

平成 17 年度環境省委託事業

平成 17 年度 C D M / J I 事業調査

インドネシア・バンドン市近郊廃棄物処分場

バイオガス回収有効利用調査

報告書

平成 18 年 3 月

東北電力株式会社

## 報告書目次

<b>第 1 章</b>	<b>インドネシア共和国の基本情報</b>	<b>1-1</b>
1.1	政治・経済・社会状況	1-1
1.1.1	インドネシアの地理・位置・面積・人口	1-1
1.1.2	気候	1-3
1.1.3	民族	1-4
1.1.4	言語	1-4
1.1.5	宗教	1-4
1.1.6	インドネシアの歴史	1-5
1.1.7	政治制度・社会情勢・議会	1-7
1.1.8	インドネシア経済の現状	1-11
1.2	インドネシアのエネルギー政策	1-14
1.2.1	インドネシアのエネルギー需給動向	1-14
1.2.2	アジア通貨危機後のインドネシア電力市場動向	1-25
1.3	環境政策	1-26
1.3.1	環境政策および担当機関	1-26
1.3.2	環境基準	1-26
1.4	廃棄物処理の現況	1-28
1.5	CDM への取組状況	1-29
1.5.1	CDM プロジェクトの審査体制	1-29
1.5.2	インドネシアの CDM 審査体制	1-32
1.5.3	提案プロジェクトがホスト国・地域の持続可能な開発に貢献できる点	1-33
<b>第 2 章</b>	<b>プロジェクト概要</b>	<b>2-1</b>
2.1	プロジェクトの背景と目的	2-1
2.1.1	京都議定書と京都メカニズム	2-1
2.1.2	F/S 調査 (事業実現可能性調査) の目的	2-1
2.1.3	プロジェクトの目的	2-1
2.1.4	F/S 調査の実施体制	2-2
2.2	プロジェクト実施サイトの概要	2-3
2.2.1	対象処分場の現状	2-3
2.2.2	施設の運営状況	2-5
2.3	プロジェクト実施内容	2-8

<b>第 3 章 ベースライン方法論</b> .....	<b>3-1</b>
3.1 方法論の概要 .....	3-1
3.2 方法論の正当性と適用条件 .....	3-1
3.3 追加性の証明 .....	3-1
3.3.1 検討フロー .....	3-1
3.3.2 追加性の証明 .....	3-3
3.3.3 追加性の検討結果 .....	3-5
3.4 プロジェクトバウンダリー .....	3-5
<b>第 4 章 プロジェクトの効果</b> .....	<b>4-1</b>
4.1 現地調査 .....	4-1
4.1.1 調査方法 .....	4-1
4.1.2 ボーリング調査 .....	4-1
4.2 サンプル調査 .....	4-5
4.2.1 廃棄物サンプル調査 .....	4-5
4.2.2 分析方法 .....	4-5
4.2.3 分析結果 .....	4-5
4.3 処分場ガス発生量の推定方法 .....	4-7
4.3.1 推定式の概要 .....	4-7
4.3.2 最終処分量の推定 .....	4-9
4.4 処分場ガス発生量の推定 .....	4-10
4.4.1 分解速度係数 .....	4-10
4.4.2 細成分の k 値検討 .....	4-11
4.4.3 木片分の k 値検討 .....	4-12
4.5 温室効果ガス削減量の検討 .....	4-12
4.5.1 前提 .....	4-12
4.5.2 検討結果 .....	4-12
4.5.3 温室効果ガス削減量の合計 .....	4-14
4.6 現地での処分場ガス測定結果 .....	4-14
4.6.1 ガス吐出速度の測定結果 .....	4-14
4.6.2 ガス成分の測定結果 .....	4-16
4.7 浸出水サンプル調査 .....	4-16
4.8 今後の展開に向けた課題と考察 .....	4-19
4.8.1 既存の知見の整理 .....	4-19
4.8.2 考察 .....	4-19

<b>第 5 章 プロジェクト実施計画</b> .....	<b>5-1</b>
5.1 全体計画 .....	5-1
5.1.1 LFG 回収設備 .....	5-1
5.1.2 LFG 処理設備 .....	5-1
5.1.3 LFG 発電設備 .....	5-1
5.2 LFG 回収・発電設備の検討 .....	5-2
5.2.1 LFG 回収設備 .....	5-2
5.2.2 LFG 処理設備及び発電設備 .....	5-5
5.2.3 レイアウトの検討 .....	5-6
5.3 プロジェクトの実施体制 .....	5-7
5.3.1 本邦企業 .....	5-7
5.3.2 インドネシア側関係者 .....	5-8
5.4 資金計画 .....	5-8
5.5 プロジェクト実施スケジュール .....	5-9
<b>第 6 章 モニタリング計画</b> .....	<b>6-1</b>
6.1 モニタリングの目的 .....	6-1
6.2 本プロジェクトに適用するモニタリング手法 .....	6-1
6.3 GHG 排出削減量の計算 .....	6-1
6.4 モニタリング計画 .....	6-2
<b>第 7 章 環境影響分析</b> .....	<b>7-1</b>
7.1 環境影響評価制度 .....	7-1
7.1.1 環境影響評価の対象 .....	7-1
7.1.2 本プロジェクト実施に必要な環境許認可手続き .....	7-1
7.2 予想される環境影響と環境保全対策 .....	7-2
7.2.1 予想される環境影響 .....	7-2
7.2.2 その他の間接影響に関する情報 .....	7-2
<b>第 8 章 利害関係者コメント</b> .....	<b>8-1</b>
8.1 調査結果現地説明会 .....	8-1
8.2 調査訪問活動を通じたコメント収集 .....	8-3
8.2.1 コメント収集対象 .....	8-3
8.2.2 コメント収集結果 .....	8-4
<b>第 9 章 プロジェクトの収益性</b> .....	<b>9-1</b>

9.1 評価方法 .....	9-1
9.2 前提条件 .....	9-1
9.3 分析結果 .....	9-2
9.4 感度分析 .....	9-3
9.5 フレア処理のみによる代替案の収益性.....	9-3
9.6 財務分析のまとめ.....	9-4
<b>第 10 章 まとめ.....</b>	<b>10-1</b>
10.1 調査結果 .....	10-1
10.1.1 廃棄物中に含まれる全有機炭素量の割合.....	10-1
10.1.2 ジャレコング処分場の敷地面積の問題 .....	10-1
10.2 事業実現のための条件.....	10-2
10.2.1 処分場敷地面積の拡張.....	10-2
10.2.2 電力買取価格の引き上げ.....	10-2
10.2.3 CO <sub>2</sub> クレジットの市場価格上昇 .....	10-3
10.3 フレア処理のみによる事業化の可能性.....	10-3
10.4 インドネシアでの LFG 回収事業における潜在的課題.....	10-3
<b>参考文献.....</b>	<b>別-1</b>

平成 17 年度 CDM / J I 事業調査 (平成 17 年度環境省委託事業)  
インドネシア・バンドン市近郊廃棄物処分場バイオガス回収有効利用調査

## 第 1 章 インドネシア共和国の基本情報

### 1.1 政治・経済・社会状況

#### 1.1.1 インドネシアの地理・位置・面積・人口

大小合わせて 13,000 余島の島々から成るインドネシア共和国の国土面積は、約 186 万平方キロメートルで日本の約 5 倍である。

表 1.1 インドネシア基本概要

州 / 島	面積 (平方km)	全体に占める 面積の割合 (%)	県(Kabu- paten)の 数	市(Kota- madya)の 数	郡(Keca- matan)の 数	村 (desa/Kel- urahan)の 数	人口(千 人)*	人口密度 (人/平方 km)*	世帯数 (千)	平均世帯 人員(人)
アチェ特別地域	56,501	3.03%	17	4	241	5,965	4,089	79	979	4.3
北スマトラ	72,428	3.89%	18	7	326	5,459	12,123	165	2,729	4.5
西スマトラ	42,225	2.26%	12	7	158	892	4,535	106	1,071	4.2
リアウ	87,844	4.72%	9	2	124	1,426	5,712	60	1,364	4.3
リアウ諸島	8,084	0.43%	4	2	41	249				
パンカナリトング諸島	16,424	0.88%	6	1	36	320	1,024	63	243	4.2
ジャンビ	45,348	2.43%	9	1	87	1,189	2,625	49	644	4.0
南スマトラ	60,303	3.24%	10	4	153	2,727	6,628	71	1,548	4.2
ブンクル	19,795	1.06%	8	1	73	1,194	1,549	78	373	4.2
ランブ	37,735	2.02%	8	2	164	2,131	7,064	200	1,681	4.2
<b>スマトラ島</b>	<b>446,687</b>	<b>24.0%</b>	<b>101</b>	<b>31</b>	<b>1,403</b>	<b>21,552</b>	<b>45,349</b>	<b>94</b>	<b>10,632</b>	
ジャカルタ特別市	740.29	0.03%	1	5	44	267	8,750	13,177	2,152	4.0
西ジャワ	36,925	1.98%	16	9	560	5,778	38,611	1,116	10,196	3.8
中部ジャワ	32,800	1.76%	29	6	564	8,561	32,543	1,000	8,352	3.8
ジョグジャカルタ特別地	3,133	0.16%	4	1	78	438	3,223	1,012	960	3.3
東ジャワ	46,690	2.50%	29	9	654	8,467	36,482	761	9,965	3.7
バンテン	9,019	0.48%	4	2	132	1,484	9,129	1,055	2,180	4.2
<b>ジャワ島</b>	<b>129,306</b>	<b>6.95%</b>	<b>83</b>	<b>32</b>	<b>2,032</b>	<b>24,995</b>	<b>128,738</b>	<b>1,009</b>	<b>33,805</b>	
バリ	5,449	0.29%	8	1	56	691	3,397	603	867	3.9
西ヌサ・トゥンガラ	19,709	1.05%	7	2	100	792	4,084	203	1,059	3.8
東ヌサ・トゥンガラ	46,138	2.48%	15	1	194	2,599	4,156	88	881	4.6
<b>バリ、ヌサ・トゥンガラ</b>	<b>71,296</b>	<b>3.83%</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	<b>350</b>	<b>4,082</b>	<b>11,637</b>	<b>159</b>	<b>2,807</b>	
西カリマンタン	120,114	6.45%	10	2	149	1,489	4,033	27	910	4.5
中部カリマンタン	153,565	8.25%	13	1	91	1,348	1,870	12	477	4.0
南カリマンタン	38,884	2.09%	11	2	123	1,956	3,227	74	834	3.8
東カリマンタン	194,849	10.47%	9	4	122	1,378	2,766	12	686	4.1
<b>カリマンタン島</b>	<b>507,412</b>	<b>27.27%</b>	<b>43</b>	<b>9</b>	<b>485</b>	<b>6,171</b>	<b>11,896</b>	<b>21</b>	<b>2,907</b>	
北スラウェシ	13,931	0.74%	6	3	109	1,204	2,159	141	597	3.7
中部スラウェシ	68,090	3.66%	9	1	99	1,440	2,253	35	528	4.3
南スラウェシ	46,116	2.47%	20	2	244	2,580	8,369	134	1,896	4.4
南東スラウェシ	36,757	1.97%	8	2	117	1,613	1,923	50	432	4.4
ゴロンタロ	12,165	0.65%	4	1	40	450	897	73	230	3.9
西スラウェシ	16,787	0.90%	5	0	44	359				
<b>スラウェシ島</b>	<b>193,847</b>	<b>10.41%</b>	<b>52</b>	<b>9</b>	<b>653</b>	<b>7,646</b>	<b>15,601</b>	<b>81</b>	<b>3,683</b>	
マルク	47,350	2.54%	7	1	57	874	1,244	26	256	4.8
北マルク	39,960	2.14%	6	2	45	756	873	28	182	4.6
西イリアン・ジャヤ	114,566	6.15%	19	1	173	2,587				
パプア	309,934	16.65%	8	1	79	1,195	2,516	7	627	4.0
<b>マルク及びイリアン・ジャヤ</b>	<b>511,811</b>	<b>27.51%</b>	<b>40</b>	<b>5</b>	<b>354</b>	<b>5,412</b>	<b>4,633</b>	<b>10</b>	<b>1,065</b>	<b>4.7</b>
<b>インドネシア計</b>	<b>1,860,360</b>	<b>100.00%</b>	<b>349</b>	<b>90</b>	<b>5,277</b>	<b>69,858</b>	<b>217,854</b>	<b>115</b>	<b>54,899</b>	<b>4.3</b>

(注)\* 2004年6月の人口による予測値。面積及び自治体数は、2005年4月28日の内務省報告に基づき、県、市、郡、村のみ2004年12月までの地域レポートに基づいている。人口及び世帯は、1990年と2000年の人口調査による予測値を引用した。

(出所) Badan Pusat Statistik (2004)をもとに作成。

地理的には、北緯 6 度 (スマトラ島北端のサバン島) から赤道を南下して南緯 11 度 (ティモール島の属島ロティ島) の間、東経 95 度 (スマトラ島西端) から東経 141 度 (イリアンジャヤ東端) に及ぶアジア大陸とオーストラリア大陸ならびに太平洋とインド洋の中間に横たわる。南北の最長距離 1,888 キロメートルに対し、東西の最長距離 5,110 キロメートルを有し、この距離は、米国本土の東西距離にほぼ近い。

主な島は、大スンダ列島に属するスマトラ島、カリマンタン島、ジャワ島、スラウェシ島、

小スンダ列島に属するバリ島、ロンボク島、スンパワ島、スンバ島、フローレス島、ティモール島（西ティモール）、マルク群島に属するハルマヘラ島、ブル島、セラム島、アルー群島、タンニバル群島である。この内、カリマンタン島北部は、マレーシア領である。



図 1.1 インドネシア概要図

(出所) EastEdge, <http://www.eastedge.com/indonesia/map.html> をもとに作成。

インドネシアの人口は、約 2.17 億人（2004 年）、首都がジャカルタとなる。国民の大半がマレ - 系（ジャワ、スンダ等 27 種族に大別）であり、インドネシア語を公用語としている。宗教面では、イスラム教が 87%、キリスト教が 10%、ヒンズ - 教が 2% を占めている。

本調査事業においては、インドネシア共和国西ジャワ州バンドン県バリエンダ郡ワルガマカル村に位置するジャレコング最終廃棄物処分場（以下、ジャレコング処分場と呼ぶ）を対象としている。

ジャレコング処分場は、バンドン市からみて南に位置しており、首都ジャカルタ市からみると南東約 170km のところに位置している。バンドン市中心部からの所要時間は、車で約 1 時間、首都ジャカルタ市からは、車で約 2 時間である。

バンドン市の北側には、200 万年～100 万年前の活発な火山活動により、タンクバン・ブラウ、パトゥハ、マラバラ、グンドゥール等標高 2,000m 以上の火山群が立ち並ぶ。また、近くには、河川が堰き止められてできた琵琶湖の約 2.6 倍の大きさを誇るバンドン湖が存在している。バンドン市中心部でも、海拔約 700m に位置しており、バンドン市が位置するスンダ地方の多くが冷涼な高原気候となっている。

バンドン市は、人口約 250 万人の同国第 3 の都市である。バンドン市周辺地域は、高原保養地として知られている。スンダ地方は、スンダ人が多数を占め、歴史的にも 14 世紀に勃興したスンダ・パラヒャンガン王国を中心に栄え、その後、スンダ王国として発展した経緯を持つ。スンダ王国の滅亡後、1810 年にオランダによる統治が行われ、プランテーション農業の中心地

として発展した。第二次世界大戦前には、オランダ軍の基地がおかれていたため、独立後の今でもインドネシア空軍が旧オランダ軍基地を主要基地として利用している。

1916 年には、気候も涼しく、交通網も発達していたバンドン市への首都移転が計画された。実際には、首都にならなかったものの、現在では、気候が涼しく学業に適した環境にあるため、バンドン工科大学等の学校が多数存在する「学園都市」として発展している。また、繊維、化学、機械、ゴム等を生産する「工業都市」としても繁栄している。

また、バンドン市は、1955 年(4 月 18 日～24 日)にアジア・アフリカの旧植民地国が独立後、欧米諸国を入れずに結集した初めての国際会議、アジア・アフリカ会議が開催された都市としても知られている。

2005 年 4 月には、「アジア・アフリカ会議開催 50 周年」を記念して各国首脳を招いて式典が開かれている。

### 1.1.2 気候

赤道直下に散在するインドネシア共和国は、緯度上からみて熱帯に属し、一般に高温・多雨・多湿の海洋性熱帯気候下にある。風は強いが、島の大小により、また土地の高低、海洋風、降雨、その他の原因によって地方差が生じている。この地方の気候を左右するもっとも大きな因子は、アジア及びオーストラリア大陸の気団であり、これに加えて赤道付近の貿易風があげられる。いわゆる季節風の影響である。

北半球の冬には、アジア大陸が冷却されて気圧が上がり、大陸から海岸に向かって風が吹き出す。これは、最初北西方面を有しているが、地球の自転の影響を受けて、除々に北もしくは北東風に変わる。そして、この北東季節風は、北東貿易風とともに勢力を得て赤道に向かって吹いている。この風も赤道無風地帯においては、一旦速度を失うが、赤道を越えて南下した際、南半球では夏であるから、低気圧を生じているオーストラリア大陸を向って吹き込むことになり、北西風として赤道の南側に達する。これが北半球の夏も南半球での冬では、逆の関係となり、オーストラリア大陸の高気圧から吹き出す南東風が赤道を越えた後は、南西風となってインドネシア群島の北部からフィリピンを吹き渡し、アジア大陸の低気圧に吹き込むようになる。

北半球が冬の場合の北東及び北西季節風は、アジア大陸から吹き出すときは乾燥しているが、湿潤な海洋上を吹き渡ってくる間に湿気を吸収し、インドネシアに達するときは、極めて湿潤であるため、各地方の地勢その他によって差異はあるが、インドネシアの雨季(例年 10 月～3 月)となる。これに反して、北半球が夏の場合、オーストラリアから吹き出す南東及び南西季節風は、この大陸がインドネシアに接近しているため、その季節風は、前者ら反して乾燥しており、いわゆる乾季(例年 4 月～9 月)となる。

年間降雨量は、西部ジャワの北部海岸平野、東部ジャワの大部分、小スンダ列島、スラウェシの一部等は、平均 2000 ミリ以下で産業上もっとも重要な地域を成している。その他の平地、丘陵山岳地は、概ね 2000-3000 ミリ程度である。西部スマトラのパダン地区は、4000 ミリ以上の降雨がある。



湿度は、平均 80%前後の地方が多く、一般にきわめて多温で変化が少ない。

気温は、一般的にみて較差が少なく変化がなく、年平均 27 前後であり、各主要都市の平均気温は、ジャカルタ 26.4 、スラバヤ 26.8 、メダン 25.9 、バンドン 22.3 となっている。

### 1.1.3 民族

インドネシアの人々は、その大部分がモンゴロイド系マレー人種に属し、多くの種族からなっているが、大きな民族としては、ジャワ族 (45%)、スダ族 (14%)、マドゥラ族 (8%)、沿岸マレー人 (7%) が挙げられる。

### 1.1.4 言語

インドネシアの言語は、インドネシア語である。インドネシアは、多民族国家であるため、現在でも各々種族の中では、各々異なった民族語が用いられている。このインドネシア語という呼称は、1928 年 10 月 28 日の「青年の誓い」集会日以降、インドネシア民族の標準語として使用されてきており、1945 年憲法により国語として定められ、今日に至っている。インドネシア語は、ジョホール・マレー語を根源としており、マレー半島のマラッカ地方やスマトラのジャンピー等の東海岸地方で使用されていたものであったが、オランダ人の渡航以来、貿易上からも全国に普及していった。特に、1900 年、従来のアラビア文字からラテン文字への改革、その使用の全国統一が行われて以来、インドネシア語は、急速に発展を遂げ、サンスクリット、アラビア、オランダ、ポルトガル、中国語及び国内各地の方言の影響を受けた結果、今日のマレー語とは、若干発音・ニュアンスの点で異なっている。

### 1.1.5 宗教

イスラム教 87%、キリスト教 10%、ヒンズー教 2%、その他 1%となっている。国民の大部分がイスラム教 (スンニ派) であるが、イスラム教は、国教ではなく、インドネシア政府は、イスラム教とともにキリスト教プロテスタント、カトリック、ヒンドゥー教、仏教を国家公認の宗教としている。

一般的には、地域によって浸透している宗教が異なっている。バリ島とロンボク島のバリ系住民は、ヒンドゥー教を崇拝している。また、東ヌサトゥンガラでは、プロテスタントとカトリック、東ティモール、北スラウェシがカトリック、イリアンジャヤがプロテスタントとカトリックといったところである。また、スマトラのバタック人、スマトラ北部のミナンハサ人、カリマンタン奥地に住む人々にもキリスト教への改宗者が多い。キリスト教プロテスタントとカトリックの伝導は、東部インドネシアへの香辛料貿易を主眼としたポルトガルをはじめとする西欧諸国の進出とともに行われた。華僑の多くは、仏教を崇拝している。

インドネシアのイスラム教は、13 世紀末にインドを経由して伝えられたとされているが、当時既に古来からの民族宗教に加えて仏教やヒンズー教等を基盤とする文化がインドネシア社会の中で深く浸透していたこともあって、宗教としてのイスラム教は、一般的にアラブ地域のも

のとはかなり異なった形で社会に受容されていったといえる。

#### 1.1.6 インドネシアの歴史

100～65 万年前中部ジャワのサンギランに「ピテカントロプス・エレクトゥス」と呼ばれる原人が存在し、旧石器文化を保持していた。時代が下り、20～15 万年前になると、旧人段階に相当する「ソロ人」が、やはり中部ジャワのソロ川流域に居住していた。その後、1万2000 年前に登場した新人タイプの「ワジャク人」は、原住のネグリティやプロトマレー人種へと分化した。

紀元前 5000 年頃には東南アジア大陸部からスマトラ方面へ中石器文化を持った原モンゴロイド(黄色人種)も入ってきたが、現在のインドネシア人の直接の先祖と言えるのは、紀元前 1500 年以降、インドネシア方面に南下してきた「アウストロネシア(オーストロネシア)語族」という南方モンゴロイド集団といわれている。その内、「インドネシア語派」の「西インドネシア語群」は、根栽農耕と海洋通商文化を携えて前 500 年以降、ジャワやスマトラに広まり、現在のジャワ人、スンダ人、マレー人などの祖先となったといわれている。

東南アジアには、紀元後 1 世紀頃からインド商人が多数来住し、その影響下、4 世紀にはサンスクリット語とヒンドゥー教を奉ずるインド型の初期国家が誕生した。

ジャワでも遅くとも 5 世紀には国家が成立、「タルマ国」のプールナヴァルマン王が碑文を残している。

6 世紀末には、同じインド型国家でもヒンドゥー教ではなく大乘仏教を保護する国が登場し、後のシュリーヴィジャヤ王国やシャイレンドラ朝を予告した。

インド型国家の中でも最も栄えたのが、7 世紀後半からスマトラのパレンバンを中心に勢力を広げたシュリーヴィジャヤ王国である。マレー族が築いた海上貿易帝国では、大乘仏教を奉じたが、活動の大半は経済的利益の追求に費やされた。そして、8 世紀後半にはマレー半島北部まで勢力を拡大するものの、その発展はシャイレンドラ朝の勃興で中断されることになった。

8 世紀後半、中部ジャワに突如出現したシャイレンドラ朝は、周辺国を征服して一大軍事国家を築き、有名な大乘仏教遺跡ボロブドゥールを建立した。しかし、9 世紀前半には、早くもその勢力を失い、その後スマトラには、シュリーヴィジャヤ王国が復活、中部ジャワには新興勢力サンジャヤ朝が勃興した。9 世紀半ば以降、中部ジャワで権力を握ったサンジャヤ朝は、大乘仏教遺跡ボロブドゥールを建てたシャイレンドラ朝の向こうを張って、華麗なヒンドゥー遺跡プランバナンを築いている。ところが 10 世紀前半になると、メラピ山の大噴火により中部ジャワは壊滅、サンジャヤ朝の末裔(ジャワ族)は東ジャワへ落ち延びることになった。東ジャワに移ったジャワ族の文化は大きく変容を遂げ、中部ジャワであれほど巨大石造建築にこだわった人々は、東ジャワでは一転して、演劇や文学、音楽のような観念的な世界に没頭したといわれている。ここで形成された「ワヤン」などのヒンドゥー・ジャワ文化は、その後現在に至るまでジャワ独特の民族文化として保持されている。東ジャワは、1016 年、シュリーヴ

イジャヤ王国の攻撃で壊滅的打撃を受けたものの、英雄エルランガ王が復興し、その子孫たちはクディリ王国を築いて栄えた。

その後インドネシアは戦国時代を迎え、シンガサリ朝は 1222 年クディリ朝から国を奪い、権力争いを経て、13 世紀末クルタナガラ王の時代に最盛期に達した。王は、周辺諸国を服属させ、元(モンゴル)の使節をも侮辱して追い返すほどの勢いを示したが、1292 年、王は、クディリ朝遺臣ジャヤカトワンに暗殺され、シンガサリ朝は滅亡した。

その後、モンゴル遠征軍が侵攻を企てたが、クルタナガラ王の女婿ラーデン・ヴィジャヤの力により、ジャヤカトワンを倒した後、元軍を追い払い、マジャパヒト王国を建国した。

マジャパヒト王国は 14 世紀半ば、名宰相ガジャ・マダの下、最盛期を迎えた。その勢力範囲は、インドネシアの歴代王国の中では、最大となり、文学・建築などの分野でヒンドゥー・ジャワ文化は、頂点を築いた。その後、マジャパヒト王国は、15 世紀末、沿岸イスラム都市国家の執拗な攻撃を受けて崩壊し始めるまで繁栄を続けた。

西インド起源のイスラム教が東南アジアに最初に定着したのは、13 世紀末のスマトラ島北端であった。しかし、イスラム教が東南アジア各地に広がり始めるのは、マレー人が 14 世紀末に建てた貿易大国マラッカ王国が 15 世紀後半にイスラム化してからである。マラッカは、イスラム布教の基地となり、マラッカの貿易路に沿ってイスラム教は広まっていった。それと共に、ジャワ島北岸に誕生したイスラム港市国家群は、1480 年代以降激しくマジャパヒト王国を切り崩していき、沿岸諸国のうち最も優勢だった中部ジャワのドゥマクは、16 世紀初めには西ジャワを征服、16 世紀後半には中部ジャワ内陸部へ進出した。間もなく、ドゥマクが内紛で分裂すると、中部ジャワにはマタラーム王国が独立し、発展した。1590 年代には、中・東部ジャワを支配、西ジャワにも進出する勢いを示した。

16 世紀末ジャワに到達したオランダ人は、1602 年にオランダ東インド会社(VOC)を設立、バタヴィア市(今のジャカルタ)を建設した。バタヴィアの VOC はマタラーム王国の攻撃に耐え、イギリスやポルトガルを蹴落として、1640 年前後には東洋貿易で独占的な地位を確保した。17 世紀後半には諸王国の内紛に乗じ、西スマトラ、南スラウェシ、マタラーム王国などで権益や領土を増やしていった。マタラーム王国は、18 世紀前半に 3 回も王位争いを繰り返してオランダ東インド会社(VOC)の介入を招き、結局 1755 年にスラカルタ王国とジョクジャカルタ王国に二分化されてしまう。しかし、VOC の方も、フランス革命の影響で成立したオランダ新政府に 1798 年に解体された。

オランダ直轄となった植民地は、1811 年、イギリスによって占領されたものの、その後オランダ直轄が復活、19 世紀前半、パドリ戦争(1821 - 37)とジャワ戦争(1825 - 30)という 2 大反乱の鎮圧を経て、オランダは、悪名高い「強制栽培制度」を導入、インドネシアから莫大な富を搾り取り、なおも外島の植民地化を進めていった。これが 1870 年に廃止される頃にはオランダ民間資本の進出が進み、インフラや近代的統治機構・教育制度の整備が進められた。

その後、1941 年太平洋戦争が勃発し、翌年、日本軍の侵入でオランダ領東インドは崩壊し、インドネシアは日本占領下におかれた。戦争が進むにつれて日本の戦況は厳しいものとなり、

こうした中で日本軍は離反していく民衆の心を掴み、戦争への協力体制を築くためにインドネシア独立を容認する声明を発表、のちの初代大統領となるスカルノはこの声明を受けて日本軍政下での独立を試みることとなったが、1945 年日本の敗戦によって第二次世界大戦が終結した。終戦後、スカルノは、オランダ領東インド全域を領土としたインドネシア共和国の独立を宣言する。

しかし、その後再植民地化を試みるオランダの侵攻により、独立戦争が始まった。軍事力では、オランダに勝ち得ない状況から、スカルノは、第三国を仲介した協議による独立の道を模索した。その結果、1946 年、戦後処理のため連合国の代表としてインドネシアにきたイギリスの仲介によって、「リンガルジャティ協定」が締結され、停戦合意が締結された。この協定により、独立派が占める領域であるインドネシア共和国は、インドネシア連邦共和国内の一国として承認された。しかしながら、オランダはその後強硬策を採り、軍事侵略である 1947 年の第一次警察行動、1948 年の第二次警察行動を起こした。

こうした中、東西冷戦が本格化するにつれて、米国は、政治的に不安定な東南アジアに共産主義が拡大することを恐れ、次第にインドネシア独立問題を冷戦構造の枠組みの中で捉えるようになった。

そして、1949 年ハーグ円卓会議が開かれ、西イリアンを除くオランダ領東インド全域におけるインドネシア連邦共和国へのオランダからの主権の委譲が決められ、スカルノは、初代大統領となった。その後、連邦共和国内の他の国々はインドネシア共和国に編入され、1950 年、現在の単一のインドネシア共和国が誕生した。

#### 1.1.7 政治制度・社会情勢・議会

##### (1) 政治制度

1998 年のスハルト政権崩壊後から継続してきた民主化への政治制度改革をみると、6 年間で 4 度の憲法改正を経て政治制度は、抜本的に変化した。第 1 にスハルト強権政権への反省から立法権を強めた議員内閣制的性格が正副大統領選挙を通じてアメリカ型の大統領制度に変化した。この結果、国民協議会から選んだ大統領が国民協議会の定めた国策大綱を実施する形から、国民の選んだ正副大統領が選挙公約としての「ビジョン・ミッション・プログラム」を国家開発計画に反映させる形へ変化した。この変化は、2005 年に始まる地方首長直接選挙にも適用され、地方行政もまた大統領制的性格へ変わった。第 2 に為政者の権力維持の道具として渾然一体だった立法・行政・司法の三権が明確に分立し、チェック・アンド・バランス機能が働き始めた。そして、第 3 に紛争中のアチェを除き、村落レベルにいたるまで言論・表現の自由が自明のこととなった。

選挙や集会といえ、暴動を連想したインドネシアが 1 年間に議会選挙、正副大統領選挙、同決戦投票といった三大選挙を混乱なく実施できたことは、国際社会からも評価されている。

2004 年、国民の直接選挙で選出されたユドヨノ政権の正当性は、強く、また、民間調査期間の世論調査等を通じて選挙結果への信頼感も国民の間に醸成された。インドネシア国民は、ユ

ドヨノ政権に対して前政権とは違う「変化」を求めたが、それは政治制度の一層の変化というよりも、むしろ制度変化に対応した政治家の行動の変化である。インドネシア国民は、ユドヨノ政権への期待を込めた厳しい眼差しを送っている。

## (2) インドネシア・ユドヨノ政権

政治制度的にみると、2004 年総選挙は、スハルト政権崩壊後初めて実施された前回 1999 年総選挙の実施体系を継承していない。2004 年総選挙は、2002～2003 年に新たに制定された政党法（法第 31 号）、総選挙法（法第 12 号）、議会構成法（法第 22 号）、大統領選挙法（法第 23 号）の 4 法に基づく、前回は、政党代表で構成された総選挙委員会は、政治的な中立性を高める構成に刷新され、総選挙監視委員会は、その監視下におかれた。

2004年9月20日の大統領選挙決戦投票により、ユドヨノ政権が誕生した。

ユドヨノ政権は、過去1年の大半を2004年12月に未曾有の被害を齎したスマトラ沖大地震・津波の緊急支援・復興に追われたが、間もなく1年を迎えようとする2005年10月1日、石油燃料価格を平均108%とする大幅引き上げと同時に2002年10月に続く、バリ島での2度目の連続爆弾テロ事件に見舞われた。直接選挙で選ばれた大統領があえて不人気政策を断行し、同時に治安維持上の大きな汚点を残す事件に遭遇したのである。

