管理法第15条の規定「環境に重大な影響を及ぼす可能性のある事業は環境影響評価を実施しなければならない」を根拠とする（導入は82年旧環境管理法第16条に基づく）。1993年の「環境影響評価に関する政令」(No.15)では、初期スクリーニングプロセスの簡略化や複数の省庁はからむ事業の審査に関する環境影響管理庁の権限強化などを柱とした制度の抜本的改正が実施され、その後1999年に改訂されている（1999年政令第27号）。本政令には対象事業のリスト、AMDAL評価委員会の手続き指針、AMDAL評価委員会・地方委員会の設置、技術審査のガイドライン及び住民参加手続き等が記載されている。また、対象となる事業または活動の種類及び規模については、「環境影響評価を実施すべき事業または活動種類及び規模に関する環境大臣例

(2011 年第 17 号)」により定められている。方法書作成段階で、事業者には住民との協議義務、住民の提案・意見・コメントを公表する義務、政府機関に評価委員会の検討内容などを公開する義務、情報公開義務があり、一方住民側には、情報を得る権利、提案・意見・コメントを提出する権利がある。

#### (10) 大統領令 18 号 2016

指定 7 都市（ジャカルタ特別州、バンドン市、タンゲラン市、スマラン市、スラバヤ市、スラカルタ市、マカッサル市）における都市ごみ発電施設の建設の促進を目的としており、概要は以下の通りである。

- 都市ごみからエネルギーに転換し、環境の質を向上させ、及び国営電力供給における新エネルギー・再生エネルギーの役割を高めるため、国内 7 都市の地方政府の責任により、2016 年から 2018 年の間に、都市ごみ発電施設（ガス化、焼却または熱融解による熱処理技術を用いて都市ごみから電力エネルギーに転換する施設）の建設促進が行われるものとする。
- 7 都市の長は、都市ごみ発電施設の建設に際して、地方政府所有企業または民間企業を指定することが出来る。
- 7 都市は、地方政府所有企業または民間企業の任命を行う過程で、
  - ① 最低 1,000 トン/日の都市ごみの利用を保証する
  - ② 州及び市の土地配置計画の中で都市ごみ発電施設の場所の利用を保証する
  - ③ 法令、組織、資金調達、社会文化、技術等の観点からの実現可能性調査を実施するものとする。また実現可能性調査の実施に当たってはコンサルタントを雇うことが出来る。
- 任命等された地方政府所有企業または民間企業（以下「任命等企業」）は電力ビジネス調達に関する許可を満足する必要があるものとする。任命等企業は、建設直接投資許可を与えられる。関係省庁、関連団体及び関係地方政府の長は、任命等企業の許可手続きやその簡素化につき支援する。
- エネルギー鉱物資源大臣は、任命等企業からの電力買取をする者として国営電力会社（PLN）を任命する。
- 都市ごみ発電施設の建設に要する資金源は、国家予算、地方政府予算、及び他の合法的な資金源とする。
- 中央政府は地方政府に対して廃棄物管理にかかるコストを助成することができる。そのコストの提供は内務大臣が財務大臣及び関係大臣と調整のうえで定める規定により規制される。
- 都市ごみ発電施設の建設に要する土地に関する中央政府、地方政府及び任命等企業による調達手続きは、公共施設の建設のための土地調達に関する規制に沿って行われる。

- 都市ごみ発電施設の建設に当たっては、国内製品の使用を優先する。
- 関係省庁、関連団体、及び関係地方政府の長は、都市ごみ発電施設の建設を促進させるため、各機関と共同で管理監督する。
- 都市ごみ発電施設の建設を支援するため、調整チームを組織する。調整チームは、都市ごみ発電施設の建設をスムーズに促進するために必要な調整、監督及び支援を行うための役割を担う。調整チームは、海事担当調整大臣をチェアマン、経済担当調整大臣を副チェアマンとし、関係省庁により構成される。調整チームに関する詳細は、海事担当調整大臣により定められる。
- 調整チームは都市ごみ発電施設の建設に関する調整状況に関して 6 ヶ月ごと及び必要な場合に大統領に報告する。



図 2.22 大統領令 18 号 2016 により指定された 7 都市と廃棄物発生量

上記大統領令 18 号については、2017 年 1 月 16 日の現地新聞の報道によると、環境 NGO の働きかけにより、これを無効とする旨の最高裁判決が出された。環境林業省によれば、判決の精査や指摘への対応は必要であるものの、廃棄物発電を推進する方向性に変わりはない。環境林業省が修正版の大統領令を作成中であるとの情報を得ている。従って、熱処理による廃棄物処理を推進する動きは継続するものと考えられる。

## 2.4.2 その他関連法制度

### 2.4.2.1 再生可能エネルギーの普及

表 2.8 にインドネシア共和国における再生可能エネルギーに関する法令に関する経緯を示す。インドネシア共和国では 2014 年に交付された国家エネルギー政策の中で、2025 年

までに電源構成比における再生可能エネルギーの割合を 23%まで高めるという目標を掲げており、それに向け、FIT をはじめとした各種法制度の整備を進めている。

表 2.8 再生可能エネルギーに関する法令

西暦	政策
2006	国家エネルギー政策 (KEN)
2009	新電力法 ・ 再生可能エネルギー・省エネルギー総局設立
2012	エネルギー鉱物資源省 2012 年 4 号 ・ 廃棄物発電タリフ制定 (1,050IDR/kWh)
2013	エネルギー鉱物資源省令 2013 年 19 号 ・ 廃棄物発電タリフ改正 (1,798IDR/kWh)
2014	新国家エネルギー政策 (KEN)
2015	エネルギー鉱物資源省令 2015 年 44 号 ・ 廃棄物発電タリフ改正 (18.77UScent/kWh)

また、表 2.9 にエネルギー鉱物資源省令 2015 年 44 号で規定された廃棄物発電に適用される FIT 価格を示す。

表 2.9 メタンガス発電技術の FIT 価格

No.	分類	FIT 価格 (UScent/kWh)
		設備容量 <20MW
1	高圧	16.55
2	中圧	
3	低圧	20.16

表 2.10 熱処理発電技術の FIT 価格

No.	分類	FIT 価格 (UScent/kWh)		
		設備容量 <20MW	20MW<設備容量<50MW	設備容量 >50MW
1	高圧	18.77	15.95	13.14
2	中圧		-	-
3	低圧	22.43	-	-

上記記載のインドネシア共和国における、現行の FIT の制度上の主要な課題および問題としては、以下の二点に集約される。

1) 売電期間に関する規定

本法令では PLN にとの売電契約における売電契約期間に関する記載がなく、現地でのヒアリング調査によると、売電契約期間は PLN との個別契約により変動する事例があるという事が判明した。通常、日本国やタイ国、シンガポール等、廃棄物発電の IPP 事業が成立している国々において、廃棄物発電の事業期間は 20 年～25 年が一般的であり、IPP 事業体にとっては、FIT 価格での売電期間が確約されてなければ、事業キャッシュフローの策定が困難であることから、IPP 事業は成立不可能となる。

2) 中央政府による FIT に対する財政補助不備

現状、インドネシア共和国の FIT 制度には、中央政府による補助金制度が無く、他の電源との差額プレミアムは PLN の負担となっている。よって PLN には再生可能エネルギーを FIT 価格で購入するインセンティブは無く、石炭火力発電等の安価な電源と比較した場合、再生可能エネルギーの生産コストは高く、購買価格も他の化石燃料由来の電源と比較した場合、割高となり、PLN 社の財務状況を悪化させる為、FIT 価格での電力購買を拒否する事態が発生している。また、買い取り拒否による PLN への罰則規定がないため、廃棄物発電のみならず、数多くの再生可能エネルギー案件にて、PLN との買取交渉が難航している。こうした現状を打破し、再生可能エネルギーを前述した、国家エネルギー戦略に則り発展させていく為には、中央政府からの PLN への財政補助等のインセンティブが必要不可欠であることから、財政支援に関する法令の制定が待たれるところである。

インドネシア共和国において、廃棄物発電事業成立の為には、第六章にて詳細記述している通り、民間企業が投資家として、地方自治体等を代行して廃棄物発電事業を PFI/BOT スキームにて実施する場合、より明確な FIT 制度の制定が必要であり、加えて、PPA にて締結された契約の内容の確実な履行が必要となることから、項目 2.4.2.3 で述べるインドネシア共和国における政府保証にも該当する IIGF の適用が、プロジェクト・ファイナンス組成にあたって必要となるケースが想定されえる。

#### 2.4.2.2 インドネシア共和国 PPP 法概要

インドネシア共和国における PPP 制度は、大統領令 2005 年台 67 号を中心に整備されている。PPP 大統領令の内容については、その施行以来、三度の改正（大統領令 2010 年第 13 号、2011 年第 56 号、及び 2013 年第 66 号）を通じて、政府サポートメニューの明確化が図られてきたが、2015 年 3 月に公布された大統領令 2015 年第 38 号（以下、「新 PPP 大統領令」）により、PPP 制度の内容が大きく改正された。改正点を反映したインドネシア共和国における PPP 制度の概要を表 2.11 にまとめた。

表 2.11 PPP 制度の概要

分類	概要	留意点
セクター	交通（空港、港湾、鉄道含む）、道路、灌漑、上下水、廃水・廃棄物、情報・通信、電力及び石油・天然ガス関連施設、教育施設や医療施設等の社会施設、公共住宅	
PPP 対象事業の選定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 政府提案型と民間提案型</li> <li>・ 事業性検証及び公聴会を経て決定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 民間提案型の実績は少ない</li> </ul>
事業者の選定	<p>政府提案型及び民間提案型ともに一般的な事業権入札により選定。ただし以下の場合には事業者の直接指名が可能。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 当該事業者が対象インフラの開発/運営を既に行っている場合。</li> <li>② 当該事業者のみが供与できる新技術を利用する場合。</li> <li>③ 当該事業者が事業用地の全て又は大部分を取得している場合。</li> </ul>	
事業の実施	公共側契約主体との事業契約の締結又は公共側主体による事業ライセンスの付与。	事業契約の締結から原則 6 ヶ月以内にファイナンスルクロズを完了しなければならない（但し、事業者に供与される期限延長は「随時」供与されるとされており、延長回数の制限についての明確な定めなし。）
公共側契約主体	中央政府・地方政府・国営企業等	

分類	概要	留意点
	(公共側契約主体の例) ・複数地域に跨る事業：中央政府機 関 ・セクターごとの特定国営企業等	
主な政府サポート	・IIGF (政府保証) ・VGF (建設コストの政府拠出) ・土地収用法に基づく土地収用 ・税制優遇	

その他、インドネシア共和国における PPP 制度についての主要な法令としては、以下のものが挙げられる。

- ・インドネシア共和国インフラ保証基金（以下、「IIGF」）による PPP 事業向け保証に係る大統領令 2010 年第 78 号及びその実施細則である財務大臣令 2010 年第 260 号（制度の内容については項目 2.4.2.3 参照）

- ・PPP 事業に対するバイアビリティ・ギャップ・ファンディング（VGF）の枠組みに係る財務大臣令 2012 年第 223 号（制度の内容については項目 2.4.2.4 参照）

- ・PPP 事業用地の取得に係る法律 2012 年第 2 号及び関連する施行令  
 政府機関による土地収用の枠組みを定めた同法の整備により、インドネシア共和国におけるインフラ事業の最大のボトルネックといえる事業用地取得の問題が緩和されることが期待される。

- ・優先事項の推進に関する大統領令 2014 年第 75 号（以下、「優先事項促進大統領令」）  
 同大統領令に定められた優先事項を管轄する省庁の土地収用権の確認等が織り込まれた。

またインドネシア共和国政府は近年、インフラ事業の促進を目的として、以下のような組織を設立している。

- ・IIGF (Indonesia Infrastructure Guarantee Fund)  
 PPP 事業向けの保証提供を目的として 2009 年に設立されたインドネシア共和国政府 100%出資の国営ファンド

- ・PT SMI (Sarana Multi Infrastruktur)

インフラ事業への資金供与を目的として 2009 年に設立されたインドネシア共和国政府 100%出資の国営企業。

SMI は主に以下のサービスを提供している。

- ① インフラ事業への投融資（メザニン含む）。
- ② アドバイザリーサービス・コンサルティング（金融面のアドバイス、トランザクションアドバイザー）

・ PT IIF (Indonesia Infrastructure Finance)

IIF は、SMI、IFC（国際金融開発公社）、ADB（アジア開発銀行）、DEG（ドイツ開発銀行）を主要株主として設立された金融機関であり、インドネシア共和国におけるインフラ事業（空港、港湾、鉄道、高速道路、灌漑、上下水事業、通信、電力、石油、・ガス等）に対し、主にインドネシアルピア建ての長期資金の供与を行うことを目的としている。

IIF は主に以下のサービスを提供している。

- ① インフラ事業に対して長期融資等の資金供与・保証供与
- ② アドバイザリーサービス

・ KPPIP (Komite Percepatan Penyediaan Infrastruktur Prioritas)

優先事項促進大統領令に基づき設立された主要閣僚や国家開発企画庁長官からなる優先事項促進委員会。

次に PPP プロジェクトの組成から完了までの手順を示す。



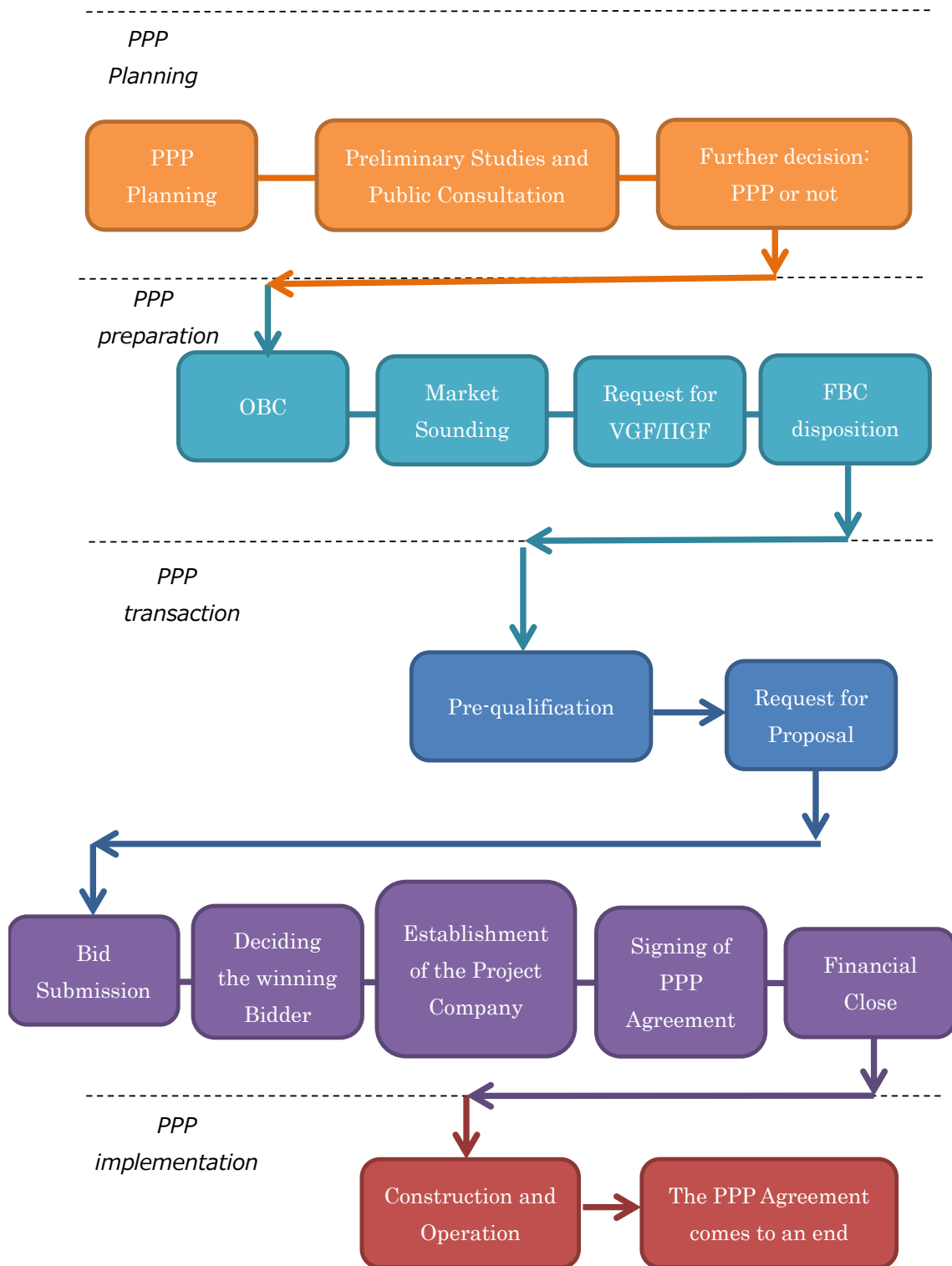


図 2.23 PPP スキームの流れ

#### 2.4.2.3 IIGF

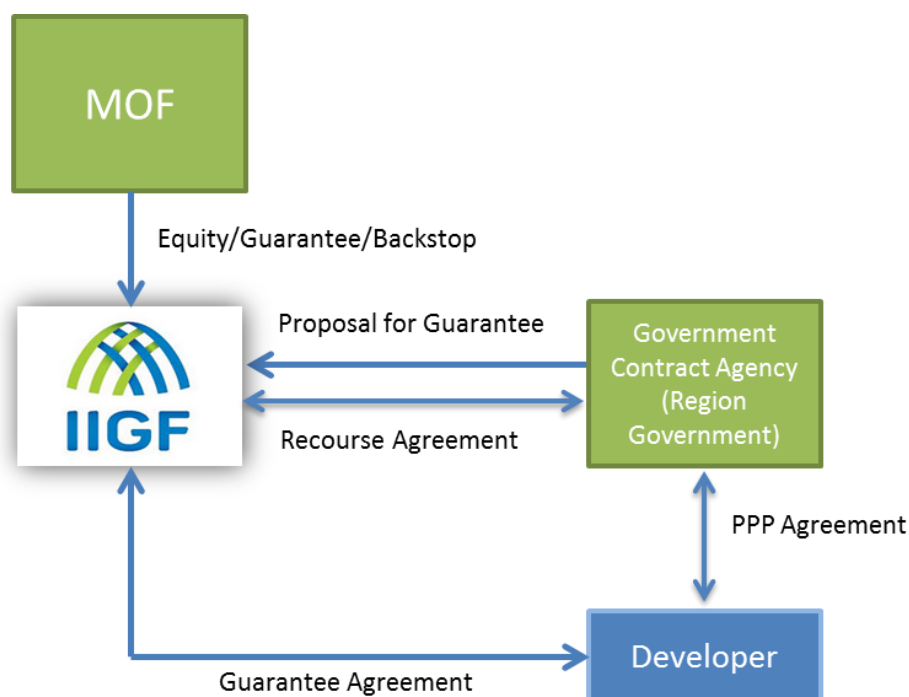
インドネシア共和国財務省 100%出資にて設立された IIGF (Indonesia Infrastructure Guarantee Fund) は、PPP 案件における政府契約機関 (Government Contracting Agency, GCA) の契約履行を保証し、民間事業者のリスクを軽減している。

##### ・ IIGF の保証における契約スキーム

IIGF の保証契約が締結される PPP 案件においては、民間事業者、政府契約機関、IIGF の 3 者により 3 契約 (①PPP 事業契約、②保証契約、③リコース契約) が締結される。

- ① PPP 事業契約:民間事業者と政府契約機関は PPP 案件に関する権利・義務を定めた PPP 事業契約を締結する。
- ② 保証契約 : PPP 事業契約に関し、IIGF は民間事業者との保証契約を締結する。この保証契約は、政府契約機関による PPP 事業契約履行を保証するものである。
- ③ リコース契約 : 更に、IIGF と政府契約機関との間で、リコース契約を締結する。民間事業者からの支払い請求に対して、一定の要件を満たした場合、IIGF は政府契約機関に代わり、民間事業者への支払いを実施するが、本リコース契約に基づき、政府契約機関から IIGF への支払いが行われる。

政府契約機関が IIGF からの償還請求に応じない場合、最終的には、財務省が政府予算制度を通して、政府契約機関からの IIGF に対する支払いを支援することが期待されている。政府契約機関に対する予算もしくは交付金等が、財務省により遮断される可能性もあり、本契約スキームが政府契約機関に対して、契約履行への強い牽制力として働いているといえる。



参考: 保証スキーム

図 2.24 IIGF の働き

・ IIGF の保証対象セクター

IIGF は PPP 大統領令に則った案件に対して保証を供与するため、民間事業者が競争入札により、選定されることが条件となっている。PPP 大統領令に則って調達された Unsolicited PPP 案件は保証を得ることが可能であるが、国有企業による案件及び随意契約による案件は、IIGF の保証対象から外れている。該当するセクターとしては新 PPP 大統領令で指定されている 19 セクター（輸送、道路、灌漑、上水、下水、廃水処理、廃棄物、通信・情報、電気、石油・ガス・再生可能エネルギー、省エネルギー、都市公共施設、教育施設、スポーツ・芸術施設、特区、観光、健康、刑務所、公共住宅）が対象となる。

・ IIGF の保証リスク

IIGF の保証が対象とする主なリスクは以下ものがあげられる。

- サイトリスク：用地取得の遅延、住民移転などによる過大なコスト負担
- ネットワークリスク：インフラが十分に機能するために整備されなければならない周辺ネットワークなどが政府の計画通りに進められなかった際の損失。
- ポリティカルリスク：案件に直接損失を与える法令変更。許認可の遅延など、民間がコントロールできない政治的な要素による損失。
- オフテーカーの支払いリスク：オフテーカーが PPP 事業計画における支払い義務を怠った場合に生じた損失。

#### 2.4.2.4 VGF (Viability Gap Funding)

VGF は財務省から供与される PPP 案件に対する財政支援であり、建設費の一部（最大 49%）を支援する。VGF は案件の事業採算性を改善し、経済便益があるにも関わらず、事業採算性の低い案件の成立を支援することを目的とする。VGF は財務省が運用するプログラムであり、財務大臣令に従って運用される。従って、全ての PPP 案件に適用されるわけではなく、案件は財務大臣令に記載がある基準に沿うことが求められる。VGF に係る財務大臣令（2012 年第 223 号）に基づく、具体的な運用方針は以下のとおりである。

##### VGF の金額に関する要件（VGF に係る財務大臣令 第 5 条）

- VGF の金額は VGF が建設費に占める割合で判断される。VGF は当該案件の建設費総額から見てその主要な部分を占めない水準とする。
- VGF は上記の金額の範囲において現金で供与される。
- 建設費には、建設費、機器費用、設置費用、建中期間の利払い費、その他建設に係る費用を含む
- ただし、用地取得に要する費用を及び税制優遇策に係る費用は含まない。

##### VGF が適用となる案件の要件（VGF に係る財務大臣令 第 8 条）

- 経済的実現可能性 (economic viability) があるが、財務的実現可能性 (financial viability) に欠ける案件
- 10 億円以上の規模を有する案件。
- PPP 大統領令に規定された入札プロセスを経た案件（PPP 大統領令には随意契約および民間提案型案件は政府の財政支援の対象とならないと規定されているため、随意契約及び民間提案型案件は VGF の対象とはならないと考えられる。）
- PPP 事業契約に記載された事業期間終了時に民間事業者から政府契約機関に所有権が移る案件。
- Pre FS を通じて以下の点が提示されている案件。
  - ① 民間事業者と政府/政府契約機関との間の最適なリスク分担が提示された案件
  - ② 技術、環境社会配慮及び法律面からの検討の結果、経済的実現可能性があることが立証された案件。
  - ③ VGF の支給を通じて、はじめて財務的実現性があることが立証された案件。

##### ・ VGF の承認フロー

財務省による VGF の適用にあたっては、以下の 3 段階の承認を得る必要がある。

##### 1 : VGF 供与に関する事前承認 (P/Q 前)

—P/Q 発行前において、当該案件への VGF 適用の有無を審査。

##### 2 : VGF 金額にかかる承認 (P/Q 後)

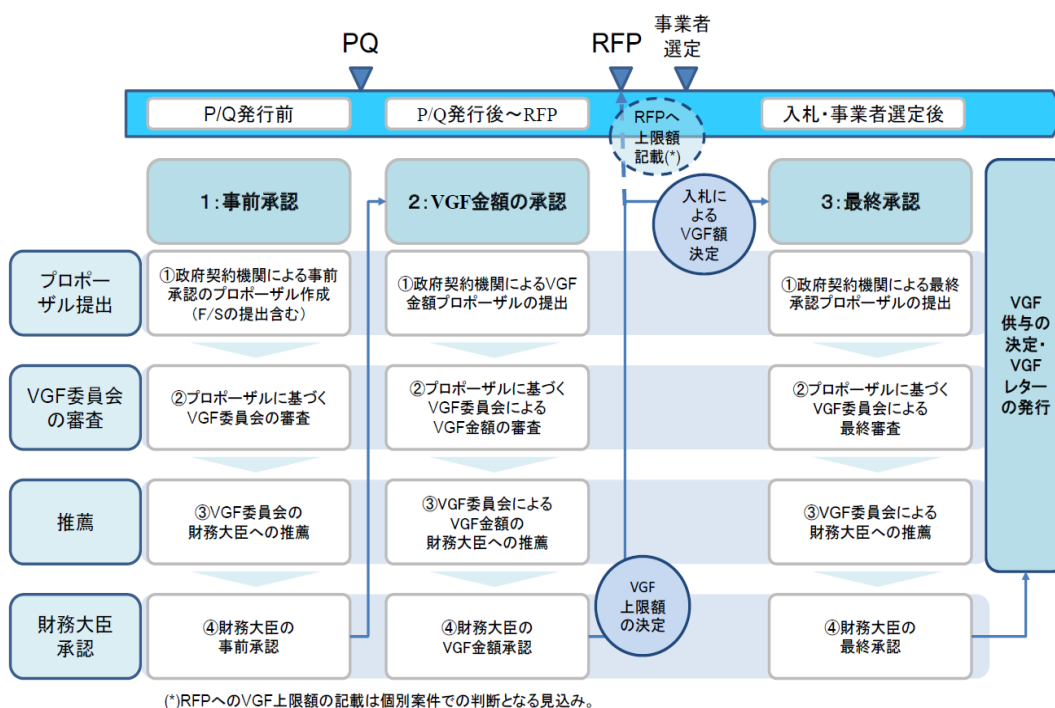
—P/Q 発行後において、当該案件への VGF の上限額を審査する。案件によっては RFP に審査結果の上限額を記載。

3：最終承認（民間事業者選定後）

—入札による民間事業者選定後、最終承認。落札者の提出金額が承認金額となる。

上記三段階の承認行為全てにおいて、以下 4 つのプロセスがとられる。

- ① 政府契約機関からのプロポーザル提出
- ② VGF 委員会による審査
- ③ 審査結果に基づく VGF 委員会の推薦
- ④ 財務大臣承認



出典：JICA「インドネシア共和国 PPP ハンドブック」

図 2.25 VGF の適用フロー

・ VGF 適用案件における民間事業者選定

VGF が適用される案件での入札では、第二段階での承認で VGF 委員会により承認された VGF 金額が上限となり、案件によっては上限金額が RFP に記載される。VGF の金額は入札にあたって、価格評価における唯一のパラメーターとなる。

## 2.5 現地ステークスホルダーとの打ち合わせ

### 2.5.1 都市間連携に基づく JCM F/S キックオフミーティング

2016年11月25日（金）、本調査事業の実施にあたり、現地政府との打ち合わせを実施した。打ち合わせにおいては、当社から、想定しているスキームや、PFI/BOT方式で廃棄物発電事業を民間の事業者が請け負う場合のリスクアロケーション（リスク分担）、世界各国の廃棄物発電プロジェクトの失敗事例紹介、ストーカ炉の優位性について説明し、本F/Sの協力団体である東京二十三区清掃一部事務組合により、ストーカ炉の安全性、業者の選定方法、Tipping Feeの重要性について説明を実施した。当日のキックオフミーティングの概要は以下表2.12の通りである。

表 2.12 キックオフミーティング概要

1. 日時	2016年11月25日（金）09:30-12:00
2. 場所	デンパサール市庁舎会議室
3. デンパサール側出席者	デンパサール市 副市長 IG. N. Jaya Negara 氏 デンパサール市 清掃局長 I Ketut Wisada 氏 サルバギタ広域組合 組合長 I. Made Sudarma 氏
4. 日本側出席者	東京二十三区清掃一部事務組合 JFE エンジニアリング株式会社 PT. JFE Engineering Indonesia
5. アジェンダ	1. ミーティング主旨説明 2. 副市長挨拶 3. 想定スキーム、リスクアロケーションについて 4. 失敗事例の紹介、ストーカ炉の優位性について 5. 東京23区における業者選定方法、Tipping Feeの重要性について 6. 質疑応答 7. クロージング 8. 写真撮影

## 2.5.2 想定プロジェクトスキームについて

本案件に想定プロジェクトスキームとして、デンパサール市の意向は BOT スキームでの廃棄物処理事業委託である事から、BOT スキームでの事業実施の場合、インドネシア共和国の PPP 法に基づく BOT 化が以下記載の観点から、必要不可欠であり、PPP 法に則る BOT 化のメリットにつき、デンパサール市に対して説明した。

- ① インドネシア国の政府保証に該当する IIGF の適応がプロジェクト・ファイナンス組成に必要不可欠な前提条件である事。(詳細は第六章にて記述)
- ② インドネシア国中央政府の財政支援である、Viability Gap Fund (VGF) が適応されれば最大で 49 パーセントの設備費用の補助を受ける事が可能である為、その結果デンパサール市が拠出する処理費用の低減が可能である事

デンパサール市としても、財政的に処理費用の拠出は困難である事から、中央政府の財政支援を可能な限り活用したい意向が強く、本事業スキームにつき理解は得られた。

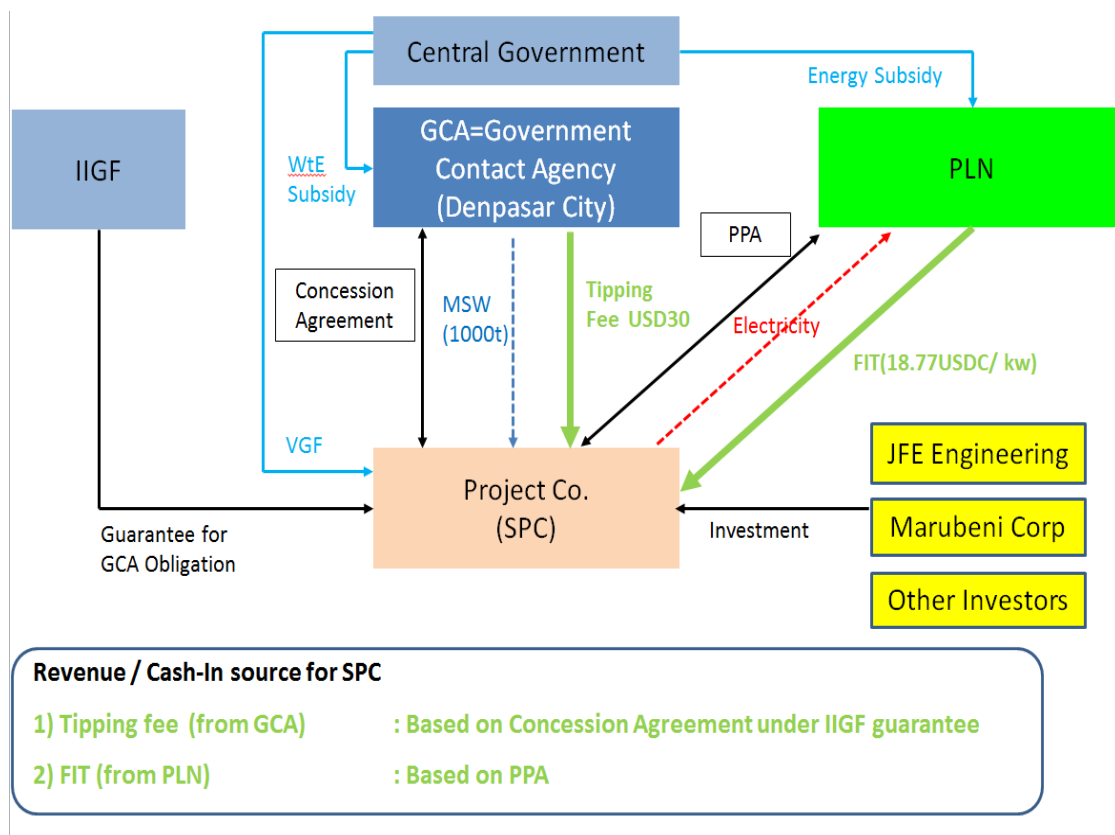


図 2.26 事業スキーム

### 2.5.3 BOT 事業のリスク分担について

詳細は第六章にて記述しているが、廃棄物発電事業を民間が事業として請け負う BOT スキームの事業計画であった場合、事業者とプロジェクトオーナーであるデンパサール市間で、適切なリスク分担がなされなければ、「ファイナンスアレンジ不能」、「事業（入札）不成立」、「事業破綻」となり、事業成立が困難である旨を説明した。デンパサール市における廃棄物発電事業におけるリスク分担については、ファイナンス組成とも密接に関係する為、今後当事者間でより議論を深める必要がある。

表 2.13 リスクアロケーション

	Risk contents	GCA	SPC	CG	Note
Preparation and Construction Phase	Land Preparation	✓			
	Site Clearance	✓			
	Opposition of the local residents	✓			
	Engineering, Procurement, Construction of <u>WtE</u> Plant		✓		
	Completion and Performance of <u>WtE</u> Plant		✓		
	Cost Over run		✓		
Operation Phase	Operation & Maintenance		✓		
	Supply of Waste (Volume and quality)	✓		Guarantee	Central government shall guarantee SPC's revenue in case GCA breach the concession agreement
	Feed in Tariff (unit price, Period)	✓		Guarantee	Same as above (by IIGF)
	Tipping Fee	✓		Guarantee	Same as above (by IIGF)

	Risk contents	GCA	SPC	CG	Sample of Measures
Operation Phase	Ash disposal	✓			
	Accident and trouble of facility due to prohibited waste	✓			
	Environmental emission risk		✓		
	Cost Over run		✓		
	Accident and physical damage of facility and equipment		✓		
Ove roll Phase	Change in law	✓			SPC shall not be responsible for the change in law related to the operation of <u>WtE</u>
	Force Majeure (e.g. Disaster, War, Riot, Act of god...)	✓			
	Financial support from Japanese bank for international cooperation (JICA, JBIC)		✓		

GCA: Government Contract Agency= Denpasar City  
 SPC : Special purpose company for WtE operation  
 CG : Central government



#### 2.5.4 廃棄物発電失敗事例の紹介および適格技術の説明

東南アジア諸国を中心に世界各国における不適格技術採用における焼却発電プロジェクトの失敗事例を説明した。デンパサール市においても、デンパサール市政府に聴取を実施した結果、現在 50 社近くの投資家がアプローチをしており、実績のない技術を提案している投資家も存在している事から、表面的な処理費用の安さのみを重視し、不適格技術を採用した際に発生する経済・人的損失について説明を実施すると共に、一般廃棄物を中間処理する場合はストーカ式焼却炉の採用が最も望ましい旨を説明した。

デンパサール市およびサルバギダ清掃組合も不適格技術採用についてのリスクは認識し、実証された実績のある技術であるストーカ炉をデンパサール市における廃棄物発電案件においても、採用したいという意向は強い様子であった。

#### 2.5.5 東京二十三区における業者選定方法・処理費用の重要性について

本 F/S の協力団体である、東京二十三区清掃一部事務組合国際事業部より以下説明を実施した。

- ① 廃棄物発電施設の管理・運営方法
- ② 廃棄物処理の安全性
- ③ 廃棄物業者選定プロセス
- ④ ゴミ処理費用の重要性

サルバギダ清掃組合と同じ東京とにおける広域組合であり、実際に廃棄物発電施設を運営維持管理を実施している東京二十三区清掃一部事務組合の説明について、デンパサール市およびサルバギダ清掃組合は非常に強い関心を示しており、我が国の質の高いインフラの輸出の為に、こうした自治体間を通じたキャパシティビルディングは非常に有効であり、今後も継続して取り組む必要があると考える。



図 2.27 キックオフミーティング写真（中央左側が副市長）

## 2.5.6 まとめ

本章では、対象地域における経済・エネルギー状況、廃棄物発生状況に加えて、インドネシア共和国における PPP 事業組成に関わるリーガルフレームワークの整備状況、再生可能案件に関わる法令、廃棄物管理に関わる法令についての考察を実施した。ASEAN 諸国における、廃棄物発電事業に関わる法整備の状況は未だ未整備の国家が多く、我が国の民間企業にとっては依然ハードルが高い状況にある。一方で、インドネシア共和国では、法令の細則規定の整備が未だ必要ではあるものの、廃棄物発電事業に必須な、PPP 関連法規、FIT 関連法規等のリーガルフレームワーク等が整備されつつあり、徐々に事業投資環境が整備されつつある。インドネシア共和国における、廃棄物発電事業案件形成・実現の為には、日本国-インドネシア共和国の二国間で、こうした必要法令の制定整備に関わる制度設計支援、廃棄物発電技術選定に関わるガイドライン策定支援、廃棄物発電ビジネスモデルの確立支援等の政府間対話を通じた支援プログラムの立ち上げ等の実施が案件の形成を後押しするものであると考える。

# 第3章 廃棄物焼却方式の特長

## 3.1 焼却方式の種類

### 3.1.1 焼却炉方式の種類と実績

図 3.1 に都市ごみにおける焼却炉方式を示す。日本では古くからストーカ炉、流動床炉を主流とした焼却施設が普及した。2000 年頃からごみの減容化を目的として焼却施設に付帯する灰溶融炉（焼却灰が対象）が普及し、また、灰、不燃物等を溶融する技術であるガス化溶融炉も普及した。これら溶融施設はごみの減容化率が高いため、埋立地のスペースに制約のある自治体が導入している傾向にある。

