

平成 26 年度

我が国循環産業海外展開事業化促進業務

インドネシア国スラバヤ市における  
都市ごみの廃棄物発電事業

報告書

平成 27 年 3 月

日立造船株式会社



# 目次

第1章 事業の概要	1
1.1 目的と背景	1
1.2 海外展開計画案	2
1.3 適用技術	3
1.4 調査事業の内容	3
1.5 調査体制およびスケジュール	6
第2章 対象地域における現状調査	8
2.1 スラバヤ市における廃棄物処理計画	8
2.1.1 廃棄物管理体制および関連諸制度の状況	8
2.1.2 スラバヤ市における都市ごみ発生量推移	9
2.1.3 スラバヤ市における都市ごみ処理の全体フロー	12
2.2 インドネシアにおける電力事業の現状	14
2.2.1 インドネシアのエネルギー政策	14
2.2.2 電力関連の法律	15
2.2.3 電力事業体制	16
2.2.4 インドネシアにおける固形廃棄物発電事業への支援制度	19
2.3 投資許認可制度	20
2.3.1 投資許認可制度に関する概要	20
2.3.2 スラバヤ市における投資認可の手続き	25
2.4 環境規制	29
2.4.1 廃棄物発電に適用される環境基準	29
2.4.2 環境影響評価	32
2.5 環境規制値（その他の公害防止条件）	34
2.5.1 騒音基準	34
2.5.2 振動基準	34
2.5.3 排水基準	36
2.5.4 臭気基準（大気環境中有害物質）	38
2.6 地球温暖化対策の現状	38
2.7 現地での機器調達および工事の実施能力	39
第3章 廃棄物の組成・性状等調査	40
3.1 方法	40
3.1.1 調査対象ごみの選定	40
3.1.2 実施体制	41
3.1.3 スケジュール	41
3.1.4 サンプルング方法及び組成・性状分析方法	42
3.2 組成・性状分析結果および考察	48
3.3 処分場におけるごみ収集トラックの展開チェック	49
第4章 廃棄物発電の見積・設計	51

4. 1	廃棄物発電施設の基本計画	51
4. 1. 1	廃棄物発電施設で処理するごみの種類・性状	51
4. 1. 2	廃棄物焼却発電施設の計画概要	52
4. 2	建設工事内容	53
4. 2. 1	建設工事範囲	53
4. 2. 2	建設工期	54
4. 2. 3	燃焼条件	54
4. 3	廃棄物発電施設の技術仕様	55
4. 3. 1	フローシート	55
4. 3. 2	物質収支	55
4. 3. 3	機器配置図	55
4. 4	建設費の試算	56
4. 5	運転・維持管理費の試算	56
4. 6	発電量・売電量の試算	56
第5章	現地政府・企業等との連携構築および行政施策の提案	67
5. 1	現地政府・企業等との連携構築	67
5. 2	廃棄物処理施設整備に関する財政的支援制度の提案	68
5. 2. 1	日本政府からの支援	68
5. 2. 2	日本における再生可能エネルギー（特に廃棄物発電）の優遇政策	69
5. 2. 3	インドネシアにおける再生可能エネルギー（特に廃棄物発電）の優遇政策	70
5. 3	スラバヤ市の廃棄物行政への施策に関する提案	71
5. 3. 1	北九州市とスラバヤ市との協力関係	71
5. 3. 2	廃棄物発電を促進するための提案	73
第6章	現地合同ワークショップの開催	74
6. 1	ワークショップ実施概要	74
6. 2	成果まとめ	74
第7章	実現可能性の評価	77
7. 1	事業採算性の評価	77
7. 2	環境負荷軽減効果の評価	80
7. 3	社会的受容性の評価	83
第8章	結論	84
8-1	調査のまとめ	84
8. 2	今後のアクション	84
8. 3	まとめにかえて	84
添付資料1	第1回調査 ヒアリング議事録	86
添付資料2	第2回調査 プノウォ最終処分場における展開チェック・メモ	104
添付資料3	JCM提案方法論	109





# 第1章 事業の概要

## 1.1 目的と背景

本事業は、インドネシア国東ジャワ州スラバヤ市の都市ごみを対象とし、その適正処理および有効利用の促進を目的としたものである。スラバヤ市での都市ごみ発生量は日量約1,500t程度である。同市においては、一部地域ではあるが有機ごみの排出源での分別および様々な規模での堆肥化処理が行われている。しかしながら、処理の主流は最終処分場での埋立処理であり、破碎、選別、焼却といった最終処分量の削減および廃棄物の有効利用を目的とした中間処理は行われていない。また、現在供用されている最終処分場は管理されたものとは言えず、浸出水による周辺環境の汚染が危惧される状況にある。さらに、容量的にも限界に近づきつつあり、抜本的な対策が必要な状況となっている。

そこで、スラバヤ市近郊に廃棄物焼却プラントを建設し、市内より集められた都市ごみを焼却処理し、最終処分量の10分の1以下への削減効果を図るとともに、熱回収を行って発電に用い、発電量から自家消費を除いた電力を外部（系統）に供給する。また本廃棄物発電事業により、浸出水など周辺への環境影響の低減、および温室効果ガス(GHG)排出量の削減効果が見込まれる。

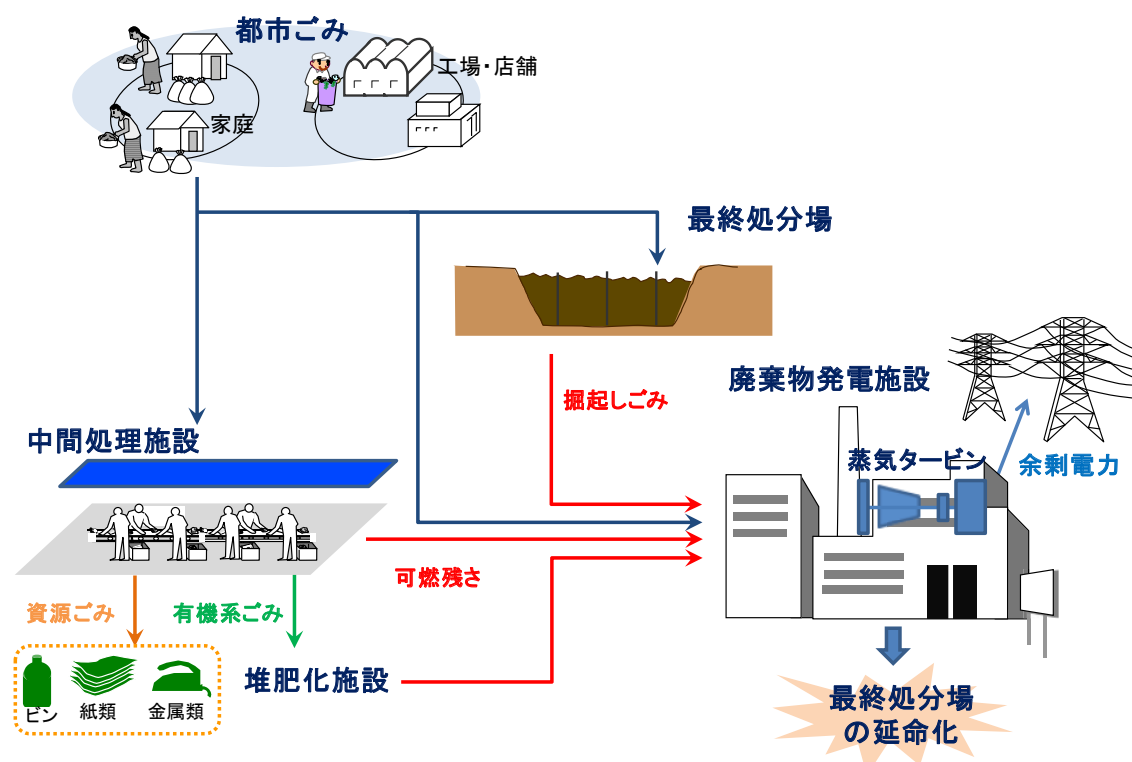


図1 処理フローのイメージ図

本年度調査事業に至る背景としては、日立造船は、H25年度アジアの低炭素社会実現のためのJCM大規模案件形成可能性調査事業において、公益財団法人地球環境戦略研究機関の取りまとめによって実施された「インドネシア国スラバヤ市における低炭素都市計画策

定のための技術協力事業」に参画し、廃棄物分野の焼却発電を担当した。同じく廃棄物分野担当として西原商事およびNTTデータ経営研究所がオブザーバ参加しており、西原商事は北九州市の支援の基に JICA の資金を活用して中間処理施設である「スーパーデポ」を建設し、運営を行ってきた実績がある。さらに、スーパーデポで選別した有機ごみの有効活用として堆肥化施設が建設され、2015 年より稼働を開始する。なお、スーパーデポは 2014 年 9 月にスラバヤ市に譲渡され、現在は市の施設として運用がされている。

また、上記調査において、スーパーデポでのごみ質分析を実施した。この結果、選別残さおよび堆肥化残さは比較的高い発熱量を持っており、選別を行っていない都市ごみとの混合によって 500t/日程度の規模の廃棄物発電事業を実施することが可能であるとの結論を得た。なお、スーパーデポの大規模化もしくは複数拠点の整備が実現するまでの期間については、高い発熱量のごみとして期待できる、最終処分場の掘起こしごみの利用可能性についても着目する。

スラバヤ市の都市ごみ処置事業権を獲得し、最終処分場での埋立処理を行っている PT Sumber Organik (PTSO、スンバオーガニック社) からは、廃棄物発電の事業性調査事業への参画、事業化段階での協業について前向きな姿勢を確認し、協議を行っている。

## 1. 2 海外展開計画案

海外展開計画案としては、日立造船とスンバオーガニック社による共同事業を想定している。スンバオーガニック社は、スラバヤ市からブノウォ最終処分場の運営を受託しているが、その契約の中で、廃棄物のエネルギー面での有効利用が義務付けられていることから、将来的には廃棄物発電を含む事業展開を検討している。下図に、提案する事業体制を示す。日立造船が中心となって設立する特別目的会社が、スンバオーガニック社との共同事業契約を基に実施するものである。

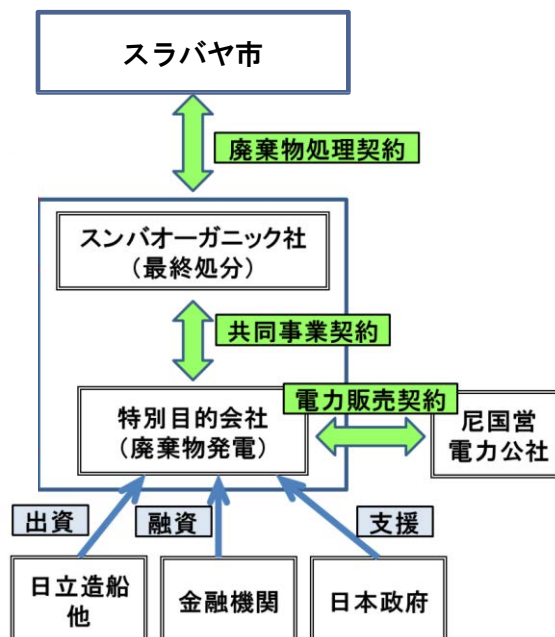


図 2 事業体制



日立造船は、単にプラントを販売するだけでなく、特別目的会社などを通して出資し、廃棄物発電事業に参画していくことを想定している。廃棄物発電施設を適切に運営、維持管理していくには、高度なノウハウが必要である。日立造船が培ってきた管理・運営実績を活用することで、安定した廃棄物処理および発電を長期にわたり行うことができる。このことから、プラント販売だけでなく、廃棄物処理および発電事業に参画することが望ましい。

本調査事業を通じた検討に基づき、初期投資としては、60 億円（廃棄物発電施設規模：600t/日）を想定する。収入を廃棄物処理委託費 1200 円/トン、売電単価 14.5 円/kWh とすると、IRR は 10%を上回るレベルと試算された。事業性に関する検討結果は、7 章 1 項において詳述する。

### 1. 3 適用技術

一般ごみを対象としたエネルギー回収方式である廃棄物発電には、焼却方式およびガス化溶融方式が挙げられる。スラバヤでは、焼却灰の有効利用が必須ではなく、初期投資および運転維持費用をできるだけ抑える必要があることから、焼却灰の溶融処理を行わない焼却方式を用いることとする。

焼却方式で用いる代表的な炉には、流動床炉、キルン炉およびストーカ炉がある。流動床式は、炉への投入前に破碎による大きさの均一化が必要であり、破碎機への金属類・大塊物のかみこみを考慮すると、排出源での分別が行われていない場合には安定稼働に懸念がある。キルン炉は固体、液体等の様々なものが対象となる産業廃棄物には適しているが、燃焼効率が他と比べると低いために発電効率が上げられず、焼却灰に未燃分が残りやすいとの懸念がある。一方、ストーカ炉は都市ごみ焼却炉で最も実績がある成熟した技術であり、低位発熱量が 1,200kcal/kg 程度の低カロリーごみから 3,500kcal/kg 程度の高カロリーごみまで対応可能であり、さらに 1 炉あたり 1,000 トン/日規模までの大型化も可能である。以上より、今回の検討では、初期投資費用および安定稼働による発電収入の確保の観点から、ストーカ炉の採用による検討を行うこととする。

### 1. 4 調査事業の内容

平成 26 年度は、スラバヤ市における都市ごみを対象とした廃棄物発電事業の実現可能性調査を行った。調査項目を、以下に示す。

- ① 海外展開計画案の策定および見直し（1 章）
- ② 対象地域における現状調査（2 章）
- ③ 廃棄物の組成・性状調査（3 章）
- ④ 廃棄物発電施設の見積・設計（4 章）
- ⑤ 現地政府・企業等との連携構築および行政施策の提案（5 章）
- ⑥ 現地関係者合同ワークショップの開催（6 章）
- ⑦ 実現可能性の評価（7 章、8 章）

#### ①「海外展開計画案の策定および見直し」

インドネシア国スラバヤ市の都市ごみを対象とした廃棄物発電事業について、導入規模を仮に設定した上で、事業計画案を作成した。事業計画案には、事業規模、事業運営計画、事業展開スキーム、事業実施体制、事業化スケジュール案等を含める。本調査に基づき、当初策定の海外展開計画案のレビューを行い、1章にまとめた。

#### ②「対象地域における現状調査」

具体的には、以下の内容についてのヒアリング調査および文献調査を行った。

➤ スラバヤ市における、都市ごみの発生から最終処分に至るフローの把握 都市ごみの発生量、収集量、各施設での処理量、物質収支について、スラバヤ市美化局へのヒアリング等により現時点でのフローをまとめた。
➤ 廃棄物の管理に関する法規制等 廃棄物処理に関する法律や国家計画等、公害防止規制、環境モニタリングや環境アセスメントについて、文献調査を行うとともに、廃棄物行政を管轄する環境省および公共事業省にヒアリングを行った。
➤ 電力事情 電力の需給および課題、卸電力業者の活動状況等、廃棄物発電によって得られる電力の扱いに関し、文献調査を行うとともに、電力行政を管轄するエネルギー・鉱物資源省へのヒアリングを行った。
➤ 地球温暖化対策 温暖化対策および再生可能エネルギー導入の現状と課題について、我が国との2国間クレジットの進捗状況を含めて、文献およびヒアリングによる調査を行った。
➤ 現地での機器調達および工事の実施能力 プラント建設に必要な機器および機材の調達は、可能な限り現地で行うことが望ましいため、品質およびコストの調査を、既に現地に進出している日系企業へのヒアリングを通じて行った。

#### ③ 廃棄物の組成・性状調査

現地で発生する廃棄物の具体的な性状等を把握するため、ごみの組成・性状調査を実施した。最終処分場への搬入ごみ、及びスーパーデポの残さについて、乾季と雨季の計二回のサンプリング及び分析を行った。

#### ④「廃棄物発電の見積・設計」

①の事業計画、③のごみ組成・性状にもとづき、廃棄物発電施設の見積・設計を行った。

#### ⑤「現地政府・企業等との連携構築および行政施策の提案」

事業展開の上で関係してくる現地政府機関としては、中央政府の公共事業省、環境省及びエネルギー・鉱業資源省、東ジャワ州の人間居住総局及びスラバヤ市の開発企画局、美化局があり、特にスラバヤ市については最も連携の必要な機関となるため、これまで北九州

市が構築してきた良好な関係及び現在進行中の種々の支援業務との区分けを明確にし、調査を進めることとした。また、現在、スラバヤ市の都市ごみの最終処分業務を委託されている現地企業とも協力して調査を実施する体制を構築するものとする。

また、事業の実現可能性を高めるための課題等を整理し、実現可能性を改善させることにつながる現地の行政施策（分別収集の制度、廃棄物譲渡価格への介入、施設整備への補助金等）や課題解決策について検討し、提案をまとめた。

⑥「現地関係者合同ワークショップ」

現地関係者合同ワークショップは、2015年3月30日にスラバヤ市において実施した。現地関係者との情報の共有化を図り、現地の状況に基づいた、現地側の受入れ可能性の高い廃棄物発電事業とすることを目的とした。

⑦「実現可能性の評価」

具体的には、以下の項目についての評価を行った。

<p>➤ 事業採算性</p> <p>事業性の評価については、官民連携による BOT (Build Operate Transfer) 方式による事業を想定して実施した。なお、事業実施段階においては、本事業に特化した企業 (SPC) が事業会社となり、公共側と事業契約を締結することを想定する。この契約に基づき事業期間を通して、公共側はごみを搬入する責務を負うとともに、事業会社は同契約に基づきごみ処理施設の建設・運転維持管理を受託することを想定する。</p> <p>事業会社の収入は、スラバヤ市から受取るごみ処理費 (T/F : tipping fee) 及び廃棄物発電による電力の販売費である。支出はごみ処理施設の運転にかかる人件費、用役費、維持管理費、初期投資に充当される資金調達にかかる費用などが主な項目となる。</p> <p>これらの各項目に対するデータを、上記の各調査及び概算見積りを通じて取得し、事業を計画する上で必要となる収支を試算する。ここで、事業採算性の評価基準は IRR とする。</p>
<p>➤ 環境負荷低減効果</p> <p>当事業を実施することによって想定されるに環境面への影響としては、温室効果ガス発生抑制及び最終処分量削減に関して、ごみ質分析結果等を基に発生抑制効果を数値化した。</p>
<p>➤ 社会的受容性</p> <p>社会的受容性については、株式会社国際協力銀行 (JBIC) の「環境社会配慮確認のための国際協力銀行ガイドライン」のチェックリストを基に、本調査の影響を受けると想定される項目について、その理由及び対応策を整理した。</p> <p>また、スラバヤ市では、過去に欧州からの技術導入によって建設した焼却炉が、発熱量不足及び排ガスの問題に対する周辺住民からの反対によって頓挫した経験があるため、本調査を通じて中央政府、地方政府及び民間企業といった各階層に対して、我が国の状況説明を丁寧に行い、これによって実現可能性を高めることを想定する。</p>
<p>➤ 実現可能性の評価</p> <p>現地調査、合同ワークショップ、事業採算性の評価等を通じて得られた本事業の実</p>

現可能性について考察する。事業採算性を決定する売電収入、及び焼却処理に対する受容性を基に評価を行う。

### 1. 5 調査体制およびスケジュール

本調査の実施体制としては、事業者たる日立造船が海外展開計画の策定および実現可能性の評価を担当し、かつ全体統括として指揮管理を行った。NTT データ経営研究所は、廃棄物の組成調査等の対象地域の現状調査、および現地ワークショップを含めた現地各機関との調整、調査のとりまとめなどを行い、日立造船との共同体制とした。

スラバヤ市への提案に際しては、市と環境姉妹都市関係にある北九州市が支援を行った。また、北九州市環境整備協会はごみ質分析の指導を担当し、現地調査においては、スラバヤ市で都市ごみの分別処理事業に取り組む西原商事からの協力を得て、調査を実施した。



図 3 調査の実施体制

本調査は2014年9月に着手し、現地調査は2015年2月までに計5回実施した。2015年3月には現地関係者合同ワークショップを開催した。

調査項目	2014				2015		
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
① 海外展開計画案の策定および見直し(1章)	■						
② 対象地域における現状調査(2章)	1回、2回	3回	4回			5回	
③ 廃棄物の組成・性状調査(3章)	乾季調査	分析実験	雨季調査				
④ 廃棄物発電施設の見積・設計(4章)				■			
⑤ 現地政府・企業等との連携構築および行政施策の提案(5章)	■						
⑥ 現地関係者合同ワークショップの開催(6章)							3月30日開催
⑦ 実現可能性の評価(7章、8章)				■			

図 4 調査スケジュール

## 第2章 対象地域における現状調査

### 2. 1 スラバヤ市における廃棄物処理計画

#### 2.1.1 廃棄物管理体制および関連諸制度の状況

インドネシアにおける一般廃棄物の管理は地方政府の責任である。各地方政府には美化局（DKP: Dinas Kebersihan dan Pertamanan）があり、DKP が自ら清掃事業を行う一方で、第三者機関との契約により事業の一部を外部に委託している。

国のレベルで廃棄物関連政策を担当する中央省庁は、公共事業省（PU）と環境省（KLH）である。公共事業省は、文字通りインフラ整備の担当部局であり、衛生埋め立て事業等の最終処分場の整備を行っているが、その他主な廃棄物関連のインフラ整備の担当となるのは人間居住総局となる。各家庭からのごみの回収から搬送までの部分については、上述の通り、各地方自治体（県や市）の美化局などが必要な施設の整備などを行っている。

廃棄物発電事業は、地方自治体の管轄となるが、特に再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度（FiT）政策に関しては、電力行政を管轄するエネルギー鉱物資源省が担当している。現行のFiTの内容は、次項「インドネシアにおける電力事業の現状」において記述する。

インドネシアにおける、廃棄物管理の基本となる法制度は、インドネシア共和国法2008年第18号「廃棄物管理法」である<sup>1</sup>。同法の前文に、「考慮する項目」として、次の点が挙げられている。

#### 考慮する項目

- a. 社会における人口増加と消費パターンの変化により、廃棄物の量、種類が増加し、特性が多様化している。
- b. 現在の廃棄物管理法は環境的に安全な方法と技術に基づいていないため、地域の健康と環境に悪影響を及ぼしてきた。
- c. 廃棄物は、均等、効果的かつ効率的に実施経済的恩恵、地域の健康、環境の安全性、行動の変化をもたらすため、包括的に管理され上層から下層まで統合されるべき国家的問題であった。
- d. 廃棄物管理は、均等、効果的かつ効率的に実施する目的で、国民と企業の参加と同様、法的保証、政府の透明性、政府の責任と権限、地方自治が必要である。
- e. a～d で述べた考慮を基に、廃棄物管理法で定める必要がある。

この廃棄物管理法の第29条には、明確に「最終処分場におけるオープンダンプ方式による廃棄物処理を禁止する」ことが示されている。この禁止令についての具体的な規定については、県や市などの地方自治体の規則によって定められることとなる。地方自治体

---

<sup>1</sup> “Act of the Republic of Indonesia Number 18 Year 2008”, [http://www.menlh.go.id/adipura/peraturan/UU\\_no18\\_th2008\\_ttg\\_pengelolaan\\_sampah%20\(english%20version\).pdf](http://www.menlh.go.id/adipura/peraturan/UU_no18_th2008_ttg_pengelolaan_sampah%20(english%20version).pdf)

の規則は、当禁止令について掲げる規則の違反に刑事制裁と罰金を課すことができる。

また、既に存在している最終処分場についての経過規定として、第44条では、次の2点が述べられている。

#### 廃棄物管理法 第16章 経過規定 第44条

- (1) 地方自治体は本法律制定後最長で1年以内に、オープンダンピング方式による最終廃棄物処理場を閉鎖する計画を準備しなければならない。
- (2) 地方自治体は本法律制定後最長で5年以内に、オープンダンピング方式による最終廃棄物処理場を閉鎖する。

上記にもとづけば、地方自治体の責任で、2013年までにオープンダンピング方式による最終処分場を閉鎖しなければならない。しかしこの期限を過ぎた現在でも、オープンダンピング方式による最終処分場が大半を占めるのが現状であり、対策は遅れていると言わざるを得ない。地方自治体では、財政面の制約も大きく、具体的な解決策を打ち出せない状況となっている。

また、この廃棄物管理法を受けた、ガイドライン的な性格を持つ家庭系廃棄物政令2012年82番政令の整備が進められた。しかし、廃棄物行政を包括するような体系的な法令は整備中という段階にある。廃棄物管理法を有効に活用する上でも、廃棄物関連の法律の整理が望まれる。

#### 2.1.2 スラバヤ市における都市ごみ発生量推移

「State of Environment Report 2012」（インドネシア環境省）<sup>2</sup>によると、インドネシアにおいては住民一人当たり2.5L/日、国全体で6億2500万L/日の廃棄物を排出しているとされる。経済発展などによって一般ごみに排出量は急激に増加しており、2010年における1日当たりの廃棄物の量が200,000トンであったのに対し、2012年には1日当たり490,000トンと2倍以上に増加している。都市ごみについては、同報告書 State of Environment Report 2009によると、2005年から2008年の間に3.7%の増加となっている。

スラバヤ市においては、2008年のデータではあるが、1日当たり2,642トンの一般ごみが排出されている<sup>3</sup>。本年度調査における、スラバヤ市の一般廃棄物処理を担当するDKP（美化局）へのヒアリングによれば、最終処分場へ搬入されるごみの量は、現在約1500トン/日となっている。

下図に、2004年～2008年のスラバヤ市における都市ごみ発生量推移を示す。

---

<sup>2</sup> Status Lingkungan Hidup Indonesia 2012

<http://www.menlh.go.id/status-lingkungan-hidup-indonesia-2012/>

<sup>3</sup> Ministry of Environment Indonesia, Japan International Cooperation Agency, “STUDY FOR WASTE GENERATION, COMPOSITION, AND RECYCLING ACTIVITIES TARAKAN AND SURABAYA CITY”

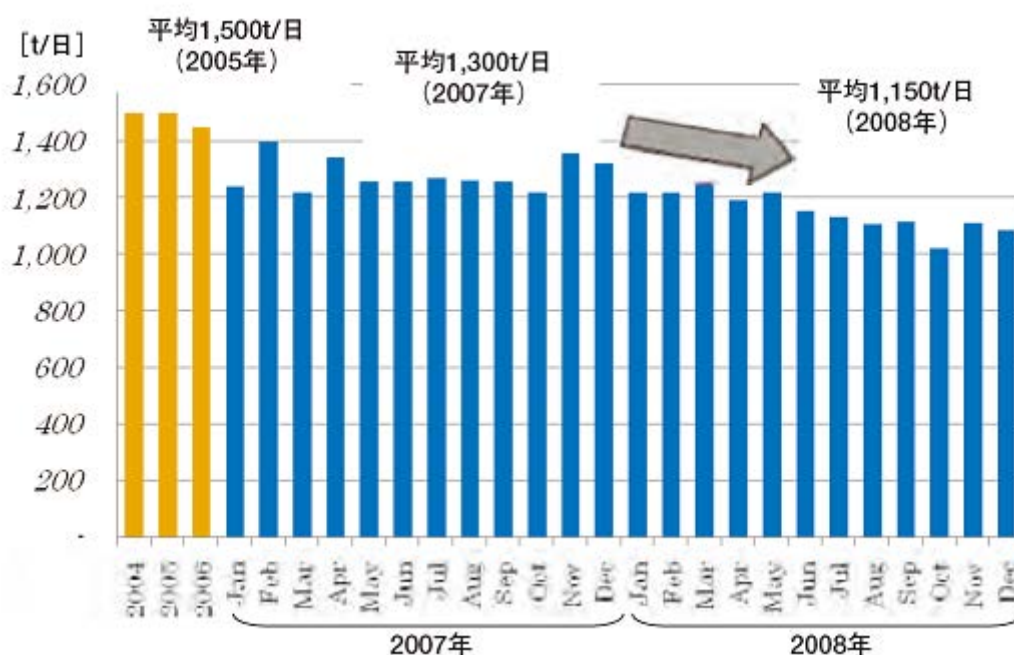


図 5 スラバヤ市のブノウォ最終処分場における廃棄物搬入量 (2004～2008年)<sup>4</sup>  
(スラバヤ市開発計画局(BAPPEKO)発表データに基づく。)