ユドヨノ政権は、政権発足後の翌日に初閣議を開き、その1週間以内に各省庁が100日アジェンダを発表するといった迅速性を国民に示したのである。大統領選挙時にユドヨノとカラが国民に示したビジョン・ミッションは、国民と約束した「政治契約」として政権発足後3ヶ月以内の策定を義務付けられた中期開発計画の基本となった。国民は、大きな期待とともに、この「政治契約」が遵守されるのかどうかを厳しく見守ることとなった。実際、2004年総選挙で信頼を得たNGOや国内報道各社による世論調査をみると、表1.2のとおり、ユドヨノ政権発足時から満足度は低下したが、1年経ってもそれなりの満足度を示していることである。満足度は、6ヶ月後までに下がった後、9ヶ月後には、一旦上昇し、1年後時点で再び低下した。

表1.2 ユドヨノ政権に対する満足度 (%)

	ユドヨノに投票した者				ユドヨノに投票しなかった者			
	3ヶ月	6ヶ月	9ヶ月	1年	3ヶ月	6ヶ月	9ヶ月	1年
政治・治安	72.8	54.6	68.8	56.8	53.5	44.7	52.6	45.0
法秩序	66.5	56.6	69.2	55.7	51.8	44.2	51.6	40.9
経済	52.3	39.6	53.3	36.9	33.6	25.3	34.2	22.3
国民福祉	58.0	44.8	57.5	50.2	41.7	30.5	42.4	37.4

(出所) KOMPAS, <http://www.kompas.com/kompas-cetak/> をもとに作成。

また、表1-2を見ると、ユドヨノ政権は、汚職摘発、アチェ和平等が満足度上昇に貢献したとみられる一方、国際石油市況の上昇で余儀なくされる石油燃料価格値上げ等の不人気な政策が特に経済面での評価を引き下げている。

表1.3 ユドヨノ政権に対する確信度 (%)

	ワヒド政権			メガワティ政権			ユドヨノ政権		
	6ヶ月	9ヶ月	1年	6ヶ月	9ヶ月	1年	6ヶ月	9ヶ月	1年
政治・治安	70.7	52.6	47.9	63.2	60.2	52.7	77.3	81.9	73.5
法秩序	72.4	54.7	54.8	58.5	55.7	46.5	77.8	82.3	73.0
経済	67.3	52.0	44.1	54.0	58.0	47.2	69.6	77.5	64.2
国民福祉	76.1	57.1	54.2	62.0	63.1	51.6	74.5	78.6	70.1

(出所) KOMPAS, <http://www.kompas.com/kompas-cetak/> をもとに作成。

他方、政権能力に対する確信度は、表1.3のとおり、ワヒド、メガワティ政権の発足1年後と比べても、はるかに高い値を示している。つまり、経済面への不満は高まっているが、それでもユドヨノ政権に対する国民の期待は高いといえる。その背景には、過去の政権が手をつけなかった汚職問題への対処が際立っているからである。

世界有数の汚職大国と言われ、「汚職は文化」と内外から諦められてきたインドネシアにおいて、2004年から動き始めた汚職摘発の動きがユドヨノ政権下で一気に加速した。初めは、地方議会や地方首長の汚職摘発から始まり、総選挙委員会の裏金問題、宗教省による巡礼基金の流用、国会議員の地方政府に対する口利き等の中央レベルの政府機関に摘発は及び、ついには、裁判所での判決買収問題等の司法の場における汚職にまで摘発が行われている。

### (3) 議会

#### a. 国民協議会 (MPR)

国民協議会 (MPR) は、国会 (DPR) と地方代表議会 (DPD) の議員から構成されており、少なくとも5年に1度開催され、憲法の制定及び改正、正・副大統領の任命等を行う。MPRの議員数は678名で、このうち550議席は国会議員が兼任し、残りの128議席は地方代表議員(32州からそれぞれ4名)で構成される。MPR議員の任期は5年間である。

#### b. 国会 (DPR)

国会 (DPR) は、少なくとも1年に1回開催され、法律制定・執行の管理、予算法案の制定等を行う。DPR議員は直接選挙により選出されており、議員定数は550名、任期は5年間である。2004年4月5日および1999年6月7日に実施された総選挙の結果(得票数、得票率、国会における各政党の議席数)を表1.4に示す。

表1.4 総選挙の結果とインドネシア国会内の主要政党議席数

政党名	選挙日: 2004 年 4 月 5 日		(参考: 1999 年)		
	得票数	得票率	議席数	得票率	議席数
ゴルカル党	24,480,757	21.58%	128	22.44%	120
闘争インドネシア民主党	21,026,629	18.53%	109	33.74%	153
民族覚醒党 (PKB)	11,989,564	10.57%	52	12.64%	51
開発連合党 (PPP)	9,248,764	8.15%	58	10.71%	58
民主党 (PD)	8,455,225	7.45%	57	-	-
福祉正義党 (PKS)	8,325,020	7.34%	45	1.36%	7
国民信託党 (PAN)	7,303,324	6.44%	52	7.12%	34
月星党 (PBB)	2,970,487	2.62%	11	1.94%	13
改革の星党 (PBR)	2,764,998	2.44%	13	-	-
福祉平和党 (PDS)	2,414,254	2.13%	12	-	-

(注) 国会総議席数の2%以上獲得した政党のみ記載。

(出所) Department of Foreign Affairs Republic of Indonesia, <http://www.dfa-deplu.go.id/> をもとに作成。

2004 年の選挙では、独立機関となった総選挙委員会が初めて機能し、不正や暴力がほとんどなく、世論調査や選挙報道が活発で、自由で公平な選挙が実現したことは、インドネシアの民主化が大きく前進したものとみられている。

この選挙の結果、ゴルカル党が議会トップに返り咲き、メガワティ大統領の闘争民主党は惨敗した。本格派イスラム政党の福祉正義党と、新参のユドヨノ氏の民主党が、大躍進を成し遂げた。政治勢力としては歴史も浅く、広いインドネシアでは、無名に近い新興政党だった。「クリーンな政治」を綱領に掲げたこれらの二つの政党が政治の中枢に躍り出たことで、国会で四十席以上を確保した政党が七党となり、インドネシア政治は多党化時代に突入したといえる。2004 年 9 月 20 日の大統領選挙の決選投票は、苦戦の末、仇敵ゴルカル党と組んで、なりふり構わず再選を狙うメガワティ大統領と世論調査で圧倒的な人気を見せたユドヨノ氏との間で争われたが、国民はメガワティ氏とゴルカル党の癒着や、旧態依然のメガワティ氏の政治手法に反発した。「変革」に期待を寄せる国民の熱意が、新人のユドヨノ氏に圧倒的勝利をもたらした。こうした劇的などんでん返しの選挙プロセスは、インドネシアの政治史にはなかったことである。

#### c. 地方代表議会 (DPD)

地方代表議会 (DPD) は、少なくとも 1 年に 1 回開催され、その主な役割としては、地方自治、中央と地方との連絡、地方自治体の統合・分離、天然資源開発、地方財政に関する法律の制定、法の執行の監督等が含まれる。議員は各州における直接選挙によって選出される。

#### (4) インドネシア国家機構

2004 年時点のインドネシア国家機構は、次の図 1.2 のとおりとなる。これらの特徴としては、

ユドヨノ政権が数年来の投資減退と失業増大に対して危機感を深めた産業界の提言を受けて「投資環境改善のための政策推進」を基本とした投資主導の高成長により雇用創出を目指すとした政策方針を特徴としている。そのため、矢継ぎ早の政策立案の要として大統領府直轄の国家官房が大きな役割を果たしており、その中でも国家開発企画庁の地位が浮上している。

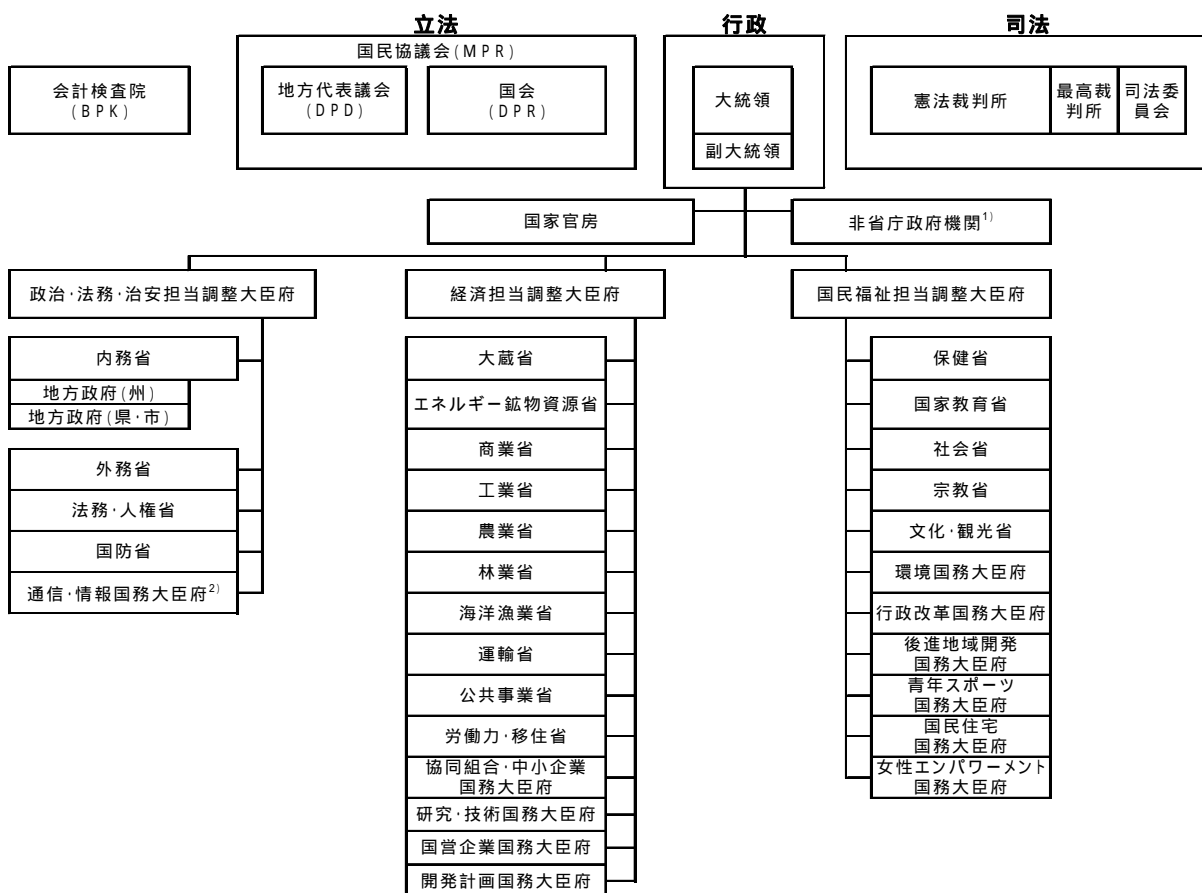


図1.2 国家機構図

(注1) 国家開発企画庁 (BAPPENAS)をはじめとして、国家行政院 (LAN)、国家公文書館 (ANRI)、国家人事院 (BKN)、国立図書館、中央統計庁 (BPS)、国家標準化庁 (BSN)、原子力監視庁 (BAPETEN)、国家原子力庁 (BATAN)、国家情報庁 (BIN)、国家コード院、国家家族計画調整庁 (BKKBN)、国家宇宙航空庁 (LAPAN)、国土地理院、開発会計検査庁 (BPKP)、国家科学院 (LIPI)、技術評価応用庁 (BPPT)、投資調整庁 (BKPM)、国家土地庁 (BPN)、食品・薬品監視庁 (BPOM)、国家情報院 (LIN)、国家防衛研修所、文化観光振興庁を含む。

(注2) 2005年1月31日付大統領令2005年第5号により、通信・情報省へ昇格。これに伴い、郵政通信総局が運輸省から通信・情報省へ移動。

(出所) アジア経済研究所 (2005)をもとに作成。

### 1.1.8 インドネシア経済の現状

2002年から2003年にかけて、3%台から4%台にようやく回復した経済成長率(国内総生産の伸び率)は、2004年にほぼ5%成長に漕ぎ着けた。ユドヨノ政権は、2005年から2009年までの間、毎年、6-7%の成長を維持し、任期が終わる2009年には、年平均7-8%の成長を実現したいとしている。



そのためには、日本などの外国投資も含めた新規の直接投資を増やし、成長の流れを一挙に加速する必要がある。日本の投資家が中国傾斜を強めている中、日本インドネシア官民合同投資フォーラムがスタートしたのも、ユドヨノ政権への期待が大きいことを物語る。

経済の再建策は、2005 年 2 月に発表された長期国家開発及び中期国家開発計画に沿って積極的な経済成長政策が動き出したかのようであった。政策の骨子は、立ち遅れたインドネシア投資環境の改善、生産性の向上による国際競争力の強化、2005 年以降 5 年間に年平均経済成長率 6.6% を達成することである。通貨危機後 8 年間の調整期間も終了し、インドネシア経済の再飛躍が始まるとの期待が高まった。しかし、テロ事件とともに折からの国際石油価格の急騰が経済再建の足かせとなっている。1973 年と 1979 年に生じた石油危機の際には、石油高騰による国庫歳入を著しく増大させたが、現在、石油の純輸入国に転落したインドネシア経済にとって大きな打撃となった。これは、国民経済安定化のために低石油製品価格を維持する財政補助金の負担を招いている。これをみた国内外の投機筋は、ルピア売りをを行い、2005 年当初より半年間でルピアの対米ドル交換レートを 10% 以上下落させ、1 米ドル = 1 万ルピア台に押し下げた。当然、証券・債券市場の低迷も招き、一時は、通貨危機再来の危機感があおられた。

そうした経済情勢を改善するために石油価格高騰による補助金負担 (国内総生産の 1%、100 兆ルピアを超える) を削減する目的でインドネシア政府は、2005 年 10 月 1 日より石油製品価格を平均 126% 引き上げた。中でも一般庶民にとって生活必需品である灯油は、186.7% の引き上げとなった。これは、当然庶民の反発をかい、各地で多数の反対デモが発生した。かつて、石油価格 (生活物価の引き上げも含む) 引き上げがスハルト政権崩壊を引き起こしたが、現政権は、そうした過去の教訓も配慮しながら、慎重に対処している。

しかしながら、ユドヨノ政権 1 年目の経済パフォーマンスは、決して悪くない。GDP 成長率は、投資と輸出の成長が重なって 3 四半期平均で 6.1% となった。メガワティ政権期の平均成長率 4.3% よりも 2 ポイント近く高い。任期中の 5 年間で平均 6.6% の成長を目標に掲げるユドヨノ政権としては、満足のできる数値である。

注目すべき点は、投資 (総固定資本形成) の成長である。アジア通貨危機後の経済回復は、消費需要に牽引されてきたが、2004 年から投資が消費に代わる牽引役を果たし始めた。現在、6 四半期連続で投資は、2 桁成長を続けているが、これは、1988 年 ~ 1990 年以後のことである。固定資本の内訳をみると需要規模では、建物、伸び率では、輸入機械設備が大きい。実際、輸入統計でも資本財輸入は、消費財の 22% を上回る 36% の高い伸びをみせている (2005 年 1 月 ~ 8 月)。投資調整庁による同年 1 月 ~ 9 月投資実績速報 (石油/天然ガスと金融を除く) では、国内投資は、前年同月比 21% 増の 12 兆ルピア、外国投資は、同 2.6 倍の 76 億ドルとなった。外国直接投資は、危機前の水準には及ばないものの、アジア通貨危機後では、最も高い数値となっている。

投資と並ぶ成長牽引役の輸出は、1 ~ 8 月の輸出統計で前年同期比 24% 増、そのうち非石油ガスは 25% 増であった。ただし、伸び率が高いのは世界的に需給が逼迫している鉱物関連品で、工業製品は 19% の伸びに留まっている。

2005 年の ASEAN 諸国の平均経済成長率が約 5% 前後とみられる中でインドネシアの 6% 成長は、ベトナムに次いで相対的に高い位置にある。投資主導の成長であることも成長の持続性からみて評価されている。緊調な成長の持続によって危機後に深刻な問題となった対外債務の負担は、大きく軽減した。政府の対外債務残高は、それほど変わらないものの、民間を含めた対外債務合計額を GDP 比で見るとピーク時の 163% から 2005 年 6 月には、50% にまで低下した。

表 1.5 中期開発計画 (2005 ~ 2009 年度) の経済目標 (%)

経済指標	2005	2009	年平均
GDP 実質成長率	5.5	7.6	6.6
民間投資	4.3	5.3	4.8
投資	14.6	12.8	13.7
輸出	5.7	10.1	7.9
完全失業率	9.5	5.1	-
貧困人口比率	16.6	8.2	-
インフレ率	7.0	3.0	-
財政収支 (GDP 比)	-0.7	0.3	-
政府対外債務 (GDP 比)	21.6	12.6	-
政府国内債務 (GDP 比)	26.3	19.2	-

(出所) 佐藤(2004)をもとに作成。

ユドヨノ政権の中心的経済課題は、雇用創出、貧困削減、それを可能にする経済成長の実現である。国家開発企画庁 (BAPENAS) がまとめた国家中期開発計画は、この 3 つの課題にそれぞれ数値目標を掲げている。インフレ、財政収支、政府債務の管理といったマクロ的安定を前提として、2009 年までに失業率と貧困率を半減させるという目標である。

表 1.6 中期開発計画における投資計画と資金調達源

	2005	2006	2007	2008	2009	5年間合計
投資必要額 (兆ルピア)	529	653	806	962	1,123	4,073
GDP 比 (%)	21.0	23.1	25.3	27.1	28.5	25.4
うち政府投資 (構成比: %)	16.4	15.6	14.1	14.1	14.5	14.7
民間投資	83.6	84.4	85.9	85.9	85.5	85.3
政府貯蓄	11.7	11.8	12.1	13.1	14.3	12.8
国内民間貯蓄	96.2	90.3	88.3	86.1	83.7	87.8
海外貯蓄	-7.9	-2.1	-0.4	0.8	2.0	-0.7

(出所) 佐藤(2004)をもとに作成。

この目標は、もともとユドヨノ政権の政治公約として提示されたものであるが、雇用創出の面が難しいとされている。1% の GDP 実質成長が 40 万人の雇用を創出すると仮定した場合、6% の GDP 実質成長でようやく新規参入労働力を吸収できるとされている。さらに既存の失業を減少させるには、論理的に 7.5% 程の成長が必要だといわれている。

GDP 実質成長を加速させるには、投資が不可欠であり、中期開発計画は、表 1-6 のとおり、5 年間の総投資必要額としては、約 4,073 兆ルピアと見積っている。財政の出動余地は限られて

いるとの認識から全体の 85% を民間投資とし、それを上回る 88% を国内民間貯蓄で賄う計画である。よって、ユドヨノ政権の経済目標を達成するには、民間投資の活性化が必要であり、そのための投資環境の改善が急務であるとの認識が政権内と財界に強まっている。

## 1.2 インドネシアのエネルギー政策

### 1.2.1 インドネシアのエネルギー需給動向

インドネシアのエネルギー政策は、「エネルギー資源の探査・開発の強化」、「国内エネルギー供給の多様化による石油輸出能力の確保」、「エネルギー利用効率の向上」、「国内資源と消費形態の最適化」といった 4 項目を基本方針としている。

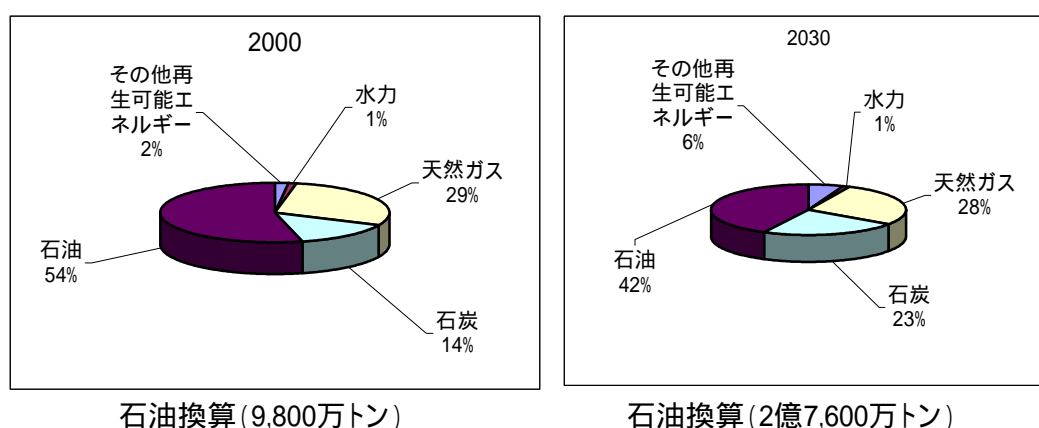


図1.3 インドネシアにおける一次エネルギー総需要  
 (出所) OECD/IEA(2003)をもとに作成。

2000年～2030年におけるインドネシアのエネルギー需給動向についてみると、図1-3のとおり、一次エネルギー総供給については、2000年の9,800万トン(石油換算)から年平均3.5%の増加率の伸びをみせており、2030年には、2億7,600万トンとなっている。

#### (1) 石炭を巡るエネルギー政策

インドネシアの石炭は、硫黄含有率が0.1%前後と低いことから、価格面のみならず環境面からも追い風を受けた形で輸出を拡大している。インドネシアの無煙炭輸出量は、オーストラリアと南アフリカに次いで世界第3の規模であり、アジア向けの石炭輸出国としても、オーストラリア、中国に次ぐ第3の一般炭輸出国となっている。インドネシアの石炭埋蔵量は、輸出を大幅に拡大できる水準にある。確認埋蔵量は、約54億トン程度といわれており、そのうちの7億9,000万トンが無煙炭といわれている。

また、インドネシアでの代替エネルギー開発において、石炭は優先的な位置付にある。石炭の生産量は、1989年以降大幅に増加し、1998年には推定6,650万トンが生産され、その内77%の5,110万トンが主に日本、韓国、台湾向けに輸出されている。

他方、2000年～2030年における石炭需要は、電力部門が主な牽引役になる形で年平均5.2%の伸びをみせており、そのうち、発電用が70%を占めている。石炭の発電単価は1.4セント/kWh

で、天然ガスの2.5 セント/kWh と比べて大幅に安く、一次エネルギー需要に占める石炭の構成比は、2000年には14%にすぎなかったものが、2030年には、23%まで拡大すると予想されている。CO2排出という観点から環境への懸念は大きいものの、今後さらにジャワ島での発電用等により需要拡大が予想される。また、アジア通貨危機の発生前までは、旺盛な電力需要の伸びを予想して、外資による I P P 誘致を見込み、多数の石炭火力発電計画が立てられたが、アジア通貨危機の発生により、多数の石炭火力発電計画が頓挫し、見直しを余儀なくされているものが多い。今後5年間でさらに石炭の生産量を倍増する計画であるが、この増産分は、主に東アジアやインド向けの輸出であり国内向けではない。インドネシア産の石炭は、可採埋蔵量が53億6,800万トンと中国(可採埋蔵量1,145億トン)やオーストラリア(可採埋蔵量904億トン)等と比較するとかなり小さいものの、世界的に石炭調達の多角化戦略が図られている中で、インドネシアは、重要な石炭産出地域であることに変わりはない。

他方、インドネシア国内においては、石炭需要の伸びが著しい状況下でエネルギー供給全体に占める石炭消費のシェアを1971年の1.3%から、2000年には14%まで拡大させている。特に石炭需要の大半(主に瀝青炭と亜炭)は、石炭火力向け(2002年・67%)に用いられている。インドネシアは、石油と天然ガスの輸出国であるものの、既に石油純輸入国に転じたことから、今後、外貨獲得を主な目的に天然ガスと石炭の生産・輸出拡大が考えられるが、インドネシア国内の新規の採掘地域は、熱帯雨林地域での坑内掘りを余儀なくされることから、採掘・輸送の面での課題が大きいとされている。

## (2) 天然ガスを巡るエネルギー政策

天然ガスの一次エネルギー総需要量は、年平均3.5%(2000年~2030年)の増加率の伸びをみせており、特に1990年代以降は、他の一次エネルギー総需要量の平均増加率が1980年代に比べて鈍化するなかで高い伸びを維持している。主な使用用途としては、発電・肥料・鉱物加工等の産業があげられる。1984年からは、PTPGN社が中小企業・サービス部門・一般家庭に対する天然ガス流通に関する輸送義務を負っており、国内の天然ガス市場については、Pertaminaが独占的な地位を保持している。しかしながら、インドネシア国内では、ガス供給を行うための流通インフラが未整備であることから、民生用需要が伸び悩んでいる。

表1.7 天然ガスの確認埋蔵量

	1983年末	1993年末	2002年末	2003年末	単純可採年数	世界のシェア
天然ガス(兆m3)	1.19	1.82	2.56	2.56	35.2	1.50%

(出所) B P (2004)をもとに作成。

インドネシアの天然ガス確認埋蔵量は、表1.7のとおり、2003年末時点で2.56兆m3といわれている。確認埋蔵量71%強が沖合ガス田に存在し、ナトゥナ島の沖合(33%)とカリマンタン島東部(30%)、イリアンジャヤ(15%)、アチェ(7%)、スマトラ島南部(6%)に集中している。

天然ガス国内産出量の伸び率は、インドネシアの日本、韓国、台湾向け LNG 輸出量の増大に繋がることになり、近隣の ASEAN 加盟国に対する天然ガス輸出も増えることになる。

他方、LNG については、インドネシアは世界最大の LNG 輸出国である。2000 年時点における世界の LNG 貿易の総量である 1,370 億 m<sup>3</sup> のうち 75% は、東アジアの輸入が占めている。東アジアの LNG 輸入国別構成は、日本 74%、韓国 20%、カタール 13%、ブルネイ 9%、オーストラリア 7%、UAE 7%、オマーン 2%、米国 2% である。輸入国では日本、供給国ではインドネシアとマレーシアが大きな比率を占めている。

現在の LNG の生産地域については、スマトラ島ナングル・アチェ・ダルサラーム州のアルンと東カリマンタン州のボンタンといった 2 つの基地で行われている。2003 年には、アルン基地で 634 万トン、ボンタン基地で 1,973 万トン生産され、その合計の 2,608 万トン全てが日本、韓国、台湾の 3 カ国に輸出されている。世界の LNG 貿易の中でインドネシアと日本は特別な関係にあり、両国の LNG 貿易に占める世界シェアは非常に高い。2003 年時点でインドネシアから日本に輸出される割合は、67% を占めており、一方、日本は、LNG 輸入の 30% をインドネシアに依存している。

2 つの既存の LNG 基地に加えて、2007 年からは、現在建設中の第 3 の LNG 基地である西イリアンジャヤのタンゲーからの供給が開始される予定である。年間 700 万トンを提供することができる 2 トレイン体制により、2002 年締結された中国・福建省への年間 260 万トンの供給契約に加えて、2004 年には、韓国の K - P O W E R 及び鉄鋼会社の P O S C O への年間 115 万トンの契約、さらには、米国サンディアゴのセンブラ・エナジー社との間で 2008 年から年間 340 万トンの契約が結ばれ、合計で 745 万トンの供給契約が締結されている。また、近年発見された大型ガス田であるスラウェシ中部のドンギでも将来の LNG 供給の可能性を視野に入れて調査が進められており、インドネシア外貨収入の稼ぎ手としての期待が高まっている。

インドネシアでは、豊富な天然ガスの埋蔵量を持ち、世界第 1 位の L N G 輸出国であるにも拘らず、天然ガスの利用拡大が遅れている。これまでは、国内のガス輸送網などのインフラ整備が遅れていたため、ガス田近くの化学肥料やセメント用に制限されてきた。しかし、インドネシア政府は、国内での利用促進を図るために幹線パイプライン網や都市ガス網の整備を進めており、現在では、南スマトラ及びジャワ島西部を中心に建設または延長が行われている。今後、とくにスマトラからジャワへの天然ガス輸送パイプラインが完成すれば、原油の生焚きの代わりに天然ガスの利用が拡大する可能性がある。

表1.8 インドネシアの主な天然ガス田の操業状況

	Arun 北スマトラ。1971 年発見。埋蔵量15 兆cf。1978 年より日本向けLNG 輸出。オペレータはMobil。Arun LNG 基地向け供給。2010 年以降は生産量減少、老朽化。東北電力の2005 年以降の引取り削減等で、将来の青写真を作成中。
	Badak 東カリマンタンBontang 沖合い。Bontang LNG 基地向け供給。1977 年より日本向けLNG 輸出。
	Natuna D- 1995 年1 月にExxon が開発契約締結。Natuna 島に当初は480 万トン/年、最終的に1,500-2,000 万トン/年のLNG プラントを建設する計画。遠隔地、深水域、二酸化炭素の含有量71 %等の要因により開発費用は2 兆円以上といわれる。生産は30 億cf/日 × 30 年の計画。日本向けLNG、タイ向けガスPL、ジャワ島西部の発電所向け天然ガスPL 建設等も検討されている。生産開始は当初予定の2003 年から2007 年に延期。
	西Natuna 鉱区 1997 年5 月に発見。Singapore への480km のPL 建設。2000 年までに1.5 億cf/日、ピーク時3.5 億cf/日の供給。1999 年11 月にはConoco が新たに1 兆cf規模のガス田を発見。
	Irian Jaya Irian Jaya の北西Wiriagar でArco が発見。不純物を含まないガスで、確認埋蔵量6-7 兆cf。LNG Tangguh プロジェクト(Pertamina が資金調達に責任を持ち、液化設備を建設・所有する。Arco はガス田開発と操業に責任を持つ)向けに供給。

単位: 1 cf = 0.0268Nm<sup>3</sup>: (1t=26.7cf)  
 (出所)MEMR,<http://www.esdm.go.id>をもとに作成。

ただし、課題としては、国内天然ガス価格が他の燃料に比べて割高なことである。これは、政府補助金により石油製品価格が低く抑えられている一方で天然ガスや石炭は国際価格にリンクして販売されていることによる。

### (3) 石油を巡るエネルギー政策

原油の輸出については、国内の原油生産の頭打ちと石油製品需要の増大から、1994年の79万B/Dをピークに1997年には、70万B/D、1998年には、67万B/D、2003年には、34万B/Dまで落ち込んでいる。主な原油輸出先は、日本、韓国、中国、オーストラリア等のアジア、オセアニア地域で全体の約90 %を占めている。インドネシアでは、早くから石油に依存しない経済体制を目指したことから、表1-9のとおり、石油・天然ガス総収入の国家歳入に占める割合は、16.09% (2005年)であり、中東産油国と比べればかなり低いものの、今後も一定量の原油輸出確保を目指す政策をとるものと見られる。

表1.9 石油・天然ガス産業の財政貢献度

(単位:10億ルピア)

	国内歳入	石油・天然 ガス総収入	歳入比 (%)	石油・天然 ガス税外収 入(A)	天然ガス税 外収入(B)	天然ガスの割合 B/(A+B)(%)
1996/1997	87,630	20,137	22.97%	11,235	1,821	13.94%
1997/1998	107,965	30,559.0	28.30%	16,921.0	2,820.0	14.28%
1998/1999	146,872.0	41,368.0	28.16%	10,701.0	4,730.0	30.65%
1999/2000	204,422.0	58,482.0	28.60%	28,898.0	6,956.0	19.40%
2001	205,335.0	104,143.0	50.71%	58,950.0	22,091.0	27.25%
2002	299,183.0	80,139.0	26.78%	47,679.0	16,347.0	25.53%
2003	303,926.0	78,478.0	25.82%	41,679.0	18,685.0	30.95%
2004	349,300.0	57,135.0	16.35%	28,248.0	15,754.0	35.80%
2005	377,163.0	60,690.0	16.09%	31,856.0	15,265.0	32.39%

(注)石油・天然ガス総収入には、生産分与契約(PSC)の政府取り分とロイヤルティ収入からなる税外収入、民間企業からの所得税収入が含まれる。

(出所)DEPKEU, <http://www.depkeu.go.id/> をもとに作成。

一方、原油輸入は、1990 年以降国内の石油製品需要が増加している中で精製能力が拡張されなかったことから、1999年で2,300万TOE、2005年で3,480万TOEで推移してきている。輸入先は1990年までは中東地域がほとんどを占めていたが、同年以降は、国内燃料油の需要増加に対応するためアジアやアフリカ等の低硫黄軽質原油の輸入が増えている。また、アジア通貨危機によるルピアの下落から、国産原油を国内消費に回した結果、石油製品の輸入量は、大幅に減少している。

表1.10 インドネシアの原油確認埋蔵量・生産量の推移

年	1980	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2005	2010	2020
原油埋蔵量(億b)	116.0	91.8	54.1	53.2	49.8	49.8	49.8	49.8	47.0	47.0	47.0
生産量(万b/d)	157.5	118.1	123.1	133.2	132.6	133.0	131.5	140.2	142.2	150.2	84.0
輸入量(万b/d)	10.5	7.4	13.4	18.7	18.9	19.0	21.2	46.0	69.6	86.4	179.2
輸出量(万b/d)	98.8	70.5	68.4	74.3	70.6	70.7	67.8	92.8	92.2	96.4	63.2