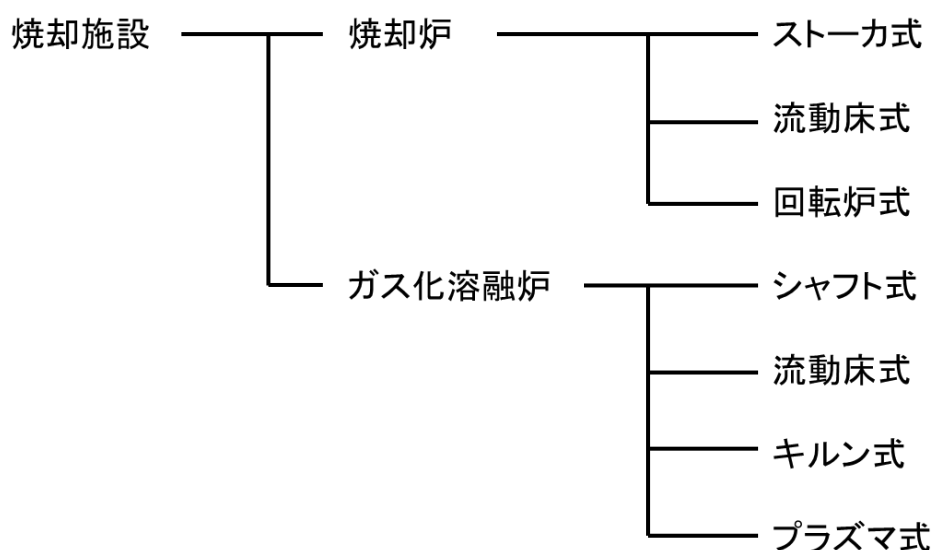


図 3.1 焼却炉方式

海外を含めた焼却施設の数および導入されている技術の割合を図 3.2 および図 3.3 に示す。世界の焼却施設の半数が日本で建設されているものであることがわかる。また、焼却方式の導入割合では、ストーカ炉が 74%を占めており、世界的に見てもストーカ炉が主流であることがわかる。

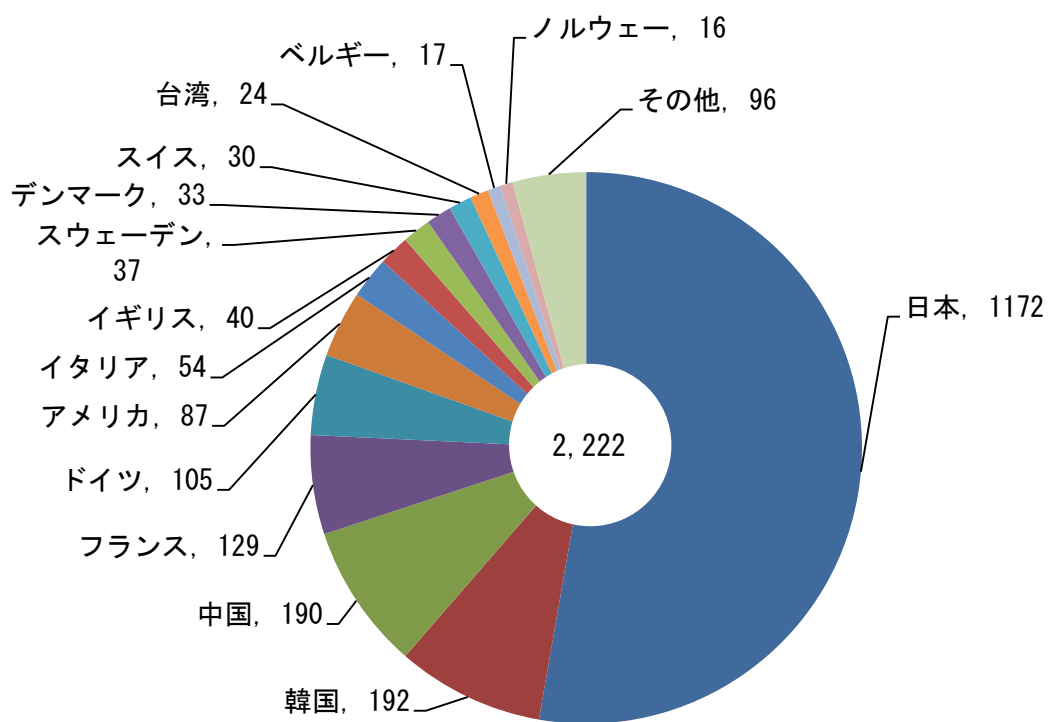


図 3.2 世界のごみ焼却炉の導入数<sup>1</sup>

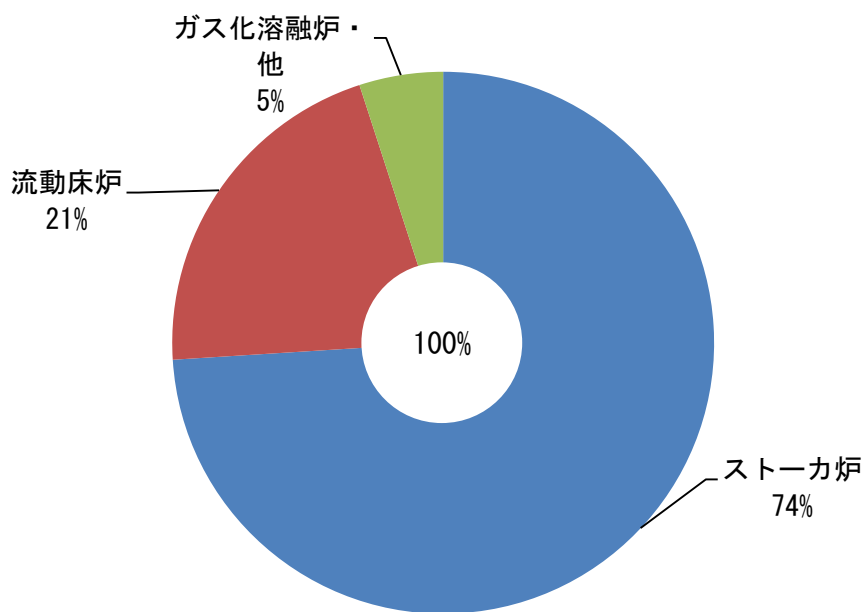


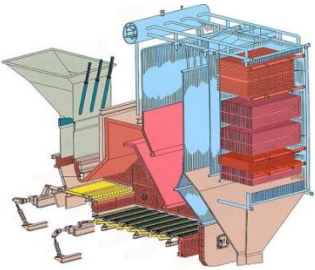
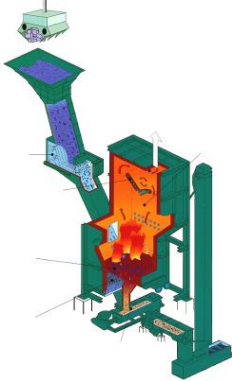
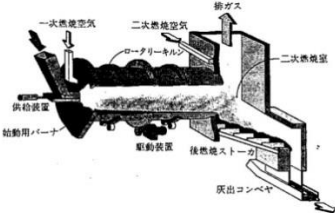
図 3.3 世界における焼却方式の導入割合<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mark Döing and others, 2015. *Waste to Energy 2015/2016*, 8th edition, Germany: ecoprog GmbH

### 3.1.2 焼却炉形式の概要

焼却炉方式の形式について、表 3.1 に概要をまとめた。

表 3.1 焼却炉形式概要

形式	ストーカ炉	流動床炉	回転炉 (キルンストーカ炉)
構造			 <p style="text-align: center;">2</p>
概要	<p>ごみは可動するストーカ(火格子)上でゆっくり移動しながら、ストーカ下部から吹き込まれる燃焼空気により、乾燥・燃焼・後燃焼の3段階を経て焼却が行われ、焼却灰として排出される。ごみ中の不燃物及び灰分の大部分は、ストーカ終端から排出されるが、灰分の一部は燃焼ガス中に飛散し、集塵機にて飛灰として捕集される。</p>	<p>ごみはクレーンで供給ホッパに投入され、ホッパ下部の給じん装置で解砕し、ほぐされた状態で炉内に供給される。炉内に入ったごみは、下部から強い圧力で送られた燃焼用空気と、流動する灼熱された砂に接触することにより、瞬時に焼却される。ごみ中の金属、がれき等の不燃物は、流動砂とともに流動床下部より排出されるが、灰分は燃焼ガスとともにガス中に飛散し、集塵機で捕集される。なお、流動床下部より排出された砂は不燃物と選別された後、再度炉内へ循環している。</p>	<p>円筒形のキルンの後段にストーカ(火格子)を取り付けた構造をしている。</p> <p>廃棄物はまずキルンで燃焼空気を少量に制御することにより、一部の焼却物を部分燃焼させる。即ちガス化燃焼を行う。廃棄物の大部分はここで熱分解して、可燃性ガスを発生する。炭素質主体のガス化減容物はキルン下流のストーカ炉に投入され、十分な燃焼空気により積極燃焼が行われる。焼却灰はストーカ炉下に設置された灰コンベアにより排出される。可燃性ガスはストーカおよび二次燃焼炉で完全燃焼させる。灰の一部は排ガスとともに抜き出され、排ガス処理設備で捕集される。</p>

2 志垣政信 (2000)、絵とき廃棄物の焼却技術改定 3 版、オーム社

続いて焼却炉形式別の比較表を示す。

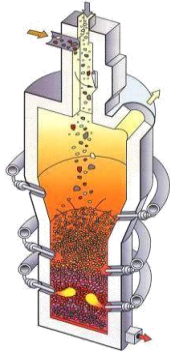
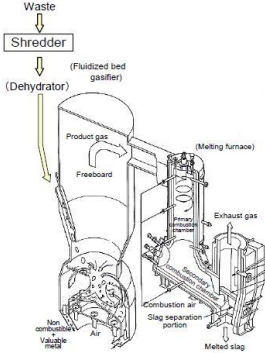

表 3.2 焼却炉形式間の比較

	ストーカ炉	流動床炉	回転炉 (キルンストーカ炉)
廃棄物種類	一般ごみ(家庭ごみ)や産業廃棄物の焼却に多くの実績がある。	特にスラッジの焼却に適する。ごみは概ね50mm 以下程度に破碎する必要がある。	廃プラスチック、オイルスラッジなどの高カロリーごみや大形のごみもそのまま焼却可能である。
最終生成物	主灰 飛灰	不燃物(金属含む) 飛灰	主灰 飛灰
利点	多種のごみ焼却に対応できる。大形化も容易である。建設、運転実績が多く技術的に完成されている。	特にスラッジの焼却に適する。起動停止も容易で短時間に行える。実績も多い。	多種のごみ焼却に対応できる。キルンとストーカの機能を兼ねそろえており、多品種のごみに対応できる。
欠点	高カロリー(3,000kcal/kg以上)ごみには不向きである。	ごみは破碎する必要がある。大形炉の実績がない。燃焼が間欠的で制御が難しいため、ごみを事前に破碎処理しなくてはならない。低カロリーごみを処理する場合に助燃が必要となることがある。	大形炉の実績がない

### 3.1.3 ガス化溶融炉形式の概要

ガス化溶融炉方式の形式について、シャフト式、流動床式、プラズマ式の3方式について表3.3に概要をまとめた。

表 3.3 ガス化溶融炉形式概要

形式	シャフト式	流動床式	プラズマ式
構造			
概要	<p>ごみは炉頂より副資材であるコークスとともに投入され、炉内にて乾燥およびガス化される。ごみ中の灰分は、コークスとごみ中の固定炭素と供給酸素との燃焼反応により高温となり、灰分は溶融され、スラグ及びメタルとして出滓口から排出される。スラグは路盤材等の用途で再利用され、また、メタルは重量骨材や金属回収されリサイクルされる。</p> <p>ごみを溶融するため、ストーカ炉よりも幅広いごみ(スラッジ、医療廃棄物等)に対応できることが特長である。</p>	<p>ガス化設備としての流動床炉と灰を溶融する溶融炉が別々となった分離型の直接加熱式溶融設備。ごみ中の金属、がれき等の不燃物は、流動砂とともに流動床下部より排出される一方、流動床炉から飛散した灰分は溶融炉へと送られ、熱分解ガスの燃焼により高温下で溶融される。</p>	<p>円筒形の溶融炉にプラズマトーチが設けられた構造となっている。プラズマで発生する熱によってごみ中の灰分を溶融することができるが、消費電力が高いという欠点もある。炉内は3000℃以上に達し、タールを完全に分解するため、タールを含まない合成ガスを生成できる。合成ガスは燃料ガスとして利用される。しかしながら、本技術は商用化されている実績はない。</p>

<sup>3</sup> Alter NRG ホームページより写真引用

続いて焼却炉形式別の比較表を示す。

表 3.4 ガス化溶融炉形式間の比較

	シャフト式	流動床式	プラズマ式
廃棄物種類	一般ごみ(家庭ごみ)の他、産業廃棄物、医療廃棄物、汚泥、RDF、廃プラスチック等	流動床炉同様、スラッジの焼却に適する。ごみは概ね50mm以下程度に破碎する必要がある。	一般ごみ(家庭ごみ)の他、産業廃棄物、医療廃棄物、汚泥、RDF、廃プラスチック等
最終生成物	スラグ、メタル 飛灰	不燃物(金属含む) スラグ、メタル	スラグ・メタル 非鉄金属、化学物質等
利点	多種のごみ焼却に対応できる。減容化率が高い。建設実績も豊富で、10年以上の稼働実績もある。	特にスラッジの焼却に適する。起動停止も容易で短時間に行える。	多種のごみ焼却に対応できる。減容化率が高い。合成ガス利用が可能となれば、合成ガスをガスエンジンに投入することができるため、発電効率が高くなる。
欠点	副資材として使用するコークスからCO <sub>2</sub> が排出される。	ごみは破碎する必要がある。大形炉の実績がない。低カロリーごみを処理する場合に助燃が必要となることがある。 流動床炉から排出される不燃物は溶融されないため、シャフト式と比較すると、減容化率が低い。	商用炉の実績がない (連続運転が困難であることが予想される)



## 3.2 焼却形式の比較

本節は、焼却炉であるストーカ炉と流動床炉、ガス化溶融炉であるシャフト式、プラズマ式について比較し、デンパサル市に最も適している技術について検討した。

### 3.2.1 建設費と運転費

表 3.5 に各焼却方式の建設費および運転費の相対比較を示す。建設費に関して、ガス化溶融炉は一部の機器が特長的であることから、生産国が限定される。それに伴い、建設費がストーカ炉や流動床炉と比較すると、高価になる傾向がある。さらには、プラズマ式は炉内の温度帯が高く、炉自体が高価になってしまうこと、また合成ガスを利用する場合においては、合成ガスの精製プロセスが必要であることから、他の技術と比べて高価になってしまうことから、表中の焼却方式の中では最も高価となる。

一方、運転費に関して、流動床炉は燃焼が間欠的で制御が難しく、特にごみカロリーが低い場合には、安定燃焼に助燃が必要となることが多い。そのため、ストーカ炉と比べると燃料使用量が多くなる傾向がある。また、ガス化溶融炉について、シャフト式はごみの溶融熱源としてコークスを使用することから、ストーカ炉と比べると運転費が高くなる。さらに、プラズマ式については、プラズマの電気使用量が高いことと、ガス精製に水等のユーティリティを多量に使用することから、運転費は極めて高価となる。

以上のことから、表中の 4 つの燃焼形式を、建設費と運転費の観点から判断したとき、ストーカ炉が最も経済的に優れていると言える。

表 3.5 建設費と運転費

	焼却炉		ガス化溶融炉	
	ストーカ炉	流動床炉	シャフト式	プラズマ式
建設費	+	+	++	+++
運転費	+	++	++	+++
評価	優	良	可	不可

採点評価の指標： + (コスト低) → +++ (コスト高)

### 3.2.2 安定性

表 3.6 に各焼却方式の安定性に関する評価を示す。ストーカ炉は先述の通り、世界で最も普及している技術であり、安定的に稼働していると言える。また、炉本体の大型化も進んでおり、日本でも 1 炉当たり 500t/d の炉規模が建設されている。ガス化溶融炉であるシャフト式についても、日本でも多くの実績があり、安定的に稼働していると言える。一方、流動床炉は燃焼が間欠的で制御が難しく、ごみカロリーが低い場合には、安定燃焼に助燃が必要となるなど、安定性に関してはストーカ炉よりも劣る。また、プラズマ式については商用運転されているプラント実績がほとんどなく、その原因は明らかになっていないが、連続運転が極めて難しいと予想されている。このことから安定性に関する評価は極めて低いと判断できる。

表 3.6 安定性

	焼却炉		ガス化溶融炉	
	ストーカ炉	流動床炉	シャフト式	プラズマ式
安定性	世界で最も普及している技術 大型炉（500t/d 規模）も既に普及している	燃焼が間欠的で制御が難しい ごみ性状の変動に弱く、助燃が必要な場合がある	日本で確立された技術	商用化実績はない
評価	優	可	優	不可

### 3.2.3 残渣量

表 3.7 に各焼却方式から排出される残渣量について評価した。残渣量とは、焼却炉からの最終生成物の量であり、ストーカ炉の場合は主灰と飛灰が残渣として排出され、流動床炉は金属を含む不燃物と飛灰が残渣として排出される。ガス化溶融炉は生成されるスラグとメタルが再利用できることから、残渣量は焼却炉と比較すると少なくなる。また、プラズマ式は合成ガスの精製過程において、非鉄金属や化学物質などを回収することができ、技術的には残渣量を極めて低くすることが可能である。

なお、ガス化溶融炉は焼却炉に比べて、残渣量が低くなるものの、スラグやメタル等の利用先が確保されていることが必須である。日本においてはスラグ利用における JIS 規格が制定されているなど、その用途について適切な法制度が整っているが、海外の場合はごみの溶融スラグの法制度が整っていないことが多い。以上のことから、ガス化溶融炉については最終生成物の利用先も含めて考慮することが肝要であると言える。

表 3.7 残渣量

	焼却炉		ガス化溶融炉	
	ストーカ炉	流動床炉	シャフト式	プラズマ式
最終生成物	主灰 飛灰	不燃物(金属含む) 飛灰	スラグ、メタル 飛灰	スラグ・メタル 非鉄金属、化学物質等
評価	良	良	優	優

### 3.2.4 環境負荷

表 3.8 に各焼却方式の環境負荷についての評価を示す。ここではストーカ炉を基準として他の技術を比較する。流動床炉は、前述の通り、燃焼が間欠的で制御が難しく、ごみカロリーが低い場合には助燃が必要となるため、灯油等の化石燃料を使用することから、CO<sub>2</sub>排出量が、ストーカ炉と比較して高くなり、環境負荷も高くなると言える。また、シャフト式はごみの溶融熱源としてコークスを使用するため、CO<sub>2</sub>排出量が、ストーカ炉と比較して高くなり、環境

負荷も増える。プラズマ式においても、ごみの溶融と熱分解ガス中のタール分解のためにプラズマを使用するため、電気消費量がストーカ炉よりも高くなる。従って、CO<sub>2</sub>排出量が増え、環境負荷も増える。

以上のことから、ストーカ炉が最も環境負荷が低い焼却技術と言える。

表 3.8 環境負荷

	焼却炉		ガス化溶融炉	
	ストーカ炉	流動床炉	シャフト式	プラズマ式
環境負荷	-	ごみカロリーが低い場合に助燃が必要	コークスを使用するため、CO <sub>2</sub> が排出される	プラズマを使用するため電気消費量が高い
評価	優	良	可	可

### 3.2.5 導入実績

表 3.9 に各焼却方式の導入実績から判断する評価を示した。3.1.1 節中の図 3.3 世界における焼却方式の導入割合から、ストーカ炉が世界的に見ても最も普及している技術であることは自明である。従って、導入実績の点においては、ストーカ炉が最も優れた技術であると言える。

表 3.9 世界における導入実績

	焼却炉		ガス化溶融炉	
	ストーカ炉	流動床炉	シャフト式	プラズマ式
評価	優	良	可	不可

### 3.2.6 焼却方式のまとめ

表 3.10 に、前項 3.1.1 節から 3.1.5 節で評価した項目についてまとめたものである。結論として、総合的に評価した場合、ストーカ炉が最も優れた技術であると言え、バリ州において導入すべき技術はストーカ炉であると判断する。ガス化熔融炉であるシャフト式について、日本で実績がある優れた技術ではあるが、日本のように国土が狭く、埋立地が逼迫している場合や、一般ごみ以外の焼却需要がある等の条件下においては、導入されるべき技術であると考えられる。

以上のことから、バリ州デンパサール市において導入すべき技術をストーカ炉として、事業性の検討を進める。

表 3.10 各焼却方式の比較まとめ

	焼却炉		ガス化熔融炉	
	ストーカ炉	流動床炉	シャフト式	プラズマ式
建設費と運営費	優	良	可	不可
安定性	優	可	優	不可
残渣量	良	良	優	優
環境負荷	優	良	可	可
導入実績	優	良	可	不可

## 3.3 技術の優位性

### 3.3.1 日本技術の優位性

日本のごみ焼却発電は、第一号機が 1965 年に建設されて以来、現在に至る約 50 年の歴史のなかで 300 箇所以上の導入実績を重ね、総発電量が 72.1 億 kWh/年にも及ぶ、非常に確立された技術である。中国・韓国・インド等のメーカーの台頭も近年顕著ではあるが、低カロリーごみから高カロリーごみまで幅広く対応しダイオキシン等汚染物質の発生を極限まで抑制する高度な燃焼技術においては日本製技術の評価は高い。

日本製ごみ焼却発電施設は、日本各地でのプラント稼働実績が示すとおり長期安定稼働が可能であり、また、歴史的には多くの東南アジア諸国で一般的な水分量が多くごみカロリーが低いごみと同様のごみも焼却処理してきた実績を有している。また、マニュアル等を整備し適切かつ簡便な運転管理を継続して実施することを意識した設計を行っている。

また、歴史的には日本各社の焼却技術は欧州メーカーから導入されたものではあるが、日本での高度な環境基準や建設条件にあわせるべく技術を高度化してきたため、現在では欧州メーカーと比較しても日本製技術がもっとも優位にある。また、図 3.2 世界のごみ焼却炉の導入数で示されている通り、日本の建設実績は世界の大半を占め、過去 50 年に渡って稼働させてきたという稼働年数の長さという点でも、優位性は確実である。

一方、ごみ焼却発電施設では燃焼炉の排ガスからボイラおよびエコノマイザで熱を回収し蒸気を発生させ、タービンを駆動させることで発電する。本施設においては、以下の施策を講じるこ

とで、発電効率の向上が確保される。

- エコマイザの出口排ガス温度を低く設定し、ボイラでの熱回収量を最大化する。
- 発電を重視した適切なボイラ蒸気条件（ボイラ出口約 4.8MPa、420℃）を採用する。
- 排ガスの一部を焼却炉へ戻すことにより、焼却炉への吹き込み空気量が低減され、熱効率の向上が図られている。（3.3.2.1 節参照）
- 排ガス中の NOx は炉内脱硝で除去可能なため、触媒脱硝設備がなく排ガス再加熱器も不要なため、排ガス再加熱に必要な蒸気も発電に利用することができる。（3.3.2.2 節参照）

### 3.3.2 JFE エンジニアリングのストーカ炉技術

#### 3.3.2.1 低空気比燃焼を実現する高温空気燃焼システム

通常のストーカ炉では炉内のガス流れや温度場が不均一なため、燃焼安定化のために空気を理論値より多く供給する必要があった。

日本の高温空気燃焼システムは、高温の空気と燃焼排ガスを混合した混合気を燃焼室内のごみ層上部に吹き込むことでごみ層上部に安定な燃焼領域を形成し、ごみの熱分解が促進される。これにより、低空気比（理論空気量により近い空気量）であっても安定な燃焼を行うことが可能となる。この結果、NO<sub>x</sub>、CO、ダイオキシン類の発生が抑制される上に、排ガス量が減少するため熱損失が大幅に低減し、発電量が向上する（図 3.4～7 参照）。他国競合他社の性能は、JFE エンジニアリングの従来実績程度であることを考慮すると、日本技術の優位性があるといえる。

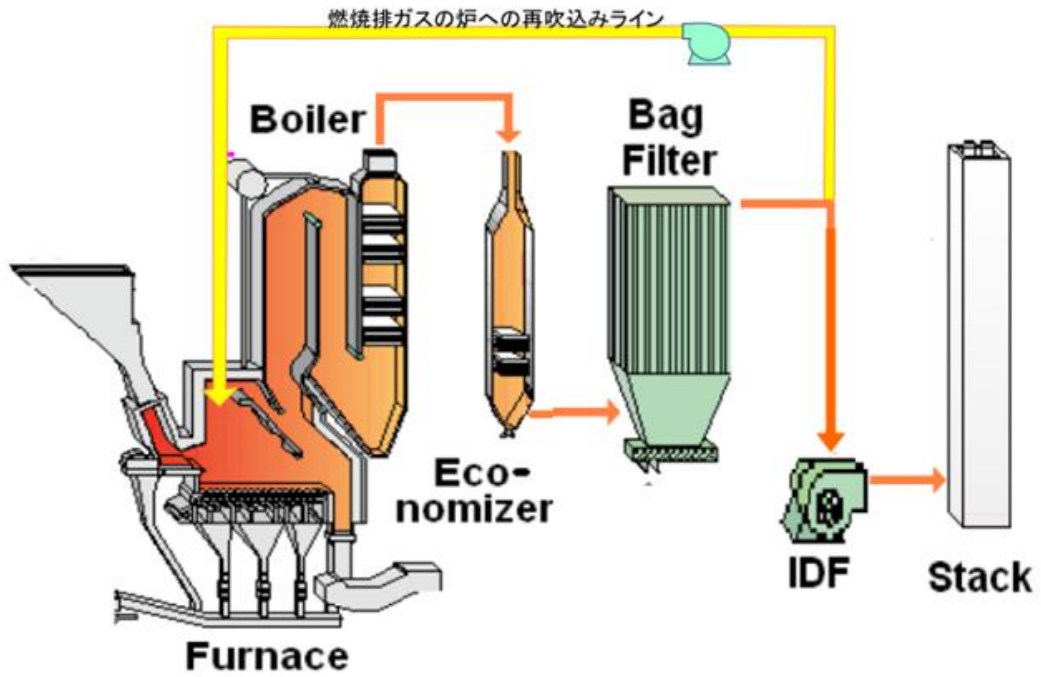


図 3.4 燃焼排ガス再循環システム

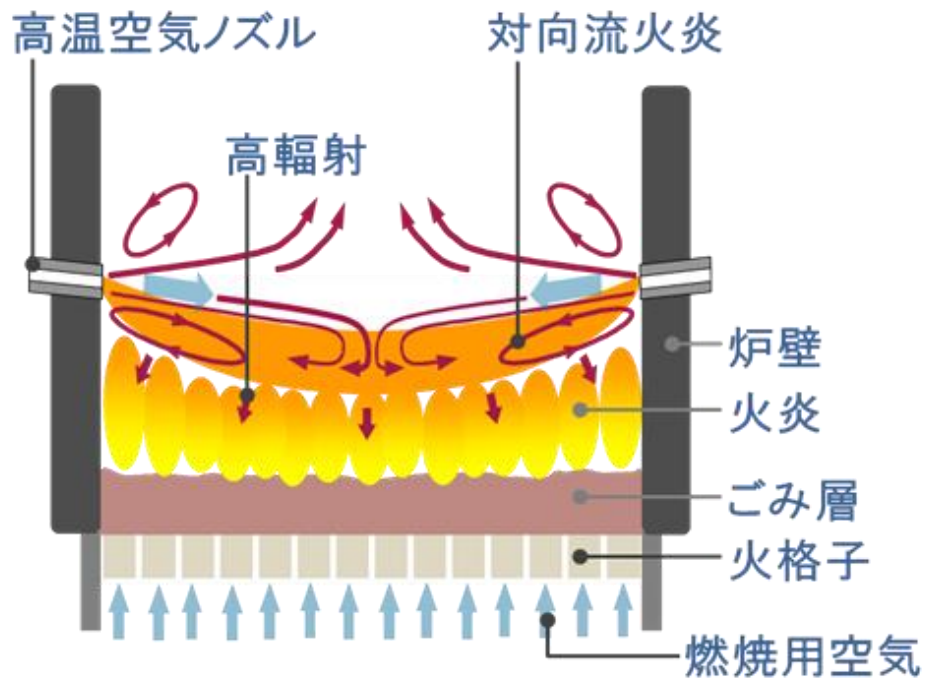


図 3.5 高温空気燃焼システム

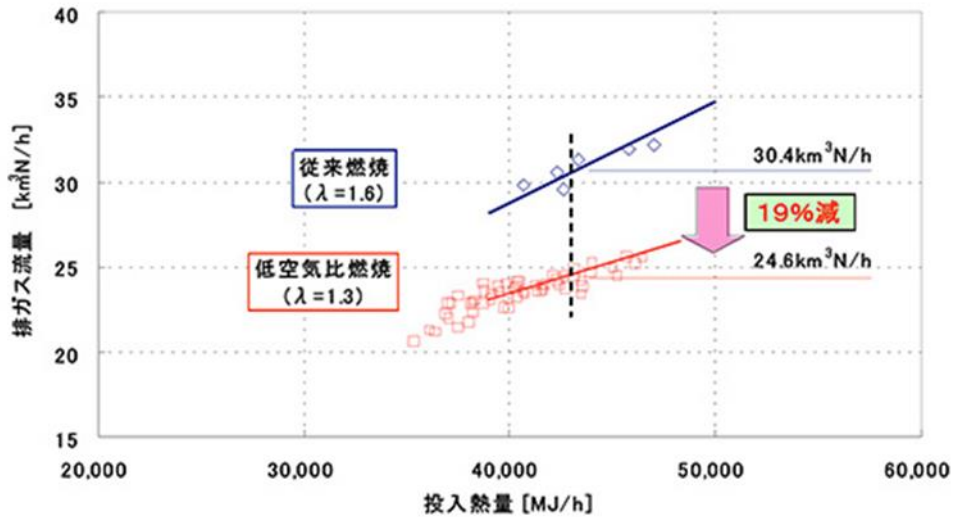


図 3.6 高温空気燃焼システムによる空気比の改善（実績比較）

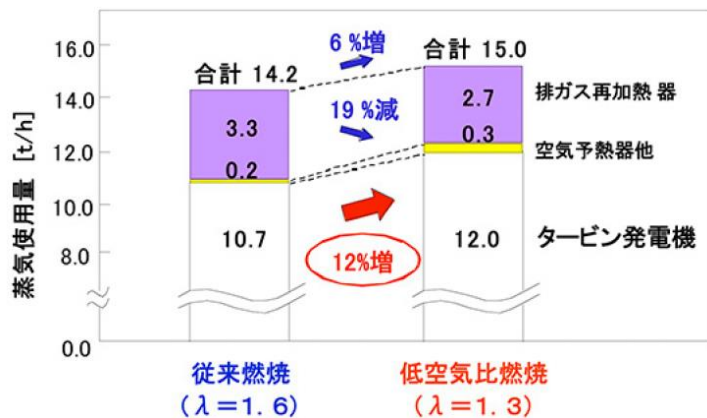


図 3.7 高温空気燃焼システムによる電気出力の改善（実績比較）

### 3.3.2.2 二回流ガス流れの適用

JFE エンジニアリングのストーカ炉は二回流ガス流れの適用により排ガス中の  $\text{CO}$ 、 $\text{NO}_x$  の排出を極めて低く抑制することが可能である。図 3.8 にそのメカニズムについて示し、また以下にその特徴を説明する。

- 廃棄物を加熱すると、乾燥ゾーンでの熱分解により未燃ガス（水蒸気と可燃性ガス等）が発生し、引き続き燃焼ゾーンで可燃性ガスの燃焼が起こり、燃焼ガスが発生する。
- 燃焼室内に設けた中間天井で未燃ガスと燃焼ガスを二分して導き、ガス混合室で両者を衝突させることで混合攪拌燃焼させる。
- 燃焼ゾーンで生成された  $\text{NO}_x$  は、二次燃焼ゾーンで乾燥ゾーンから発生した還元性の  $\text{NH}_3$ 、 $\text{HCN}$  等と反応し還元分解（自己脱硝）される。これにより後段の触媒脱硝設備を不要とし、排ガス再加熱器も不要となることから発電量を最大化できる。

- 二次燃焼ゾーンにおいて、燃焼ガスは高温、十分な滞留時間、攪拌混合により、ダイオキシン類の発生が大幅に抑制される。
- 完全燃焼が促進されるため還元ガスによるボイラの腐食が軽減される。

この技術は、JFE エンジニアリング独自のものであり、他国競合他社に対する優位性があるといえる。

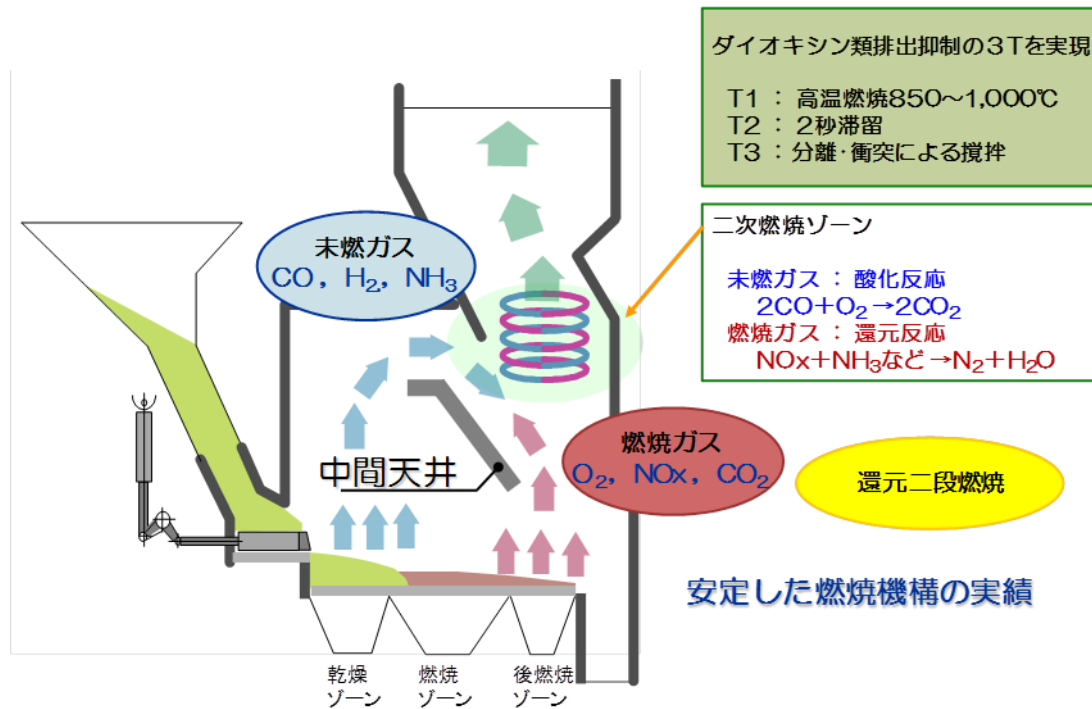


図 3.8 二回流ガス流れ炉のメカニズム

### 3.3.2.3 高信頼性火格子による長期安定運転

日本での長年にわたる経験に基づき、火格子の材質・構造を改善することで、火格子の耐久性をさらに向上させている。この技術は長期的な安定運転に寄与しているほか、他国競合他社に対する優位性につながっている。

- 火格子材質に高クロム耐熱鋳鋼を採用 → 耐熱・耐磨耗性向上
- 火格子の主要部を厚肉化する構造の採用 → 耐磨耗性向上
- 火格子冷却用フィンの大型化 → 火格子温度低減による腐食の防止
- 摺動面の面積変更 → 摩擦力の低減



# 4章 廃棄物発電プラント計画

## 4.1 プラント基本計画

### 4.1.1 施設フロー

前章で記述した通り、本調査ではストーカ炉を採用し、その事業性を評価することとした。ストーカ炉を採用した際の施設フローを図 4.1 に示す。

ごみの受入設備としてピットアンドクレーン方式を採用している。日量 1,000 トンのごみを処理する本施設のごみピットは、ごみを 3 日以上保管できるように設計される。ストーカ炉には JFE エンジニアリングが保有する最新技術である JFE ハイパーストーカシステムを導入する。ストーカ炉で発生する排ガスはボイラおよびエコマイザで熱回収され、バグフィルタに送られる。本施設の排ガス処理は乾式法を採用しており、消石灰により排ガス中の HCl、SO<sub>x</sub> の除去が行われる。バグフィルタでは排ガス中のばいじんを除去する。バグフィルタを通過した排ガスは誘引通風機により煙突に導かれ、系外へ排出される。

ボイラ設備で熱回収することにより発生した蒸気は、一部はプロセス蒸気として使用され、残りはタービン発電機に導かれ発電を行う。発電した電気は、一部施設内の電力消費に使用され、残りを系外に送電し売電される。

本施設から発生する主灰は灰冷却装置によりコンテナへ積載され、隣接するランドフィルへ移送される。また、飛灰は混練機においてキレート剤と混練し、安定化処理を行った後、コンテナへ積載され、隣接するサニタリーランドフィルで処分される。