2004年～2008年のトレンドとしては、最終処分場への廃棄物搬入量は減少傾向がみられる。これは、スラバヤ市による2005年頃からの効果的な対策の実施により、3～4年で廃棄物発生量を20%以上削減するという成果を成し遂げたことによるものである。具体的には、市内に十数ヶ所の堆肥化施設(コンポスト・センター)を立ち上げ、住民に何もの家庭用堆肥化容器(コンポスト・バスケット)を配布し、積極的に堆肥化の取り組みを推進した。また、市内のNGO(非政府組織)や民間企業、新聞社との協力の下、地域緑化・美化キャンペーンを展開し、住民や地域団体を積極的にごみ削減活動に巻き込んできた。有機ごみを対象として成果を上げ、2005年には1500トン/日を超えていたごみの発生量は、2008年には1150トン/日まで減少した。

しかし、こうしたスラバヤ市のごみ減量政策の効果を打ち消すように、経済発展と人口増加により、ごみの量は増加傾向にある。また、既存のコンポスト政策の効果が年々減少しているという現地NGOの声もある。直近のデータとしては、次の通りである。

ブノウォ最終処分場を運営するスンバオーガニック社より、搬入ごみ量の実績データ提供を受けた。2014年5-6月の記録データによると、日量約1300～1600トン、平均日量1473トンのごみを受け入れており、上記取り組み以前の数値に戻っている。

スンバオーガニック社の2014年5-6月の実績データにもとづき、ごみの分類(排出源)に応じた搬入量、搬入トラックの台数について、下表に示す。また、搬入トラックのス

<sup>4</sup>前田利蔵(2010)「堆肥化の推進と住民参加によるごみ削減スラバヤ市の廃棄物管理モデル分析」[http://enviroscope.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/2780/attach/pb9\\_j.pdf](http://enviroscope.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/2780/attach/pb9_j.pdf)



バオーガニック社との契約形態に応じた搬入台数についても続いて示す。

ごみの排出源として一番多いのが家庭ごみで、処分場への搬入量の約8割を占める。次に多いのが市場ごみであり、1割弱と続く。民間産業系のごみは約4%である。

表 1 ごみの分類（排出源）に応じた搬入量・台数

分類	契約形態	搬入台数／日	搬入量／日 (2014年5-6月の平均)
市場ごみ	D, R, PS	23～33台	110～178トン／日 (132トン／日)
動物由来のごみ	S	2～5台	7～16トン／日 (11トン／日)
家庭ごみ	D, R, PL, S	220～254台	1010～1260トン／日 (1150トン／日)
混合ごみ（家庭ごみと市場ごみ）	D	20～32台	67～122トン／日 (90トン／日)
政府系ごみ	PU	8～24台	15～44トン／日 (33トン／日)
産業系ごみ	S	15～28台	33～76トン／日 (58トン／日)

表 2 トラックの契約形態

記号	内容	搬入台数／日
D	DKP(スラバヤ市美化局)	159～201台
R	市場	80～95台
PS	政府系	1～4台
PL	政府系	4～13台
PU	政府系	8～25台
S	民間（ホテル、モール、オフィス等）	31～45台

下表「スラバヤ市の最終処分場へ搬入されるごみと必要な処分場能力の見通し」は、スラバヤ市が2008年に行ったF Sの結果である。最終処分されるごみの量を、現状の3分の1程度となる400トン／日としても、2014年には処分場の限界を迎えるという計算であり、処分場面積の拡大が必要な状況である。

表 3 スラバヤ市の最終処分場へ搬入されるごみと必要な処分場能力の見通し<sup>5</sup>  
(最終処分されるごみは、減量化によって現状の1/3程度になると想定されている)

<sup>5</sup> Gin Gin Ginanjar (Surabaya City Government) “Community Self-based Waste Management and Composting in Surabaya”,  
<http://www.iges.or.jp/en/kuc/pdf/activity20120717/PPT17.pdf>

暦年	最終処分されるごみ (トン/月)	必要な最終処分場能力
2008	11,991.43	31.2ha
2009	12,428.57	31.2ha
2010	12,865.71	31.2ha
2011	13,302.86	31.2ha
2012	13,740.00	31.2ha
2013	14,177.14	31.2ha
2014	14,614.29	31.2ha
2015	15,051.43	46.8ha
2016	15,488.57	46.8ha
2017	15,925.71	46.8ha
2018	16,362.86	46.8ha
2019	16,800.00	46.8ha
2020	17,237.14	46.8ha
2021	17,674.29	46.8ha
2022	18,111.43	46.8ha
2023	18,548.57	46.8ha
2024	18,985.71	46.8ha
2025	19,422.86	46.8ha

### 2.1.3 スラバヤ市における都市ごみ処理の全体フロー

現在、日量約 1500 トン発生しているスラバヤ市の都市ごみは、コミュニティでの一時収集および集積所での有価物の抜き取りが行われた後、公共による収集運搬を経て、最終処分場へと搬入される。

スラバヤ市では 1 カ所の最終処分場が運営されている。2001 年にケプティ最終処分場が閉鎖され、同年に 27 ヘクタールのブノウォ最終処分場が 650 億ルピア(6 億 5000 万円)をかけて建設された<sup>6</sup>。しかし、7 年後には容量が満杯となったために、34.7 ヘクタールに拡大された。2013 年 1 月には、スラバヤ市は民間企業であるスンバオーガニック社に最終処分場におけるごみ処理を委託した。現在は搬入ごみの全量に対して、オープンダンピングによる最終処分が引き続き行われているが、将来は廃棄物発電等の導入を目指した検討を行っている。

スラバヤ市における、一般廃棄物処理についてフローを下図にまとめる。各家庭や事業所から、コミュニティによる回収がなされ、一般ごみはデポ (Depo) と呼ばれる中継所へ集められる。中継所には、DKP の回収車が巡回し、一般ごみを集めた上で最終処分場に運ばれる。大規模な商業施設などの場合は、DKP より民間企業にごみの回収を委託される場合

<sup>6</sup> 前田利蔵(2010)「堆肥化の推進と住民参加によるごみ削減スラバヤ市の廃棄物管理モデル分析」[http://enviroscope.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/2780/attach/pb9\\_j.pdf](http://enviroscope.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/2780/attach/pb9_j.pdf)

もある。

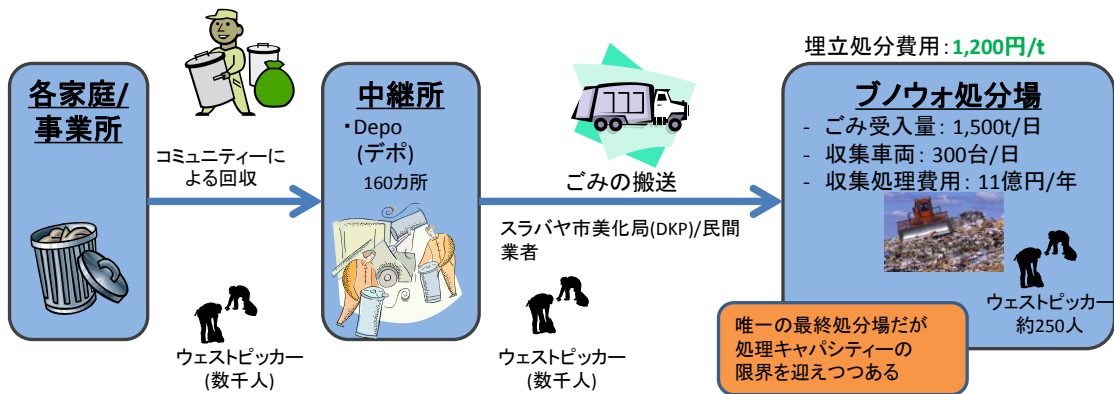


図 6 スラバヤ市におけるごみの回収フロー

現在、プノウォ最終処分場敷地内のダンピングステーションは、7箇所確保されているが、稼働しているのは、3箇所である。稼働レベルには大きな差があり、3箇所を主に排出源ごとに使い分けている。



図 7 プノウォ最終処分場のレイアウト



図 8 ダンプステーションの様子

## 2. 2 インドネシアにおける電力事業の現状

### 2.2.1 インドネシアのエネルギー政策

インドネシアは石油、天然ガス、石炭といった天然資源に恵まれ、自国で多くの資源を生産している。しかし、今後の電力需要の増加を考慮すると埋蔵が確認されている資源量は決して豊富とはいえない。また、化石燃料価格を低く抑えるために多額の補助金が拠出されており、再生可能エネルギー開発が遅れている一因となっている。

インドネシアのエネルギー政策の概観は以下のようになっている。国家エネルギー政策 (KEN)、国家エネルギー総合計画 (RUEN) が政策レベル、国家電力総合計画 (RUKN) と電力供給事業計画 (RUPTL) が事業レベルのエネルギー計画である。

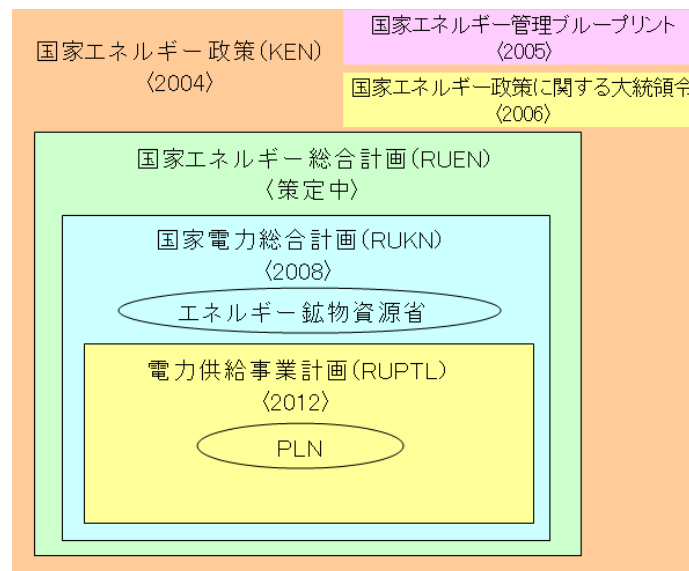


図 9 インドネシアのエネルギー政策の概観<sup>7</sup>

(出典：経済産業省・JETRO・HIDA「国際即戦力育成インターンシップ事業 (2013 年度)」報告書「インドネシアの電力事情」より抜粋)

2014 年 1 月 28 日に、「新国家エネルギー政策 (KEN:Kebijakan Energi Nasional: National

<sup>7</sup> 経済産業省・JETRO・HIDA「国際即戦力育成インターンシップ事業 (2013 年度)」報告書「インドネシアの電力事情」

Energy Policy) 2014」が承認された。エネルギー供給に占める各資源割合の数値目標は以下の通りである。

- 石油：2025年に25%以下，2050年に20%以下にする。
- 天然ガス：2025年に22%以上，2050年に24%以上にする。
- 石炭：2025年に30%以上，2050年に25%以上にする。
- 再生可能エネルギー：2025年に23%以上，2050年に31%以上にする。

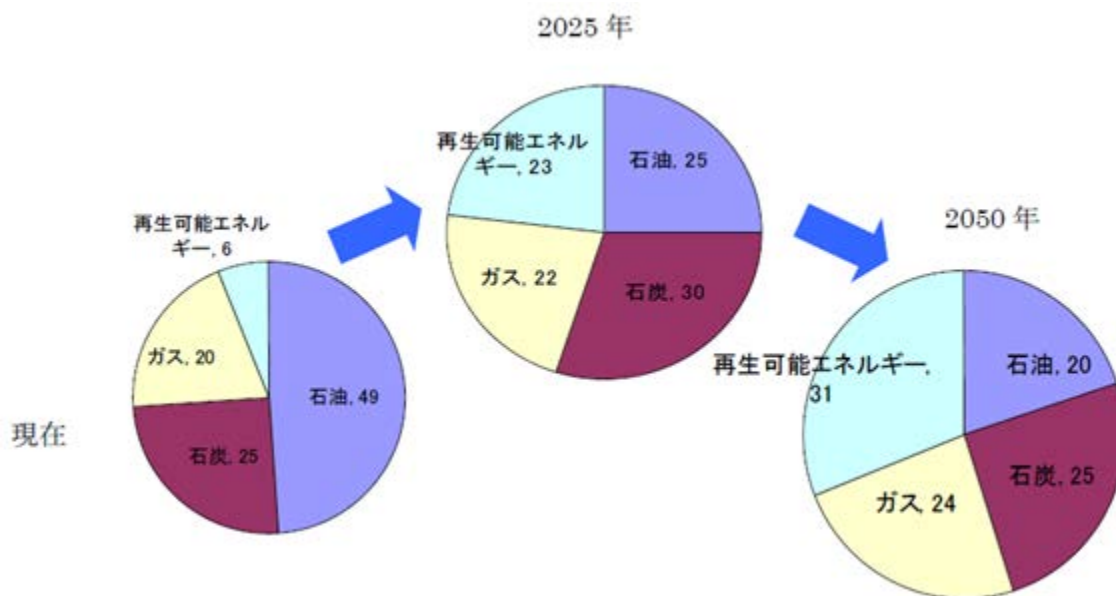


図 10 KEN (2014) による 2025 年，2050 年の一次エネルギーミックス<sup>7</sup>

(出典：経済産業省・JETRO・HIDA「国際即戦力育成インターンシップ事業(2013年度)」報告書「インドネシアの電力事情」より抜粋)

## 2.2.2 電力関連の法律

「電力に関する法律」(2009年第30号)(新電力法)が2009年9月8日に制定された。この法律は1985年に制定された旧電力法(1985年第15号)を踏襲しているが、電力供給は国が責任を持つ(「電力供給事業は、国家が管轄し、政府が実施する」としつつ、「電力供給における国家能力の更なる向上のために、国益を害さない限り、その他の国有企業、公営企業、民間、協同組合、市民団体は電力供給事業を実施するための機会を最大限与えられる」として、民間に参入の道が開かれている。手続き関係では、従来エネルギー鉱物資源大臣、または大統領の権限であった国家電力総合計画(RUKN)の策定と電気料金の改定に際して、国会(地方決裁分は地方議会)の承認が必要になった。

もともと2002年9月に「電気事業に関する法令(新電力法)」が制定され、「競争市場の導入」、「電気事業の分割・民営化」、「発電と小売部門の自由化」、「PLNによる送電・配電システムの管理」、「電力市場監督委員会の創設と同委員会による送配電料金(託送料金)の決定」、「電力システム管理者と電力市場管理者の設置」などの実施が定められていたが、2004年12月15日にインドネシア憲法裁判所がこの新電力法は1945年の憲法第33条(「国家にとって重要であり、また多数の者の生活に影響を与える生産部門は国家がこれを

管理する」)に抵触するとして無効としていた。違憲判決後は旧電力法が再度使われることとなったが、20年前の法令であり、民間投資による電源開発を促進する上で問題があった。(暫定的に補うためにIPPの参入手続きや事業許可などに関するいくつかの政令や奨励を制定し対応が図られていた。)<sup>7</sup>

### 2.2.3 電力事業体制

現在の電気事業体制は、発電部門を PLN と PLN の子会社、あるいは IPP が受け持ち、送配電部門を PLN が独占している。なお、PLN では分社化や事業部制を推進しており、発電子会社や特定地域(第2のシンガポールを目指す Batam 島などの特定開発地域)で送配電を担当する子会社を設立している他、各部門をビジネスユニット化(独立採算を意識した事業部制の導入)している。また、地方電化に関しては、「協同組合・中小企業担当国務大臣府(SMOC & SMEs)」の管轄下に、「村落協同組合(KUD)」と呼ばれる住民組織が全国に点在しており、PLN の電力系統から孤立した僻地において電力供給を実施している。

電力セクターに関わる行政組織としては、エネルギーの開発政策及び利用分野における統合的な政策の策定を担当する国家エネルギー審議会(DEN)、国家大の開発政策の策定や調整を担う国家開発企画庁(BAPPENAS)、PLN を監督し資源エネルギー分野全般を担うエネルギー鉱物資源省(MEMR)、PLN を所有・管理する国営企業国務大臣府、予算を承認する財務省(MOF)、エネルギー政策の策定や調整を担う「国家エネルギー調整委員会(BAKOREN)」、原子力発電に関する研究・開発を行う「インドネシア原子力庁(BATAN)」などが存在する<sup>7</sup>。

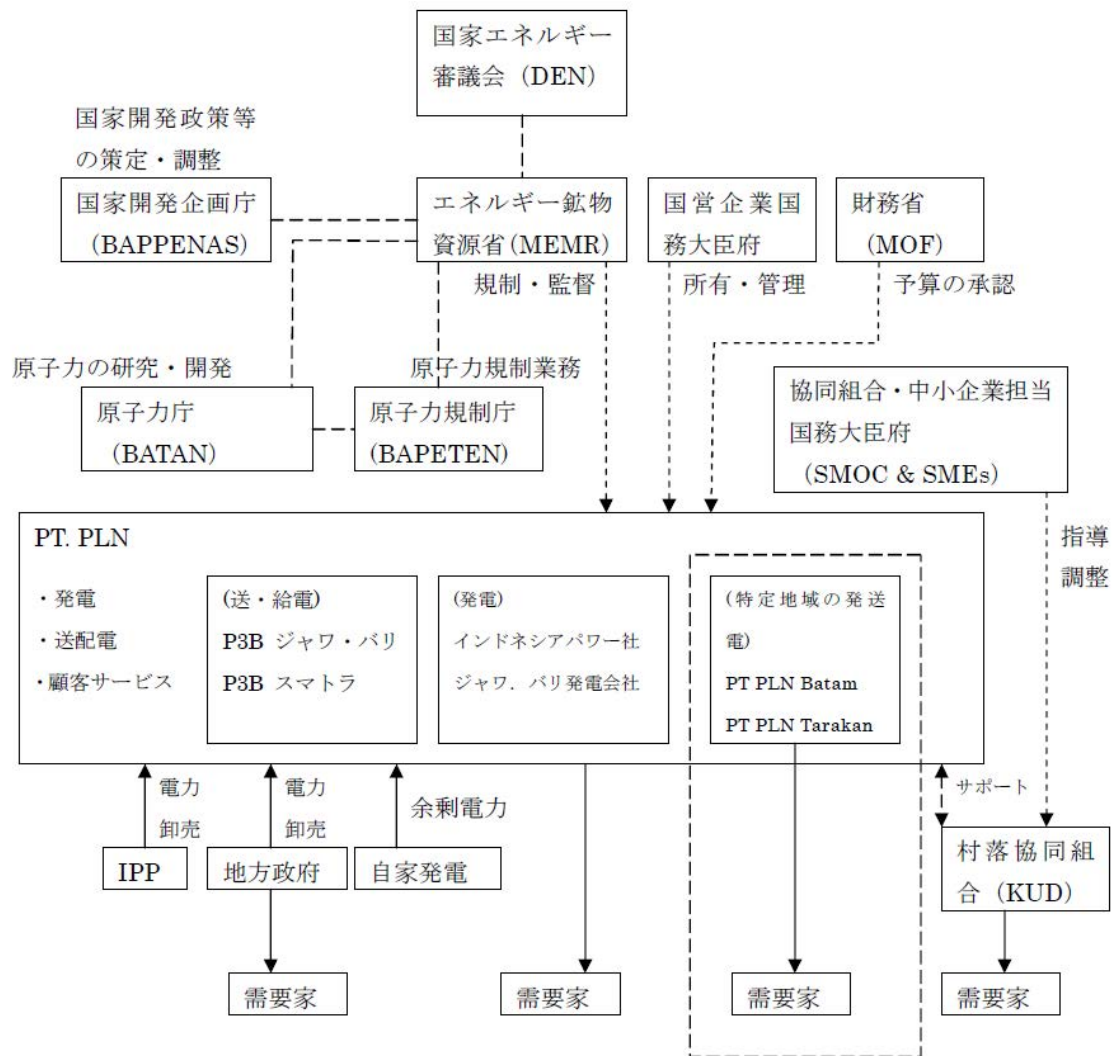


図 11 電力事業体制<sup>7</sup>

(出典: 経済産業省・JETRO・HIDA「国際即戦力育成インターンシップ事業(2013年度)」  
報告書「インドネシアの電力事情」より抜粋)

### エネルギー鉱物資源省(MEMR)

MEMR はインドネシアのエネルギー分野全般を所掌する主要機関。国営エネルギー関係企業の規制・監督を行う。エネルギー部門の開発に加え、エネルギー及び鉱物資源の調査や研究実施に関するデータ提供および分析も担っている。2010年、MEMRは再生可能エネルギーの開発と推進を進めるために、新たに新・再生可能・省エネルギー総局(DGNREEC)を設立した。この新総局の形成(旧鉱物・石炭・地熱総局から地熱部門が、旧電力・エネルギー利用総局からエネルギー利用部門が分離し、DGNREECに統合された)により、再生可能エネルギー全体の規制監督が強化されている。

MEMRを構成する総局のひとつ、電力総局(旧電力・エネルギー利用総局)が電力部門を規制・監督することになっており、電力部門の政策策定、基準・手続きや標準の調整、技術指導・評価の役割を担っている。また、電力需給予測、送電網計画、投資・資金政策、新・再生可能エネルギー利用政策などを盛り込んだ国家電力総合計画(RUKN)策定の責任を負っている<sup>7</sup>。

## 国有電力会社(PT. PLN)

インドネシアでは発電部門を政府 100%保有の株式会社である PLN とのその子会社、および IPP（独立発電事業者）が受け持ち、送配電部門は PLN が独占している。

事業規模が大きいジャワ・バリ地域では、発電部門は 2 つの発電子会社（インドネシアパワー社、ジャワ・バリ発電会社）を所有し、送配電は PLN 内で業務分離（ジャワ・バリ送電・給電センター（P3B Jawa Bali）と 5 つの配電事務所）して運営している。また、スマトラ地域では、2 つの発電ビジネスユニット（北スマトラ発電 BU、南スマトラ発電 BU）とスマトラ送電・給電センター（P3B Sumatra）、7 つの地域支店で運営している。その他の地域では、地域支店として垂直統合的な業務運営を行っている。その他に PLN の子会社として特定地域での電力供給を行う、PLN Batam（保税地域バタム島で事業実施）や PLN Tarakan（東カリマンタン州のタラカン島で事業実施）がある<sup>7</sup>。

下図に、「インドネシア全体の発電電力量（PLN による発電+PLN 購入分）の推移」、「PLN による総販売電力量、最大電力の見通し」を示す。発電電力量は 2000 年の 93,325GWh から、2011 年には 183,419GWh と約 2 倍に増加しており、2001 年から 2011 年までの平均成長率は約 6.4%となっている。また、総販売電力量・最大電力の見通しについても、2012 年から 2021 年までに約 2 倍に増加する見込みである。

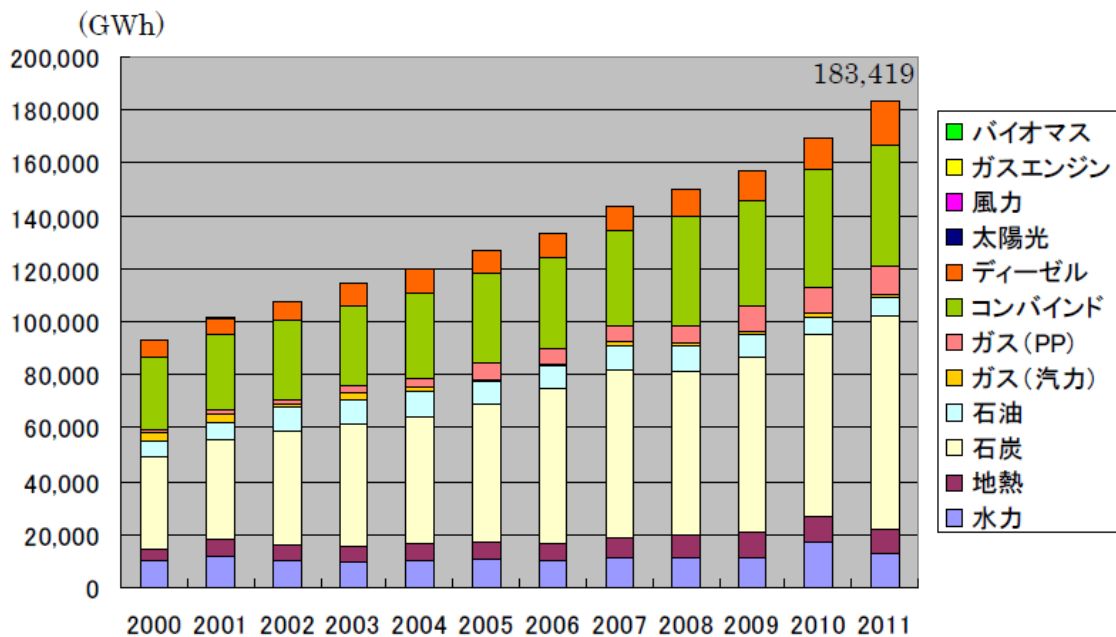


図 12 インドネシア全体の発電電力量（PLN による発電+PLN 購入分）の推移

（出典：MEMR, Handbook of Energy & Economic Statistics ind 2012）



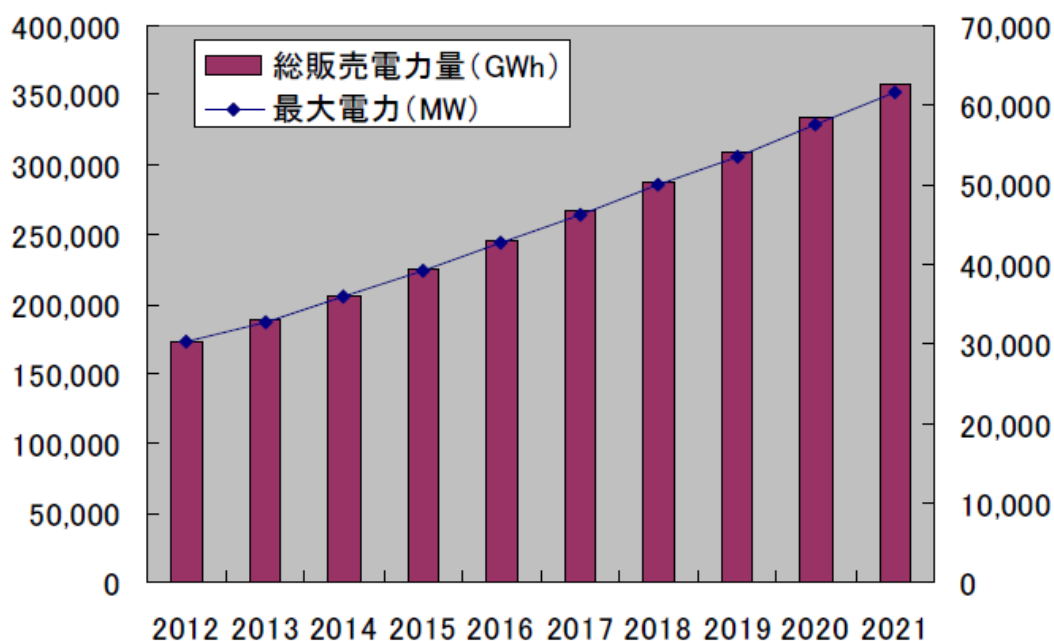


図 13 PLNによる総販売電力量、最大電力の見通し  
(出典：PLN 電力供給事業計画(RUPTL)2012-2021 年版)