(出所)APERC, <http://www.ieej.or.jp/aperc/> をもとに作成。

表1.10によれば、2005年時点でのインドネシアの原油確認埋蔵量は、47億バレルで1980年の116億バレルに比べると59%もの減少となっている。

現在、主な生産油田は、インドネシアの中央から西側に位置しているため、今後は、フロンティア地域、とくに東部の未探鉱地域を中心に据えている。地層が複雑といわれるが、大規模油田発見の可能性も高いと見られている。大部分の原油は、Duri やMinas といったインドネシア最大級の油田がある中央スマトラの陸上にあり、その他は、北西ジャワ、東カリマンタン、ナツナ海等の沖合油田である。新たに発見された埋蔵地域は、Lasmo 社Kurau 油田(1986 年)、Maxus Energy 社Intan 油田(1987 年)・Widuri 油田(1988 年)であり、生産量を大幅に変える

規模とはなっていない。原油生産量は、1980年の157.5 万B/D をピークに1990 年以降は、120-140 万B/D で推移してきている。Duri 油田では、水蒸気攻法等、2 次、3 次回収も行われているが、今後大きな油田の発見がなければ現在の生産レベルを維持することは、困難とされている。

原油の生産量は、1990年以降130～140万B/Dで推移しており、1998年では、131.5 万B/D、2005 年に142.2 万B/Dとなっている。2005年には、92.2万B/Dが輸出され、逆に69.6万B/Dが輸入されている。なお、インドネシアは、産油国でありながらも原油輸入を行っているのは、国産原油が重質油でワックス分が多いため白油をとるのに向いていないこと、また低硫黄の重質油が日本などの電力向け需要が高いこと等から、国産の重質油の使用を制限し、国内需要は、安価な中東原油を輸入してそれを運用する政策をとってきたことによる。

1997年のアジア通貨危機発生以前においては、内外の民間企業がインドネシア国内の石油流通市場に参入する機会を得ようと製油所の建設計画を次々に申請した。しかし、アジア通貨危機による資金調達の困難およびアジア市場での過剰精製能力の存在のため、新しい製油所を建設できない状況である。そのため、現存の製油所は平均稼働率が95%以上というタイトな状態での操業を余儀なくされており、高い稼働率を維持することで国内需要に対応している。

表1.11 インドネシアの製油所精製処理能力等の推移 (単位:万 B/D)

年	1985	1990	1995	1996	1997	1998	2004
処理能力	83.7	75.13	88.64	88.64	92.97	92.97	105.55
製品生産量	50.14	71.12	85.43	89.29	88.76	88.42	101.16
製品消費量	46.28	62.97	77.47	86.54	94.69	89.99	114.37
製品輸出量	14.98	23.97	29.41	29.71	25.73	22.08	14.35

(出所)OPEC,<http://www.opec.org/>をもとに作成。

なお、表1.11のとおり、インドネシアにおける原油精製能力については、1990年代の初めまでは国内需要を上回っていた。国内需要は、その後増加したものの、精製能力は、大きく変化することはなかった。1996年以降、国内需要に見合う程度まで能力が拡大され、2004年の処理能力は、105.55万B/となっている。国産原油が低硫黄であることや重油の国内需要構成比が低いことなどから、脱硫設備等の2次設備については整っていない。今後の精製能力拡張については、通貨危機の影響による資金不足から計画の中止、延期が余儀なくされている。

インドネシアでは、燃料に対する政府補助金で石油製品価格が低く抑えられており、1997年後半の通貨ルピアの大暴落後も国内石油製品価格は値上げされなかった。しかし、国際価格にリンクして販売されている天然ガスや石炭については、ルピアの暴落によりその価格が急騰したことから、その結果、発電部門では、他燃料に比べて燃料費が安い石油火力への転換がおり、1998 年の同部門での石油需要は、1990年と比べ倍増した。なお、2005年10月にユドヨノ政権は、この石油製品に対する補助金制度を見直し、廃止している。



#### (4) 石油・ガス産業自由化への制度改革

インドネシア国内では、供給力の上昇を図るために新たな製油所の建設が必要とされている。そのため、長年に渡る Pertamina の独占を見直し、外国の資本や新技術を導入して石油製品の増産に取り組むことがインドネシアの経済再建、外貨獲得に必要なこととされてきた。

ASEAN 諸国では、外資が軒並み小売り分野に幅広く進出しているのに比べ、インドネシアでは、外資の進出は制限され、Pertamina の独占的支配が続いていた。しかし、インドネシアでも製油所建設の開放、小売り販売や流通規制の緩和などの自由化が一気に進展する見通しとなり、外資参入の動きが活発化している。これは、国営石油企業改革に対する政府の強い姿勢を示すものといえる。外資としては、石油市場の開放が進まなければ、製品販売からの利益で新設製油所に係る投資を回収することが困難であるとみられている。

この動きと並行して 1998 年 5 月のスハルト退陣以降の政権により、経済改革・自由化の一環として、とくに Pertamina の機構改革、その石油・ガスの独占的支配の緩和、石油取引、製油所建設、小売り販売や流通に関する規制の撤廃が取り組まれている。この背景には、これまで石油産業が腐敗や汚職などの温床と指摘されてきたことによる。

過去においては、1989 年に民間製油所の建設が認められたものの、その製品の国内市場への販売が禁止されていたことや Pertamina から民間製油所への原油供給が保証されなかったことから、石油・ガス産業への民間の参入は実現しなかった。1997 年、民間製油所の製品を Pertamina を通じて国内市場で販売することが認められたものの、参入を許可された民間企業は、スハルトの関連企業に限られ、アジア通貨危機の発生もあったことから、実際には、自由取引の実現までに至らなかった経緯がある。

Pertamina としてもスハルト退陣後、同社の腐敗を一掃し効率的な企業とすべくスハルト親族および関係企業と締結していたおよそ 150 件の契約をすべて見直すなど、汚職や談合の恐れのある企業との関係を清算し、原油や石油製品の輸出入についても仲介業者を通じた取引を廃し、Pertamina 自身が直接従事すること等、自己改革を進めている。

その結果、2001 年には、新石油ガス法 (石油ガス産業に関する法律代行政令、石油会社の国内供給義務に関する法律、Pertamina に関する法律といった石油ガス産業関連 3 法) が制定され、Pertamina による国内の石油ガス産業の独占的産業支配が改変され、自由化が進められた。それまで、1971 年法により大統領直轄の機関として位置付けられた Pertamina は、その特権性からスハルト・ファミリーの癒着、汚職の温床とされてきた。そのため、1998 年のスハルト政権崩壊以前から国際社会や産業界は、Pertamina の非効率性を指摘し、石油・ガス産業全体の制度改革の必要性を求めていた。スハルト政権崩壊後、その気運は、一気に高まり、多くの議論を重ねた結果、最終的には、IMF 等の国際機関からの圧力を追い風にワヒド政権時に提出された新石油ガス法が国会に提出され、メガワティ政権下の 2001 年 10 月 23 日によく可決されている。

新石油ガス法では、探鉱・開発について外国企業等の民間企業に請負わせて利益を配分する生産分与契約の決定、実行、監督の権限を Pertamina から新しく設立する大統領直轄の石油ガス上流部門執行機関 (BP-Migas) に移管されることになっている。生産分与契約では、通常、石

油開発の場合、政府と開発コントラクターに「85:15」、天然ガスの場合は、「70:30」の割合で税引き後の純利益が配分されることになっている。しかし、新石油ガス法が制定される前までは、この生産分与契約に関する全ての権限を一国営企業である Pertamina が政府に代わって行い、総収益額の2%とされる膨大な手数料を手にしてきた。手数料収入に依存する Pertamina は、自らリスクを背負って探鉱・開発を行わなくて済むことから、事業経営は、非効率的となり、莫大な収入を巡って資金流用等のスキャンダルも絶えなかった。しかしながら、新石油ガス法によってその特権は奪われ、Pertamina は、他の民間企業と同列の一コントラクターとなって競争にさらされることになったのである。

2002年7月に Pertamina が行ってきた生産分与契約の執行業務を代わりに行う機関として、石油ガス上流部門執行機関 (BP-Migas) が正式に設立されると、探鉱・開発の上流部門全体を石油ガス上流部門執行機関 (BP-Migas) が監督することになった。石油ガス上流部門執行機関 (BP-Migas) の総裁は、国会での審議を経て大統領が任命する。しかしながら、石油ガス上流部門執行機関 (BP-Migas) は、非営利の法定機関であるので直接、探鉱・開発のビジネスに関与することも資産を持つことも許されない。

また、石油燃料の精製、配送、販売等の下流部門における Pertamina の独占体制も崩され、現在では、外国企業を含む民間企業の参入も自由化されている。そして、石油燃料販売、天然ガスパイプライン・プロジェクトへの参入企業への認可、監督、さらには、天然ガスパイプラインの利用料、家庭用のガス供給価格等の決定、監督を行う機関として2002年12月に大統領直轄の石油ガス下流部門調整機関 (BPH-Migas) が設立されている。

現在、新石油ガス法により特権を奪われた Pertamina は、政令第31号 (2003年) によって国有株式会社となり、Pertamina に投資された国家資産、Pertamina が子会者や合併会社に投資した資産は、全て、株式会社化したあとの Pertamina の資産となっている。

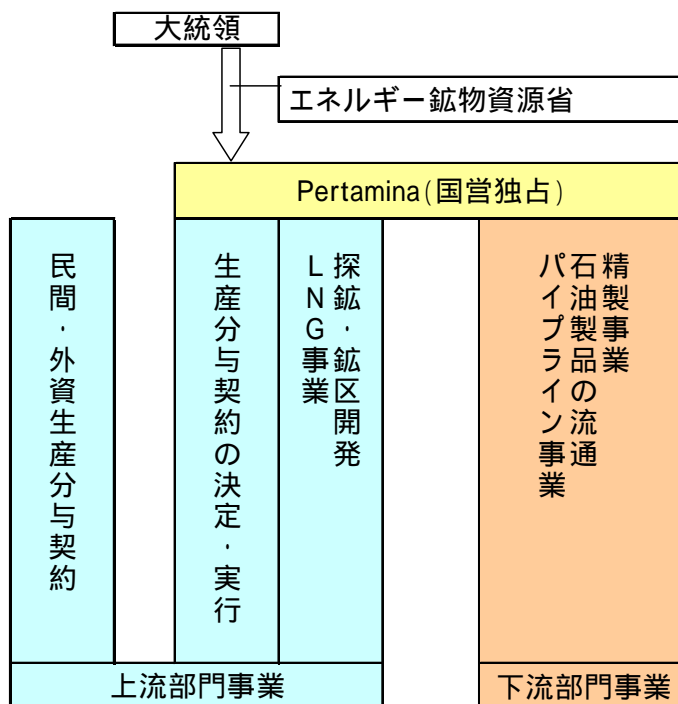


図1.4 インドネシア石油天然ガス産業の旧体制  
 (出所) 石田(2004)をもとに作成。

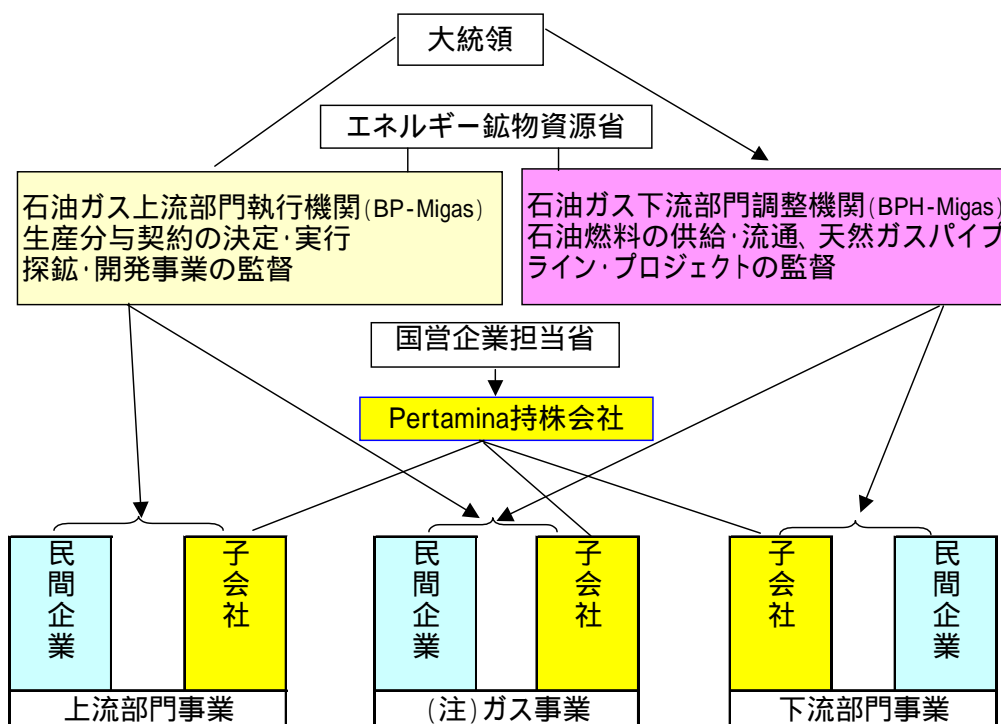


図1.5 インドネシア石油天然ガス産業の旧体制

(注) ガスの流通事業は、石油ガス下流部門調整機関 (BPH-Migas) の監督下であるが、LNG 事業については、売り手を決定するのは、石油ガス上流部門執行機関 (BP-Migas) であるため、ガス事業は、両機関の監督を受けることになる。

(出所) 石田(2004)をもとに作成。

#### (5) 原子力エネルギーならびに再生可能エネルギーを巡る政策

インドネシアは、石油減産の代替として、石炭とともに原子力開発の必要性を検討しているところであり、日本、中国、韓国、台湾に続くアジアの原子力グループの仲間入りを目指している。1997 年 4 月には、インドネシア最初の原子力発電所建設を推進するために新原子力法を制定し、また、5 月には原子力規制庁 (BAPETEN) を設立するなど準備を進めた。当初の計画では、1999 年着工、2006 年運転開始を目指していたが、

しかしながら、その後の南カリマンタンでの大規模油田の発見や天然ガス利用の拡大もあって、また、1997 年の経済危機やその後の政治的混乱により緊縮財政がとられたため原子力発電計画は、現在、事実上棚上げされている。具体的にいつ頃再着手されるか等については、まったく見通しが立っていないが、BATAN は長期的には、7 基 ~ 12 基の原子炉 (1 基あたり 60 ~ 100 万 kW) を保有したい考えを持っているとされる。

一方、政府は、天然ガスや石炭を効率的に利用することで国内の石油消費を抑えようと努力し、また、水力、地熱、太陽エネルギー、風力エネルギー、波力などの自然エネルギー開発を奨励している。

その中でもとくに地熱発電は、推計によれば 2,000 万 kW 以上の発電能力が開発可能と考えられている。この内、ジャワ島及びバリ島で 570 万 kW、スマトラ島 960 万 kW、スラウェシ島及びマルク島 230 万 kW、フロレス 190 万 kW 等とされている。既に複数の地熱発電所が稼働しており、主な施設として Kamojang 発電所、Salak 発電所等があるものの、2000 年末時点での総出力は、36 万 kW に留まっている。

水力発電についても推計 7,500 万 kW の大きなポテンシャルを持ち、今後パプア、カリマンタン、スマトラでの開発が検討されているが、コストが高いこと、需要地とのミスマッチの理由で現在では推定潜在力の 4% 強、300 万 kW が開発されているのみとなっている。

その他、1998 年には、全国 100 万世帯に対して太陽光発電装置を提供するプロジェクトの計画が発表されているが、これら再生可能エネルギーの開発には、多大な投資が必要となるため、現在の厳しい財政状況の中では、著しい成果を上げるまでには至っていない。

インドネシアにおける新エネルギーの開発は、エネルギー鉱物資源省電力エネルギー開発総局が、また、地熱エネルギーは、エネルギー鉱物資源省石油ガス総局がそれぞれ管轄している。

#### (6) 省エネルギー政策

インドネシアにおいては、1979 年より省エネ機器の研究開発や啓蒙教育等の省エネルギー運動が広まっている。1991 年には、省エネルギーに関する大統領令が出され、また、エネルギー調整会議 (BAKOREN) が策定するエネルギー基本政策においてもエネルギー利用の効率化が重要政策として位置付けられ、料金政策を含めた省エネルギー政策が推進されている。さらに 1995 年より国家省エネルギー基本計画 (Riken) が実行に移されている。しかしながら、政府が省エネの強化に努めているにも拘らず、インドネシアのエネルギー消費原単位を見ると省エネが進んで

いるとはいえない程度であり、今後も省エネルギー効果が向上するのは難しいと予想されている。

省エネルギーについては、エネルギー鉱物資源省電力総局 (Energy & New Energy Development) の総局長がリーダーとして政策を立案している。また、国営の PT コネバ社が省エネを実行する上で各企業に対してエネルギー検査サービスやプロジェクト管理サービスなどを提供し支援している。

#### (7) 緊急時への対応策 (現在の石油備蓄・在庫状況)

インドネシアは、最近まで石油の輸出国であったことから国家による備蓄制度は存在しない。ただし、Pertamina は、1971 年の Pertamina 法に基づき「国内需要を満たすための燃料油と天然ガスの備蓄と供給」の責務を負っており、この Pertamina に対する備蓄義務が「国家備蓄」と位置付けられている。Pertamina は、現在、国内消費の 34 日分を備蓄必要量として考えている。その内訳は、国内販売用(油槽所ターミナル) : 17 日分、製油所 : 12 日分、船舶港湾 : 5 日分である。船舶港湾備蓄とは、インドネシアの島々への輸送途上のものを意味する。34 日の最低備蓄義務量は、Pertamina がインドネシア国内への安定供給を確保するために独自の慣習として設定しているものである。しかしながら、現実には、国内消費量の増減に応じてその日数も増減し、平常時でも 22 ~ 25 日分の量が確保されている。このように備蓄日数が少ない上にほぼすべてが運転在庫となっている。

Pertamina の貯油能力 (1997 年時点) は、354 万kl といわれる。なお、Pertamina の備蓄の他に民間部門においても 1 ~ 4 日程度の在庫を独自に保有していると見られている。

石油備蓄・在庫に関するデータ整備の状況市場データについては、在庫量を除き、毎月エネルギー鉱工業省より公表されている。また、ニッケルやセメント業者などが直接給油できる分については、Pertamina より監督官庁宛に月次報告はなされているが、公表はされていない。

インドネシアにおける石油製品備蓄は、とくに離島への安定的な供給も踏まえた上で保有されているが、備蓄義務を課せられている Pertamina は、現状の備蓄義務を維持すること自体容易ではないと認識している。むしろ、石油供給のセキュリティ強化策としては石油の備蓄よりも国内の石油ガス資源開発を優先している傾向にある。なお、石油産業が規制緩和された場合の国内における石油製品の安定供給について不安視する向きもある。これは、インドネシアが島国であり、離島への輸送には海が浅いため小型船しか使用できないなどコストがかかるからである。

なお、インドネシアは、緊急時対策の面で二国間あるいは他国間協力を推進することは意義があると考えている。今のところ、現行の ASEAN 石油セキュリティ協定の枠組みを有効活用することを検討しており、近隣アジア諸国等 (日本、台湾、韓国、オーストラリア) と情報交換による意思疎通を重要視している。

## 1.2.2 アジア通貨危機後のインドネシア電力市場動向

### (1) インドネシア国内の電気事業

インドネシアの電気事業では、エネルギー・鉱物資源省の監督の下、国有の垂直統合事業体であるインドネシア国有電力会社 ( PLN ) が果たす役割が大きい。ただし、同社の電気事業を補完する役割として共同組合・中小企業担当国務大臣府の監督の下で全国各地の地方電化住民組織が PLN 系統からの電力供給が容易ではない僻地における地方電化を推進している。

発電部門に関しては、 PLN の発電部門の一部が子会社されたインドネシアパワー ( P J B I ) 及びジャワ・バリGENCO ( P J B ) のほか、自家用発電事業者、地方電化住民組織による一部のものを除けば PLN の独占である。

当初、国营電力公社として発足した PLN は、1994 年政令 23 号によって政府 100% 保有の株式会社に移行した。その後、表 1-12 のとおり、1995 年に部分民営化に備えてジャワ島とバリ島の発電資産を PJB と PJB の 2 つの発電会社に分離し、さらにジャワ・バリ地域で 4 つの配電ユニットとジャワ・バリ送電・給電センターを設立して業務を分離した。PJB と PJB の株式は、現在も PLN の 100% 子会社である。

民間部門の参入、構造改革政策による競争の導入計画等、電力産業を取り巻く環境の変化によって経営管理は、各業務分野の効率化に重きを置くように変化してきており、 PLN は、垂直統合型の経営から、事業分野と地域に特化したビジネスユニット化を進めている。

表 1.12 インドネシア地域の発電、送電、配電・顧客サービス

	ジャワ島・バンドン島	スマトラ島	その他の地域
発電	インドネシアパワー ( P J B ) ジャワ・バリGENCO ( P J B )	2 ビジネスユニット	4 地域支店 3 ビジネスユニット PT PLN バタム ( 子会社 ) [ 垂直統合型 ]
送電	ジャワ・バリ送電・給電センター ( P 3 B ビジネスユニット )		
給電		2 地域支店	
配電・顧客サービス	4 ビジネスユニット	2 ビジネスユニット	

(出所) PLN, <http://www.pln.co.id/> をもとに作成。

### (2) インドネシア国内の I P P 動向

1990 年代初頭、急速な電力需要の増大に対し、インドネシア政府は、その資金不足から電力インフラ整備を充分に行うことが出来なかった。そのため、1992 年 7 月の大統領令第 37 号により、民間資本に対し電力部門の開放を行なっている。多くの外国企業を含む民間資本は、急速な経済成長に伴って電力需要の大幅な増加が期待できること、1965 年以降のスハルト体制により政治が安定していることから、同国の I P P 事業に対して積極的に参入を行ってきた。その結果、1998 年 5 月のスハルト体制崩壊直前には、26 件の I P P との間で 1,101 万 5000 k W

に及び P P A 契約が締結されるに至っている。しかし、1998 年 6 月、通貨危機による電力需要の減退に伴い、P P A 契約がなされていたプロジェクトについて政府は見直しを行った結果、プロジェクトは継続、延期、再検討の 3 種類に選別されている。

このような状況下で P L N は、比較的高い価格 0.06 ~ 0.08 米ドル/kWh で締結していた卸電力売買契約の無効を主張し I P P 相手に訴訟を提起したが、その後、両者は、訴訟を取り下げ契約の再交渉がなされている。2002 年には、東ジャワ州のパイトン 火力発電所や南スラアェシ州のパレパレ火力発電所等を運営する I P P 12 社と 0.04 米ドル/kWh 前後で合意している。

### 1.3 環境政策

#### 1.3.1 環境政策および担当機関

インドネシアでは、1972 年のストックホルム国連人間環境会議を契機に、国家環境委員会が設置、その後 1978 年には環境開発省 (PPLH) が設置され、環境政策全般にわたって政策決定を行うこととなった。同省は 1982 年に環境基本管理法を交付し環境管理の基本原則を明らかにするとともに、他の環境関連法規に対する基本方針を示した。翌 1983 年には環境開発省が人口環境省と改称され、環境問題と人口問題を同時に扱うようになった。

1986 年には環境影響評価に関する政府規制 (AMDAL) が公布され、その実施機関として環境影響評価に関する中央委員会が発足した。さらに 1990 年に環境政策の実施機関として環境管理庁 (BAPEDAL) が人口環境省の下に新たに設置され、州ごとに地域計画庁 (BAPPEDA) および地域環境局 (BKLH) も設置された。1993 年に人口環境省は、地球環境問題にも対応する環境省 (Ministry of Environment) に改編された。

2002 年には、環境省と環境管理庁 (BAPEDAL) が統合されて、(新)環境省 (Ministry of Environment) となり、同省は環境政策の策定、環境基準の設定、省庁間の調整等を担当する。また、具体的な環境政策や規制策定の権限は個々の省庁が行っており、例えばエネルギーや電力に関するものはエネルギー・鉱物資源省が、あるいは都市開発やそれに伴う環境管理に関するものは公共事業省が行っている。

#### 1.3.2 環境基準

本プロジェクトの実施に対して適用されるインドネシアの主な環境規制・基準には以下が含まれる。

##### (1) 大気汚染

大気中の有害物質の濃度および産業部門の排出基準は、1988 年の人口環境省令「環境基準の設定に関する人口環境省決定通達 (KEP-02/MENKLM/1988)」によって初めて定められた後、1999 年に政令 41 号が公布された。大気中濃度については二酸化硫黄、一酸化炭素など 9 種類について基準が定められており、排出基準は硫黄酸化物、窒素酸化物など 19 の物質について 3 段階で設定され、各地域の状況を勘案して決められている。

大都市では自動車排出ガスによる大気汚染が最大の課題であるため、環境管理庁は 1992

年7月にブルースカイ大気清浄化プログラムを開始し、ジャカルタ、バンドン、スラバヤ、スラマンの四大都市において自動車の浮遊粒子状物質排出量を50%削減することを目標に対策が進められている。

1995年にはセメント、パルプ、石炭火力発電、鉄鋼の4業種および自動車の排ガス基準が定められており、今後も産業や発電部門などの固定発生源からの排ガスの汚染物質を減少させるためのプログラムをさらに充実させようとしている。

## (2) 水質汚濁

水質汚濁の基準については、1974年の水資源開発法の区分にあわせて、河川および海域の水質基準が定められている。排水基準としては、まず1998年の人口環境省大臣令 (KEP-02/MENKLH/I/1988号)により「環境基準の設定に関する指針」としてすべての産業に対して一律に基準が設定された。

その後、1991年の人口環境省大臣令 (KEP-03/MENKLH/ /1991号)「既存の工場に対する排水規制に関する環境省大臣決定」によって、苛性ソーダ、電気メッキ、製革、石油精製、パーム油、パルプ・製紙、ゴム、精糖、タピオカ、繊維、尿素肥料、エタノール、グルタミン酸ソーダ及び合板の14業種を対象にそれぞれの排水に係わる最大許容値が設定された。

## (3) 環境影響評価

1986年に初めて導入された国レベルの環境影響評価制度 (AMDAL) は、環境に影響を及ぼすと思われる事業活動に対して環境影響評価の実施を義務付けている。現在のAMDAL制度は2001年の法令17号に基づいて行われており、その中で表1.13に掲げる14の分野をAMDALの対象事業と位置付けている。

表1.13 環境影響評価実施事業

1. 軍事施設の建設	10. エネルギー・天然資源
2. 農業	11. 観光
3. 漁業	12. 核開発
4. 林業	13. 危険・有毒廃棄物
5. 保健衛生	14. 遺伝子工学
6. 通信	
7. 衛星技術	
8. 産業	
9. 地域インフラ整備	

(出所) MOE, <http://www.menlh.go.id/> をもとに作成。

本プロジェクトが該当するAMDAL対象分野はエネルギー・天然資源のセクターであり、同分野はさらに細かく鉱山業、電力、そして石油・天然ガスの各サブセクターに分類され、電力のサブセクターでは以下の事業がAMDALの対象に指定されている。



環境への影響が重大であると判断され、AMDAL の対象となった事業に対しては、環境影響評価報告書 (ANDAL) の作成が義務付けられる。

表1.14 環境影響評価の対象となる電力事業

対象活動	対象規模	特に注意する点
電力ネットワークの構築	150kV	健康被害 土地取得等によるコミュニティーへの影響
火力発電所の建設	100MW 以上	大気・水質汚染、騒音 土地取得・住民移転等による経済的・社会的影響
地熱エネルギー開発および地熱発電所の建設	55MW 以上	大気・水質汚染、悪臭・騒音 自然生物への影響 土地取得等による経済的・社会的・文化的影響
水力発電所の建設	50MW 以上 ダム高: 15m 以上 停滞水域: 200ha	大気・水質汚染、悪臭・騒音 自然生物への影響 土地取得等による経済的・社会的・文化的影響 ダム崩壊による洪水の危険性 水田への影響
太陽・風力・バイオマスエネルギー等を利用した発電所の建設	10MW 以上	景観問題 騒音問題 生態系への影響

(出所) MOE, <http://www.menlh.go.id/> をもとに作成。

#### 1.4 廃棄物処理の現況

有害廃棄物については、1993 年にインドネシアがバーゼル条約 (有害廃棄物の国境間移動および処分に関する条約) を批准した事を受け、翌 1994 年に有害廃棄物規制法 (政令第 19 号) が制定されており、さらに環境管理庁官告示の中で、有害とされる廃棄物の収集・運搬や処理・管理に関する規定が設けられている。

一方で、一般廃棄物に関する規制は設けられておらず、加えて廃棄物処理施設などの関連インフラの整備も遅れており、インドネシアの都市圏における近年の人口増加と経済発展に伴って急増する一般廃棄物の効率的な管理が重要な課題となっている。なお、地域によってまちまちな廃棄物の収集方法や廃棄物の定義など不明瞭な要素が多く、主要都市を含めた各都市における実際の廃棄物排出量は把握されていない。

また、先進国においては環境に優しい技術としてその効果が認められ、導入が進んでいる廃棄物のエネルギー転換、あるいは有機肥料などの堆肥への転換などの管理手法は、インドネシアでは現在までのところほとんど導入されていない。その理由としては、技術の採算性が低く、国内の廃棄物管理業者には受け入れられていないこと、そして政府も補助政策などの関連事業に対する支援政策を設けていない点がある。

## 1.5 CDM への取組状況

### 1.5.1 CDM プロジェクトの審査体制

インドネシア国内では、2005 年 7 月に CDM プロジェクトの審査体制が確立され、DNA (指定国家担当機関) も正式に設立されている。国家承認を受けるための申請手続きに PIN (プロジェクト・アイディア・ノート; プロジェクトの概要を記載した書類) は不要であり、PDD (プロジェクト設計書; プロジェクトの詳細を記載した CDM 手続き上の必要書類) を提出する形を取っている。

所要期間については、提出から承認までおよそ 1 ヶ月程度かかるといわれている。現在は提出される度に CDM 国家委員会が開催されている。これまで承認された CDM プロジェクトは 5 件であり、今後多数の PDD が提出されれば、CDM 国家委員会は定期開催になるものと思われる。

また、CDM 審査の流れ (CDM 国家委員会設置に関する環境大臣令 206 号) については、図 1.6 のとおりである。さらに手順については、～ のとおりである。

まず、最初にプロジェクト申請者は、必要に応じコンサルタントの支援を受けつつ、申請に必要な以下の文書を電子ファイルおよび紙で用意する。

- A. 当該プロジェクトが持続的開発のクライテリアの全てを満たしていることをはじめとする必要事項記入済の指定申請様式による申請書
- B. PDD
- C. 環境影響評価が義務付けられるプロジェクトの場合はその報告書
- D. 公聴会の実施に関する記録
- E. 森林 CDM プロジェクト申請の場合は森林省からの推薦状
- F. プロジェクトの妥当性を証明するのに必要と判断されるその他の文書