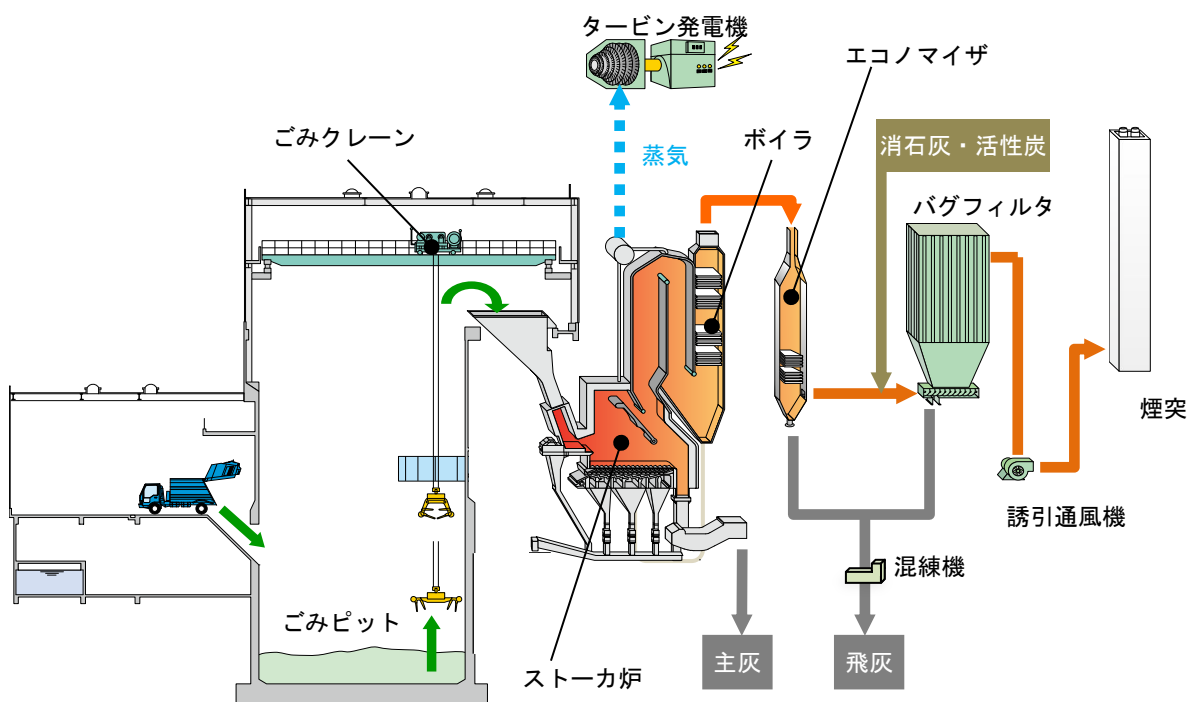


図 4.1 焼却炉概略フロー

## 4.1.2 各設備の働き

### 4.1.2.1 燃焼設備

#### ① ごみ投入ホッパ・シュート

ごみ投入ホッパは、投入されたごみがブリッジすることのない広い開口を有する 3 面垂直形とし、焼却炉内燃焼ガスの吹き抜け等を防止する十分なごみシール高さを持つシュートと組み合わせることで、炉内へ円滑にごみを供給する。また、投入されたごみがブリッジした場合に備え、ブリッジ解除装置を設けている。

#### ② 給じん装置

ごみ投入ホッパから投入されたごみは、油圧駆動水平プッシャー式給じん装置によって、効率的かつ円滑に炉内へ供給される。

この給じん装置によるごみ供給量は、自動燃焼制御または遠隔操作によって調節・設定される。

#### ③ 燃焼装置（燃焼ストーカ）

燃焼装置は、可動火格子と固定火格子で構成される。火格子の形式は、JFE ハイパー火格子で、火格子内部に冷却フィンを持ち、燃焼用空気（一次空気）による冷却効果が高い。可動火格子の駆動は、油圧式であり、自動燃焼制御または遠隔操作によって速度調節・設定が行われる。

また、火格子下部は、乾燥・燃焼用空気を供給するために数区画に分けられ、各区画への空気供給量は、自動燃焼制御または遠隔操作によってそれぞれ個別に調節・設定される。

#### ④ 焼却炉本体

本調査の焼却炉には、中間天井を有する JFE の二回流式ストーカ炉を採用する。二回流式ストーカ炉は、幅広いごみ質に対応できるため、雨季/乾季のごみ質変動が大きく、かつ、今後の経済成長に伴うごみ発熱量上昇が予想されるインドネシア共和国向けとして最適である。

主燃焼室は、ボイラ水冷壁構造であり、廃熱回収の最大化を図っている。炉内側は、すべて高耐熱度を有する耐火物で内張りされ、クリンカ付着が発生しやすい個所は、水冷壁構造あるいは空冷壁構造としている。

中間天井は、排ガスを主煙道と副煙道とに分流し、再び二次燃焼室（ガス混合室）で合流させる。その排ガス同士の衝突による乱流混合作用が、完全燃焼を促進し、ダイオキシン類と窒素酸化物（NOx）を抑制する。また、ごみ層に対して輻射熱を有効に与えることができるため、良好な灰質が得られ、最終処分場への環境負荷を大幅に低減させることができる。

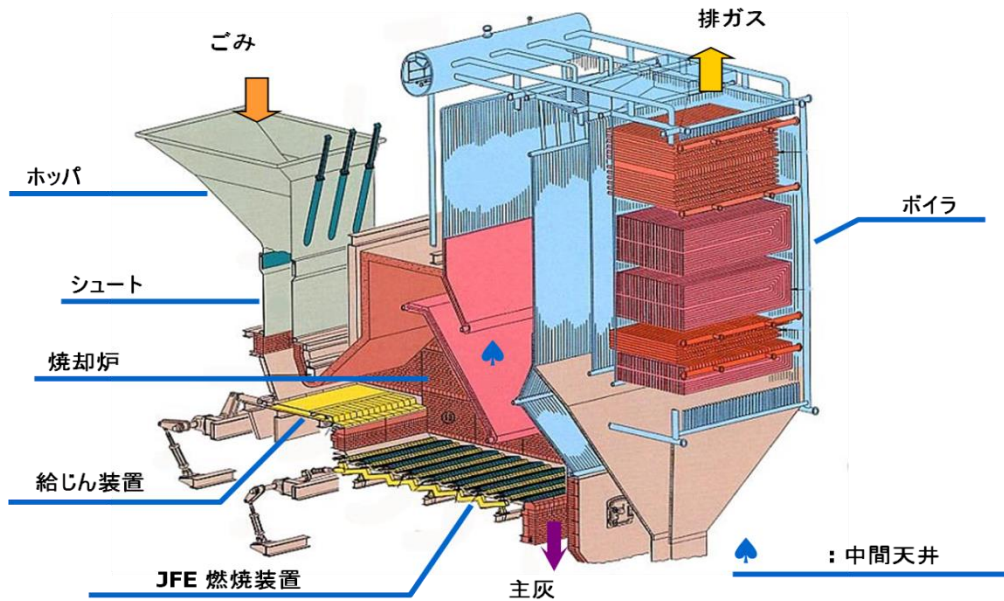


図 4.2 JFE 二回流式ストーカ炉の構造図

#### 4.1.2.2 自動燃焼制御 (ACC) システム

従来の自動燃焼制御システム (ACC : Automatic Combustion Control) システムは、ごみ焼却プロセスより得られる制御量をもとに各操作量の調整を行うフィードバック制御により燃焼状態の安定性を維持していた。

しかし、フィードバック制御は長期的な変動には良い応答を見せるものの、短期的・瞬間的な変動に対しては十分な対応が出来ないという欠点があった。

そこで JFE は、従来型の自動燃焼制御システムにファジィ制御系を取り入れ、短期的な変動にも対応可能な Hybrid ACC システムを採用している。

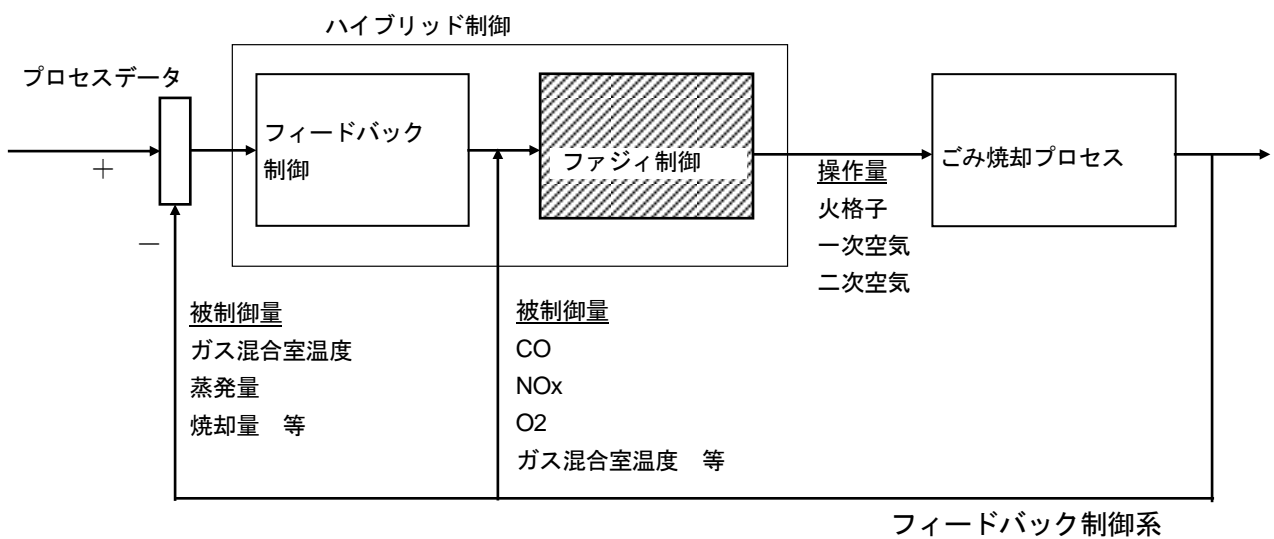


図 4.3 JFE Hybrid ACC 概念図

#### 4.1.2.3 燃焼ガス冷却設備

ボイラは、ごみの燃焼排ガスを冷却するとともに、収熱した熱量を蒸気にかえて廃熱を有効に利用することを目的として設けられている。本計画では、単胴自然循環型ボイラを採用する。

ボイラドラムには、脱気器によって脱気されエコノマイザ（節炭器）で予熱された高温水が給水され、そのボイラ缶水は、自然循環により降水管を降下して、分配管から加熱管に入り、そこで加熱され比重差で上昇する。そして再びドラムに戻り気水が分離される。

ボイラドラムからの高圧の飽和蒸気は、過熱器で過熱された後に、付設する蒸気タービンに送られ、発電に利用される。

本ボイラは、給水量・ドラム水位・蒸気発生量による三要素制御方式のため制御性が優れ、特にごみ質によって変動しやすい焼却炉用ボイラの制御に最適と言える。これらの制御は、蒸気発生量を設定することにより、自動で行われる。

ボイラ伝熱管の要所（過熱器・エコノマイザ）には、伝熱管に付着するダスト等を除去するスタートブロワを設置する。ボイラの周辺設備及び付属設備として、脱気器、純水装置、ボイラ用薬液注入装置、連続ブロー装置、及び、缶水モニタリング装置などを設置する。

#### 4.1.2.4 排ガス処理設備

##### ① 減温装置

ごみ焼却施設について、減温装置として減温塔が設置されることが一般的である。減温塔はボイラまたはエコノマイザ出口より流入する燃焼ガスを、水の蒸発潜熱を利用して冷却減温する設備である。減温塔により急速にガス温度を低温化させることが、ダイオキシン類の再合成を防止する。

本施設は、売電収入が事業性を確保する重要な役割を持つため、発電量が最大となるよう、ボイラ出口温度が 160°C 付近となるよう設計し、ゆえに減温塔は設置しない。

##### ② 酸性ガス（HCl：塩化水素、SO<sub>x</sub>：硫黄酸化物）除去装置

本調査では、粉末消石灰をろ過式集じん器前の煙道に圧送・噴射する乾式処理を採用し、消石灰サイロ、消石灰定量供給装置、噴射ブロワ等より構成される。

反応生成物の塩化カルシウム [CaCl<sub>2</sub>]、硫酸カルシウム [CaSO<sub>4</sub>] 等は、粉末状でろ過式集じん器により捕集される。

##### ③ ダイオキシン類除去装置

本調査では、上記の酸性ガス除去用の粉末消石灰と共に粉末活性炭をろ過式集じん器前の煙道に圧送・噴射する乾式処理を採用する。

噴射された粉末活性炭は、排ガス中のガス状ダイオキシン類を吸着する。この粉末活性炭と粒状ダイオキシン類をろ過式集じん器によって捕集・除去する。

また、JFE 焼却炉は、前述の二回流構造の効果により、適切な燃焼管理を行うだけでダイオキシン類の発生自体を抑制できるため、粉末活性炭使用量の低減に大きく寄与する。

#### ④ ばいじん除去装置

本調査では、ろ過式集じん器（バグフィルタ）を採用し、焼却炉から発生する燃焼排ガス中の飛灰、上記粉末薬剤の反応生成物、及び、粒状ダイオキシン類を排ガス中から除去する。

ろ過式集じん器のダスト払い落とし方式は、パルスジェット式とし、ろ布に付着したダストは、一定時間ごとに噴射ノズルから噴射される圧縮空気によって払い落とされる。

払い落とされた集じん灰は、集じん器コンベヤにより下部ホッパから排出され、飛灰コンベヤによって、飛灰サイロに搬送される。

#### ⑤ 窒素酸化物（NOx）除去装置

本調査で採用している JFE のストーカ炉は、前述の二回流の効果による窒素酸化物（NOx）の炉内還元（脱硝）反応が大きく作用するため、適切な燃焼管理を行うことで現状の排出基準を遵守することが可能である。従って、本計画では、本装置の設置は計画しない。

#### 4.1.2.5 熱回収設備

##### ① 蒸気タービン

ごみ焼却時に発生する廃熱（排ガス）は、ボイラによって蒸気として回収され、その蒸気によって蒸気タービン・発電機を駆動し、発電を行う。本計画では、抽気復水タービンを採用し、抽気を脱気器等のプロセス用蒸気として利用する。

##### ② 低圧蒸気復水器

蒸気タービンで使用された蒸気の全量を冷却・凝縮し、復水とするための設備である。本計画では、大量の冷却水を必要としない空冷式復水器を採用する。

#### 4.1.2.6 灰出し設備

##### ① 主灰（焼却灰）

完全焼主灰却された灰は、主灰シュートより灰冷却装置に落入し、消火加湿された後、コンテナに一時貯留され、定期的にトラックによって最終処分場へ搬出される。本計画では、灰冷却装置には半湿式灰冷却装置を採用する。

##### ② 飛灰

インドネシア共和国における化学物質規正法において、2001 年政令第 74 号により、危険及び有害な物質（以下 B3 : Bahan Berbahaya dan Beracun）について、規制が定められた。B3 は以下のような分類がなされ、使用可能物質、使用制限物質、使用禁止物質が分類されている。ここで下記括弧内表記は原文中に記載の英単語を示している。

- a. 爆発性 (explosive)
- b. 酸化性 (oxidizing)
- c. 非常に強い可燃性 (extremely flammable)
- d. 強い可燃性 (highly flammable)

- e. 可燃性 (flammable)
- f. 猛毒性 (extremely toxic)
- g. 高毒性 (highly toxic)
- h. 有毒性 (moderately toxic)
- i. 有害性 (harmful)
- j. 腐食性 (corrosive)
- k. 刺激性 (irritant)
- l. 環境危険性 (dangerous to the environment)
- m. 発がん性 (carcinogenic)
- n. 催奇形性 (teratogenic)
- o. 変異原性 (mutagenic)

上記の物質の廃棄については、有害廃棄物の処理施設として認定されているジャカルタ公害のボゴール・チレウンシに位置する処分施設にて処理される必要がある。焼却炉からは発生する飛灰について、上記 B3 に該当するかは現時点で不明であるが、B3 に該当し、指定された処分施設に運搬する必要があるとすれば、ごみ処理事業への経済的な打撃は免れられず、非現実的なものであると考えられる。従って、本 FS においては、飛灰はキレート剤による重金属安定化処理を行った上で、サンタリーランドフィルに埋立処理できるものと仮定する。

飛灰の重金属安定化処理について、図 4.4 に概略フローを示す。ボイラ、エコノマイザ、バグフィルタから排出される飛灰は灰コンベヤによって飛灰貯留槽に移送される。飛灰貯留槽から、混練機へ一定量の飛灰が供給され、その供給量に合わせてキレート剤が混練機へ注入される。混練機にてキレート剤と混合された飛灰は、安定化飛灰としてコンテナに貯留されトラックにて系外へ搬出される。デンパサールにおいては、隣接する Suwung 最終処分場に運搬され、サンタリーランドフィルに埋め立てられる。

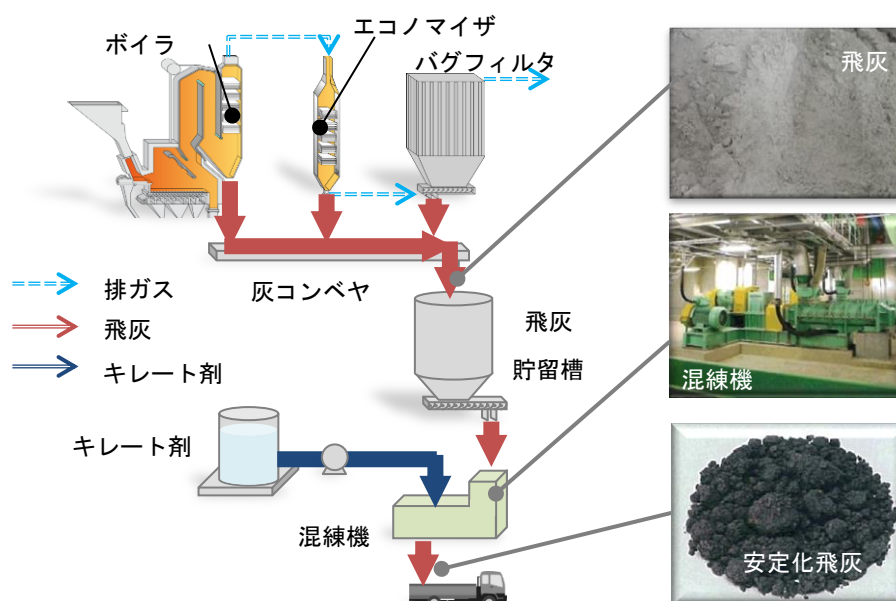


図 4.4 飛灰処理設備の概略フロー

### 4.1.3 設計条件

#### 4.1.3.1 ごみ量・ごみ質設定

ごみ量は、サルバギタ広域組合及びデンパサール市清掃局と協議した結果、日量 1,000ton とした。また、ごみ質は「平成 26 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務ごみ質調査インドネシア国バリ州サルバギタ広域における廃棄物発電事業環境基礎調査」で実施したごみ質分析から、基準ごみに関する組成を表 4.1 に示す通り決定した。さらに、ごみ質の変動を考慮し、低質ごみと高質ごみの組成を、日本の経験則から決定した。デンパサール市では雨季の影響もあり、水分量が高くなる時期があると考えられる。現地ヒアリングベースで低質ごみの水分量は 60%と設定し、高水分ごみでも熱処理が可能であることを考慮している。なお、ごみ質についてはサルバギタ広域組合及びデンパサール市清掃局と協議をして決定している。

表 4.1 ごみ質設定

項目		単位	低質ごみ	基準ごみ	高質ごみ
ごみ量		ton/day	1,000		
低位発熱量		kcal/kg	1,300	1,860	2,220
三成分	水分	%	60.0	51.3	48.0
	可燃分	%	33.0	43.2	48.0
	灰分	%	7.0	5.5	4.0
	計		100	100	100
六元素	C		16.65	21.80	24.22
	H		2.29	3.00	3.33
	N		0.50	0.66	0.73
	S		0.03	0.04	0.04
	Cl		0.13	0.17	0.19
	O		13.40	17.53	19.49
合計			33.0	43.2	48.0

#### 4.1.3.2 排ガス排出基準

インドネシア共和国では 2016 年 8 月に環境林業省が排ガス排出基準について省令<sup>1</sup>を定めている。本プラントにおいては、その省令に基づき、下記の規制値を設定する。ただし、保証値の扱いについては今後デンパサール市と協議の上、決定する。

<sup>1</sup> PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANA REPUBLIC INDONESIA NOMOR: P.70/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 TENTANG BAKU MUTU EMISI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN PENGOLAHAN SAMPAH SECARA TERMAL

表 4.2 本調査で採用する排出基準

項目	規制値		日本基準換算値	
	O <sub>2</sub> 11%, 25°C1atm		O <sub>2</sub> 12%, 0°C1atm	
ばいじん	120	mg/Nm <sup>3</sup>	98.9	mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	210	mg/Nm <sup>3</sup>	60.7	ppm
NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> として)	470	mg/Nm <sup>3</sup>	188.9	ppm
HCl	10	mg/Nm <sup>3</sup>	5.1	ppm
CO	625	mg/Nm <sup>3</sup>	412.6	ppm
Hg	3	mg/Nm <sup>3</sup>	2.47	mg/Nm <sup>3</sup>
HF	2	mg/Nm <sup>3</sup>	1.65	mg/Nm <sup>3</sup>
Dioxin and furans	0.1	ngTEQ/Nm <sup>3</sup>	0.08	ngTEQ/Nm <sup>3</sup>

#### 4.1.3.3 主要設備仕様

表 4.3 に主要設備仕様を示す。

表 4.3 主要設備仕様

設備	項目	単位	仕様
焼却炉設備	型式		JFE ハイパーストーカ炉
	能力	トン/日/基	500
	数量	基	2
排ガス冷却設備	型式		熱回収ボイラ
	常用蒸気圧力 (過熱器出口)	MPa(G)	4.8
	常用蒸気温度 (過熱器出口)	deg.C	420
	蒸発量/基 (基準ごみ定格運転時)	t/h	54
排ガス処理設備	酸性ガス除去	-	乾式処理 (粉末消石灰噴射)
	ダイオキシン類 除去	-	乾式処理 (粉末活性炭噴射)
	ばいじん除去	-	ろ過式集じん器 (バグフィルタ)
	窒素酸化物除去	-	燃焼管理
余熱利用設備	型式		抽気復水タービン + 同期発電機



設備	項目	単位	仕様
	数量	基	1
	常用蒸気圧力 (タービン入口)	MPa(G)	4.6
	常用蒸気温度 (タービン入口)	deg.C	415
	排気圧力	kPa(A)	25
	蒸気流量 (基準ごみ定格運転時)	t/h	107
	発電機出力 (基準ごみ定格運転時)	MW	20.0

#### 4.1.4 配置計画

本調査では、廃棄物発電プラントを既存 Suwung 最終処分場内の空きスペースに建設する想定はしているが、具体的な建設予定地の決定までには至っていない。

プラント配置計画に当たっては、建設予定地の地質調査やユーティリティ施設、車両動線等の運営、維持管理の容易性を考慮した上で全体配置を決定する必要がある。本調査の設備検討においては、事業採算性を重視した一般的な配置図で検討した。本格的な配置計画/設計は、プロジェクト実施時の詳細調査段階において実施することとする。

#### 配置概要

- ① ごみ受入れはランプウェイ方式とし、ごみピット掘削量を削減することで建設費低減を図る。
- ② ごみピットはごみ処理量の最大3日分以上を貯留可能な容量とする。
- ③ 主灰、飛灰はヤード貯留、ローダ排出とし、クレーンなどの設備費低減を図る。
- ④ デンパサル市の景観を保全するため、プラントには建屋を設け、設備を屋内に設置する。

#### 4.1.5 全体工事工程

工事計画および建設費算出のために想定した全体工事工程は下図の通りである。ただし、工事工程に影響を与える以下のような要因については考慮していない。

- ・当該国の環境影響評価に要する期間
- ・当該国の施設建設に係る許認可に要する設計期間変動
- ・当該国での客先による図面および図書承諾に要する設計期間変動
- ・最新の法令、規格、基準の適用に関する設計期間変動
- ・地形および地盤情報による土工工事期間変動
- ・不可抗力的事由による遅延リスク

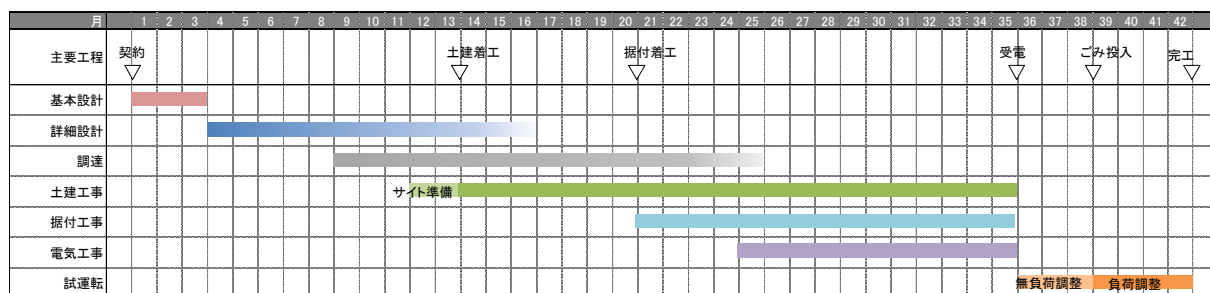


図 4.6 全体工事工程

#### 4.1.6 プラントの建設費

廃棄物発電プラントの建設費を積算した結果を表 4.4 に示す。なお、ユーティリティについては、サイト境界での接続を前提としている。

表 4.4 廃棄物発電プラントの建設費

項目	金額(USD)
プラント機器費用	60,000,000
プラント工事費用	40,000,000
設計・管理費	13,000,000
試運転費用	5,000,000
合計	118,000,000

## 4.2 プラントの運営計画

### 4.2.1 運転計画

プラントの長期稼働を実現するために必要なメンテナンス期間の確保を考慮し、年間運転日数を 310 日とした。尚、各炉のメンテナンス期間中や搬入量が処理可能量を上回る場合、ごみは隣接する Suwung 最終処分場にて受け入れることを前提としている。

### 4.2.2 運転費

#### 1) SPC 構成員

廃棄物発電施設の運営にあたっては適切な人員の構成が必要である。プラントの運営は現地雇用の職員が実施することを前提としている。ただし、最初の二年間はオペレーション SV およびメンテナンス SV を派遣することを考慮している。二年間で運営に必要な知識を身に付け、運営管理の現地化が可能となるようにする。また、必要に応じて、都市間連携を活用した日本での研修や教育を実施する。

本プラントは 24 時間連続運転であり、運転班は 1 日 12 時間勤務の 4 班体制とする。また、日勤班としてメンテ要員を配置する。廃棄物発電施設はボイラ、タービンを保有し、特殊な技能も要するため、専門技術者を配置する。さらに、本運転費には、事業運営に係わる事務員等の費用も考慮することとする。上記条件に基づく焼却発電プラントの運営に係る人員を表 4.5 に示す。

表 4.5 運転人員計画

役職	人数	作業内容
会社代表	1 名	事業管理
施設管理者	1 名	施設全体の管理業務 安全管理
QA/QC マネージャ	1 名	品質管理担当 ISO 認証取得・維持
安全担当 (SHE マネージャ)	1 名	安全担当
秘書	1 名	会社代表秘書
経理責任者	1 名	事業運営 会計業務
経理事務員	1 名	会計業務
人事・総務事務員	1 名	人事・総務業務
広報・教育担当	2 名	広報活動・教育活動教務
一般事務員	3 名	計量運転業務
セキュリティ管理	8 名	施設セキュリティ担当
清掃員	1 名	清掃担当
オペレーション責任者	1 名	プラントの運転業務担当

役 職	人数	作業内容
メンテナンス責任者	1名	プラントのメンテ業務担当
プラント運転要員		
シフトリーダー	4名	プラント運転管理業務
シフトサブリーダー	4名	プラント運転管理業務補佐
オペレーター	16名	プラントの運転業務
専門技術者	4名	蒸気全般、タービン関連、ボイラ関連、電 関連保安技術者
プラットフォーム監視員	6名	ごみ受入監視員
灰搬出要員	3名	焼却灰の埋立地搬出（トラック運転）
計量運転員	3名	計量運転業務
メンテナンス要員		
メンテリーダー	1名	メンテナンス業務管理
メンテナンス員	3名	メンテナンス業務(スタッフ)
オペレーション&メンテナンス SV	12名	オペレーションおよびメンテナンス SV と して業務（JFE 派遣、最初の2年間のみ）
合 計	80名	

## 2) 用役費

廃棄物発電施設運営において必要な用役の数量を、運転計画を元に算出した。各用役の使用量は基準ごみ時のものとし、基本的にはインドネシア共和国国内での調達となるが、一部特殊品については輸入を考慮する。

表 4.6 用役一覧

項目	
水道	上水
	下水
燃料	軽油
ボイラ用薬剤	清缶剤
	脱酸剤
純水装置	塩酸
	苛性ソーダ
	亜硫酸ソーダ
	陽イオン交換樹脂
	陰イオン交換樹脂
排ガス処理	活性炭
	消石灰

項目	
排水処理	塩酸
	苛性ソーダ
	凝集剤
	凝集助剤
飛灰処理	重金属安定剤
油脂類	油圧作動油
	潤滑油
	グリース
	タービン油

### 3) 維持管理費

事業期間は25年間と仮定して、ライフサイクルコストの低減のために、適切な設備メンテナンスが必須となる。予防保全的な観点から、年次定期点検および計画的な部品交換、機器の更新を前提とする。

### 4) 運転費積算

事業期間25年間における年間平均運転費用を下表に示す。

表 4.7 運転費用

項目	費用(USD/年)
人件費	1,570,000
用役費	2,170,000
メンテナンス費	2,800,000
その他経費	460,000
合計	7,000,000

#### 4.2.3 発電計画

ごみ焼却発電事業において、事業性を確保するための収入は、ごみの処理費（Tipping Fee）と売電収入が事業収入の大きな柱となり、売電収入は事業成立に不可欠な要素である。本調査では、熱回収設備は 4.2MPa、480℃の高温高压ボイラ、発電設備は抽気復水タービンとし、熱回収効率を向上させる計画としている。以下に本事業計画における電力収支表を示す。

表 4.8 電力収支

項目	単位	値
年間運転日数	日/年	310
発電電力	MWh	20.0
消費電力	MWh	3.5
売電電力	MWh	16.5
	MWh/年	122,760

# 第5章 各種ステークホルダー・利害関係者

## 5.1 各種ステークホルダー・利害関係者

本章では、本調査に係わるステークホルダーについての整理を実施する。

### 5.1.1 インドネシア共和国中央省庁

インドネシア共和国における中央省庁組織図を図 5.1 に示す。インドネシア共和国には以下に示されている通り、34 の中央省庁が存在する。インドネシア共和国では各省庁間の調整を行うために、各省の上位に調整省が組織されていることが特長である。

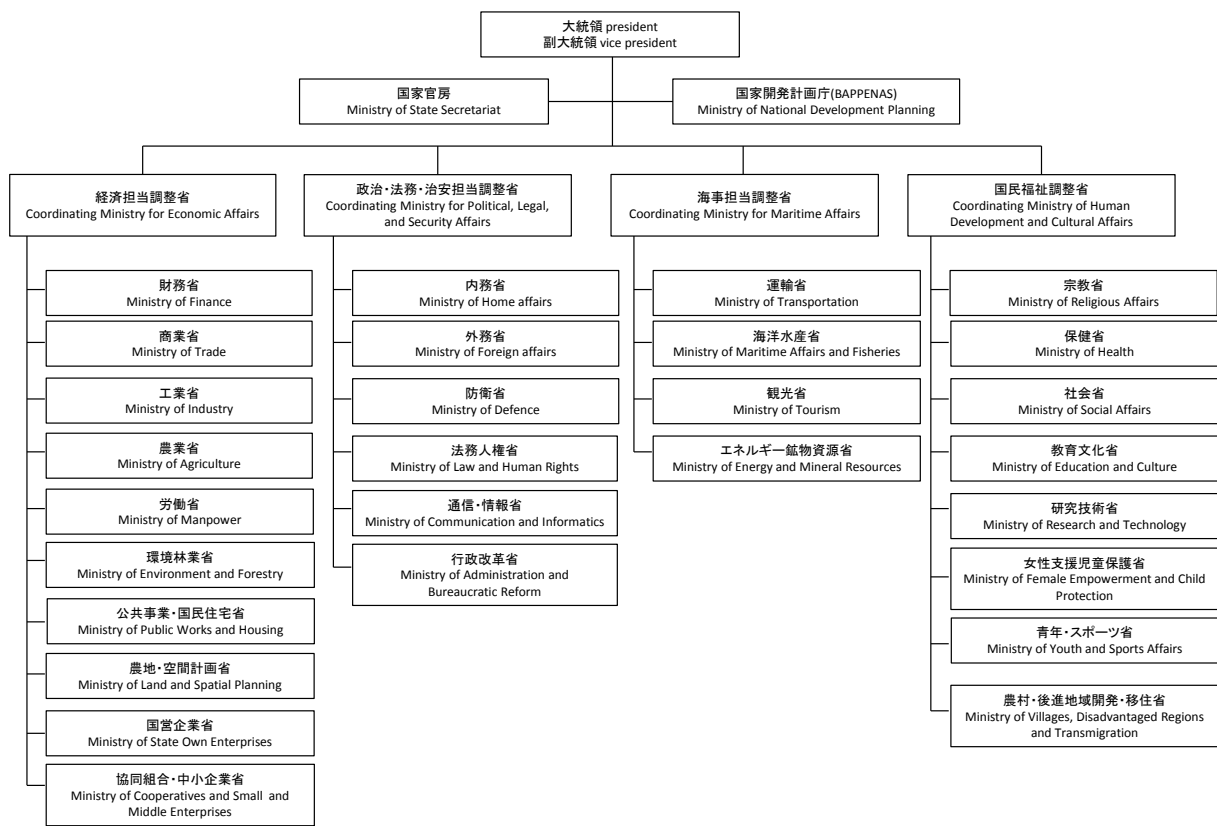


図 5.1 インドネシアにおける中央省庁組織図

廃棄物発電事業を実施する上で重要な省庁について、以下に記述する。

#### 1) 海事担当調整省 (Coordinating Ministry for Maritime Affairs)

- 各省庁間の調整
- 海事担当調整省傘下の省庁管理
- 廃棄物発電事業の責任省庁としてガイドライン等の整備を実施

#### 2) 環境林業省 (Ministry of Environment and Forestry)

- 廃棄物管理の政策立案、調整、実施 (法律等ソフト面)
- EIA に関する権限、業務実施



- 有害廃棄物管理の政策立案、調整、実施
- 3) 公共事業・国民住宅省 (Ministry of Public Works and Housing)
- 排水及び廃棄物管理に関する政策・戦略の立案 (施設等のハード面)
  - 収集、処分事業の促進 (一般廃棄物)
- 4) 財務省 (Ministry of Finance)
- PPP (Public Private Partnerships) の主要関係機関
  - 事業に対する政府支援や政府保証の促進
- 5) 国家開発計画庁 (BAPPENAS (尼語 Badan Perencanaan Pembangunan Nasional))
- PPP (Public Private Partnerships) の主要関係機関
  - PPPに関する計画の取り纏め、案件形成支援
  - PPP BOOK の発行
  - PPPに関する計画と国家開発計画との統合
  - 関係主体の能力強化

### 5.1.2 バリ州のステークホルダー

#### 1.1) サルバギタ広域組合概要

デンパサール市、バドゥン県、ギャニャール県、タバナン県からなる清掃組合であり、デンパサール市にある Suwung 最終処分場を管理している。広域人口は約 220 万人。今後、案件形成のカウンターパートとなる組織である。

現在、Suwung 最終処分場に運搬されるごみ量は、第二章に記述の通り日量 800ton-1000ton である。現在 Suwung 最終処分場にはデンパサール市及びバドゥン県のごみが運搬されている。他県については Suwung 最終処分場ではなく、各々が所有する最終処分場に埋立処分しているが、その最終処分場の容量が満たされた場合、ごみは Suwung 最終処分場に運搬されることになり、その量は現在のごみ量と合わせ、日量 1,000ton を超える見込みである。

サルバギタ組合長にヒアリングした結果、ごみ焼却施設計画を進める実施主体はサルバギタ広域組合であり、サルバギタ広域組合では案件形成の決定などの重要な決定事項は、サルバギタ組合構成体各県の代表者の承認が必要となるとの事。

#### 1.2) サルバギタ広域組合の行政上の位置付け

わが国では行政上の広域連合の定義とは、複数の普通地方公共団体や特別区が、行政サービスの一部を共同で行うことを目的として設置する組織であり、地方自治法において特別地方公共団体と定義されている。我が国では特別地方公共団体はその成立をもって、共同処理するとされた事務は、関係地方公共団体の権能から除外され、広域連合に引き継がれる事から、わが国の広域連合は共同処理事務事項についての執行権および関連業務の契約権を有している公共団体であるということが言える。それに対して、サルバギタ広域組合はインドネシア共和国バリ州デンパサール市および関連市町村において、共同処理事項について執行権を有している公共団体ではない。

つまり、デンパサール市にある Suwung 最終処分場において廃棄物発電設備を建設し民間に事業権を付与する事業契約が結ばれた場合、サルバギタ広域組合はインドネシア国 PPP 法に定義さ

れている政府契約組織（Government Contract Agency）に成り得ない為、契約当事者となるのは不可能である為、契約機能を法的に有する州・自治体等が、契約当事者となる必要がある。今後事業スキームを構築し、PPP 案件の組成の本格検討を実施する際には、この点を十分に留意し、事業契約の当事者につき、整理を実施する必要がある。

## 2) バリ州デンパサール市

Suwung 最終処分場が所在する市がデンパサール市である。デンパサール市清掃局へのヒアリング調査によると、Suwung 最終処分場に運び込まれるごみの大部分はデンパサール市からのものであり、Suwung 最終処分場の運営権は、一部の排水処理設備等を除き、デンパサール市清掃局にあり、デンパサール市清掃局が運営に深く関与しているとの事である。Suwung 最終処分場において、ごみ焼却施設計画を進める上では、本処分場の運営に関する最高意思決定者である、デンパサール市長および副市長の了解・承認が必要である。デンパサール市は Suwung 最終処分場から発生する臭気や火災事故等は、観光産業に深刻な打撃を与え、地域住民にも直接的に影響がある為、適切な中間処理施設の導入に前向きな意向をもっており、過去に NOEI 社とランドフィルガス発電事業（ごみの受入、最終処分の管理を含む）のコンセッション契約を締結するなど、ごみ処理問題の解決に対する意欲は十分にある。また前述した通り、サルバギダ広域組合は PPP 法にて定義されている政府契約組織（Government Contract Agency）には成り得ない為、建設候補地を Suwung 最終処分場内に所有しており、同処分場に搬入される大半のごみをデンパサール市がコントロールしている事から、デンパサール市が同市における廃棄物発電事業における、事業契約当事者となる可能性が高く、インドネシア国 PPP 法に定義されている政府契約組織（Government Contract Agency）として、Suwung 最終処分場における廃棄物の熱処理に関わる PPP 事業の特別目的会社 SPC（Special Purpose Company：以下 SPC）と共に推進していく当事者となる事が想定される。

### 5.1.3 案件形成に必要なステークホルダー

本調査を通して、上記のようにステークホルダーを確認できたが、今後、案件形成に必要な主なステークホルダーを下記に記す。

#### ① 現地有力建設企業

建設予定地にて遅延なく建設工事を履行する為には、インドネシア国で十分な実績および能力を有している現地有力建設企業の関与が必要不可欠である。JFE エンジニアリング株式会社は本調査を通じて、複数の現地有力建設企業にコンタクトを実施した。その中でもインドネシア国最大手建設企業であり、石油化学・エネルギー分野にて設計・調達、建設、試運転（EPCC）実績が数多くあり、十分な財務体力を有している、B 社を建設工事に関わる共同パートナーとして選定し、現在詳細協議を実施継続している段階である。