#### 2.2.4 インドネシアにおける固形廃棄物発電事業への支援制度

インドネシアにおける固形廃棄物発電事業への支援制度としては、電力の固定価格買取制度 (FiT) の対象として都市廃棄物が定められている。インドネシア政府はマーケット・インセンティブを付与するエネルギーミックス政策の強力な支援ツールとして、矢継ぎ早に新しい買取価格を公表しており、現在の価格を下表に示す。

表 4 バイオマスを対象とした FiT 価格

(2012 年エネルギー鉱物資源省令第 4 号, 2013 年エネルギー鉱物資源省令第 19 号)

No.	エネルギー種類	容量	価格	備考
中圧				
1.	バイオマス	10 MW まで	Rp. 975,- / kWh X F	
2.	バイオガス	10 MW まで	Rp. 975,- / kWh X F	非都市廃棄物
3.	都市廃棄物	10 MW まで	Rp. 1.450,- / kWh	廃棄物ゼロ*)
4.	都市廃棄物	10 MW まで	Rp. 1.250,- / kWh	衛生的埋め立て*)
低圧				
1	バイオマス	10 MW まで	Rp. 1.325,- / kWh X F	
2	バイオガス	10 MW まで	Rp. 1.325,- / kWh X F	非都市廃棄物
3	都市廃棄物	10 MW まで	Rp. 1.798,- / kWh	廃棄物ゼロ*)
4	都市廃棄物	10 MW まで	Rp. 1.598,- / kWh	衛生的埋め立て*)

\*) 廃棄物管理に関する 2008 年の法令第 18 号に基づく。

地方自治体がごみの最終処理委託事業者を支払う処理費 (ティッピングフィー) は、イ

インドネシア国内でも各地方自治体の財政状況により、ばらつきが大きい。例えば、バンドンでは、30米ドル/トンでゴミ焼却発電プロジェクトに対して入札が行われたことがある一方（実施は現時点にて未定）、バリ島では処理費の支払いはゼロとなっている。

スラバヤ市とスンバオーガニック社との間で結んでいる20年の契約の場合は、現在ティッピングフィーは119,000ルピア（約1200円）/トンとなっているが、7年目までは、1年につき7%ずつ上昇し、8年目以降は定額となる。

また、廃棄物関連事業についてはPPP事業の対象となっている。PPPに関する制度、手続きは現在改善のための見直しが進んでいるが、検討中の支援制度としては、以下のような内容が挙げられ、本事業の実現を後押しするものである。

- 中央政府による保証：PLNの購入保証、ティッピングフィーの保証
- 補助金の交付：土木工事の約40%を補助

## 2.3 投資許認可制度

### 2.3.1 投資許認可制度に関する概要

インドネシアに進出する企業にとって重要な法律は、投資法（投資に関する法律2007年第25号）、新会社法（株式会社に関する法律2007年第40号）、投資許認可の指針と手順に関する投資調整庁長官規定（2013年第5号）、製造業の工業団地での立地義務（政令2009年第24号）である。中でも、2013年に改定された外資企業の投資に関する規定、投資許認可の指針と手順に関する投資調整庁長官規定（2013年第5号）、が重要である。内容は以下に示す<sup>8</sup>。

- 投資法（投資に関する法律2007年第25号）
  - 平等の待遇（外国投資家、国内投資家の差別を解消）
  - 資本、利益、銀行金利、配当金、債務支払いの為の資金、ロイヤリティ、損失に対する補償等を本国に送金・送還する自由
- 新会社法（株式会社に関する法律2007年第40号）
  - 発起人（出資者）は2名以上（法人、個人のいずれも可）、取締役、コミサリス（監査役）は各々最低1名必要
  - 最低授權資本金は5,000万ルピア（約48万円）で、その25%の払込み要
- 投資許認可の指針と手順に関する投資調整庁長官規定（2013年第5号）  
製造業・非製造業の区別なく、外国投資は下記の条件を満たすこと（第22条3項抜粋）
  - 土地建物を除く投資額の合計が100億ルピア（約9,200万円）あるいは米ドル相当額以上
  - 引受資本と払込資本は同額で、25億ルピア（約2,300万円）あるいは米ドル相当

<sup>8</sup> JETRO : <http://www.mlit.go.jp/common/001064861.pdf> and [http://www.jetro.go.jp/world/asia/idn/invest\\_02/](http://www.jetro.go.jp/world/asia/idn/invest_02/)

額以上

- 各株主の出資金額は、1,000 万ルピア（約 9 万円）あるいは米ドル相当額以上

※為替レートは 2015 年 3 月 12 日時点

- 製造業の工業団地での立地義務（政令 2009 年第 24 号）
  - a. 製造業は工業団地に立地しなければならない
    - ※但し、特別な用地等を要する企業、零細企業、工業団地が存在しない県・市への投資は除く

外国企業がインドネシアに進出する場合は、現地法人（Perseroan Terbatas : PT）の設立か駐在員事務所の設立の 2 通りの投資形態に限られる。<sup>9</sup>

インドネシアでは、外国資本 100%またはインドネシア資本との合弁いずれでも、インドネシアに住所をもつ PT（インドネシア籍の株式会社）として外国直接投資会社（Penanaman Model Asing : PMA）を設立できる。

インドネシアへの投資にあたり、投資家はまず初めに「投資ネガティブリスト」（Daftar Negative Investasi : DNI）を調べ、このリストにて、参入可能な産業分野や規制されている分野、または国営企業や地元企業との合弁や協力、特定地域への進出など、一定要件が必要となる産業分野を確認する。投資ネガティブリストにおいて、本調査に関するものとして、「官民連携（PPP）の電力事業（>10MW）は外資 100%を許容」との記載がある。

10

インドネシアへの投資申請の手順は、輸入関税などの優遇処置の有無によって異なる。

1. 優遇を要する分野・事業については、インドネシア投資調整庁（BKPM）へ投資計画の登録、公証人（Notaris）による会社定款の作成、法務人権省への登記の手続きを行った後、BKPM で原則許可申請（投資基本許可申請<sup>11</sup>）を行う。認可にはおよそ 3 営業日かかる。
2. 法人手続きは、BKPM における輸入業者登録証（API-P/API-P）、外国人雇用計画（RPTKA/TA.01/IMTA）に加え、地方局や各関係省庁にて必要な申請を行う。
3. BKPM が発行する恒久営業許可（IUT）取得後、営業開始が可能になる。

\*輸入関税などの優遇処置が適用される場合は、1-3 に加えて次の手続きを行う必要がある。

原則許可申請の認可後：

- 1) 投資資本財関税許可（SP PABEAN BARANG MODEL）
- 2) 優遇推薦取得手続き（USULAN FASILITAS PPh BADAN）

法人設立の認可後：

<sup>9</sup> 中小機構：<http://www.smrj.go.jp/keiei/kokurepo/faq/asean/indonesia/051878.html#ttl2>

<sup>10</sup> JETRO：<http://www.mlit.go.jp/common/001064861.pdf>、p 13

<sup>11</sup> 国際機関日本アセアンセンター：

<http://www.asean.or.jp/ja/asean/know/country/indonesia/invest/guide/09-03.html/>

中小機構：<http://www.smrj.go.jp/keiei/kokurepo/faq/asean/indonesia/051878.html#ttl2>, JETRO：[https://www.jetro.go.jp/jfile/country/idn/invest\\_09/pdfs/010012700309\\_011\\_BUP\\_00.pdf](https://www.jetro.go.jp/jfile/country/idn/invest_09/pdfs/010012700309_011_BUP_00.pdf), p4

3) 原材料輸入の関税許可

以下に投資計画の登録から営業許可取得までの流れを優遇の有無別に示す。

A. 優遇の対象外となる産業分野の場合

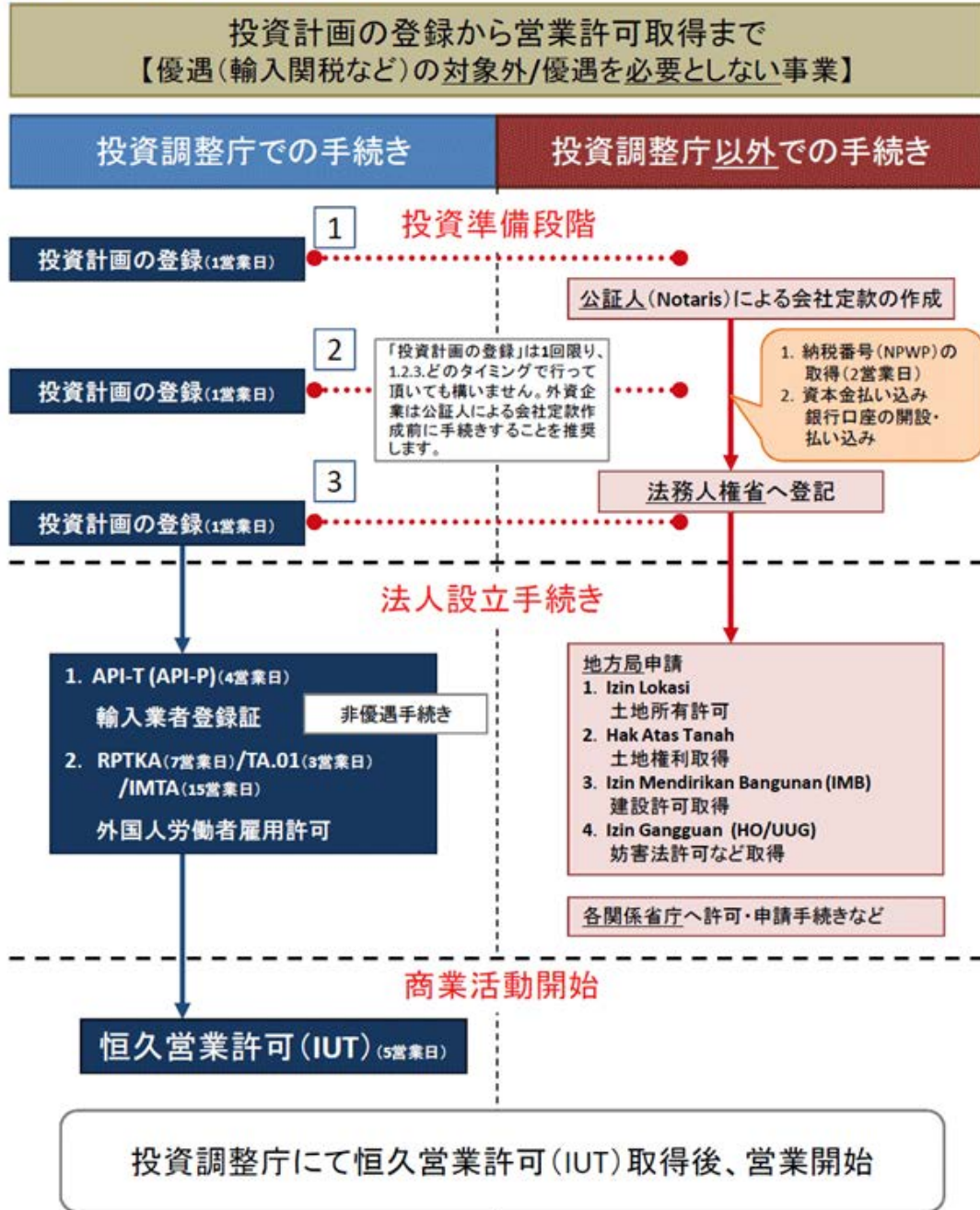


図 14 優遇の対象外となる産業分野の場合

(出典: 国際機関日本アセアンセンター(東南アジア諸国連合貿易投資観光促進センター))

B. 優遇の対象となる産業分野の場合

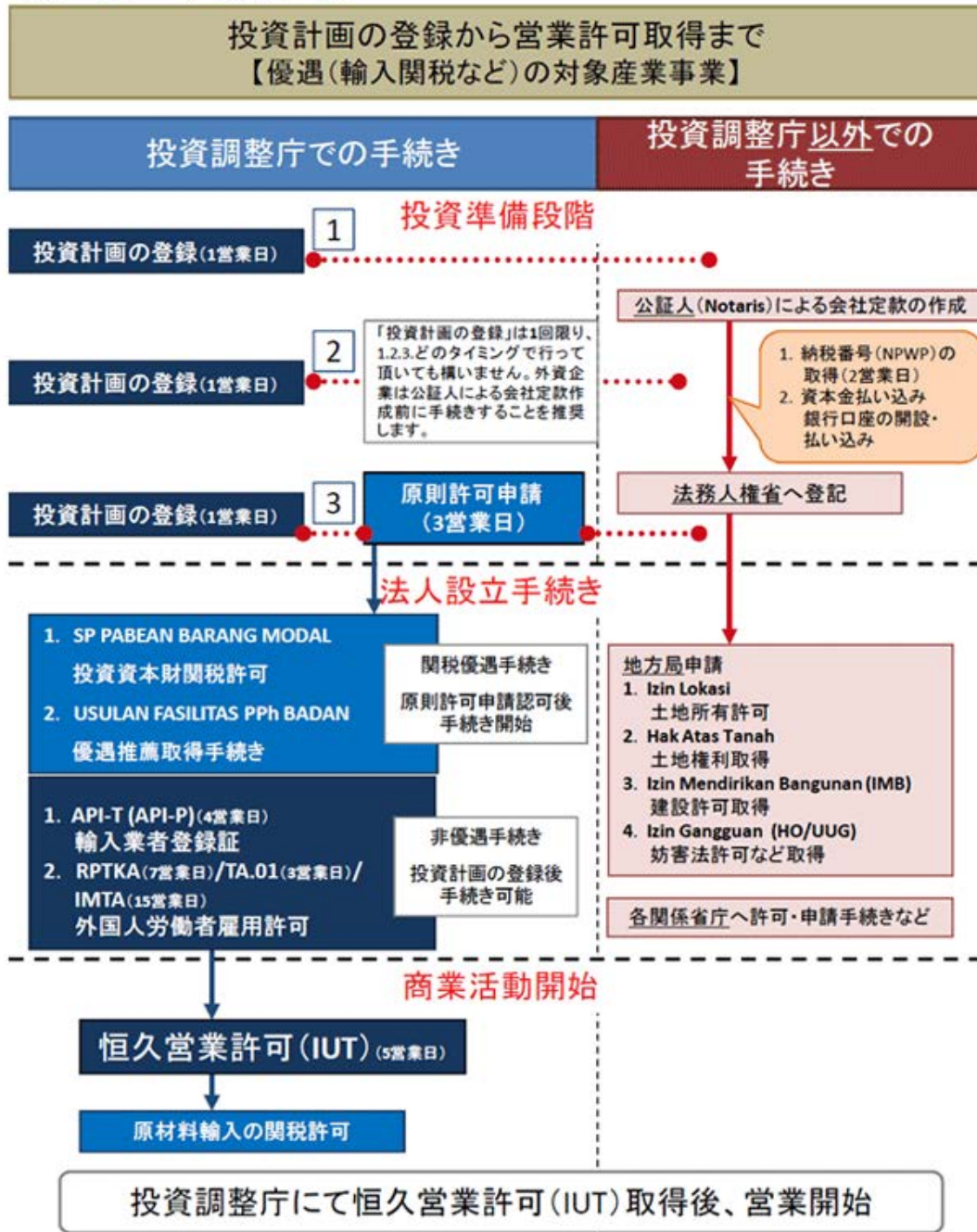


図 15 優遇の対象となる産業分野の場合

(出典：国際機関日本アセアンセンター（東南アジア諸国連合貿易投資観光促進センター）)

原則許可申請（投資基本許可申請）に必要な書類は以下のとおり<sup>12</sup>：

a. 株式会社（PT）を新設する場合

- 外国個人出資の場合はパスポートコピー、外国法人が出資の場合は英訳あるいはインドネシア語訳された定款の写し（在外インドネシア大使館の認証を受けているか、宣誓翻訳家の翻訳である必要がある）

<sup>12</sup>[https://www.jetro.go.jp/jfile/country/idn/invest\\_09/pdfs/010012700309\\_011\\_BUP\\_00.pdf](https://www.jetro.go.jp/jfile/country/idn/invest_09/pdfs/010012700309_011_BUP_00.pdf), p4

- インドネシア人個人出資がある場合は身分証明書 (KTP) と納税者番号 (NPWP) のコピー、インドネシア法人の出資がある場合は会社設立定款証書とその変更証書の写し、各証書に対する法務人権大臣の承認書や届受理書の写し、および会社の納税者番号 (NPWP) のコピー
- b. 既存の株式会社 (PT) への投資の場合
  - 会社設立定款証書とその変更証書の写し、各証書に対する法務人権大臣の承認書や届受理書の写し
  - 会社の納税者番号 (NPWP) のコピー
  - 株主の証明：外国個人出資の場合はパスポートコピー、外国法人が出資の場合は英訳あるいはインドネシア語訳された定款の写し（在外インドネシア大使館の認証を受けているか、宣誓翻訳家の翻訳である必要がある）、インドネシア人個人出資がある場合は身分証明書 (KTP) と納税者番号 (NPWP) のコピー、インドネシア法人の出資がある場合は会社設立定款証書とその変更証書の写し、各証書に対する法務人権大臣の承認書や届受理書の写し、および会社の納税者番号 (NPWP) のコピー
- c. 製造フローチャート（製造業の場合）/活動および商品の説明（非製造業の場合）
- d. 管轄省庁からの推薦状（必要な場合）

以前はジャカルタにある投資調整庁が唯一の窓口であったが、大統領令第 74 号（2000 年 5 月）により、在外インドネシア公館、インドネシア国内の各州にある州投資調整局 (BKPM) でも申請を受け付けるようになった。<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> <ワンルーフ・サービスの実施>

大統領決定第 29 号（2004 年 4 月）に基づき、BKPM では、当該投資事業分野を所管する大臣／政府機関の長より権限委譲され、投資にかかわる諸手続きを一括して行う投資許認可の「ワンルーフ・サービス」が開始された。また、州／県知事・市長もそれぞれの権限に応じて、投資許認可・便宜サービスの権限を BKPM に委譲できるとされ、BKPM のワンルーフ・サービスの強化が図られている。

### 2.3.2 スラバヤ市における投資認可の手続き

2009年の新電力法によって、国営電力公社（PLN）以外の事業者にも電気事業を行う可能性が開かれた。改正前の電力法では、PLNが独占して電気事業を行うこととされていたが、新電力法では、中央政府、地方政府に電気事業に関する許認可権を与えることとなっており、PLN以外の事業者についても、法制度上、自家発電からPLNの送電線を用いて、第三者へ電力を供給することは可能になった。事業許可は、州をまたがなければ州、市をまたがなければ市が与えられることとなった。また、電力料金についても、地方政府が、政府の定める方針に基づき、地方議会の承認のもと当該地域の電力料金を設定することが可能となっている。

この動きに応じて、スラバヤ市は、2011年に市長令第60号として「電力供給事業ライセンスの取得に関する手続き」を出しており、電力供給事業のライセンス取得に必要な手続きの内容、与えられるライセンスの内容、申込のフォーム等を定めている。

一方で、新電力法の施行後も、依然としてPLNには優先的な事業者としての位置づけが確保されている。実際に、PLNの事業エリアで電力の小売事業を行うためには、既存事業者であるPLNの同意が必要とされる。事業許可がエリア毎に出されるため、PLNが既に供給を行っている区域で小売事業を行おうとすれば、PLNはそのエリアから退出しなければならない。すなわち、PLNとは競合関係となるため、PLNから同意を得るのは難しく、実現が難しいのが現状である。

そのため、小売事業以外の方法で電力事業を行おうとする場合、PLNへの全量売電（IPP）もしくは余剰売電（Excess Power）の方法がある。必要となる許認可は、それぞれ、IUKS（Izin Usaha Ketenagalistrikan Untuk Kepentingan Sendiri：自家消費のための許可）、IUKU（Izin Usaha Ketenagalistrikan Untuk Kepentingan Umum：公共利益のための許可）である。スラバヤ市内で事業を行う場合には、スラバヤ市からその許認可を取得する。

14

IUKSとIUKUの申請に必要な書類は以下の通り：

#### IUKSの場合

1. 申請書を通信・情報局部長（the Head of Department）に提出
2. 以下の添付書類と一緒に申請書を提出する
  - a. 他者に申請書作成を委任する場合は申請者からの委任状
  - b. National Identity Card (KTP)のコピー(申請者KTPが有効であること)
  - c. 公式/認可機関による事業許可書又は事業改定証書のコピー
  - d. 会社概要
  - e. 納税者番号
  - f. disturbance permit
  - g. layout of the environment
  - h. 配置を含む設置場所（状況図）
  - i. 設置の単結図
  - j. 事業計画説明、電力需要量

---

<sup>14</sup> 経済産業省：[http://www.meti.go.jp/meti\\_lib/report/2014fy/E003883.pdf](http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2014fy/E003883.pdf)

- k. 環境書類
- l. 使用する燃料の量は発電の推定要件を超えないという自署陳述 (stamped statement that the amount of fuel used does not exceed the estimated requirement of generating its designation)

#### IUKU の場合

- 1. 申請書を通信・情報局部長に提出
- 2. 以下の添付書類と一緒に申請書を提出する
  - a. 他者に申請書作成を委任する場合は申請者からの委任状
  - b. National Identity Card (KTP)のコピー(申請者 KTP が有効であること)
  - c. 納税者番号
  - d. 公式/認可機関による事業許可書又は事業改定証書のコピー
  - e. 会社概要
  - f. disturbance permit
  - g. 以下のデータ：
    - ① プロジェクトサイト
    - ② 発電、送配電の種類と能力
    - ③ 使用する一次エネルギーの種類
    - ④ 事業地域
    - ⑤ 建設スケジュール
    - ⑥ 資金能力
    - ⑦ 操業計画
    - ⑧ 建設期間及び運用期間中に雇用する外国及び現地労働者のスケジュール
  - h. 環境書類
  - i. 提案事業地域におけるニーズ分析と電力供給計画
  - j. 国営電力公社 (PLN) との協働がない場合は、PLN の関心表明レター (Letter of Intent)

下記に IUKS と IUKU の審査の流れを示す。IUKS の IUKU の審査期間は不備がない場合は通常 30 営業日以内である。ただし、IUKU については Zoning Enterprises Ministry of Energy and Mineral Resources に提出にかかる期間は除く。

#### IUKS の場合

IUKS の審査では、主に郵政局長が主体となる。

- 1. 通信・情報局部長に提出
- 2. 書類に不備がないか審査
- 3. 不備がある場合は返信
- 4. 不備がない場合は部局から申請書受理の通達がくる
- 5. 事務官に送られる



6. 事務官から郵政局長（the Head of Post and Telecommunications）に送られ、技術的な実現性および要件審査（BAP）
7. 郵政局長による審問（サイト審査）
8. 申請が承認されれば、郵政局長から通信・情報局部長へドラフトレターが送られ、認可通知が届く
9. 申請が拒否されれば、不認可通知が送られる

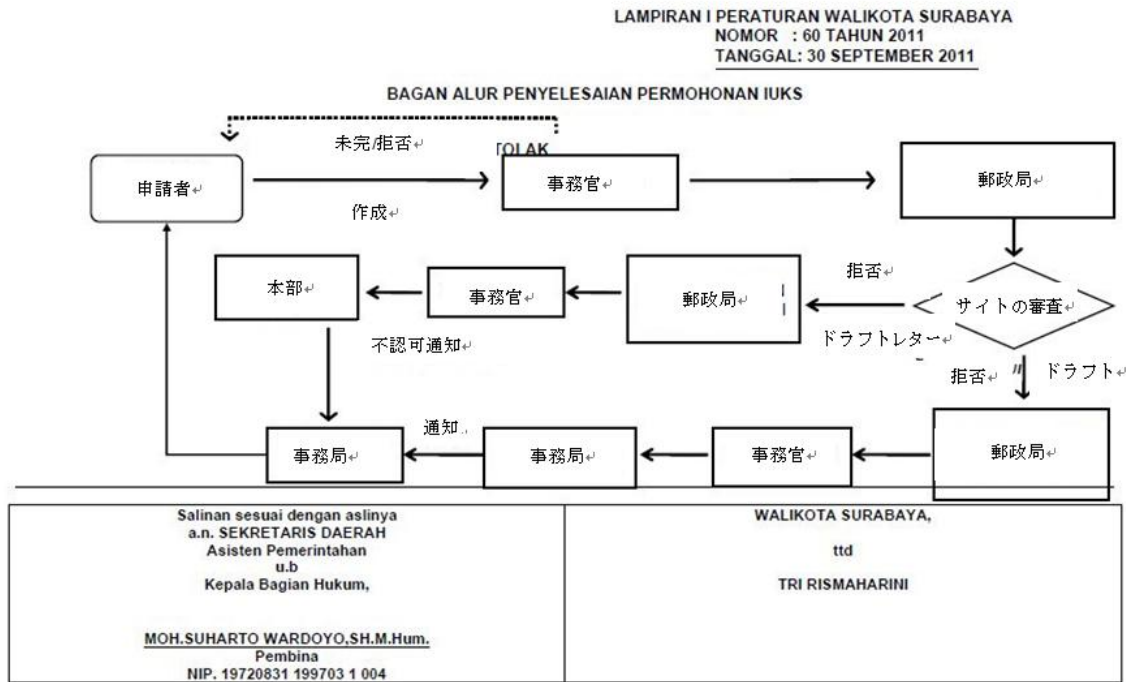


図 16 IUKS の審査の流れ

### IUKU の場合

IUKU の審査でも、郵政局長が主体となることについて変わりはないが、the Zoning Enterprises Ministry of Energy and Mineral Resources の審査が入る。

1. 通信・情報局部長に提出
2. 書類に不備がないか審査
3. 不備がある場合は返信
4. 不備がない場合は部局から申請書受理の通達がくる
5. 事務官に送られる
6. 事務官から郵政局長に送られ、技術的な実現性および要件審査（BAP）
7. 6 を通過後、ドラフトレターが the Zoning Enterprises Ministry of Energy and Mineral Resources に送られる
8. エネルギー・鉱物資源省が事業地域を決定した場合、郵政局長から通信・情報局部長へドラフトレターが送られ、認可通知が届く
9. 申請が拒否されれば、不認可通知が送られる

BAGAN ALUR PENYELESAIAN PERMOHONAN IUKU

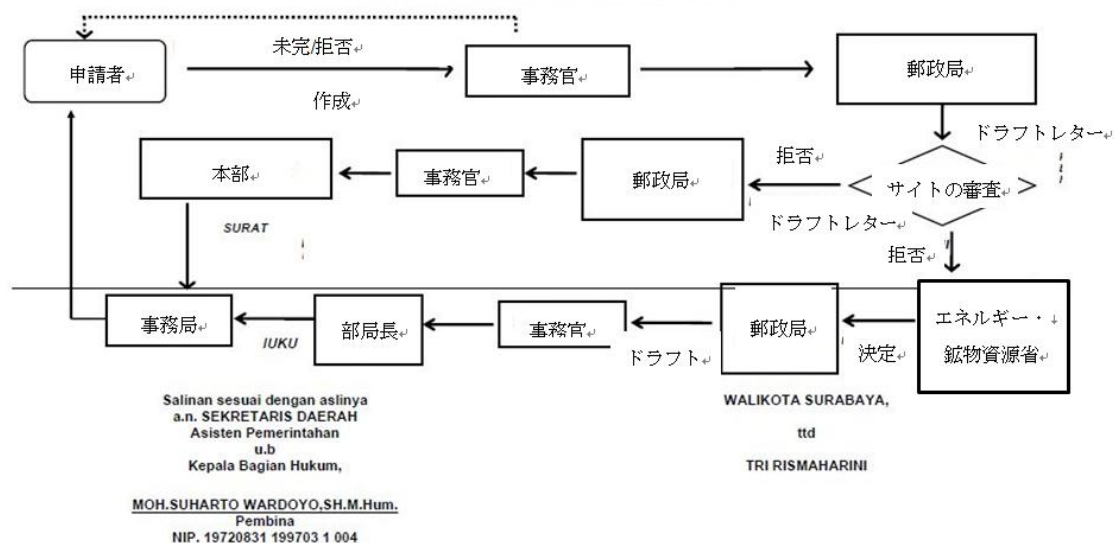


図 17 IUKU の審査の流れ

本事業においては、1章において述べたように、スンバオーガニック社との共同事業による展開を想定している。同社はブノウォ最終処分場の運営に関して、スラバヤ市との委託契約を結んでおり、スラバヤ市によれば、日立造船がスンバオーガニック社との共同事業を実施するにあたっては、市とスンバオーガニック社がその契約内容を見直すことで可能であり、日立造船による投資許認可手続きは不要とのことである。