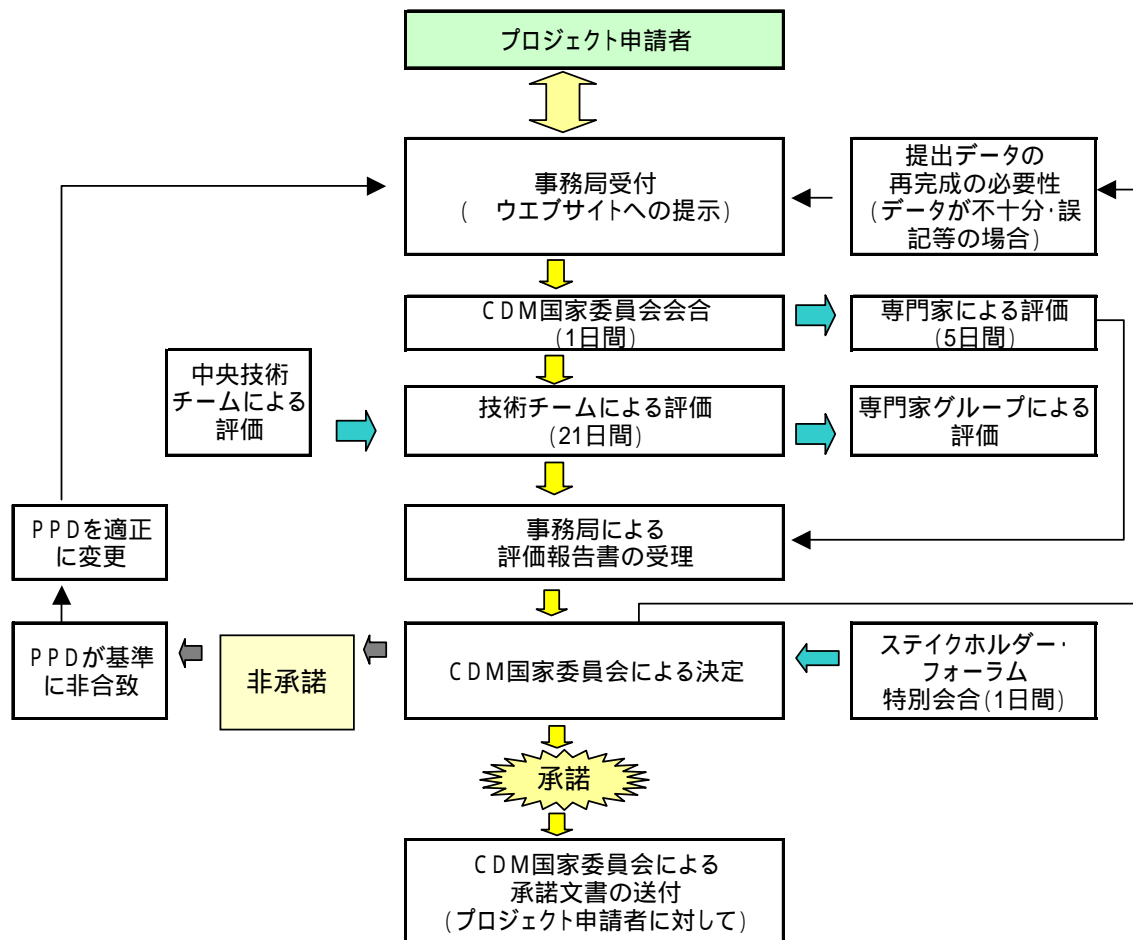


図 1.6 CDM プロジェクトの承認プロセス: CDM 国家委員会  
 (出所)MOE, <http://www.menlh.go.id/> をもとに作成。

( 手順 )

- ・書類が整えば、申請書一式は事務局に提出される。
- ・事務局で受け付けられた申請書一式は、必要要件を満たしているかどうかのチェックを受ける。
- ・事務局は、受付済の申請書をステークホルダーからの意見を集めるためにウェブサイト上で公開する。
- ・集められた意見は、すべて事務局から CDM 国家委員会の各委員に届けられる。

( 手順 )。

- ・ CDM 国家委員会は申請内容について議論する内部調整会議 ( ICM ) を開く ( 期限 1 日以内 ) 。

( 手順 )

- ・ ICM において申請内容を評価するにあたり「専門家による評価」を必要とするかどうかを判断

する。追加的評価の期限は5 日以内である。

(手順 )

- ・ 内部調整会議 (ICM) の結果は、CDM 国家委員会による評価の基礎とされ、技術チームに伝達される。
- ・ 技術チームは、中央技術チーム (専門セクター) の支援を受けつつ持続的開発のクライテリアと指標に拠り評価を行う。

(手順 )

- ・ 中央技術チーム (専門セクター) は、技術的に関係する省により構成されるセクター別技術チームであり、技術チームに対して意見を提出する。

(手順 )

- ・ 必要と判断された場合、技術チームは、専門家グループに評価の支援を要請する。

(手順 ~ ) の全過程について期限は21 日以内。

(手順 )

- ・ 技術チームは、プロジェクト申請のための評価報告書を事務局に提出する。
- ・ 事務局は、技術チームによる報告書を拝受する。

(手順 )

- ・ 技術チームおよび専門家が提出されているデータが不十分と判断した場合はCDM 国家委員会に提出する評価報告書にその旨を記したメモを添付する。
- ・ 事務局は、専門家による追加評価報告書を接受する。

(手順 )

- ・ 全ての評価報告書および関係資料の全てがCDM 国家委員会の決定会議の資料として委員全員に届けられる。

(手順 )

- ・ 当該CDM プロジェクトについてステークホルダー間において甚だしく意見が相違する場合は、CDM 国家委員会は、ステークホルダー特別会合の開催を要請することができる。
- ・ ステークホルダー特別会合においてCDM 国家委員会は、参加者から要望、支持および批判等の意見聴取を行う。ステークホルダー特別会合の期限は1 日。

(手順 )

- ・ CDM 国家委員会は、当該CDM プロジェクトについてCDM 国家委員会としての承認文書を発出するかどうかを議論するために決定会議を開催する。決定会議の期限は1 日。
- ・ 決定会議におけるあらゆる点について検討した後、CDM 国家委員会は、当該プロジェクトに関する承認文書を発出するかどうかを決定する。

(手順 )

- ・ CDM 国家委員会の承認文書は全要件を満たし評価のプロセスを終えたプロジェクトに対し発出される。承認文書は事務局から申請者に手交される。

(手順 )

・ CDM 国家委員会が当該 CDM プロジェクト申請にあたってのデータ不足により承認文書を交付できない場合は、プロジェクト申請者が同データ不足を補い修正した申請書を事務局に提出するために 3 ヶ月の猶予が与えられる。

・ 事務局は修正済の申請書を新規申請と同様に扱う。ただし技術チームあるいは、専門家は、申請書のうち追加された箇所だけを対象に評価を行う。

・ 技術チームあるいは専門家による申請書の差し戻しは申請 1 件につき 1 回までとする。

( 手順 )

・ クライテリアを満たさないプロジェクト申請については、 C D M 国家委員会の承認を得るために再申請を行う前にプロジェクトの設計変更を含む修正の要がある。

### 1.5.2 インドネシアの CDM 審査体制

CDM 国家委員会および同委員会の下に設置された技術チームの組織体制については、次のとおりである。

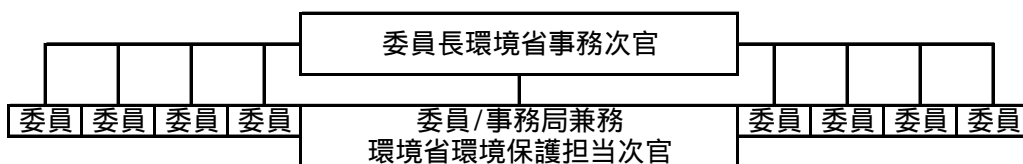


図1.7 CDM国家委員会の構成

(出所) N E D O (2005) をもとに作成。

CDM 国家委員会は、委員長および事務局兼務各 1 名に以下の 8 名を加えた 10 名から構成される。

- (1) エネルギー・鉱物資源省地域・環境担当大臣顧問 / 筆頭大臣顧問
- (2) 森林省森林保護担当大臣顧問
- (3) 商工業省商工業研究開発庁長官
- (4) 外務省多国間経済・財務・開発総局長
- (5) 内務省地域開発総局長
- (6) 運輸省環境・エネルギー担当大臣顧問
- (7) 農業省農業研究開発庁長官
- (8) 国家開発企画庁天然資源・環境管理担当次官

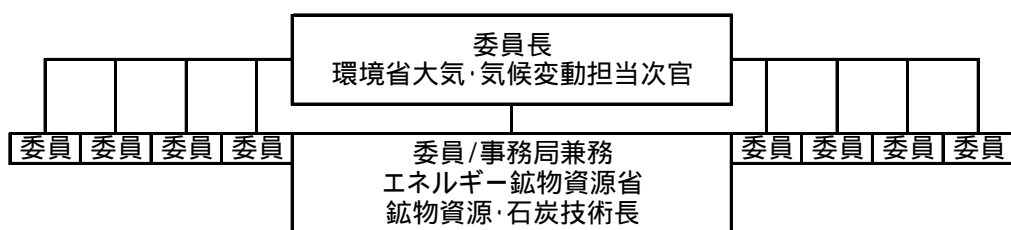


図1.8 技術チームの構成  
(出所)NEDO (2005)をもとに作成。

また、技術チームの委員は委員長および事務局兼務各1名に以下の10名を加えた12名である。

- (1) 森林省バイオテクノロジー・森林植物資源研究所長
- (2) 森林省環境サービス利用部長商工業省商工業研究開発庁地域人的資源・環境研究所長
- (3) 外務省国連開発・経済・環境局長
- (4) 内務省空間計画・環境局長
- (5) 運輸省(職位不明)
- (6) 農業省農業水文・農業気候研究所長
- (7) 農業省畜産研究開発庁獣医学研究所長
- (8) 農業省土壌・農業気候研究開発庁土壌研究所長
- (9) 国家開発企画庁天然資源・環境管理局長
- (10) WWF インドネシア

### 1.5.3 提案プロジェクトがホスト国・地域の持続可能な開発に貢献できる点

インドネシアにおける CDM のクライテリア案では、4つの持続的クライテリアと同クライテリアを満たしているかの判断基準となる指標が設定されている。これらのクライテリア案は、次に示すとおりである。

表1.15 インドネシアCDMのクライテリアと指標

クライテリア	指標
経済的持続可能性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域住民の福祉</li> <li>-地域住民の収益を下げない。</li> <li>-地域社会のメンバーの収入がプロジェクト実施の影響により下がる場合、これに対する適切な措置が講じられる。</li> <li>-利害対立がある場合、関係者間でいかなるレイオフ問題にも対処しながら、現行の規則に則った合意がなされる。</li> <li>-当該地域の公共サービスの質を下げない。</li> </ul>
環境的持続可能性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天然資源の保護あるいは多様化を行う中での環境面の持続性</li> <li>-地域の生態系機能が維持される。</li> <li>-国レベル及び地方レベルの環境基準を超えない。</li> <li>-遺伝子、種及び生態系の生物多様性が維持され、いかなる遺伝子汚染も起きない。</li> <li>-既存の土地利用計画に反しない。</li> <li>-地域住民の健康と安全</li> <li>-健康被害を及ぼさない。</li> <li>-職業健康安全法規に反しない。</li> <li>-起こりうる事故を防止し管理するために、適切な行動の手続きを文書化する。</li> </ul>
社会的持続可能性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プロジェクトへの地域住民の参加</li> <li>-地域住民がプロジェクト実施者からプロジェクトに関して相談を受けている。</li> <li>-地域住民からのプロジェクトに関するコメント及び苦情が考慮され、答えられている。</li> <li>-地域社会的な安定</li> <li>-地域住民間のいかなる対立も惹起しない。</li> </ul>
技術的持続可能性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・技術移転</li> <li>-知識及び実施ノウハウの移転に関して、外国への依存が高まらない。</li> <li>-実験的あるいは旧式の技術によらない。</li> <li>-地域の技術の利用及びキャパシティ・ビルディングを強化する。</li> </ul>

(出所) Kyoto Mechanisms Information Platform, <http://www.kyomecha.org/pf/indonesia.html> をもとに作成。

## 第 2 章 プロジェクト概要

### 2.1 プロジェクトの背景と目的

#### 2.1.1 京都議定書と京都メカニズム

京都議定書は、1997 年に京都で開かれた「気候変動枠組条約第 3 回締約国会議：COP3」で決議された議定書で、我が国は 2002 年 6 月に批准した。京都議定書では、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、メタン(CH<sub>4</sub>)、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)、HFCs、PFCs、SF<sub>6</sub>の6種類を温室効果ガスと定め、先進締約国(附属書 国)に対し、2008～2012年の第一約束期間における温室効果ガスの排出を1990年比で5.2%(日本：6%、アメリカ：7%、EU：8%など)削減することを義務付けている。京都議定書の発効条件として、55カ国以上の批准、および締結した附属書 国の1990年における温室効果ガスの排出量の合計が55%以上を占めることが定められ、2000年にアメリカは経済への悪影響と途上国の不参加などを理由に離脱し、最終的には2004年のロシア批准により2005年2月16日に京都議定書が発効された。

京都議定書では、削減数値目標を達成するための仕組みとして、「クリーン開発メカニズム(Clean Development Mechanism：CDM)」、「共同実施(Joint Implementation：JI)」、「排出権取引(Emission Trading：ET)」という3つの補足的スキームが導入され、これらを総称して京都メカニズムと呼んでいる。CDMは、先進国が開発途上国に技術・資金等の支援を行い、温室効果ガスの排出削減につながる事業を実施した結果として削減された排出量の一定量を先進国の温室効果ガス排出量削減分の一部に充当できる制度である。JIは、投資先進国がホスト先進国で温室効果ガス排出量を削減し、そこで得られた削減量を取引する制度であり、ETは温室効果ガスを削減した結果得られたERU(CO<sub>2</sub>クレジット)を、先進国間の排出枠として企業や国が売買する制度である。

#### 2.1.2 F/S 調査(事業実現可能性調査)の目的

インドネシアでは、廃棄物処分場のほとんどがオープンダンピング方式であり、処分場周辺では水質汚染や異臭、悪臭等により住民の健康に深刻な影響を与えているとともに、温暖化係数の高いメタンガスを含むバイオガス(Landfill Gas：LFG)が処分場から大気中に放出されることにより地球温暖化の原因となっている。同国では、近年の民主化進展に伴う住民の権利意識の高まりにより新規に処分場を建設することが非常に困難な状況となっており、増え続ける廃棄物の処理方法をめぐり大きな社会問題となっている。

本調査は、インドネシア第3の都市のバンドン市近郊に位置するジャレコング廃棄物処分場において、有機物発酵により発生するLFGを回収して発電事業を行い、地球温暖化ガスの排出削減を図るプロジェクトの事業性評価を行うものである

#### 2.1.3 プロジェクトの目的

本調査の対象であるジャレコング廃棄物処分場は、西ジャワ州バンドン市の中心から南約



25 km に位置するオープンダンピング方式の処分場であり、同処分場から発生する LFG は回収されることなく大気中へ無制限に放出されている。

本プロジェクトは、同処分場に回収設備を設置し、回収した LFG を燃料として発電事業を行うものである。これにより、発電事業からの収益と共に、LFG の大気中への放出を削減することにより創出される CO<sub>2</sub> クレジットを獲得する計画である。

本プロジェクトが実施されることにより、地域環境が改善されるだけでなく、発電所の新設に伴い新規雇用機会が創出される等、地域社会・経済への波及効果が期待でき、インドネシアにおける持続可能な発展に寄与するものと期待される。本プロジェクト実施により期待される地域環境及び地域社会への貢献内容は以下のとおりである。

#### 地域環境の改善

- ・ LFG の回収による温室効果ガスの削減と異臭、悪臭の軽減
- ・ 廃棄物有効活用の制度を根付かせることによる、廃棄物回収制度の改善、回収率の向上、都市環境・衛生問題の緩和

#### 国・地域社会の福利向上

- ・ 設備の建設・運営に伴う雇用機会の創出と地域経済の活性化
- ・ 発電分野での化石燃料代替効果による自国資源の温存・有効利用
- ・ 処分場の安全閉鎖と安定化
- ・ CDM 制度を利用した外資参入機会の増加

#### 2.1.4 F/S 調査の実施体制

本調査は、東北電力株式会社が実施主体となり、かつ鹿島建設株式会社が協力企業として調査検討を行った。鹿島建設は、インドネシア、マレーシアなどで LFG を利用した CDM 事業の調査・検討を行っており、本調査では、現地でのボーリング調査、ガス分析等の業務を担当した。また、インドネシアの行政機関である技術応用評価庁 (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi: BPPT) を現地側の協力企業となり、本調査業務に必要な情報の収集、調査遂行のためのアドバイスと協力、現地調査及び各関係機関との協議の手配および調整業務を担当した。BPPT は、インドネシアでの CDM 事業のファシリテーター的役割を担っており、案件発掘や調査活動に積極的に取り組んでいる。本案件についても、BPPT からの紹介により調査活動を開始した経緯がある。

本調査の現地側カウンターパートは、ジャレcong 処分場を管轄する州政府機関の西ジャワ州環境管理局である。同管理局は、本事業が廃棄物処分場の安全閉鎖や処分場のイメージ向上につながることから、本調査に非常に協力的である。

本調査の実施体制は図 2.1 のとおりである。

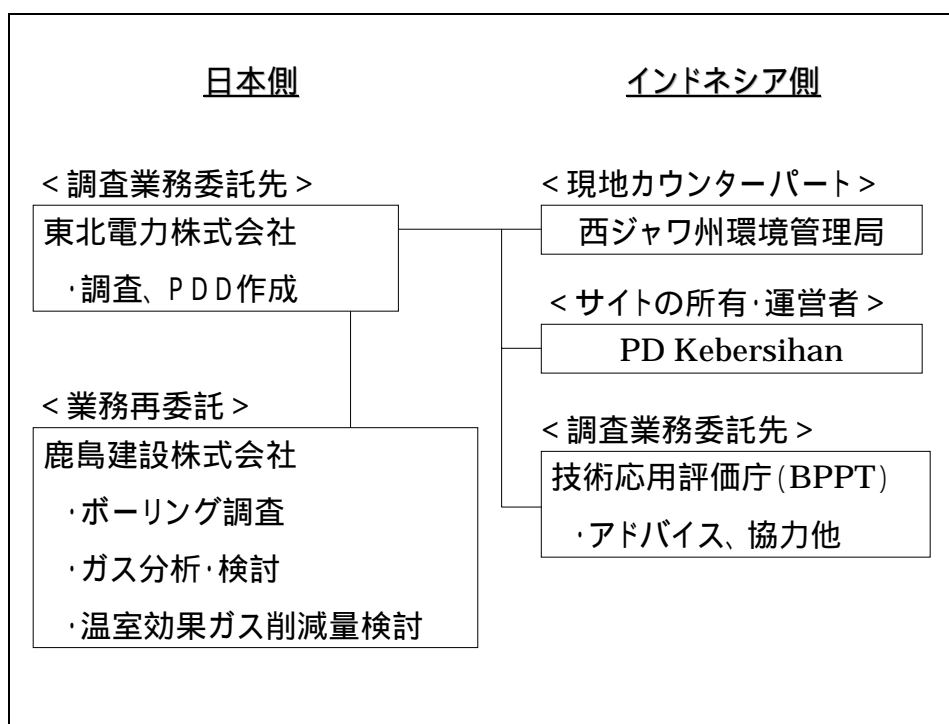


図 2.1 F/S 調査の実施体制

## 2.2 プロジェクト実施サイトの概要

### 2.2.1 対象処分場の現状

本調査の対象であるジャレcong廃棄物処分場は、西ジャワ州バンドン市の中心から南約 25 km のワルガ・メカル村に設置されているオープンダンプ方式の処分場である。1994 年の設置当時はジャレcong村に位置していたが、2002 年にジャレcong村とワルガ・メカル村に分割され、現在に至っている。本処分場の概要を表 2.1 に示す。

表 2.1 ジャレcong廃棄物処分場の概要

処分場名	ジャレcong (Jelekong) 廃棄物処分場
処分場所在地	ワルガ・メカル (Warga Mekar) 村
操業開始年	1994 年
敷地面積	約 10ha (埋立部分は約 7ha)
ゴミ搬入量	1,719m <sup>3</sup> /日 (設計値)
土地所有者	バンドン市清掃公社 (PD Kebersihan)
処分場管理者	バンドン市清掃公社 (PD Kebersihan)

(出所) バンドン市清掃公社 (PD Kebersihan) からの聞き取りをもとに作成。

平成 17 年度 CDM / J I 事業調査 (平成 17 年度環境省委託事業)  
 インドネシア・バンドン市近郊廃棄物処分場バイオガス回収有効利用調査

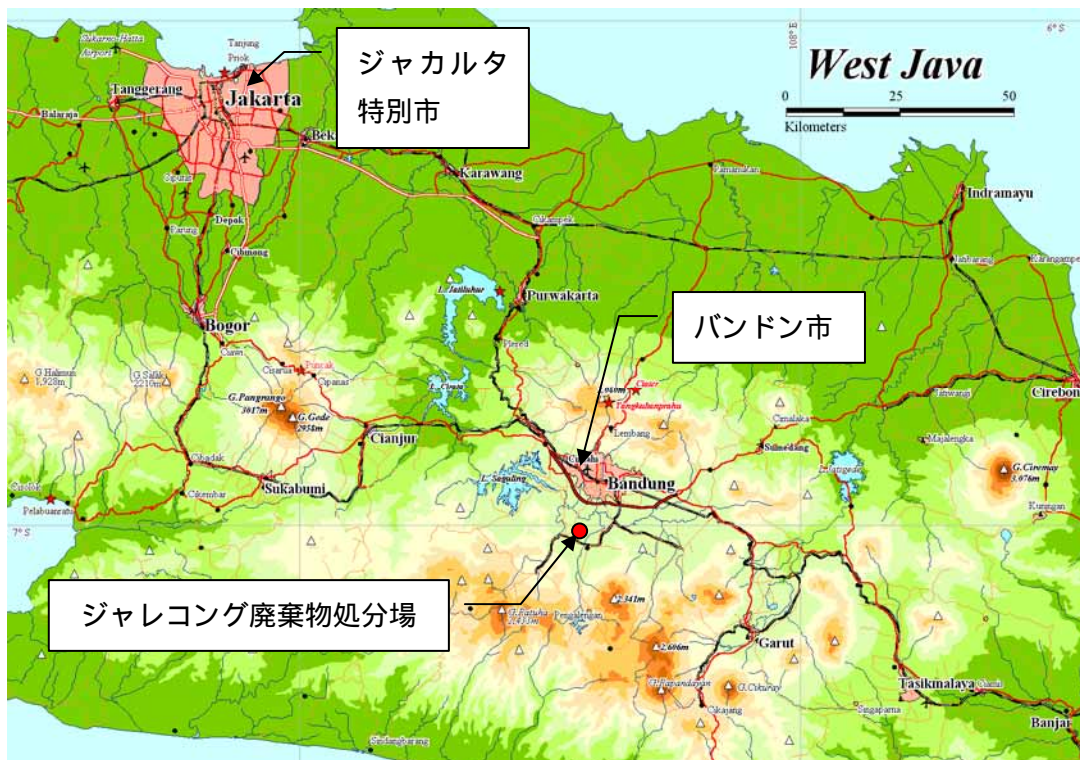


図 2.2 ジャレロング廃棄物処分場位置図

(出所) University of Texas Libraries, <http://www.lib.utexas.edu/maps/indonesia.html> をもとに作成。

## 2.2.2 施設の運営状況

### (1) 処分場の運営状況

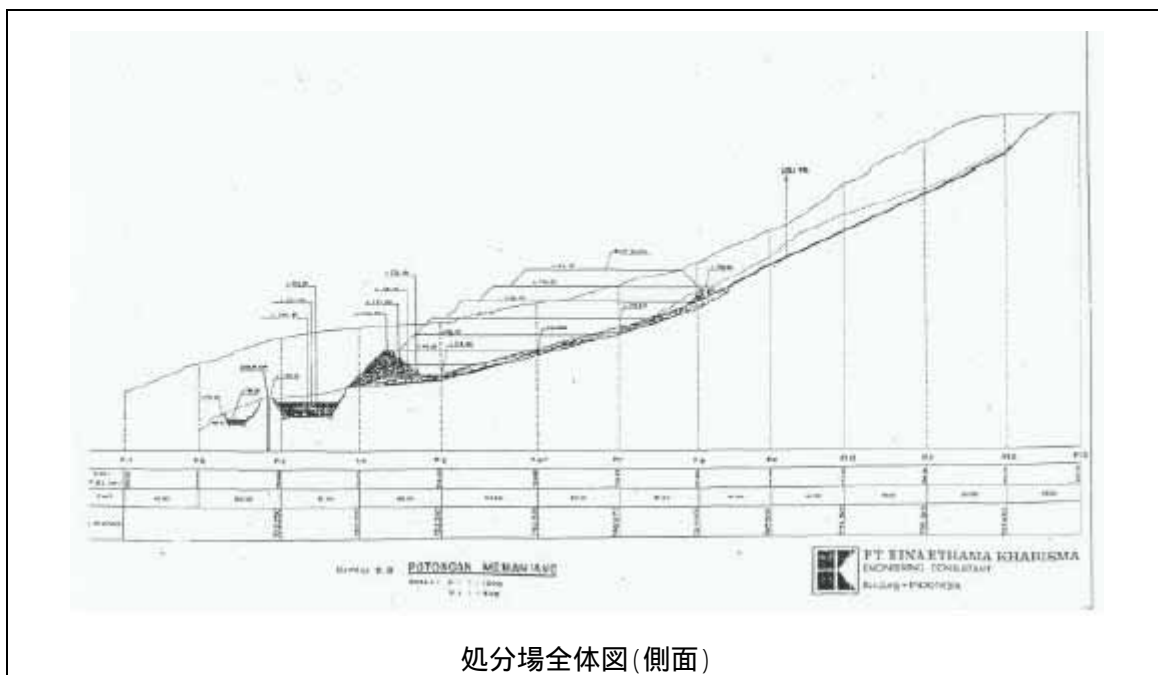
ジャレコング廃棄物処分場は、バンドン市より清掃業務を委託されたバンドン市清掃公社 (PD Kebersihan) により所有・運営・管理されている処分場で、本来はバンドン市など周辺地域のゴミを受け入れるために設置されたが、2005 年 2 月に同地域の大規模処分場であるルウイガジャ (Leuwigajah) 廃棄物処分場で崩落事故が発生し、その使用が中断されたことから (現在も使用できない状態) その後はバンドン市、チマヒ市、バンドン県のゴミを受け入れることとなった。設計時のゴミ搬入量は 1,719m<sup>3</sup>/日と想定され、上記の崩落事故が起こるまで長らくゴミ搬入量が低く推移していたことから、閉鎖時期は当初計画の 2001 年から 2010 年程度まで延びる見通しであった。しかしながら、ルウイガジャ廃棄物処分場の崩落事故発生によりゴミの搬入量が大幅に増大し、延命対策として小規模焼却設備の設置や処分場の一部拡張を行ったものの、同処分場の拡大的な利用に対する周辺住民の反発もあり、2005 年末をもってほぼ閉鎖の状況にある。

州政府関係者の見解によると、本処分場の拡張は、周辺住民の反対活動や地形上の問題から困難とのことであるが、一方で、現在計画されている新規処分場が使用開始となるまでの数ヶ月間に限り使用を一時的に再開する計画があるとともに、新規地点においても住民反対運動を起こっているなど、今後のジャレコング処分場の扱いは非常に流動的であると考えられる。

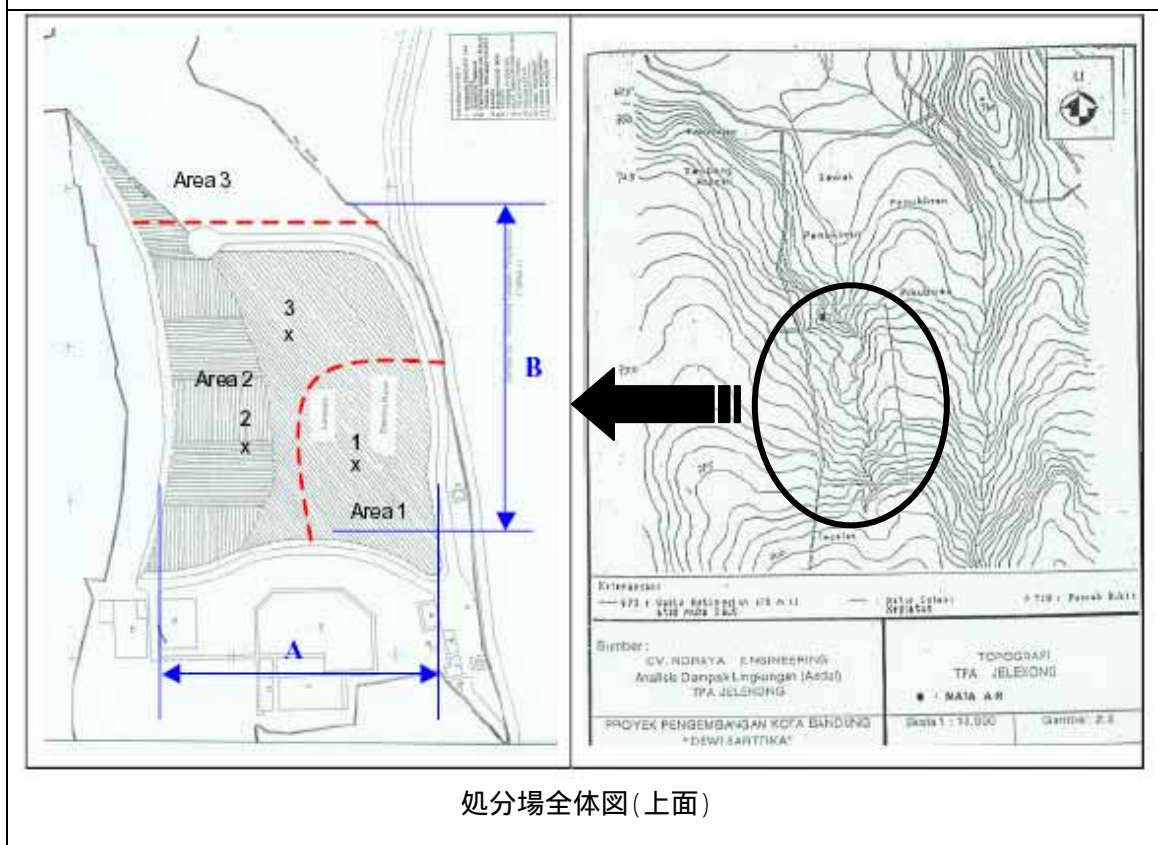
処分場内の廃棄物量については、各年度毎の具体的な廃棄物投棄量のデータを入手するに至らなかったため、処分場の面積、廃棄物層の平均層厚、廃棄物の単位体積重量から 12 年間に投棄された廃棄物総量を概算するとともに、処分場におけるガス発生量の推定を行った。この結果については第 4 章にて詳細に説明する。

バンドン市清掃公社によって収集されたゴミは、事前に分別されることなくトラック (ゴミ積載量 : 6 ~ 10m<sup>3</sup>/台) で運ばれ、他の処分場と同様にスカベンジャーと呼ばれるゴミを拾って生活する人々によって分別作業が行われている。ルウイガジャ崩落事故発生以前は、搬入されたゴミは単純に積み上げられていた状態であったが、現在は崩落防止策としてブルドーザーでテラス状に圧縮投棄され、表面に土が 20 ~ 30cm 程度被せられた後、側面には法面が形成されている。また、浸出水は、沈殿・曝気・ろ過の 3 つの浸出水調整池 (Leachate Pond) で処理された後に、川へ放流されている。

図 2.3 のとおり、処分場は大きく 3 つのエリアに分けられる。1994 年にエリア 1 から廃棄物の埋め立てが始まり、エリア 1 及びエリア 2 は既に埋め立てが終了し、表面に土が被せられている。昨年後半にはエリア 3 の拡張部分で埋め立てが行われていたが、上述のとおり 2005 年末でほぼ閉鎖の状況である。現状での埋立部分の大きさ (メジャーによる概略測定) は、幅 (= A) が約 150m、奥行き (= B) が約 240m である。



処分場全体図(側面)



処分場全体図(上面)

図 2.3 ジャレcong 廃棄物処分場全体図

(出所) バンドン市清掃公社 (PD Kebersihan) 配付資料をもとに作成。



図 2.4 ジャレコング最終廃棄物処分場写真

(2) プロジェクト実施サイトの運営会社の概要

バンドン市清掃公社は、バンドン市長を長とする公営企業であり、同市における一般廃棄物の回収・輸送、ジャレコング最終廃棄物処分場の所有・運営・管理を行っている。ルウイガジャ最終廃棄物処分場も同社所有の処分場であるが、崩落事故以降利用できなくなっており、またジャレコング最終廃棄物処分場も 2005 年末にほぼ閉鎖されたことから、既に閉鎖されている Pasir Impun 最終廃棄物処分場(1982～2001 年まで利用)及び Cicabe 最終廃棄物処分場(1982～1999 年まで利用)の部分的な拡張を行うとともに、新規処分場の建設を計画している。