#### ② 出資者

本調査において、サルバギダ広域組合・デンパサール市は PPP（BOT スキーム）での案件形成

を希望しており、今後、PPP（BOT スキーム）案件として議論を継続していく中で、単独一社の投資による事業運営は困難であり、インドネシア共和国における、外資系の出資規制に関わる法規制の観点から考えても、インドネシア国における他の分野での BOT 事業と同じく、複数のディベロッパの共同出資が必要不可欠であり、廃棄物処理に関わる SPC を設立し、事業を共同運転していく体制を構築する必要がある。共同出資者の選定に際しては、第六章にて詳細に記述している通り、プロジェクト・ファイナンスの調達にも深く関わってくるため、慎重に出資者を選定する事が重要である。確約した出資を速やかに履行出来る事が必要不可欠であり、十分な財務体力を有しており IPP 分野の投資に長けた、わが国の総合商社や、現在インドネシア国にて、実際に火力発電等の IPP 事業を投資・運営しているディベロッパ等が候補としてあげられる。現在 JFE エンジニアリング株式会社は、日本の C 総合商社と共同で現地の有力企業の選定を実施しており、出資者の選定については今後も継続協議を実施していく予定である。

### ③ 融資金融機関選定

ファイナンスアレンジについては第六章にて詳細を記述するが、プロジェクト・ファイナンスの組成が事業実現への最重要事項であることから、わが国の国際協力機構（JICA）や国際協力銀行（JBIC）等の政府系銀行によるプロジェクト・ファイナンス組成が必要であり、ファイナンス組成に向けての課題を整理の上、金融機関と協議を進めていく必要がある。

## 第6章 プロジェクト・ファイナンスの活用

本章ではデンパサール市における廃棄物発電のファイナンススキームを検討すると共に、ファイナンスアレンジの手法とその課題についての検討および考察を行う。

### 6.1 プロジェクト・ファイナンスの活用について

プロジェクト・ファイナンスとは、原則プロジェクトから創出されるキャッシュフローを融資返済の財源とする金融手法である。その為、企業の信用力をベースに資金調達を執り行う、コーポレート・ファイナンスとは異なり、プロジェクト・ファイナンスは当該プロジェクトが破綻した場合においてもその出資者への訴求権が発生しない、ノンリコース形態での融資または、リスクの一部を出資者が負担するケースリミテッド・リコースでの融資形態が一般的である。またプロジェクト・ファイナンスは事業の実施主体が通常、SPCであり、プロジェクト自体が独立した法人として、資金調達の実施を執り行なう。SPCは通常、対象プロジェクトを履行する為に設立され、その資産は限定的である場合が多い。その為、融資元の金融機関にとって、融資の担保と成り得るのは、当該プロジェクトの事業資産（運営設備）および、事業権利のみとなる事から、プロジェクトファイナンス組成にあたっては、下記の通り、融資対象である事業の採算性や事業継続性といった項目に対して、非常に厳しい審査（デューデリジェンス）が金融機関によって実施される。

#### 1) 事業採算性

融資元の金融機関にとっては、貸し手の対象事業が不採算となり、返済が不可能な事態に陥った場合、プロジェクト・ファイナンスはノンリコースでの融資となる事から、貸し倒れのリスクが発生する。その為、プロジェクトキャッシュフローが、貸し手にとっての最重要担保であり、返済に至る十分な収益の確保が可能か否かを十分に検討する事が、プロジェクト・ファイナンス組成における最重要事項となる。またプロジェクトは有期期間内の活動であることから、プロジェクト期間内の返済が可能か否かの精査が実施される。

#### 2) 事業継続性

返済期間におけるプロジェクトの継続がプロジェクト・ファイナンスの前提であり、詳細は後述するが、プロジェクト継続の前提となる継続条件（ゴーイング・コンサーン）を事業契約上、SPCが権利義務としてどのように契約の中で確保しているかが重要となる。

### 3) 事業リスク

事業継続に関わるリスク評価を適切に分析し、事業継続計画（以下 BCP: Business Continuity Planning）、事業継続マネジメント（以下 BCM: Business Continuity Management）を策定する。危機発生時に、速やかに事業を再開させるために、行動計画を立案、不可効力等によって事業が中断された場合等においても、プロジェクト継続に必要となる資金を保険等で確保出来る事が重要となる。

表 6.1 プロジェクト・ファイナンスとコーポレート・ファイナンスの相違点

項目	プロジェクト・ファイナンス	コーポレート・ファイナンス
事業主体	出資者	借入人
事業目的	当該プロジェクトのみ	企業活動全般
借入人	特別目的会社	個別企業
返済財源	当該事業収益	企業全体の事業収益
返済期間	通常 10 年以内	短期・長期
審査内容	事業採算・リスク	企業与信能力
担保	プロジェクトキャッシュフロー	所有財産

### 4) 資金調達先

プロジェクト・ファイナンスを前提とした、資金調達先の候補としては大きく分類して以下の通りである。

- (1) 公的金融機関による融資
- (2) 民間金融機関による融資
- (3) その他保険会社等による融資

デンパサール市における廃棄物発電事業実現の為には、プロジェクト・ファイナンスの組成が必要不可欠である事から、本 F/S の実施にあたり、各金融機関にプロジェクト・ファイナンス組成に必要な前提条についてのヒアリングを実施した。廃棄物発電案件の性質を考慮し、ヒアリング対象は(1)公的金融機関、(2)民間金融機関に限定した。以下にてヒアリング対象の概略およびヒアリング内容の概要を記述する。

#### 4-1) 公的金融機関による融資

インフラ輸出を資金面から支援するための主な公的機関としては、独立行政法人国際協力機構（以下 JICA）、国際協力銀行（以下 JBIC）、独立行政法人日本貿易保険（以下 NEXI）等の公的金融機関の活用が考えられる。政府金融機関の案件形成支援として、JBIC により、「日本再興戦略 2015」の中で言及されている通り、「質の高いインフラパートナーシップ」の為に、今後 5 年間で従来の約 3 割増となる約 1,100 億ドルのインフラ投資アジア地域で行う事が計画されている。その為、JBIC の機能強化を図り、リスクマネーを供給する新制度を創設し、リスクが高いとみなされるプロジェクトへの積極的な投融資を実施するという方針が打ち出されている事から、デンパサール市における廃棄物発電事業へのプロジェクト・ファイナンス組成においても JBIC や JICA のような公的金融機関の活用が必要不可欠であると思われる。については、本 F/S の実施にあたり、JICA 民間連帯事業部海外投融資課へプロジェクト・ファイナンス組成是非につき以下の通りヒアリングを実施した。

- (1) 日時：2016 年 10 月下旬
- (2) 場所：JICA 本部
- (3) 議題：インドネシア国におけるプロジェクトファイナンス活用
- (4) 面談：民間連帯事業部海外投融資課
- (5) 内容：プロジェクトファイナンス組成にあたって、必要となる前提条件の重要事項

ア) インドネシア国の地方自治体の与信テイクは通常困難。デンパサール市が事業継続に関わる重大な債務不履行（処理費用の未払い等）を起こした際の政府保証（IIGF 等）が必要である事。

イ) 事業投資契約、売電契約、および事業スキームがバンカブルな内容である事。

ウ) 飛灰等有害廃棄物（B3（4.1.2.6 節参照））が適切に処理されており環境影響評価上、問題のないプロジェクトである事。

上記条件が整備されれば、ノンリコース形態での融資の可能性は十分に実現可能であるとの見解を得る事が出来た。

#### 4-2) 民間金融機関による融資

民間金融機関を活用した融資方法とは、本邦メガバンク、地方銀行、信託銀行、外国銀行等の民間金融機関の融資を活用する方法である。民間金融機関の活用については、インフラ・プロジェクトには、政府による設備接收などのカントリー・リスク、設備建設・運

営の各プロセスでのガバナンス・リスク、海外から投資する場合の為替リスクなど、多様なリスクが伴い、廃棄物発電事業は通常収益性が高くない事から、実情としては、廃棄物発電事業における融資については非常にハードルが高い。本 FS の実施にあたり、複数の本邦銀行（民間・外資系金融）にプロジェクト・ファイナンス組成の可能性につきヒアリングを実施した。何れの民間金融機関もインドネシア国における廃棄物発電事業における、出資者への訴求権が発生しない、ノンコース形態での融資は困難であるとの回答であり、民間金融機関による融資を活用したプロジェクト・ファイナンス組成は非常に困難であるという確認を得た。

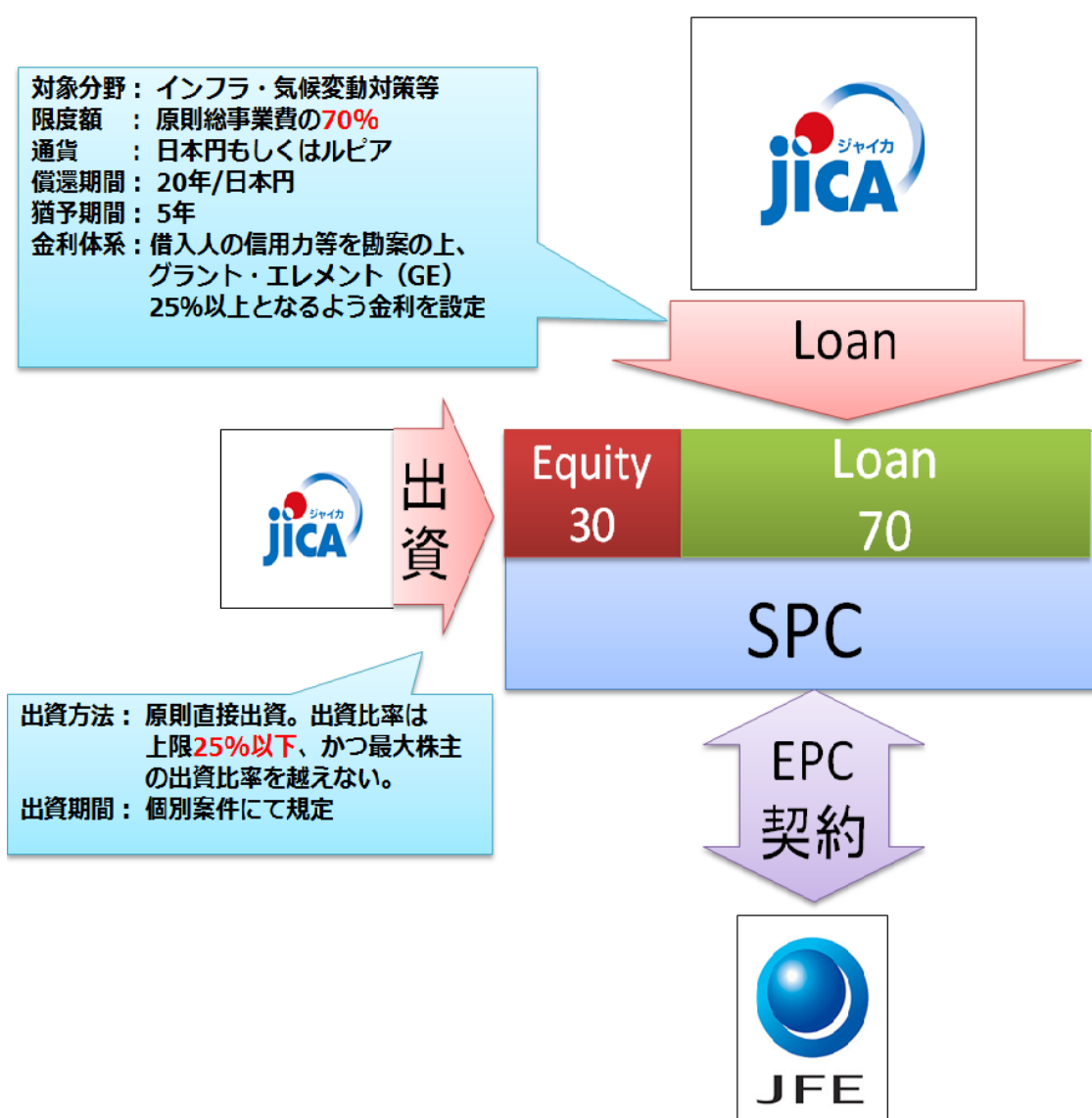


図 6.1 JICA 投融資スキーム（想定）

## 6.2 プロジェクト・ファイナンス活用のメリット

プロジェクト・ファイナンス活用の借り手・貸し手のメリットはそれぞれ以下の通りである。

### 1) 借り手側のメリット

#### 1.1) 事業リスクの分散

プロジェクト・ファイナンスでの資金調達は、原則プロジェクト不採算による、債務履行（弁済）責任を出資者が負わない。その為、廃棄物発電案件等のコーポレート・ファイナンスでは通常取り組み不可能な案件においても民間の事業体が参画可能となる事が多い。また、出資間において当該事業のリスクを細分化した上で、公平にリスクを分担する事により、出資者の事業リスクを分散・低減化が可能である。

#### 1.2) 財務負担軽減

コーポレート・ファイナンスの手法を用いて資金を調達した場合、バランスシートにおける負債比率が上昇する為、財務体力の低下に繋がる恐れが生じ、企業の新規の資金調達に支障が生じる可能性がある。しかしながら、プロジェクト・ファイナンスを活用する事により、SPC 出資企業は各々財務負荷軽減のメリットを享受する事が出来る。また通常、プロジェクト・ファイナンスはバランスシート上、債務として計上されない為、新規資金調達の支障にならないケースが多い。

### 2) 貸し手側のメリット

#### 2.1) 高収益性

プロジェクトファイナンスは、コーポレートファイナンスと比較した場合、リスクテイクの性質が強い事から、その対価として金利水準が高水準となり、貸し手にとっても高収益が期待出来る。

#### 2.2) 競争力

国際的な競争力の向上を目的とする金融機関において、インフラ・ストラクチャ部門におけるプロジェクト・ファイナンス・アレンジを主導した金融機関には非常に高い評価が与えられる為、金融機関にとってもプロジェクト・ファイナンス組成に参画する事で、国際的な競争力向上のメリットを享受出来る。



## 6.3 セキュリティ・パッケージの構築

前述の通り、プロジェクト・ファイナンス組成の為には、当該事業の実施により生成されるプロジェクト・キャッシュフローからの確実な債務の返済が必要不可欠であり、確実に融資を返済可能な事業スキームの構築が必要である。その為、プロジェクト・ファイナンス組成にあたり事業継続・存続をその目的とした「セキュリティ・パッケージ」の構築が金融機関主導で実施される事となる。セキュリティ・パッケージとはプロジェクト・ファイナンスにおける担保のメカニズムであり、貸し手はプロジェクト継続・存続の為に、必要な以下担保・権利を速やかに確保する為、融資契約に事業に対しての介入権（Step in Right）を設定するケースが多い。

- (1) プロジェクトのキャッシュフローの管理・確保
- (2) スポンサーからの追加融資確保
- (3) プロジェクト継続に必要な全ての権利の取得（諸契約上の地位、SPCの株式等）

このようにプロジェクト・ファイナンスの貸し手である金融機関は、事業継続・融資回収に必要な権利を確保し、ステップ・インをスムーズに行えるストラクチャーを事前に構築する。このようにして、事業リスクの管理を可能な限り最適化する事を条件に、はじめて金融機関によるプロジェクト・ファイナンス組成が可能となる。

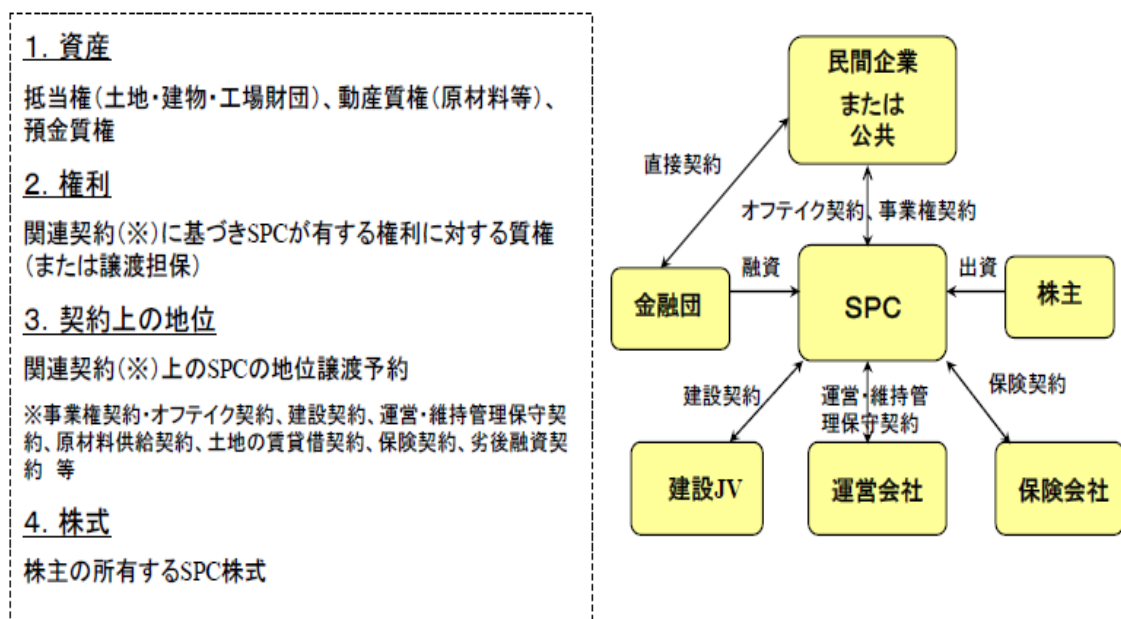


図 6.2 セキュリティ・パッケージ（出典：日本政策投資銀行）

## 6.4 プロジェクト・ファイナンス活用の可能性

デンパサール市向け廃棄物発電案件の実現の為に、インドネシア国 PPP 法に則った PFI 方式での BOT 事業化が必要である事は、第二章にて述べた通りではあるが、BOT 事業実現の為に、プロジェクト・ファイナンス組成が必要不可欠となる。本項では、デンパサール市における廃棄物発電案件におけるプロジェクト・ファイナンス組成の可能性につき考察する。

### 1) プロジェクト・ファイナンス組成におけるリスク分析

前述した通り、プロジェクト・ファイナンス組成の為に、金融機関によるセキュリティ・パッケージの構築が必要不可欠であり、プロジェクト・ファイナンスにとってリスクと契約の重要性は計り知れない。一般的には、リスクは最も適切に処理出来る者に割り当てられるべきであり、そのためにはリスクの精緻な認識が不可欠となる。よってまずは、デンパサール市における廃棄物発電案件におけるリスク項目の抽出を行い、リスクに対するプロテクションとしての契約を対応させる形で考察していく。

#### 1.1) プロジェクト計画段階からプロジェクト完工・運転までのリスク

プロジェクトの事業収支計画は、当該プロジェクトが、計画期間内に、プロジェクト予算範囲内で、計画された性能により稼動することを前提としている為、中断等により完工遅延が発生した場合、プロジェクトのキャッシュフローに深刻な影響を与え、プロジェクトの継続に深刻な疑義が生じる事となる。廃棄物発電事業においても、他の発電・プロダクションプラントの事業と同じく、「決められた期間内」に「決められた性能」で商業運転を開始する事が必要不可欠である。デンパサール市廃棄物発電案件におけるプロジェクト完工・商業運転開始のリスク要因については以下の通り整理する事が可能である。

#### (1) 出資者起因のリスク

ア) 出資および与信リスク

#### (2) プロジェクトオーナーおよびオフテーカー（売電先）起因のリスク

ア) 計画実行能力に関わるリスク

イ) 債務不履行リスク

#### (3) EPC コントラクター起因のリスク

ア) 工事遂行管理能力

イ) その他適応技術に起因するもの

(4) その他のプロジェクト完工後の外的要因に起因するリスク（カントリーリスク）

ア) 当該国や政府に起因するリスク

イ) 不可効力事象の発生

ウ) その他事業環境の変化等

(5) ファシリティマネジメント（施設管理）リスク

## 2) リスク低減策について

前項にて述べたプロジェクト計画段階からプロジェクト完工までのリスク抽出項目について以下の通りリスク低減策を考察する。

### 2.1) 出資者起因のリスク

プロジェクト出資者起因のリスクの概要および、リスク低減策を以下の通り考察する。

#### 2.1.1) 出資および与信リスク

出資リスクとは各出資者が SPC 成立に伴う事前合意に基づく資金拠出義務を契約通り履行するかどうかのリスクであり、出資金の準備はプロジェクト開始に必要不可欠であることから、出資に伴う履行リスクを低減する事が重要となる。

#### 2.1.2) リスク低減策（出資および与信リスク）

出資および与信リスクを低減する為には、出資者の選定段階における出資先の事前調査を実施し、出資者の（1）財務体質、（2）プロジェクト履行体制等 Duns&Bradstreet 社や COFACE 社等の外部民間調査会社を通じて出資企業のデューデリジェンスを徹底的に実施する事が必要不可欠である。また矢も得ず、SPC 出資者企業の信用力に疑義が有る場合は、SPC 設立の事前合意に、出資履行に関して、金融機関の保証（B/G=Bank Guarantee、Stand by L/C）を要求する等、出資企業の財務面のリスクを補填するスキームの構築が必要となるケースも想定出来る。

### 2.2) プロジェクトオーナー起因のリスク

本項ではプロジェクトオーナー起因のリスクの概要および、リスク低減策を以下の通り考察する。

#### 2.2.1) 計画実行能力に関わるリスク

プロジェクトオーナー起因の計画実行能力に関わるリスクとは、大きく以下の通り分類できる。

(1) 入札プロセス構築に関するリスク

## (2) 入札評価体制構築に関わるリスク

PPP 案件における基本的な理念として、国・地方自治体等が費用の安く、質の高いサービスを民間に提供するためには、公共調達において、いかにして「(一定のコストに対して)最も価値の高いものを調達するか」という、Value for Money (VFM) の基本理念に基づき、質の高い物品やサービスを調達することが必要であり、その実現のためには可能な限り競争性を確保していくことが重要となる。競争性の確保の為には、入札を遂行する必要があるが、通常 PPP 案件においては、入札の実行までには、フィジビリティ・スタディの実施、アドバイザーの選定、事業スキームと契約内容の決定という以下図 6.3 記載のプロセスを辿る事となる。財務、法務、技術選定等に関わるアドバイザー・コンサルタントを選定し、事業スキームと契約内容を決定し、技術仕様の設定、入札条件や契約内容の検討等を行う事となる。その為、上述した分野の専門知識を十分に有するコンサルタントまたはアドバイザーを選定し入札履行体制を構築していく事が重要となる。加えて、第二章にて述べた通り、インドネシア国の PPP 案件組成の為には、法令に則ったプロセスを経る必要があり、インドネシア国中央省庁との密な連帯が必要不可欠となる。その為、入札体制の構築が不十分のまま、知見・経験のない地方自治体が入札を実行すると、不良・不適格業者の排除が困難となり、入札が不調に終わる可能性が高い。インドネシア国においても PPP 案件入札不調の事例は数多く、廃棄物発電案件では 2014 年にバタム市主導の元、廃棄物発電案件 (1,000 トン/日量) の PPP 案件の BOT スキームでの入札が執り行なわれたが、入札条件の検討不足、中央政府保証 (IIGF) が非適応、サイト障害等といった複数の理由により入札は不調に終わっている。デンパサール市における廃棄物発電案件においても適切な入札体制の構築のないまま、案件を推進した場合、入札不調、不適格業者を選定するといったリスクが生じる可能性が高い。

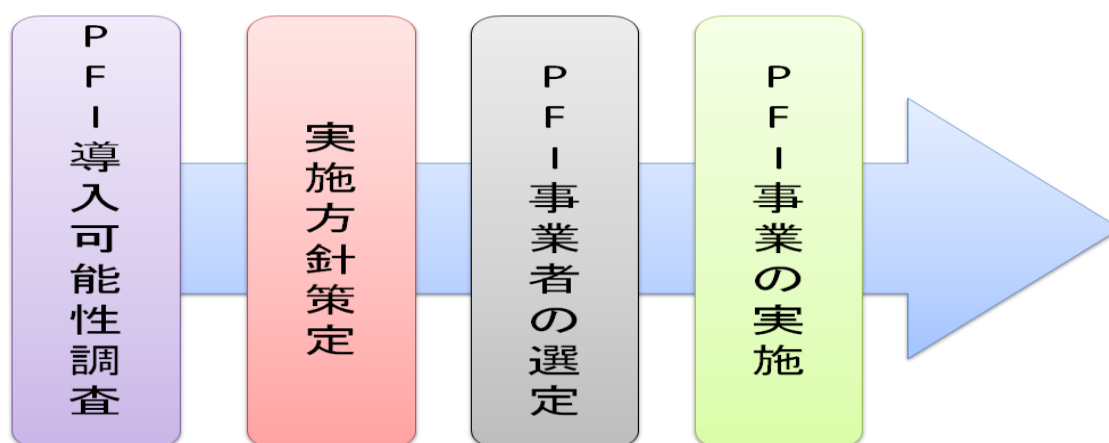


図 6.3 PPP 実施プロセス

### 2.2.2) リスク低減策（計画実行能力に関わるリスク）

入札プロセス構築および入札評価体制に関わるリスクを可能な限り除外する為には、PPP 法に則った正しい入札プロセスの理解が必要不可欠であるという事を念頭に置いた上で、以下対応策が必要であると考えられる。

#### (1) PPP 計画・入札履行の為の外部コンサルタントの活用

PPP 案件組成の為には、第二章記載のプロセスの通り十分な事前検討が必要不可欠となる。入札公示に至るまでに、概略事業検討（OBC）を実施し、OBC おいて、事業スキーム、事業範囲、市の財政的余裕度負担力等の検討を実施し、処理費用等、プロジェクトオーナーであるデンパサル市側が負担すべき諸費用の総額を明確にした上で、財源の確保が困難であれば、中央政府に対して補助を申請する必要がある。OBC の策定や PPP 案件をインドネシア国法に則り適切に推進する為には、P.T. SMI 社や IFC（国際金融公社）といったインドネシア国において PPP 分野の案件組成に長けた外部コンサルタントの起用が有効な手立てとして考えられる。その為、デンパサル市における廃棄物発電案件においても、こうした外部コンサルタントを起用すべくデンパサル市に対して提案を実施していく必要があると思われる。

#### (2) 技術コンサルタントの活用

インドネシア国における廃棄物発電事業案件に共通する懸念事項として、第二章にて詳細を記述した大統領令 18 号の中でも一般家庭系廃棄物（MSW）の熱処理についての言及はあるものの、適応技術の選定についてのガイドライン等が未整備である事が、現状インドネシア国において廃棄物発電を推進する上で大きな課題となっている。現状、デンパサル市においても廃棄物のコンポスト化、プラズマガス化溶解炉等、様々な技術が世界各国の民間企業から提案されており、そうした提案の中には技術的に不適切かつ実績の無い技術を採用したと思われる提案も数多含まれている状況にある。PPP 案件においても、入札公示に至るまでに適応技術の評価・選定を実施すべきであり、対象技術の選定が適切に成されずに事前資格審査、入札が実行されれば、適切な評価が行われず、不適格な技術が選定されるリスクが発生する。適格技術の選定を実施する為には、廃棄物の熱処理に関わる技術的知見が必要不可欠である事から、技術的な知見を十分に有している技術コンサルタントをデンパサル市が起用する必要があると思われる。

### 2.2.3) 債務不履行リスク

デンパサル市における廃棄物発電事業では、プロジェクトオーナーであるデンパサル市と SPC の間で、廃棄物発電プラントを利用した廃棄物の中間処理に関する事業契約を締結する。仮にプロジェクトオーナーであるデンパサル市が事業契約における重大な債

務不履行を起こした場合、SPC の事業キャッシュフロー（事業継続・存続）に重大な影響を与える可能性が高い。SPC の事業継続に関わる重大な債務不履行の一例を以下の通り記す。

(1) ゴミ供給量中断およびゴミ供給量の不足

廃棄物発電事業契約において、プロジェクトオーナーと SPC 間にて締結され事業契約に定められた分量のゴミを供給するのは、プロジェクトオーナーであるデンパサル市の責任である。ゴミ供給量の中断、または供給量がプラントの容量に満たないといった事態が発生した場合は、SPC に遺失利益（売電ロス）が発生する事から、事業キャッシュフローに深刻な影響が生じ、事業継続に支障が生じる事が想定出来る。

(2) 処理費用の支払い遅延・未払い

SPC はプラントの運転に関する費用を売電益およびごみ処理費用から捻出し、その収益を融資（プロジェクト・ファイナンス）の返済原資としている事から、処理費用の支払いが適切になされなかった場合、事業キャッシュフローに深刻な影響が生じる可能性が高く、事業継続に重大な影響を及ぼす事が想定出来る。

(3) 不適切ゴミの除去

事業契約に明記されている処理対象物以外のゴミが搬入され、機器の不具合等のプラントの故障による追加コストの発生、プラントの操業に支障が発生した場合、事業キャッシュフローに深刻な影響が生じる可能性が高く、事業継続に重大な影響を及ぼす事が想定出来る。

#### 2.2.4) リスク低減策（債務不履行リスク）

(1) リスク分担案の整理について

プロジェクトオーナー起因による事業リスクの低減については、まずは PFI 事業の原則的な理念である、「そのリスクを最も適切に管理する事が出来る当事者がリスクを分担すべきである」という思想の下、事業の安定性の為に、事業者、プロジェクトオーナー間で、PFI 事業に係る全期間におけるリスクの種類と内容を抽出し整理を実施した上で、適切なリスクの分担を実施する事が重要である。以下にて PFI 事業（BOT スキーム）にてデンパサル市において廃棄物発電事業を実施する場合のリスクの分担案について整理を実施する。

表 6.2 廃棄物発電事業におけるリスク分担案

段階	リスクの種類	リスク概要	負担	
			Owner	SPC
共通	物価上昇	人件費、燃料費等の物価の上昇等に伴う SPC の経費の増加	○	
	金利変動	金利の変動に伴う経費の増加		○
	法令変更	現地法令に伴う設計又は工期の変更、設備の改善等、計画の廃止による SPC の経費の増加	○	
	許認可	Owner 取得の許認可の遅延に関する SPC の経費の増加	○	
		SPC 取得の許認可の遅延に関する SPC の経費の増加		○
	住民対応	事業に対する反対運動	○	
不可抗力	不可抗力に伴う設計又は工期の変化、設備の修復費用等の追加費用	○	△	
計画・建設段階	環境影響評価	環境影響評価の結果により事業の実施が不可能となった場合に、それまでに要した費用	○	
	測量調査	SPC が行った測量調査の不備により生じる費用		○
	設計	SPC の設計の不備、誤り等により生じる一切の費用		○
	設計変更	合理的な理由に基づく Owner 指示に基づく設計変更に伴う SPC の経費の増加	○	
		合理的な理由以外の事由による設計変更に伴う SPC の経費の増加		○
	工程変更	合理的な理由に基づく Owner 指示に基づく工程変更に伴う SPC の経費の増加	○	
		合理的な理由以外の事由による工程変更に伴う SPC の経費の増加		○
	完工遅延	Owner に起因する事由による完工遅延に伴う SPC の経費の増加	○	
		SPC に起因する事由による完工遅延に伴う SPC の経費の増加		○

段階	リスクの種類	リスク概要	負担	
			Owner	SPC
		不可抗力による遅延	○	△
運転段階	計画変更	Ownerに起因する事由による事業内容変更	○	
	支払い遅延	処理費用の未払い・不能	○	
	性能	プラント性能未達		○
	ゴミ供給量未達	ゴミ供給量未達による経済損失	○	
	ゴミ質の変更	ゴミ質の変化による維持管理費・運営費の増大	○	
	不適ゴミの除去	焼却不適ゴミ搬入による SPC 経費の発生	○	
	機器更新	機器更新による不具合の発生		○
	施設の損傷	劣化による施設の損傷		○
	第三者賠償	施設の運転から生じる事象に(騒音・臭気)による第三者賠償		○
	火災	火災による設備の損傷	△	△
移管段階	移管手続き	施設移管手続きに伴う諸費用		○
	補修修繕	施設移管に伴う補修修繕		○

注記：負担者 ○主負担 △従負担



## (2) リスク分担案に基づく事業契約の締結

一般的に PFI 事業では、事業期間中に発生する可能性のある全てのリスクを想定し、ステークホルダー各々の管理能力に応じて事業リスクを配分し、各々が責任を持ってリスク管理を行う事が重要である。これは前述した「リスクを最もよく管理することができる者が当該リスクを分担する」ことによって、事業全体のリスクコストが低減できるという考え方に基づくものであり、SPC が負担出来ない（すべきではない）リスクを背負わせる事は、事業費の増大にも繋がり、その結果、バンカブルなプロジェクトの阻害要因となり、プロジェクト・ファイナンス組成が困難となる主要な要因の一つである。デンパサール市における廃棄物発電事業契約においても、事業に関わるリスクが適切に分担された上で、SPC の事業継続に必要な前提条件・諸条件の確保が事業契約内で網羅されている事がプロジェクト・ファイナンス組成に必要不可欠である。

## (3) 政府保証

プロジェクトオーナーに起因する事業リスクの低減の為に、表 6.2 に整理を実施した通り、事業に関わるリスクを整理した上で、適切なリスク分担案に基づく事業契約の締結を実施する事が重要であると共に、SPC が事業継続に必要な前提が契約上、確保されている事が重要である。しかしながら、事業契約において、これらの権利が確保されていたとしても、財政面等の与信上の問題によりプロジェクトオーナーが速やかに債務を履行しない場合、SPC の事業継続が困難となる事が想定される。よって、「処理費用の支払い遅延・不能」、「ゴミ供給不足・不能」といった SPC の事業継続上、重大な影響を及ぼすと想定される。こうしたリスクの低減の為に、前述した契約での権利の確保のみならず、かかる事象が発生した際には、より上位の自治体組織である中央政府が、デンパサール市に代わりに事業契約上の債務を履行する保証スキームの構築が必要不可欠である。これは第二章にて言及した、インドネシア共和国の PPP 案件において適応可能な IIGF といった政府保証に該当する保証制度を活用する事が、SPC の事業継続をより強固に担保する為、プロジェクト・ファイナンスの組成上、必要不可欠であると思われる。

### 2.3.) EPC コントラクター起因のリスク

本項では廃棄物発電プラント建設に関わる EPC コントラクター起因のリスクの概要および、リスク低減策を以下の通り考察する。

#### 2.3.1) 完工遅延不能・性能未達リスク

プロジェクトの建設契約は、EPC コントラクトと呼ばれ、設計から資材の調達、建設と

いったそれぞれの分野を含んでいる。EPC 契約をプロジェクト・ストラクチャーとして組み入れることで、出資者は建設工事に関わるリスクを EPC コントラクターに移転する事が可能である、通常廃棄物発電プラントでは、単一のコントラクターが、EPC すべてにわたり責任を持ってプロジェクトを完成し、コミッションングを経て商業生産が開始可能となる段階で SPC 側へプラントを引き渡す (Taking Over) 方法が一般的である。

また通常発電プラントの分野では建設契約の EPC のトータル・コストを確定した契約方式であるフルターンキーでの「ランプサム・コントラクト方式」にて通常 EPC コントラクターは選定される。コントラクターの責任によって工事遅延、完工不能といった事象が生じた場合、プラントの稼動に影響を与える事から、事業キャッシュフローにも深刻な影響を与える事となる。しかしながら通常 EPC コントラクターの工事遅延・不能による EPC 上の、契約損害賠償額は限定的でありプラント稼動不能による遺失損益は免責である。また EPC 契約上、責任限度額が必ず設定される為、プラント建設に際して工事不能といったリスクが発生した場合、SPC の事業キャッシュフローは悪化する事となり、事業存続に重大な影響が発生する可能性が高い。

### 2.3.2) リスク低減策 (完工遅延不能・性能未達)

EPC コントラクターに起因する完工遅延不能・性能未達のリスクを低減する為には、技術的に確立された技術を選定する事が極めて重要であり、対象技術のデューデリジェンスを十分に実施した上で、EPC コントラクターが十分な実績を有しているかどうか十分に精査する事が何よりも重要である。MSW を燃料とした廃棄物発電の分野では世界で最も広く普及しており、運転実績があり、安定的に家庭ごみを中間処理可能な技術は第三章でも言及している通り、ストーカ式焼却炉である。デンパサル市における廃棄物発電事業においても、処理対象ゴミは MSW を想定している事から、最適な技術はストーカ式焼却炉であるという事が断定出来る。デンパサル市では過去に NOEI 社がコンポガス発電設備を Suwung 最終処分場に建設したが、一度も稼動に至らないまま廃止となった経緯がある。また世界各地での不適切技術、不適格企業による廃棄物処理事業の失敗事例が多数存在する事から、適切な対象技術を有し、十分な建設能力を有する EPC コントラクターを選定し、建設費用が当初予算を超えてしまうコスト・オーバーラン等を未然に防ぐ EPC 契約を締結する事が、SPC の事業キャッシュフロー上、重要である。

### 2.3.3) デンパサル廃棄物発電事業における建設契約フォーメーション

デンパサル廃棄物発電事業における建設契約では、第二章にて言及している通り JFE エンジニアリング株式会社が独自に開発した「高効率」・「低公害」で焼却処理できる、新型のごみ処理システム「ハイパー21 ストーカシステム」を導入予定であり、JFE エンジニアリング株式会社は過去 50 年間に於いて全世界でおよそ 500 件の廃棄物発電プラントの建設実績を有する事から、JFE エンジニアリング株式会社の技術および実績は技術的に信頼

のおける、確立された事業であり、十分な実績を有しているという事が断言出来る。また第五章にも言及されているとおり、JFE エンジニアリング株式会社はデンパサール市における廃棄物発電事業においてプラント建設工事を円滑に遅滞なく推進する為、インドネシア国最大手建設企業の B 社と協業関係を構築している。B 社はインドネシア国における最大規模の EPC コントラクターであり、インドネシア国において、大型石炭火力発電所、石油精製設備等のフルターンキーでの施工実績が豊富な企業である。また B 社は建設実績のみならず、財務的にも十分な信用力を有しており、建設資金の手配も自己資金で賄う事が可能であるという事が、外部信用調査機関の報告書に記載されている財務諸表からも読み取る事が出来る。以上の事から、B 社の建設工事中の破産や倒産等により債務不履行リスクも極めて低いといえる。尚、建設フォーメーションは以下図 6.4 に記載の通り「ジョイント・アンド・セベラル責務」による EPC コンソーシアム形式での共同受注を想定している。