## 2. 4 環境規制

### 2.4.1 廃棄物発電に適用される環境基準

廃棄物発電に関する環境規制としては、例えば排ガス、焼却灰などの環境基準、技術基準等はインドネシアにおいては未だ整備されていない。しかし、今後日本やEU並みの排出規制が導入されることも十分に想定されるために、日本の環境規制に則った設備の建設を予定する。

#### 日本の廃棄物発電に適用される環境基準

##### (1) 排ガス基準

日本における廃棄物焼却発電施設に適用される排ガス基準値を下表に示す。さらに地方自治体によっては、上乘せ基準値も設定されているところも多い。

またダイオキシン類は、焼却炉の性能や完全燃焼の維持等により抑制することが可能である。そのためには、850℃以上の燃焼、2秒以上の燃焼室でのガスの滞留時間、燃焼ガスの十分な攪拌等が必要とされている。

表 5 ごみ焼却処理施設の排ガス基準

処理対象物質	法規制値
ばいじん (g/m <sup>3</sup> N)	0.04
塩化水素 HCl (ppm)	700mg/m <sup>3</sup> N 430ppm
硫黄酸化物 SO <sub>x</sub> (ppm)	K 値=9
窒素酸化物 NO <sub>x</sub> (ppm)	250
ダイオキシン類 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> N)	0.1

(いずれも酸素濃度 12%換算値)

※1 : 法規制値の根拠は以下のとおり。

ばいじん：大気汚染防止法施行規則別表第2（第4条関係）

塩化水素：大気汚染防止法施行規則別表第3（第5条関係）大気汚染防止法施行令別表第1

硫黄酸化物：大気汚染防止法施行規則別表第1（第3条関係）大気汚染防止法施行令別表第3

窒素酸化物：大気汚染防止法施行規則別表第3の2（第5条関係）大気汚染防止法施行令別表第1

ダイオキシン類：ダイオキシン類対策特別措置法施行規則 別表第1（第1条の2関係）

廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行規則 別表第2（第4条の5関係）

※2 : 燃焼管理基準：煙突出口の一酸化炭素（CO）濃度は30ppm以下（O<sub>2</sub>=12%換算値の4時間平均）とし、安定燃焼するため、100ppmを超えるCO濃度瞬時値のピークを極力発生させないように留意。

※3 : 焼却能力が1炉1時間当たり4トン以上の場合の基準。

##### (2) 焼却灰基準

廃棄物発電施設から発生する焼却灰、飛灰処理物の基準は、「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令における基準値」に従って規定されることが多い。同基準値が

採用される理由は、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令に規定する廃棄物の収集、運搬、処分等の基準及び海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律施行令に規定する埋立場所等に排出する廃棄物の排出方法に関する基準の改正について公布日：平成4年8月31日 環水企182号」の規定に従うためであり、その抜粋を以下に示す。

1 一般廃棄物処理基準
(3) 埋立処分の基準
エ 特別管理一般廃棄物であるばいじんを令第4条の2第2号ロの規定に基づき厚生大臣が定める方法により処分し又は再生したことにより生じた廃棄物の埋立処分に当たっては、あらかじめ環境庁長官が定める基準に適合するものにしなければならないこととした。なお、平成4年環境庁告示第42号の第1中「金属等が溶出しない」とは、令第6条の4第3号イ(1)及び(2)に規定するばいじんを処分するために処理したものに係る金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める総理府令（昭和48年総理府令第5号、以下「総理府令」という。）で定める基準に適合することをいう。

表6 廃棄物発電施設から発生する焼却灰、飛灰処理物の最終処分物としての溶出基準

対象物質	埋立処分判定基準
アルキル水銀化合物 (mg/l)	不検出
水銀又はその化合物 (mg/l)	0.005
カドミウム又はその化合物 (mg/l)	0.3
鉛又はその化合物 (mg/l)	0.3
六価クロム化合物 (mg/l)	1.5
砒素又はその化合物 (mg/l)	0.3
PCB (mg/l)	0.003
セレン又はその化合物 (mg/l)	0.3
ダイオキシン類 (ng-TEQ/g)	3

※1 : 金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令最終改正：平成18年12月15日環境省令第36号別表第1

※2 : 廃油、廃酸、廃アルカリは、埋立処分禁止。

#### 地方自治体による試験の運用事例

下表に、北九州市を例として、焼却灰、ばいじんおよび排水処理汚泥の試験の運用事例を示す。

表 7 焼却灰、ばいじん及び排水処理汚泥の試験（北九州市環境整備協会による提供資料）

区分	試験項目	焼却灰	ばいじん (処理前)	ばいじん (処理後)	排水処理汚 泥	検体数				
溶出試験	pH	4 回/年 ×2 工場 (日明、皇后 崎工場) (8 検体)	4 回/年 ×3 工場 (12 検体)	4 回/年 ×3 工場 (12 検体)	4 回/年 ×2 工場 (日明、皇后 崎工場) (8 検体)	40				
	COD					40				
	カドミウム					40				
	シアン					40				
	有機燐					40				
	鉛					40				
	六価クロム					40				
	砒素					40				
	総水銀					40				
	アルキル水銀 *1					40				
	PCB					40				
	セレン					40				
	低沸点化合物 *2								4 回/年	8
	1,4-ジオキサン								×2 工場	8
	チウラム								(日明、皇后 崎工場)	8
シマジン				(8 検体)	8					
チオベンカルブ					8					
成分試験	カドミウム	2 回/年 ×2 工場 (日明、皇后 崎工場) (4 検体)	2 回/年 ×3 工場 (6 検体)		2 回/年 ×2 工場 (日明、皇后 崎工場) (4 検体)	14				
	シアン					14				
	有機燐					14				
	鉛					14				
	六価クロム					14				
	砒素					14				
	総水銀					14				
	アルキル水銀 *1					14				
	PCB					14				
	セレン					14				
含水率	14									

備考

\*1 アルキル水銀は、総水銀が検出された場合に限り試験を行うもの。

\*2 低沸点化合物は以下の 11 項目である。

- ①トリクロロエチレン、②テトラクロロエチレン、③ジクロロメタン、④四塩化炭素、⑤1,2-ジクロロエタン、⑥1,1-ジクロロエチレン、⑦シス-1,2-ジクロロエチレン、⑧1,1,1-トリクロロエタン、⑨1,1,2-トリクロロエタン、⑩1,3-ジクロロプロペン、⑪ベンゼン

## 2.4.2 環境影響評価

環境影響評価については、事業の内容・種類により AMDAL（環境影響分析）、UKL-UPL（環境管理プログラム及び環境モニタリングプログラム）の提出が必要となる。<sup>15</sup> AMDAL 及び UKL-UPL については 2009 年 10 月 3 日付第 32 号新環境法を参照した。<sup>16</sup> それぞれの概要を以下に示す。

### AMDAL（環境影響分析）

計画された事業または活動の環境に対する重大な影響について調査するものであり、事業または活動の操業に関わる意思決定に必要とされる。環境に重大な影響をもたらす全ての事業または活動は、AMDAL を行わなければならない。

1. 重大な影響は、以下の各項に係る基準に基づき決定される。
  - a. 計画された事業または活動によって影響を受ける住民の数
  - b. 影響を及ぼす地域の大きさ
  - c. 影響の強さと期間
  - d. 影響を受けるその他の環境の構成要素の量
  - e. 影響の累積の特徴
  - f. 影響の可逆性または不可逆性
  - g. 科学の発展または技術開発に伴って必要と判断されるその他の基準
  
2. AMDAL を行わなければならない事業または活動の重大な影響は、次の各項からなる。
  - a. 陸地及び景観の形状の変化
  - b. 天然資源、再生可能資源、及び非再生可能資源の利用
  - c. 環境汚染または環境損失を引き起こすような可能性のある工事または活動だけ、及び天然資源の利用に伴うその乱用または劣化
  - d. 社会的、文化的な環境、並びに自然環境、人工環境に影響を及ぼす可能性を持つ工事と活動
  - e. 自然資源保護地域の保全や文化保護区の保全に影響を及ぼす可能性を持つ工事と活動
  - f. 植物、動物及び微生物の導入
  - g. 生物学的物質、または非生物学的物質の生産と使用
  - h. 廃棄物を発生させる、または天然資源への影響、悪化を引き起こす可能性のある工事及び活動
  - i. 高い危険性をもつ活動、または国家の安全に影響を及ぼす活動
  - j. 潜在的に環境に影響を及ぼすと予測される技術の利用

AMDAL を実施しなければならない事業または活動の種類の詳細な規定は、大臣令によ

<sup>15</sup> JETRO、インドネシア投資制度—外国企業の会社設立手続き・必要書類「外国企業の会社設立手続き・必要書類」詳細：[https://www.jetro.go.jp/jfile/country/idn/invest\\_09/pdfs/010012700309\\_011\\_BUP\\_00.pdf](https://www.jetro.go.jp/jfile/country/idn/invest_09/pdfs/010012700309_011_BUP_00.pdf)

<sup>16</sup> 環境省、2009 年第法律 32 号 環境保護と管理に関する法律：

<https://www.env.go.jp/air/tech/ine/asia/indonesia/files/law/files/I00.pdf>

り定められている。

3. AMDAL の文書は、次の各項からなる。
  - a. 計画された事業または活動の影響の分析
  - b. 計画された事業または活動の場所の周辺の社会活動の評価
  - c. 計画された事業または活動への人々の世論のほか、事業に対する意見、反映
  - d. 計画された事業または活動で生じると考えられる影響の量の概算と重大な影響
  - e. 環境に好ましいか、好ましくないか決定するための生じる影響に関する全体的な評価
  - f. 環境管理・モニタリング計画
4. 第 22 条に規定する AMDAL の文書は、発案者により作成され、コミュニティの参加を得ることが必要である。コミュニティには、活動が実施される前に通知され、透明性が確保された完全な情報の供給の原則に基づき参加を得るものとする。コミュニティは、AMDAL 文書への反対意見を提示することができる。規定されているコミュニティは、以下に掲げる団体等である。
  - a. 影響を受ける団体
  - b. 環境に関心を有する団体
  - c. AMDAL の過程において、あらゆる決定により影響を受ける団体
5. AMDAL の文書は、各々の権限に応じ大臣、州知事、県知事、市長により設立された AMDAL 委員会で判定される。

#### UKL-UPL (環境管理プログラム及び環境モニタリングプログラム)

環境に大きな影響を与えないよう事業または活動を管理、モニタリングするものであり、事業または活動の操業に関わる意思決定に必要とされるものである。第 23 条第 1 項に規定される AMDAL 必須要件から除外される事業や活動は、UKL-UPL を作成しなければならない。知事または県知事／市長が UKL-UPL を作成しなければならない事業や活動の種類を決定する。第 35 条 第 34 条第 2 項に規定される UKL-UPL を作成しなくてもよい事業や活動は、環境を管理し、監視することを承諾することに関する声明の文書を作成しなければならない。UKL-UPL、及び環境を管理し、監視することを承諾することに関する声明に関する詳細は、大臣規則により定める。詳細は 2010 年 5 月 7 日付環境担当国務大臣規定 2010 年第 13 号を参照。

規定される事業または活動の種類は、以下の基準に基づき定める。

- a. 第 23 条第 1 項に規定さる、重大な影響の種別に該当しないこと
- b. 零細企業、及び小規模の事業活動

また現地でのヒアリング調査によれば、廃棄物発電事業にかかる環境影響評価について

は SKRK（都市計画証明書）についても、提出が求められる。

## 2. 5 環境規制値（その他の公害防止条件）

### 2.5.1 騒音基準

インドネシアの「騒音基準に関する環境大臣令（1996 年第 48 号）（Decree of the State Minister of Environment, Number: KEP-48/MENLH/11/1996 regarding Noise Level Standard）」に基づく騒音基準値を、下表に示す。

表 8 騒音基準

土地利用/活動環境	騒音レベル dB(A)	土地利用/活動環境	騒音レベル dB(A)
a 土地利用		b 活動環境	
1. 住居及び居住	55	1. 病院又は同等の活動	55
2. 商業及びサービス	70	2. 学校又は同等の活動	55
3. 事務所及び商業	65	3. お祈り所又は同等の活動	55
4. 緑地	50		
5. 工業	70		
6. 官庁及び商業	60		
7. レクリエーション施設	70		
8. 特定施設：			
空港	*		
駅	*		
港	70		
文化財	60		

注\* 運輸通信省の関係規制を適用。

### 2.5.2 振動基準

インドネシアの「振動基準に関する環境大臣令（1996 年第 49 号）（Decree of the State Minister of Environment, Number: KEP-49/MENLH/11/1996 on Vibration Level Standard）」に基づく振動基準値を、表 9～12 に示す。



表 9 快適性及び健康に関する振動基準

周波数 (Hz)	振動レベル (x10 <sup>-6</sup> m)			
	影響なし	やや影響あり	不快である	弊害がある
4	<100	100-500	>500-1000	>1000
5	<80	80-350	>350-1000	>1000
6.3	<70	70-275	>275-1000	>1000
8	<50	50-160	>160-500	>500
10	<37	37-120	>120-300	>300
12.5	<32	32-90	>90-220	>220
16	<25	25-60	>60-120	>120
20	<20	20-40	>40-85	>85
25	<17	17-30	>30-50	>50
31.5	<12	12-20	>20-30	>30
40	<9	9-15	>15-20	>20
50	<8	8-12	>12-15	>15
63	<6	6-9	>9-12	>12

変換：振動加速度 =  $(2\pi f)^2 \times$  振動変位

振動速度 =  $2\pi f \times$  振動変位

$\pi = 3.14$

表 10 損害の影響による機械振動基準

周波数 (Hz)	振動速度 (mm/秒)			
	分類 A	分類 B	分類 C	分類 D
4	<2	2-27	>27-140	>140
5	<7.5	7.5-25	>25-130	>130
6.3	<7	7-21	>21-110	>110
8	<6	6-19	>19-100	>100
10	<5.2	5.2-16	>16-90	>90
12.5	<4.8	4.8-15	>15-80	>80
16	<4	4-14	>14-70	>70
20	<3.8	3.8-12	>12-67	>67
25	<3.2	3.2-10	>10-60	>60
31.5	<3	3-9	>9-53	>53
40	<2	2-8	>8-50	>50
50	<1	1-7	>7-42	>42

注：

分類 A 損害の原因にはならない

分類 B 塗壁にひびを与える可能性あり（構造材壁にひびやぐらついた塗壁がある）

分類 C 構造材壁部分損害の可能性あり

分類 D 構造材壁の損害

表 11 建物別の機械振動基準

分類	建物の種類	振動速度 (mm/秒)			
		基礎部分			階層部分 最上階
		周波数			周波数混合
		< 10Hz	10-15 Hz	50-100 Hz*	
1	商業目的の建物、工業建物及び同様の建物	< 10	20-40	40-50	40
2	住宅及び同様の設計及び利用目的の建物	5	5-15	15-20	15
3	1 と 2 以外の振動に敏感な構造物であり、文化財などの文化的価値のあるもの	3	3-8	8-10	8.5

注：\*周波数が 100Hz 以上の場合、少なくともその欄の数値を使用しなければならない。

表 12 衝撃振動基準

分類	建物の種類	振動速度 最大値 (mm/秒)
1	特別用途で歴史的価値の高い古代建築物	2
2	壁に目視できるひびの損害がある建物	5
3	塗壁にひびが認められるなどわずかな損害があるものの、技術的には良好な状態である建物	10
4	「頑丈な」建物（コンクリート又は鉄筋構造による工業建物など）	10-40

2.5.3 排水基準

インドネシアの「産業活動からの排水基準に関する環境大臣令（1995 年第 51 号）（Ministerial Decree No. KEP-51/MENLH/10/1995, The Liquid Waste Quality Standard for Industrial Activities, Decree of the State Minister of Environmental Affairs, Number: KEP-51/MENLH/10/1995 Dated: 23 October 1995）」に基づく産業排水基準を表 13 に示す。本廃棄物焼却発電施設では、プラント排水は排水処理設備で処理した後に燃焼排ガス冷却用に噴霧するため、施設外への放流は基本的に行わないシステムとしているが、やむを得ず場外へ排水を放流せざるを得ない場合が発生することを考慮し、排水処理設備は本表記載の基準値を遵守可能な仕様とする。

特定業種に指定されていない一般の工場の排水については、30 の項目につき排水処理施設のレベルに応じて 2 種類の排水基準が設定されている。高度な排水処理を行っている工場には I 類型の基準が、簡単な排水処理を行っている工場には II 類型の基準が適用される。I 類型については、日本の排出基準（国）と比較しても、大部分がより厳しい値である。ただし、ジャカルタ特別州、西ジャワ州、ジョグジャカルタ特別州、東ジャワ州、南カリマンタン州、東カリマンタン州は独自の排水基準を制定している。

表 13 排水基準（一般工場）

番号	項目	単位	最大濃度	
			I 類型	II 類型
	物性			
	温度	℃	38	40
	溶存固形物	mg/l	2,000	4,000
	浮遊懸濁物	mg/l	200	400
	科学物質			
1	pH		6-9	-
2	溶存鉄	mg/l	5	10
3	溶存マンガン	mg/l	2	5
4	バリウム	mg/l	2	3
5	銅	mg/l	2	3
6	亜鉛	mg/l	5	10
7	六価クロム	mg/l	0.1	0.5
8	全クロム	mg/l	0.5	1
9	カドミウム	mg/l	0.05	0.1
10	水銀	mg/l	0.002	0.005
11	鉛	mg/l	0.1	1
12	スズ	mg/l	2	3
13	ヒ素	mg/l	0.1	0.5
14	セレン	mg/l	0.05	0.5
15	ニッケル	mg/l	0.2	0.5
16	コバルト	mg/l	0.4	0.6
17	シアン	mg/l	0.05	0.5
18	亜硫酸	mg/l	0.05	0.1
19	フッ素	mg/l	2	3
20	遊離塩素	mg/l	1	2
21	アンモニア態窒素	mg/l	1	5
22	硝酸	mg/l	20	30
23	亜硝酸	mg/l	1	3
24	BOD <sub>5</sub>	mg/l	50	150
25	COD	mg/l	100	300
26	メチレンブルー活性物質 (MBAS)	mg/l	5	10
27	フェノール	mg/l	0.5	1
28	動植物性油脂	mg/l	5	10
29	鉱油	mg/l	10	50
30	放射能		他の基準に従う	他の基準に従う

#### 2.5.4 臭気基準（大気環境中有害物質）

インドネシア国における大気環境中の有害物質の環境基準「悪臭排出基準に関する環境大臣令（1996 年第 50 号）（Decree of the State Minister of Environment, Number: KEP-50/MENLH/11/1996 on Odor Level Standard）に基づく悪臭排出基準を下表に示す。

表 14 一つの臭気物質より発生する悪臭

No	種類	単位	限界値	測定方法	測定機器
1	アンモニア (NH <sub>3</sub> )	ppm	2.0	インドフェノール法	分光光度計
2	メチルメルカプタン (CH <sub>3</sub> SH)	ppm	0.002	ガス吸収法	ガスクロマトグラフ
3	硫化水素 (H <sub>2</sub> S)	ppm	0.02	a. チオシアン酸水銀法 b. ガス吸収法	分光光度計
4	硫化メチル ((CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S)	ppm	0.01	ガス吸収法	ガスクロマトグラフ
5	スチレン (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CHCH <sub>2</sub> )	ppm	0.1	ガス吸収法	ガスクロマトグラフ

また、複数の臭気物質により発生する悪臭の限界値は、8 人以上のグループの内、半数以上が感知できるレベルとする。

## 2.6 地球温暖化対策の現状

2009年9月のG20ピッツバーグ・サミットにおいて、2020年までに温室効果ガスの排出量をBAU (Business as usual、対策がなされなかった場合) 比で26%削減すること、更に国際的な支援を受けて41%削減することが、ユドヨノ前大統領によって表明された。これを受けて、国家開発企画庁 (BAPPENAS) が国家行動計画 (RAN-GRK) を策定、2020年までの温室効果ガス削減目標が分野別に掲げられた。廃棄物分野においては、ゴミ処理場開発、都市部における3Rおよび下水システムによって、温室効果ガスを48メガトン-CO<sub>2</sub>削減することが目標となっている<sup>17</sup>。地方に目を移すと、国家行動計画に呼応して、インドネシアの33州では「温室効果ガス排出削減に係る地方（州別）行動計画 (RAD-GRK)」の策定が進んでいる。今後、スラバヤ市においても、温室効果ガスのマネジメントが求められることが想定される。

JCM に関しては、2013 年 8 月 26 日に二国間文書への署名がなされ、2014 年 10 月までに 3 回の合同委員会が開催された。第 3 回目の合同委員会では、第 1 号プロジェクトが承認されるに至った。

<sup>17</sup> 新メカニズム情報プラットフォーム  
<http://www.mmechanisms.org/country/IDN.html#nap>

## 2. 7 現地での機器調達および工事の実施能力

本事業に実現においては、自治体が支払う廃棄物処理費に多くを期待できないため、優遇的な電力の固定買取り制度と共に、施設整備費及び維持管理費の削減が必要となる。このためにも、施設整備費に係る現地での機器調達および現地での工事実施能力が重要である。インドネシアでは、歴代の政権により、軽工業、資源加工業及び重工業のすべてを備えたフルセット主義による工業政策がすすめられてきたこともあり、また、我が国からの二輪車及び自動車の輸送機器製造業の進出が積極的に進められていることもあり、本事業における現地での機器調達が可能なレベルとなっている。また、工事の実施能力についても、日系企業の工場建設に伴い、我が国の総合建設業も多くが進出しており、工事実施の実績を豊富に持っている。事業化段階においては、現地で建設する廃棄物発電施設の機器の性能及び価格について、中国等の第三国調達との比較を詳細に進めることとなる。

## 第3章 廃棄物の組成・性状等調査

### 3.1 方法

#### 3.1.1 調査対象ごみの選定

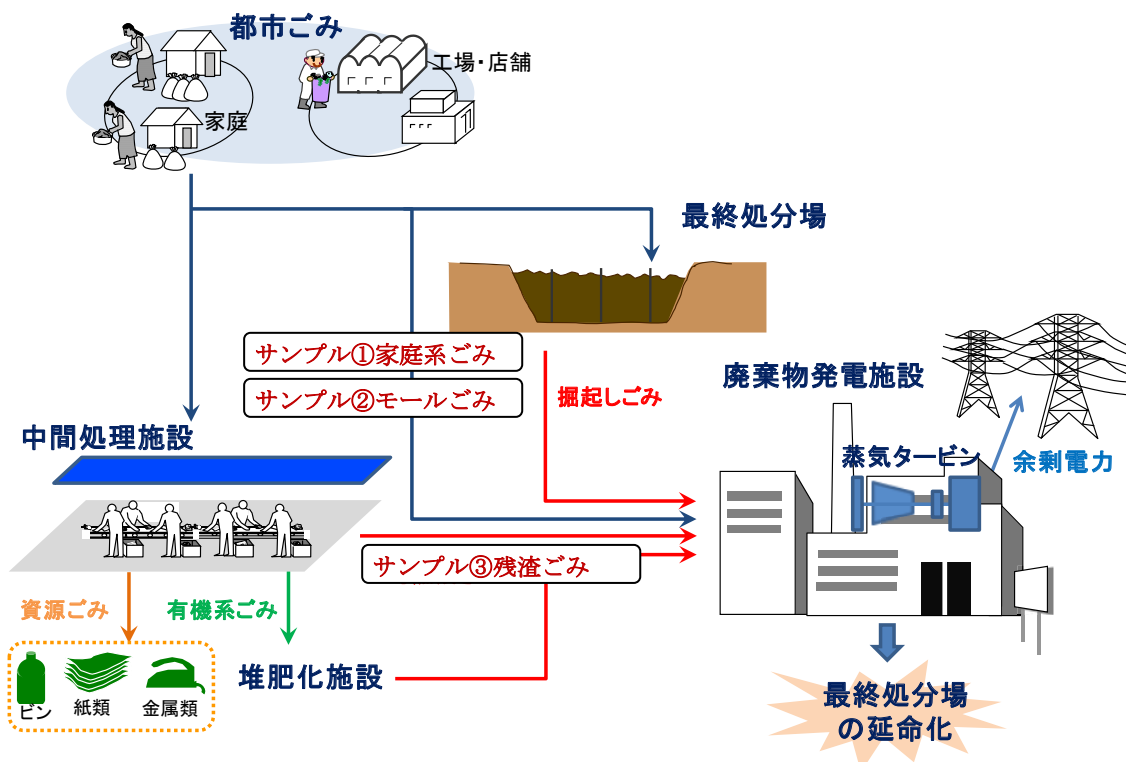


図 17 サンプルングの対象ごみ (①~③)

組成調査の目的は、焼却発電を実施するために必要な、日量合計 600 トン規模、かつ 1500～2000kcal/kg 程度の発熱量を有する対象ごみを確保することにある。そのために、ブノウォ最終処分場への搬入量の約 8 割を占める家庭ごみ（スンバオーガニック社提供の搬入量データによる）の他に、より高い発熱量を持つごみの排出源を調査の上、サンプルングし、それらの物理組成を分析する。高い発熱量を持つごみの排出源の候補としては、工場・商業施設や、西原商事が推進する中間処理施設であるスーパーデポ、および堆肥化センターの残渣、さらには最終処分場の掘り起しごみなどが想定される。

対象ごみの検討の優先順位としては、まずは都市ごみのうち、量の確保が確実にできる家庭系ごみの焼却発電への適性を確認する。また、都市ごみの中で、特定の商業施設などの排出源から高発熱量のごみが確保できるかを調査する。

都市ごみだけでは発熱量が不足するようであれば、今後事業規模の拡大を想定している、中間処理施設スーパーデポの残渣ごみを混合する。堆肥化施設は未だ稼働を開始していないので、現段階の検討対象からは外れる。

それでも発熱量が不足するようであれば、最終処分場の掘り起しごみの混合を検討することになる。ただし、最終処分場の埋め立てごみの掘り起しは、コストがかかること及びスラバヤ市からの処理費に徴収が困難であることからため、優先順位としては最後となる。

以上より、上図にて示した通り、組成調査では家庭系ごみ（サンプル①）の他、西原商事が事業規模拡大を目指す、スーパーデポの残渣ごみ（サンプル③）を対象とした。また、ブノウォ最終処分場を運営する PTSO へのヒアリングに基づき、高発熱量のごみを含むことが予想されるショッピングモールや商業施設から排出される、モールごみ（サンプル②）を対象とした。

### 3. 1. 2 実施体制

北九州環境整備協会によるごみサンプリングと組成分析方法の指導の下、日立造船と NTT データ経営研究所が参加して、現地での作業を行った。またスラバヤでは、西原商事、スラバヤ工科大学(ITS)、スンバオーガニック社の協力を得て行った。

### 3. 1. 3 スケジュール

組成調査は第1回（乾季）と第2回（雨季）の計2回にわたって実施し、各回について①家庭系ごみ、②モールごみ、③スーパーデポ残渣ごみの3サンプルを採取、分析を行った。サンプリング及び組成分析実験のスケジュールは以下の通りである。