同社の従業員は 1,698 名であり、組織構成は図 2.5 のとおりである。

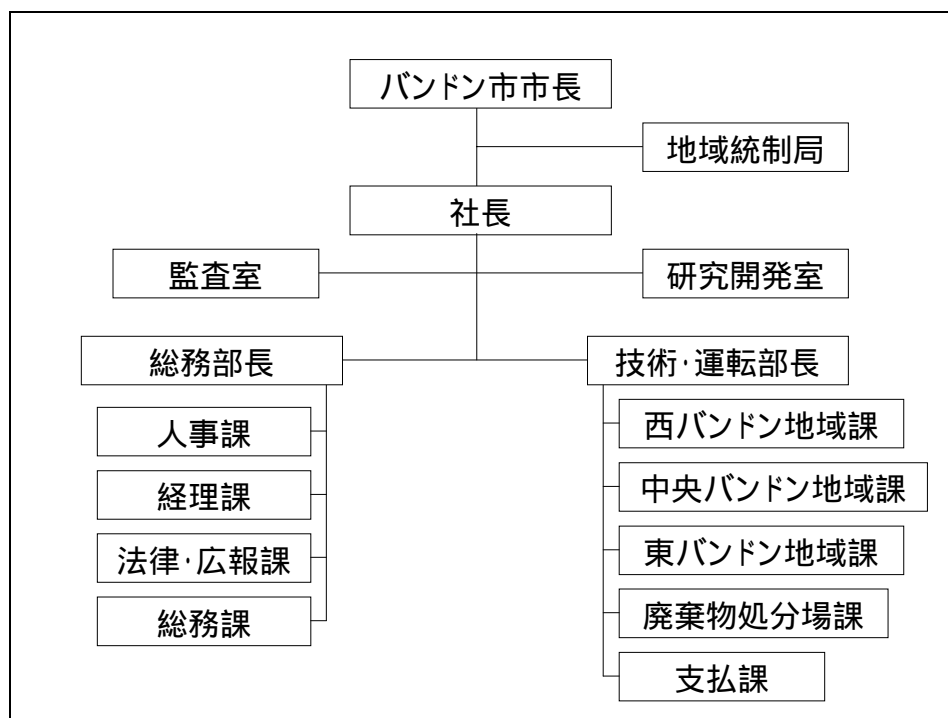


図 2.5 バンドン市清掃局組織図

(出所) バンドン市清掃公社 (PD Kebersihan) からの聞き取りをもとに作成。

### 2.3 プロジェクト実施内容

本プロジェクトは、有機物の分解により発生するメタンガスを含む LFG を処分場から回収し、不純物を除去した上で、発電設備の燃料として利用するものである。メタンガスは二酸化炭素の 21 倍の温室効果があり、メタンガスの大気中への自然放出を防止することにより、温室効果ガス排出削減に貢献することが可能である。本プロジェクトでは、発電した電気をインドネシア電力公社 (PLN) へ売電するとともに、温室効果ガスの大気への放出量を削減することにより創出される CO<sub>2</sub> クレジットを獲得する計画である。

本プロジェクトのシステムフローは図 2-6 のとおりであり、大きく分けて「LFG 回収設備」、「LFG 処理設備」、「発電設備」より構成される。なお、設備の詳細については、第 5 章で述べることとする。

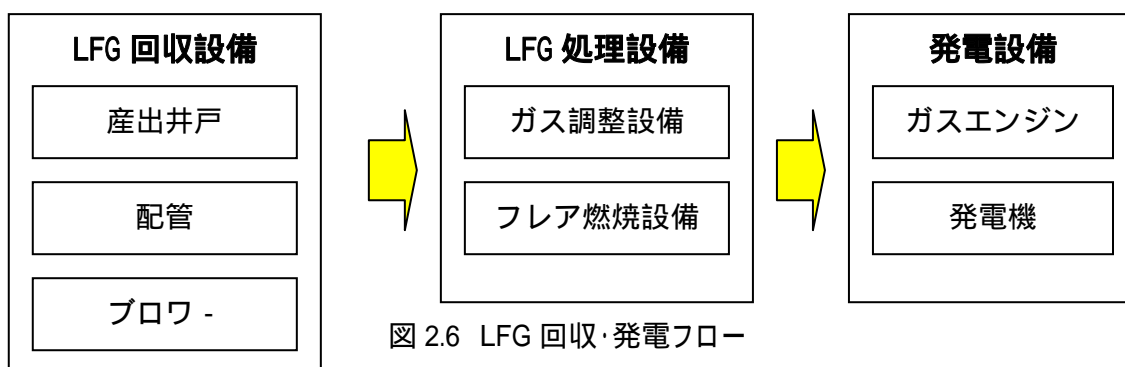


図 2.6 LFG 回収・発電フロー

## 第 3 章 ベースライン方法論

### 3.1 方法論の概要

ベースラインの方法論については、認定方法論 ACM0001 “Consolidated baseline methodology for landfill gas project activities” をベースとし、発電による化石燃料電源の代替効果を考慮した統合化方法論を適用する。

ACM0001 は、電力代替によるグリッドからの電力需要削減分に相当する発電用化石燃料から生じる CO<sub>2</sub> 発生量を排出削減量として考慮する方法論である。

### 3.2 方法論の正当性と適用条件

本プロジェクトの事業内容は以下となる。

- 最終廃棄物処分場の閉鎖後に発生するランドフィルガス (LFG) の回収
- 回収した LFG を利用した発電
- 余剰 LFG の燃焼

本プロジェクトでは、発電した電力を PLN にグリッドを通して売電し、電力代替効果による地球温暖化ガス (GHG) の排出削減量も考慮する。

ベースライン方法論 ACM0001 は、LFG の一部あるいは全てが大気中に放出されている状況をベースラインシナリオとする LFG 回収プロジェクト活動に適用でき、そのプロジェクト活動には以下が含まれる。

- a) 回収した LFG を燃焼するプロジェクト
- b) 回収した LFG を電気、熱などのエネルギー生産に使うプロジェクト。この場合、他のエネルギー源の代替効果を GHG 排出削減量に含めない。
- c) 回収した LFG を電気、熱などのエネルギー生産に使うプロジェクト。この場合、他のエネルギー源の代替効果を GHG 排出削減量に含める。

本プロジェクトは、上記の内の c) に適合しており、なおかつ発電される電気容量が 15MW 以下であることから、小規模 CDM の方法論が適用可能である。

### 3.3 追加性の証明

#### 3.3.1 検討フロー

本プロジェクトの追加性を証明するため、CDM 理事会による “追加性の評価と証明のためのツール (Tool for the demonstration and assessment of additionality)” を使用する。このツールにおける手順は以下のとおりである。

- ・ プロジェクトの代替手段の同定
- ・ 提案されたプロジェクトが経済的または財務的に魅力的でないことを示す投資分析



- ・ 障害分析
- ・ 一般的慣行分析 (common practice analysis)
- ・ 提案されたプロジェクトを CDM プロジェクトとして登録することの影響

図 3.1 に今回の手順をまとめたフローチャートを示す。

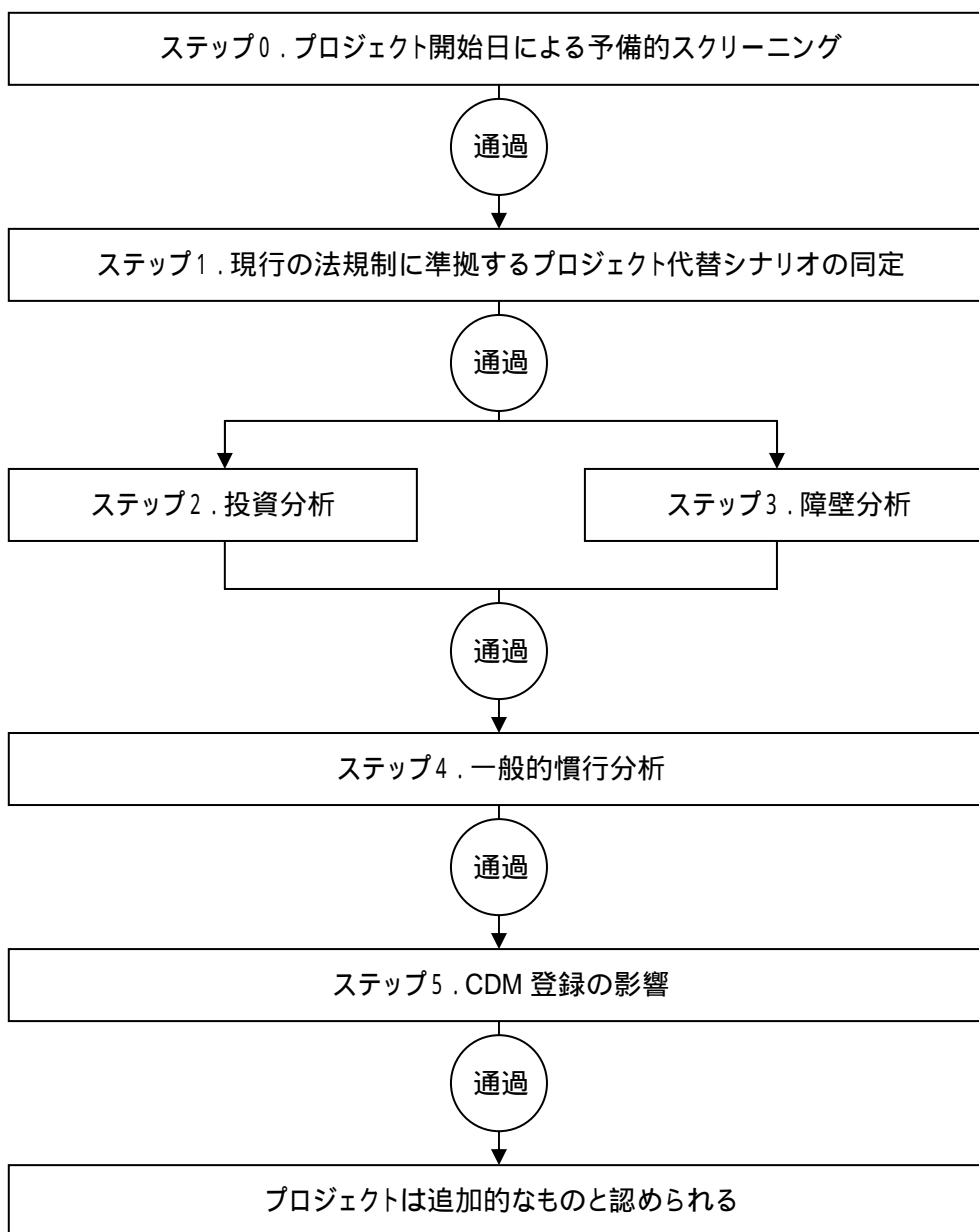


図 3.1 追加性証明スキームのフローチャート  
(出所) 地球環境センター (2005) をもとに作成。

### 3.3.2 追加性の証明

図 3.1 のフローに従って、本プロジェクトの追加性を証明する。

#### (1) ステップ 0 : プロジェクト開始日による予備的スクリーニング

プロジェクト登録前に開始されたプロジェクト活動の CDM プロジェクトとしての適性に関するスクリーニング手順である。本プロジェクトは該当しないため、この手順を省略する。

#### (2) ステップ 1 : 現行の法規制に準拠するプロジェクト代替シナリオの同定

ジャレcong 最終廃棄物処分場の閉鎖方法としては、廃棄物処分場の地表を土で覆う方法や地中からの LFG を排出させるために井戸を設置する方法のほか、コンポスト処理や焼却処理等の方法が考えられる。

ここでは、現地での調査結果や現状を踏まえ、廃棄物処分場の適正な閉鎖と廃棄物の有効活用を目的とした選択肢として以下の 3 つのシナリオを同定する。

- ・ シナリオ 1 :

閉鎖した廃棄物処分場を土で覆土した後で地中にパイプを設置して LFG を集め、回収した LFG を利用して発電する。

- ・ シナリオ 2 :

閉鎖した廃棄物処分場を土で覆土した後で地中にパイプを設置して LFG を集め、回収した LFG を燃焼する。

- ・ シナリオ 3 :

閉鎖した廃棄物処分場を土で覆土した後、ガス抜き管を設置して、LFG をそのまま大気中に拡散させる。

現地での最終廃棄物処分場の運用状況を実態調査した結果から、以下の事実が明らかになっている。

- ・ インドネシアでは、稼動中及び閉鎖した後の廃棄物処分場から LFG を回収することを義務付けた法令等の規制はない。
- ・ インドネシア国内の廃棄物処分場において LFG を活用した事例はない。
- ・ インドネシアでは、廃棄物処分場の閉鎖方法についての技術が確立されておらず、そのためのガイドラインも存在していない。このため、閉鎖方法としては廃棄物表面を薄く覆土する程度であり、表面ガス抜き管が場当たりに設置されている状況である。

また、3 つのシナリオについては、以下のような特徴がある。

- ・ シナリオ 1 は、発電施設や LFG 回収施設の設置のために初期投資が必要となるが、売電による収益と地域活性化も見込める。
- ・ シナリオ 2 は、LFG 燃焼を実施するためのコストが発生するものの、プロジェクトからの収益がない。また、現状、LFG 燃焼を義務付ける法律や規制はない。
- ・ シナリオ 3 は、インドネシアで一般的に用いられている閉鎖方法であり、ジャレコング最終廃棄物処分場でも埋立てが完了した区域において採用されている。

### (3)ステップ 2：投資分析

本プロジェクトにおいて CER の販売収入がない場合、経済・財務的に魅力的でないかどうかを判定する手順である。分析指標として Project IRR を用い、シナリオ 1 について評価する。本プロジェクトの費用には、初期投資費用、運営管理及び修繕費用、その他多岐に渡る費用が含まれる。なお、プロジェクトの収益は売電による収入のみである。なお、現在、インドネシアでは、1 MW 以下の電気事業者から PLN が電力を買い取る義務がある。また、将来的には 10MW まで拡大される計画があり、本事業が事業化される場合にはこのスキームが利用可能と考えられる。

本プロジェクトの IRR 値を計算した結果を表 3.1 に示す。本プロジェクトでは、CER の価値を収入として算入しない場合、プロジェクト期間の 10 年で投資額を回収することができず、IRR は負の値となる。つまり、CER の販売収入がない場合、本プロジェクトは財務的に魅力がなく、投資家の興味を引くことができないのは明白である。

表 3.1 IRR 計算結果

	CER 価値未算入	CER 価値算入
Project IRR (%)	—————	2.8

前提条件:

プロジェクト期間: 10 年 (2008 ~ 2017 年)

CER 単価: 10USD

(その他詳細は第 9 章で説明)

#### (4) 一般的慣行分析

インドネシア国内では、これまで複数の外国企業が廃棄物処分場から発生する LFG を回収して発電する事業を提案してきたが、採算性の問題等から実現に至ったケースはまだない。インドネシア政府としても 2005 年に発生したルウイガジャ最終廃棄物処分場の崩落事故を受け、廃棄物処分場の適正閉鎖の重要性を認識し始めているものの、具体的な検討や議論は行われていない。これらの状況を考えると、インドネシア国内において廃棄物処分場での LFG 回収事業が一般的な慣行となる可能性は極めて低いと判断される。

前述のとおり、インドネシアにおける処分場の閉鎖方法は、一般的に廃棄物の表面を覆土する程度のものであり、特別な処理は行われていない。これより、ジャレcong最終廃棄物処分場の閉鎖後の状況として最もあり得るシナリオは、3 の「閉鎖した廃棄物処分場を土で覆土した後、ガス抜き管を設置して、LFG をそのまま大気中に拡散させる」であり、これが CDM 上のベースラインと判断される。

#### (5) CDM 登録の影響

本プロジェクトが CDM として登録されることにより、LFG 中のメタンガス回収による温室効果ガス削減量に対応した CER が獲得できることとなる。投資分析の結果から、本プロジェクトの場合、CER の収入がなければ投資額を回収することができず、CER の価値を収入に算入すること IRR 値は正の値となる。つまり、CDM 登録により投資上の障壁が緩和されることとなる。

#### 3.3.3 追加性の検討結果

CDM 理事会による“追加性の評価と証明のためのツール”を用いて検討した結果、本プロジェクトが CDM として実施されることにより追加的であることが証明された。また、温室効果ガスの削減量を算定する上で用いるベースラインシナリオとして、ステップ 1 で同定したシナリオ 3 のケースを選択することとした。

#### 3.4 プロジェクトバウンダリー

本プロジェクトのプロジェクトバウンダリーを図 3.2 に示す。本プロジェクトでは、グリッドへの電力供給による CO<sub>2</sub> 削減のクレジットも要求することから、プロジェクトバウンダリー内には、事業サイトとなるジャレcong処分場とともに電力グリッドが含まれる。

なお、本プロジェクトは、閉鎖後の処分場において実施され、プロジェクトバウンダリー外での温室効果ガス排出を助長することのないクローズドシステムとなっている。これより、本プロジェクトにおいてリーケージを考慮する必要性はないと判断される。

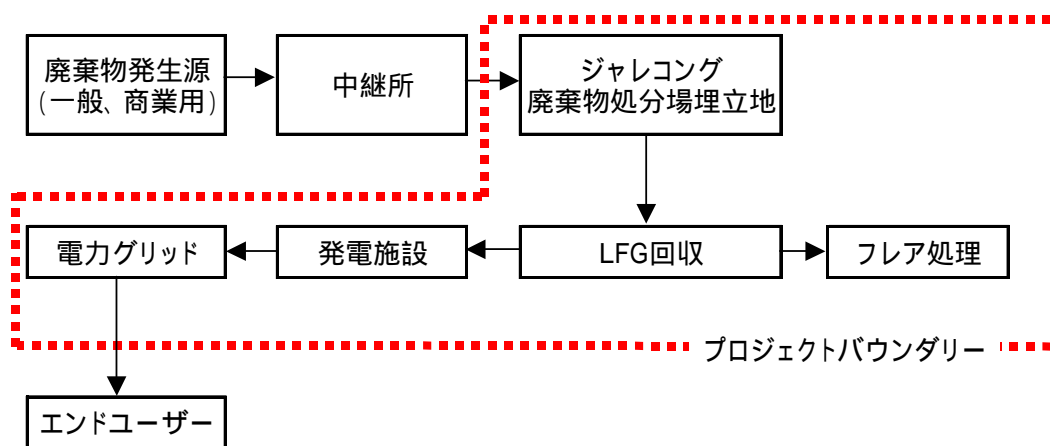


図 3.2 本プロジェクトにおけるプロジェクトバウンダリー

## 第 4 章 プロジェクトの効果

### 4.1 現地調査

#### 4.1.1 調査方法

温室効果ガスの排出削減量の評価を行うためには、本調査の対象地点であるジャレコング処分場において、ある一定期間内の発生ガス量を評価することが必要となる。しかしながら、同発生量の評価においては、多くの不確実な要素が含まれるため、これらをどのように同定するかが重要となる。特に重要なパラメーターとして、廃棄物中の全有機炭素量 TOC (Total Organic Carbon) や分解速度に関連する k 値が挙げられ、これらの値をどう評価するかが事業性評価の結果に大きな影響を与えることとなる。

そのため、本調査ではジャレコング処分場においてボーリングを行い、廃棄物層内部のごみサンプルの採取・分析を行うとともに、ボーリング孔を利用して観測用の井戸を設置し、発生ガスの流速等の測定を実施した。

#### 4.1.2 ボーリング調査

ボーリングは、図 4.1 に示す位置に 3 本実施した。ボーリングおよび観測用井戸の主な仕様を表 4.1 に示す。

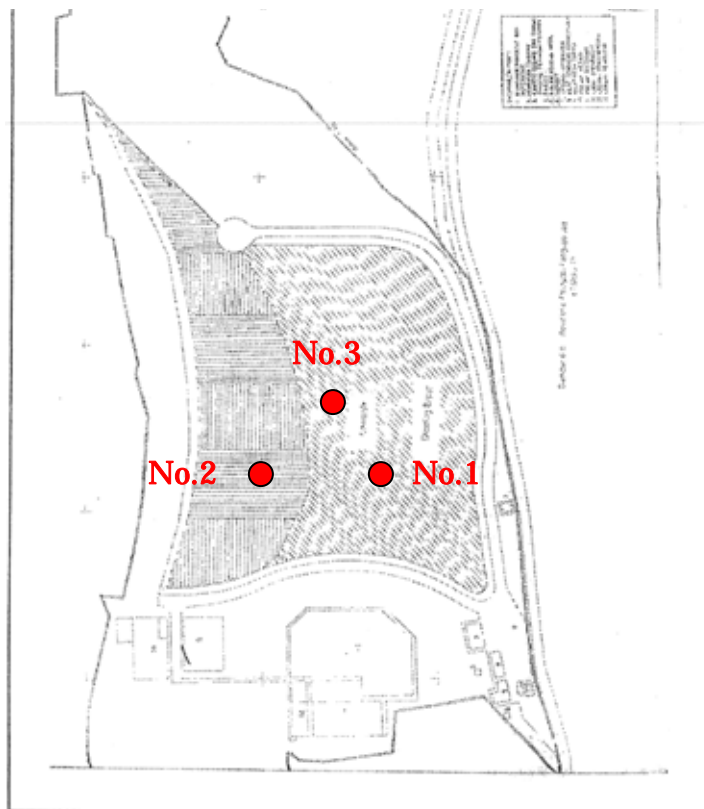


図 4.1 ボーリング位置

(出所) バンドン市清掃公社 (PD Kebersihan) 配付資料をもとに作成。

表 4.1 主なボーリング仕様

項目	仕様
1. Number of boring:	3
2. Diameter of the boreholes:	150mm with casing
3. Boring method:	Rotary boring
4. Well pipe:	Perforated PVC, $\phi=75\text{mm}$ , $t=5.5\text{mm}$
5. Filling material of spacing:	Gravel

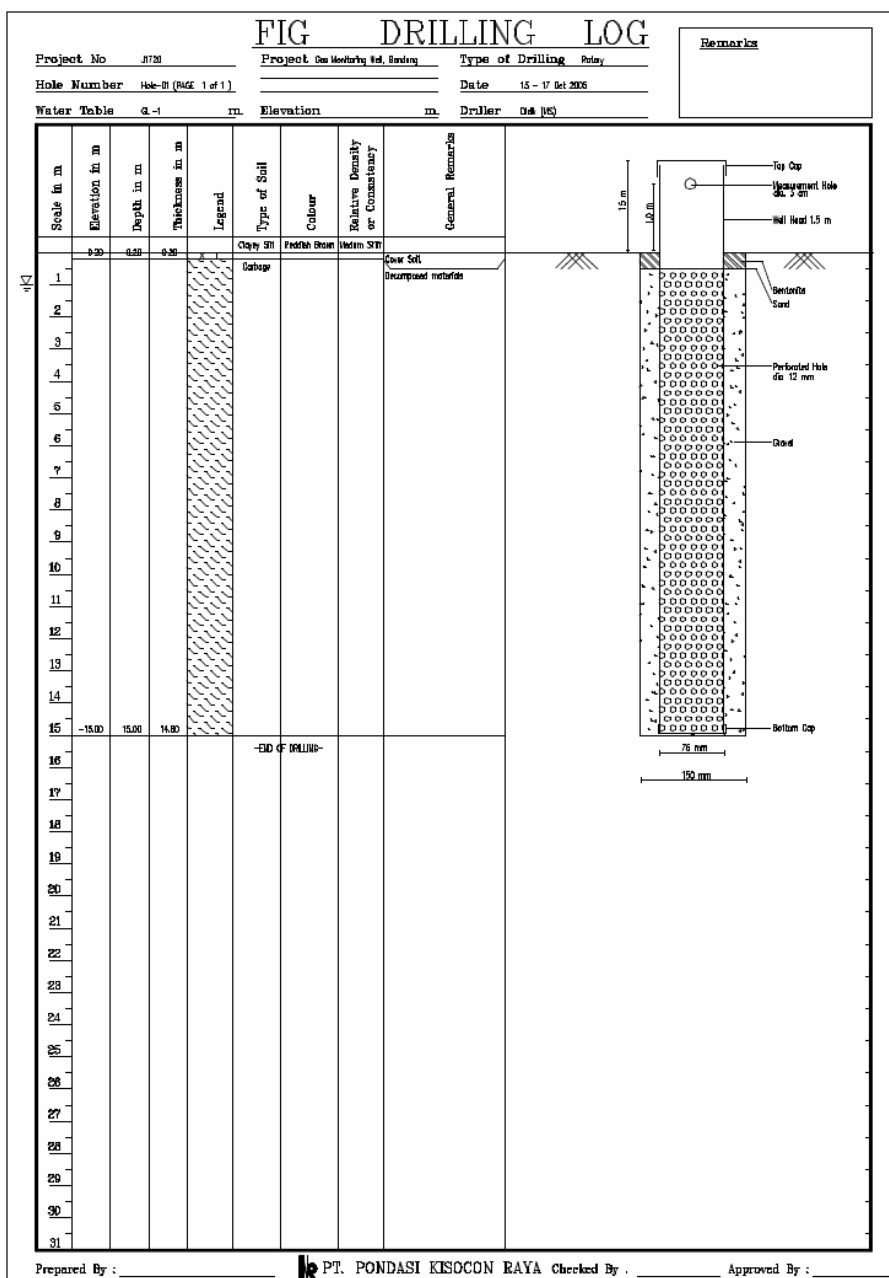


図 4.2 ガス測定用ボーリング断面図 (No.1 箇所)

3 箇所のボーリング位置の概要は以下のとおりである。

No. 1

1994 年から徐々に埋め立てられた箇所。古い粘土ライナー有り。ゴミ処分深さ約 20m。  
 ボーリング深さ 15m。

No. 2

2005 年になりルイガジャ処分場で崩落事故が発生し、ジャレコング処分場への廃棄物搬入量が急増後 5 ヶ月間で埋め立てられた箇所。新しい粘土ライナー有り。ゴミ処分深さ 10m。  
 ボーリング深さ 10m。

No. 3

1994 年から徐々に埋め立てられ、一時埋め立てを中断していた層と 2005 年になり急激に埋め立てられた層が存在。粘土ライナー有り。ゴミ処分深さ約 16m。

ボーリングは処分場の粘土ライナー付近まで実施した。最終的なボーリング深さを表 2.2 に示す。このうち、No.2 および No.3 については、粘土ライナーが確認された位置でボーリングを終了した。

表 4.2 ボーリング深さ

ボーリング番号	深さ	粘土ライナー深さ
No.1	15m	約 20m(未確認)
No.2	10m	10m
No.3	16m	16m
合計	41m	



写真 4.1 ボーリング状況 (No.1)



写真 4.2 ボーリング状況 (No.3)





写真 4.3 ボーリングヘッドとケーシング



写真 4.4 有孔塩ビ管



写真 4.5 充填材(砂利)



写真 4.6 充填材(砂)

## 4.2 サンプル調査

### 4.2.1 廃棄物サンプル調査

廃棄物のメタン発生ポテンシャルを評価し、将来にわたる処分場からのメタン排出量を予測するため、ボーリングにより採取したサンプルの TOC 分析を行った。廃棄物サンプルは、概ね 3m に一つずつ採集し、分析はカナダに本社をもつ ALS Technichem 社のマレーシア支社に依頼した。



写真 4.7 廃棄物サンプル採集状況



写真 4.8 サンプル保存状況

### 4.2.2 分析方法

ボーリングにより採取した廃棄物サンプル中には、覆土等による土の成分やプラスチック、あるいは比較的大きな木質成分（ヤシの実の殻等）など、地盤中の微生物によって分解されないもの、あるいは分解されにくいものが多く含まれているため、それらを予め取り除いた上で機器（Solid TOC Analyzer）を用い分析を行った。

### 4.2.3 分析結果

#### (1) 処分場廃棄物層の TOC の把握

ジャレコング処分場における処分場ガス発生量を推定するために、現場でボーリングを行い、採取した廃棄物サンプルを、まずプラスチック、木、鉱物、細成分、その他（繊維等）の 5 つに手選別し、各々を乾燥した後に、細成分を再度プラスチック、木、鉱物、細成分、その他（繊維等）の 5 つに手選別して、ここでの細成分中の TOC を定量分析した。

まず、廃棄物層内採集したゴミの組成を図 4.3 に示す。水分が 50～60% を占め、TOC 成分が含まれている細成分の割合は 1～15%、有機炭素を含む木片の割合も 10～30% と大きくばらついている。

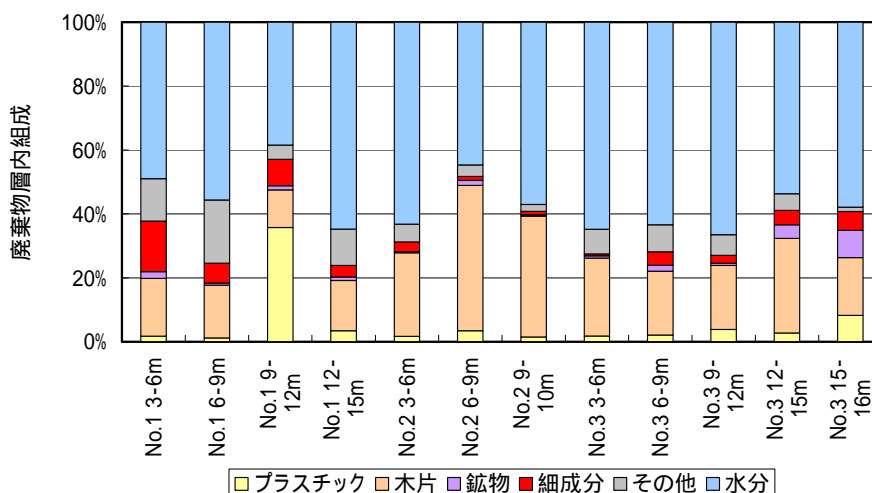


図 4.3 廃棄物層内の組成

(出所) 間宮(2005)をもとに作成。

IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の手法では、木片起因の TOC (ガイドラインを踏襲すると DOC) を処分場ガス発生源として加えているが、木片の分解速度は極めて遅いとされている。このため、プロジェクト期間の 10 年という間において、木片の分解に起因する処分場ガスを見込んでよいものか否かは将来的に詳しく検証する必要があるが、ここでは木片起因の TOC も考慮することで検討を行う。

表 4.3 に、各ボーリング箇所における深さ方向の TOC 分布と、同値をグラフ化したものを図 4.4 に示す。なお、数値は乾燥重量での含有率を示しており、木片に含まれる TOC は乾燥重量比で 50%と仮定し計算している。また、グラフの縦軸は対数表示としている。廃棄物中の TOC は、ボーリング箇所と深さ位置でかなりばらつきがあり、平均で約 10.6%の値となっている。一般的に深部の廃棄物ほど投棄されてから長い時間が経過しているため分解が進んでおり、TOC の値も小さくなると考えられるが、今回調査した結果ではそのような傾向は見られなかった。なお、木片起因の TOC を仮に含めない場合、TOC は平均で 0.55%であり、本処分場の LFG 発生ポテンシャルは総体的に低いという結論となった。

表 4.3 廃棄物サンプル中の TOC 分析結果

分析対象	ボーリング 箇所	サンプル採取深さ毎の TOC の値 (%)				
		3 ~ 6m	6 ~ 9m	9 ~ 12m	12 ~ 15m	15 ~ 16m
細成分と	1	6.765	5.966	6.992	7.697	————
木質成分の	2	11.545	21.668	18.534	————	————
合計	3	10.403	8.731	9.419	14.086	5.952
細成分のみ	1	0.375	0.098	1.555	0.456	————
(木質成分	2	0.786	0.339	0.186	————	————
除く)	3	0.137	0.789	0.452	0.747	0.616

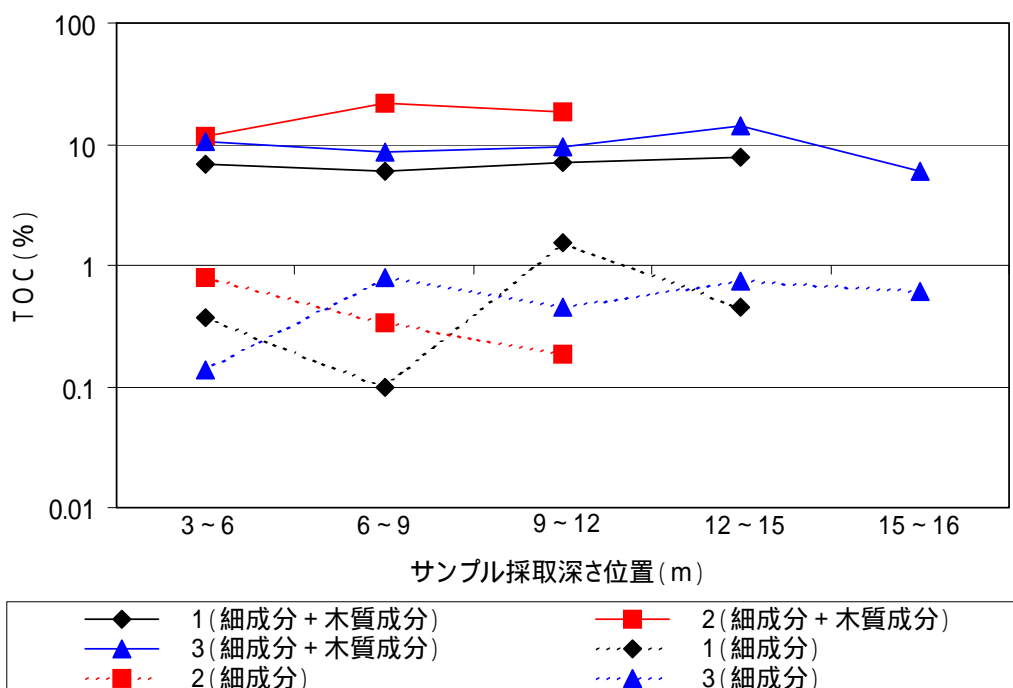


図 4.4 廃棄物サンプル中の TOC 分析結果

### 4.3 処分場ガス発生量の推定方法

#### 4.3.1 推定式の概要

##### (1) 一次減衰モデル

温室効果ガスの排出削減量の評価を行なうためには、CDM 事業の対象となる廃棄物処分場において、ある一定期間内に発生する処分場ガス量を可能な限り正確に評価することが必要となる。一般に処分場ガスの発生量は式(1)に示すように、発生ポテンシャル、分解速度係数、回収率をパラメータとした一次減衰モデルで表わすことができるとされている。

$$G_t = G_e \times (1 - e^{-kt}) \times F_c \quad \dots (1)$$

$G_t$ : 1t の廃棄物が投棄されてから t 年経過するまでに生成する処分場ガス量 ( $m^3/t$ )