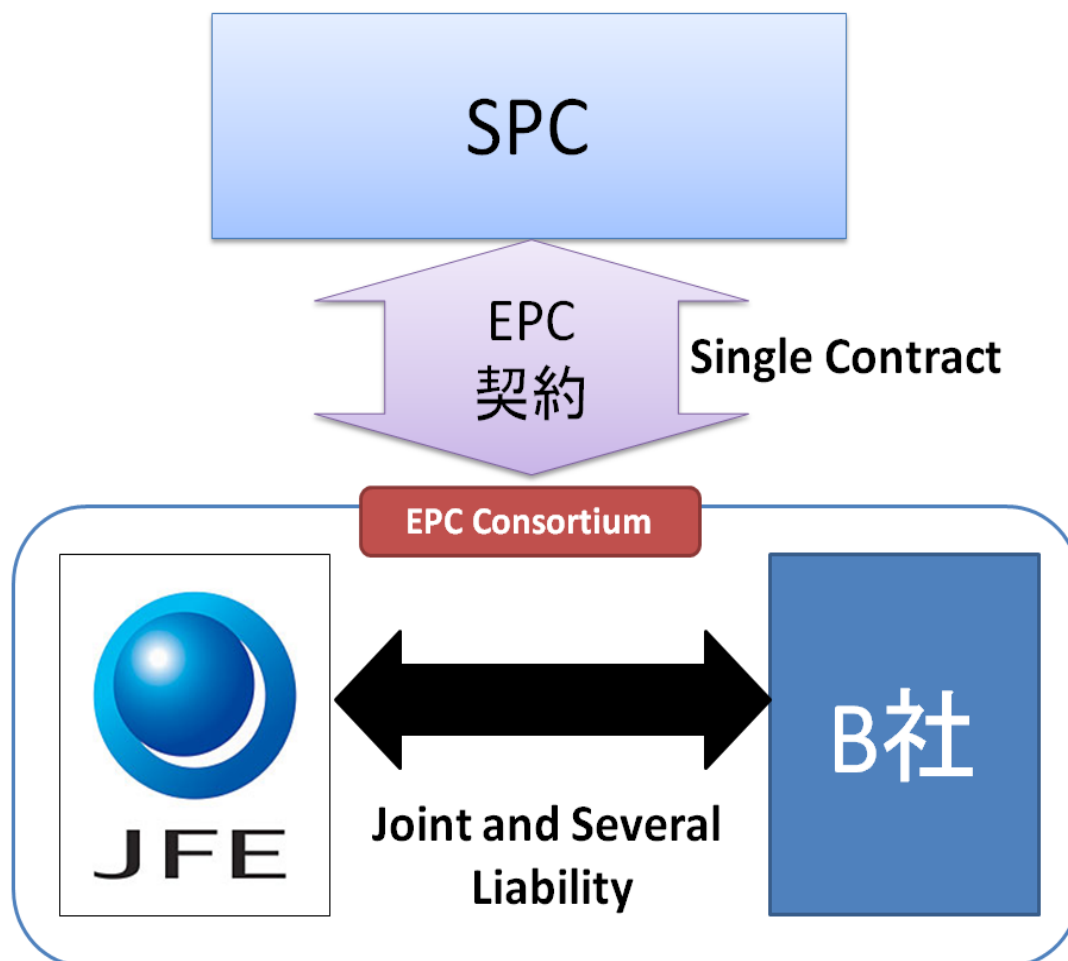


図 6.4 プラント建設フォーメーション想定図

## 2.4) その他、廃棄物発電プラント完工後の外的要因に起因するリスク

本項では廃棄物発電プラント完工後の外的要因に起因するリスクの概要および、リスク低減策を以下の通り考察する。

### 2.4.1) カントリーリスクについて

カントリーリスクとはプロジェクトの実施国に関するリスクであり、東南アジア等の発展途上国においては、カントリーリスクは SPC にとって大きな課題である。時に発展途上国におけるプロジェクトにおいては、SPC がコントロール不可能なリスクが発生する可能性があり、かかるリスクは以下の通りに分類する事が可能である。

#### (1) 政治的リスク

政治リスクとは事業の強制廃止や接収、国有化等の政策変更によるものと、戦争、革命、内乱等の非常危険自体に分類される。

#### (2) 経済的リスク

経済リスクとは、インフレーション、為替リスク等に代表される。不安定な経済状態による急激なインフレによる運転費用の上昇や、為替レートの暴落等による SPC の事業採算性が悪化するリスク等があげられる。

#### (3) 法的リスク

法令や会計税務制度の変更による事業採算性悪化リスク等が挙げられる。

### 2.4.2) リスク低減策（カントリーリスクについて）

別表 6.2 に記載の通り、SPC がコントロール不能なリスクについては、かかるリスクを起因として SPC の事業採算の確保が困難な事態が生じた際に、事業継続の為に、損失の補填がなされるスキームを構築する必要がある。まずはかかるリスクにより損失が発生した場合、保険による救済が可能な事象か否かの整理を実施した上で、海外投融資に関わる保険商品を手がけている、独立行政法人日本貿易保険（NEXI）や民間保険会社、国際金融公社等を通じて、カバー可能なリスクか否かを事前の確認を実施し、保険会社等によってもカバー不能なリスクについては、SPC がリスクをとらず、プロジェクトオーナー、または中央政府により、SPC がかかる事態により被った損失の補填が速やかになされる事業契約を締結する事が重要である。加えて、SPC がコントロール不能なリスクを負う事業契約内容であった場合、事業継続性に疑義があると見なされ、プロジェクト・ファイナンスの組成が困難になるケースも想定出来る。

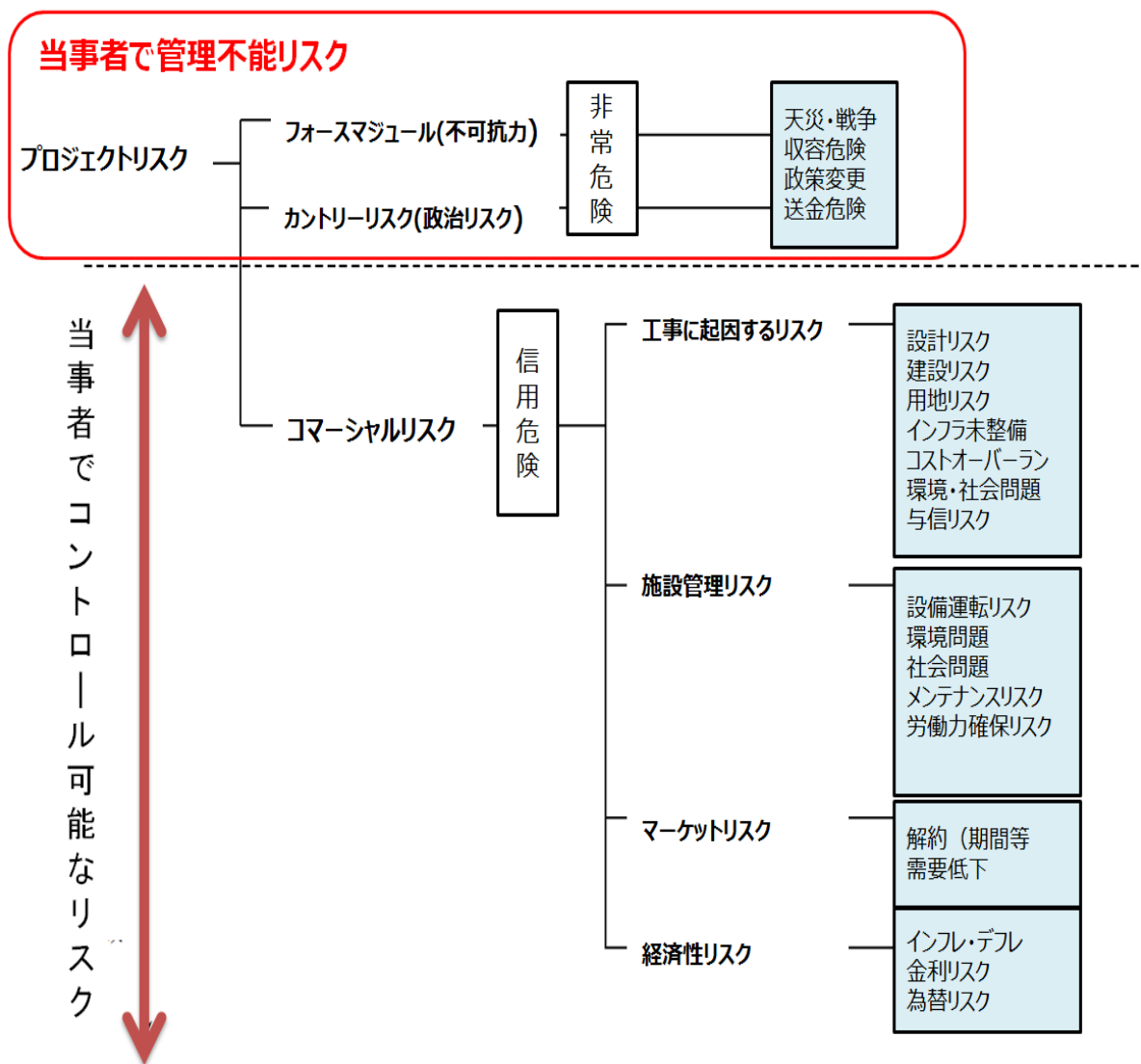


図 6.5 リスク分類

## 2.5) ファシリティマネジメント（施設管理）リスク

本項ではプラント完工後のファシリティマネジメント（施設管理）に起因するリスクの概要および、リスク低減策を以下の通り考察する。

### 2.5.1) ファシリティマネジメント（施設管理）リスク

ファシリティマネジメント（施設管理）リスクとは施設の運転維持管理に関するリスクであり、プラントの完工後、SPC は事業契約期間内設備を稼動維持していく体制を構築していく必要がある。デンパサール市廃棄物案件では、事業契約は 25 年を想定しており、事業期間内定格出力通りのプラントが運転される想定で事業収支計画が作成されていることから、プラントの保守・運転技術を有する企業の関与が必要不可欠となる。途上国において

はプラント設備を導入しながら、その後、運転や維持管理が適切にできないため、プラント機器の故障、寿命の低下などが原因となり、稼働率の低下を招く問題が多数発生している。発展途上国における廃棄物発電プラントにおいても、突発的な事故停止を含む稼働停止が多発している。またわが国においては廃棄物発電プラントの寿命は通常 25 年程度であるが、マレーシア国やタイ王国等の東南アジア諸国では、運転開始後 10 年を待たずして、プラントの故障による稼働停止や稼働率低下、不適格運転事業者による運転放棄原因で、プラントが完全停止に至った事例も数多く、短期間でのプラントの稼働停止による経済損失・環境汚染が大きく問題となっている。デンパサール市における廃棄物発電案件においても、こうした事態が発生した暁には、観光産業への大きな打撃が懸念される。プラント操業に関わるリスク発生の主たる原因としては、プラント運転員の運転・維持管理に関する知識・技能が欠落している事による故障・不具合発生等に起因する事態が代表例として指摘出来る。かかる事態が発生した場合、プラントの稼働率の低下による売電および処理費用に関わる収益の損失が発生し、プラント故障による追加コスト等も発生すると考えられる事から、SPC の事業キャッシュフローを大幅に悪化させる可能性が高い。

#### 2.5.2) リスク低減策（ファシリティマネジメント（施設管理）リスク）

デンパサール市における廃棄物発電事業は BOT スキームでの事業運営を想定している事から、廃棄物発電プラントを事業契約期間の間、稼働率の低下を防ぎ、事業計画に従い操業を維持していく事が事業キャッシュフローを維持する為にも極めて重要であり、その為には、廃棄物発電プラントの運転維持管理体制の構築は必要不可欠であると言える。JFE エンジニアリング株式会社は廃棄物発電プラントの運転維持管理体制構築に関する知見・技術・実績を十分に有する企業であり、我が国において 50 件以上の運転・保守に関する請け負い実績を有している。JFE エンジニアリング株式会社が廃棄物プラントの運転・保守の実績経験を通じて長年培って来た予防保全技術をデンパサール市における廃棄物発電事業においても適用することにより、プラントの信頼性確保と同時に寿命延長が図れるとともに、プラント構成機器の余寿命を高い精度で予測する事が可能となる。それによって、適切な時期にプラント機器の部品や機器の補修交換が可能となり、機器の不具合・故障による突発事故の防止が可能となる事から、プラントの効率的な運用が可能となり、SPC の事業キャッシュフロー維持改善に大きく寄与することが可能となる。また東南アジアを始めとする、諸外国でのプラントの運転に長けている欧州の水処理・環境関連のメジャー企業である、フランス共和国 Veolia 社や Suez 社等の活用も積極的に視野に入れ、デンパサール市における廃棄物発電事業において効率的かつ安定的にプラント運転を行うスキームを構築していく事がプロジェクト・ファイナンス組成に向けての重要課題である。

尚、プラントの運転保守体制については以下スキームを想定しているが、プラントの運転・保守体制は依然検討中であり、以下に記載のスキームは検討段階のものである。

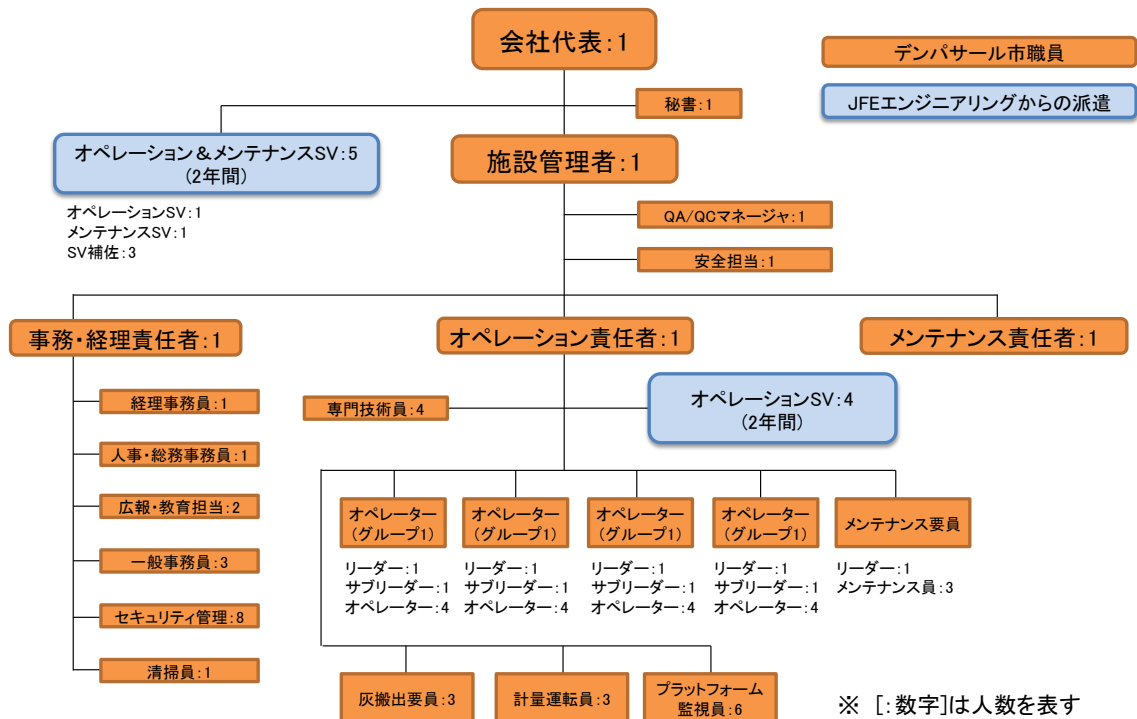


図 6.6 O&M 体系イメージ

### 3) 本章のまとめと結論

本章においては、デンパサール廃棄物発電事業における事業計画実施に必要なとされるファイナンス組成の手法を検討すると共に、ファイナンスアレンジの課題と阻害要因についての検討と考察を行った。デンパサール市における廃棄物発電事業のファイナンスアレンジの手法としては、SPC の出資企業に多大な負担が発生しないプロジェクト・ファイナンス方式が望ましい。前述した通り、プロジェクト・ファイナンスはノンリコース性であり、その返済原資をもっぱらプロジェクトより創出される事業キャッシュフローとする為、キャッシュフローの蓋然性を如何に高めていくかが重要である。

その為には、プロジェクトで想定されるリスクを精査し抽出の上、「リスクをコントロール可能な当事者がリスクを取る」という PFI の基本的な原則に則り、事業契約の当事者である、SPC とプロジェクトオーナーとの間で前述した通り、適切なリスク分担案に基づき、抽出されたリスクを最も効率的に負担できる当事者に契約という形で該当リスクを移転する事が最も重要である。また、SPC が事業を存続する為に必須となる、事業契約上、最も重要な権利である、「ごみ処理費用の支払い」、「FIT 価格での電力代の支払い」が事業契約期間に渡って、確実に履行保証される契約スキームの構築が必要不可欠である。

その為にはインドネシア共和国の PPP 法に基づく、PPP 案件として BOT 事業として本案件を組成し、同国の政府保証に該当する IIGF を本案件に適応すべく、インドネシア国 PPP 法に規定されているプロセスに従った案件形成をデンパサール市と共同で推進してい

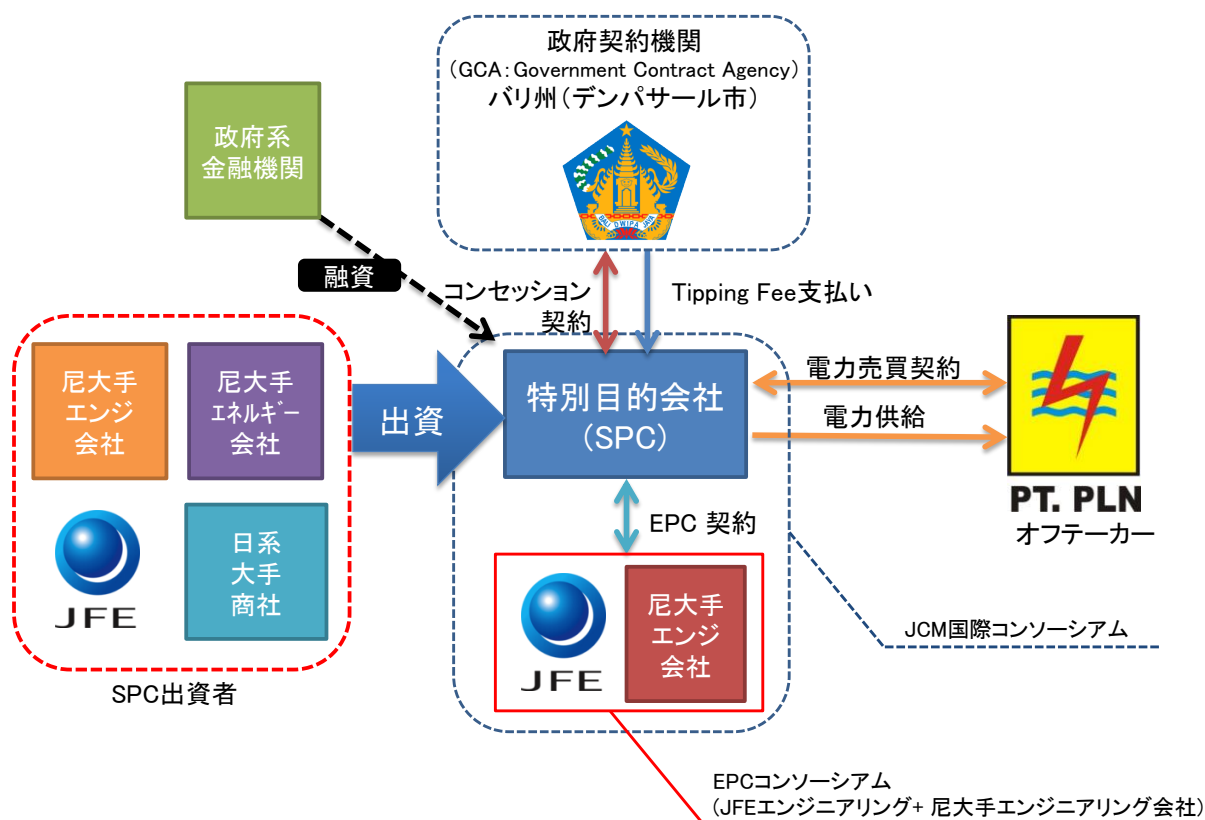
く事が極めて重要である。プロジェクト・ファイナンス組成に必要な「バンカブル」な条件のプロジェクトを組成する上でも、上記条件の達成は必須であり、今後案件の実現に向けて解決して行かなければならない最重要課題であるとする。



# 第7章 実施体制

## 7.1 実施体制

デンパサール市は、PPP 事業として BOT 形態により事業の実施を検討している。その実施体制案について、図 7.1 に示す。



以下に各役割について説明する。

### 1) 政府契約期間 (GCA : Government Contract Agency)

PPP の事業権を民間に付与する契約期間。廃棄物発電施設に関しては地方政府が GCA の対象となり、本件では、デンパサール市が GCA となる。

### 2) 特別目的会社 (SPC : Special Purpose Company)

本件の特別目的会社 (SPC) は、廃棄物発電施設を所有し、運転・維持することを目的として設立される会社である。デンパサール市との間で廃棄物処理サービスに関するコンセッション契約を締結する。SPC は GCA との間で事業期間、SPC の所掌範囲、チップングフィーの設定等の運営条件を取り決める。また、現地電力会社との間で電力売買契約 (PPA : Power Purchase Agreement) を締結し、廃棄物処理施設で発電した余剰電力を売電し、売電収入を

得て事業を運営する。

### 3) EPC コンソーシアム

SPC より廃棄物発電プラント建設業務が発注され、本件においては、**JFE エンジニアリング** が受注する。なお、現地法令や建設業に精通しているインドネシア大手エンジニアリング会社とパートナーを組み、現地工事を遂行する。

### 4) JCM 国際コンソーシアム

JCM 設備補助事業として廃棄物発電プラント建設を行った場合、**JCM 国際コンソーシアム** を形成することが求められる。本邦事業者と当該国の事業者が国際コンソーシアムを組み、ここで本邦事業者は**JFE エンジニアリング株式会社**であり、当該国の事業者は**SPC**となる。JCM 設備補助事業では、設備の法定耐用年数の期間、プラントの運転を実施して **GHG 削減量**を報告する **MRV (Measurement, Reporting and Verification)** の実施義務が発生する。この **GHG 削減量**の算定については、第 9 章記載の **JCM 方法論**に記載する。

### 5) PT PLN

PT PLN はインドネシアの国営電力会社である。**SPC** と **PT PLN** の間で **PPA** が締結され、電力売買がなされる。電力売買の価格については、第 2 章 2.4.2 項に記載した通りである。

### 6) SPC 出資者

SPC への出資者として、以下の 4 社を想定している。

#### ① 日本の大手商社

海外における **PPP 事業**、**EPC 事業**に多くの実績を持つ日本の大手商社である。インドネシアにおいては廃棄物発電事業に関心があり、本事業を協力して進めているパートナーである。

#### ② インドネシア大手エンジニアリング会社

**JFE エンジニアリング**がビジネス関係を持つインドネシア大手エンジニアリング会社。インドネシアにおける廃棄物発電事業に非常に関心があり、出資の意向を示している。

#### ③ インドネシア大手エネルギー会社

インドネシアにおける廃棄物発電事業への参画意思を示しているインドネシア大手エネルギー会社であり、出資の意向を示している。

#### ④ **JFE エンジニアリング**

事業を滞りなく運営していくために、運営ノウハウを保有する企業の参画が望まれる。**JFE エンジニアリング**はプラント建設のみならず、プラントの運営・維持に関しても多くの実績を持ち、そのノウハウは **SPC 運営**に役立つことと考えられ、出資を検討している。

### 7) 政府系金融機関

SPC へ融資する政府系金融機関。

## 7.2 特別目的会社の事業実施に必要な条件

SPC 出資者が本 PPP 事業に出資をするための主な条件を下記表 7.1 に記す。

表 7.1 事業実施に必要な条件（対インドネシア）

No	項目	概要
①	インドネシア中央政府機関からの支払い保証	インドネシア中央政府機関によるごみ処理費（Tipping Fee）及び売電収入に係る支払い保証
②	ごみ量保証	規定ごみ量搬入保証及び規定量未達の場合の Revenue（ごみ処理費、売電収入）保証
③	ごみ質保証	「搬入不可ごみ」（不燃ごみ、粗大ごみ、危険物等）がプラントに搬入されたことに起因して発生するプラントの稼働停止、稼働率低下に起因する Revenue 保証
④	搬入ごみ最低発熱量保証	焼却プラントで計測されごみ発熱量月間平均値が事前に取り決めた最低発熱量を下回った場合の Revenue 保証
⑤	電力の固定価格買い取り制度（Feed in Tariff）の適用	電力の固定価格買い取り制度（Feed in Tariff）の適用に基づく、事業期間全期間の電力全量買い取り保証
⑥	プロジェクトサイトの確保	プロジェクト用地確保、基本インフラ整備（上下水道、ガス、電力、道路等）
⑧	Available Capacity Payment に基づく売電料の支払い	発電設備容量が available である限り、売電料支払いが実施されること

### ① インドネシア中央政府機関からの支払い保証

SPC と廃棄物処理サービス契約を結んだ GCA であるデンパサール市からの支払いに対し、インドネシア中央政府機関がその支払いを保証することを求める。つまり、デンパサール市が支払い能力を失った場合、インドネシア中央政府機関がデンパサール市に代わり、SPC にコンセッション契約に基づき支払いを行うものである。支払いの対象として、ごみ処理費（Tipping Fee）と売電収入とがある。

これは、SPC に融資する融資元（銀行等）が要求するケースが多く、事業成立には必須の保証事項と考えられる。

インドネシアにおいては、PPP 案件の成立のため IIGF (Indonesia Infrastructure Guarantee Fund) と呼ばれる保証制度を設立しており、PPP 事業として実施する廃棄物発電事業はその適用範囲に含まれるとされている。

### ② ごみ量保証

SPC と廃棄物処理サービス契約を結んだデンパサール市から決められたごみ量が SPC へ運搬されなかった場合においても、既定全量分のごみ処理費（Tipping Fee）の支払いを求めるものである。また、焼却量が減ることは発電量の減少も同時に発生するため、ごみ量減少に伴う売電収入削減についても併せて要求するものである。

これは SPC の収入がごみ処理費と売電収入に依存しているため、事業継続には不可欠な保証である。

③ ごみ質保証

コンセッション契約において「搬入不可ごみ」を定義する。代表的な搬入不可ごみとして、ある一定上のサイズのものや危険物などがある。このような搬入不可ごみの搬入により生じた施設の稼働停止、稼働率低下による収入減少についてデンパサル市に対して保証を求める。

④ 搬入ごみ最低発熱量保証

ごみの発熱量は、発電量の大小に大きく依存するため、非常に重要なファクターである。廃棄物発電プラント内で計測されたごみ発熱量の月間（もしくは決められた期間）平均値が事前に取り決めた最低発熱量を下回った場合の売電収入減少に対する保証を求める。この保証要求も、事業継続には不可欠な保証となる。

⑤ 電力の固定価格買い取り制度（Feed in Tariff）の適用

第2章 2.4.2 項に記載した通りであるが、電力の固定価格買い取り制度（Feed in Tariff）の適用に基づく、事業期間全期間の電力全量買い取り保証である。

⑥ プロジェクトサイトの確保

プロジェクト用地確保、基本インフラ整備（上下水道、ガス、電力、道路等）の供給を求めるものである。現在建設予定地である Suwung 最終埋立場では、デンパサル市清掃局が適切に管理しているため、ウェストピッカー等の不法滞在者は見られないが、仮に反対行為が発生した場合は退去をデンパサル市に求めることとする。基本インフラ整備に関しては、接続ポイントや工事所掌範囲等、また送電路に関しても今後の調査で協議検討するものとする。

⑦ Available Capacity Payment に基づく売電料の支払い

発電設備容量が稼働可能である限り、売電料支払いが実施されることを求めるものである。つまり、ごみ焼却発電施設から送電できる状況にある限り、電力会社等に原因があり、送電ができない場合であっても、稼働可能な発電設備容量全量分の売電収入の保証を求めるものである。

上記内容を GCA・SPC 間で協議し、適切なリスク分担として双方合意することが必要である。SPC 出資者にとっては、認められない要求事項分のリスクを定量評価し事業のコストとして反映するので、適切な事業採算性を確保するためには、更に高いごみ処理費（Tipping Fee）や売電価格を要求することにつながる。適切なリスク分担が適切なコストでの円滑な事業運営につながる事となる。

# 第 8 章 実現可能性評価

## 8.1 実現可能性評価

本章では、デンパサール市における廃棄物発電事業におけるプロジェクト実現可能性評価を実施する。

### 8.1.1 事業前提条件

デンパサール市における廃棄物発電案件の実現評価における前提条件は以下の通りである

- ① プロジェクト総期間は 29 年とする。(内訳: 建設期間 4 年、運転期間 25 年)
- ② 事業契約期間および売電期間は 25 年とし、売電単価は 25 年間一定とする。  
※USDCent18.77/kwh
- ③ 建設中の物価変動リスクは SPC 負担リスクとする。
- ④ 運転期間中の物価変動リスクは SPC 負担外のリスクとする。維持管理その他ファシリテイーマネジメント費用、保守修繕費用、その他運転費用に関する費用は、事業契約におけるインフレスライド条項が適応されるものとする。
- ⑤ ごみ焼却プラントの発電設備は JFE エンジニアリング株式会社が有する 2017 年 2 月現在の最新鋭の発電効率を適応する。
- ⑥ プロジェクト用地は事業継続期間、無償で SPC に借予されものとし、土地賃料等の土地使用に関わる諸費用は発生しないものとする。
- ⑦ ごみカロリーの著しい変動は SPC 負担外のリスクとするため、想定しない。
- ⑧ デンパサール市における廃棄物発電事業 SPC 設立運営に関する諸税は SPC 運転に関わる法人税 (25%) のみ 考慮するものとする。
- ⑨ 焼却不適物の除去は SPC リスク負担外とする。
- ⑩ 焼却残渣に関する処理は、以下表 8.1 の通りとし、主灰・飛灰共に Suwung 最終処分場内にて埋め立て処理をするものとする。バリ州その他地域の処分場および島外への搬出は想定しないものとする

表 8.1 焼却残渣処理に関する所掌範囲

焼却残渣	想定発生量	前処理方式	処理費用	運搬費用	埋立費用
主灰	88 トン/日	直接埋め立て	SPC	100,000IDR/トン	
飛灰	33 トン/日	キレート処理	SPC	100,000IDR/トン	

### 8.1.2 資金調達条件

#### 1) 資金調達方法

デンパサール市廃棄物発電案件における資金調達方法は、第六章にて詳細を記述している通り、プロジェクト・ファイナンス方式での資金調達を想定しており、総事業費のうち、SPCの出資各社による自己資本（Equity）の割合は25%を想定しとおり、残り75%（Debt）については、JICAやJBIC等の金融機関からの長期借入金で賄うものとする。

尚、資金調達方法は依然検討中であり、本章での検討に際しての前提はあくまで、JFEエンジニアリング株式会社にて独自に設定した仮の数値である。

#### 2) プロジェクト・ファイナンス調達費用

プロジェクト・ファイナンス調達費用として、金利+その他ファイナンス・コストを以下の通り仮定した。

表 8.2 プロジェクト・ファイナンス調達費用

項目	内容	備考
返済期間	15年間	
返済猶予期間	5年間	
金利	3%	JICA 投融資を想定
アレンジメントフィー	1%	On Total Debt
その他ファイナンスコスト	0.5%	On Total Debt

### 8.1.3 廃棄物発電設備の仕様について

デンパサール市における廃棄物発電事業に導入する廃棄物発電プラントの仕様については第4章にて詳細が記述されている通り、以下表 8.3 記載の通りとする。

表 8.3 廃棄物発電プラント設備仕様

項目	仕様	備考
ごみ処理量	1000 トン/日量	500 トン×2 基
	310,000 トン/年間	年間累計ごみ処理量
年間稼働日数	310 日	定期点検 1.5 ヶ月×2 基/年間
発電機出力	20MWh	20MWh×1 基 ※基準ごみ定格運転時

項目	仕様	備考
所内消費電力	3.5MWh	※基準ごみ定格運転時
売電電力	16.5MWh	売電/日 ※基準ごみ定格運転時
	122,760MWh	年間売電 ※基準ごみ定格運転時

#### 8.1.4 燃料（ごみ質）の設定

デンパサール市における廃棄物発電事業における燃料（ごみ質）の設定については第四章にて詳細内容を記述しているとおり、「平成 26 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務ごみ質調査インドネシア国バリ州サルバギタ広域における廃棄物発電事業環境基礎調査」にて分析を実施した数値を基準とし、以下表 8.4 記載の通りとする。

表 8.4 燃料（ごみ質）

項目		単位	低質ごみ	基準ごみ	高質ごみ
ごみ量		ton/day	1,000		
低位発熱量		kcal/kg	1,300	1,860	2,220
三成分	水分	%	60.0	51.3	48.0
	可燃分	%	33.0	43.2	48.0
	灰分	%	7.0	5.5	4.0
	計		100	100	100

#### 8.1.5 建設費用・インフラ接続費

デンパサール市における廃棄物発電事業における廃棄物発電プラントの建設費用については以下表 8.5 記載の通りとする。なお、ユーティリティについては、サイト境界での接続を前提としている。

表 8.5 建設費用

項目	費用(USD)
プラント機器費用	60,000,000
プラント縦屋費用	38,300,000
土木機電工事費用	15,000,000
試運転費用	5,000,000
計	118,300,000

### 8.1.6 運転保守修繕費

デンパサール市における廃棄物発電事業における廃棄物発電プラントの運転に関わる、人件費、メンテナンス費用、ユーティリティ費用、灰処理費用、その他必要経費等については以下表 8.6 記載の通りとする。

表 8.6 運転費用

項目	費用(USD/年)
人件費	1,570,000
用役費	2,170,000
メンテナンス費	2,800,000
灰処理費	320,000
その他経費	140,000
計	7,000,000

### 8.1.7 環境アセスメントに関連する費用

デンパサール市における廃棄物発電事業における廃棄物発電設備の建設にあたっては、インドネシア共和国関連法規に則り、対象地域の状況に応じた環境アセスメントを実施する必要がある。インドネシア共和国における廃棄物発電設備建設に関わる環境影響評価の手法については、現状、同国においては廃棄物発電プラントの建設実績が存在していない為、手続きフロー、手続き所要期間等の確認は今後の課題であり、同国の環境林業省および廃棄物発電事業の推進責任省庁である、海洋調整大臣府等の関係確認機関に確認を実施予定である。しかしながら一般的には環境影響評価は事業者の責任であり、事業が負担すべき費用である為、同国における石炭火力発電所建設における環境アセスメント諸費用を参考価格として 40 百万円を諸費用として計上するものとする。

### 8.1.8 試運転に関わる諸経費の取り扱いについて

廃棄物発電プラントの試運転に関わる費用は以下表 8.7 に記載の通りとする。尚、試運転における廃棄物発電プラントの売電に相当する運転時間は約 1,000 時間を想定している。試運転期間において発電した電力の取り扱いについては、FIT 価格で PLN に売電するものとし、試運転に関わる諸費用と相殺するものとする。

表 8.7 試運転諸費用

項目	費用(USD)
1) 試運転関連費用	▲5,000,000
2) 試運転期間中の売電	3,000,000
合計 1)-2)	▲2,000,000



### 8.1.9 各種保険に関する費用について

廃棄物発電プラント事業実施に関わる各種保険については、以下表 8.8 に記載の通りとする。尚、保険料率については、本邦大手保険会社の料率を参考としている。

表 8.8 各種保険に関する諸費用

保険種類	料率	概算費用	備考
火災保険	建屋建設費×料率	OPEX に含む	
機械保険	発電設備×65%×料率	OPEX に含む	機械部分のみ
労災保険	N/A	OPEX に含む	

### 8.1.10 公租公課について

廃棄物発電プラント事業実施に関わる諸税については、以下表 8.9 に記載の諸税のみ考慮するものとし、事業税、固定資産税、等その他諸税は本 F/S においては考慮しない。税務コストの精査は今後の検討課題の一つとする。

表 8.9 法人税

保険種類	料率	概算費用
法人税	25%	N/A

## 8.2 採算性評価

### 8.2.1 採算性評価の前提条件

前項にて記載の採算性評価の重要前提条件を以下表 8.10 に記載の通りまとめる。

表 8.10 採算性評価の前提条件

項目	条件	備考
事業実施期間	25 年間	
自己資本	25%	
他人資本	75%	
資金調達方式	プロジェクト・ファイナンス	
返済期間	15 年間	猶予期間：5 年間
返済方法	均等返済	
借り入れ金利	3%	
金利	考慮しない	利益余剰金の預金金利
法人税	30%	
エスカレーション	想定しない	
土地賃料	なし	

### 8.2.2 事業キャッシュフロー分析

デンパサール市における廃棄物発電事業の採算性を評価する指標としては、プロジェクト・ファイナンスの組成および民間企業の出資可否の判断の際に用いられる、①DSCR、②EIRR、③P(F)IRR の指標の分析を実施する。尚、各指標の概要につき以下の通り詳細を記述する。

#### 1) DSCR

DSCR とは Debt Service Coverage Ratio の略称であり、負債に対する収入からの充当比率である。元利金返済に回せるキャッシュフローが、その年度に支払うべき元利金に対してどの程度の余裕があるかを当該期間毎に示す指標が DSCR であり、元利金返済は事業継続の前提でもある事から、「DSCR>1.0 倍」以上が、融資の最低条件であり、融資契約上、DSCR の維持を SPC が要求される場合が多い。DSCR の要求水準は融資先のプロジェクトの性質によって異なるが、ダウンサイドケースで通常 1.2-1.3 程度は必要とされる為、本 F/S では事業期間平均で 1.3 以上を投資適格水準として設定する。尚、DSCR の計算式は以下の通りである。

$$\text{DSCR} = \frac{\text{当該年度元利金返済前キャッシュフロー}}{\text{当該年度の返済元利金}}$$

## 2) EIRR

EIRRとは Equity Internal Rate of Return の略称であり、学術的な用語の定義としては自己資本に対する内部収益率を評価期間中の経済的な費用と便益の現在価値の総和が等しくなるような割引率と定義される。第六章にて言及した通り、巨額の投資が必要とされるインフラストラクチャープロジェクトでは、ファイナンス手法として、プロジェクト・ファイナンスがよく用いられる。その為、プロジェクト履行に必要な資本は自己資本と他人資本に分類される。EIRRとは投入する自己資本 (Equity) に対しての投資効果を計る効果的な指標として用いられ、投資額に対するリターンを数値化して測る為に用いられる。尚、日本における PFI 事業の事業採算性の目安としては国交省より EIRR10%程度の確保が目安とされている。本 F/S では事業環境を考慮した結果、EIRR15%以上を投資適格水準として設定する。