表 14 組成調査スケジュール

#### a) 第1回 乾季

日程	サンプリング
1日目	サンプリングと分析実験の機材調達 ITS でのミーティング
2日目	スーパーデポでのサンプリング（③スーパーデポ残渣ごみ） →ITS にて湿潤重量を計量 PTSO でのミーティング
3日目	ブノウォ最終処分場でのサンプリング（①家庭系ごみ） →ITS にて湿潤重量を計量
4日目	ブノウォ最終処分場でのサンプリング（②モールごみ） →ITS にて湿潤重量を計量
5日目	ITS でのミーティング

日程	組成分析実験
サンプリング後	サンプル①～③を、それぞれ5日間 ITS 実験室で乾燥 →乾燥重量を計量し、各サンプルの水分量(%)を算出
～10月5日	ITS 実験室にてサンプルを保管
10月6～10日	ITS 実験室にて組成分析実験
～10月末	分析結果のとりまとめ

b) 第2回 雨季

日程	サンプリング
1日目	サンプリングの機材調達 ITSでのミーティング
2日目	スーパーデポでのサンプリング (③スーパーデポ残渣ごみ) →ITSにて湿潤重量を計量 PTSOでのミーティング
3日目	ブノウオ最終処分場でのサンプリング (①家庭系ごみ) ブノウオ最終処分場でのサンプリング (②モールごみ)
4日目	→ITSにて湿潤重量を計量
5日目	ITSでのミーティング

日程	組成分析実験
サンプリング後	サンプル①～③を、それぞれ5日間ITS実験室で乾燥 →乾燥重量を計量し、各サンプルの水分量(%)を算出
11月下旬	ITS実験室にて組成分析実験
～11月末	分析結果のとりまとめ

### 3. 1. 4 サンプリング方法及び組成・性状分析方法

サンプリング及びごみ組成・性状分析の方法は、環境省の法令・告示・通達（昭和52年11月4日環整第95号厚生省環境衛生局水道環境部長通知）、「一般廃棄物処理事業に対する指導に伴う留意事項について」に記載の手法に準じた。

(<http://www.env.go.jp/hourei/syousai.php?id=11000013>)

#### サンプリング方法

サンプリングは、四分法による縮分を4～5回行い、十分に細分、混合された状態で、最終的に各4～5kg程度のサンプルを得た。各サンプルの内容は、下表の通りである。ただしモールごみサンプルについては、トラックによって水分量、組成等の中身にばらつきが大きいことが判明したため、本調査の目的に沿って、水分量の多いモールごみのトラックはサンプリング対象から外し、水分量の比較的少なかった1台を選んでサンプリングを行うこととした。



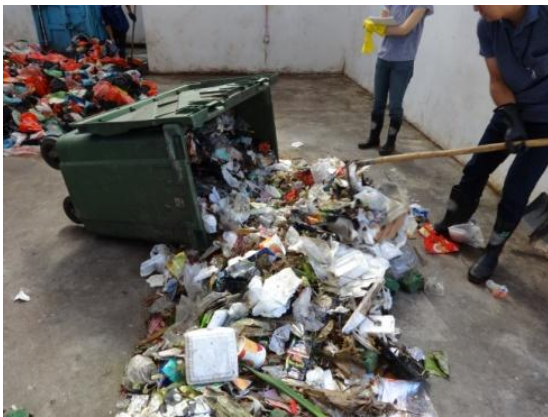
表 15 組成調査のサンプル

a) 第1回 乾季

サンプル名	排出源	縮分前重量
①家庭系ごみ	Depo Penjaringan Sari Depo Pondok Indah Benowo Depo Lidah Wetan Perumahan Permata Sawira Lidah Kulon	トラック 4 台か ら合計約 200kg
②モールごみ	Jembatan Merah Plaza	トラック 1 台、約 100kg
③スーパーデポ残渣ごみ	スーパーデポの分別残渣	100kg 強

b) 第2回 雨季

サンプル名	排出源	縮分前重量
①家庭系ごみ	Depo Tambak Asri Depo Kampung Simo Hilir Depo Griya Citra Asih	トラック 3 台か ら合計約 150kg
②モールごみ	Jembatan Merah Plaza	トラック 1 台、約 100kg
③スーパーデポ残渣ごみ	スーパーデポの分別残渣	100kg 強



選別残さ



袋の開封状況



ハサミで残さを 10~20cm 四方に切断

縮分作業 (5~6 回繰り返し)



分析用試料



試料袋に入れラボへ搬入

図 18 スーパーデポでの選別残さのサンプリングの様子



搬入された家庭系廃棄物



バックホウで採取



搬入車両 1 台につき約 40~50kg を採取



作業ヤードへの搬入

図 19 ブノウォ処分場におけるサンプリングの様子

### 分析項目

分析の項目は、下表に示す種類組成、三成分及び低位発熱量とした。

ただし、今回の調査に協力したスラバヤ工科大学のラボには発熱量計がなかったため、推定式にて低位発熱量を求めた。

なお、分析方法は、本項記述の通り、昭和 52 年 11 月 4 日環整第 95 号厚生省環境衛

生局水道環境部長通知に準じた。

表 16 分析項目

項目	内容
三成分	水分、可燃分、灰分
発熱量	低位発熱量
種類組成	紙、繊維、プラスチック、ゴム・皮革、木・草 厨芥、金属類、ガラス、石・陶磁器、雑物

### 試料分析

試料分析はスラバヤ工科大学の全面的な協力を得て、大学の実験室の機器を使用し分析を実施した。

#### (1) 水分測定

水分の測定は温風式乾燥機を使用し、80℃で 5 日間、試料を乾燥させ、水分量を測定した。



乾燥前の試料重量の測定



乾燥機状況

図 20 水分測定の様子

#### (2) 種類組成

乾燥した試料を、①紙、②繊維、③プラスチック、④ゴム・皮革、⑤木・草、⑥厨芥、⑦金属類、⑧ガラス、⑨陶磁器・石、⑩雑物に分類し、それぞれの重量を測定し各組成比率を求めた。



各組成を手選別



分別後

図 21 種類組成分類作業の様子

### (3) 試料粉砕

各組成に分類した試料は、不燃物である金属類、ガラス類、陶磁器・石を除き約 2～3mm 以下に粉砕し、可燃分測定に供した。

ラボにはウィレー式粉砕機等の機器がなかったため、ミートミル（ミンチ製造機）を代用して粉砕作業を行った。繊維についてはミートミルでは粉砕できないため、ハサミにて細かく裁断した。



ミートミルを 4 台設置



粉砕状況



繊維をハサミで細かく裁断



粉砕後の試料

図 22 試料粉砕作業の様子

#### (4) 可燃分測定

粉碎した試料は、組成ごとに電気炉を用い、800℃で2時間、燃焼させ可燃分を測定した。



電気炉



燃焼状況



燃焼前



燃焼後



燃焼後、デシケータで放冷



ルツボの計量

図 23 可燃分測定の様子

#### (4) 低位発熱量

発熱量については、三成分による下記の推定式を用いて求めた。

低位発熱量推定式

$$HI = 45V - 6W \text{ (kcal/kg)}$$

V : 可燃分 (%)      W : 水分 (%)

### 3. 2 組成・性状分析結果および考察

対象サンプルの組成および性状分析結果を次表に示す。

特に、廃棄物発電実施の検討に必須なパラメータとなる、水分と発熱量については、家庭系ごみの発熱量は、2回とも1300kcal前後と、当初予想より高い値が得られた。スーパーデポ残渣ごみについては、2回とも当初予想より水分が高く、したがって発熱量は1300～1400kcal程度と当初予想より低く、選別後の残渣ごみにも生ごみがかなりの割合で含まれることが影響していることが分かった。

一方、モールごみの発熱量は、第1回目は2570kcalと高く、第2回目は家庭ごみ並みの1360kcalと大きな差があった。家庭系ごみとスーパーデポ残渣ごみについては、2回の結果に再現性が確認されたが、モールごみは性状のばらつきが大きいという結果になった。

表 17 ごみ質分析結果

項目		測定値					
		①家庭系		②モール		③スーパーデポ残渣	
		第1回 乾季	第2回 雨季	第1回 乾季	第2回 雨季	第1回 乾季	第2回 雨季
種類組成 (%)	紙	15.3	5.6	29.5	29.5	38.9	23.5
	繊維	8.3	2.8	27.9	8.6	8.9	8.4
	プラスチック	22.0	21.1	27.9	23.6	20.2	27.3
	ゴム・皮革	1.0	0.1	0.4	0.6	0.0	0.1
	木・草	9.1	8.3	7.7	5.8	13.1	9.8
	厨芥	19.6	30.2	3.2	19.7	8.1	3.1
	金属類	1.9	0.0	0.4	1.0	0.1	0.0
	ガラス	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	陶磁器・石等	3.0	3.0	0.0	0.0	0.3	1.1
	雑物	19.7	28.9	3.0	11.2	10.4	26.7
三成分 (%)	水分	53.4	51.2	33.3	54.2	54.4	58.1
	可燃分	36.7	34.7	61.5	37.3	38.5	37.0
	灰分	9.9	14.1	5.2	8.5	7.1	4.9
低位発熱量 (kcal/kg)		1330	1250	2570	1360	1410	1320
低位発熱量 (kJ/kg)		5570	5250	10750	5670	5890	5510

組成比率を乾季及び雨季の平均でみると、家庭系では厨芥類が最も多く 24.9%、ついで雑物が 24.3%、プラスチックが 21.6%であった。モール系では紙類が最も多く 29.5%、ついでプラスチックが 25.8%、繊維類が 18.3%であった。スーパーデポの残さでは紙類が最も多く 31.2%、ついでプラスチックが 23.8%、雑物が 18.6%であった。いずれの廃棄物もプラスチックの割合が 20%を超えていた。また、金属類、ガラス類などの不燃物の割合については、いずれのサンプルも 0~3%と低く、処分場およびスーパーデポへの搬入前の段階で、何らかの分別回収がなされていることが推察された。

本分析結果を受けた組成調査の課題としては、雑物割合が平均 20%程度と高く出てしまい、また有機物(厨芥)の割合は平均 20%台と現状認識よりも大幅に低く、組成調査の精度を向上させ、再分析を行う必要があると言える。排出削減量算定の観点からも、組成調査・分析を精緻化する必要がある。特に有機物(厨芥)に関しては、インドネシアの他地域、東南アジアの他地域と比較しても割合が低く、調査の精度を向上させる必要もある。なお、組成の割合が変化しても、燃焼カロリーには変化はない。

計 2 回の組成調査の結果から、最終処分場に搬入されるごみの約 80%を占める家庭系ごみの発熱量は平均 1300kcal/kg 程度あり、廃棄物発電所のピットで水切りを行えば必要発熱量を確保することができることが判明した。家庭系ごみは十分な量が見込めるために、単独でも焼却発電が出来る可能性が高い。

一方、スーパーデポの選別残渣ごみについては、発熱量が当初予想より低く、家庭系ごみと変わらないレベルであったため、また現時点では量の確保も難しいことから、焼却発電の対象ごみとしては除外するのが適当と判断された。さらに、家庭系ごみの発熱量が高かったことから、最終処分場の掘起しごみについては、現時点では不要と考えられる。

### 3. 3 処分場におけるごみ収集トラックの展開チェック

発熱量の高いごみを探すため、ブノウォ最終処分場のダンピングサイトにて、収集トラックのごみ展開チェックを第 1 回調査(乾季)の際に行った。ダンピングの際に、ごみの中身を目測でチェックすると同時に、トラック運転手へのヒアリングによって排出元を確認した。

現在、ブノウォ最終処分場敷地内のダンピングステーションは、7 箇所確保されているが、稼働しているのは、3 箇所である。3 箇所を排出源ごとに使い分けており、稼働レベルには大きな差がある。展開チェックにあたっては、それら 3 つのステーションを移動しながら、計 16 台のトラックを対象に調査した。展開チェックの対象トラックの排出源と台数を下表に示す。

表 18 展開チェックの対象トラック (計 16 台)

排出源	台数
ショッピングモール	6
家庭	4
市場	1
家庭と市場の混合	1
事務所	1
病院	1
港	1
排水溝の清掃	1

結果、展開チェックにより特に高い発熱量が予想されたのは、一部のショッピングモール、港、病院からのごみであった。特徴としては、モールごみは、プラスチックと布の割合が高い。港で排出されるごみは落ち葉・枝・木が約 95%を占めており、病院ごみはプラスチック 30%が、紙類が 20%、枯草 20%となっている。



図 24 展開チェックとヒアリングの様子

本章でまとめた組成・性状分析の結果と展開チェックの結果に基づき、次章にて、廃棄物発電施設で処理するごみの種類と性状について記す。



## 第4章 廃棄物発電の見積・設計

### 4. 1 廃棄物発電施設の基本計画

#### 4. 1. 1 廃棄物発電施設で処理するごみの種類・性状

焼却発電施設で処理するごみの種類としては、ブノウォ最終処分場への搬入量の約 8 割を占める家庭ごみをベースとし、かつ高発熱量のごみが多い方が望ましい。そこで、高発熱量のごみを探すために展開チェックを行った結果をもとに、処理するごみの構成を検討した。

モールからの収集トラックについては、サンプリング時と合計で 10 台近くを観察した結果、第 1 回のモールごみの発熱量 2570kcal/kg と第 2 回の発熱量 1350kcal/kg の平均値 1960kcal/kg より、モールごみの平均的な熱量を約 2000kcal/kg として推定することは妥当と考えられた。また、モールごみの搬入量は、スンバオーガニック社提供の搬入記録データより、日量平均 50 トンである。

また、同展開チェックより確認された、次に挙げる廃棄物については発熱量が高いと推察され、焼却発電に適するものと考えられる。

#### 1) 病院からの廃棄物

紙類、プラスチック類が多く不燃物がほとんどない。水分量も低く発熱量が 1800~2200 kcal/kg と推定される。

#### 2) 緑地の清掃時に大量に搬入される枯葉

枯葉なので水分量がほとんどなく、発熱量が 2500kcal/kg 前後と推定される。

これらの発生量については、スンバオーガニック社提供データによれば、病院ごみは日量 3~10 トン弱であり、枯葉ごみの発生量については確認できなかったが、合計で日量平均 10 トン程度と推定する。これらの廃棄物も、焼却発電の対象として考慮する。

以上をまとめると、焼却発電に利用する日量 600 トンのごみの構成は、高発熱量のごみを優先的に確保するものとし、推定平均約 2000kcal/kg の発熱量をもつモールごみ 50 トン/日と、モールごみと同程度の発熱量を持つと推定される病院ごみ・枯葉ごみを合わせて 10 トン/日、及び約 1300Kcal/kg の発熱量を持つ家庭系ごみ 540 トン/日を組み合わせる。ただし、病院ごみ・枯葉ごみについては分析をしていないため、便宜的にモールごみの分析結果を適用して、計 600 トンの推定平均性状を算出した。結果を下表に示す。

平均発熱量は 1360kcal/kg となる。600 トンの混合ごみはピットに投入し、そこで水切りを行うことで、1700kcal/kg 程度の適性発熱量に調整することが可能である。

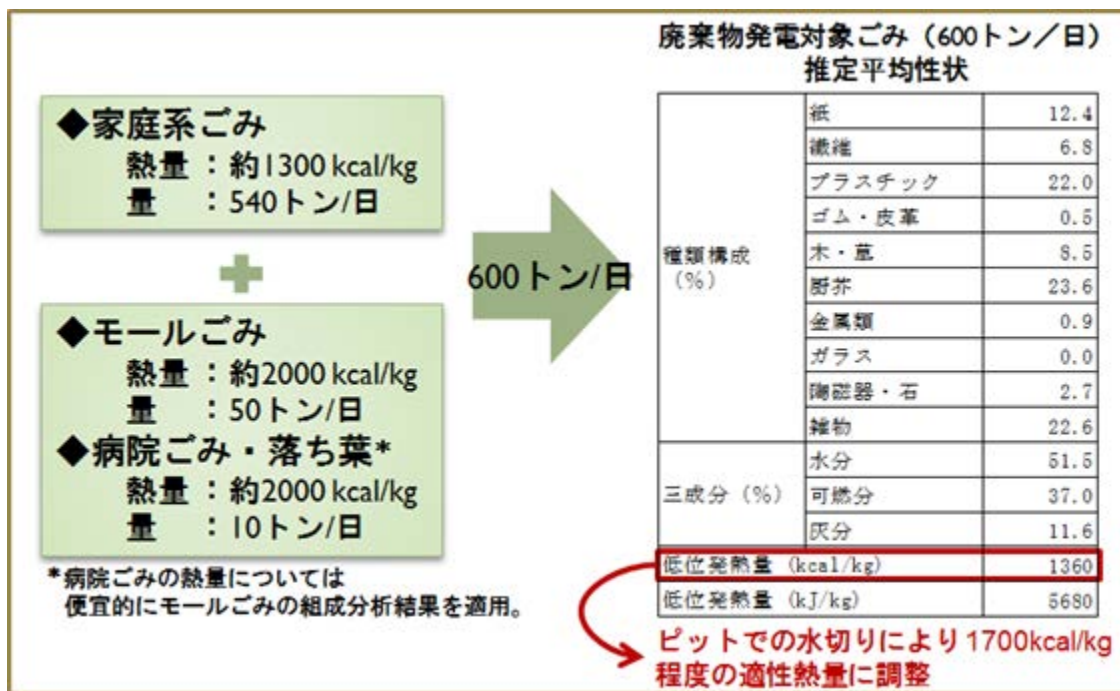


図 25 混合ごみ (600 トン/日) の構成と推定平均性状

#### 4. 1. 2 廃棄物焼却発電施設の計画概要

廃棄物焼却発電施設の処理容量は、600 トン/日 (300 トン/日×2 系列) と設定した。また年間稼働時間を 8,000 時間以上と設定し、経済性評価等を行った。処理ごみ (基準ごみ) の低位発熱量は、6919 kJ/kg (1653 kcal/kg)として計算している。

本施設の建設想定地は、前述の通りブノォ最終処分場の敷地内である。今後、地質調査を実施の上、建設地についての詳細検討を行う必要がある。

ユーティリティ条件としては、以下の項目について検討を行うことが必要である。

- ・電気
- ・用水
- ・排水
- ・助燃用燃料

上記のうち、特に助燃用燃料は、立ち上げ時のみ使用するものである。

次表に、本施設の用役収支をまとめる。

表 19 用役収支

焼却炉2炉運転		使用量	単位	備考	
項目		MCR			
電力量	売電電力	7,830	kW		
	発電電力	10,640	kW		
	焼却・建築設備消費電力	2,810	kW		
燃料	助燃量(軽油)	0	kg/年		
	立ち上げ時の助燃量(軽油)	141,279	kg/年	4回/年/各炉	
用水	上水	198	m <sup>3</sup> /日	休炉時：58 m <sup>3</sup> (15日間)	
油脂類	油圧作動油	3,250	L/年		
	潤滑油	750	L/年		
	グリース	50	kg/年		
薬	薬注置	清缶剤	6.54	kg/日	NALC07208
		脱酸剤	1.02	kg/日	Elimin-Ox
		復水処理剤	1.70	kg/日	Nalco Tri-Act1800
		保缶剤	306	kg/年	脱酸剤 272kg/年 復水処理剤 34kg/年
	排ガス処理設備	消石灰	7,104	kg/日	
		活性炭	134	kg/日	
		尿素	394	kg/日	
	純水置	亜硫酸ソーダ	0.19	kg/日	
		塩酸(35%)	33.6	kg/日	
		苛性ソーダ(20%)	52.7	kg/日	
陽イオン交換樹脂		34	L/年		
陰イオン交換樹脂		96	L/年		
飛灰処理設備	セメント	45	kg/日		
	防臭剤	876	L/年		
	殺虫剤	329	L/年		
その他薬品等	機器冷却塔冷却水	8.1	kg/日		
	冷凍機冷却塔冷却水	0.0	kg/日		

#### 4. 2 建設工事内容

##### 4. 2. 1 建設工事範囲

建設工事範囲は、以下の通りとする。

- (1)用地造成工事
- (2)高効率ごみ発電施設
- (3)前処理施設
- (4)ストックヤード
- (5)駐車場
- (6)洗車場
- (7)外構工事
- (8)井戸設置工事

#### 4. 2. 2 建設工期

想定される建設工期を下図に示す。基本設計と詳細設計を1年以内に終了させ、その年度より土木建築工事および機器類製造に着手し、1年間のプラント工事を経て、3年目の年央に工事を完了させる。その後、半年間の試運転を現地オペレータに対する運転教育を兼ねて実施し、4年目の初めから本格稼働を開始させる。

	年度 1				年度 2				年度 3				年度 4			
	四半期 I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
基本設計	■	■														
詳細設計		■	■	■												
土木建築工事			■	■	■	■	■	■	■							
プラント工事						■	■	■	■							
試運転										■	■	■	■			
運転教育										■	■	■	■	■		

図 26 廃棄物焼却発電施設建設工程表

#### 4. 2. 3 燃焼条件

現状では、インドネシアでは都市ごみ焼却炉向けの排ガス基準は存在しないが、下記のように提案する。

(1) 燃焼温度

1,000°C以上（850°C以上で十分と考える。）

(2) 燃焼ガス滞留時間

2秒以上（現状のベトナム基準を遵守する。）

(3) 酸素濃度

6～15%（日本などで採用されている酸素濃度換算基準の提案も考えられるが、現状の規制値の遵守は困難でないため、ここでの提案は見送る。）

(4) 大気排出ガス温度

180°C以下（触媒脱硝が必要な NO<sub>x</sub> 規制値が設定された場合は、緩和を要求する必要があるが、現状ではこの基準を遵守する計画とする。）

(5) 焼却炉外壁温度

60°C以下（日本では室温+40°Cで設計しており、やや厳しい基準である。）

## 4. 3 廃棄物発電施設の技術仕様

### 4. 3. 1 フローシート

廃棄物処理発電施設の全体像は、図 27 の通りである。フローシートを、章末に示す。

- ・図 28 ごみ・空気・主灰・飛灰フローシート
- ・図 29 排ガス処理設備フローシート
- ・図 30 ボイラ給水・蒸気・復水フローシート

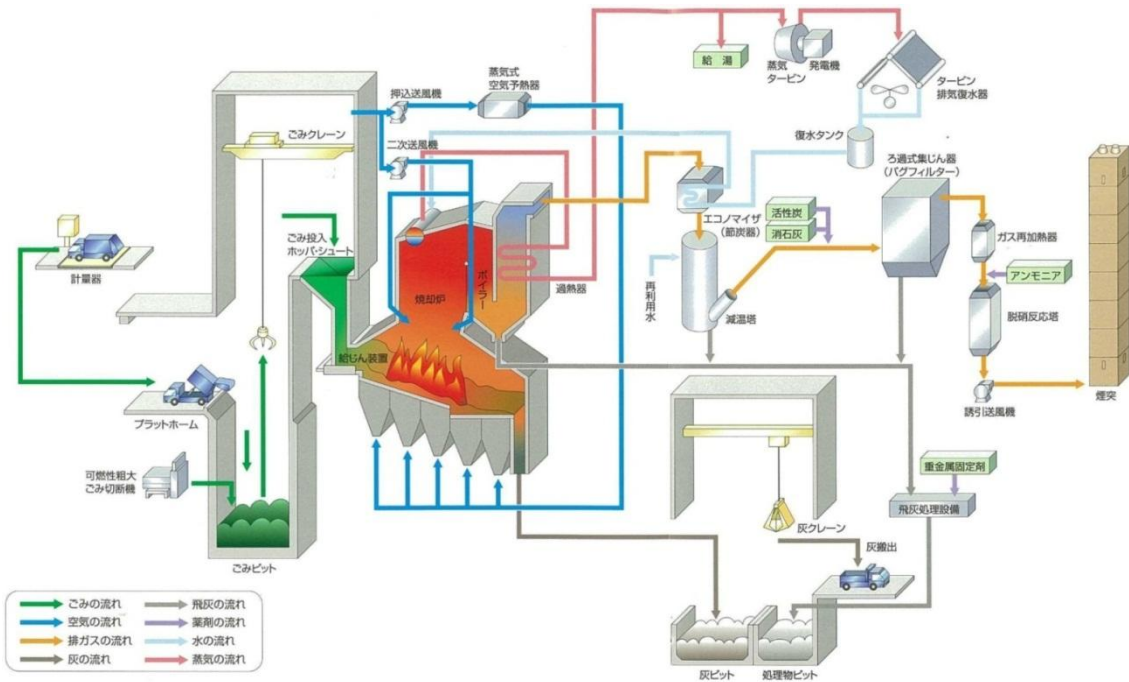


図 27 廃棄物発電施設の全体像

### 4. 3. 2 物質収支

廃棄物処理発電施設における物質収支を、章末に示す。

- ・図 31 ごみ・空気・排ガス・主灰・飛灰システム物質収支図
- ・図 32 給排水物質収支図
- ・図 33 ボイラ・給水・蒸気・復水系統物質収支（基準ごみ）

### 4. 3. 3 機器配置図

廃棄物処理発電施設の全体配置図、機器配置図を、章末に示す。

- ・図 34 全体配置図
- ・図 35 機器配置図（縦断面計画図）
- ・図 36 機器配置図（1階平面計画図）
- ・図 37 機器配置図（2階平面計画図）

#### 4. 4 建設費の試算

建設費は、9,485,580,000 円と試算された。内訳を以下に記す。

表 20 建設費内訳

項目	合計(百万円)
土木工事費	2,133
機電工事費	1,758
機器材料費	3,543
設計・管理費	1,253
一般管理費	798
合計	9,485

#### 4. 5 運転・維持管理費の試算

運転・維持管理費は、346,010,000 円/年と試算された。内訳を以下に記す。

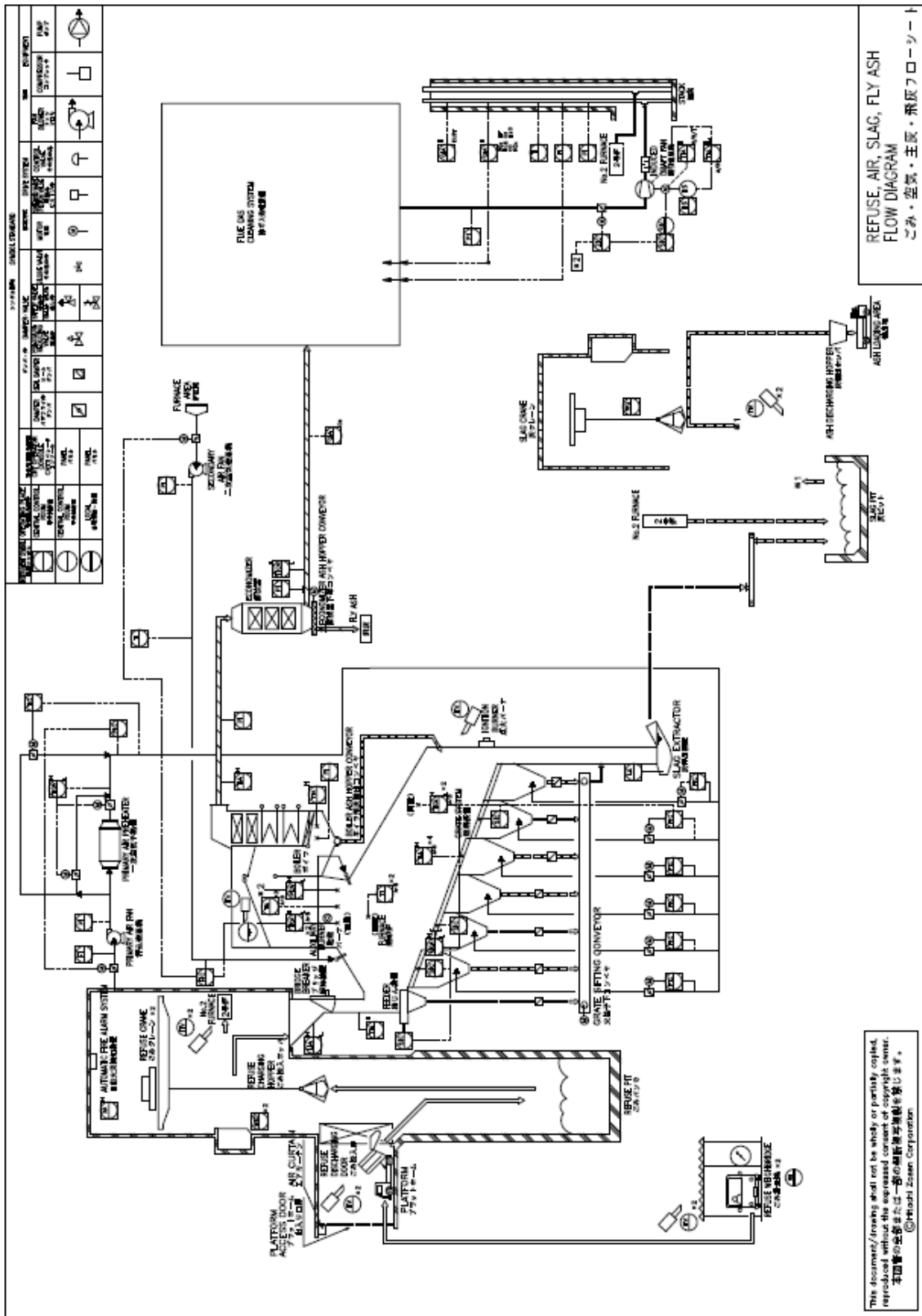
表 21 建設費内訳

項目	合計(百万円)
人件費	59.85
用役費	103.38
維持保守費	182.77
合計	346

施設の完成から 20 年間の事業期間の平均として求めた値で、人件費については、運転開始からの 3 年間は日本人指導員による技術移転を見込んでおり、その費用も含んだものである。4 年目以降は現地スタッフのみによる運転となる。