$G_e$ : 1t の廃棄物から長期にわたって生成され得る処分場ガス量 ( $m^3/t$ )

$k$ : 廃棄物中の全有機炭素量の半減期から導出する分解速度係数 (0.05  $k$  0.15)

$t$ : 経過時間 (year)

$F_c$ : 回収率

年毎の処分場ガス量は式(1)において t+1 年と t 年との差から求めることができるが、これは式(1)を微分したものに他ならない。各係数は対象処分場の特性を考慮して設定すること

になる。分解速度係数や回収率に関する情報は多くはないが、生成する処分場ガス量については IPCC のガイドラインに基づく式や Rettenberger、Tabasaran らの式が提案されているので次に紹介する。

## (2) IPCC の処分場ガス発生量算定式

IPCC ガイドラインにおいて規定された手法(以後、IPCC の手法)では、式(2)に示すように廃棄物中の生化学分解可能な有機炭素の割合、その中で実際に分解する割合、処分場ガス(二酸化炭素  $\text{CO}_2$  とメタンガス  $\text{CH}_4$ ) 中のメタンガスの割合からメタンガス量を求める。

$$G_{MG} = MSW \times DOC \times DOC_f \times F_{MG} \times \frac{16}{12} \quad \dots (2)$$

$G_{MG}$ : メタンガス発生量(t/year)

$MSW$ : 廃棄物の投棄量(t/year)

$DOC$ : 廃棄物中の生化学分解可能な有機炭素比

$DOC_f$ :  $DOC$  成分の分解率

$F_{MG}$ : 処分場発生ガス中のメタンガスの割合

このガイドラインでは最終処分場に投棄される廃棄物の組成から  $DOC$  を略算する式(3)が提示されているが、式(3)中の A、B、C、D を決定するために必要となる。対象処分場に投棄された廃棄物の組成データは、CDM 事業対象国においては把握されていない可能性が高い。処分場の共用時間は数年から数十年と長いため、投棄された廃棄物の組成記録がない場合に、この式によってメタンガス発生量を推定することは不可能である。

$$DOC = 0.4A + 0.17B + 0.15C + 0.3D \quad \dots (3)$$

A: 廃棄物中の紙・繊維の割合

B: 廃棄物中の草木・剪定枝の割合

C: 廃棄物中の生ごみの割合

D: 廃棄物中の木・麦藁の割合

## (3) Rettenberger、Tabasaran らの処分場ガス発生量算定式

Rettenberger、Tabasaran らは廃棄物中の有機炭素量に基づいて処分場ガス発生量を推定する式(以後、ドイツの手法)を提案している。式(4)のパラメータは、廃棄物中の全有機炭素量(TOC に対応)と処分場廃棄物層内の温度である。前者の TOC は乾燥・破碎した廃棄物試料を Solid TOC Analyzer で分析することで得られる。後者は有機炭素の全てが

処分場ガス化(異化)するのではなく、一部はバイオマス化(同化)されて固定されるが、それが温度の関数で表わされるという特性を反映したものである。一般にドイツの処分場廃棄物層内の温度は 30 程度なので( )内の値は 0.7 程度となる。

$$G_e = 1.868 \times C_0 \times (0.014 \times T + 0.28) \quad \dots (4)$$

$G_e$ : 長期間に廃棄物から生成される処分場ガス量(m<sup>3</sup>/t)

1.868: 単位有機炭素量あたりの処分場ガス発生ポテンシャル(m<sup>3</sup>/kg)

$C_0$ : 廃棄物中の全有機炭素量(kg/t)

$T$ : 処分場の廃棄物層内の温度( ) (適用範囲 20 < < 40)

実際の廃棄物処分場では、投棄されてからしばらくは大気に触れているために好気性分解が起こり、この過程では有機炭素は CO<sub>2</sub> となって大気に排出されるが、ここで残った分が処分場ガスとなりうる有機炭素であり、この割合は初期係数として 0.8 ~ 0.95 で与えられる。また、異化可能な有機炭素の全てがガス化するわけではないため、それは調整係数として 0.7 程度が与えられている。総じて、TOC 成分の 35 ~ 40% が処分場ガスとして排出されると言われている。

#### 4.3.2 最終処分量の推定

ジャレコング処分場における廃棄物の投棄は 1994 年から始まり、2005 年のルイガジャ処分場の崩落後、急激に投棄量が増加していることが分かっている。しかし、各年度毎の具体的な投棄量のデータを入手するには至っていない。そこで、本調査では現地での詳細な測量調査は行っていないものの、メジャーテープで測定した処分場内の廃棄物処理区域の概算面積と廃棄物層の平均層厚、廃棄物の単位体積重量(推定値)から 12 年間に投棄された廃棄物の総量を概算する。

現地測量の結果から、ジャレコング処分場を 150m × 240m の長方形と仮定すると、面積は 36,000m<sup>2</sup> となる。廃棄物層の厚さを各ボーリング地点の層厚(10m、20m、16m)の平均値から 15m とすると、投棄された廃棄物の現状の総容積の概算値は 540,000m<sup>3</sup> となる。廃棄物の単位体積重量は、不均一性の問題から一様に決定することが困難であるが、ここでは一般の土と水の間値として  $w_{et}=1.35 \text{ t/m}^3$  を適用し、現在、既に投棄されている廃棄物の総重量を  $540,000 \text{ m}^3 \times 1.3 \text{ t/m}^3 = 702,000 \text{ t}$  と算定する。なお、清掃局から入手した概算値によれば、2005 年末のジャレコング処分場の閉鎖までに投棄される廃棄物の総容積は約 1,250,000 m<sup>3</sup> で、これを用いて算定した締め固め等による体積変化率は約 2.3 となり、概ね妥当な値といえる。

前述の通り、2005 年のルイガジャ処分場の崩落後、ジャレコング処分場への投棄量が急激に増加している。投棄された廃棄物の約半分はルイガジャ処分場に行くべきだったもの、ルイガジャ処分場から搬入されたものと仮定し、さらにジャレコング処分場への投

棄量データがないために毎年の投棄量が一定であったと仮定すると、1994 年から 2004 年までの各年度に投棄された廃棄物は 29,250 t/年、2005 年の投棄廃棄物量は 380,250 t/年と概算される。投棄廃棄物の半分が最終投棄年である 2005 年に投棄されており、さらにこれが新しい廃棄物であるという特異な搬入特性を有している。

#### 4.4 処分場ガス発生量の推定

##### 4.4.1 分解速度係数

各年度に投棄された廃棄物によって、ある年に発生する処分場ガス量を算出するためには、4.3.1 で述べた式(1)中の分解速度係数  $k$  を決定する必要がある。ヨーロッパでは  $k$  値の範囲は 0.05 ~ 0.15 とされているが、投棄される廃棄物の特性や処分場の管理状況次第で  $k$  値は変わってくるため、影響要因は非常に複雑と言える。IPCC のガイドラインやドイツの文献にも  $k$  値の設定方法は説明されておらず、 $k$  値が処分場ガス発生量の推定に大きく影響することから、 $k$  値の設定は非常に難解と言える。

一般的に廃棄物処分場では古い廃棄物ほど分解が進んでおり、廃棄物中の TOC が低くなっていると考えられる。図 4.5 は、ある別の処分場における廃棄物の投棄後経過年数とその TOC の分布をグラフ化したものである。処分場の測量結果と毎年の投棄量等のデータを利用して、ボーリング試料の深さと投棄年数を対応させれば、同図のように指数曲線で近似することで  $k$  値を求めることが可能と考えられる。しかしながら、ジャレcong 処分場におけるボーリングで採取した試料の TOC 分析では、必ずしも深い点から採取した試料の TOC が小さくなっておらず、図 4.5 のようにして  $k$  値を求めることは困難である。この原因の一つとして廃棄物層内の浸出水位が高かったこと、つまり降雨によって有機成分が洗い流されて、深い方に簡単に移行した可能性や、分解が非常に速かったこと、つまり、 $k$  値が実際には非常に大きい可能性があることが挙げられる。つまり、高温多雨地域の処分場廃棄物層内での有機物分解は、十分に締め固めが行われ、かつ、降水量も少ないため、処分場廃棄物層内が気候等による外乱の影響を受けにくいヨーロッパの処分場における有機物分解とは異なる可能性があるかと推察される。

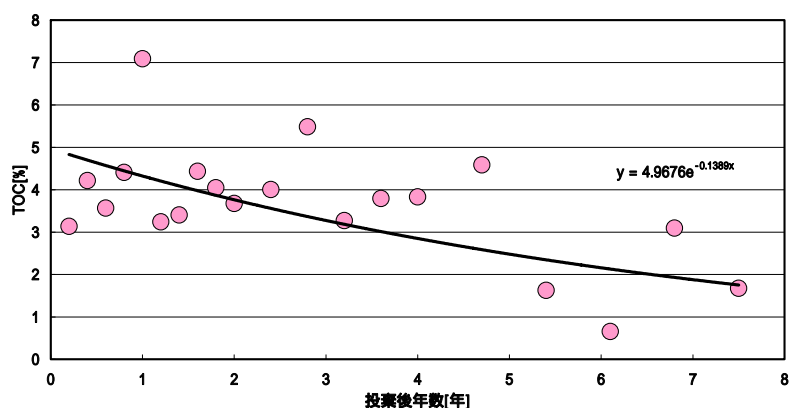


図 4.5  $k$  値の同定方法 (別の処分場における参考例)

(出所) 間宮(2005)をもとに作成。

以上から、高温多雨の東南アジアに位置する処分場に適用すべき k 値を正確に決定することは困難であるため、本検討では k 値をパラメータとして扱い、処分場メタンガス発生量を比較することとする。

#### 4.4.2 細成分の k 値検討

4.2.3 の調査結果から、ジャレcong 処分場の現在の細成分起因平均 TOC (式(4)の  $C_o$ ) を 0.55%、総投棄量を 702,000t、分解率に影響する処分場層内温度を 30 (ガス温度の実測値に基づく)、処分場ガス中のメタンガス率を 55% (同実測値に基づく) とし、k 値をパラメータとして計算したメタンガス発生量の推移を図 4.6 に示す。分解速度係数の相違 (分解の難易) により、メタンガス発生量は大きく異なり、最も発生量が多い 2006 年には k 値を 0.08 とした場合と 0.14 とした場合で 1.5 倍以上、約 100 t-CH<sub>4</sub>/年の差が生じることになる。そのため発生ガス量の正確な予測を実施するためには、分解速度係数をできるだけ正確に予測することが必要となるが、これは非常に困難であり、事業性評価が相当の不確実性を有する根源的原因となっている。

メタンガス発生量はほぼ指数的に減衰すると言われており、2007 年に工事を行って 2008 年～2017 年の 10 年間に事業対象期間とすると、事業末期の細成分起因によるメタンガス発生量は事業開始時の 1/2～1/3 になることが分かる。k 値が 0.08～0.14 の間では k 値が大きい程 CDM 期間中のメタンガス発生量が大きくなり、逆転する期間も規模も非常に小さい。インドネシアの処分場における分解がかなり速いと想定されることから、k 値は 0.12 以上であろうと想定され、その場合は CDM 期間中ほぼ 100 t-CH<sub>4</sub>/年以上の発生量と見ることが出来る。ただし、k 値がさらに大きい可能性、つまり、最初はさらに大量のメタンガスが発生するが、急激に減少する可能性は否定できない。本検討では、経験値で最も大きい 0.14 を k 値にとり、メタンガス発生量を計算する。

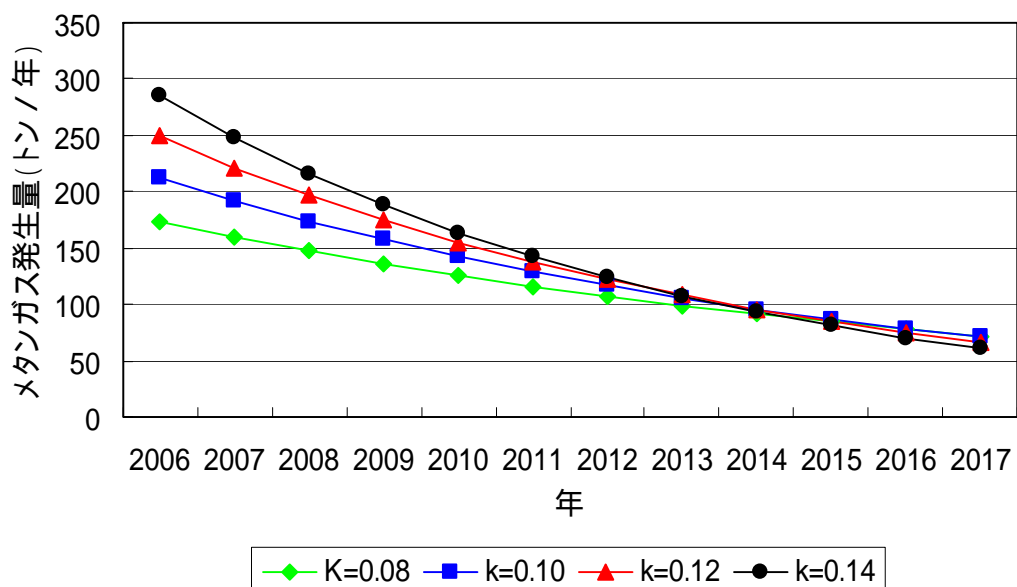


図 4.6 細成分起因のメタンガス発生量の計算結果



#### 4.4.3 木片分の k 値検討

今回のボーリング調査の結果、ジャレコング処分場の廃棄物中には木片起因の TOC が平均で約 10% 存在する。木片は一般に難分解性であると認識されているので、分解率を 50% とし、分解速度係数を標準的な分解速度係数の最低値である 0.05 としてメタンガス量を計算する。

#### 4.5 温室効果ガス削減量の検討

##### 4.5.1 前提

前項までの分析結果をもとに、温室効果ガス削減量の検討を行う。本検討では、パラメータを以下のように設定した。

表 4.4 各種パラメーター前提条件

	細成分	木片
TOC (全有機炭素量)	0.55%	10%
k (分解速度)	0.14	0.05
T (廃棄物層内の温度)	30	
処分場ガス中のメタンガスの割合	55%	
メタンガス回収率	80%	
発電設備容量	500kW	
発電効率	25%	
発電設備利用率	94%	
発電所所内率	5%	
接続系統 CO <sub>2</sub> 排出係数	0.879ton-CO <sub>2</sub> / MWh	

##### 4.5.2 検討結果

###### (1) 燃焼による削減量

回収したメタンガスを発電用の燃料として燃焼させることによる温室効果ガス排出削減量の計算結果を表 4.5 に示す。プロジェクト期間である 2008～2017 年の 10 年間に、換算で約 174,059 (CO<sub>2</sub>-トン)、京都議定書第一約束期間で約 100,071 (CO<sub>2</sub>-トン)の温室効果ガスを削減できる計算となる。

表 4.5 メタンガス燃焼効果による CO<sub>2</sub> 削減量

年	LFG 排出量 (m <sup>3</sup> /日)	メタン排出量 (m <sup>3</sup> /日)	メタン回収量 (m <sup>3</sup> /日)	CO <sub>2</sub> 削減量 (トン/年)
2008	9,367	5,152	4,121	22,610
2009	8,787	4,833	3,866	21,210
2010	8,251	4,538	3,631	19,917
2011	7,756	4,266	3,413	18,721
2012	7,297	4,013	3,211	17,613
2013	6,871	3,779	3,023	16,584
2014	6,474	3,561	2,849	15,628
2015	6,105	3,358	2,686	14,737
2016	5,761	3,169	2,535	13,907
2017	5,440	2,992	2,394	13,132
2008 ~ 2017 年(10 年間)				174,059
2008 ~ 2012 年(第一約束期間)				100,071

(2) 電力グリッドの系統電源代替効果による削減量

本プロジェクトでは、LFG を燃料として発電した電力を、PLN の系統に売電する。これにより、系統電源の化石燃料による発電電力の代替が図られ、温室効果ガス削減につながる。これによる削減量の計算結果を表 4.6 に示す。

表 4.6 系統電源代替効果による CO<sub>2</sub> 削減量

年	発電電力量 (MWh/日)	年間発電電力量 (kWh/年)	CO <sub>2</sub> 削減量 (トン/年)
2008	10.3	3,534,000	2,951
2009	9.7	3,328,000	2,779
2010	9.1	3,122,000	2,607
2011	8.5	2,916,000	2,435
2012	8.0	2,745,000	2,292
2013	7.6	2,608,000	2,178
2014	7.1	2,436,000	2,034
2015	6.7	2,299,000	1,920
2016	6.3	2,162,000	1,805
2017	6.0	2,059,000	1,719
2008 ~ 2017 年(10 年間)			22,720
2008 ~ 2012 年(第一約束期間)			13,064

プロジェクト期間である 2008～2017 年の 10 年間で、約 22,720 トン (CO<sub>2</sub>-トン)、京都議定書第一約束期間で約 13,064 (CO<sub>2</sub>-トン)の温室効果ガスを削減することができる。

#### 4.5.3 温室効果ガス削減量の合計

メタンガスを発電燃料として利用することによる燃焼効果と、系統電源の代替効果を合わせた本プロジェクトの実施による温室効果ガス削減量は、プロジェクト期間である 2008～2017 年の 10 年間に、約 196,779 トン (CO<sub>2</sub>-トン)、京都議定書第一約束期間で約 113,135 (CO<sub>2</sub>-トン)と計算される。

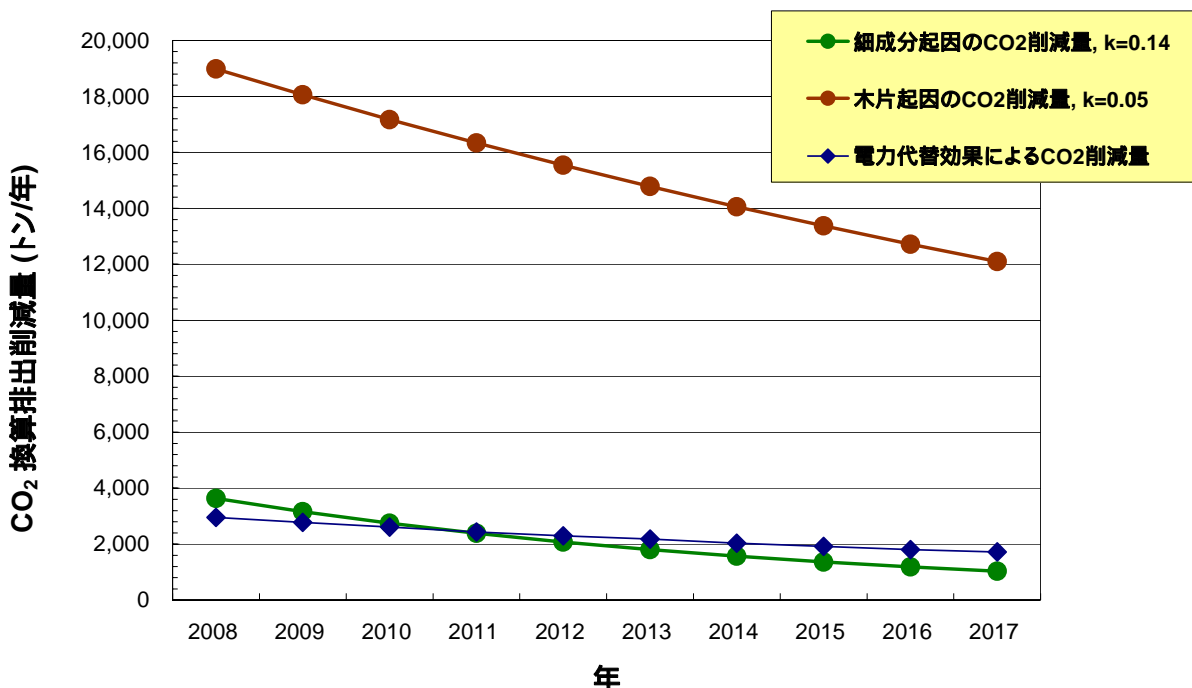


図 4.7 CO<sub>2</sub> 排出削減量

#### 4.6 現地での処分場ガス測定結果

本調査では、ボーリング箇所に設置した観測用の井戸から排出される処分場ガスの吐出速度を定期的に測定したとともに、2006 年 1 月の最終現地調査時にガス成分の測定も行った。

##### 4.6.1 ガス吐出速度の測定結果

図 4.8 に No.1 と No.2 からのガス吐出速度の推移を示す。

3 本の産出井戸観測井戸の内、No.3 からは浸出水が噴き出す状態で、処分場ガスの吐出速度を計測できる状態ではなかったため、No.1 と No.2 のみの測定結果を表示している。

観測井戸からの処分場ガスの吐出速度は大きく変動する傾向が見られ、現状では No.1 で約 0.6 m/ss、No.2 で約 0.2 m/s となっている。No.1 と No.2 の吐出速度が異なる理由は、

ゴミの堆積構造が異なること、No.2 は高い浸出水位の影響でガス量が小さいため、ここでは将来浸出水対策を想定して 2005 年に埋立てられた場所であり、まだメタン発酵が十分進んでいないことなどが考えられる。

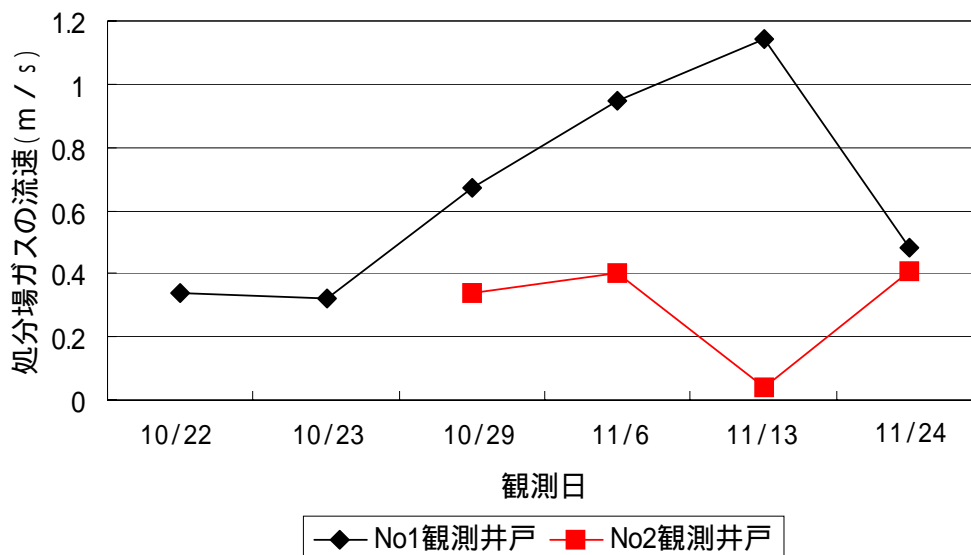


図 4.8 産出井戸観測井戸 No.1 からの処分場ガス吐出速度の推移



写真 4.9 吐出速度測定状況 1



写真 4.10 吐出速度測定状況 2



写真 4.11 吐出速度測定状況 3

#### 4.6.2 ガス成分の測定結果

観測井戸から発生している処分場ガスの成分を測定した結果を表 4.7 に示す。一般に、処分場ガスの典型的な組成として、メタンガスの割合は 55%程度といわれており、本処分場の廃棄物層内においても有機物の嫌気性発酵が有効に進んでいると判断される。(測定日: 2006 年 1 月 16 日)

表 4.7 ガス成分測定結果(単位: %)

観測井戸 成分	1	2	3
メタン CH <sub>4</sub>	56.9	56.8	56.4
二酸化炭素 CO <sub>2</sub>	39.2	40.9	40.9
酸素 O <sub>2</sub>	—	—	—
その他	4.1	2.5	2.8

(注)その他には硫化水素が含まれ、いずれの観測井戸も濃度は、15ppm。なお、小数第 1 位の値は測定中に変動するため、ガス成分の合計値は 100%となっていない。



写真 4.12 ガス成分測定状況 1



写真 4.13 ガス成分測定状況 2

#### 4.7 浸出水サンプル調査

ジャレコング処分場では、廃棄物層内の保有水が浸出水として漏洩しており、降雨により供給された水が内部貯留水として大量に存在していると考えられる。この内部貯留水の処理を目的として、処分内には浸出水処理施設が設けられている。この浸出水には、廃棄物層内を通過していく過程で水に溶けやすい有機物が含有しており、浸出水内の TOC を測定することは、本来廃棄物中に存在していた TOC を計り知る上で意味のあるものと考えられる。本調査では、以下の 6 地点からサンプリングを行った(実施日: 2005 年 10 月 14 日)。

- 1 処分場内部に設置されている排水管の出口 (当処分場には一箇所しかない)
- 2 処分場下流部に設置された沈殿・曝気・ろ過の 3 つの浸出水調整池 (Leachate Pond) のうち、曝気池からろ過池へ流れ込む部分
- 3 処分場側面の排水路に染み出している浸出水
- 4 場内の溜まり水
- 5 ボーリング孔 No1 を掘削中にボーリング孔より採集した浸出水
- 6 既に設置されている換気孔より採集した浸出水

分析した結果を表 4.8 に示す。浸出水中の TOC が最も多い箇所は、処分場側面の排水路部分であり、地表に染み出してからの時間が短いことにより分解が進んでいないためと考えられる。

バンドン近郊の降水量は年間約 2,000 mm であり、1994 年から 2005 年までの 12 年間に約 864,000 m<sup>3</sup> の雨が廃棄物層内に浸透したと推定される (表面流として内部に入らずに流出するものもあるがここでは考慮しない)。現状の浸出水中の TOC は最も多い 3 の箇所で 1,150mg/リットルであり、この濃度で全てが流出したとすると約 0.9 トンとなる。投棄された廃棄物全体に含まれる有機炭素量は約 74,000 トンと推定されることから、浸出水経由で排出される有機炭素量は無視できるレベルと考えられる。

表 4.8 浸出水の分析結果

採取箇所		採取箇所			
		1	2	3	4
TOC (総有機炭素量)	mg/リットル	998	380	1,150	335

(注) 5 および 6 については、信頼性のある結果が得られなかった。



写真 4.14 浸出水のサンプル状況 (No.1)



写真 4.15 (写真 4.14 に同じ)



写真 4.16 浸出水のサンプル状況 (No.2)



写真 4.17 (写真 4.16 に同じ)



写真 4.18 浸出水のサンプル状況 (No.3)



写真 4.19 (写真 4.18 に同じ)



写真 4.20 浸出水のサンプル状況 (No.4)



写真 4.21 (写真 4.20 に同じ)



写真 4.22 浸出水のサンプル状況 (No.6)



写真 4.23 (写真 4.22 に同じ)

#### 4.8 今後の展開に向けた課題と考察

##### 4.8.1 既存の知見の整理

ゴミ処分場での CDM 事業性検討には、処分場ガス、特にメタンガスの発生量の把握が不可欠であり、本調査ではボーリングによるサンプル採取・分析と観測産出井戸からの処分場ガス回収量の把握を行った。その結果、以下の事項が明らかとなった。

処分場廃棄物層内の細成分起因 TOC が小さいこと

浸出水位が高く、雨の廃棄物層内への浸透量が大きいこと

ジャレコング処分場内での有機物分解機構は欧米の知見と異なる可能性があることが分かった。

##### 4.8.2 考察

ジャレコング処分場における、ボーリング試料中の木片起因を除く TOC の値は非常に小さいと言える。「(2) IPCC の処分場ガス発生量算定式」における式(3)では、生ごみの DOC 変換係数は 0.15 であるが、生ごみ中の水分が約半分、全有機分が炭水化物  $C_6H_{12}O_6$  であると仮定して算出した炭素比率はほぼこの値になる。一般廃棄物中の生ごみの割合は約 4 割と言われており、生ごみ起因の DOC あるいは TOC は約 6% と推定される。しかし、ボーリング試料中の細成分起因の TOC は 0.55% と約 1/10 に低下しており、系外へすでに移行しているものと考えられる。その原因としては、以下の事項が考えられる。

その原因としては

投棄後の空気との接触時間が長く、好気反応による分解が進んだ。

ドイツでは TOC の 20% 程度が好気反応で失われるケースが報告されている。

高温多雨の気象と不十分な締め固めが相俟って、降雨が廃棄物層内に大量に浸透し、水に溶けやすい有機物の洗い流しが起きた。

廃棄物層内の浸出水位が高いことから推定される。

様々な条件の結果として、分解反応が極めて速く、k 値も欧州の経験値の上限である 0.15 よりもはるかに大きい。



等が考えられる。

については、締め固めが不十分であることから可能性は大きい、その場合は発熱量が大きいので処分場廃棄物層内の温度がもっと高いはずである。また、処分場ガスの発生も確認されているので、全てこれで説明できるわけではない。については、浸出水中の TOC が思ったほど多くなく、決定的な要因ではないと考えられる。ただし、系外に排出される浸出水中の TOC 濃度を投棄開始時から継続的に計測しているわけではなく、あくまで現状の値をもとに考察した結果である。については、生ごみは分解しやすいことを考慮すると可能性は大きいと考えられる。k 値の定義は式(5)のように表わされるので、例えば、分解の半減期が 1 年未満であれば k 値は 2.0 と大きな値をとり、その結果として投棄直後のメタンガス排出量は増大する。

$$k = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \dots (5)$$

k: 分解速度係数

$T_{1/2}$ : 分解の半減期

ジャレコング処分場における有機物分解機構は複雑と考えられ、今回の調査で十分に解明することは出来なかった。多量の降雨による洗い出しは起きているが、浸出水経由での系外への流出はさほど大きくなく、今後は TOC 初期値および k 値の再検討が課題であると考えられる。

また、本処分場の廃棄物中の TOC は、そのほとんどが木片起因のものであるが、前述したとおり、木片の分解速度は極めて遅いとされており、その分解機構も不確実な部分が多い。今回の検討では木片起因の TOC も含めてメタンガス発生量を計算したが、k 値や分解率の違いがガス発生量に大きく影響するため、事業化を検討する場合にはより詳細な研究レベルでの調査が必要と判断される。

## 第 5 章 プロジェクト実施計画

### 5.1 全体計画

本プロジェクトでは、ジャレコング最終廃棄物処分場に LFG 回収設備、LFG 処理設備、LFG 発電設備を設置し、有機物の分解により発生するメタンガスを含む LFG を処分場から回収し、これを精製処理して燃料とすることにより発電し、売電することを目指すものである。なお、LFG の回収・発電フローを図 5.1 に示す。

#### 5.1.1 LFG 回収設備

LFG 回収設備は、処分場から LFG を回収する産出井戸、回収した LFG を発電設備まで搬送する送気管、及び発電設備まで確実に LFG を搬送するために産出井戸での LFG の自噴を補助するブローヤより構成される。

#### 5.1.2 LFG 処理設備

LFG 処理設備は、LFG 調整設備及びフレア燃焼設備より構成される。LFG 調整設備は、LFG 発電機の運転に悪影響を及ぼす不純物を取り除くための設備であり、ガスホルダ、スクラバ、加熱器より構成される。ガスホルダは LFG をガスエンジンに導入する前に流量を調整する設備であり、またスクラバ、加熱器は LFG 中の水分を除去するための設備である。一方、フレア燃焼設備は、LFG 発電設備停止時（保守点検または故障時）には回収された LFG の全量を、またガスエンジン運転時に過剰となった LFG を燃焼処理する設備である。

#### 5.1.3 LFG 発電設備

LFG 発電設備は、回収された LFG を燃料とするガスエンジンおよびガスエンジンの回転力で発電を行う発電機より構成される。発電された電気は、一部所内電力として利用される分を除き、全てインドネシア電力公社の PLN へ売電する。