## 3) PIRR

PIRRとは、Project Internal Rate of Return の略称であり、プロジェクト財務活動から発生する全投資額（株式払込、配当金支払い、銀行借入れ、元利金返済を除く）に対する内部収益率である。投下された総資本額に対する利回りを計算する際に用いられる。プロジェクトは、財務的なフィージビリティと収益性を確保する事が必須であり、PIRRが高ければ高いほど事業採算性が高いプロジェクトであるという事が言える。デンパサール市における廃棄物発電事業では、第六章にて述べた通り、プロジェクト・ファイナンスの活用を想定しており、PIRRは資金調達コストを上回り、市場利率よりも高いものであることが望ましい。本 F/S では PIRR10%以上を投資適格水準として設定する。

## 8.3 感度分析

### 8.3.1 売電価格による経済指標の変動について

デンパサール市における廃棄物発電事業実施における売電価格の下落（Case.1▲2%～Case.5▲20%）による、プロジェクトキャッシュフロー上の経済指標への影響は以下表 8.11 に記載の通りである。

表 8.11 売電価格の変動影響

売電価格 (USDC)	Base Case	Case.1	Case.2	Case.3	Case.4	Case.5	Case.6 (前回 FS 実施時)
	現在	▲2%	▲5%	▲10%	▲15%	▲20%	▲
	18.77	18.39	17.83	16.89	15.95	15.02	IDR135,000
処理費用 (IDR)	IDR300,000.-						
PIRR	12.17	11.85	11.37	10.56	9.74	8.91	3.4
EIRR	20.69	19.98	18.95	17.24	15.55	13.9	4.2
DSCR							
Minimum	1.30	1.27	1.22	1.15	1.07	0.9	0.55
Average	1.74	1.70	1.65	1.56	1.48	1.39	0.89
Maximum	1.98	1.94	1.88	1.78	1.69	1.59	1.02
評価	Feasible	Feasible	Feasible	Feasible	MODE	NOT	NOT

※Case.6 は 2014 年度 F/S における Base Case である IDR135,000 にて検討を実施。為替レートについては 2017 年 3 月 1 日現在のレートを基準とする

(感度分析における網掛けの基準)

**NOT FEASIBLE**

**MODERATELY**

**FEASIBLE**

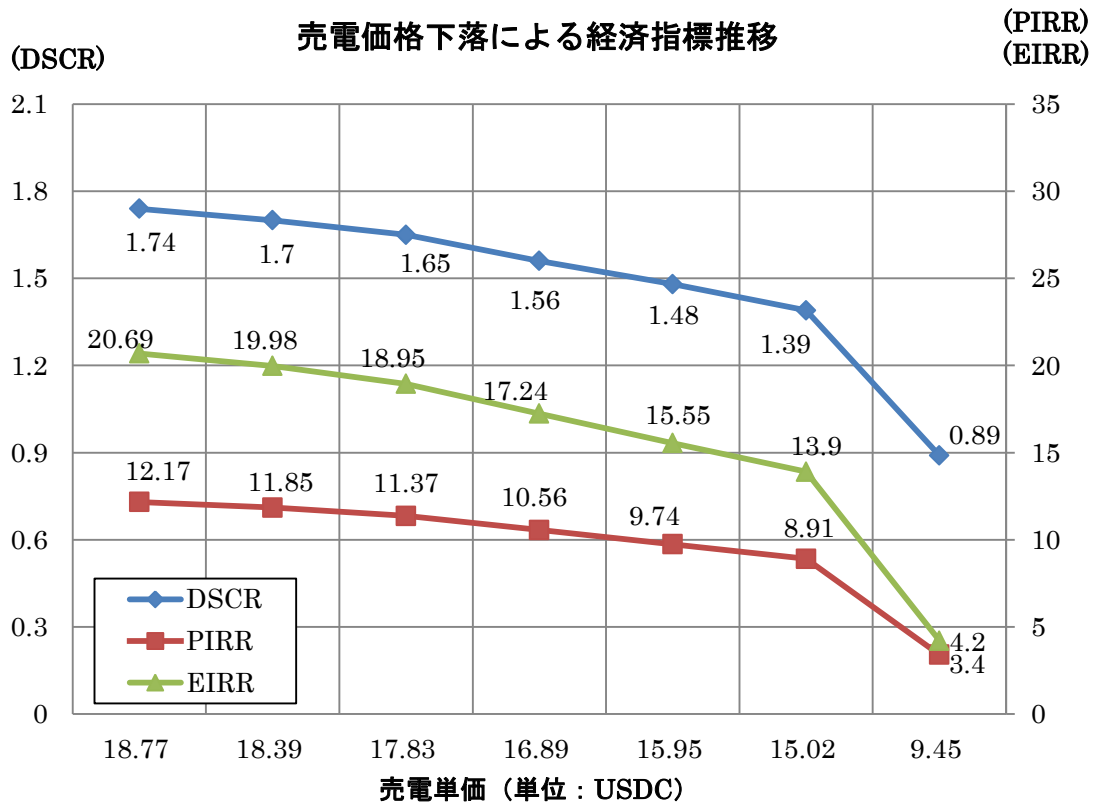


図 8.1 売電価格の変動

### 8.3.2 ごみ処理費用価格の変動による経済指標の変動について

デンパサール市における廃棄物発電事業実施におけるごみ処理費用契約単価の下落によるプロジェクトキャッシュフロー上の各経済指標への影響は以下表 8.12 の通りである。尚、本検討では Case.1 をジャカルタ州都において計画されている廃棄物発電事業における、ごみ処理単価を上限として設定し、以下表 8.12 の通りの処理費用の下落を想定し検討を実施した。尚、ごみ処理費用は現地通貨(IDR)での支払いを想定している為、適応為替レートは本項に記載の為替レートを採用するものとし、為替レート変動による損失リスクは考慮しないものとする。

表 8.12 ごみ処理費用の変動影響

処理費用 (IDR)	Case.1	Case.2	Case.3	Case.4	Case.5	Case.6	Case.7
	上限	▲10%	▲30%	▲50%	▲70%	▲80%	無(0)
	350,000	315,000	245,000	175,000	105,000	70,000	
売電価格	18.77 (USDC)						
PIRR	12.97	12.39	11.32	10.22	9.09	8.51	7.33
EIRR	22.40	21.20	18.83	16.52	14.24	13.12	10.89
DSCR							
Minimum	1.37	1.32	1.22	1.12	1.01	0.96	0.86
Average	1.82	1.76	1.64	1.53	1.41	1.35	1.24
Maximum	2.07	2.0	1.87	1.74	1.61	1.55	1.41
評価	Feasible	Feasible	Feasible	Feasible	MODE	NOT	NOT

(感度分析における網掛けの基準)

**NOT FEASIBLE**

MODERATELY

**FEASIBLE**

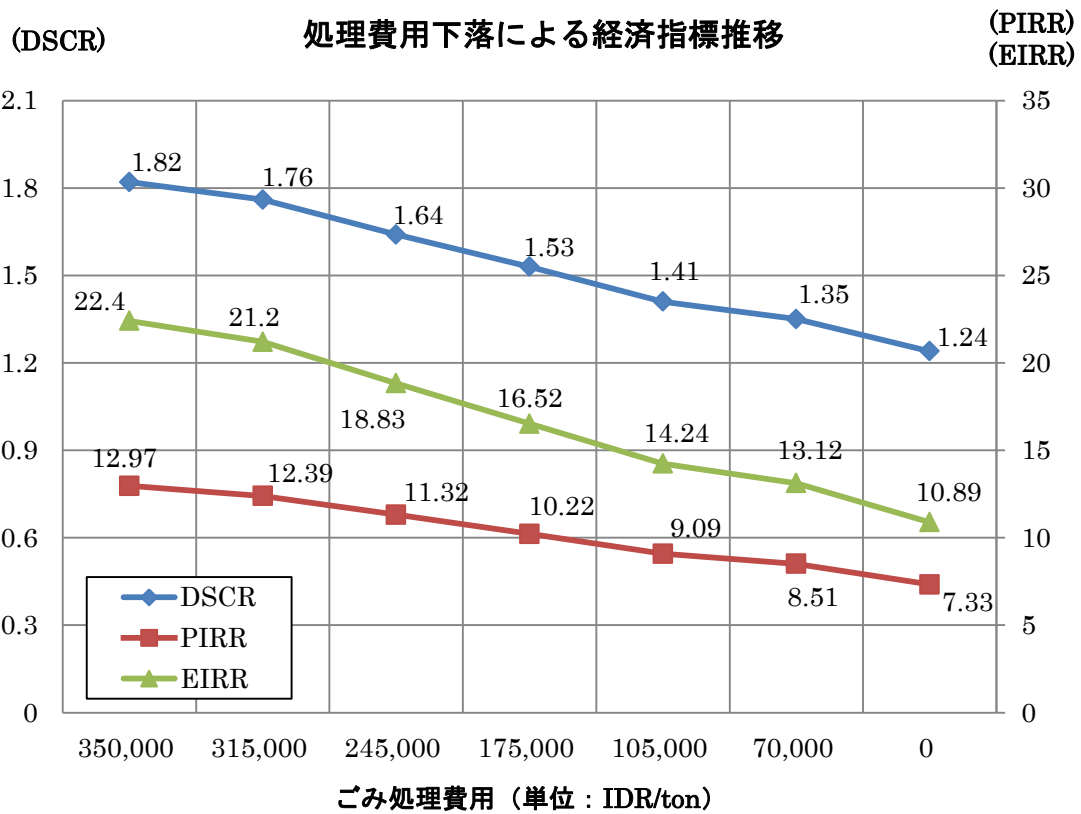


図 8.2 ごみ処理費用の変動影響

### 8.3.3 Viability Gap Fund(VGF)適用による感度分析

詳細は、第2章に記載した通り、VGFとはインドネシア国PPP案件における、案件形成支援の為に財政補助プログラムであり、申請が受諾されれば、対象プロジェクトは最大で49%のCAPEXに対する財政補助を受ける事が出来る。本項ではVGFが適応された場合のプロジェクトキャッシュフロー上の各経済指標への影響は以下の通りである。売電価格等複数の変数が関与するが、売電単価(USDC18.77)の変動は考慮せず、以下ケースを想定し、PIRRおよびDSCRについての感度分析を実施した。

<感度分析における網掛けの基準>

<b>NOT FEASIBLE</b>	<b>MODERATELY</b>	<b>FEASIBLE</b>
---------------------	-------------------	-----------------

表 8.13 VGF 適応時の PIRR

VGF 適応比率 処理費用(ton)	49%(最大)	▲10%	▲20%	▲30%	▲40%
IDR350,000.-	25.98	21.91	18.84	16.61	14.43
IDR300,000.-	24.73	20.83	17.88	15.53	13.62
IDR250,000.-	23.48	19.75	16.90	14.65	12.80
IDR200,000	22.23	18.65	15.92	13.75	11.97
IDR150,000	20.96	17.45	14.93	12.84	11.13
IDR100,000	19.68	16.42	13.92	11.92	10.27
IDR50,000	18.39	15.29	12.9	10.97	9.39
IDR0	17.09	14.14	11.85	10.02	8.50

1

表 8.14 VGF 適応時の EIRR

VGF 適応比率 処理費用(ton)	49%(最大)	▲10%	▲20%	▲30%	▲40%
IDR350,000.-	56.61	45.17	36.88	30.66	25.86
IDR300,000.-	52.91	42.10	34.30	28.45	23.94
IDR250,000.-	49.24	39.08	31.75	26.28	22.05
IDR200,000	45.61	36.10	29.25	24.14	20.02
IDR150,000	42.03	33.16	26.80	22.05	18.37
IDR100,000	38.51	30.29	24.40	19.99	16.57
IDR50,000	35.06	27.47	22.04	17.97	14.80
IDR0	31.67	24.72	19.73	15.98	13.05



表 8.15 VGF 適応時の平均 DSCR

VGF 適応比率 処理費用(ton)	49%(最大)	▲10%	▲20%	▲30%	▲40%
IDR350,000.-	3.38	2.88	2.50	2.21	1.99
IDR300,000.-	3.23	2.74	2.39	2.11	1.90
IDR250,000.-	3.07	2.61	2.27	2.01	1.80
IDR200,000	2.92	2.48	2.16	1.91	1.71
IDR150,000	2.76	2.35	2.04	1.81	1.62
IDR100,000	2.61	2.22	1.93	1.71	1.53
IDR50,000	2.45	2.08	1.81	1.61	1.44
IDR0	2.30	1.95	1.70	1.51	1.35

#### 8.3.4 JCM 設備補助適用による感度分析

JCM 設備補助事業は、わが国の優れた低炭素技術等を活用し、途上国における温室効果ガス排出量を削減する事業（国際協力機構（JICA）や他の政府系金融機関の出資・融資を受ける事業と連携する事業を含む）を実施し、測定・報告・検証（MRV）を行う事業である。これにより算出された排出削減量を、二国間クレジット制度（JCM）により我が国の排出削減量として計上することを目指して、JCM 事業者（国際コンソーシアム）に対し初期投資費用の 1/2 を上限、但し 10 億円を限度として設備補助が行われる。

本項では前項にて記述した VGF の適応に加えて JCM 設備補助の上限である 10 億円がデンパサール市における廃棄物発電事業に適応された場合の、プロジェクトキャッシュフロー上の各経済指標への影響は以下の通り検討した。JCM 設備補助は日本円での支給となる為、日本円・USD の為替レートは以下の通り、2017 年 3 月 1 日付けの TTM Rate（電信売買の中間値）である以下為替レートを採用している。各変数に取り扱いに関しては以下記述の通りである。

- 1) 売電価格：18.77USDC/kwh（売電価格の下落の変数を設定）
- 2) 為替レート（JCM）：USD=JPY115（2017 年 3 月 1 日現在）
- 3) ごみ処理費用：IDR350,000
- 4) JCM 設備補助：10 億円

表 8.16 売電価格の変動影響(JCM 適応)

売電価格 (USDC)	Base Case	Case.1	Case.2	Case.3	Case.4	Case.5	Case.6 (前回 FS 実施時)
	現在	▲15%	▲20%	▲25%	▲30%	▲35%	▲
	18.77	15.95	15.02	14.07	13.13	12.20	IDR135,000
処理費用 (IDR)	IDR300,000.-						
PIRR	13.29	10.75	9.88	8.98	8.06	7.13	4.23
EIRR	23.18	17.58	15.79	13.99	12.22	10.5	5.5
DSCR							
Minimum	1.39	1.14	1.06	0.98	0.90	0.82	0.59
Average	1.86	1.58	1.49	1.40	1.31	1.22	0.95
Maximum	2.12	1.81	1.70	1.60	1.50	1.39	1.10
評価	Feasible	Feasible	Feasible	NOT	NOT	NOT	NOT

(感度分析における網掛けの基準)

**NOT FEASIBLE**

MODERATELY

**FEASIBLE**

表 8.17 ごみ処理費用の変動影響 (JCM 適応)

処理費用 (IDR)	Case.1	Case.2	Case.3	Case.4	Case.5	Case.6	Case.7	Case.8
上限		▲10%	▲30%	▲50%	▲70%	▲80%	▲90%	無(0)
	350,000	315,000	245,000	175,000	105,000	70,000	35,000	
売電価格	18.77 (USDC)							
PIRR	14.08	13.52	12.40	11.25	10.07	9.46	8.85	8.23
EIRR	25.05	23.74	21.16	18.63	16.16	14.95	13.74	12.54
DSCR								
Minimum	1.47	1.41	1.30	1.19	1.08	1.03	0.97	0.92
Average	1.95	1.88	1.76	1.64	1.51	1.45	1.39	1.32
Maximum	2.22	2.15	2.01	1.87	1.73	1.66	1.59	1.52
評価	Feasible	Feasible	Feasible	Feasible	Feasible	MODE	NOT	NOT

(感度分析における網掛けの基準)

**NOT FEASIBLE**

**MODERATELY**

**FEASIBLE**

# 第9章 JCM 方法論作成

## 9.1 MRV 体制

当該プロジェクトの MRV 体制については、以下を想定している。また、プロジェクトが計画段階であるため、詳細なモニタリング部分については未確定要素があることから、今後の検討課題についてもまとめた。

- 1) Measurement : SPC
- 2) Reporting : SPC (必要に応じてコンサルティング会社)
- 3) Verification : 本方法論のセクトラルスコープの指定を受けた第三者機関 (TPE)

本計画において、GCA(Government Contract Agency)であるデンパサール市とコンセッション契約を結んだ SPC が運転管理を実施していく。従って、Measurement および Reporting については SPC が実施する。具体的には、各作業員が計測機器等で収集したデータを、チームリーダー等各階層の責任者が確認・承認し、SPC 責任者への報告と適切なデータ保管を行うこととする。また、検証については、本方法論のセクトラルスコープにおいて指定を受けた第三者機関 (TPE) により実施することとする。

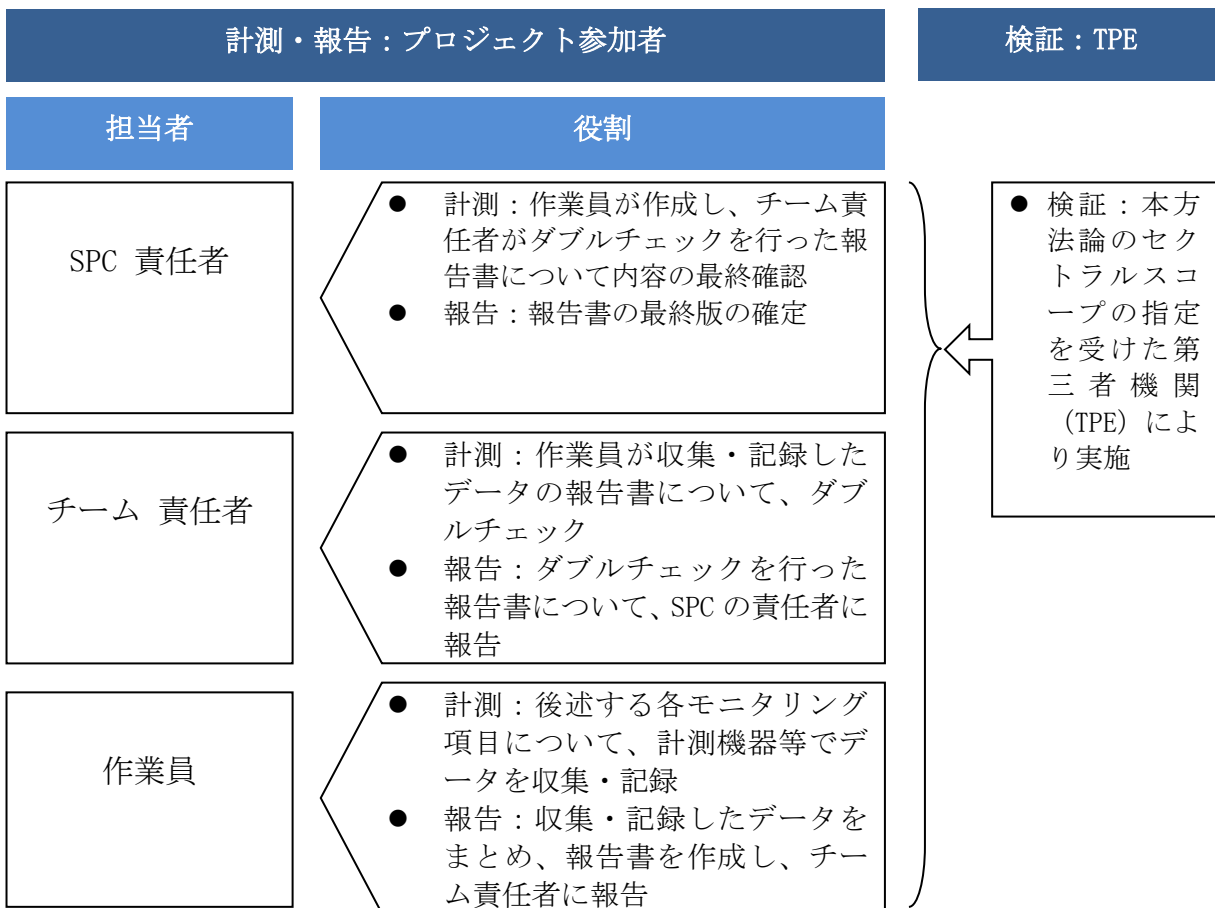


図 9.1 本プロジェクトにおいて想定される MRV 体制とそれぞれの役割

本プロジェクトにおいては以下の項目をモニタリングする予定としている。

- 1) ごみ量（ウェットベース）
- 2) プロジェクト施設での発電電力量
- 3) プロジェクト施設での消費電力量
- 4) 補助化石燃料消費量

以下では、上記のモニタリング項目について、本調査における検討内容を説明する。

1) ごみ量（ウェットベース）

ごみの量は、本方法論におけるメタン排出量の推計及びプロジェクト排出量を推計する上で、最も重要なパラメータの1つである。焼却されるごみ量は日々変動することが想定されるため、焼却対象となる量をモニタリングすることを検討している。

ごみ量は、通常、ごみ搬入時のトラックスケール、クレーン内蔵型スケール、ホッパー内蔵型スケール等での計量により把握される。

2) プロジェクト施設での発電電力量

プロジェクト施設で発電される電力量をモニタリングする。グリッド等への売電に関する請求書に記載されている電力量を記録、又は発電量を測定する電力計を設置してその値を記録する。前者の場合、商取引ベースの証跡が得られるため、プロジェクト参加者は計測機器の精度管理をする必要はないと考えられる。

3) プロジェクト施設での消費電力量

プロジェクト施設で消費される電力量をモニタリングする。グリッドからの買電に関する請求書等に記載されている電力量を記録、又は消費電力量を測定する電力計を設置してその値を記録する。上記2)と同様に、前者の場合は商取引ベースの証跡が得られるため、プロジェクト参加者は計測機器の精度管理をする必要はないと考えられる。

4) 補助化石燃料消費量

本方法論で想定されるプロジェクトで使用される補助燃料は、主にディーゼル油となる。ディーゼル油のモニタリングには、流量計を使用することを想定している。化石燃料の購入伝票等の証跡と、流量計の計測データからクロスチェックを行うことが考えられる。

## 9.2 適格性要件

本方法論では下記の適格性要件を想定している。各要件の設定理由及び妥当性確認時における確認方法をあわせて示す。

排ガス濃度に加えて、主灰の熱しゃく減量や発電機の発電効率を適格性要件にすることを検討したが、これらについては、日本の技術を差別化する要件とすることは難しいと考えられたため、適格性要件とはしなかった。

### 要件 1:

プロジェクトは新規に焼却炉、廃熱回収ボイラ、排ガス処理設備、発電機を導入する

The project newly installs an incinerator, waste heat recovery boiler, exhaust gas treatment equipment and turbine generator.

#### 【設定理由】

本方法論は、ごみ焼却発電施設の導入による排出削減量を算定することから、プロジェクトで焼却施設、廃熱回収ボイラ、タービン発電機を導入することを規定した。本方論ではごみを埋立処分することを BaU と想定していることから、新規導入のみを対象と規定した（更新の場合、埋立処分が BaU とはならないため）。また、環境十全性の観点から、本プロジェクトが大気環境に悪影響を及ぼさないよう、排ガス処理設備を導入することを規定した。

#### 【妥当性確認方法】

設計図書（プロセスフロー図等）で、プロジェクトにより導入される設備・機器を確認する。

### 要件 2:

プロジェクトは、新しい都市固形ごみ (MSW) を焼却し、廃熱回収ボイラで生成される蒸気から発電する

The project incinerates fresh municipal solid waste (MSW) and generates electricity from steam produced in a waste heat recovery boiler.

#### 【設定理由】

本方法論では、MSW の埋立処分回避による CH<sub>4</sub> 排出削減量や、MSW 焼却に伴う GHG の排出を算定対象としているため、プロジェクトでは MSW を焼却することを規定した。また、排出量の計算に用いるパラメータの値等において、時間の経過による有機物の減少がない、新しいごみが想定されているため、要件に新しいごみであることを含めた。さらに、本方法論では、電力代替による CO<sub>2</sub> 排出削減量も対象としているため、プロジェクトではごみ焼却で発生する熱が発電に用いられることを規定した。

#### 【妥当性確認方法】

設計図書（プロセスフロー図及び物質収支図等）で確認する。

### 要件 3:

焼却炉の煙突における NO<sub>2</sub> 及び CO の排出は、次のレベル以下となるように設計されている: NO<sub>2</sub> (470mg/m<sup>3</sup> 11%O<sub>2</sub> 換算), CO (625mg/m<sup>3</sup>@11%O<sub>2</sub> 換算)

Emissions of NO<sub>2</sub> and CO at the stack of incinerator are designed to be less than or equal to the following levels:

- NO<sub>2</sub>: 470mg/Nm<sup>3</sup>@11%O<sub>2</sub>, and

- CO: 625mg/Nm<sup>3</sup>@11%O<sub>2</sub>

#### 【設定理由】

本方法論が適用されるプロジェクトの焼却炉において、燃焼状態が適切に管理されるようにするため、インドネシアでの基準をベースとして、NO<sub>2</sub>とCOのスタック出口部における排出濃度を要件として規定した。

【妥当性確認方法】

設計図書（保証値）で確認する。

要件4：

プロジェクト施設を5年以上運営する計画がある

There is a plan to operate the project facility for more than 5 years.

【設定理由】

プロジェクト施設の運営期間が短く、モニタリング期間が短い場合には、プロジェクト排出量がリファレンス排出量を上回り、排出削減量が生じない可能性があるため、ある程度の期間プロジェクト施設が運営されることを要件として規定した。

【妥当性確認方法】

プロジェクト施設を運営する自治体等の計画で確認する。

## 9.3 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

### a) リファレンス排出量の設定

本方法論案で対象とするプロジェクトは、インドネシアにおいてごみ焼却発電施設を新たに導入し、MSWをそのまま焼却するとともに、焼却により生じる熱を用いて発電を行い、その電力がグリッドもしくは化石燃料焚き自家発電の電力に代えて用いられるようにするものである。

インドネシアにおいては、現在、多くのMSWは処分場に埋立処分されている。このため、インドネシアにおいてはごみが処分場に埋立処分されることがBaUである。また、BaUではプロジェクトにおける純発電量と同量の電力が化石燃料を用いて発電される。

BaU排出量は、ごみを埋立処分する場合に生じるCH<sub>4</sub>の排出量及びプロジェクトにより代替される電力を発電するために燃焼される化石燃料からのCO<sub>2</sub>排出量であり、リファレンス排出量も基本的にはこれらの排出源を対象とすることが適切と考えられる。リファレンス排出量をBaU排出量よりも保守的に推計するため、本方法論案では、CH<sub>4</sub>排出量算定に用いられるパラメータの値を保守的に設定した。具体的には、本方法論が適用されるプロジェクトタイプと、インドネシアが熱帯モンスーン気候帯に位置していることを踏まえると、モデル補正係数は0.85を採用することが適切であるが、乾燥状態でのデフォルト値である0.80に設定する。

### b) リファレンス排出量の算定

リファレンス排出量の算定方法は、CDMの承認方法論ACM0022「Alternative waste treatment processes」(Version 02.0)におけるごみを焼却する場合のベースライン排出量算定方法を参考とした。ACM0022は、CDMの大規模プロジェクトの方法論としては、本方法論案が対象とするプロジェクトタイプに適用可能な唯一の承認方法論であるため、同方法論を参考とすることは適切と考えられる。

リファレンス排出量の算定式は、下式のように、ごみの埋立処分からのCH<sub>4</sub>排出量(RE<sub>CH<sub>4</sub>,p</sub>)及

びプロジェクトにより代替される電力を発電するために燃焼される化石燃料からの CO<sub>2</sub> 排出量 (RE<sub>elec,p</sub>) の和とした。

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

ここで

**RE<sub>p</sub>** = 期間 *p* 中のリファレンス排出量 (tCO<sub>2</sub>e/p)

**RE<sub>CH<sub>4</sub>,p</sub>** = 期間 *p* 中の SWDS における MSW の分解からのリファレンス排出量 (tCO<sub>2</sub>e/p)

**RE<sub>elec,p</sub>** = 期間 *p* 中の発電からのリファレンス排出量 (tCO<sub>2</sub>e/p)

ごみの埋立処分により発生したであろう CH<sub>4</sub> の排出量の算定は、CDM の承認方法論 ACM0022 で使用することが規定されている CDM の方法論ツール「Emissions from solid waste disposal sites」(Version 07.0)を参考とした。ごみからの CH<sub>4</sub> 排出に関する CDM 小規模方法論としては AMS III.G. 「Landfill methane recovery」があるが、当該方法論でも CH<sub>4</sub> 排出量の計算には同方法論ツールを使うこととされている。このようにプロジェクトの規模に関わらず、ごみからのメタン排出量の算定には同方法論ツールが用いられているため、それを参考とすることは適切と考えられる。

方法論ツールにおける算定方法は First order decay (FOD) モデルをベースとしたものである。具体的な算定式は以下のとおりである。各年において焼却されるごみ中の分解可能有機炭素量に、分解の程度等の各種係数を乗じる式となっている。またモデルの不確実性を考慮するためのモデル補正係数 ( $\varphi$ ) が全体に乘じられている。

$$RE_{CH_4,p} = \sum_{y=p\_start}^{p\_end} \left[ \varphi \times (1-f) \times GWP_{CH_4} \times (1-OX) \times \frac{16}{12} \times F \times DOC_f \times MCF \right. \\ \left. \times \sum_{i=1}^{y-1} \sum_j \{W_i \times p_j \times DOC_j \times e^{-k_j(y-1-i)} \times (1-e^{-k_j})\} \right]$$

ここで:

**RE<sub>CH<sub>4</sub>,p</sub>** = 期間 *p* 中の SWDS における MSW の分解からのリファレンス排出量 (tCO<sub>2</sub>e/p)

**y** = 最初の処分(又は焼却)から数えた年目で、期間 *p* の最初の年から最後の年まで。y が 1 の場合は、CH<sub>4</sub> 排出量は計算できない。

**p\_start** = 最初の処分(又は焼却)から数えた年目で、期間 *p* の最初の年

**p\_end** = 最初の処分(又は焼却)から数えた年目で、期間 *p* の最後の年

**φ** = モデルの不確実性を考慮するためのモデル補正係数

**f** = SWDS で回収され、その他の方法でフレア、燃焼または使用され、CH<sub>4</sub> の大気中への排出を回避する割合

**GWP<sub>CH<sub>4</sub></sub>** = CH<sub>4</sub> の地球温暖化係数 (tCO<sub>2</sub>e/tCH<sub>4</sub>)

**OX** = 酸化係数(土壌またはごみを覆うその他の素材の中で酸化される SWDS からの CH<sub>4</sub> 量を反映)

**F** = SWDS ガス中の CH<sub>4</sub> 割合 (volume fraction)

**DOC<sub>f</sub>** = SWDS で生じる特定の条件下で分解される分解可能有機炭素割合 (weight fraction)

**MCF** = CH<sub>4</sub> 補正係数

**i** = 最初の処分(又は焼却)から数えた年目で、MSW が処分 (又は焼却) される期間の最初の年から y 年目まで

**W<sub>i</sub>** = *i* 年に焼却されるごみの量 (t)

**p<sub>j</sub>** = ごみ種 *j* の割合 (weight fraction)



$DOC_j$  = ごみ種  $j$  中の分解可能有機炭素割合 (weight fraction)  
 $k_j$  = ごみ種  $j$  の分解速度 (1/yr)  
 $j$  = ごみ種

ごみの埋立処分により発生する  $CH_4$  の排出量を算定するベースとなるごみの量は、モニタリングを行う。ごみ種の割合については、CDM 方法論ツールでは、モニタリングでサンプリング調査を行うことされているが、プロジェクト参加者のモニタリングに関する負担を減らすため、プロジェクトで処理するごみに関する調査に基づくプロジェクト固有の事前設定値とした。

プロジェクトにより代替される電力を発電するために燃焼される化石燃料からの  $CO_2$  排出量 ( $RE_{elec,p}$ ) は、下式のように、プロジェクトからの売電量に電力の排出係数を乗じて算定する。

$$RE_{elec,p} = EG_{elec,p} \times EF_{elec}$$

ここで:

$RE_{elec,p}$  = 期間  $p$  中の発電からのリファレンス排出量 (tCO<sub>2</sub>e/p)

$EG_{elec,p}$  = 期間  $p$  におけるプロジェクト設備による発電電力量 (MWh/p)

$EF_{elec}$  = 発電の排出係数 (tCO<sub>2</sub>e/MWh)

#### c) プロジェクト排出量の算定

プロジェクト排出量の算定方法は、CDM の承認方法論 ACM0022 「Alternative waste treatment processes」におけるごみを焼却する場合のプロジェクト排出量算定方法を参考とした。前述したように、ACM0022 は、CDM の大規模プロジェクトの方法論としては、本方法論案が対象とするプロジェクトタイプに適用可能な唯一の承認方法論であるため、同方法論を参考とすることは適切と考えられる。

プロジェクト排出量の算定式は、下式のように、ごみ焼却に伴う  $CO_2$  排出量 ( $PE_{COM\_CO_2,p}$ )、ごみ焼却に伴う  $N_2O$  排出量 ( $PE_{COM\_N_2O,p}$ )、ごみ焼却発電施設における電力消費に伴う  $CO_2$  排出量 ( $PE_{EC,p}$ )、及びごみ焼却における補助燃料焼却に伴う  $CO_2$  排出量 ( $PE_{FC,p}$ ) の和とした。

ACM0022 ではごみ焼却に伴う  $CH_4$  排出量が算定対象となっているが、排出量が少ないことから、本方法論案では簡素化のため排出源として扱わないこととした。ACM0022 では、MSW を焼却する際に発生する  $CH_4$  の排出係数を示しており、それによれば、全連続燃焼式ストーカ炉の焼却設備において MSW を焼却することにより発生する  $CH_4$  は、 $1.21 \times 0.2 \times 10^{-6} \text{ t-CH}_4/\text{t-MSW}$  となっている。

上記の排出係数を用いて、本プロジェクトで想定されるストーカ炉稼働に伴う  $CH_4$  の年間排出量を計算すると以下となる。

$$\begin{aligned}
 \text{CH}_4 \text{ の年間排出量} &= \text{ごみ投入量/日} \times \text{CH}_4 \text{ 排出係数} \times \text{CH}_4 \text{ 温暖化係数} \times 365 \text{ 日} \\
 &= 1,000 \text{ t-MSW/日} \times 1.21 \times 0.2 \times 10^{-6} \text{ t-CH}_4/\text{t-MSW} \times 25 \text{ tCO}_2/\text{tCH}_4 \times 365 \text{ 日} \\
 &= 2.2 \text{ tCO}_2\text{e/年}
 \end{aligned}$$

上記のとおり、本調査で想定するプロジェクトにおけるごみ焼却時の  $CH_4$  排出量は、年間 2tCO<sub>2</sub> 程度となっており、排出削減量全体に対して微小であるため、排出削減量の計算において無視し得る量であると考えられる。さらに、ごみ焼却時の  $CH_4$  排出量を算定対象外とすることでプロジェクト参加者の負荷軽減、TPE による審査簡素化などが図られることから、JCM の方法論作成の方向性と合致すると考えられる。

排水処理による  $CH_4$  排出量については、本方法論で導入される設備において排水は発生しないと想定し、排出源として扱わないこととした。

また、ごみや焼却灰等の運搬に伴う  $CO_2$  排出量については、ACM0022 で算定対象とされていないことから、排出源として扱わないこととした。

$$PE_p = PE_{COM\_CO2,p} + PE_{COM\_N2O,p} + PE_{EC,p} + PE_{FC,p}$$

ここで:

- $PE_p$  = 期間  $p$  中のプロジェクト排出量(tCO<sub>2</sub>e/p)  
 $PE_{COM\_CO2,p}$  = 期間  $p$  中の焼却に伴うごみ中に含まれる化石炭素燃焼からのプロジェクト CO<sub>2</sub> 排出量 (tCO<sub>2</sub>e/p)  
 $PE_{COM\_N2O,p}$  = 期間  $p$  中の焼却に伴うごみ燃焼からのプロジェクト N<sub>2</sub>O 排出量 (tCO<sub>2</sub>e/p)  
 $PE_{EC,p}$  = 期間  $p$  中のプロジェクト施設における電力消費からのプロジェクト排出量 (tCO<sub>2</sub>e/p)  
 $PE_{FC,p}$  = 期間  $p$  中の焼却に伴う補助化石燃料消費からのプロジェクト排出量 (tCO<sub>2</sub>e/p)

ごみ焼却に伴う CO<sub>2</sub> 排出量 ( $PE_{COM\_CO2,p}$ ) は、焼却されるごみ量に、ごみ組成割合、各ごみ種の炭素含有割合、及び化石燃料由来の炭素割合等乗じて算定する。ごみ種  $j$  中の総炭素含有割合 ( $FCC_j$ ) が乾燥ベースの値であるため、ごみの重量から水分を除外するためにごみの乾物含有率を式に含めた。ごみの乾物含有率は、本来はごみ種別の乾物含有率計算することが望ましいが、プロジェクト参加者がインドネシアにおいてごみ種別の乾物含有率を測定することが困難であることから、データの入手可能性を考慮し、ごみ全体の乾物含有率を用いることとした。

$$PE_{COM\_CO2,p} = EFF_{COM} \times \frac{44}{12} \times \sum_j \sum_{i=p\_start}^{p\_end} (W_i \times p_j \times DC \times FCC_j \times FFC_j)$$

ここで:

- $PE_{COM\_CO2,p}$  = 期間  $p$  中の焼却に伴うごみ中に含まれる化石炭素燃焼からのプロジェクト CO<sub>2</sub> 排出量 (tCO<sub>2</sub>e/p)  
 $EFF_{COM}$  = 焼却の燃焼効率 (fraction)  
 $\frac{44}{12}$  = 換算係数 (tCO<sub>2</sub>/tC)  
 $i$  = 最初の焼却から数えた年目  
 $p\_start$  = 最初の焼却から数えた年目で、期間  $p$  の最初の年  
 $p\_end$  = 最初の焼却から数えた年目で、期間  $p$  の最後の年  
 $W_i$  =  $i$  年に焼却されるごみの量 (t)  
 $p_j$  = ごみ種  $j$  の割合 (weight fraction)  
 $DC$  = ごみの乾物含有率 (%)  
 $FCC_j$  = ごみ種  $j$  中の総炭素含有割合 (tC/t)  
 $FFC_j$  = ごみ種  $j$  中の総炭素量中の化石燃料由来の炭素割合 (weight fraction)  
 $j$  = ごみ種

ごみ焼却に伴う N<sub>2</sub>O 排出量 ( $PE_{COM\_N2O,p}$ ) は、焼却されるごみ量に、ごみの焼却技術・管理種別の N<sub>2</sub>O 排出係数及び N<sub>2</sub>O の温暖化係数を乗じて算定する。

$$PE_{COM\_N2O,p} = \sum_{i=p\_start}^{p\_end} W_i \times EF_{N2O} \times GWP_{N2O}$$

ここで:

- $PE_{COM\_N2O,p}$  = 期間  $p$  中の焼却に伴うごみ燃焼からのプロジェクト N<sub>2</sub>O 排出量 (tCO<sub>2</sub>e/p)  
 $W_i$  =  $i$  年に焼却されるごみの量 (t)  
 $EF_{N2O}$  = 焼却に伴う N<sub>2</sub>O 排出係数 (tN<sub>2</sub>O/t waste)

$GWP_{N2O}$  = N<sub>2</sub>O 温暖化係数 (tCO<sub>2</sub>e/tN<sub>2</sub>O)

ごみ焼却発電施設における電力消費に伴う CO<sub>2</sub> 排出量 (PE<sub>EC,p</sub>) は、下式のように、プロジェクトによる消費電力量に電力の排出係数を乗じて算定する。

$$PE_{EC,p} = EC_p \times EF_{elec}$$

ここで:

PE<sub>EC,p</sub> = 期間 p 中のプロジェクト施設における電力消費からのプロジェクト排出量 (tCO<sub>2</sub>e/p)

EC<sub>p</sub> = 期間 p におけるプロジェクト施設での消費電力量 (MWh/p)

EF<sub>elec</sub> = 発電の排出係数 (tCO<sub>2</sub>e/MWh)

ごみ焼却における補助燃料焼却に伴う CO<sub>2</sub> 排出量 (PE<sub>FC,p</sub>) は、下式のように、補助燃料として使用される燃料の量に、燃料の低位発熱量及び排出係数を乗じて算定する。

$$PE_{FC,p} = \sum_{fuel} (FC_{fuel,p} \times NCV_{fuel} \times EF_{CO2,fuel})$$

ここで:

PE<sub>FC,p</sub> = 期間 p 中の焼却に伴う補助化石燃料消費からのプロジェクト排出量 (tCO<sub>2</sub>e/p)

FC<sub>fuel,p</sub> = 期間 p 中に燃焼される燃料の量 (kL or m<sup>3</sup>/p)

NCV<sub>fuel</sub> = 燃料の低位発熱量 (GJ/kL or m<sup>3</sup>)

EF<sub>CO2,fuel</sub> = 燃料の CO<sub>2</sub> 排出係数 (tCO<sub>2</sub>/GJ)

fuel = 燃料種

## 9.4 プロジェクト実施前の設定値

まず、リファレンス排出量及びプロジェクト排出量の算定に用いるすべてのパラメータについて、値の種類 (プロジェクト固有事前設定値かデフォルト値か、あるいはモニタリングをする値か)、及びその値と情報源の一覧を以下に示す。

表 9.1 算定に用いるパラメーター一覧

分類	パラメータ	説明	方法論案における		
			値の種類	値	Data source
リファレンス排出量					
処分場 メタン 排出	φ	モデル補正係数	デフォルト値	0.80	CDM Tool
	f	CH <sub>4</sub> 回収等係数	デフォルト値	0	過年度調査
	GWP <sub>CH4</sub>	CH <sub>4</sub> 温暖化係数	デフォルト値	25	IPCC AR4
	OX	酸化係数	デフォルト値	0.1	CDM Tool (IPCC etc)
	F	処分場ガスメタン係数	デフォルト値	0.5	CDM Tool (IPCC)
	DOC <sub>f</sub>	処分場 DOC 係数	デフォルト値	0.5	CDM Tool (IPCC)
	MCF	CH <sub>4</sub> 補正係数	PJ 固有事前設定値	(0.8)	CDM Tool (IPCC)
	W <sub>i</sub>	月別ごみ重量	モニタリング	-	-
	P <sub>j</sub>	ごみ組成割合	PJ 固有事前設定値	-	-
	DOC <sub>j</sub>	ごみ種別 DOC 係数	デフォルト値	別途記載	CDM Tool (IPCC)
k <sub>j</sub>	ごみ種別分解速度	デフォルト値	別途記載	CDM Tool (IPCC)	

分類	パラメータ	説明	方法論案における		
			値の種類	値	Data source
発電	EG <sub>elec,p</sub>	発電電力量	モニタリング	-	-
	EF <sub>elec</sub>	電力排出係数	PJ 固有事前設定値	-	CDM PDD, meth or estimation
プロジェクト排出量					
ごみ焼却 CO <sub>2</sub> 排出	EFF <sub>COM</sub>	燃焼効率	デフォルト値	1	IPCC
	W <sub>i</sub>	月別ごみ重量	モニタリング	-	-
	P <sub>j</sub>	ごみ組成	PJ 固有事前設定値	-	-
	DC	乾物含有率	PJ 固有事前設定値	(47.8%)	過年度調査
	FCC <sub>j</sub>	ごみ種別炭素含有割合	デフォルト値	別途記載	CDM meth (IPCC)
	FFC <sub>j</sub>	ごみ種別化石燃料由来炭素含有割合	デフォルト値	別途記載	CDM meth (IPCC)
ごみ焼却 N <sub>2</sub> O 排出	EF <sub>N2O</sub>	N <sub>2</sub> O 排出係数	PJ 固有事前設定値	別途記載	CDM Tool (IPCC)
	GWP <sub>N2O</sub>	N <sub>2</sub> O 温暖化係数	デフォルト値	298	IPCC AR4
電力消費	EC <sub>p</sub>	消費電力量	モニタリング	-	-
	EF <sub>elec</sub>	電力排出係数	PJ 固有事前設定値	-	政府公表データ又は AMS-I.A.
補助燃料焼却	FC <sub>fuel,p</sub>	化石燃料消費量	モニタリング	-	-
	NCV <sub>fuel</sub>	燃料別低位発熱量	PJ 固有事前設定値	-	Invoice 等
	EF <sub>CO2,fuel</sub>	燃料別排出係数	PJ 固有事前設定値	-	IPCC

Data source の略字

CDM meth:	ACM0022 "Alternative waste treatment processes" (Version 02.0)
CDM Tool:	"Emissions from solid waste disposal sites" (Version 07.0)
IPCC:	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC, 2006) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007)
IPCC AR4:	Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007)
AMS-I.A.:	CDM の AMS-I.A. "Electricity generation by the user" (Version 16.0)

上記の表でプロジェクト固有事前設定値またはデフォルト値とした各パラメータについて、その事前設定値の内容及び保守的な値とできる可能性があるか等を検討した。その結果、モデル補正係数を保守的に設定することが、リファレンス排出量の保守的な計算方法として考えられた。CH<sub>4</sub> 排出量の計算に用いる各パラメータの値を、当該値の不確実性を考慮してそれぞれ保守的に設定することも検討したが、各パラメータの不確実性はモデル補正係数にまとめられているため、考え方の簡素化を図り、同モデル補正係数のみを保守的に設定することとした。

#### a) モデル補正係数 (φ)

本パラメータは FOD モデルの各パラメータの不確実性をまとめた係数である。方法論案ではデフォルト値として、その値を 0.80 とした。

参考とした CDM 方法論ツールでは、下表のように、デフォルト値の適用方法と気候に応じて、0.75、0.80 及び 0.85 のデフォルト値と、計算による推計方法が提示されている。方法論案が対象とするプロジェクトのタイプ及びインドネシアが熱帯モンスーン気候帯に位置していることを考慮すると、0.85 が適切な値であるが、リファレンス排出量を保守的に計算するため、方法論において

本係数のデフォルト値を 0.80 として設定することとした。

表 9.2 モデル補正係数のデフォルト値（ベースライン排出量の場合）

	Humid/wet conditions	Dry conditions
Application A	0.75	0.75
Application B	0.85	0.80

出典：Methodological Tool “Emissions from solid waste disposal sites”より引用

※ Application A：特定の現存する SWDS からのメタン排出を回避するタイプのプロジェクト  
Application B：SWDS でのごみの処分を回避する又は含むタイプのプロジェクト

b) CH<sub>4</sub>回収等係数 (f)

デフォルト値とし、インドネシアの現状を踏まえ、その値を 0 とした。

参考とした CDM 方法論ツールでは、CH<sub>4</sub>回収・フレア等の率から係数を計算する方法が示されている。

c) CH<sub>4</sub>温暖化係数 (GWP<sub>CH4</sub>)

デフォルト値とし、IPCC AR4(IPCC, 2007)より、その値を 25 とした。

本パラメータについてはこの値を用いることが適切と考えられる。

d) 酸化係数 (OX)

デフォルト値とし、その値を 0.1 とした。

参考とした CDM 方法論ツールでもこの値が唯一の値として示されているため、本パラメータについてはこの値を用いることが適切と考えられる。

e) 処分場ガスメタン係数 (F)

デフォルト値とし、その値を 0.5 とした。

参考とした CDM 方法論ツールではこの値が唯一の値として示されているが、その出典である IPCC ガイドライン(IPCC, 2006)には不確実性の幅が±5%と示されているため、この不確実性の幅を考慮して保守的な値をとることは可能である。

f) 処分場 DOC 係数 (DOC<sub>f</sub>)

デフォルト値とし、その値を 0.5 とした。

参考とした CDM 方法論ツールではこのデフォルト値以外に推計による計算方法が示されているが、推計値の計算にはごみの BMP(biochemical methane potential)値が必要であるため、デフォルト値を用いるのが妥当と考えられる。デフォルト値の出典である IPCC ガイドライン(IPCC, 2006)には不確実性の幅が±20%と示されているため、この不確実性の幅を考慮して保守的な値をとることは可能である。

g) CH<sub>4</sub>補正係数 (MCF)

プロジェクト固有事前設定値とした。

CDM 方法論ツールでは、水位が処分場の底よりも低い場合の下表のデフォルト値が示されている。さらに IPCC ガイドライン(IPCC, 2006)では分類不可能な場合の値として 0.6 も示されている。

表 9.3 Application A 及び水位が処分場の底よりも低い場合のデフォルト値

デフォルト値	説明
1.0	嫌気的管理型固形ごみ処分場：管理されたごみの配置となっていなければならない、少なくとも以下の1つを含む (i) 被覆材、(ii) 機械的圧縮、(iii) ごみの整地
0.5	準好気的管理型固形ごみ処分場：管理されたごみの配置となっていなければならない、ごみの層に空気を入れる以下の仕組みの全てを含む (i) 浸透性の被覆材、(ii) 浸出水排水システム、(iii) 貯水量の調整、(iv) ガス換気システム
0.8	非管理型固形ごみ処分場—深い：管理型ごみ処分場の基準に合致せず、かつ深さが5m以上あるすべての処分場
0.4	非管理型の浅い固形ごみ処分場または固形ごみ処分場とみなされるストックパイル：管理型ごみ処分場の基準に合致せず、かつ深さが5m未満の処分場。ごみ処分場とみなされる固形ごみのストックパイルを含む。

出典：Methodological Tool “Emissions from solid waste disposal sites”より作成

また、CDM 方法論ツールでは、水位が高い場合の推計方法として以下の式が示されている。

$$\text{MCF} = \text{MAX} \left\{ \left( 1 - \frac{2}{d_y} \right), \frac{h_{w,y}}{d_y} \right\}$$

ここで、

$h_{w,y}$  = 処分場の底からの水位 (m)

$d_y$  = 処分場の深さ (m)

h) ごみ組成割合 ( $p_j$ )

ごみ組成割合は、プロジェクトごとに、サンプリング調査を行い、その結果に基づき、プロジェクト固有事前設定値として設定することを想定している。

ごみ種によって分解可能有機炭素含有率と分解速度の組合せが異なるため、 $\text{CH}_4$  排出量の計算の対象とする期間により、排出量が保守的となるごみ種は異なることから、一律に保守的になるようなごみ組成割合の設定は困難と考えられる。また、ごみ種は様々であるため、プロジェクト固有の値をとることが適切と考えられる。

i) ごみ種別 DOC 係数 ( $\text{DOC}_j$ )

デフォルト値とし、下表の値とした。

参考とした CDM 方法論ツールでは下記デフォルト値以外に、推計値を用いる方法が示されている。ごみ種別のデータがないと思われ、また測定したとしてもサンプル数が限られるので、デフォルト値を使うのが妥当と考えられる。IPCC ガイドライン(IPCC, 2006)にはデフォルト値の幅が記載されており、これを考慮して保守的な値をとることは可能である。

表 9.4 DOC<sub>j</sub> デフォルト値

Waste type <i>j</i>	DOC <sub>j</sub> (% wet waste)
Wood and wood products	43
Pulp, paper and cardboard (other than sludge)	40
Food, food waste, beverages and tobacco (other than sludge)	15
Textiles	24
Garden, yard and park waste	20
Nappies	24
Glass, plastic, metal, other inert waste	0

- j) ごみ種別分解速度 ( $k_j$ )  
デフォルト値とし、下表の値とした。

表 9.5  $k_j$  デフォルト値

Waste type <i>j</i>	$k_j$ (1/yr)	
Slowly degrading	Pulp, paper, cardboard (other than sludge), textiles	0.07
	Wood, wood products and straw	0.035
Moderately degrading	Other (nonfood) organic putrescible garden and park waste	0.17
Rapidly degrading	Food, food waste, sewage sludge, beverages and tobacco	0.40

参考とした CDM 方法論ツールでは、気候帯及び乾燥/湿潤の度合いにより下表のデフォルト値が示されており、本方法論案ではインドネシアの気候を考慮し、熱帯(年平均気温>20°C)湿潤(平均年降水量>1000mm)に適した値をデフォルト値として用いた。CDM 方法論ツールではこれらの値のみが示されているが、その出典である IPCC ガイドライン(IPCC, 2006)にはデフォルト値の幅が記載されており、これを考慮して保守的な値をとることは可能である。

表 9.6 分解速度 ( $k_i$ ) デフォルト値

Waste type $j$		温帯及び熱帯 ( $\text{MAT} \leq 20^\circ\text{C}$ )		熱帯 ( $\text{MAT} > 20^\circ\text{C}$ )	
		乾燥 ( $\text{MAP}/\text{PET} < 1$ )	湿潤 ( $\text{MAP}/\text{PET} > 1$ )	乾燥 ( $\text{MAP} < 1000\text{mm}$ )	湿潤 ( $\text{MAP} > 1000\text{mm}$ )
Slowly degrading	Pulp, paper, cardboard (other than sludge), textiles	0.04	0.06	0.045	0.07
	Wood, wood products and straw	0.02	0.03	0.025	0.035
Moderately degrading	Other (nonfood) organic putrescible garden and park waste	0.05	0.10	0.065	0.17
Rapidly degrading	Food, food waste, sewage sludge, beverages and tobacco	0.06	0.185	0.085	0.40

MAT: 年平均気温、MAP: 年平均降水量、PET: 可能蒸発散量

k) 電力排出係数 ( $\text{EF}_{\text{elec}}$ )

プロジェクト固有事前設定値とし、妥当性確認時に、グリッドまたは自家発のいずれの代替となるかを確認し、対応する排出係数を決定することとした。前者は、基本的にインドネシア CDM 国家委員会のデータを参照することとした。後者は CDM 小規模方法論 AMS-I.A. の最新の値とした。

l) 燃焼効率 ( $\text{EFF}_{\text{COM}}$ )

デフォルト値とし、その値を 1 とした。

参考とした CDM 方法論ツールでは、プロジェクト固有値、国固有値、IPCC ガイドライン (IPCC, 2006) のデフォルト値を用いるオプションが示されており、IPCC ガイドライン (IPCC, 2006) のデフォルト値の値を用いた。既に最も保守的な値である。

m) 乾物含有率 (DC)

CDM 承認方法論の式には含まれていないパラメータであるが、ごみ種別炭素含有割合 ( $\text{FCC}_j$ ) が乾燥ベースの値であるため、本方法論で追加したパラメータである。本来はごみ種別の含水率で計算することが望ましいが、データがないため、ごみ全体の含水率としている。

プロジェクト固有事前設定値とし、プロジェクト施設が建設される自治体内で発生するごみの少なくとも 3 つのサンプルの平均値から設定することとした。

n) ごみ種別炭素含有割合 ( $\text{FCC}_j$ )

デフォルト値とし、下表の値とした。

CDM 方法論で示されたデフォルト値を本方法論案でも用いることとした。下記デフォルト値は、IPCC ガイドライン (IPCC, 2006) に記載されているデフォルト値の幅の最大値であるため、さらに保守的な値にすることは難しいと考えられる。



表 9.7 FCC<sub>j</sub> デフォルト値

Waste type <i>j</i>	FCC <sub>j</sub> (tC/t)
Paper/cardboard	50
Textiles	50
Food waste	50
Wood	54
Garden and Park waste	55
Nappies	90
Rubber and Leather	67
Plastics	85
Metal*	NA
Glass*	NA
Other, inert waste	5

o) ごみ種別化石燃料由来炭素含有割合 (FFC<sub>j</sub>)

デフォルト値とし、下表の値とした。

CDM 方法論で示されたデフォルト値を本方法論案でも用いることとした。下記デフォルト値は、IPCC ガイドライン(IPCC, 2006)に記載されているデフォルト値の幅の最大値であるため、さらに保守的な値にすることは難しいと考えられる。

表 9.8 FFC<sub>j</sub> デフォルト値

Waste type <i>j</i>	FFC <sub>j</sub> (%)
Paper/cardboard	5
Textiles	50
Food waste	-
Wood	-
Garden and Park waste	0
Nappies	10
Rubber and Leather	20
Plastics	100
Metal*	NA
Glass*	NA
Other, inert waste	100

p) N<sub>2</sub>O 排出係数 (EF<sub>N2O</sub>)

プロジェクト固有事前設定値とし、妥当性確認時にプロジェクトでのごみの焼却技術・管理方法を確認し、下記の値から選択することとした。

表 9.9 本方法論案で示した N<sub>2</sub>O 排出係数 (EF<sub>N2O</sub>) デフォルト値

ごみ種	技術/管理方法	EF <sub>N2O</sub> (tN <sub>2</sub> O/t waste)
MSW	連続及び准連続燃焼式	1.21*50*10 <sup>-6</sup>
MSW	バッチ式燃焼式	1.21*60*10 <sup>-6</sup>

参考とした CDM 方法論では、ごみ種及び焼却技術・管理方法別に下表のデフォルト値が示されている。なお、同 CDM 方法論の数値は、2006IPCC ガイドライン(IPCC, 2006)と照らし合わせると、桁に誤りがあると考えられ、本方法論案では適切と考えられる数値に修正している。CDM 方法論では、2006IPCC ガイドライン(IPCC, 2006)のデフォルト値に保守性係数として 1.21 を乗じた数値としているとの記載があるため、さらに保守的な値にすることは難しいと考えられる。

本プロジェクトでの燃焼方式は連続燃焼式と想定されるため、「連続及び准連続燃焼式」の値 1.21\*50\*10<sup>-6</sup>になると考えられる。

表 9.10 N<sub>2</sub>O 排出係数 (EF<sub>N2O</sub>) デフォルト値

ごみ種	技術/管理方法	EF <sub>N2O</sub>	
		CDM 方法論 (tN <sub>2</sub> O/t waste)	2006IPCC ガイドライン (gN <sub>2</sub> O/t waste)
MSW	連続及び准連続燃焼式	1.21*50*10 <sup>-3</sup>	50
MSW	バッチ燃焼式	1.21*60*10 <sup>-3</sup>	60
産業廃棄物	全燃焼方式	1.21*100*10 <sup>-3</sup>	100
汚泥 (下水汚泥を除く)	全燃焼方式	1.21*450*10 <sup>-3</sup>	450
下水汚泥	全燃焼方式	1.21*900*10 <sup>-3</sup>	900

q) N<sub>2</sub>O 温暖化係数 (GWP<sub>N2O</sub>)

デフォルト値とし、IPCC AR4(IPCC, 2007)より、その値を 298 とした。

本パラメータについてはこの値を用いることが適切と考えられる。

r) 燃料別低位発熱量 (NCV<sub>fuel</sub>)

IPCC ガイドライン(IPCC, 2006)に記載されているデフォルト値が重量ベースであり、比重に関する適切なデータが得られなかったため、プロジェクト固有事前設定値とし、請求書等に記載されている可能性がある体積ベースの発熱量を使うこととした。

プロジェクト固有データの入手が難しい場合には、デフォルト値として IPCC ガイドライン(IPCC, 2006)の値の使用することも考えられる。

s) 燃料別排出係数 (EF<sub>CO2, fuel</sub>)

プロジェクト固有事前設定値とし、プロジェクトで用いる燃料種に対応する 2006IPCC ガイドライン(IPCC, 2006)記載のデフォルト値を選択することとした。排出削減量を保守的に計算するため、2006IPCC ガイドライン(IPCC, 2006)のデフォルト値のうち、95%信頼区間の上限のデフォルト値を用いることとした。

## 9.5 JCM 方法論案

9.5.1 JCM Proposed Methodology Form

9.5.2 JCM Proposed Methodology Spreadsheet

### JCM Proposed Methodology Form

#### Cover sheet of the Proposed Methodology Form

Form for submitting the proposed methodology

Host Country	Republic of Indonesia
Name of the methodology proponents submitting this form	JFE Engineering Corporation
Sectoral scope(s) to which the Proposed Methodology applies	1. Energy industries (renewable - / non-renewable sources) 13. Waste handling and disposal
Title of the proposed methodology, and version number	Power generation and avoidance of landfill gas emissions through combustion of municipal solid waste (MSW), ver. 01.0
List of documents to be attached to this form (please check):	<input type="checkbox"/> The attached draft JCM-PDD: <input checked="" type="checkbox"/> Additional information
Date of completion	dd/mm/yyyy

History of the proposed methodology

Version	Date	Contents revised
01.0	dd/mm/yyyy	First edition

### A. Title of the methodology

Power generation and avoidance of landfill gas emissions through combustion of municipal solid waste (MSW), ver. 01.0

### B. Terms and definitions

Terms	Definitions
Municipal solid waste (MSW)	A heterogeneous mix of different solid waste types, usually collected by municipalities or other local authorities. MSW includes household waste, garden/park waste and commercial/institutional waste.
Solid waste disposal site (SWDS)	Designated areas intended as the final storage place for solid waste.
Fresh waste	Solid waste that intended for disposal in a SWDS but has not yet been disposed.

### C. Summary of the methodology

Items	Summary
<i>GHG emission reduction measures</i>	Installation of MSW incinerators avoids emissions of methane associated with disposed organic waste in a SWDS, and electricity generated by the project facility displaces electricity from a grid or captive power generator which is generated using fossil fuels resulting in GHG emission reductions.
<i>Calculation of reference emissions</i>	Reference emissions are calculated as a sum of the following emissions: <ul style="list-style-type: none"> <li>● CH<sub>4</sub> emissions from SWDS: Calculated from the amount of MSW and fraction of each waste type incinerated in the incinerator using the first order decay (FOD) model; and</li> <li>● CO<sub>2</sub> emissions from a grid or captive power generator: Electricity generated by the project facility multiplied by the emission factor of displaced electricity.</li> </ul>
<i>Calculation of project</i>	Project emissions are calculated as a sum of the following

<i>emissions</i>	<p>emissions:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● CO<sub>2</sub> emissions from combustion of fossil carbon contained in MSW: The amount of MSW multiplied by the fraction of fossil carbon content and the conversion factor of carbon;</li> <li>● N<sub>2</sub>O emissions from combustion of waste: The amount of MSW multiplied by the N<sub>2</sub>O emission factor associated with incineration;</li> <li>● CO<sub>2</sub> emissions from electricity used to operate the project facility: Electricity used to operate the project facility multiplied by the emission factor of electricity; and</li> <li>● CO<sub>2</sub> emissions from auxiliary fossil fuel consumption associated with incineration: The amount of fossil fuel consumption associated with incineration multiplied by the emission factor of the fossil fuel.</li> </ul>
<i>Monitoring parameters</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Amount of waste (wet basis);</li> <li>● Quantity of electricity generated by the project facility;</li> <li>● Quantity of electricity consumed by the project facility; and</li> <li>● Quantity of auxiliary fossil fuel consumption.</li> </ul>

#### D. Eligibility criteria

This methodology is applicable to projects that satisfy all of the following criteria.

Criterion 1	The project newly installs an incinerator, waste heat recovery boiler, exhaust gas treatment equipment and turbine generator.
Criterion 2	The project incinerates fresh municipal solid waste (MSW) and generates electricity from steam produced in a waste heat recovery boiler.
Criterion 3	<p>Emissions of NO<sub>2</sub> and CO at the stack of incinerator are designed to be less than or equal to the following levels:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- NO<sub>2</sub>: 470mg/Nm<sup>3</sup>@11%O<sub>2</sub>, and</li> <li>- CO: 625mg/Nm<sup>3</sup>@11%O<sub>2</sub></li> </ul>
Criterion 4	There is a plan to operate the project facility for more than 5 years.

#### E. Emission Sources and GHG types

Reference emissions

Emission sources	GHG types
Decomposition of waste at SWDS	CH <sub>4</sub>
Electricity generation	CO <sub>2</sub>
Project emissions	
Emission sources	GHG types
Combustion of fossil carbon contained in waste	CO <sub>2</sub>
Incineration of waste	N <sub>2</sub> O
Electricity use by the project facility	CO <sub>2</sub>
Consumption of auxiliary fossil fuels needed to be added into incinerator	CO <sub>2</sub>

## F. Establishment and calculation of reference emissions

### F.1. Establishment of reference emissions

A project which applies this methodology incinerates MSW and generates electricity. In Indonesia, MSW is usually disposed in open dump sites without recovering landfill gas. Therefore, BaU for MSW treatment is open dumping and BaU emissions are CH<sub>4</sub> emissions from open dumping of MSW and CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuels combusted to generate electricity which would be displaced by the project.

To assure net emission reductions, the model correction factor which accounts for uncertainty of the model to calculate emissions from decomposition of MSW is set conservatively.

### F.2. Calculation of reference emissions

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

Where:

$RE_p$  = Reference emissions during the period  $p$  [tCO<sub>2</sub>e/p]

$RE_{CH_4,p}$  = Reference emissions from decomposition of MSW at the SWDS during the period  $p$  [tCO<sub>2</sub>e/p]

$RE_{elec,p}$  = Reference emissions from electricity generation during the period  $p$  [tCO<sub>2</sub>e/p]

Reference emissions from decomposition of MSW at the SWDS during the period  $p$  ( $RE_{CH_4,p}$ ) is accounted only from the next calendar year after its disposal at the SWDS (or incineration) due to delay in generation of CH<sub>4</sub> from the time of disposal at the SWDS.

$$RE_{CH_4,p} = \sum_{y=p\_start}^{p\_end} \left[ \varphi \times (1 - f) \times GWP_{CH_4} \times (1 - OX) \times \frac{16}{12} \times F \times DOC_f \times MCF \right. \\ \left. \times \sum_{i=1}^{y-1} \sum_j \{W_i \times p_j \times DOC_j \times e^{-k_j(y-1-i)} \times (1 - e^{-k_j})\} \right]$$

Where:

$RE_{CH_4,p}$  = Reference emissions from decomposition of MSW at the SWDS during the period  $p$  [tCO<sub>2</sub>e/p]

$y$  = The N<sup>th</sup> year from the first disposal (or incineration), extending from the first year of the period  $p$  ( $y=p\_start$ ) to the last year of the period  $p$  ( $y=p\_end$ ). If  $y$  is equal to 1, methane generation cannot be accounted.

$p\_start$  = The N<sup>th</sup> year from the first disposal (or incineration), which is the first year of the period  $p$

$p\_end$  = The N<sup>th</sup> year from the first disposal (or incineration), which is the last year of the period  $p$

$\varphi$  = Model correction factor to account for model uncertainties

$f$  = Fraction of methane captured at the SWDS and flared, combusted or used in another manner that prevents the emissions of methane to the atmosphere

$GWP_{CH_4}$  = Global Warming Potential of methane [tCO<sub>2</sub>e/tCH<sub>4</sub>]

$OX$  = Oxidation factor (reflecting the amount of methane from SWDS that is oxidized in the soil or other material covering the waste)

$F$  = Fraction of methane in the SWDS gas [volume fraction]

$DOC_f$  = Fraction of degradable organic carbon (DOC) that decomposes under the specific conditions occurring in the SWDS [weight fraction]

$MCF$  = Methane correction factor

$i$  = The N<sup>th</sup> year from the first disposal (or incineration), extending from the first year in the time period in which MSW is disposed at the SWDS ( $i = 1$ ) to year  $y$  ( $i = y$ )

$W_i$  = Quantity of MSW fed into incinerator in the year  $i$  [t]

$p_j$  = Fraction of the waste type  $j$  [weight fraction]

$DOC_j$  = Fraction of degradable organic carbon in the waste type  $j$  [weight fraction]

$k_j$  = Decay rate for the waste type  $j$  [1/yr]

$j$  = Type of waste

$$RE_{elec,p} = EG_{elec,p} \times EF_{elec}$$

Where:



$RE_{elec,p}$	= Reference emissions from electricity generation during the period $p$ [tCO <sub>2</sub> e/p]
$EG_{elec,p}$	= Quantity of electricity generated by the project facility during the period $p$ [MWh/p]
$EF_{elec}$	= Emission factor for electricity generation [tCO <sub>2</sub> e/MWh]

## G. Calculation of project emissions

$$PE_p = PE_{COM\_CO2,p} + PE_{COM\_N2O,p} + PE_{EC,p} + PE_{FC,p}$$

Where:

$PE_p$	= Project emissions during the period $p$ [tCO <sub>2</sub> e/p]
$PE_{COM\_CO2,p}$	= Project emissions of CO <sub>2</sub> from combustion of fossil carbon contained in waste associated with incineration during the period $p$ [tCO <sub>2</sub> e/p]
$PE_{COM\_N2O,p}$	= Project emissions of N <sub>2</sub> O from combustion of waste associated with incineration during the period $p$ [tCO <sub>2</sub> e/p]
$PE_{EC,p}$	= Project emissions from electricity consumption by the project facility during the period $p$ [tCO <sub>2</sub> e/p]
$PE_{FC,p}$	= Project emissions from auxiliary fossil fuel consumption associated with incineration during the period $p$ [tCO <sub>2</sub> e/p]

$$PE_{COM\_CO2,p} = EFF_{COM} \times \frac{44}{12} \times \sum_j \sum_{i=p\_start}^{p\_end} (W_i \times p_j \times DC \times FCC_j \times FFC_j)$$

Where:

$PE_{COM\_CO2,p}$	= Project emissions of CO <sub>2</sub> from combustion of fossil carbon contained in waste associated with incineration during the period $p$ [tCO <sub>2</sub> e/p]
$EFF_{COM}$	= Combustion efficiency of incinerator [fraction]
$\frac{44}{12}$	= Conversion factor [tCO <sub>2</sub> /tC]
$i$	= The N <sup>th</sup> year from the first incineration
$p\_start$	= The N <sup>th</sup> year from the first incineration, which is the first year of the period $p$
$p\_end$	= The N <sup>th</sup> year from the first incineration, which is the last year of the period $p$
$W_i$	= Quantity of MSW fed into incinerator in the year $i$ [t]
$p_j$	= Fraction of the waste type $j$ [weight fraction]
$DC$	= Dry matter content of MSW [%]
$FCC_j$	= Fraction of total carbon content in waste type $j$ [tC/t]

$FFC_j$  = Fraction of fossil carbon in total carbon content of waste type  $j$  [weight fraction]

$j$  = Type of waste

$$PE_{COM\_N2O,p} = \sum_{i=p\_start}^{p\_end} W_i \times EF_{N2O} \times GWP_{N2O}$$

Where:

$PE_{COM\_N2O,p}$  = Project emissions of  $N_2O$  from combustion of waste associated with incineration during the period  $p$  [tCO<sub>2</sub>e/p]

$i$  = The  $N^{\text{th}}$  year from the first incineration

$p\_start$  = The  $N^{\text{th}}$  year from the first incineration, which is the first year of the period  $p$

$p\_end$  = The  $N^{\text{th}}$  year from the first incineration, which is the last year of the period  $p$

$W_i$  = Quantity of MSW fed into incinerator in the year  $i$  [t]

$EF_{N2O}$  = Emission factor for  $N_2O$  associated with incineration [tN<sub>2</sub>O/t waste]

$GWP_{N2O}$  = Global Warming Potential of nitrous oxide [tCO<sub>2</sub>e/tN<sub>2</sub>O]

$$PE_{EC,p} = EC_p \times EF_{elec}$$

Where:

$PE_{EC,p}$  = Project emissions from electricity consumption by the project facility during the period  $p$  [tCO<sub>2</sub>e/p]

$EC_p$  = Quantity of electricity consumed by the project facility during the period  $p$  [MWh/p]

$EF_{elec}$  = Emission factor for electricity generation [tCO<sub>2</sub>e/MWh]

$$PE_{FC,p} = \sum_{fuel} (FC_{fuel,p} \times NCV_{fuel} \times EF_{CO2,fuel})$$

Where:

$PE_{FC,p}$  = Project emissions from auxiliary fossil fuel consumption associated with incineration during the period  $p$  [tCO<sub>2</sub>e/p]

$FC_{fuel,p}$  = Quantity of fuel combusted during the period  $p$  [kL or m<sup>3</sup>/p]

$NCV_{fuel}$  = Net calorific value of fuel [GJ/kL or m<sup>3</sup>]

$EF_{CO2,fuel}$  = CO<sub>2</sub> emission factor of fuel [tCO<sub>2</sub>/GJ]

$fuel$  = Type of fuel

## H. Calculation of emissions reductions

$$ER_p = RE_p - PE_p$$

Where:

$ER_p$  = Emission reductions during the period  $p$  [tCO<sub>2</sub>e/p]

$RE_p$  = Reference emissions during the period  $p$  [tCO<sub>2</sub>e/p]

$PE_p$  = Project emissions during the period  $p$  [tCO<sub>2</sub>e/p]

## I. Data and parameters fixed *ex ante*

The source of each data and parameter fixed *ex ante* is listed as below.