#### 4. 6 発電量・売電量の試算

本廃棄物焼却発電施設における 2 炉稼動時の発電量は、図 33 に示すように 10,640kW となる。また、本施設の所内で消費する電力量は、機械設備および建築設備を合わせて 2,810kW と推算した。その結果より、本施設からの売電可能電力量は、7,830kW となる。



設備名		仕様		設置場所		備考	
1	プラットフォーム	7.5 x 10 x 1.4		1F	ごみ		
2	ごみリフト	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	ごみ		
3	主灰リフト	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	主灰		
4	飛灰リフト	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	飛灰		
5	主灰コンクリート	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	主灰		
6	飛灰コンクリート	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	飛灰		
7	主灰貯留槽	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	主灰		
8	飛灰貯留槽	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	飛灰		
9	主灰コンクリート	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	主灰		
10	飛灰コンクリート	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	飛灰		
11	主灰コンクリート	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	主灰		
12	飛灰コンクリート	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	飛灰		
13	主灰コンクリート	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	主灰		
14	飛灰コンクリート	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	飛灰		
15	主灰コンクリート	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	主灰		
16	飛灰コンクリート	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	飛灰		
17	主灰コンクリート	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	主灰		
18	飛灰コンクリート	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	飛灰		
19	主灰コンクリート	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	主灰		
20	飛灰コンクリート	2.0 x 1.0 x 1.0		1F	飛灰		

図 28 ごみ・空気・主灰・飛灰フローシート

This document/drawing shall not be wholly or partially copied, reproduced without the expressed consent of copyright owner.  
 本図書の盗用または一部の無断複製を禁じます。  
 ©Hiroshi Zosen Corporation

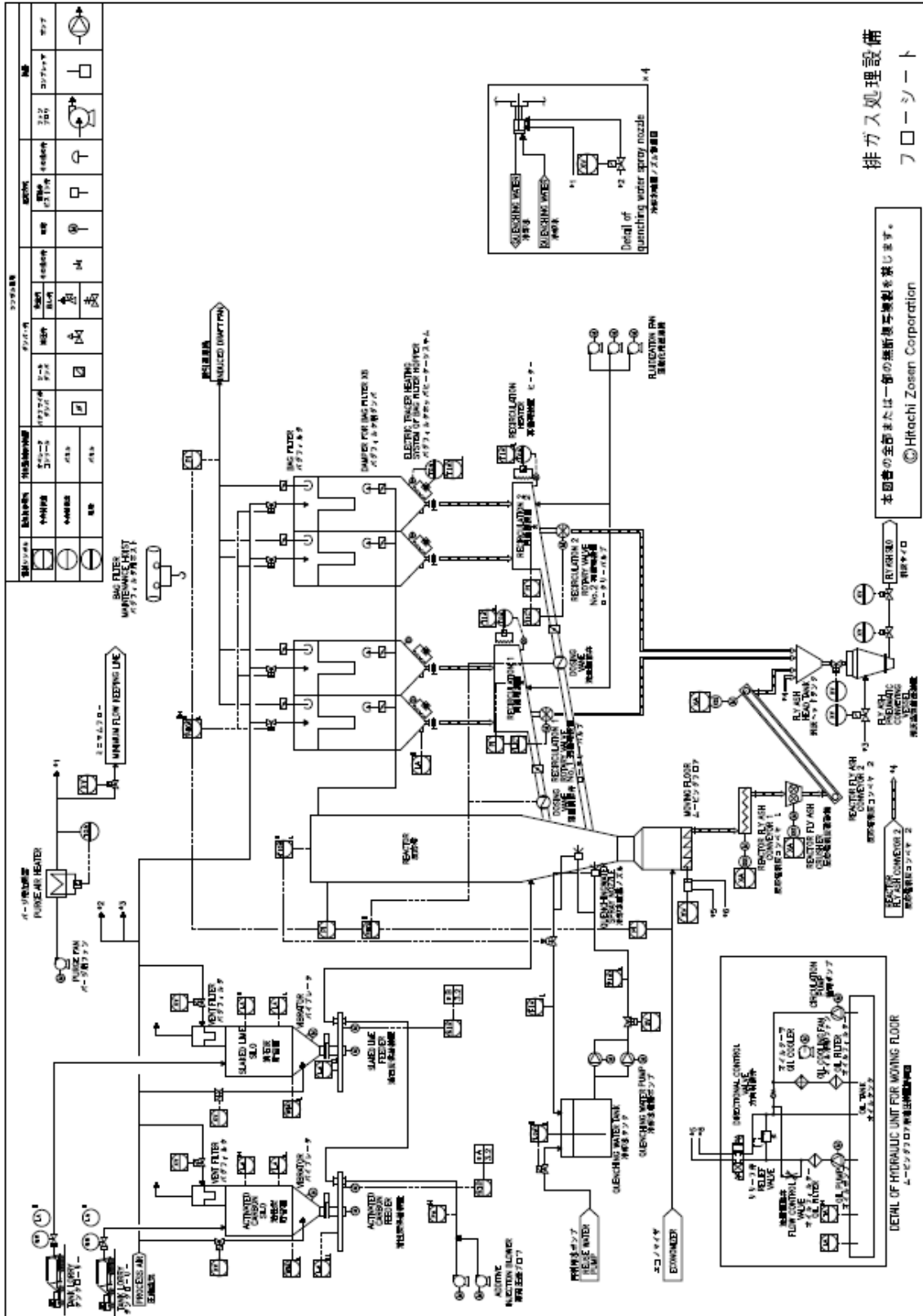


図 29 排ガス処理設備フローシート



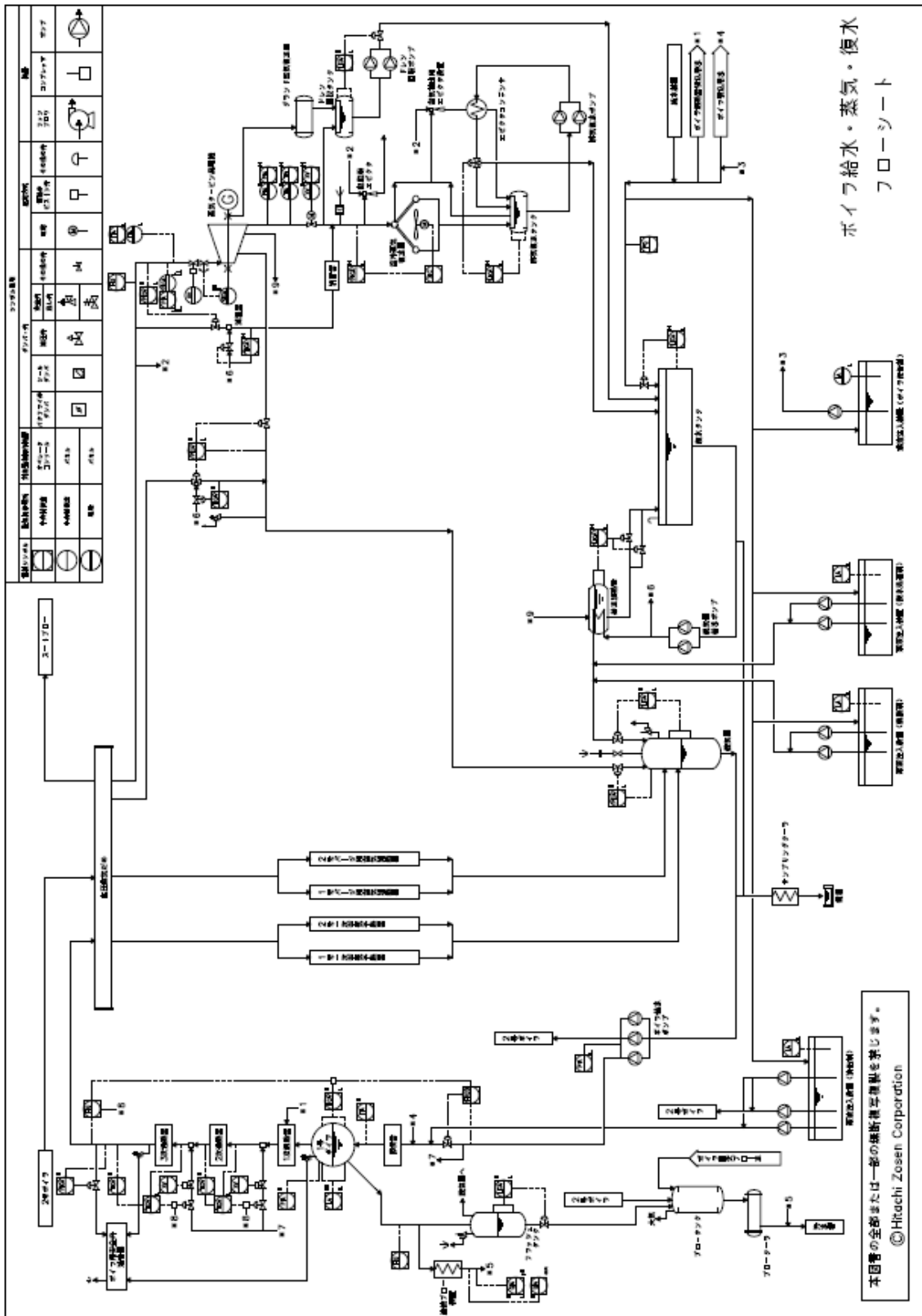
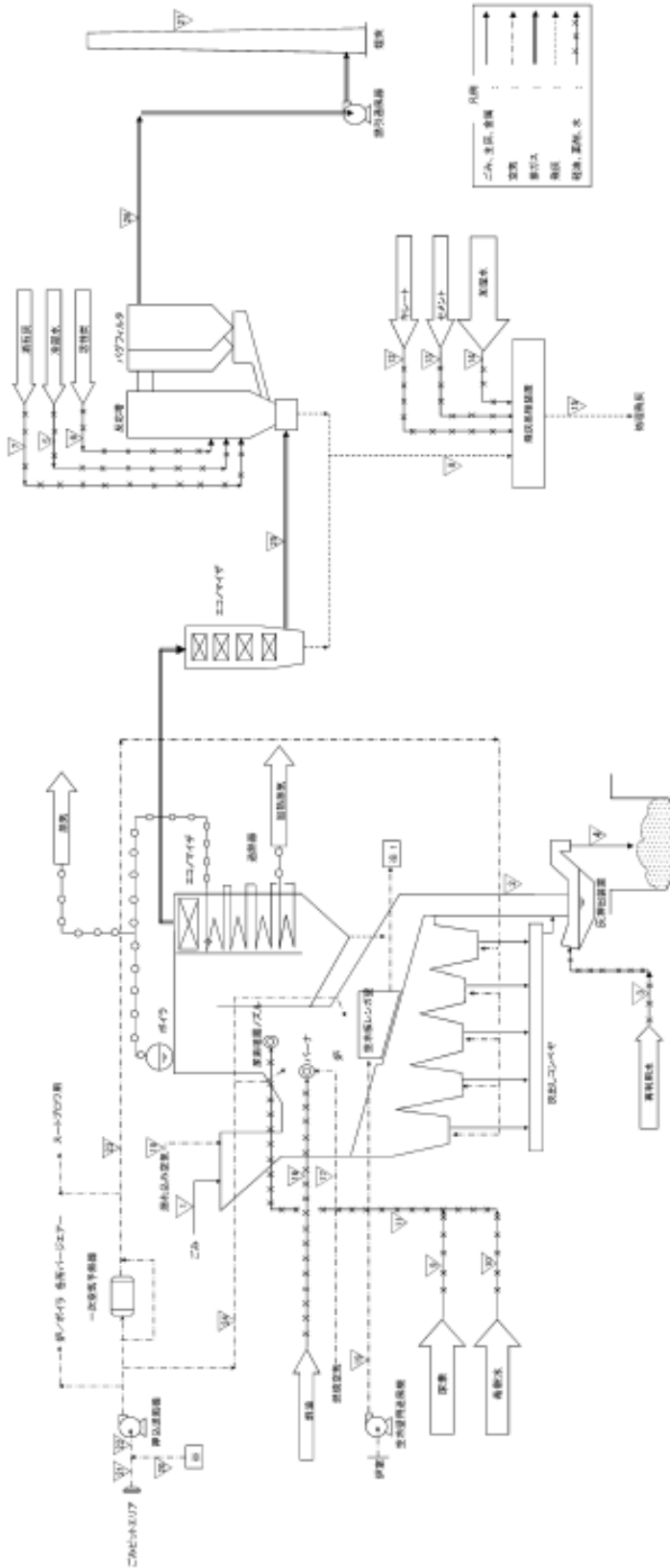


図 30 ボイラ給水・蒸気・復水フローシート

ごみ・空気・排ガス・主灰・飛灰システム物質収支図

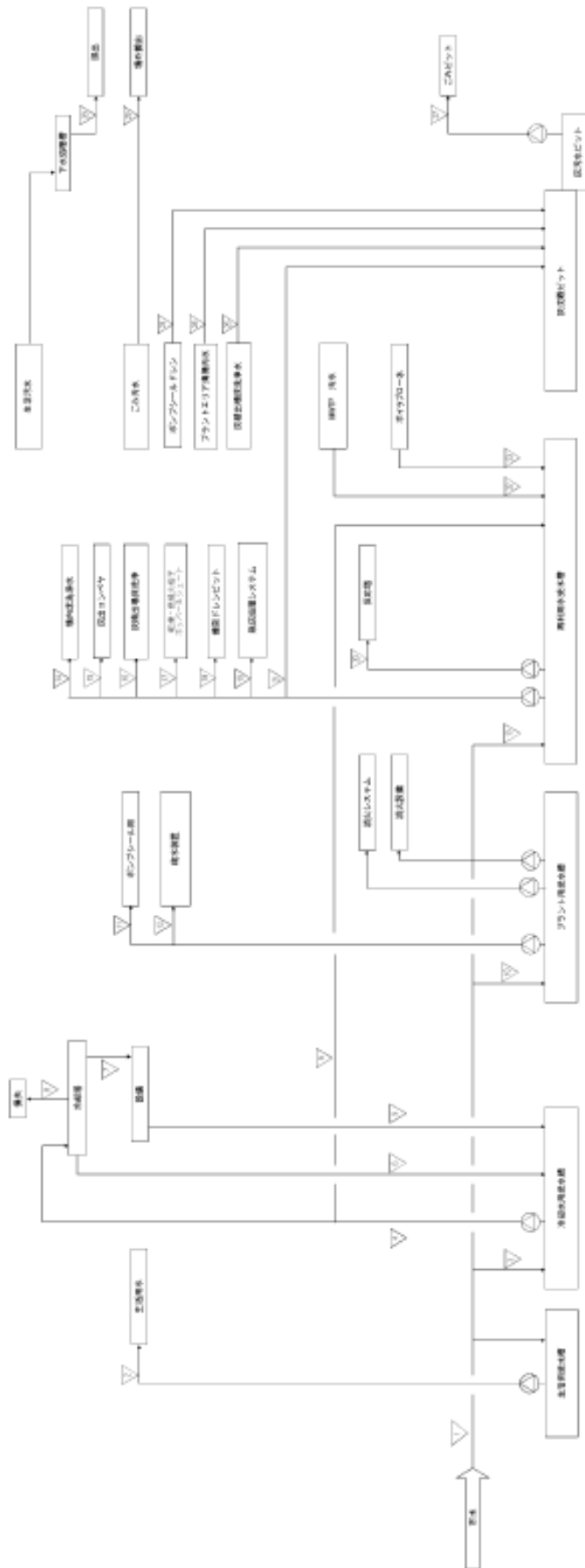


No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
排ガス流量	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
温度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
流量	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
温度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
流量	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
温度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
流量	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
温度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃

No.	21	22	23	24	25	26	27
排ガス流量	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
温度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
流量	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
温度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
流量	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
温度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
流量	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
温度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃

図 31 ごみ・空気・排ガス・主灰・飛灰システム物質収支図

給排水物質収支図

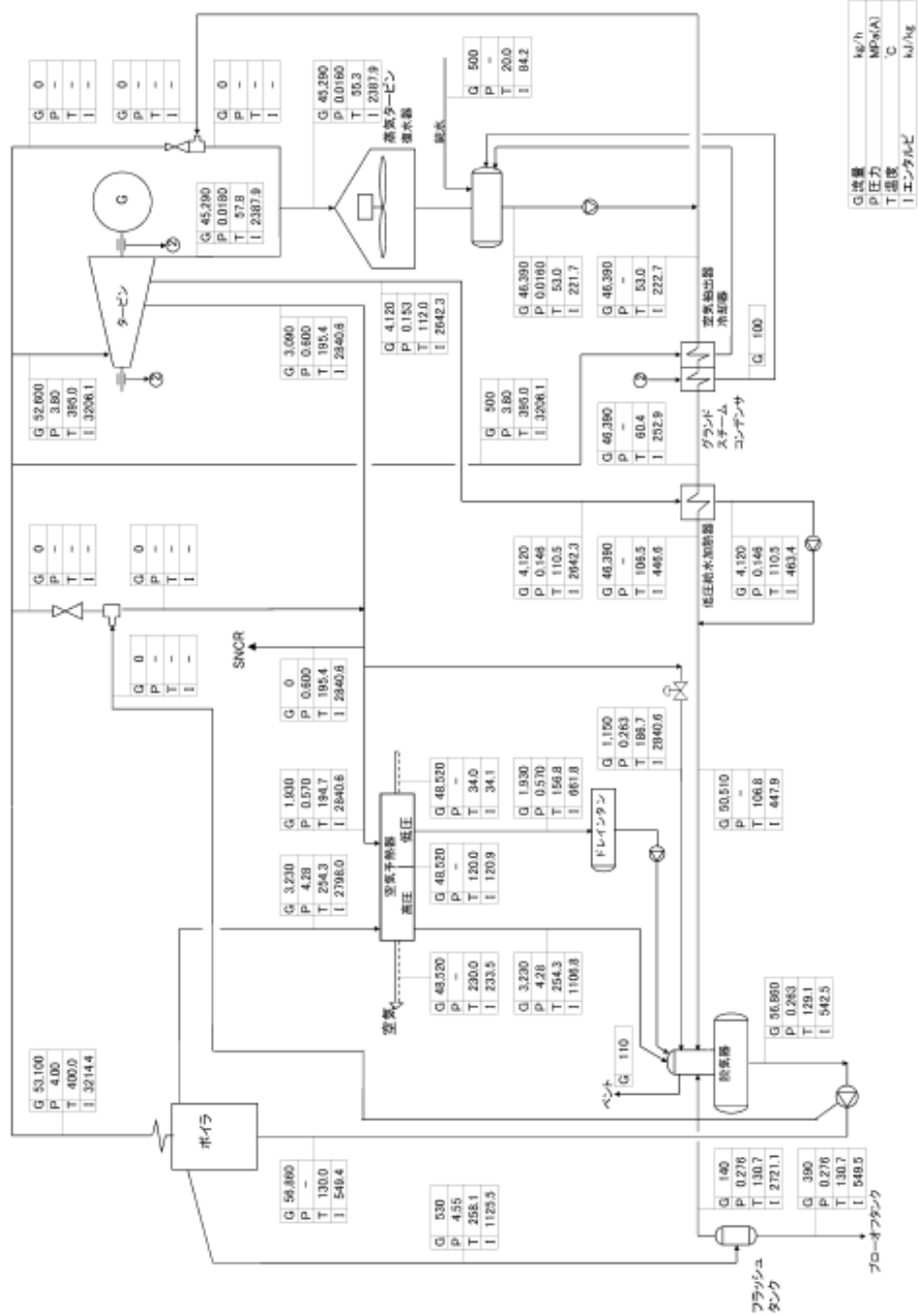


操業年	二六濃縮 量(トン)	二六濃縮 濃度(%)	日																												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
蒸留二六	25,000	8.00	7.86	0.16	2.43	275.47	8.47	28.98	244.05	1.96	244.05	2.19	0.03	2.16	5.08	0.05	1.84	0.85	0.00	0.00	0.38	2.53	0.00	0.56	0.66	0.00	0.34	0.04	0.11	0.18	1.25
	蒸留二六	25,000	8.91	8.23	0.16	2.36	275.46	8.45	28.94	244.05	1.91	244.05	2.19	0.03	2.16	5.02	0.05	2.05	0.85	0.00	0.00	0.30	2.68	0.00	0.56	0.66	0.00	0.34	0.04	0.11	1.25
精製二六	12,500	8.00	7.20	0.16	2.25	275.42	8.42	28.12	244.05	1.89	244.05	1.87	0.03	1.84	2.92	0.05	1.84	0.85	0.00	0.00	0.14	2.32	0.00	0.42	0.00	0.00	0.04	0.11	0.18	1.25	
	精製二六	12,500	8.99	4.67	0.16	1.91	275.34	8.34	28.38	244.05	1.57	244.05	1.11	0.03	1.08	1.49	0.05	1.87	0.85	0.00	0.00	0.14	1.26	0.00	0.25	0.40	0.00	0.04	0.11	1.25	
粗製二六	12,500	8.91	4.82	0.16	1.83	275.32	8.32	28.44	244.05	1.51	244.05	1.11	0.03	1.08	1.72	0.05	1.69	0.85	0.00	0.00	0.15	1.34	0.00	0.25	0.33	0.00	0.04	0.11	0.18	1.25	
	粗製二六	12,500	5.07	4.29	0.16	1.78	275.30	8.30	28.49	244.05	1.46	244.05	0.95	0.03	0.92	1.42	0.05	1.82	0.85	0.00	0.00	0.12	1.18	0.00	0.21	0.27	0.00	0.04	0.11	0.18	1.25

図 32 給排水物質収支図

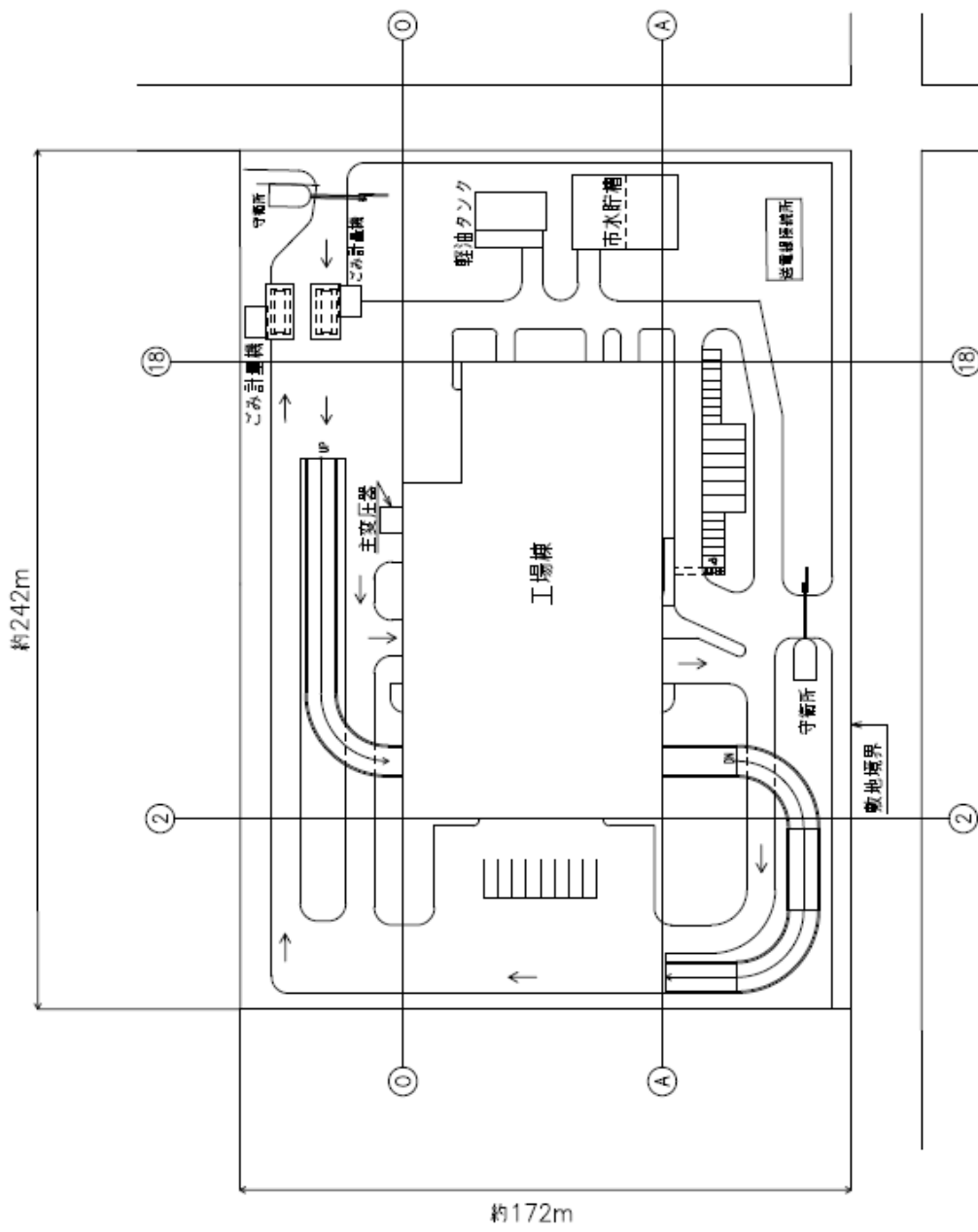
ボイラ・給水・蒸気・復水系統物質収支 基準ごみ

低位発熱量	6920 kcal/kg	運転炉数	2
ごみ処理量	12,000 t/h	発電電力	10640 kW



G:流量	kg/h
P:圧力	MPa(A)
T:温度	℃
I:エンタルピー	kJ/kg

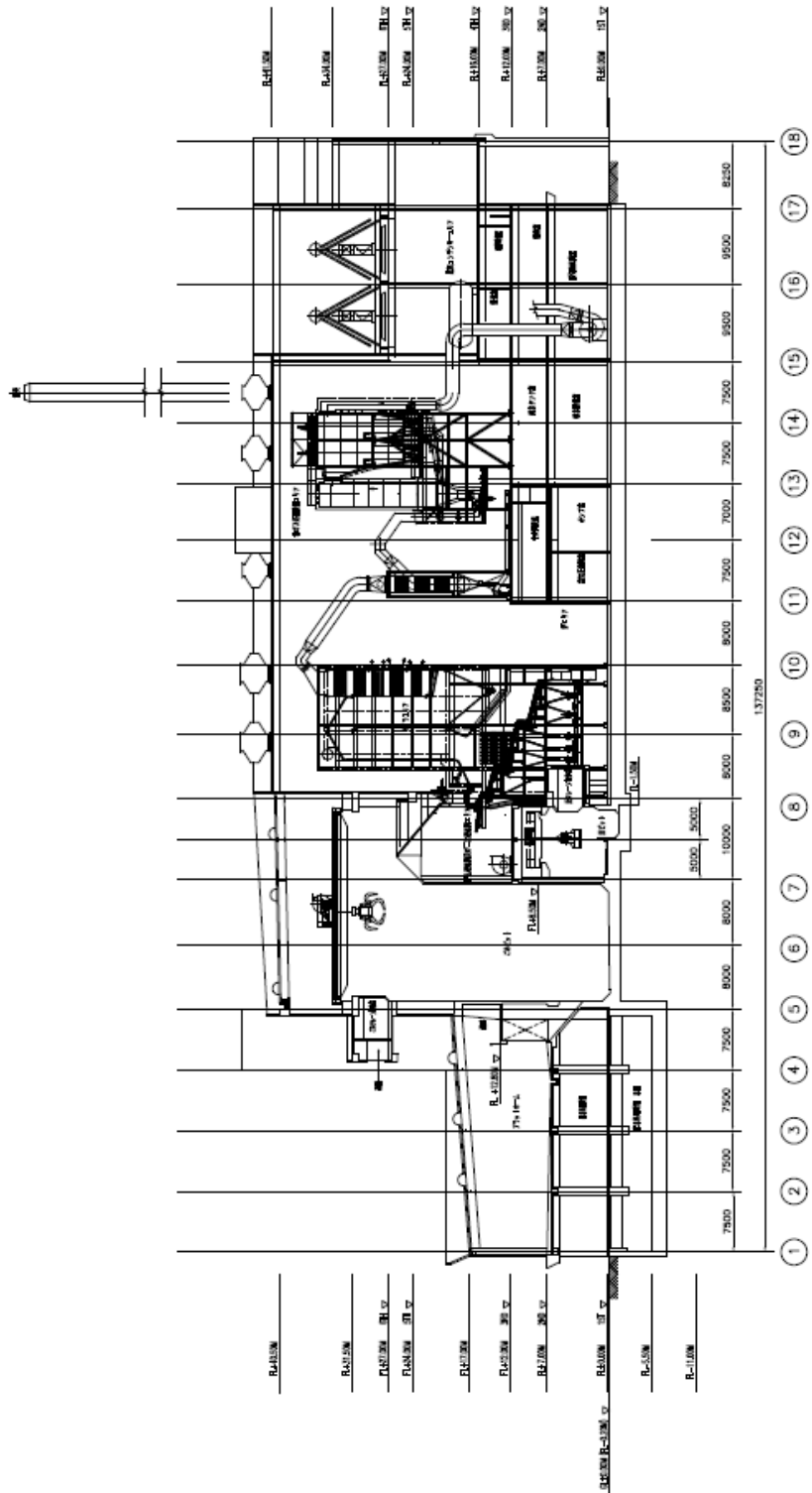
図 33 ボイラ・給水・蒸気・復水系統物質収支 (基準ごみ)