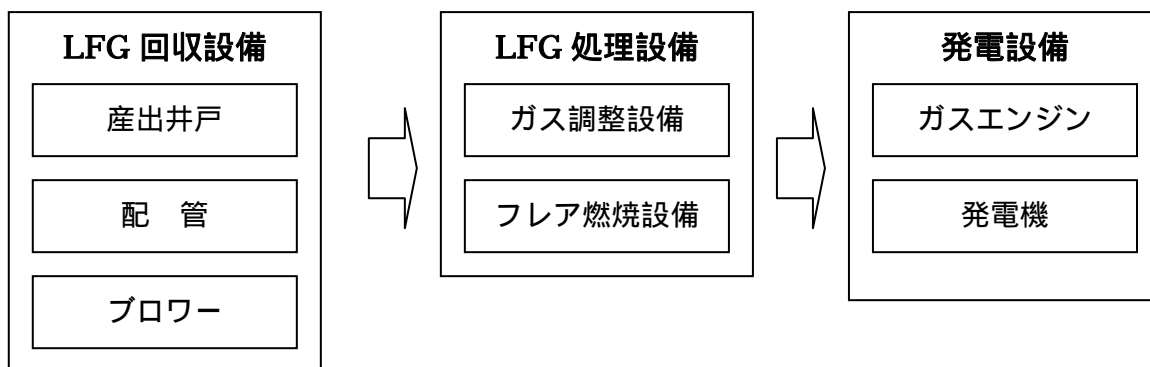


図 5.1 LFG 回収・発電フロー

## 5.2 LFG 回収・発電設備の検討

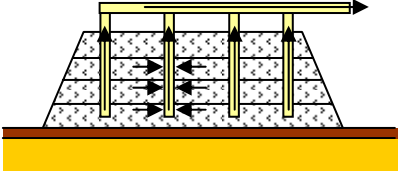
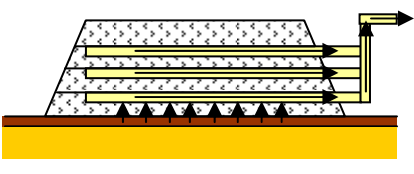
LFG の回収・発電は図 5.1 の順に行われる。このうち、本項では LFG 回収施設について、その概要を示す。

### 5.2.1 LFG 回収設備

#### (1) 産出井戸

産出井戸は、表 5.1 に示すように垂直井戸と水平井戸が考えられる。水平井戸方式については、ごみを埋め立てる途中において水平配管工事を実施しなければならないため、本プロジェクトでは垂直井戸方式を用いることとする。

表 5.1 LFG 井戸方式比較表

項目		垂直井戸	水平井戸
			
概要		垂直方向に井戸を設置する。設置間隔は井戸同士の干渉を考慮して設置する。	複数の埋立てリフト毎に水平に井戸を設置する。
時期		埋立ての進行に伴って設置するが、埋立て後であっても設置可能である。	埋立てに平行にして設置する。
特徴	長所	井戸毎で LFG 回収の制御が容易。 LFG 発生状況や埋立て地の状況に応じて井戸の増設が容易。 凝縮水による問題が起こりづらい	埋立て中に LFG 回収が可能。 比較的安価。 埋立地表面に突出物が少ない。
	短所	埋立てが完了するまで、LFG の回収が難しい。	埋立てプランの変更に調整が必要。 埋立て車両による破損、不等沈下の考慮が必要。

#### 【深度】

ジャレコング処分場では、底部に粘土ライナーを設置していることから、粘土ライナー位置から 50cm 程度上部までとする。

#### 【間隔】

産出井戸の間隔は、欧州諸国では 50m とされている。この間隔は、井戸間の干渉を避け効率的にガスを回収するために選定されている値である。本検討では、欧州とインドネシアの処分場におけるゴミ処分の形態の違いや地形を考慮し、暫定的に 30m から 50m の範囲とする。プロジェクト実施の本格的な検討の段階で、本設備仕様の井戸による吸引試験を実施し、最適な間隔を決定する。

【仕様】

パイプの材質は、欧州等で実績があり、耐腐食や柔軟性に優れている HDPE 管を採用するものとする。パイプの口径は、本調査のボーリングで使用した 75mm ではなく、費用面、保守管理面（産出井戸内洗浄の容易さ）、LFG 生産性向上も考慮して 200mm とする。鉛直管の開孔率は 3~10% とし、目詰まり及び強度的に問題がなければ 10% を原則とする。なお、ケーシング外側には、砂利を巻き、目詰まり防止を図るものとする。

地表面付近については、掘削孔と鉛直管との間からガス漏洩や空気浸入がないように、地表面から深さ約 2m 程度の部分を粘土で埋め戻すこととする。基礎については沈下に対し柔軟に対応できる構造とするため支持基礎としない。

産出井戸の仕様を表 5.2、概略図を図 5.2 に示す。

表 5.2 産出井戸の仕様

項目	仕様
産出井戸口径	200mm
掘削深度	15m 20m
ケーシングパイプ材質	HDPE
ストレーナ開孔率	3 - 10%
産出井戸本数	15 - 20 本
配管ルートの井戸配置間隔	30m - 50m

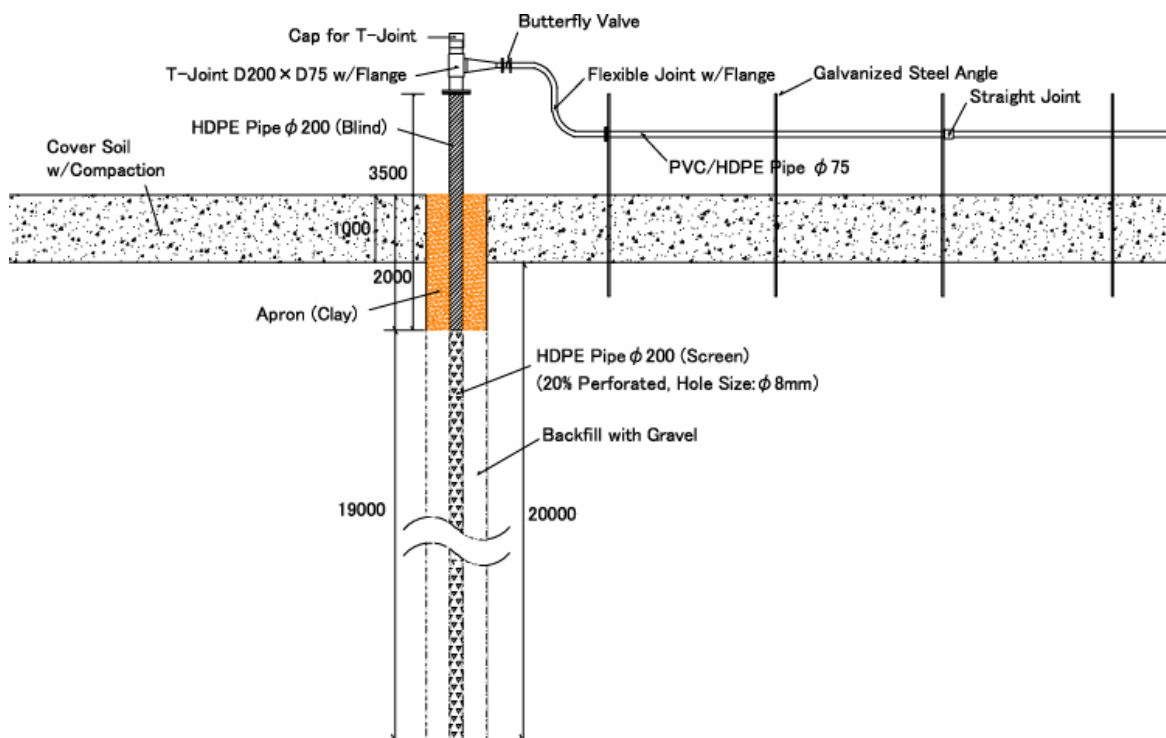


図 5.2 産出井戸概観図

## (2) 配管

配管は、産出井戸から処分場内の LFG 処理施設にガスを輸送する設備である。配管は、産出井戸から本管に合流するまでの枝管と、いくつかの枝管から合流し LFG 処理施設に接続するまでの本管に分類される。

### 【仕様】

配管の材質については、産出井戸同様に HDPE 管とする。管径は、枝管を 75mm、本管を 200mm とする。設置方法は、土中に埋める方法がヨーロッパ等では標準的であるが、管理の容易さを考慮し、地上を配管する方式を採用する。図 5.3 にその概略を示す。

また、配管ルートを検討に際しては、露点に達した LFG 中の水分をドレンとして排出するために、配管の勾配に留意することが必要である。

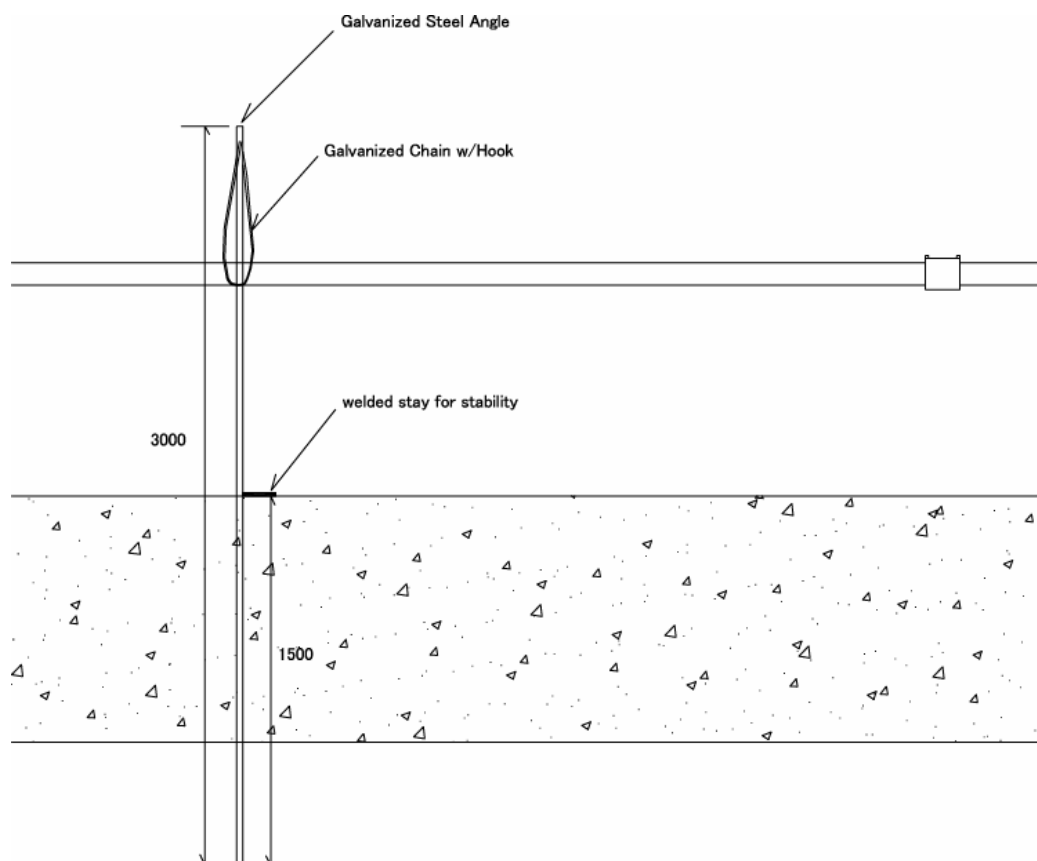


図 5.3 配管概要図

## 5.2.2 LFG 処理設備及び発電設備

### (1) LFG 処理設備

LFG 処理設備は、LFG 調整設備及びフレア燃焼設備により構成される。回収された LFG には様々な成分が含まれ、このうち、ガスエンジンにとって有害な成分は、主に、水分、シロキサン、硫化水素であり、LFG 調整設備はこれらを除去する設備である。

水分は、ガスエンジン中で凝縮してトラブルを引き起こす原因となるため、スクラバ及び過熱器を設置し、LFG 中に含まれる水分を減湿した後にガスエンジンへ導入することとする。

シロキサンは、メチル基など有機基をもつケイ素と酸素が交互に結合したポリマーの総称であり、排ガスの温度低下に伴って、タービンや熱交換器に固着するため、ガスエンジンの運転トラブルを引き起こす可能性がある。特に、温度降下の大きい熱交換器に固着するとされているが、今回のプロジェクトで導入予定の過熱器では大きな温度低下は発生しないと予想されるため、本システムにおいては不要とする。

硫化水素は水に溶解して硫酸イオンを生成し、ガスエンジンの早期劣化を招くため、脱硫装置を設置し、濃度を低減する必要がある。今回、現地に測定装置を持ち込み、ガス観測井戸で LFG のガス組成を測定した結果、硫化水素濃度が 15ppm と低いため、本システムにおいては不要とした。

フレア燃焼設備については、LFG 発電設備停止時（保守点検又は故障時）に回収された LFG や、ガスエンジン運転時に過剰となった LFG を燃焼処理する設備であり、LFG 発電設備停止時に発生する LFG の全量を処理可能な容量とする。

### (2) LFG 発電設備

LFG 発電設備は、回収された LFG を燃料とするガスエンジンおよびガスエンジンの回転力で発電を行う発電機より構成される。本設備は、地球温暖化効果の高いメタンガスを燃焼し、CO<sub>2</sub> に変換するという役割とともに、売電するための電力を発生させる設備であり、非常に重要な役割を担っている。従って、機器の選定にあたっては、設備効率、耐久性、設備及び O&M コストなどを総合的に勘案するとともに、排ガス中に含まれる硫黄酸化物や窒素酸化物についても環境影響が少ない設備を選定する計画である。

設備の容量については、ボーリング調査及び廃棄物の分析によるガス量の発生予測結果から、500kW 級のガスエンジン発電設備を設置出来る見込みである。発電された電気は、一部所内向けの電力として利用される分を除き、全て国営電力会社の PLN へ売電する計画である。なお、所内向けの電力は定格の 5%程度と予想している。

図 5.4 に本プロジェクトのプロセスフローを示す。

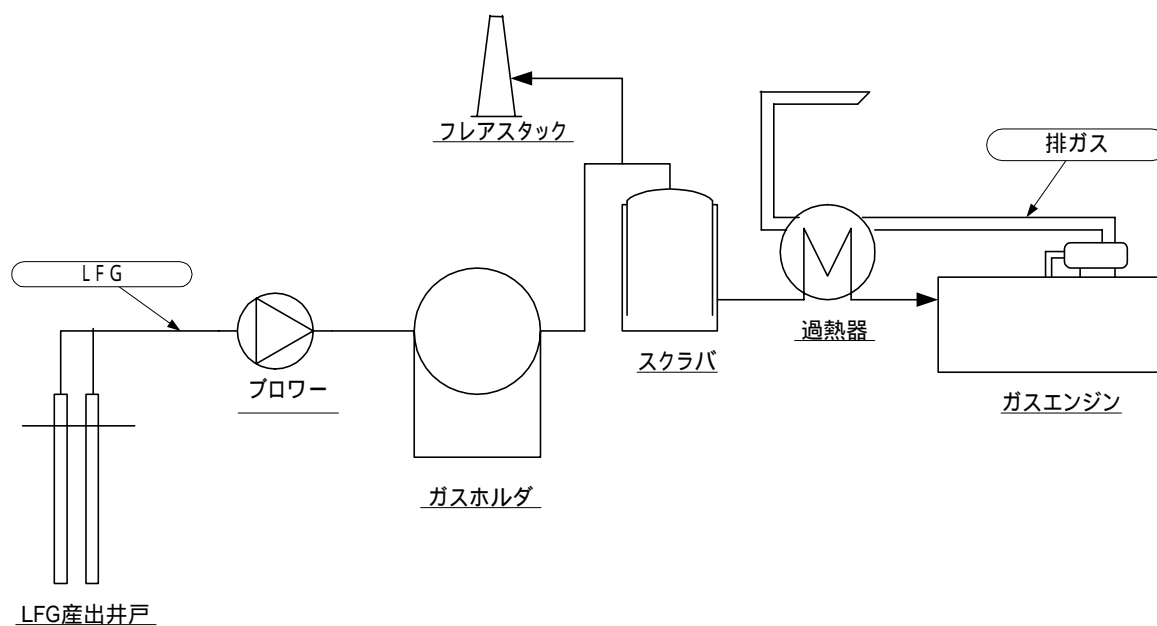


図 5.4 プロセスフロー

### 5.2.3 レイアウトの検討

前節での検討をもとに配管計画図を作成した。ただし、本検討では、測量は実施しておらず、また、ゴミの深さ等についても十分な情報が得られていないため、あくまで概略の検討であり、プロジェクト実施の際に本格的な調査検討を行う必要がある。

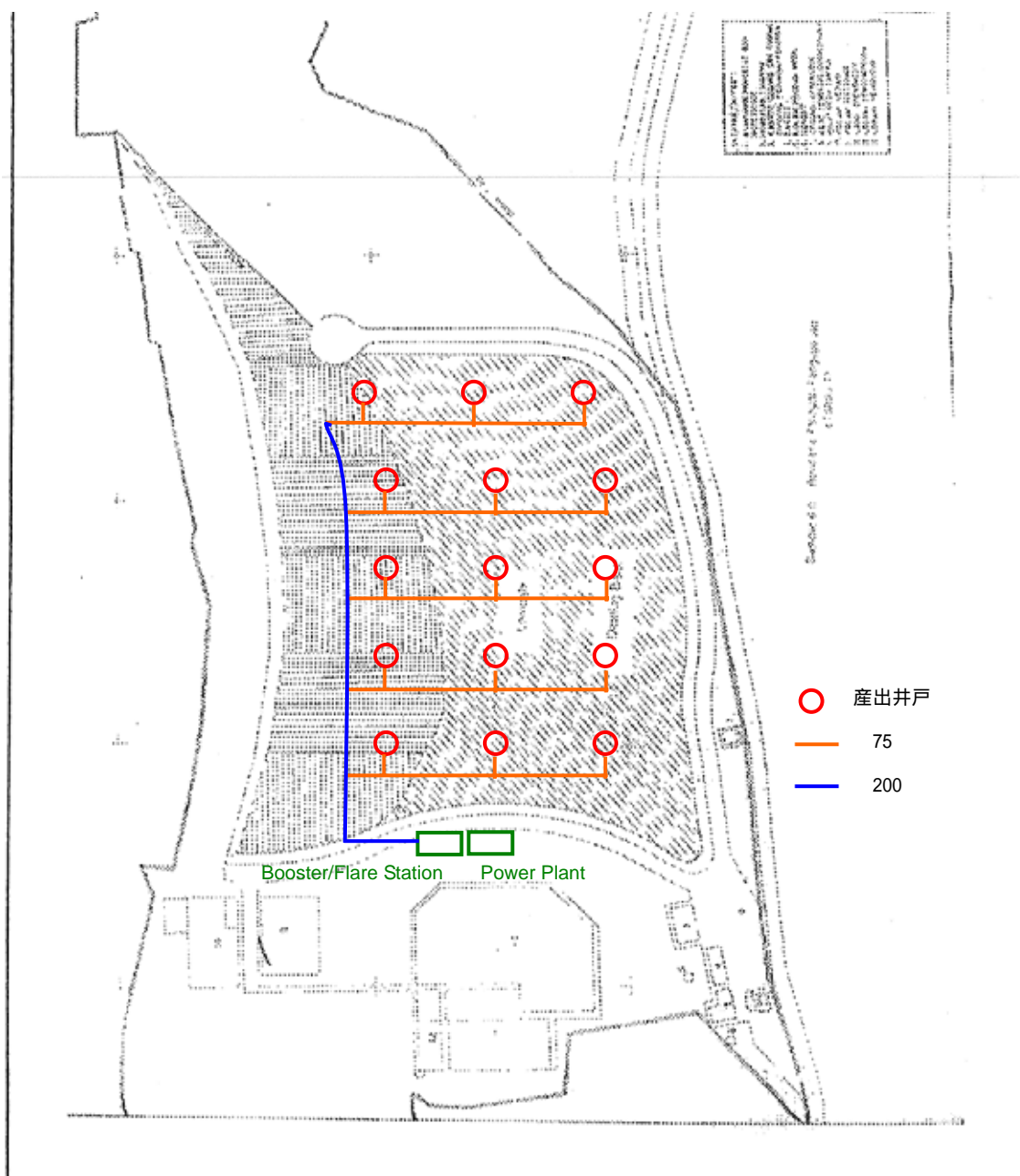


図 5.5 LFG 回収・発電設備のレイアウト

(出所) バンドン市清掃公社 (PD Kebersihan) 配付資料をもとに作成。

### 5.3 プロジェクトの実施体制

本プロジェクトの実施にあたっては、インドネシアに特別目的会社 (SPC) を設立して事業の運営を行う。SPC への出資参画企業として、東北電力とその他本邦企業、およびインドネシアの民間企業が予定される。

#### 5.3.1 本邦企業

本プロジェクトを実施する場合、SPC への出資を予定している本邦企業は、現在のと



ころ東北電力(株) 1 社であるが、今後プロジェクトの開発を進めていく段階で CO2 クレジットの獲得に興味を持つ本邦企業に出資を呼びかけることとする。

### 5.3.2 インドネシア側関係者

インドネシア国の法律により、100%外国資本の SPC 設立は認められず、最低 5%以上の地元資本が入っている必要がある。出資形態については、現金拠出のほかに土地、関連設備の現物拠出の方法が考えられ、プロジェクトのスキームが具体化した時点で候補先と実質的な協議を行うこととする。

## 5.4 資金計画

本プロジェクトの実施にあたっては、所要資金を IPP におけるファイナンスの手法として一般的なプロジェクトファイナンスにより調達することで計画する。プロジェクトファイナンスとは、資源開発、大型プラント建設、大規模土木事業などのプロジェクトで用いられてきた資金調達手段で、従来のコーポレート・ファイナンスが親会社自体の信用力や土地を主な担保とするのに対し、事業自体のキャッシュ・フローを主な返済原資とする事業融資方式である。

資金調達者側のメリットとしては、ノン・リコースあるいはリミテッド・リコース型の借入となるため、基本的にはプロジェクト破綻時の負担が限定されることにある。さらに、プロジェクトの事業主体となる SPC を設立し、SPC がプロジェクトの信用力で資金調達を行うこととなり、親会社から見た場合にオフ・バランスの効果も期待できる。実際のプロジェクトファイナンス事例では、完全なノン・リコースではなく、親会社が子会社借入のリスクの一部を負担するケースもあるが、そのような場合でも親会社の負担する部分は金額・条件が明確に定められる。

具体的には、東北電力を含む各出資者からの出資金を調達するとともに、JBIC 及び本邦市中銀行からの借入金により事業を実施するものとする。また、環境省 CDM / JI 関連設備等整備事業の補助金申請や、東北電力他が参画する日本温暖化ガス削減基金(JGRF)の出資参画についても、CDM プロジェクトとしての確実性を高める観点から積極的に検討していく。なお、借入金調達にあたっては、PLN のリスクテークが問題となり、何らかのインドネシア政府保証が銀行団より求められる可能性がある。プロジェクトの開発過程で同保証の調達が困難と判断される場合、エクスポージャー額が数億円程度と比較的小額が見込まれることから、全額自己資本での実施も選択肢の一つとして検討していく。

### 5.5 プロジェクト実施スケジュール

今後の実施スケジュールを表 5.3 に示す。

表 5.3 プロジェクトスケジュール

	2005年	2006年	2007年	2008年
全体工程	← 本調査	→ 詳細調査・設計	← CDM手続	→ 工事期間
				← CERs獲得期間
現地機関とのMOU締結(方針)		—		
追加確認調査		—		
両国政府へのCDM申請		—		
バリデーション		—		
CDM理事会登録			—	
設備詳細設計		—		
各種契約手続き			—	
建設工事			—	
試運転、運転保守指導				—
設備運転				—
モニタリング開始				—

なお、ジャレコング最終廃棄物処分場は将来的な拡張の可能性が残されており、それが実現されればガス回収設備や発電機他の増設を行い、獲得する CO<sub>2</sub> クレジットの増加を図る選択肢も考えられる。

## 第 6 章 モニタリング計画

### 6.1 モニタリングの目的

本プロジェクトは、処分場から発生するランドフィルガス (LFG) の回収およびそれを燃料として燃焼・発電することにより温室効果ガス (GHG) 排出量を削減するものである。したがって、モニタリングの第一の目的は GHG 排出削減量と系統電源への売電量を把握するためであり、さらにはプロジェクトの安全性や環境保全性を確保するためである。

なお、モニタリング期間は、プロジェクト期間と同様に施設稼働後 10 年間とする。

### 6.2 本プロジェクトに適用するモニタリング手法

本プロジェクトのモニタリングにあたっては、承認済みの手法である ACM0001「LFG 回収プロジェクトに対する統合モニタリング手法：Consolidated monitoring methodology for landfill gas project activities」を用いる。

この統合モニタリング手法 ACM0001 は、LFG の一部あるいは全てが大気中に放出されている状況をベースラインシナリオとする LFG 回収プロジェクト活動に適用でき、そのプロジェクト活動には以下が含まれる。

- a) 回収した LFG を燃焼するプロジェクト
- b) 回収した LFG を電気、熱などのエネルギー生産に使うプロジェクト。この場合、他のエネルギー源の代替効果を GHG 排出削減量に含めない。
- c) 回収した LFG を電気、熱などのエネルギー生産に使うプロジェクト。この場合、他のエネルギー源の代替効果を GHG 排出削減量に含める。

### 6.3 GHG 排出削減量の計算

ACM0001 での GHG 排出削減量は以下の式で定義される。

$$ER_y = (MD_{Project,y} - MD_{reg,y}) \times GWP_{CH_4} + EG_y \times CEF_{electricity,y} + ET_y \times CEF_{thermal,y}$$

y：対象年

ER<sub>y</sub>：y 年におけるプロジェクト活動によって達成される GHG 排出削減量 (t-CO<sub>2</sub>)

MD<sub>Project,y</sub>：y 年に実際に破壊 / 燃焼されるメタン量 (t-CH<sub>4</sub>)

MD<sub>reg,y</sub>：プロジェクト活動がなかった場合に破壊 / 燃焼されたであろうメタン量 (t-CH<sub>4</sub>)

GWP<sub>CH<sub>4</sub></sub>：メタンの地球温暖化係数 (t-CO<sub>2</sub> / t-CH<sub>4</sub>)

EG<sub>y</sub>：代替された電力の正味量 (MWh)

CEF<sub>electricity,y</sub>：代替された電力量の二酸化炭素排出原単位 (t-CO<sub>2</sub> / MWh)

ET<sub>y</sub>：代替された熱エネルギー量 (TJ)

$CEF_{thermal,y}$  : 代替された熱エネルギー量の二酸化炭素排出原単位 ( $t-CO_2 / TJ$ )

(a)  $MD_{Project,y}$

本プロジェクトを実施することによるメタン削減量は、発電用燃料として燃焼されるメタンとフレア燃焼されるメタンの合計量となる。

(b)  $MD_{reg,y}$

本プロジェクトがなかった場合、処分場からのメタンガスは大気中に放出され続けることとなるため、削減量はゼロとなる。

(c)  $GWP_{CH_4}$

メタンの地球温暖化係数は 21 である。

(d)  $EG_y$

本プロジェクトでは、所内使用分を除いた発電電力をインドネシア電力公社 (PLN) に売電する計画である。電力代替のネット量は PLN への売電量であり、電力量計に基づく PLN との決済書類等を記録書類とする。

(e)  $CEF_{electricity,y}$

電力代替による二酸化炭素排出削減係数については、PLN が公表する値を使用する。PLN の公表値がない場合には、地元系統電源の燃料使用量とそれぞれの燃料の二酸化炭素排出値から係数を算出する。

(f)  $ET_y$

本プロジェクトでは、ボイラーによる熱エネルギー変換は行わないため、本パラメーターは考慮しない。

(g)  $CEF_{thermal,y}$

本プロジェクトでは、ボイラーによる熱エネルギー変換は行わないため、本パラメーターは考慮しない。

#### 6.4 モニタリング計画

図 6.1 にモニタリング個所と項目を示す。また、それぞれのモニタリング項目の計測方法及びデータの保存方法等を表 6.1 に、モニタリング項目の品質管理と保証を表 6.2 に示す。

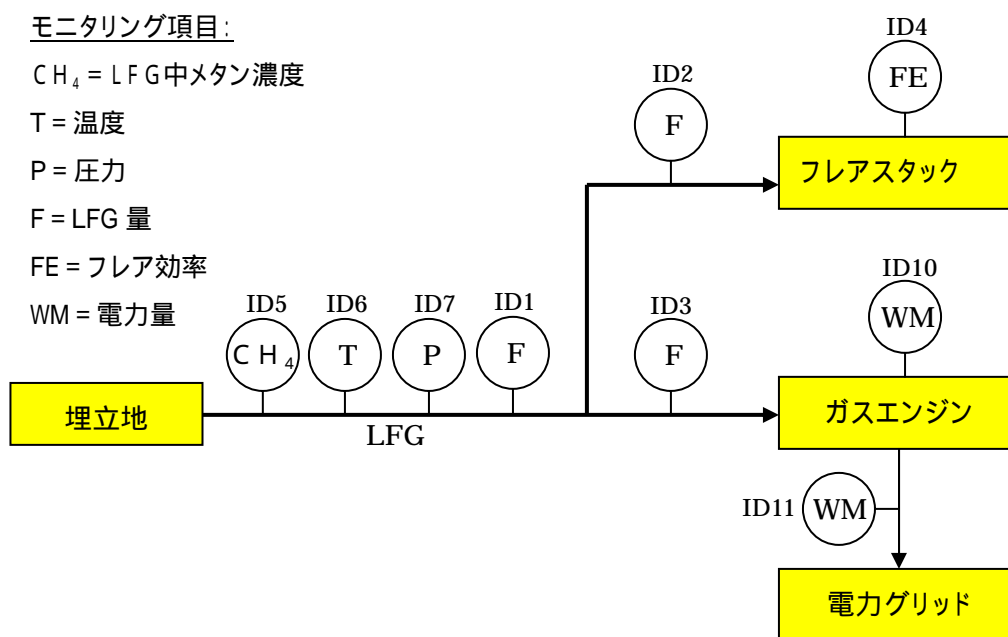


図 6.1 モニタリング個所と項目

(出所) unfccc, <http://cdm.unfccc.int/maintemplate.html/methodologies/PAMethodologies/approved.html> をもとに作成。

表 6.1 本プロジェクトにおけるモニタリング項目

ID 番号	データ変数	単位	実測(m) 計算(c)	記録 頻度	計測データ割合	記録 方法	データ 保持期間	備考
1	LFG 全回収量	m <sup>3</sup>	m	連続	100%	電子化	クレジット期間 +2 年間	流量計による測定 月・年単位の報告
2	フレア処理 LFG 量	m <sup>3</sup>	m	連続	100%	電子化	クレジット期間 +2 年間	流量計による測定 月・年単位の報告
3	発電燃料用 LFG 量	m <sup>3</sup>	m	連続	100%	電子化	クレジット期間 +2 年間	流量計による測定 月・年単位の報告
4	フレア効率 (1)運転時間 (2)排ガス中 CH <sub>4</sub> 濃度	%	m/c	(1)連続 (2)四半期 1 回 ( )	—	電子化	クレジット期間 +2 年間	(1)フレア運転時間の連続測定 (2)排ガスサンプリング測定
5	LFG 中 CH <sub>4</sub> 濃度	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> / m <sup>3</sup> LFG	m	連続	100%	電子化	クレジット期間 +2 年間	ガス成分連続分析器による測定
6	LFG 温度		m	連続	100%	電子化	クレジット期間 +2 年間	温度計による連続測定
7	LFG 圧力	Pa	m	連続	100%	電子化	クレジット期間 +2 年間	圧力計による連続測定
8	所内使用電力及びエネルギー量	MWh	m	連続	100%	電子化	クレジット期間 +2 年間	所内使用電力量は発電量と売電量の差とする。なお、他のエネルギー使用量は無視できる。
9	所内使用電力及びエネルギーの CO <sub>2</sub> 排出係数	tCO <sub>2</sub> /MWh	c	年 1 回	100%	電子化	クレジット期間 +2 年間	所内電力及びエネルギー使用に伴う CO <sub>2</sub> 排出量算出のため
10	発電量	MWh	m	連続	100%	電子化	クレジット期間 +2 年間	電力量計による連続測定
11	売電量	MWh	m	連続	100%	電子化	クレジット期間 +2 年間	電力量計による連続測定

( ) 測定値が安定しない場合、月 1 回の測定を実施。

(出所) unfccc, <http://cdm.unfccc.int/maintemplate.html/methodologies/PAMethodologies/approved.html> をもとに作成。