Parameter	Description of data	Source
$\varphi$	Model correction factor to account for model uncertainties Default value: 0.80 The conservative value was selected from the default values $\varphi_{default}$ in the tool.	CDM Methodological Tool “Emissions from solid waste disposal sites” (Version 07.0)
$f$	Fraction of methane captured at the SWDS and flared, combusted or used in another manner that prevents the emissions of methane to the atmosphere Default value: 0	Decided taking into consideration the situation in Indonesia
$GWP_{CH_4}$	Global Warming Potential of methane [tCO <sub>2</sub> e/tCH <sub>4</sub> ] Default value: 25	Table 2.14, of the errata to the contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC
$OX$	Oxidation factor (reflecting the amount of methane from SWDS that is oxidized in the soil or other material covering the waste) Default value: 0.1	CDM Methodological Tool “Emissions from solid waste disposal sites” (Version 07.0)
$F$	Fraction of methane in the SWDS gas [volume fraction] Default value: 0.5	CDM Methodological Tool “Emissions from solid waste disposal sites” (Version 07.0)

<i>DOC<sub>f</sub></i>	<p>Fraction of degradable organic carbon (DOC) that decomposes under the specific conditions occurring in the SWDS [weight fraction]</p> <p>Default value: 0.5</p>	<p>CDM Methodological Tool “Emissions from solid waste disposal sites” (Version 07.0)</p>
<i>MCF</i>	<p>Methane correction factor</p> <p>Select one of the followings taking into consideration the situation of the project.</p> <p>(1) In case of a water table above the bottom of the SWDS, estimate the MCF using the following equation.</p> $MCF = MAX \left\{ \left( 1 - \frac{2}{d_y} \right), \frac{h_{w,y}}{d_y} \right\}$ <p><i>h<sub>w,y</sub></i> = Height of water table measured from the base of the SWDS [m]</p> <p><i>d<sub>y</sub></i> = Depth of SWDS [m]</p> <p>(2) In case that the SWDS does not have a water table above the bottom of the SWDS, select the applicable value from the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 1.0 for anaerobic managed solid waste disposal sites. These have controlled placement of waste (i.e. waste directed to specific deposition areas, a degree of control of scavenging and a degree of control of fires) and will include at least one of the following: (i) cover material; (ii) mechanical compacting; or (iii) leveling of the waste;</li> <li>● 0.5 for semi-aerobic managed solid waste disposal sites. These have controlled placement of waste and will include all of the following structures for introducing air to the waste layers: (i) permeable cover material; (ii) leachate drainage system; (iii) regulating pondage; and (iv) gas ventilation system;</li> <li>● 0.8 for unmanaged solid waste disposal sites—deep. This comprises all SWDS not meeting the criteria of managed SWDS and which have</li> </ul>	<p>CDM Methodological Tool “Emissions from solid waste disposal sites” (Version 07.0)</p>

	<p>depths of greater than or equal to 5 meters;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 0.4 for unmanaged-shallow solid waste disposal sites or stockpiles that are considered SWDS. This comprises all SWDS not meeting the criteria of managed SWDS and which have depths of less than 5 meters. This includes stockpiles of solid waste that are considered SWDS.</li> </ul>																	
$DOC_j$	<p>Fraction of degradable organic carbon in the waste type <math>j</math> [weight fraction]</p> <p>Default values for <math>DOC_j</math>:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Waste type <math>j</math></th> <th><math>DOC_j</math> [% wet waste]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Wood and wood products</td> <td>43</td> </tr> <tr> <td>Pulp, paper and cardboard (other than sludge)</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Food, food waste, beverages and tobacco (other than sludge)</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Textiles</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>Garden, yard and park waste</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Nappies</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>Glass, plastic, metal, other inert waste</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Waste type $j$	$DOC_j$ [% wet waste]	Wood and wood products	43	Pulp, paper and cardboard (other than sludge)	40	Food, food waste, beverages and tobacco (other than sludge)	15	Textiles	24	Garden, yard and park waste	20	Nappies	24	Glass, plastic, metal, other inert waste	0	<p>CDM Methodological Tool “Emissions from solid waste disposal sites” (Version 07.0) and Table 2.4, chapter 2, volume 5 of 2006 IPCC guidelines for National GHG Inventories</p>
Waste type $j$	$DOC_j$ [% wet waste]																	
Wood and wood products	43																	
Pulp, paper and cardboard (other than sludge)	40																	
Food, food waste, beverages and tobacco (other than sludge)	15																	
Textiles	24																	
Garden, yard and park waste	20																	
Nappies	24																	
Glass, plastic, metal, other inert waste	0																	
$k_j$	<p>Decay rate for the waste type <math>j</math> [1/yr]</p> <p>Default values for <math>k_j</math>:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Waste type <math>j</math></th> <th><math>k_j</math> [1/yr]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Slowly degrading</td> <td>Pulp, paper, cardboard (other than sludge), textiles</td> <td>0.07</td> </tr> <tr> <td>Wood, wood products and straw</td> <td>0.035</td> </tr> <tr> <td>Moderately degrading</td> <td>Other (nonfood) organic putrescible garden and park waste</td> <td>0.17</td> </tr> <tr> <td>Rapidly degrading</td> <td>Food, food waste, sewage sludge, beverages and tobacco</td> <td>0.40</td> </tr> </tbody> </table> <p>The default values <math>k_j</math> for Tropical (Mean annual temperature &gt;20 degree C) and Wet (Mean annual precipitation &gt;1000mm) were selected taking into consideration the climate condition of Indonesia.</p>	Waste type $j$		$k_j$ [1/yr]	Slowly degrading	Pulp, paper, cardboard (other than sludge), textiles	0.07	Wood, wood products and straw	0.035	Moderately degrading	Other (nonfood) organic putrescible garden and park waste	0.17	Rapidly degrading	Food, food waste, sewage sludge, beverages and tobacco	0.40	<p>CDM Methodological Tool “Emissions from solid waste disposal sites” (Version 07.0)</p>		
Waste type $j$		$k_j$ [1/yr]																
Slowly degrading	Pulp, paper, cardboard (other than sludge), textiles	0.07																
	Wood, wood products and straw	0.035																
Moderately degrading	Other (nonfood) organic putrescible garden and park waste	0.17																
Rapidly degrading	Food, food waste, sewage sludge, beverages and tobacco	0.40																
$p_j$	<p>Fraction of the waste type <math>j</math> [weight fraction]</p> <p>Before the validation of a proposed project, take at</p>	<p>Study conducted by the project participants</p>																

	<p>least one sample in each season (both rainy and dry) from MSW transported to a SWDS within the same municipality where the project facility is to be constructed, weigh each waste fraction (measure on wet basis) taking into consideration of the waste type <math>j</math>, as provided in the table for <math>FCC_j</math> and <math>FFC_j</math>, and average each waste fraction <math>j</math> among the samples.</p>			
$EF_{elec}$	<p>Emission factor for electricity generation [tCO<sub>2</sub>e/MWh]</p> <p>When the project facility displaces and consumes only grid electricity or captive electricity, the project participant applies the CO<sub>2</sub> emission factor respectively.</p> <p>When the project facility may displace and consume both grid electricity and captive electricity, the project participant applies the CO<sub>2</sub> emission factor with lower value.</p> <p><b>[CO<sub>2</sub> emission factor]</b></p> <p>For grid electricity: The most recent value available from the source stated in this table at the time of validation</p> <p>For captive electricity: 0.8* [tCO<sub>2</sub>/MWh]</p> <p>*The most recent value available from CDM approved small scale methodology AMS-IA at the time of validation is applied.</p>	<p><b>[Grid electricity]</b></p> <p>The data is sourced from “Emission Factors of Electricity Interconnection Systems”, National Committee on Clean Development Mechanism (Indonesian DNA for CDM), based on data obtained by Directorate General of Electricity, Ministry of Energy and Mineral Resources, Indonesia, unless otherwise instructed by the Joint Committee.</p> <p><b>[Captive electricity]</b></p> <p>CDM approved small scale methodology AMS-I.</p>		
$EFF_{COM}$	<p>Combustion efficiency of incinerator [fraction]</p> <p>Default value: 1 (100%)</p>	Table 5.2, chapter 5, volume 5 of 2006 IPCC guidelines for National GHG Inventories		
$FCC_j$	<p>Fraction of total carbon content in waste type <math>j</math> [tC/t]</p> <p>Default values for <math>FCC_j</math>:</p> <table border="1" data-bbox="411 1951 1007 1989"> <tr> <td>Waste type <math>j</math></td> <td><math>FCC_j</math> [% dry waste]</td> </tr> </table>	Waste type $j$	$FCC_j$ [% dry waste]	CDM approved consolidated baseline and monitoring methodology ACM0022 “Alternative
Waste type $j$	$FCC_j$ [% dry waste]			

	<table border="1"> <tr><td>Paper/cardboard</td><td>50</td></tr> <tr><td>Textiles</td><td>50</td></tr> <tr><td>Food waste</td><td>50</td></tr> <tr><td>Wood</td><td>54</td></tr> <tr><td>Garden and Park waste</td><td>55</td></tr> <tr><td>Nappies</td><td>90</td></tr> <tr><td>Rubber and Leather</td><td>67</td></tr> <tr><td>Plastics</td><td>85</td></tr> <tr><td>Metal*</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Glass*</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Other, inert waste</td><td>5</td></tr> </table> <p>*Metal and glass contain some carbon of fossil origin. Combustion of significant amounts of glass or metal is not common.</p>	Paper/cardboard	50	Textiles	50	Food waste	50	Wood	54	Garden and Park waste	55	Nappies	90	Rubber and Leather	67	Plastics	85	Metal*	NA	Glass*	NA	Other, inert waste	5	waste treatment processes” (Version 02.0)		
Paper/cardboard	50																									
Textiles	50																									
Food waste	50																									
Wood	54																									
Garden and Park waste	55																									
Nappies	90																									
Rubber and Leather	67																									
Plastics	85																									
Metal*	NA																									
Glass*	NA																									
Other, inert waste	5																									
$FFC_j$	<p>Fraction of fossil carbon in total carbon content of waste type <math>j</math> [weight fraction]</p> <p>Default values for <math>FFC_j</math>:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Waste type <math>j</math></th> <th><math>FFC_j</math> [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Paper/cardboard</td><td>5</td></tr> <tr><td>Textiles</td><td>50</td></tr> <tr><td>Food waste</td><td>-</td></tr> <tr><td>Wood</td><td>-</td></tr> <tr><td>Garden and Park waste</td><td>0</td></tr> <tr><td>Nappies</td><td>10</td></tr> <tr><td>Rubber and Leather</td><td>20</td></tr> <tr><td>Plastics</td><td>100</td></tr> <tr><td>Metal*</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Glass*</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Other, inert waste</td><td>100</td></tr> </tbody> </table> <p>*Metal and glass contain some carbon of fossil origin. Combustion of significant amounts of glass or metal is not common.</p>	Waste type $j$	$FFC_j$ [%]	Paper/cardboard	5	Textiles	50	Food waste	-	Wood	-	Garden and Park waste	0	Nappies	10	Rubber and Leather	20	Plastics	100	Metal*	NA	Glass*	NA	Other, inert waste	100	CDM approved consolidated baseline and monitoring methodology ACM0022 “Alternative waste treatment processes” (Version 02.0)
Waste type $j$	$FFC_j$ [%]																									
Paper/cardboard	5																									
Textiles	50																									
Food waste	-																									
Wood	-																									
Garden and Park waste	0																									
Nappies	10																									
Rubber and Leather	20																									
Plastics	100																									
Metal*	NA																									
Glass*	NA																									
Other, inert waste	100																									
$DC$	<p>Dry matter content of MSW [%]</p> <p>Before the validation of a proposed project, take at least one sample in each season (both rainy and dry) from MSW transported to a SWDS within the same municipality where the project facility is to be constructed, weigh each sample in wet and dry basis, calculate the fraction of dry matter content for each sample, and average the values obtained.</p>	Study conducted by the project participants																								
$EF_{N_2O}$	<p>Emission factor for <math>N_2O</math> associated with incineration [t<math>N_2O</math>/t waste]</p> <p>Select one of the following default values taking into consideration the situation of the project.</p> <p>Default values for <math>EF_{N_2O}</math>:</p>	CDM approved consolidated baseline and monitoring methodology ACM0022 “Alternative waste treatment																								

	Type of waste	Technology / Management practice	$EF_{N_2O}$ [tN <sub>2</sub> O/t waste wet basis]	processes” (Version 02.0) and Table 5.6, chapter 5, volume 5 of 2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories
	MSW	Continuous and semicontinuous incinerators	$1.21*50*10^{-6}$	
	MSW	Batch-type incinerators	$1.21*60*10^{-6}$	
$GWP_{N_2O}$	Global Warming Potential of nitrous oxide [tCO <sub>2</sub> e/tN <sub>2</sub> O] Default value: 298			Table 2.14, of the errata to the contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC
$NCV_{fuel}$	Net calorific value of fuel [GJ/kL or m <sup>3</sup> ] Decide from the specifications described on invoices or other commercial/contractual evidence.			Invoices or other commercial/contractual evidence
$EF_{CO_2, fuel}$	CO <sub>2</sub> emission factor of fuel [tCO <sub>2</sub> /GJ] Select a value for the fuel combusted by the project from the IPCC default values at the upper limit of the uncertainty at a 95% confidence interval.			Table 1.4, chapter 1, volume 2 of 2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories. Upper value is applied.



## JCM Proposed Methodology Spreadsheet Form (input sheet) [Attachment to Proposed Methodology Form]

Table 1: Parameters to be monitored *ex post*

(a) Monitoring point No.	(b) Parameters	(c) Description of data	(d) Estimated Values	(e) Units	(f) Monitoring option	(g) Source of data	(h) Measurement methods and procedures	(i) Monitoring frequency	(j) Other comments
(1)	$W_i$	Quantity of MSW fed into incinerator in the year $i$	see "PMS(input t ) (2)" sheet		Option C	Measuring apparatus	Amount of MSW to be incinerated is measured on wet basis by a measuring apparatus which is equipped to conveying equipment for the incinerator such as hopper, crane and conveyor. Measured continuously and aggregated annually for the year $i$ .	Continuously	input values in "PMS(input t ) (2)" sheet
-	$p_{start}$	The $N^{th}$ year from the first disposal (or incineration), which is the first year of the period $p$		-	Option C	monitored data	Count the number of the year ( $N^{th}$ year) from the first disposal (or incineration), which is the first year of the period $p$ .		
-	$p_{end}$	The $N^{th}$ year from the first disposal (or incineration), which is the last year of the period $p$		-	Option C	monitored data	Count the number of the year ( $N^{th}$ year) from the first disposal (or incineration), which is the last year of the period $p$ .		
(3)	$EG_{elec,p}$	Quantity of electricity generated by the project facility during the period $p$		MWh/p	Option B or C	Electricity meter	If all of the generated electricity by the project facility other than the electricity used for itself is sold and the project facility consumes only electricity generated by itself and/or purchased, the option B is applied and the invoice for the sold electricity is used. In other cases, the option C is applied and the quantity of electricity generated by the project facility is measured by the electricity meter. The meter is replaced or calibrated at an interval following the regulations in the country in which the meter is commonly used or according to the manufacturer's recommendation, unless a type approval, manufacturer's specification, or certification issued by an entity accredited under international/national standards for the electricity meter has been prepared.	Continuously	
(4)	$EC_p$	Quantity of electricity consumed by the project facility during the period $p$		MWh/p	Option B or C	Electricity meter	If all of the generated electricity by the project facility other than the electricity used for itself is sold and the project facility consumes only electricity generated by itself and/or purchased, the option B is applied and the invoice for the purchased electricity is used. In other cases, the option C is applied and the quantity of electricity consumed by the project facility is measured by the electricity meter. The meter is replaced or calibrated at an interval following the regulations in the country in which the meter is commonly used or according to the manufacturer's recommendation, unless a type approval, manufacturer's specification, or certification issued by an entity accredited under international/national standards for the electricity meter has been prepared.	Continuously	
(5)	$FC_{fuel,p}$	Quantity of fuel combusted during the period $p$		kL or $m^3/p$	Option C	Volume meters	The quantity of fuel combusted is measured by a flow meter. The meter is replaced or calibrated at an interval following the regulations in the country in which the meter is commonly used or according to the manufacturer's recommendation, unless a type approval, manufacturer's specification, or certification issued by an entity accredited under international/national standards for the flow meter has been prepared by the time of installation.	Continuously	

Table 2: Project-specific parameters to be fixed *ex ante*

(a) Parameters	(b) Description of data	(c) Estimated Values	(d) Units	(e) Source of data	(f) Other comments
MCF	Methane correction factor		Fraction	Select one of the followings taking into consideration the situation of the project. Estimate using the equation in the methodology or select the applicable value from the following: 1.0, 0.5, 0.8 or 0.4.	
$P_{paper}$	Fraction of the waste type "Paper/cardboard"		Weight fraction	Before the validation of a proposed project, take at least one sample in each season (both rainy and dry) from MSW transported to a SWDS within the same municipality where the project facility is to be constructed, weigh each waste fraction (measure on wet basis) taking into consideration of the waste type $j$ , as provided in the table for $FCC_j$ and $FFC_j$ , and average each waste fraction $j$ among the samples.	
$P_{textiles}$	Fraction of the waste type "Textiles"				
$P_{food}$	Fraction of the waste type "Food waste"				
$P_{wood}$	Fraction of the waste type "Wood"				
$P_{garden}$	Fraction of the waste type "Garden and park waste"				
$P_{nappies}$	Fraction of the waste type "Nappies"				
$P_{rubber}$	Fraction of the waste type "Rubber and leather"				
$P_{plastics}$	Fraction of the waste type "Plastics"				
$P_{metal}$	Fraction of the waste type "Metal"				
$P_{glass}$	Fraction of the waste type "Glass"				
$P_{other}$	Fraction of the waste type "Other, inert waste"				
$EF_{elec}$	Emission factor for electricity generation		$tCO_2e/MWh$	When the project facility displaces and consumes only grid electricity or captive electricity, the project participant applies the $CO_2$ emission factor respectively. When the project facility may displace and consume both grid electricity and captive electricity, the project participant applies the $CO_2$ emission factor with lower value. [CO <sub>2</sub> emission factor] For grid electricity: The most recent value available at the time of validation from "Emission Factors of Electricity Interconnection Systems", National Committee on Clean Development Mechanism (Indonesian DNA for CDM), based on data obtained by Directorate General of Electricity, Ministry of Energy and Mineral Resources, Indonesia, is applied unless otherwise instructed by the Joint Committee. For captive electricity: The most recent value available from CDM approved small scale methodology AMS-I.A at the time of validation is applied.	

DC	Dry matter content of MSW		%	Before the validation of a proposed project, take at least one sample in each season (both rainy and dry) from MSW transported to a SWDS within the same municipality where the project facility is to be constructed, weigh each sample in wet and dry basis, calculate the fraction of dry matter content for each sample, and average the values obtained.	
EF <sub>N2O</sub>	Emission factor for N <sub>2</sub> O associated with incineration		tN <sub>2</sub> O/t waste wet basis	Select one from the following default values taking into consideration the situation of the project. Default values for EF <sub>N2O</sub> : Type of waste/ Technology/Management practice/ EF <sub>N2O</sub> [tN <sub>2</sub> O/t waste wet basis] MSW/ Continuous and semicontinuous incinerators/ 1.21*50*10 <sup>-6</sup> MSW/ Batch-type incinerators/ 1.21*60*10 <sup>-6</sup>	
NCV <sub>fuel</sub>	Net calorific value of fuel		GJ/kL or m	Decide from the specifications described on invoices or other commercial/contractual evidence.	
EF <sub>CO2, fuel</sub>	CO <sub>2</sub> emission factor of fuel		tCO <sub>2</sub> /GJ	Select a value for the fuel combusted by the project from the IPCC default values at the upper limit of the uncertainty at a 95% confidence interval.	

**Table3: Ex-ante estimation of CO<sub>2</sub> emission reductions**

CO <sub>2</sub> emission reductions	Units
0	tCO <sub>2</sub> /p

**[Monitoring option]**

Option A	Based on public data which is measured by entities other than the project participants (Data used: publicly recognized data such as statistical data and specifications)
Option B	Based on the amount of transaction which is measured directly using measuring equipments (Data used: commercial evidence such as invoices)
Option C	Based on the actual measurement using measuring equipments (Data used: measured values)

**JCM Proposed Methodology Spreadsheet Form (Input Sheet) [Attachment to Proposed Methodology Form]****Table 1: Parameters to be monitored ex post**

(a)	Monitoring point No.	(1)
(b)	Parameters	$W_i$
(c)	Description of data	Quantity of MSW fed into incinerator in the year $i$
(e)	Units	t
(f)	Monitoring option	Option C
(g)	Source of data	Measuring apparatus
(h)	Measurement methods and procedures	Amount of MSW to be incinerated is measured on wet basis by a measuring apparatus which is equipped to conveying equipment for the incinerator such as hopper, crane and conveyor. Measured continuously and aggregated annually for the year $i$ .
(i)	Monitoring frequency	Continuously
(j)	Other comments	
(d)	Estimated Values	
	Year 1	
	Year 2	
	Year 3	
	Year 4	
	Year 5	
	Year 6	
	Year 7	
	Year 8	
	Year 9	
	Year 10	
	Year 11	
	Year 12	
	Year 13	
	Year 14	
	Year 15	
	Year 16	
	Year 17	
	Year 18	

## JCM Proposed Methodology Spreadsheet Form (Calculation Process Sheet)

[Attachment to Proposed Methodology Form]

1. Calculations for emission reductions	Fuel type	Value	Units	Parameter
Emission reductions during the period $p$		0.0	tCO <sub>2</sub> /p	ER <sub>p</sub>
<b>2. Selected default values, etc.</b>				
Methane correction factor		0	Fraction	MCF
Emission factor for N <sub>2</sub> O associated with incineration		0	tN <sub>2</sub> O/t waste wet basis	EF <sub>N2O</sub>
<b>3. Calculations for reference emissions</b>				
Reference emissions during the period $p$		0.0	tCO <sub>2</sub> /p	RE <sub>p</sub>
Reference emissions from decomposition of MSW at the SWDS during the period $p$	-	0.0	tCO <sub>2</sub> e/p	RE <sub>CH4,p</sub>
Reference emissions from electricity generation during the period $p$	Electricity	0.0	tCO <sub>2</sub> e/p	RE <sub>elec,p</sub>
<b>4. Calculations of the project emissions</b>				
Project emissions during the period $p$		0.0	tCO <sub>2</sub> /p	PE <sub>p</sub>
Project emissions of CO <sub>2</sub> from combustion of fossil carbon contained in waste associated with incineration during the period $p$	-	0.0	tCO <sub>2</sub> e/p	PE <sub>COM_CO2,p</sub>
Project emissions of N <sub>2</sub> O from combustion of waste associated with incineration during the period $p$	-	0.0	tCO <sub>2</sub> e/p	PE <sub>COM_N2O,p</sub>
Project emissions from electricity consumption by the project facility during the period $p$	Electricity	0.0	tCO <sub>2</sub> e/p	PE <sub>EC,p</sub>
Project emissions from auxiliary fossil fuel consumption associated with incineration during the period $p$	-	0.0	tCO <sub>2</sub> e/p	PE <sub>FC,p</sub>

[List of Default Values]

Default values for calculating  $RE_{CH_4,p}$  other than  $DOC_j$  and  $k_j$

Description	Value	Units	Parameter
Model correction factor to account for model uncertainties	0.80	-	$\phi$
Fraction of methane captured at the SWDS and flared, combusted or used in another manner that prevents the emissions of methane to the atmosphere	0	-	f
Global Warming Potential of methane	25	tCO <sub>2</sub> e/tCH <sub>4</sub>	GWP <sub>CH<sub>4</sub></sub>
Oxidation factor	0.1	-	OX
Fraction of methane in the SWDS gas (volume fraction)	0.5	volume fraction	F
Fraction of degradable organic carbon (DOC) that decomposes under the specific conditions occurring in the SWDS	0.5	weight fraction	DOC <sub>f</sub>

Fraction of degradable organic carbon in the waste type  $j$

Waste type $j$	DOC <sub><math>j</math></sub>	Units
Wood and wood products	43	% wet waste
Pulp, paper and cardboard (other than sludge)	40	% wet waste
Food, food waste, beverages and tobacco (other than sludge)	15	% wet waste
Textiles	24	% wet waste
Garden, yard and park waste	20	% wet waste
Nappies	24	% wet waste
Glass, plastic, metal, other inert waste	0	% wet waste
Sludge	5	% wet waste

Decay rate for the waste type  $j$

Waste type $j$	$k_j$	Units
Slowly degrading: Pulp, paper, cardboard (other than sludge), textiles	0.07	1/yr
Slowly degrading: Wood, wood products and straw	0.035	1/yr
Moderately degrading: Other (nonfood) organic putrescible garden and park waste	0.17	1/yr
Rapidly degrading: Food, food waste, sewage sludge, beverages and tobacco	0.4	1/yr

Fraction of total carbon content in waste type  $j$

Waste type $j$	FCC <sub><math>j</math></sub>	Units
Paper/cardboard	50	% dry waste
Textiles	50	% dry waste
Food waste	50	% dry waste
Wood	54	% dry waste
Garden and Park waste	55	% dry waste
Nappies	90	% dry waste
Rubber and Leather	67	% dry waste
Plastics	85	% dry waste

Metal*	NA	% dry waste
Glass*	NA	% dry waste
Other, inert waste	5	% dry waste

Fraction of fossil carbon in total carbon content of waste type *j*

Waste type <i>j</i>	FFC <sub><i>j</i></sub>	Units
Paper/cardboard	5	%
Textiles	50	%
Food waste	-	%
Wood	-	%
Garden and Park waste	0	%
Nappies	10	%
Rubber and Leather	20	%
Plastics	100	%
Metal*	NA	%
Glass*	NA	%
Other, inert waste	100	%

Default values for calculating project emissions

Description	Value	Units	Parameter
Combustion efficiency of incinerator (fraction)	1	-	EFF <sub>COM</sub>
Global Warming Potential of nitrous oxide	298	tCO <sub>2</sub> e/tN <sub>2</sub> O	GWP <sub>N2O</sub>

Default values for emission factor for N<sub>2</sub>O associated with incineration

Waste / Technology/Management practice	EF <sub>N2O</sub>	Units
MSW/ Continuous and semicontinuous incinerators	6.05E-05	tN <sub>2</sub> O/t waste wet basis
MSW/ Batch-type incinerators	7.26E-05	tN <sub>2</sub> O/t waste wet basis

JCM Proposed Methodology Spreadsheet Form (Calculation Process Sheet)

[Attachment to Proposed Methodology Form]

2. Selected default values, etc.											
j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Paper/cardboard	Textiles	Nappies	Wood	Garden and park waste	Food waste	Glass	Plastics	Rubber and leather	Metal	Other, inert waste
p <sub>j</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DC	0.0%										
DOC <sub>j</sub>	40%	24%	24%	43%	20%	15%	0%	0%	0%	0%	0%
k <sub>j</sub>	0.07	0.07	0.07	0.035	0.17	0.4					
FCC <sub>j</sub>	50%	50%	90%	54%	55%	50%	0%	85%	67%	0%	5%
FFC <sub>j</sub>	5%	50%	10%	0%	0%	0%	0%	100%	20%	0%	100%

3. Calculations for reference emissions

Weight											
	Paper/cardboard	Textiles	Nappies	Wood	Garden and park waste	Food waste	Glass	Plastics	Rubber and leather	Metal	Other, inert waste
Total (Dry basis)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

## DOC

	Slowly degrading: Pulp, paper, cardboard (other than sludge), textiles	Slowly degrading: Wood, wood products and straw	Moderately degrading: Other (nonfood) organic putrescible garden and park waste	Rapidly degrading: Food, food waste, sewage sludge, beverages and tobacco
Year 1	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 2	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 3	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 4	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 5	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 6	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 7	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 8	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 9	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 10	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 11	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 12	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 13	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 14	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 15	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 16	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 17	0.0	0.0	0.0	0.0
Year 18	0.0	0.0	0.0	0.0



Decayed DOC

							y	
	Slowly degrading: Pulp, paper, cardboard (other than sludge), textiles	Slowly degrading: Wood, wood products and straw	Moderately degrading: Other (nonfood) organic putrescible garden and park waste	Rapidly degrading: Food, food waste, sewage sludge, beverages and tobacco	Subtotal	Total	The N <sup>th</sup> year from the first disposal (or incineration), extending from the first year of the period <i>p</i> ( <i>y=p_start</i> ) to the last year of the period <i>p</i> ( <i>y=p_end</i> )	Total for the monitoring period
Year 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0
Year 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	
Year 3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	
Year 4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	
Year 5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	
Year 6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	
Year 7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	
Year 8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	
Year 9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	
Year 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	
Year 11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	
Year 12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	
Year 13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	
Year 14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	
Year 15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	
Year 16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	
Year 17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	
Year 18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0	

JCM Proposed Methodology Spreadsheet Form (Calculation Process Sheet)

[Attachment to Proposed Methodology Form]

**Slowly degrading: Pulp, paper, cardboard (other than sludge), textiles**

	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Year 11	Year 12	Year 13	Year 14	Year 15	Year 16	Year 17	Year 18	
Year 1		0.0676	0.0630	0.0588	0.0548	0.0511	0.0476	0.0444	0.0414	0.0386	0.0360	0.0336	0.0313	0.0292	0.0272	0.0254	0.0237	0.0221	
Year 2			0.0676	0.0630	0.0588	0.0548	0.0511	0.0476	0.0444	0.0414	0.0386	0.0360	0.0336	0.0313	0.0292	0.0272	0.0254	0.0237	
Year 3				0.0676	0.0630	0.0588	0.0548	0.0511	0.0476	0.0444	0.0414	0.0386	0.0360	0.0336	0.0313	0.0292	0.0272	0.0254	
Year 4					0.0676	0.0630	0.0588	0.0548	0.0511	0.0476	0.0444	0.0414	0.0386	0.0360	0.0336	0.0313	0.0292	0.0272	
Year 5						0.0676	0.0630	0.0588	0.0548	0.0511	0.0476	0.0444	0.0414	0.0386	0.0360	0.0336	0.0313	0.0292	
Year 6							0.0676	0.0630	0.0588	0.0548	0.0511	0.0476	0.0444	0.0414	0.0386	0.0360	0.0336	0.0313	
Year 7								0.0676	0.0630	0.0588	0.0548	0.0511	0.0476	0.0444	0.0414	0.0386	0.0360	0.0336	
Year 8									0.0676	0.0630	0.0588	0.0548	0.0511	0.0476	0.0444	0.0414	0.0386	0.0360	
Year 9										0.0676	0.0630	0.0588	0.0548	0.0511	0.0476	0.0444	0.0414	0.0386	
Year 10											0.0676	0.0630	0.0588	0.0548	0.0511	0.0476	0.0444	0.0414	
Year 11												0.0676	0.0630	0.0588	0.0548	0.0511	0.0476	0.0444	
Year 12													0.0676	0.0630	0.0588	0.0548	0.0511	0.0476	
Year 13														0.0676	0.0630	0.0588	0.0548	0.0511	
Year 14															0.0676	0.0630	0.0588	0.0548	
Year 15																0.0676	0.0630	0.0588	
Year 16																	0.0676	0.0630	
Year 17																		0.0676	
Year 18																			0.0676

**Slowly degrading: Wood, wood products and straw**

	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Year 11	Year 12	Year 13	Year 14	Year 15	Year 16	Year 17	Year 18	
Year 1		0.0344	0.0332	0.0321	0.0310	0.0299	0.0289	0.0279	0.0269	0.0260	0.0251	0.0242	0.0234	0.0226	0.0218	0.0211	0.0203	0.0196	
Year 2			0.0344	0.0332	0.0321	0.0310	0.0299	0.0289	0.0279	0.0269	0.0260	0.0251	0.0242	0.0234	0.0226	0.0218	0.0211	0.0203	
Year 3				0.0344	0.0332	0.0321	0.0310	0.0299	0.0289	0.0279	0.0269	0.0260	0.0251	0.0242	0.0234	0.0226	0.0218	0.0211	
Year 4					0.0344	0.0332	0.0321	0.0310	0.0299	0.0289	0.0279	0.0269	0.0260	0.0251	0.0242	0.0234	0.0226	0.0218	
Year 5						0.0344	0.0332	0.0321	0.0310	0.0299	0.0289	0.0279	0.0269	0.0260	0.0251	0.0242	0.0234	0.0226	
Year 6							0.0344	0.0332	0.0321	0.0310	0.0299	0.0289	0.0279	0.0269	0.0260	0.0251	0.0242	0.0234	
Year 7								0.0344	0.0332	0.0321	0.0310	0.0299	0.0289	0.0279	0.0269	0.0260	0.0251	0.0242	
Year 8									0.0344	0.0332	0.0321	0.0310	0.0299	0.0289	0.0279	0.0269	0.0260	0.0251	
Year 9										0.0344	0.0332	0.0321	0.0310	0.0299	0.0289	0.0279	0.0269	0.0260	
Year 10											0.0344	0.0332	0.0321	0.0310	0.0299	0.0289	0.0279	0.0269	
Year 11												0.0344	0.0332	0.0321	0.0310	0.0299	0.0289	0.0279	
Year 12													0.0344	0.0332	0.0321	0.0310	0.0299	0.0289	
Year 13														0.0344	0.0332	0.0321	0.0310	0.0299	
Year 14															0.0344	0.0332	0.0321	0.0310	
Year 15																0.0344	0.0332	0.0321	
Year 16																	0.0344	0.0332	
Year 17																		0.0344	
Year 18																			0.0344

**Moderately degrading: Other (nonfood) organic putrescible garden and park waste**

	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Year 11	Year 12	Year 13	Year 14	Year 15	Year 16	Year 17	Year 18
Year 1		0.1563	0.1319	0.1113	0.0939	0.0792	0.0668	0.0564	0.0476	0.0401	0.0339	0.0286	0.0241	0.0203	0.0172	0.0145	0.0122	0.0103
Year 2			0.1563	0.1319	0.1113	0.0939	0.0792	0.0668	0.0564	0.0476	0.0401	0.0339	0.0286	0.0241	0.0203	0.0172	0.0145	0.0122
Year 3				0.1563	0.1319	0.1113	0.0939	0.0792	0.0668	0.0564	0.0476	0.0401	0.0339	0.0286	0.0241	0.0203	0.0172	0.0145
Year 4					0.1563	0.1319	0.1113	0.0939	0.0792	0.0668	0.0564	0.0476	0.0401	0.0339	0.0286	0.0241	0.0203	0.0172
Year 5						0.1563	0.1319	0.1113	0.0939	0.0792	0.0668	0.0564	0.0476	0.0401	0.0339	0.0286	0.0241	0.0203
Year 6							0.1563	0.1319	0.1113	0.0939	0.0792	0.0668	0.0564	0.0476	0.0401	0.0339	0.0286	0.0241
Year 7								0.1563	0.1319	0.1113	0.0939	0.0792	0.0668	0.0564	0.0476	0.0401	0.0339	0.0286
Year 8									0.1563	0.1319	0.1113	0.0939	0.0792	0.0668	0.0564	0.0476	0.0401	0.0339
Year 9										0.1563	0.1319	0.1113	0.0939	0.0792	0.0668	0.0564	0.0476	0.0401
Year 10											0.1563	0.1319	0.1113	0.0939	0.0792	0.0668	0.0564	0.0476
Year 11												0.1563	0.1319	0.1113	0.0939	0.0792	0.0668	0.0564
Year 12													0.1563	0.1319	0.1113	0.0939	0.0792	0.0668
Year 13														0.1563	0.1319	0.1113	0.0939	0.0792
Year 14															0.1563	0.1319	0.1113	0.0939
Year 15																0.1563	0.1319	0.1113
Year 16																	0.1563	0.1319
Year 17																		0.1563
Year 18																		

**Rapidly degrading: Food, food waste, sewage sludge, beverages and tobacco**

	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Year 11	Year 12	Year 13	Year 14	Year 15	Year 16	Year 17	Year 18
Year 1		0.3297	0.2210	0.1481	0.0993	0.0666	0.0446	0.0299	0.0200	0.0134	0.0090	0.0060	0.0040	0.0027	0.0018	0.0012	0.0008	0.0005
Year 2			0.3297	0.2210	0.1481	0.0993	0.0666	0.0446	0.0299	0.0200	0.0134	0.0090	0.0060	0.0040	0.0027	0.0018	0.0012	0.0008
Year 3				0.3297	0.2210	0.1481	0.0993	0.0666	0.0446	0.0299	0.0200	0.0134	0.0090	0.0060	0.0040	0.0027	0.0018	0.0012
Year 4					0.3297	0.2210	0.1481	0.0993	0.0666	0.0446	0.0299	0.0200	0.0134	0.0090	0.0060	0.0040	0.0027	0.0018
Year 5						0.3297	0.2210	0.1481	0.0993	0.0666	0.0446	0.0299	0.0200	0.0134	0.0090	0.0060	0.0040	0.0027
Year 6							0.3297	0.2210	0.1481	0.0993	0.0666	0.0446	0.0299	0.0200	0.0134	0.0090	0.0060	0.0040
Year 7								0.3297	0.2210	0.1481	0.0993	0.0666	0.0446	0.0299	0.0200	0.0134	0.0090	0.0060
Year 8									0.3297	0.2210	0.1481	0.0993	0.0666	0.0446	0.0299	0.0200	0.0134	0.0090
Year 9										0.3297	0.2210	0.1481	0.0993	0.0666	0.0446	0.0299	0.0200	0.0134
Year 10											0.3297	0.2210	0.1481	0.0993	0.0666	0.0446	0.0299	0.0200
Year 11												0.3297	0.2210	0.1481	0.0993	0.0666	0.0446	0.0299
Year 12													0.3297	0.2210	0.1481	0.0993	0.0666	0.0446
Year 13														0.3297	0.2210	0.1481	0.0993	0.0666
Year 14															0.3297	0.2210	0.1481	0.0993
Year 15																0.3297	0.2210	0.1481
Year 16																	0.3297	0.2210
Year 17																		0.3297
Year 18																		

## 第 10 章 今後の課題と結論

本調査では、低炭素社会実現のための都市間連携に基づく JCM 案件形成可能性調査事業として、そのノウハウを有する東京二十三区清掃一部事務組合と連携し、インドネシア共和国バリ州サルバギタ広域における都市ごみを対象に適正な廃棄物処理を提案し、循環型社会の実現へ向け、その事業性を評価した。以下に今後の課題と結論を示す。

### 10.1 今後の課題

#### 1) PLN との売電契約

第 8 章にて検討を実施したとおり、売電価格の変動は SPC の収支に非常に大きな影響を与える。第 8 章の経済評価では、インドネシア国の固定価格買取制度に関する法令（エネルギー鉱物資源省令 44 号）で規定されている売電価格（USDC18.77/kwh）で試算したところ、経済指標の数値は良好な結果であった。しかしながら、現状 SPC と PLN の間の売電期間は交渉によって決定されており、法令で規定されている売電価格でさえ、相対交渉によって決定されているのが実情である。その為、固定価格買取制度の契約手続きに関する制度の明確化が案件の実現にあたっての今後の課題である。また、PLN の買取拒否の背景として現状インドネシアでは、電気事業による再生可能エネルギー調達に関する財政補助に関する特別法がなく、PLN に再生可能エネルギー購買に関するインセンティブがない事も廃棄物発電が普及しない原因の一つとなっている。

#### 2) 大統領令 18 号に変わる新たな法令の制定

本 FS の調査開始後、廃棄物の熱処理を義務付ける大統領令 18 号がインドネシア国の最高裁の判決により棄却されるという事態が発生した。海洋調整府に聴取したところ、現在、同国の環境林業省、海洋調整府を中心に廃棄物の熱処理を義務付ける法令を再度整備すべく協議を実施しているとの事である。また現行の大統領令 18 号の問題点としては以下が指摘出来る。

(ア) 熱処理の定義が不透明（対象技術の選定が困難）

(イ) 導入の主体が自治体であるが、自治体に廃棄物の熱処理に関する知見なし

(ウ) 選定のプロセスについての言及はなし

デンパサール市のみならず、インドネシア国における廃棄物発電案件実現の為には、廃棄物の熱処理に関するより詳細な法令の制定および廃棄物発電設備導入についてのガイドラインの制定が必要不可欠である。

#### 3) 処理費用に関する財政補助制度の制定

第 8 章にてインドネシア国の PPP 案件についての財政補助制度である VGF の適応がなされた場合の経済評価を実施した。VGF や我が国の JCM 設備補助制度を活用した場合、SPC の収支を大きく改善すると同時に、自治体が負担する処理費用を大きく低減する事

が可能である。しかしながら、インドネシア国の PPP 案件にて VGF が適応された事例は数少なく、適応可否については不透明な部分が多いのが実情である。その為、自治体が負担する処理費用への直接的な財政補助制度の制定が、案件形成に大きく寄与すると思われる。

## 10.2 結論

本 FS 開始時の周辺環境においてはデンパサール市における廃棄物発電事業は十分実現可能であり、我が国の優れた廃棄物発電の活用余地が大きいという結論に至った。また本案件は 25 年間の事業契約を想定している事から、都市ごみを安定的に処理するという観点からも、導入対象技術としては、ストーカー式焼却炉が望ましい。しかしながら、前項に記載した通り、調査開始後の「廃棄物の熱処理」および「固定価格買取制度」についての、重大な法令改正の影響により我が国の技術の適応を目指した、事業の実現性が危ぶまれる状況にある。こうした状況を打破する為には、官民一体による尼国における固定価格買取制度、廃棄熱処理に関する法令およびガイドラインの制定等、戦略的な活動展開が必要であると考えられる。