(300T/D×2F)  
全体配置図

図 34 全体配置図

本図書の図表または一部の図解等と準拠を誤ります。  
©Hitachi Zosen Corporation



(300T/Dx2F)  
機器配置図  
EQUIPMENT LAYOUT

図 35 機器配置図（縦断面計画図）

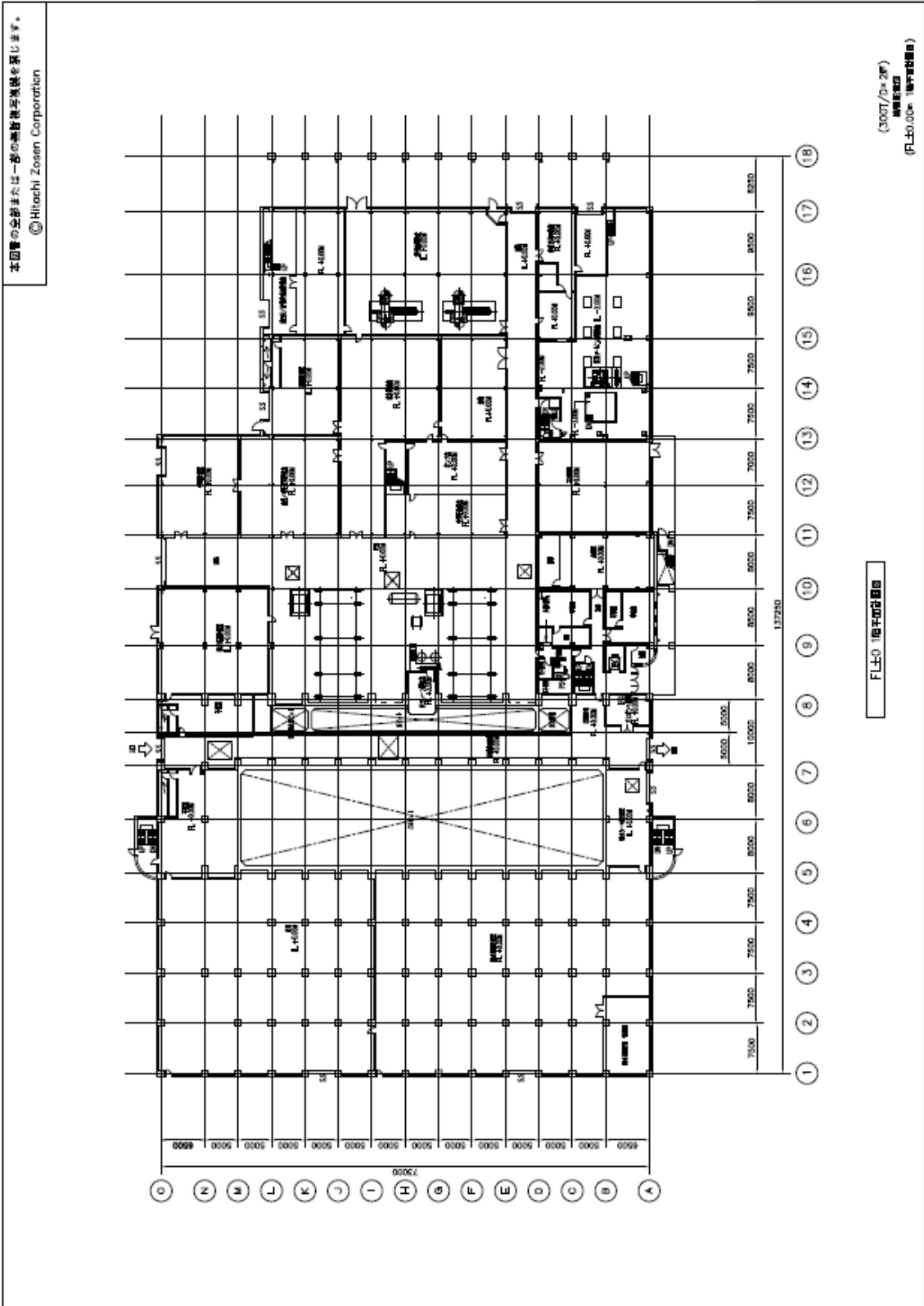


図 36 機器配置図 (1階平面計画図)

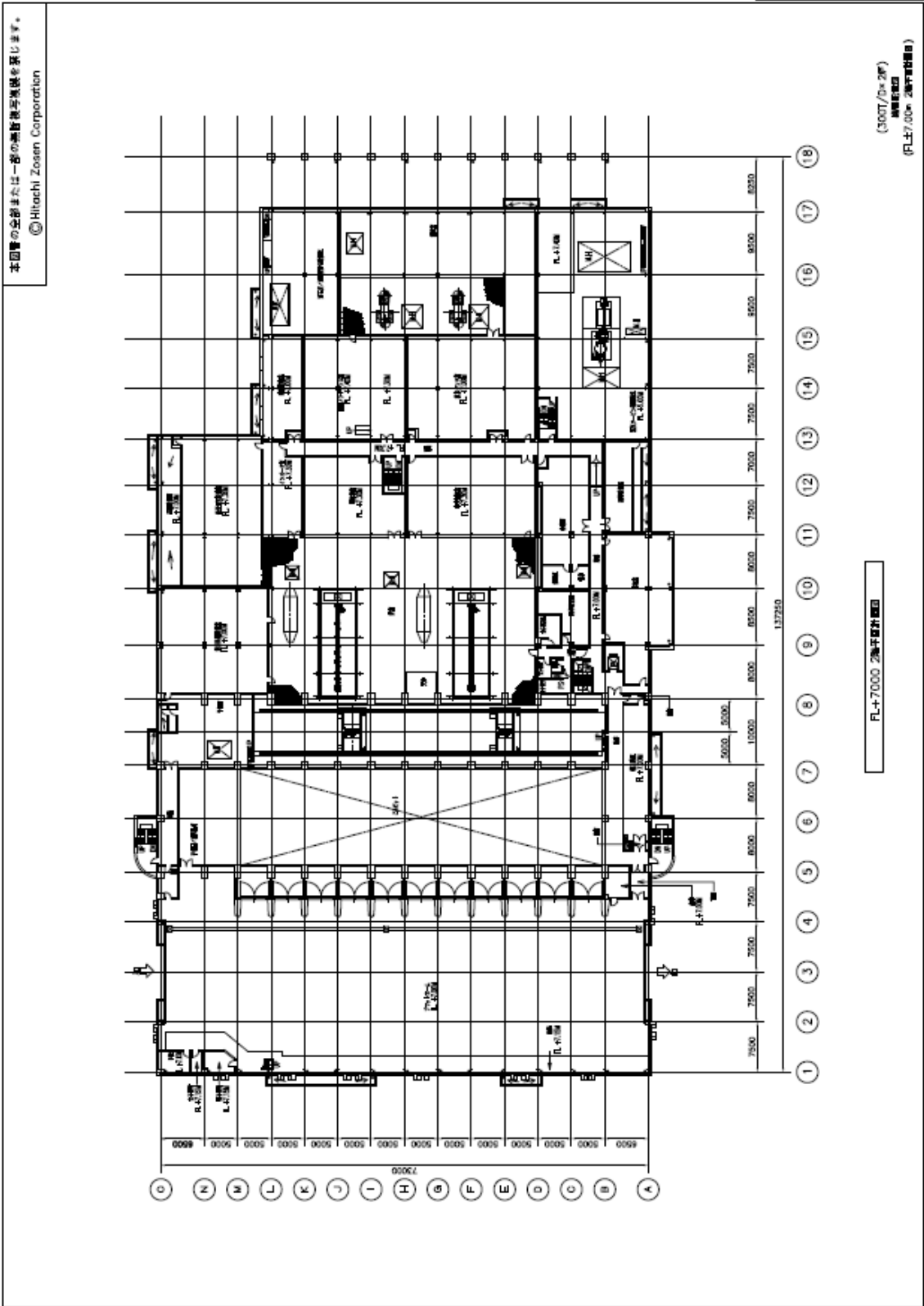


図 37 機器配置図 (2階平面計画図)



## 第5章 現地政府・企業等との連携構築および行政施策の提案

### 5.1 現地政府・企業等との連携構築

スラバヤ市政府、中央政府、および当事業のパートナーとなるスンバオーガニック社を訪問した。以下に連携構築に関する成果をまとめる。

#### スラバヤ市政府

スンバオーガニック社との協力による廃棄物発電事業について、開発企画局 (BAPPEKO) にヒアリングを行った。当事業の実施については、以下のコメントを得た。事業の実施について、大きな障壁などは存在していない。スラバヤ市としては、当事業の推進には前向きであり、今後協力や支援を得ることができる見込み。

- ▶ スンバオーガニック社と日立造船との連携については、民間企業間による協力によって進めることができる。特に日立造船がスラバヤ市から許認可などを得る必要はない。
- ▶ スンバオーガニック社と日立造船が協力して事業を行う場合、事業内容によってスラバヤ市とスンバオーガニック社との契約内容の見直しが必要になる。日本政府からの経済的な支援によって事業が行われる場合も、契約を見直す必要がある。

#### 中央政府

インドネシアにおける廃棄物行政の担当省庁として、エネルギー・鉱物資源省、環境省、公共事業省を訪問した。コメントは以下のとおりである。インドネシアでは、廃棄物発電の導入には前向きであり、非常に魅力的な FiT も整備されている。エネルギー・鉱物資源省は、当プロジェクトへの関心も高く、売電交渉相手先となる PLN (インドネシア国営電力会社) 含めて、今後緊密な関係を構築していきたい。

#### [エネルギー・鉱物資源省]

- ▶ 廃棄物発電の FiT は、1,450RP (約 14.5 円) /kWh (出力上限 10MW)。
- ▶ 2012 年、2013 年の改正を経た価格であり、市場の反応はよく、今後 FiT を改定する予定はない。(第 1 回調査におけるヒアリング時点の情報)

#### [環境省]

- ▶ 環境影響評価について、SKRK (都市計画証明書)、UKL-UPL (環境管理プログラム及び環境モニタリングプログラム)の提出が必要となる。
- ▶ 廃棄物発電に関して、その他、例えば排気ガスなどの規制はまだ整備されていない。日本や EU の基準を想定して事業を計画するのがよい。
- ▶ ごみ焼却発電については、ジャカルタ、バタム島、バンドゥンで計画があり、民間企業の注目を集めている

## [公共事業省]

- 公共事業省が支援できるのは、予算的に衛生埋立事業のみ。
- 廃棄物発電については、ティッピングフィーを含めて地方自治体との交渉が必要。

## スンバオーガニック社

事業パートナーとなる、スンバオーガニック社との協議を行った。スラバヤ市とのごみ処理受託契約には、廃棄物発電の実施が含まれているが、適用技術やパートナー企業との連携については、進捗が滞っているのが現状であり、当事業の実施に対する関心は高い。

- 最終処分場で廃棄物発電を実施する予定であり、技術などの検討を行っている。日立造船を含め、海外のプラントメーカーなどからコンタクトは来ているが、具体的な提案は未だ受けていない。
- 現状のティッピングフィーと、FiT の売電価格を加味した場合、日立造船が提案する廃棄物発電を実施するためには、日本からの支援が必要。支援があれば、スンバオーガニック社は事業化を前向きに検討する。
- 廃棄物発電による FiT 価格は、現在インドネシア政府が価格を上げる方向で検討しており、1450 ルピア/kWh よりも高くなる見込みである。(第5回調査におけるヒアリング時点の情報)
- 事業採算としては、FiT による収入が 50-60%、ティッピングフィーによる収入が 40-50%と推定している。

## 5. 2 廃棄物処理施設整備に関する財政的支援制度の提案

### 5. 2. 1 日本政府からの支援

当事業を進めていくにあたり、日本環境省の JCM (二国間クレジット制度) による「JCM 設備補助事業」のスキーム、および「JICA プロジェクト連携基金」の活用を検討したい。JCM は、我が国の優れた技術を生かし、途上国が低炭素社会へ移行することを支援するとともに、我が国の海外における GHG 排出削減への貢献を適切に評価し、排出削減目標の達成に活用するものである。JICA プロジェクト連携基金は、途上国の“一足飛び型発展の実現に向けた資金支援”において、初期コストが高価なものであっても、排出削減効果が高く、日本の先進的な低炭素化技術について、普及を図るものである。

上記支援策の具体的な活用方法は、次の 2 パターンを想定している。

#### 【パターン①】「JCM 設備補助事業」

スラバヤにおける廃棄物発電事業の初期投資の合計は、約 60 億円と考えられる。このうち、約 50% (30 億円) については「JCM 設備補助事業」を活用する。残りの約 50% (30 億円) については、日立造船をはじめとするプロジェクト実施主体による出資と、インドネシアの投資家からの出資を想定している。

#### 【パターン②】「JCM 設備補助事業」および「JICA プロジェクト連携基金」

スラバヤにおける廃棄物発電事業の初期投資の合計は、約 60 億円と考えられる。このうち、

約 50% (30 億円) については「JICA プロジェクト連携基金」、約 25% (15 億円) については「JCM 設備補助事業」の利用を検討したい。残りの 25% については日立造船をはじめとするプロジェクト実施主体による出資を想定している。

#### 5. 2. 2 日本における再生可能エネルギー（特に廃棄物発電）の優遇政策

日本における廃棄物発電の再生可能エネルギーとしての扱いは、固定価格買取制度（FiT 制度）が適用されることで示される。FiT 制度は、平成 23 年 8 月 26 日に成立した、「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」に基づいて、平成 24 年 7 月 1 日より実施された制度である。

再生可能エネルギー源（太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス）を用いて発電された電力を、国が定める価格で一定期間電力事業者が買い取ることを義務付けるもので、廃棄物発電もバイオマス由来の発電電力が対象になる。

廃棄物発電の買取価格は、以下のとおりである。

- 一般廃棄物：17.85 円/kWh
- 産業廃棄物：(建設廃棄物などのリサイクル木材)：13.65 円/kWh
- 産業廃棄物（一般木材）：25.20 円/kWh
- 産業廃棄物（下水汚泥）：17.85 円/kWh

以上の買取価格のうち、一般廃棄物処理施設に関する価格は、基本的な考えとして下式のように、発電に関与する設備のイニシャルおよびランニングコストを、総発電電力量で除して算出している。実際には、調達価格等算定委員会にて東京二十三区清掃一部事務組合が提出した資料が根拠となっている。また、調達期間は 20 年となっている。

$$\text{廃棄物発電原価 (円/kWh)} = \frac{\text{発電部分イニシャル} + 20 \text{ 年間の発電部分ランニング (円)}}{20 \text{ 年間の総発電電力量 (kWh)}}$$

バイオマスの発電原価 (円/kWh) =

$$\frac{\text{発電原価 (円/kWh)} - \text{非バイオマス単価 (円/kWh)} \times \text{非バイオマス比率}}{\text{バイオマス比率}}$$

東京二十三区清掃一部事務組合提出資料の算定条件は、次表に示すとおりである。

表 22 一般廃棄物処理施設に関する買取価格試算上の算定条件

試算上の前提事項	
イニシャル経費 (建設費)	プラント設備部分×発電関連設備比率 (解体費は、建設費の5%を適用)
発電関連設備比率	ボイラ設備、発電設備、蒸気復水設備 純水設備、電気設備 (一部) 計装・自動制御設備 (一部)
ランニング経費 (工場運用経費)	既存施設の実績により算出
稼働年数	25年間 (建設工事期間5年間)
割引率	4%
バイオマス比率	55.5% (H22年度年間平均)
各データ値の根拠	新設清掃工場整備事業に係る費用対効果 分析書より (清掃一組 HP に公表)

経済産業省 調達価格等算定委員会 (第4回、平成24年4月3日) 配布資料より抜粋

### 5. 2. 3 インドネシアにおける再生可能エネルギー (特に廃棄物発電) の優遇政策

国土が広大で、全地域を送電線でカバーするのは困難であるインドネシアにとって、小規模分散型電源として再生可能エネルギーが大きく期待されている。地方電化率の向上の他、エネルギーの安定、国家の持続的成長のためには再生可能エネルギーが不可欠であるということは国家の共通認識であり、前述の通り2014年の新国家エネルギー政策 (KEN) では、エネルギー供給に占める再生可能エネルギーの割合を現在の約6%から、2025年に23%以上、2050年に31%以上にするとしている。

エネルギー法 (2007) によれば、インドネシアにおける再生可能エネルギーの定義は、地熱、水力、バイオエネルギー、太陽光、風力、海洋エネルギーといった、継続的に算出されるエネルギーである。エネルギー鉱物資源省によるとインドネシアの再生可能エネルギーの優先順位は、①地熱、②水力、③バイオ、④太陽光、と考えているとのことである。

政府の再生可能エネルギー導入目標は先述しているが、PLN は小規模再生可能エネルギー (10MW 以下) 開発計画として、以下のようなロードマップを作成している。

No	Renewable Energy Type/technology	Unit	Years										Total
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
1	Small Hydro	MW	40	99	113	112	101	185	188	201	189	260	1488
2	Solar PV	MWp*)	6	84	125	150	100	75	75	80	80	80	855
3	Wind	MW	0	10	50	50	15	15	20	20	25	25	230
4	Biomass	MW	22	40	90	35	40	40	45	45	50	40	447
5	Ocean	MW	0	2	0	0	5	5	5	5	5	27	54
6	Bio-fuel	MW**)	10	15	15	14	8	7	7	8	9	8	101

図 38 PLN による再生可能エネルギー開発のロードマップ

(出典: PLN 社長講演資料 2013年9月)

再生可能エネルギーの優遇政策としては、固定価格買取制度が挙げられる。マーケットインセンティブを付与するような価格設定としており、これまでに地熱、バイオマス、水力、太陽光について公表されている。

都市廃棄物を用いた発電電力の買取価格（バイオマス）は、2章 2.4 項で示した通りであるが、本事業における発電施設は中圧・10MW 以下の分類となり、FiT 価格 1450 ルピア/kWh での PLN への売電を想定している。

現地でのヒアリングによれば、最近の米ドル/ルピアレートの上昇などの背景のため、インドネシア政府は、再生可能エネルギー全般を対象として、買取価格を上げることを検討している。

### 5. 3 スラバヤ市の廃棄物行政への施策に関する提案

#### 5. 3. 1 北九州市とスラバヤ市との協力関係

日本の先進的な環境モデル都市として選定されている北九州市と、インドネシアのスラバヤ市とは、都市間協力としては約 15 年以上に渡る協力関係の歴史がある。主に環境分野における、北九州市からスラバヤ市への継続的な協力支援を背景として、2012 年には「環境姉妹都市」として提携した。

北九州市ースラバヤ市の都市間連携の変遷の図を、次頁に示す。本事業も 2 都市の連携を背景としたものであり、固形廃棄物の適正処理に関して、日本企業の事業の海外展開を通じた、日本からインドネシアへの技術移転の意味を持つものである。

また、2章 1.1 項でも述べたように、インドネシアの各都市において、廃棄物管理法に基づき有効に運用できるような、包括的な法律や実施計画が整備されていない状況である。北九州市は今後、こういった観点からも、日本での経験を生かし、スラバヤ市への支援を行うことができるであろう。

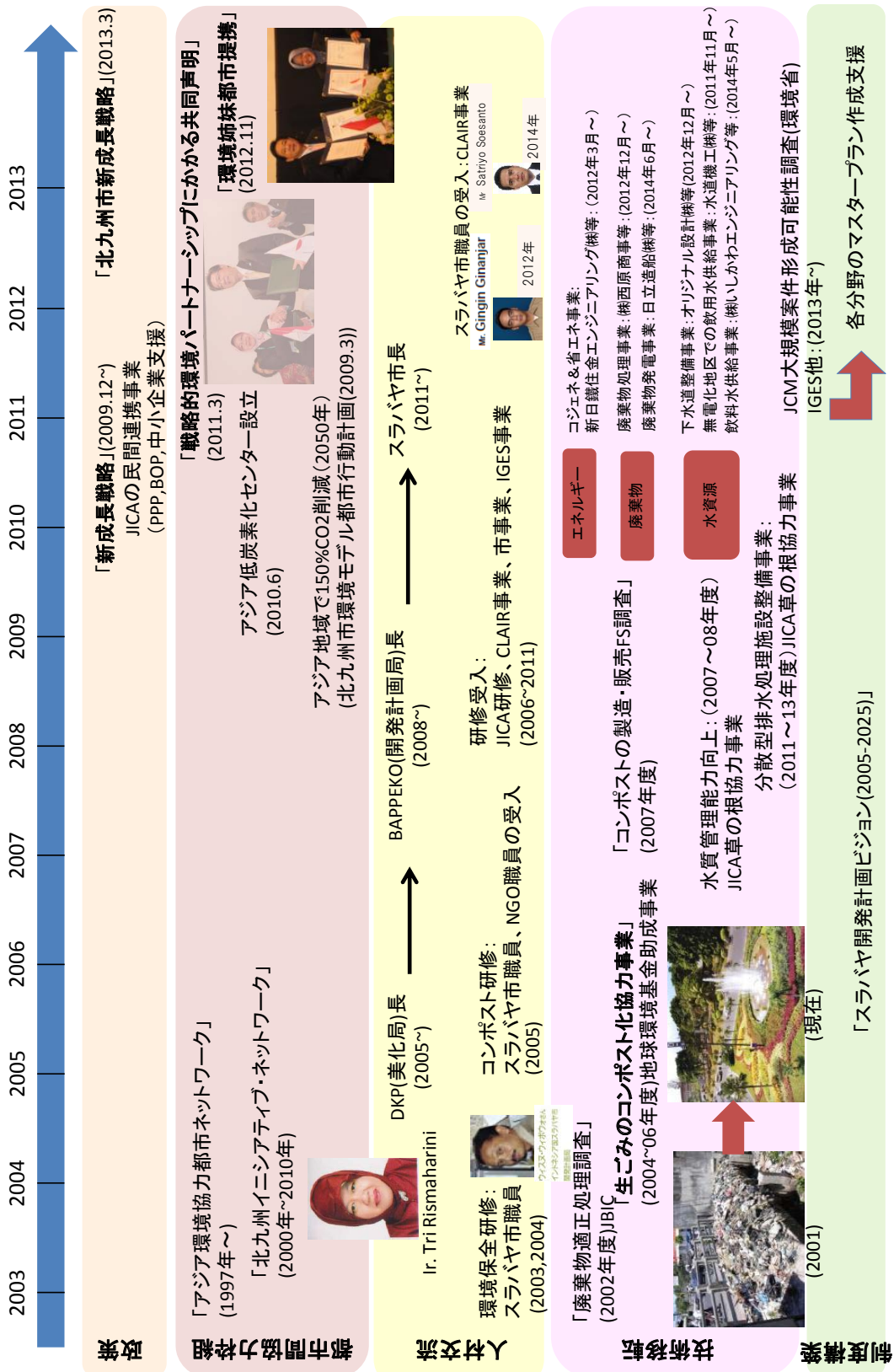


図 39 北九州市ースラバヤ市の都市間連携の変遷  
(北九州市提供資料)

### 5. 3. 2 廃棄物発電を促進するための提案

日本では既に確立したインフラ技術である廃棄物の焼却発電について、スラバヤ市で導入した場合の効果、メリットを再度まとめるとすれば、次のような点である。

- 都市ごみの最終処分量の大幅な削減（10分の1以下）、およびそれに伴った最終処分場の延命
- 埋め立てによる侵出水の問題など、周辺環境の汚染低減
- 焼却発電による、分散型電源導入の意義
- 埋め立てごみからのメタンガス発生回避による、GHG 排出削減効果

一方で、廃棄物発電事業の実施にあたっては課題も存在している。本調査において、ブノウォ最終処分場への搬入ごみと、中間処理施設スーパーデポの残渣ごみの組成・性状調査を行い、その結果を廃棄物発電施設設計に必要なデータとして活用したが、本来はごみの組成・性状調査は、廃棄物管理行政の一環として、継続的、かつ必要なサンプル数を確保した上で、スラバヤ市自身が実施することが必要なものである。頻度としては、年4回程度が目安となり、将来の固形廃棄物管理計画に役立てることができるようになる。

また、焼却処理のためには、処理するごみの発熱量は1500～2000kcal/g程度が必要である。特に、収集ごみの約8割を占める家庭ごみについて、厨芥等の発熱量の低い有機ごみは分別の上、堆肥化等により有効活用をして、最終処分場への搬入を減らすことが有効である。この観点からも、北九州市の民間企業、西原商事が実証事業を実施し、日本政府の支援により設立された、中間処理施設スーパーデポおよび堆肥化施設の事業拡大が望まれる。

より根本的には、排出源での分別が必要であるが、家庭ごみ排出源での有機ごみの分別と有効活用という点では、2章1.2項でも記述した、家庭用コンポストの取り組みを引き続き推奨し、活動レベルと効果を保っていくことが必要である。

## 第6章 現地合同ワークショップの開催

### 6.1 ワークショップ実施概要

現地関係者合同ワークショップは、本事業の成果を報告するとともに、スラバヤ市現地関係者との情報の共有化を図り、現地の状況に基づいた、現地側の受入れ可能性の高い廃棄物発電事業とすることを目的として実施した。開催概要を下記に、また議事次第を次頁に示す。

日時： 2015年3月30日（月）9:00-12:00  
場所： スラバヤ シェラトンホテル カンファレンスルーム  
参加者： 日本側4名、インドネシア側11名

#### 【日本側】

日立造船株式会社  
株式会社NTTデータ経営研究所  
西原商事

#### 【インドネシア側】

開発企画局  
美化局  
環境局  
国際交流局  
スラバヤ工科大学

### 6.2 成果まとめ

ワークショップでは、廃棄物の性状・組成調査結果や事業の実現可能性に関する成果を報告するとともに、日立造船の有する焼却発電の技術について詳細な説明を行った。

本報告に対してスラバヤ市からは謝意が表され、また質疑応答のセッションでは、活発な意見交換がなされた。スラバヤ市側からの質問としては、スンバオーガニック社との交渉状況や技術要件、施設設計、建設予定地を含めた具体的な事業計画、および環境保全についての内容が多く聞かれた。さらに、スラバヤ市がスンバオーガニック社と結んでいる20年の委託事業契約については、最低1000トン/日についてエネルギー回収処理を行うことと明記されており、その適用技術の候補として、スラバヤ市の政策に反映されることを望むという意見が聞かれた。

日立造船としても、来年度にはさらに詳細なF/Sを実施し、事業化へ向けた取り組みを進める方針について共有した。



**Workshop on the Project Report**  
**“Municipal Solid Waste to Energy in Surabaya, Indonesia”**

Supported by the Ministry of Environment, Japan

<b>Date&amp; Time</b>	<b>Monday, 30th March 2015</b> 9:00AM-12:00PM *Lunch will be served after the workshop.
<b>Objective of the Meeting</b>	Feasibility Study Project Review and Defining Way Forward
<b>Location</b>	Sheraton Surabaya Hotel & Towers
<b>Key Attendance</b>	<b>Stakeholders Representatives:</b> From Japan <ul style="list-style-type: none"> <li>• The Ministry of Environment, Japan (MOE)</li> <li>• Hitachi Zosen Corporation (Hitz)</li> <li>• NTT Data Institute of Management Consulting, Inc. (NTT DATA IMC)</li> <li>• Nishihara Co., Ltd.</li> <li>• Environment Bureau, City of Kitakyushu, Japan</li> </ul> From Indonesia <ul style="list-style-type: none"> <li>• Badan Perencanaan Pembangunan kota Surabaya (Bappeko)</li> <li>• Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP)</li> <li>• Environment Department (BLH)</li> <li>• Cooperation Division (Bagian Kerjasama)</li> <li>• PT. Sumber Organik (PTSO)</li> <li>• Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)</li> </ul>
<b>Agenda* (Tentative)</b>	<b>Welcome Address</b> 9:00-9:05 <b>Opening Remarks</b> by Ministry of Environment, Japan 9:05-9:20 <b>Project Report</b> by Hitachi Zosen 9:20-9:50 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Overview of the feasibility study project and the outcomes: “Municipal Solid Waste (MSW) to Energy by Incineration in Surabaya”</li> </ul> <b>Technical Proposal</b> by Hitachi Zosen 9:50-10:10 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technology of Waste-to-Energy by incineration</li> </ul> <b>Survey Results Report</b> NTT DATA IMC 10:10-10:30 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Field survey results: “Waste Quality and Composition Survey at TPA Benowo”</li> </ul>
	TEA BREAK (20 min. max)
	<b>MSW Management Policies of Surabaya City</b> by DKP 10:50-11:20 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Current situation and issues of MSW management in the city</li> <li>• Future plans</li> </ul> <b>Discussion</b> 11:20-11:50 <b>Closing Remarks</b> 11:50-12:00
	LUNCH

With consecutive interpretation

図 40 ワークショップ議事次第



図 41 ワークショップ風景

## 第7章 実現可能性の評価

### 7.1 事業採算性の評価

既述のとおり、実施した組成調査を踏まえると、当初の予定通りおよそ 1500kcal/kg 程度の発熱量をもつ、600 トン/日の一般廃棄物は確保できる見込みである。

以下では、上記を基にプラント設計を行った結果から、初期投資を 95 億円（廃棄物発電施設：600t/日）とし、1. スラバヤにおける事業展開、2. インドネシアにおける事業展開の 2 パターンにおいて、事業採算性を検討した。

#### スラバヤ市における廃棄物発電の事業性

以下の条件で、スラバヤ市における事業採算性を検討するものとする。検討においては、初期費用の 30%を補助金（JCM の設備補助）とすること、売電価格を、ケース A：14.5 円/kWh、ケース B：ルピア安を考慮に入れて検討される予定価格 18 円/kWh とすることを考慮に入れて、複数パターンでの検討を行う。ケース B については、スンバオーガニックのヒアリングから、ルピア安の影響から海外からの投資家にとっては FiT が現実的には値下がりしている傾向を受けて、1750 ルピア～1850 ルピアへの引き上げが検討されているという情報を得て、中間値として 1800 ルピア（約 18 円）を使用して試算を行う。

ごみ処理収入（ティッピングフィー）については、スラバヤ市とスンバオーガニック社の契約では、契約書年度の 2013 年には 119,000 ルピア/トンであるが、7 年目までは年率 7% 上昇することとしており、事業実施時の 2019 年以降には、178,000 ルピア/トン（1,780 円/トン）となる。

表 23 スラバヤにおける廃棄物発電 事業性評価試算の前提

項目	前提条件	備考
初期投資	95 億円	施設（40%）、設計・建設費（60%）
事業期間	20 年	減価償却期間も 20 年
廃棄物処理量	600 トン/年	稼働時間：約 8,000 時間/年
ごみ処理収入	1,780 円/トン	2013 年（1,190 円）より 7 年目までは年 7% 上昇、8 年目以降は固定
売電価格(FiT)	ケース A：14.5 円/kWh ケース B：18 円/kWh	ケース①は現状の FiT 価格。ケース②はヒアリングによって得た予測。
売電量	約 62,400MWh/年	出力 7.8MW×8000 時間/年
税金	25%	法人税
借入金	28%	補助金(30%) を除いた分の 40%
借入金利	10%	
物価変動	—	インフレ率は考慮せず
補助金	30%	初期費用の 30%（JCM 設備補助）

上記の前提を基に、「補助金の有無」、「売電価格を 14.5 円/kWh もしくは 18.5 円/kWh」として、合計 4 パターンの事業性を検討した。

	パターン① 補助金 ：初期費用の30% -FiT：14.5円/kWh	パターン② 補助金 ：初期費用の30% FiT：18円/kWh	パターン③ 補助金 ：なし FiT：14.5円/kWh	パターン④ 補助金 ：なし FiT：18円/kWh
FIRR (財務的内部収益率)	14.5%	17.9%	8.2%	11.0%
投資回収期間	8年間	6年間	12年間	10年間
評価	○	◎	×	×

図 42 スラバヤ市における事業検討結果

スラバヤ市においては、既に事業権を有するスンバオーガニックのティッピングフィーが安価に設定されており、補助金が得られない状況では事業化は困難である。補助金を受けることができた場合でも、現状の FiT では IRR がわずかに 15%に届かない。やはり、検討が進められているように、FiT の値上げが必要である。FiT が 18 円/kWh にまで引き上げられると、事業性はかなり高いものとなる。

### インドネシアにおける廃棄物発電の事業性

スラバヤ市における事業検討を受けて、インドネシアにおける廃棄物発電の事業性の検討を行った。

ヒアリングにより、インドネシアの公的セクターにおいては、廃棄物発電を行う際に、30 ドル～35 ドル/トン程度のティッピングフィーが必要という点については、一定の理解が得られていた。現在、入札が予定されているバタム島の場合も、30 ドル/トンのティッピングフィーが検討されている。よって、ティッピングフィーを、「30 ドル/トン (3,600 円/トン)」、「35 ドル/トン(4200 円/トン)」として、検討を行った。また、売電価格については、スラバヤにおける検討と同様に、「14.5 円/kWh (現状)」、「18 円/kWh (将来見込み)」として検討を行った。

なお、補助金の活用は想定していない。インドネシアの PPP 案件として事業を展開すれば、土木工事の 40%は補助される見込みであるが、本検討では考慮しない。

検討にあたっての前提条件を以下に示す。

表 24 インドネシアにおける廃棄物発電 事業性評価試算の前提

項目	前提条件	備考
初期投資	95 億円	施設 (40%)、設計・建設費 (60%)
事業期間	20 年	減価償却期間も 20 年
廃棄物処理量	600 トン/年	稼働時間：約 8,000 時間/年
ごみ処理収入	ケース A：30 ドル/kWh ケース B：35 ドル/kWh	ヒアリングから得た、インドネシアにおける廃棄物発電を想定した価格
売電価格(FiT)	ケース A：14.5 円/kWh ケース B：18 円/kWh	ケース①は現状の FiT 価格。ケース②はヒアリングによって得た予測。
売電量	約 62,400MWh/年	出力 7.8MW×8,000 時間/年
税金	25%	法人税
借入金	40%	
借入金利	10%	
物価変動	—	インフレ率は考慮せず
補助金	なし	

上記を基に、ティッピングフィーと売電価格について、4 パターンからの事業性を検討した。

	パターン① -ごみ処理費 ：30ドル/トン  -FiT：14.5円/kWh	パターン② -ごみ処理費 ：30ドル/トン  FiT：18円/kWh	パターン③ -ごみ処理費 ：35ドル/トン  FiT：14.5円/kWh	パターン④ -ごみ処理費 ：35ドル/トン  FiT：18円/kWh
FIRR (財務的內部収益率)	12.8%	15.6%	14.3%	17.0%
投資回収期間	9年間	7年間	8年間	7年間
評価	×	○	△	◎

図 43 インドネシアにおける事業検討結果

現状の FiT 価格においては、廃棄物発電事業の事業性は高いとはいえない。事業の実施については、最低でも、18 円/kWh の FiT 価格が設定されることが理想的である。

## 7. 2 環境負荷軽減効果の評価

廃棄物発電事業の推進による効果としては、5章3.2項にまとめた通りであるが、本項では特に温室効果ガス（GHG）の排出削減効果について述べる。

当事業の実施により、GHGの排出削減に主に寄与するのは、発電による化石燃料代替と埋立回避によるメタン発生抑制の二つとなる。一方で、処理ごみに含まれるプラスチック等の焼却によりGHG増加となる分などを差し引いて、GHG削減量を算定した。

GHG排出削減量の算定については、日本とインドネシアで合意に達している、JCMのガイドラインに則った検討を行った。算定方法の詳細は、巻末添付資料3のJCM提案方法論に記載している。

GHG排出削減量算定の結果、GHG排出削減見込みは7,000～51,000トンCO<sub>2</sub>/年となった。削減見込み量に幅があるのは、第3章2項の組成調査結果の考察において、課題として挙げられた、組成の20%に上る雑物中の有機物含有量割合について、50～100%と幅を持たせて解釈し、またプラスチックの焼却に関する計算方法としても、既往の方法論で挙げられている計算方法を複数検討した結果である。

次頁に、計算シートを示す。

表 25 GHG 排出削減量算定の計算シート(想定下限の GHG 排出量)

Joint Crediting Mechanism 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 of year y		6,824	tCO <sub>2</sub> /y	ER <sub>y</sub>
<b>2. Selected default values, etc.</b>				
CO2 emissions factor of Electricity	Electricity	0.814	tCO <sub>2</sub> /MWh	EF <sub>EL,CO<sub>2</sub>,y</sub>
CO2 emissions factor of Diesel	Diesel	0.0726	tCO <sub>2</sub> /TJ	EF <sub>FF,CO<sub>2</sub></sub>
Model correction factor account for model uncertainties		0.85		φ
Fraction of methane captured at SWDS and flared, combusted or used as energy		0		f <sub>y</sub>
Oxidation factor		0.1		OX
Fraction of methane in the SWDS gas		0.5		F
Fraction of degradable organic carbon that decomposes under specific conditions occurring in the SWDS		0.5		DOC <sub>f</sub>
Methane correction factor		0.8		MCF
Fraction of degradable organic carbon in the waste type j		%		DOC <sub>j</sub>
Food, food waste, beverages and tobacco (other than sludge)		15.0%		
Wood, woodproducts andstraw		43.0%		
Decay rate for the waste type j				k <sub>j</sub>
Food, food waste, beverages and tobacco (other than sludge)		0.400		
Wood, woodproducts andstraw		0.035		
<b>3. Calculations for reference emissions</b>				
Reference emissions during the period of year y		161,563	tCO <sub>2</sub> /y	RE <sub>y</sub>
Reference emission occurring generated from waste disposal at a SWDS		109,246	tCO <sub>2</sub> /y	RE <sub>CH<sub>4</sub>,SWDS,y</sub>
Net electricity generation that is produced as a result of the implementation of the project activity	Electricity	62,400	MWh	EC <sub>RE,y</sub>
CO2 emissions factor of Electricity	Electricity	0.814	tCO <sub>2</sub> /MWh	EF <sub>EL,CO<sub>2</sub>,y</sub>
Average technical transmission and distribution losses for providing electricity		0.03		TDL <sub>y</sub>
Net steam/heat supplied by the project activity	Diesel	0.0	TJ	RE <sub>FC,y</sub>
Efficiency of the plant using fossil fuel that would have been used in the absence of the project activity		0.9		η <sub>thermal</sub>
CO2 emission factor of fossil fuel	Diesel	72.6	tCO <sub>2</sub> /TJ	EF <sub>FF,CO<sub>2</sub></sub>
<b>4. Calculations of the project emissions</b>				
Project emissions during the period of year y		154,738	tCO <sub>2</sub> /y	PE <sub>y</sub>
Project emissions (Electricity)		0	tCO <sub>2</sub> /y	PE <sub>EC,y</sub>
Project energy consumption (Electricity)	Electricity	0	MWh/y	RE <sub>EC,y</sub>
Average technical transmission and distribution losses	Electricity	0.20		TDL <sub>y</sub>
CO2 emissions factor of Electricity	Electricity	0.814	tCO <sub>2</sub> /MWh	EF <sub>e,y</sub>
Project emissions (Fossil fuel)		469.02		PE <sub>FC,y</sub>
Project consumption of fossil fuel i	Diesel	176.6	Kl/y	FC <sub>diesel,y</sub>
Net Calorific value of fossil fuel	Diesel	35.51	GJ/kl	NCV <sub>diesel</sub>
CO2 emissions factor of fossil fuel	Diesel	0.0748	tCO <sub>2</sub> /GJ	EF <sub>CO<sub>2</sub>,diesel,y</sub>
Project emissions from incineration of fossil waste in year y		150,161		PE <sub>CO<sub>2</sub>,y</sub>
Combustion efficiency of incinerator in year y		1		EFF <sub>com,y</sub>
Quantity of fresh waste j fed into incinerator in year y		48,180	t/y	Q <sub>j,y</sub>
Fraction of fossil-based carbon in waste type j in year y		1	t-C/t	FFC <sub>j,y</sub>
Fraction of total carbon content in waste type j		0.85		FCC <sub>j,y</sub>
Project emissions of CH4 from incineration in year y		1.11	tCO <sub>2</sub> /y	PE <sub>CH<sub>4</sub>,y</sub>
Quantity of fresh waste fed into incinerator in year y		219,000	t/y	Q <sub>y</sub>
Emission factor for CH4 associated with incinerator type		0.00000242	t-CH4/t-waste	
Global Warming Potential of nitrous oxide		21	t-CO <sub>2</sub> e/t-CH <sub>4</sub>	GW <sub>PCH<sub>4</sub></sub>
Project emissions of N2O from incineration in year y		4,107	tCO <sub>2</sub> /y	PE <sub>N<sub>2</sub>O,y</sub>
Quantity of fresh waste fed into incinerator in year y		219,000	t/y	Q <sub>y</sub>
Emission factor for N2O associated with incinerator typ		0.0000605	t-N2O/t-waste	EF <sub>N<sub>2</sub>O,y</sub>
Global Warming Potential of nitrous oxide		310	t-CO <sub>2</sub> e/t-N2O	GW <sub>PN<sub>2</sub>O</sub>

表 26 GHG 排出削減量算定の計算シート(想定下限の GHG 排出量)

Joint Crediting Mechanism 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 of year y		51,414	tCO <sub>2</sub> /y	ER <sub>y</sub>
<b>2. Selected default values, etc.</b>				
CO2 emissions factor of Electricity	Electricity	0.814	tCO <sub>2</sub> /MWh	EF <sub>EL,CO<sub>2</sub>,y</sub>
CO2 emissions factor of Diesel	Diesel	0.0726	tCO <sub>2</sub> /TJ	EF <sub>FF,CO<sub>2</sub></sub>
Model correction factor account for model uncertainties		0.85		φ
Fraction of methane captured at SWDS and flared, combusted or used a		0		f <sub>y</sub>
Oxidation factor		0.1		OX
Fraction of methane in the SWDS gas		0.5		F
Fraction of degradable organic carbon that decomposes under specific conditions occurring in the SWDS		0.5		DOC <sub>f</sub>
Methane correction factor		0.8		MCF
Fraction of degradable organic carbon in the waste type j		%		DOC <sub>j</sub>
Food, food waste, beverages and tobacco (other than sludge)		15.0%		
Wood, woodproducts andstraw		43.0%		
Decay rate for the waste type j				k <sub>j</sub>
Food, food waste, beverages and tobacco (other than sludge)		0.400		
Wood, woodproducts andstraw		0.035		
<b>3. Calculations for reference emissions</b>				
Reference emissions during the period of year y		128,820	tCO <sub>2</sub> /y	RE <sub>y</sub>
Reference emission occurring generated from waste disposal at a SWDS		76,502	tCO <sub>2</sub> /y	RE <sub>CH<sub>4</sub>,SWDS,y</sub>
Net electricity generation that is produced as a result of the implementation of the project activity	Electricity	62,400	MWh	EC <sub>RE,y</sub>
CO2 emissions factor of Electricity	Electricity	0.814	tCO <sub>2</sub> /MWh	EF <sub>EL,CO<sub>2</sub>,y</sub>
Average technical transmission and distribution losses for providing electricity		0.03		TDL <sub>y</sub>
Net steam/heat supplied by the project activity	Diesel	0.0	TJ	RE <sub>FC,y</sub>
Efficiency of the plant using fossil fuel that would have been used in the absence of the project activity		0.9		η <sub>thermal</sub>
CO2 emission factor of fossil fuel	Diesel	72.6	tCO <sub>2</sub> /TJ	EF <sub>FF,CO<sub>2</sub></sub>
<b>4. Calculations of the project emissions</b>				
Project emissions during the period of year y		77,406	tCO <sub>2</sub> /y	PE <sub>y</sub>
Project emissions (Electricity)		0	tCO <sub>2</sub> /y	PE <sub>EC,y</sub>
Project energy consumption (Electricity)	Electricity	0	MWh/y	RE <sub>EC,y</sub>
Average technical transmission and distribution losses	Electricity	0.20		TDL <sub>y</sub>
CO2 emissions factor of Electricity	Electricity	0.814	tCO <sub>2</sub> /MWh	EF <sub>e,y</sub>
Project emissions (Fossil fuel)		469.02		PE <sub>FC,y</sub>
Project consumption of fossil fuel i	Diesel	176.6	Kl/y	FC <sub>diesel,y</sub>
Net Calorific value of fossil fuel	Diesel	35.51	GJ/kl	NCV <sub>diesel</sub>
CO2 emissions factor of fossil fuel	Diesel	0.0748	tCO <sub>2</sub> /GJ	EF <sub>CO<sub>2</sub>,diesel,y</sub>
Project emissions from incineration of fossil waste in year y		72,828		PE <sub>CO<sub>2</sub>,y</sub>
Combustion efficiency of incinerator in year y		1		EFF <sub>com,y</sub>
Quantity of fresh waste j fed into incinerator in year y		23,367	t/y	Q <sub>j,y</sub>
Fraction of fossil-based carbon in waste type j in year y		1	t-C/t	FFC <sub>j,y</sub>
Fraction of total carbon content in waste type j		0.85		FCC <sub>j,y</sub>
Project emissions of CH4 from incineration in year y		1.11	tCO <sub>2</sub> /y	PE <sub>CH<sub>4</sub>,y</sub>
Quantity of fresh waste fed into incinerator in year y		219,000	t/y	Q <sub>y</sub>
Emission factor for CH4 associated with incinerator type		0.00000242	t-CH4/t-waste	
Global Warming Potential of nitrous oxide		21	t-CO <sub>2</sub> e/t-CH <sub>4</sub>	GW <sub>PCH<sub>4</sub></sub>
Project emissions of N2O from incineration in year y		4,107	tCO <sub>2</sub> /y	PE <sub>N<sub>2</sub>O,y</sub>
Quantity of fresh waste fed into incinerator in year y		219,000	t/y	Q <sub>y</sub>
Emission factor for N2O associated with incinerator typ		0.0000605	t-N2O/t-waste	EF <sub>N<sub>2</sub>O,y</sub>
Global Warming Potential of nitrous oxide		310	t-CO <sub>2</sub> e/t-N2O	GW <sub>PN<sub>2</sub>O</sub>



### 7. 3 社会的受容性の評価

スラバヤ市において、過去の廃棄物焼却処理の失敗による、焼却処理に関する一種の「アレルギー」が存在している。15年ほど前に廃棄物焼却施設を欧州からの支援によって導入したが、バッチ式の焼却炉に十分な排ガス処理を装備しない施設であったため、煙突から排出される黒煙等が原因となり、周辺住民からの苦情によってこの施設が立地していた最終処分場も含めて運用停止に追い込まれた経験があるためではある。また、焼却処理のためにはごみの発熱量が不足し、燃料を使用しなければならなかったがその費用が賄えなかった。しかし現在は、スラバヤ市より一般廃棄物の処理を委託されているスンバオーガニック社は、それらの問題を克服した廃棄物発電の導入を提案しており、市もこれを了承している。廃棄物発電サイトは、市の中心部から西に15km程度離れたブノウォ最終処分場内にあり、周辺には住宅地は見られず、塩田や養殖池が見受けられる地域に立地しているため、周辺住民などの反対は想定しにくい。

いずれにしても、焼却処理による廃棄物発電の導入のためには、企業による技術的な説明だけでなく、我が国において焼却施設を運用している地方自治体、法規制等によって環境保全を担保している中央行政による丁寧な説明など、我が国の状況を理解してもらえるような働きかけが有効であると考えている。

一方、ブノウォ最終処分場では、長年ウェストピッカーを職業としている人々が存在し、現在約200人/日が処分場でごみを収集、販売して生計を立てている。廃棄物発電の事業化の際は、彼らのアクセスできるごみの量が減ってしまうこととなるが、スンバオーガニック社の考えとしては、それ以降でも1000トン/日のごみにはアクセスできるため、問題無いという見解である。

その他、社会的受容性の問題として評価すべき項目として、株式会社国際協力銀行(JBIC)の「環境社会配慮確認のための国際協力銀行ガイドライン」のチェックリストを参照し、配慮すべき検討した。その結果、事業実施の際には、日本の技術基準、環境基準に則った設備の導入、および適切なモニタリング等を行うことにより、クリアできない項目は無いことを確認している。

総じて中央政府、特にエネルギー・鉱物資源省は、廃棄物発電の導入に前向きであり、既述の通り、事業者にとっては魅力的なFITも整備されている。

廃棄物発電の導入について、大きな障壁は存在していないと考えられる。当事業の実施により、廃棄物発電の環境負荷が非常に少ないことを証明することができれば、スラバヤのみならず、インドネシアとしての社会的受容は高まり、同国における市場拡大に有利な状況を生み出すことができる。

## 第8章 結論

### 8-1 調査のまとめ

当調査を通して、以下の事項を明らかにすることができた。

- ▶ 組成調査を通して、廃棄物発電を行うために必要な、1,500kcal/kg～2000kcal/kg の発熱量を有する、日量 600 トンの一般ごみを利用することができることが分かった。
- ▶ 事業の実施に関して、既にスラバヤ市との一般ごみの処理に関する契約を交わしている、スンバオーガニック社と協力することについて、問題はない。
- ▶ 廃棄物発電事業に関する環境規制については現在検討中であり、プラントの設計にあたっては、日本の環境基準を準用するものとする。
- ▶ 事業の収入源として、178,000 ルピア/トンのティッピングフィー（2103年に119,000 ルピア/トンと設定された金額が、8年目まで毎年7%上昇）と、1,450 ルピア/kWh の FiT を見込むことができる。さらに、ルピア安をうけて FiT の価格は、1750～1850 ルピア/kWh にまで値上げされることが検討されている。
- ▶ 事業性として、初期投資を95億円、事業期間を20年とした場合、補助金を得ることができなければ、IRRは10%前後となり、非常に厳しい数字となる。
- ▶ 初期投資の30%程度に相当する補助金を活用することができれば、IRRは15%程度となり、事業としては成立し得る。
- ▶ インドネシアで、廃棄物発電事業を実施することを考えると、ティッピングフィーは30～35ドル/トン、FiTは現状の1450ルピア/kWhよりも高い、1,800ルピア/kWh程度となる必要がある。

### 8.2 今後のアクション

当調査を踏まえたアクションとして、事業化を視野に入れた検討を継続して進めていきたい。具体的には、1. 組成調査の実施、2. スンバオーガニックとの協議を進めていきたい。

組成調査については、雑物にカテゴライズされた一般ごみの精査を行う。また、サンプル数を増やすことによって、組成調査の精度を上げていく。組成調査の実施時期については、雨季、乾季のバランスを考慮して、複数回実施したい。

スンバオーガニックとの協議については、事業の共同実施についての具体的な検討事項についての話し合いを進めていく。

### 8.3 まとめにかえて

経済発展と人口増加が続くと予想されるインドネシアにおいては、特に都市部において一般廃棄物の最終処分場の不足という開発課題が顕著になり、焼却発電についての検討が進められると想定される。既に、ジャカルタ、バタム島、バンドゥンでは、一般廃棄物処理方法として、廃棄物発電が検討されている。スラバヤにおいては、ティッピングフィー

が安価であるという問題がありながらも、廃棄物発電を含む「Waste to Energy」の導入が進められている。

日立造船の廃棄物発電技術は、日本国内、そして海外における事業展開で培われたものである。この技術を、一般廃棄物処理の効果的なソリューションを必要としているインドネシアに導入するチャンスは十分にあると考えられる。その理由は、上述したような、テIPPINGフィーに関する一定の理解と、廃棄物発電を対象とした FiT の整備にみられるような、事業環境が整備されてきたためである。廃棄物発電導入の萌芽期にあるインドネシアにおいて、プラントを導入することができれば、同国の都市部に対する廃棄物発電市場への参入は容易になる。事業化については検討を進め、なるべく早期にプラントを導入していきたい。また、廃棄物発電については、インドネシアのみならず、東南アジア諸国の都市部において、検討が進められている。スラバヤでの事業を通して、東南アジアの廃棄物発電市場をリードしていくことが可能となる。