表 6.2 モニタリング項目の品質管理・品質保証方法

ID 番号	データ変数	データの不確実性 (高 / 中 / 低)	QA / QC の有無 (有 / 無)	QA / QC の概要
1	LFG 全回収量	低	有	正確な計測を確保するために、流量計の定期的な保守及び校正を行う。
2	フレア処理 LFG 量	低	有	正確な計測を確保するために、流量計の定期的な保守及び校正を行う。
3	発電燃料用 LFG 量	低	有	正確な計測を確保するために、流量計の定期的な保守及び校正を行う。
4	フレア効率 (1) 運転時間 (2) 排ガス中 CH <sub>4</sub> 濃度	中	有	最適なフレア燃焼運転を確保するために、定期的な保守を行う。フレア燃焼効率は年 4 回検査を行う。但し、前回値と著しくかけ離れた場合には月 1 回の検査を行う。
5	LFG 中 CH <sub>4</sub> 濃度	低	有	正確な計測を確保するために、ガス分析器の定期的な保守及び校正を行う。
6	LFG 温度	低	有	正確な計測を確保するために、温度計の定期的な保守及び校正を行う。
7	LFG 圧力	低	有	正確な計測を確保するために、圧力計の定期的な保守及び校正を行う。
8	所内使用電力及びエネルギー量	低	無	
9	所内使用電力及びエネルギーの CO <sub>2</sub> 排出係数	低	無	
10	発電量	低	有	正確な計測を確保するために、電力量計の定期的な保守及び校正を行う。
11	売電量	低	有	正確な計測を確保するために、電力量計の定期的な保守及び校正を行う。

(出所) unfccc, <http://cdm.unfccc.int/maintemplate.html/methodologies/PAMethodologies/approved.html> をもとに作成。

## 第 7 章 環境影響分析

### 7.1 環境影響評価制度

#### 7.1.1 環境影響評価の対象

インドネシアにおける環境影響評価制度は、通称 AMDAL と呼ばれ、1993 年に環境影響評価に関する政令 (1993 年政令第 51 号) が制定され、1999 年に改訂 (1999 年政令第 27 号) されている。

環境影響評価の対象となる事業または活動の種類、規模については、2001 年環境担当国務大臣令第 17 号で定められており、エネルギー・鉱物資源分野の電力事業においては、表 7.1 に示す 5 つの事業とその規模が指定されている。本プロジェクトは、「その他の発電施設」に該当するが、発電容量は 500kW を計画しており、環境影響評価対象事業には該当しない。

表 7.1 環境影響評価対象事業 (エネルギー・鉱物資源分野 (電力事業))

事業内容	対象規模
送電線	150kV
発電施設 (ディーゼル、天然ガス、蒸気および コンバインドサイクル)	発電規模 100MW
地熱発電施設	発電規模 55MW
水力発電施設	高さ 15m または 貯水面積 200ha または 発電規模 50MW
その他の発電施設 (太陽光、風力、バイオマス等)	発電規模 10MW

(出所) MOE, <http://www.menlh.go.id/> をもとに作成。

#### 7.1.2 本プロジェクト実施に必要な環境許認可手続き

環境に対してある一定以上の影響が生じる可能性のある事業又は活動については、環境管理計画 (通称 UKL)、環境モニタリング計画 (通称 UPL) の提出が義務付けられている。UKL と UPL の提出の要否については、各々の地方政府が事業または活動の種類、規模を定めており、本プロジェクトは提出が必要な事業に該当する。実際の手続き方法については、プロジェクト開発段階で詳細に確認する必要があるが、本調査において西ジャワ州環境管理局から以下のアドバイスを受けている。

- ・ 最終廃棄物処分場に発電施設を設置する場合には、初めから全て作成する必要はなく、廃棄物処分場設置時に作成した UKL 及び UPL に発電事業の部分を追記する形によ



い。ジャレコング処分場の場合、その当時に作成された SEL という書類に追記することとなる。(同処分場建設の申請当時、UKL、UPL の制度がまだ無かったとのこと)

- ・ 申請個所は西ジャワ州環境管理局となる。

上記のとおり、行政側からは申請作業が簡易となる既存書類への追記を推奨されたが、仮に廃棄物処分場自体に問題が発生した場合、発電事業へも影響が及びリスクが想定される。実際の手続き方法については、この点も考慮に入れて行政側との調整することとする。

## 7.2 予想される環境影響と環境保全対策

### 7.2.1 予想される環境影響

本プロジェクトは、温室効果ガスの削減という地球規模の面だけでなく、バイオガスの回収による異臭、悪臭の軽減といった周辺規模を含む環境改善に貢献するものである。想定される環境への影響として、建設期間中の各種騒音や振動、および運転期間中における発電機などからの排出ガスや騒音などが挙げられるが、設備規模や処分場内での施設設置などを考えれば、それらの影響はかなり限定的といえる。

本プロジェクトの実施により、発生が予想される環境影響とその対策方法を表 7.2 に示す。

表 7.2 予想される環境影響とその対策方法

項目	予想される環境影響	対策方法
大気汚染	発電設備からの排気ガス	低 NOx 型ガスエンジンの採用により排気ガス中の汚染物質低減を図る。
騒音	発電設備からの騒音	ガスエンジンはコンテナ格納タイプを採用し、騒音の低減を図る。
振動	発電設備からの振動	堅固な基礎を構築し、その上にガスエンジンを据付することで振動の低減を図る。
悪臭	LFG 回収パイプからの漏洩	回収パイプの綿密な保守管理と流量管理により、仮に漏洩が発生した場合においても早期の発見・対応を図る。

### 7.2.2 その他の間接影響に関する情報

同国では、近年の民主化進展に伴う住民の権利意識の高まりにより新規に処分場を建設することが非常に困難な状況となっており、増え続ける廃棄物の処理方法をめぐり大きな社会問題となっている。周辺環境の改善とともに処分場の安全性向上に貢献可能な本プロジェクトに対する現地のニーズは高く、本プロジェクトの実施による住民意識の好転も期待される。

## 第 8 章 利害関係者コメント

PDD の要求事項である利害関係機関 (Stakeholder) からのパブリックコメント収集に関し、本調査では調査結果現地説明会および調査活動における関係機関への訪問を通じ、コメント収集を行った。

### 8.1 調査結果現地説明会

実施日：2006 年 1 月 17 日 (火)

場 所：西ジャワ州環境管理局会議室

出席者：西ジャワ州内の環境・清掃関係者 計 38 名

西ジャワ州環境管理局で実施した現地説明会には、州内の環境・清掃部門の関係者が多数参加して活発な意見交換が行われ、双方による調査結果の共有やインドネシア国関係者のキャパシティ・ビルディング (能力強化) の面で非常に有意義な報告会となった。発表内容に CDM やランドフィルガス (LFG) の算出方法といった専門的な部分が含まれたため、発表は丁寧かつ時間をかけて行ったが、参加者から CDM の追加性に関する質問が出るなど、専門的かつ的を得た質問もあり、CDM 事業に対する関心の高さを改めて感じた。出席者から本事業の実現を期待する意見が多く聞かれたが、現状では事業性は低いという結論を説明し理解が得られた。なお、日本側調査団に対し、今後も CDM 事業につながる活動の継続を要望する意見が多く寄せられた。

主な質疑内容は以下の表 8.1 のとおりである。

表 8.1 . 主な質疑応答

質問 1	CO2 クレジット(CER)が地域に与えるメリットは何か。【チマヒ市清掃局】
回答 1	CER は日本等の付属書 国の国々にとってのみ価値があり、この CER を獲得するために日本は投資してプロジェクトを行っている。周辺地域には、環境、税金、雇用などの面で貢献できると考えている。
質問 2	プロジェクトにおける追加性のポイントは何か。【西ジャワ州環境管理局】
回答 2	主なポイントは次のとおりである。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法的条件(法的にランドフィルガス(LFG)の回収義務が無いこと)</li> <li>・ 収益性(CDM として実施しなければ、収益性は確保できないこと)</li> </ul>
質問 3	ジャレコングはバンドン県にあるが、同県との協力関係はどう考えているか。【バンドン県清掃局】
回答 3	当然バンドン県の協力も必要である。税金などの面でバンドン県にもメリットがあると思う。
質問 4	不確定要素を加味せずに、LFG 量を正確に把握してはどうか。【バンドン市清掃公社】
回答 4	もっともな意見である。木片の全有機炭素量(TOC)については不確定な部分もあるので、今後調べていきたい。但し、スケジュールは未定である。
質問 5	ジャレコング処分場はオープンダンピング方式であるが、この方式だと LFG が逃げ易いのか?【バンドン市清掃公社】
回答 5	そうである。インドネシア側でゴミの上に土を被せる対策を行えば、ある程度防げると思われる。
質問 6	処分場そのものに投資してはどうか。質の高い処分場が出来るので、周辺住民も賛成するだろう。【バンドン市清掃公社】
回答 6	我々は閉鎖後の処分場を対象としているので現状では考えていない。処分場設計時にインドネシア側で LFG を容易に回収できるシステムを作って頂きたい。
質問 7	最近、インドネシア政府が LFG の削減目標を制定したが、それとの関係はどうなるのか。【プカシ市清掃公社】
回答 7	京都議定書上、インドネシアには CO2 削減義務が無いため、LFG 削減量については、インドネシアが独自に設定したと思われる。



写真 8.1 説明会様子 1



写真 8.2 説明会様子 2



写真 8.3 説明会様子 3



写真 8.4 説明会様子 4

## 8.2 調査訪問活動を通じたコメント収集

### 8.2.1 コメント収集対象

調査活動における訪問を通じたコメント収集の対象は、中央政府関係機関、地方政府関係機関、民間企業、地域住民の 4 項目に大別される。

表 8.2. コメント収集個所

中央・地方政府別	利害関係機関		備考
	関係機関	位置付け	
中央政府関係機関	公共事業省	国内廃棄物処理監督官庁	
	エネルギー・鉱物資源省	国内電気事業監督官庁	
	環境省	国内環境政策及びCDM監督官庁	
	PLN	電力会社	売電先
地方政府関係機関	西ジャワ州環境管理局	州内廃棄物処理監督官庁	
	バンドン県清掃局	処分場立地県監督官庁	
	バンドン市清掃局	処分場運営	
	バリエンダ郡	処分場立地郡	
	ワルガ・メカル村	処分場立地村	

本プロジェクトにおいて実施したコメント収集調査の日程は次のとおりである。

(第1回調査)

平成 17 年 8 月 29 日 : 公共事業省、エネルギー・鉱物資源省

平成 17 年 8 月 31 日 : 西ジャワ州環境管理局、バンドン県清掃局、バンドン市清掃局

平成 17 年 9 月 1 日 : 環境省、PLN

(第2回調査)

平成 17 年 10 月 13 日 : バンドン市清掃局

平成 17 年 10 月 14 日 : 西ジャワ州環境管理局、バリエンダ郡、ワルガ・メカル村

(第3回調査)

平成 18 年 1 月 19 日 : 公共事業省、環境省

### 8.2.2 コメント収集結果

本プロジェクトにおける利害関係機関に対するコメント収集調査の概要を関係機関別に示す。

## 中央政府関係機関

### (1) 公共事業省

#### a. 組織の役割 ;

インドネシア中央政府における廃棄物処理管理に関わる政策立案ならびに地方政府に対して廃棄物処理全般についての指導を掌る監督官庁である。

#### b. 面談者 ;

Kati Andraini 女史 (都市環境・インフラ課長) 他 計 2 名

#### c. 面談内容 ;

本 CDM プロジェクトの FS 調査概要の説明と協力依頼を行った。また、インドネシア国内における廃棄物処理行政の今後の動向についての情報収集を行った。

#### d. 本事業に対する姿勢 ;

公共事業省として本調査の実施に協力するとの姿勢であった。なお、本 CDM プロジェクトの FS 調査実施に係わる実際の協議や手続きは、地方政府と直接協議してほしいとのことであり、また関係する全ての地方政府 (西ジャワ州、バンドン県、バンドン市、チマヒ市) に情報提供するよう依頼を受けた。

#### e. その他関連情報 ;

- ・ 現状としては、廃棄物最終処分場の大部分は、個々の地方政府が運営しているが、今後は、複数の地方政府からなるコーポレーション (公社的な機関) を運営主体にしていきたいという構想を中央政府は持っている。つまり、行政は、規制者側の立場に徹し、処分場の運営は専門のプロに任せるという考え方である。コーポレーションは、廃棄物処理費用の徴収により財政的にも自立する機関として検討されている。
- ・ 中央政府としては、地方政府によるコーポレーション化の動きを支援しており、これによりゴミのリサイクルモデル事業も推進していきたいという意向である。
- ・ 今後、インドネシア国内で複数の処分場が容量満杯のために閉鎖となる見通しだが、閉鎖にあたってのノウハウ (ランドフィルガスの安全性確保等の技術) がないことから、その意味においても本調査の結果についての情報を欲しいとのことであった。

### (2) エネルギー・鉱物資源省

#### a. 組織の役割 ;

インドネシア中央政府における電気事業及びエネルギー資源に関わる政策立案ならびに関係機関に対する指導を掌る監督官庁であり、PDD に対する承認権を持つ CDM 国家委員会の構成員でもある。

#### b. 面談者 ;

Maritje Hutapea 氏他 計 5 名

#### c. 面談内容 ;

本 CDM プロジェクトの FS 調査概要の説明と協力依頼を行った。また、ランドフィルガスを利用した発電事業の買電等に係わる法令等に関する情報収集も行った。

d. 本事業に対する姿勢；

インドネシアでは、化石燃料削減のために再生可能エネルギーの割合を拡大させる計画であり、本 CDM プロジェクトの FS 調査についても協力的な姿勢であった。

e. その他関連情報；

- ・ 1 MW 以下の電気事業者より、PLN が電力を買い取る義務があるが、将来的には 10MW まで拡大される計画があり、本事業が事業化される場合には、このスキームが利用可能かと思われる。( PLN が買取を拒否する場合、正当な理由を持ってエネルギー鉱物資源省からの承認を得る必要ある )
- ・ 現在は、基本的に PPA を 1 年毎に更新する必要があるが、新しく出された大統領令より、契約期間を 10 ~ 15 年程度に設定できることになった。そのため、長期間の買取保証が得られる見込みである。但し、売電単価については、従来どおり 1 年毎の見直しが必要な模様である。
- ・ 時期は未定だが、再生可能エネルギーに対する投資インセンティブ ( 優遇税制など ) が導入される動きもあり、再生可能エネルギーに対する投資環境が整備されつつある。
- ・ 現在、電力優遇買取制度を利用しているのは、全て国内の企業 ( 共同組合 ) であり、規模も小水力 ( 190kW 程度 ) など小さいものに限定されているため、電力優遇買取制度を 10MW 以下まで拡大することで再生可能エネルギーやコジェネレーション等がさらに普及することが見込まれる。
- ・ PLN は、グリッドに接続する全発電所の発電単価平均値の 80% ( 20KV の場合 ) で電力を買い取らなければならないが、実際は、交渉により決められる。現在の売電単価は、280 ~ 430 ルピア / kWh 程度 ( 約 3 ~ 5 円程度 )
- ・ 化石燃料削減のため、インドネシアでは、2020 年までに発電における再生可能エネルギーの割合を現在の 0.4% から 5% 程度まで拡大する目標を掲げている。

### (3) 環境省

a. 組織の役割；

インドネシア中央政府における環境問題や環境影響評価等に関わる政策立案ならびに関係機関に対する指導を掌る監督官庁であり、PDD に対する承認権を持つ CDM 国家委員会の構成員でもある。

b. 面談者；

ダダン ヒルマン氏他 4 名

c. 面談内容；

本 CDM プロジェクトの FS 調査概要の説明と協力依頼を行った。また、CDM 国家認証機関及び認証手続きに関する情報収集も行った。

d. 本事業に対する姿勢；

インドネシア国内でも、今年ようやく CDM プロジェクトの審査体制が確立され、DNA (指定国家担当機関) も正式に設立されたことから、本 CDM プロジェクトの FS 調査についても協力的な姿勢が示された。

e. その他関連情報；

- ・ 国家承認を受けるための申請手続きに PIN (プロジェクト・アイデア・ノート；プロジェクトの概要を記載した書類) は不要であり、PDD (プロジェクト設計書；プロジェクトの詳細を記載した CDM 手続き上の必要書類) を提出する形を取っている (PDD については、DOE によるプレバリを受けた後のものが望ましいとの事)。
- ・ 提出から承認まで大よそ一ヶ月程度かかり、現在は提出される度に CDM 国家委員会が開催されている。

#### (4) インドネシア電力公社 (PLN)

a. 組織の役割；

インドネシア国営の電力会社である。本プロジェクトの発電電力の売電先である。

b. 面談者；

Banbang Hermawanto 氏 (システム計画部副部長) 他 1 名

c. 面談内容；

本調査の概要説明と協力依頼を行った。また、将来、インドネシアで発電事業を行う際の売電契約 (PPA) の交渉先、売電単価の決定方法、グリッドへの接続方法などに関する情報収集を行った。

d. 本事業に対する姿勢；

本 CDM プロジェクトの FS 調査概要の主旨は理解したものの、発電出力が 1MW と小さく、系統への影響が小さいことから、具体的な PPA 等の交渉については、PLN のバンドン周辺を管轄している地方組織と協議して欲しいとのことであった。

e. その他関連情報；

- ・ 20MW 以下の発電所で且つ 20kV 以下の配電線に接続する場合、PPA の交渉は、その地区を管轄する電力会社と行うとのことである。
- ・ 現状の大統領令では、1MW 以下の発電事業者から電力を購入する場合、グリッドに接続する全発電所の発電単価平均値の 80% (20KV の場合) で電力を買い取らなければならない規定である。実際はこの系統単価を価格交渉のスタートとし、最終的な売電単価は交渉により決定する。

#### 地方政府関係機関

##### (1) 西ジャワ州環境管理局、バンドン県清掃局

a. 組織の役割；



西ジャワ州環境管理局は、西ジャワ州全体の廃棄物行政を掌る州政府の監督個所である。また、バンドン県清掃局は、ジャレコング最終廃棄物処分場が所在する区域を管轄する監督官庁である。

b. 面談者；

西ジャワ州環境管理局：Ade Suhanda 局長、アグス・ラクマト氏他 4 名

バンドン県清掃局：担当者 1 名

c. 面談内容；

本調査の概要説明と協力依頼を行った。

d. 本事業に対する姿勢；

- ・ 西ジャワ州環境管理局、バンドン県清掃局は共に非常に好意的であり、本調査に協力するという姿勢であった。

e. その他関連情報；

- ・ 環境に対してある一定以上の影響が生じる可能性のある事業又は活動については、環境管理計画（UKL）、環境モニタリング計画（UPL）の提出が義務付けられており、本事業はこれに該当する。廃棄物処分場に発電所を設置する場合には、初めから全て作成する必要はなく、廃棄物処分場設置時に作成した UKL 及び UPL に発電事業の部分を追記する形となる。ジャレコング最終廃棄物処分場は、本制度が制定された 1994 年以前に設置されたものであるため、UKL 及び UPL ではなく、その当時に作成された SEL という文書に追記する形となる。提出先は、西ジャワ州環境管理局となる。
- ・ なお、環境に対して重大な影響を生じる可能性のある事業又は活動については、環境影響評価（AMDAL）の提出が必要であり、廃棄物処分場の場合は、10ha 以上の場合に該当する。

## (2) バンドン市清掃局

a. 組織の役割

バンドン市における廃棄物管理行政全般に携っている。ジャレコング最終廃棄物処分場の運営管理を行っている。

b. 面談者；

バンドン市清掃局：ヨセブ課長他

c. 面談内容；

本 CDM プロジェクトの FS 調査概要の説明と協力依頼を行った。そして、実際に現地にて調査する際の留意点について確認した。

d. 本事業に対する姿勢；

本 CDM プロジェクトの FS 調査について、協力的な姿勢が示された。しかしながら、ルイガジャ最終廃棄物処分場の崩落事故以来、ジャレコング最終廃棄物処分場の周辺住民は、廃棄物処分場に対してかなり神経質になっているため、住民から誤解を受けないように努

めるよう指示があった。

### (3) バリエンダ郡

a. 組織の役割；

ジャレコング最終廃棄物処分場のある郡の行政機関である。

b. 面談者；

バリエンダ郡長 テリー・ルシンダ氏

c. 面談内容；

本調査の概要説明と協力依頼を行った。

d. 本事業に対する姿勢；

ゴミ処分場から出るガスを有効活用するといった住民の利益になるような本プロジェクトおよびその調査について協力するという姿勢であった。

### (4) ワルガ・メカル村

a. 組織の役割；

ジャレコング最終廃棄物処分場のある村役場である。

b. 面談者；

ワルガ・メカル村長 エルフ・シャリフ・ヒダヤトラ氏

c. 面談内容；

本調査の概要説明と協力依頼を行った。

d. 本事業に対する姿勢；

村長からは以下のコメントを受けた。この種の事業を歓迎するとの姿勢であった。

「周辺の住民の心配は、ジャレコング最終廃棄物処分場がレイガジャ最終廃棄物処分場のよう発生したメタンガスの爆発により崩落しないかと心配していることである。よって、本プロジェクトにより、メタンガスを回収することにより、レイガジャ最終廃棄物処分場のような事故が防げるのであれば住民の不安を取り除くことができる。さらに、メタンガスを利用し発電できれば、地域住民にとっても大きな利益になる。

本プロジェクトには、3つの利益があると考えられる。第一に住民の不安を払拭することができること、第二にゴミ処分場自体の安全性を確保できること、第三にエネルギーの有効利用により周辺村民に対するサービス向上が期待できること等である。

このようなことから、同プロジェクトの実施を期待して歓迎するものである。」

## 第 9 章 プロジェクトの収益性

### 9.1 評価方法

IPP プロジェクトのようにプロジェクト開始当初に資本投下が集中し、その後長期に渡り投資資金の回収を行うタイプのプロジェクトを展開する上で特別目的会社 (SPC : Special Purpose Company) を設立して独立採算にて実行する場合には、現金収支に基づいて計算する正味のキャッシュ・フローを利用した評価方法が一般的に用いられている。これは、元来、SPC は単一のプロジェクトを実施するために作られたものであり、SPC に資金提供したスポンサーや金融機関にとってその会計上の利益や資産状況以上にキャッシュがどのように流れ、かつ配当や元利金返済がどのように行われるのかが端的に評価できる手法がより重要であるためである。

本報告書では、所要資金の全額を自己資金で賄うことを前提としたプロジェクトのキャッシュ・フローより計算される内部収益率 (Project IRR : Project Internal Rate of Return) で財務分析を行う。実際には資金の大半をプロジェクトファイナンスにより金融機関から調達する計画であるが、発電電力の売り先である PLN の財務体質に起因するリスクや、インドネシア自体のカントリーリスクを考えた場合、金融機関からの調達条件に関する不確定要素が多い。したがって、本分析においては、プロジェクト固有の収益性を評価できる Project IRR により評価することとする。

### 9.2 前提条件

表 9.1 財務分析上の前提条件

項目	値	単位
<b>初期費用</b>		
プラント建設費	1,289	1,000USD
プロジェクト開発費	65	1,000USD
<b>年間費用</b>		
運転保守費用 (年間)	110	1,000USD
<b>収入条件</b>		
売電単価	0.0423 (400)	USD/kWh (IDR/kWh)
CO2クレジット単価	10	USD / ton
<b>公租公課及び会計定数</b>		
法人税率	30	%
減価償却率	12.5	%
プロジェクト終了後設備残存価値	0	1,000USD
インフレ率	5.0	%

財務分析を行う上での前提条件(ベースケース)を表 9.1 に示す。今回、プロジェクトコストのほとんどを占めるプラント建設費については、類似のプロジェクトを参考にし、かつサイト面積や発電容量等を勘案の上、1,289USD と見積もった。参考までに、プラント建設費の内訳を表 9.2 に示す。

表 9.2 プラント建設費内訳

	建設費内訳	仕様	数量	金額[USD]
1	ボーリング/井戸設置	900/HDPE200	14[本]	146,000
2	配管#1	HDPE 200	400[m]	52,000
3	配管#2	HDPE 75	700[m]	30,000
4	覆土	厚さ 0.8m	36,000[m <sup>3</sup> ]	125,000
5	ガスエンジン	500kW	1[基]	348,000
6	ブースター/フレア		1[基]	217,000
7	その他		1[式]	44,000
8	設計料		1[式]	49,000
9	工事管理費		1[式]	160,000
10	間接経費		1[式]	118,000
	合計			1,289,000

### 9.3 分析結果

ベースケースでの財務分析結果を表 9.3 に示す。

表 9.3 財務分析結果(ベースケース)

	CER 価値未算入	CER 価値算入	備考
Project IRR (%)	————	2.8	全額自己資本

上記より、本プロジェクトは CER の価値を収入として算入しない場合、10 年のプロジェクト期間で投資金額の回収は無理である一方、1 トン当たり 10USD の CER 価値を収入として算入した場合、Project IRR は 2.8% となる。これより、CDM 事業としての投資障害上の追加性は十分立証可能と判断される。ただし、採算性の面でみた場合、2.8% というリターン値は非常に低く、現状では CDM 事業として投資を実行するのは困難といえる。

なお、初期投資額 1,354USD を総獲得 CO<sub>2</sub> クレジット量 196,778 トンで除したクレジット単価は約 6.9USD/トンとなる。

#### 9.4 感度分析

ベースケースでは、売電単価を 400IDR / kWh とし、かつ CER の単価を 10USD / トンとしたが、ここでは両パラメーターを変化させたときの収益性への影響を感度分析する。図 9.1 に結果を示す。これより、CER 単価だけでなく、PLN への売電単価が収益性に大きく影響することがわかる。仮に所要 IRR を 20% 程度とすれば、CER 単価が 15 米ドルの場合で売電単価は 700 IDR / kWh と現在の約 1.8 倍の水準が求められ、CER 単価が 20 米ドルまで上昇すれば、売電単価が 500 IDR / kWh の水準で事業性が成り立つ計算となる。

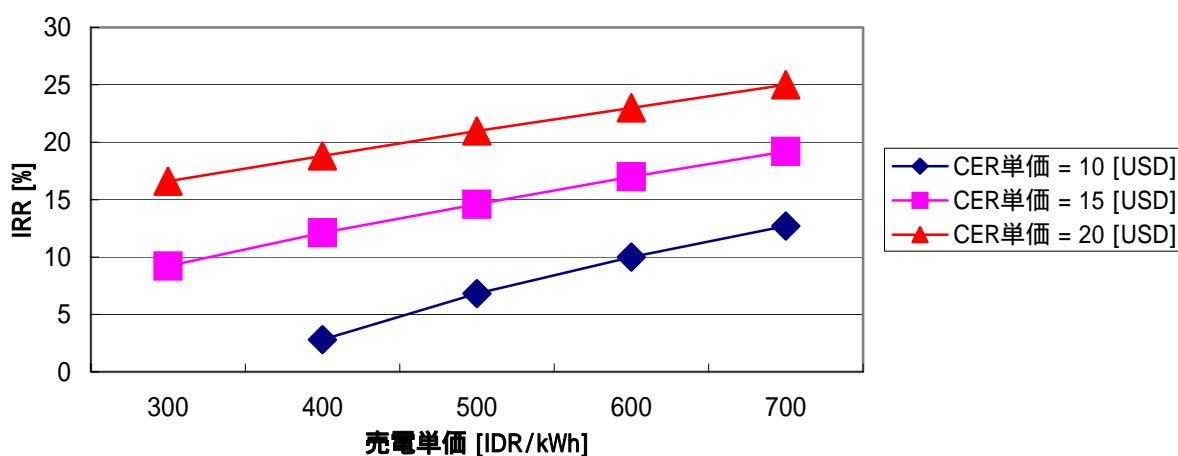


図 9.1 感度分析結果

#### 9.5 フレア処理のみによる代替案の収益性

本調査では、処分場から発生する LFG を利用して発電事業を行うことを前提に各種検討を行ってきた。ここでは、発電事業は行わず、回収した LFG のフレア処理のみを実施する場合の採算性を評価する。この場合の事業収入は、メタンガスの燃焼破壊により得られる CER の価値だけとなるが、ガスエンジンやその他関連機器が不要となることから初期投資額を抑制できるとともに、運転保守費用も低減される。また、発電に関わるリスク（売電リスク等）がなく、収入変動リスクが大幅に軽減されることから、投資判断を行う上での基準値の緩和につながると考えられる。

表 9.4 に各 CER 単価における財務分析結果を示す。ベースケースである CER 単価が 10 米ドルの場合の Project IRR は 5.4% であり、発電事業を行う場合の 2.8% から幾分の改善が図られる。収入源は CER 価値だけであり、Project IRR がプラスの値であることは、本事業の実施により CER を 10 米ドルよりも安価に獲得できることを意味する。但し、発電関連リスクは無いものの、ントリーリスクや機器トラブルリスクなどを総合的に考えた場合、5.4% という IRR 値は十分とは言えない。仮に CER 単価が 15 米ドルの場合、Project IRR

は 16.0% となり、単純な CER 獲得事業であることを考えれば十分な収益性であると判断される。

表 9.4 財務分析結果

	CER 単価 [USD / ton]		
	10(Base Case)	15	20
Project IRR (%)	4.2	16.0	24.7

#### 9.6 財務分析のまとめ

ベースケースでの収益性は、Project IRR で 2.8% という結果となり、現状で本プロジェクトに投資するのは困難という結論となった。金融機関からの借入を考慮し、投資家サイドから見た自己資本内部収益率 (IRR on Equity) で評価すれば、レバレッジ効果によりリターン値はある程度向上すると考えられるが、プロジェクト固有の収益性を示す Project IRR がこのレベルの場合、金融機関が融資を行う可能性は非常に低いと見込まれる。

一方、発電事業は行わず、回収した LFG のフレア処理のみを実施する場合、Project IRR 値は幾分改善する。但し、ベースケース (CER 単価 10 米ドル) での収益性は、各種リスクを考えると十分ではなく、CO<sub>2</sub> クレジットの市場価格上昇が事業実施の条件となる。

## 第 10 章 まとめ

### 10.1 調査結果

本調査では、ジャレコング処分場から発生するバイオガスを利用した発電事業の可能性について、現地でのボーリングや廃棄物の化学分析等により検討を行ったが、現時点での事業性は低いという結論に至った。この要因を以下に考察する。

#### 10.1.1 廃棄物中に含まれる全有機炭素量の割合

IPCC のガイドラインにおいて、インドネシアにおける廃棄物中の分解性有機炭素 (TOC) の割合は 17% というデフォルト値が定められている。本調査に先立って実施した事前調査 (2005 年 4 月実施) において、ジャレコング処分場を含むバンドン地域から発生する廃棄物には、同国内の他の地域と比べても TOC の割合が多いという情報があり、IPCC ガイドライン値と同程度の量が期待できるとの見通しをもとに今回のボーリング調査を行った。しかしながら、結果として木片起因の部分を含めても、TOC は 10.6% という量しか得られず、木片を除く細成分だけに限ればわずか 0.55% という結果となった。これに伴い、当初はプロジェクト期間の 10 年間で約 47 万トンの CO<sub>2</sub> クレジットを見込んでいたが、検討の結果、半分以上の約 19.7 万トンしか得られず、事業性が低下した大きな要因となった。低い TOC 値の原因は、高温多湿の気候条件下における分解速度の問題や、雨による TOC 成分の流出等が想定される。いずれにしても、IPCC ガイドラインの理論値のみに頼って事業開発を進めていくことのリスクと、実測による検証の重要性を改めて認識させられる結果となった。

#### 10.1.2 ジャレコング処分場の敷地面積の問題

本処分場は、総面積が約 10 ha で、廃棄物の埋立が可能な有効面積は約 7 ha と、規模としては中程度の処分場である。本処分場は、1994 年の使用開始以降、同じくバンドン地域にあるルウイガジャ処分場 (100 ha 規模の大規模処分場) の補完的な位置付けとして操業されていたが、2005 年 2 月にルウイガジャ処分場で発生した大規模崩落事故により、本処分場への廃棄物搬入量が急増した経緯がある。調査前の見通しでは、有効面積の 7 ha 全てが活用され、かつバンドン地域で発生する廃棄物の搬入先が限定されている状況の中、本処分場の敷地面積についても拡張の可能性が大きいという見通しを立てていた。しかしながら、ルウイガジャでの崩落事故を背景とした廃棄物処分場に対するイメージの悪化もあり、ジャレコング処分場の拡大的利用方針に対する周辺住民の反発が予想以上に強く、2005 年 12 月末をもって同処分場への廃棄物搬入はほぼ停止されている状況にある。今回の調査では処分場の測量を行わなかったが、メジャーにより簡易に測定した結果、廃棄物

埋立部分の面積は概ね 3.6 ha 程である。廃棄物中の TOC 成分が高ければ、敷地面積が小規模な点、つまり廃棄物の総量が少ない点をカバーできるが、本処分場の場合には TOC 値が低く、結果として所要のメタンガス量を得られないという結論となった。事業対象となる処分場の選定にあたっては、当然のことながら敷地面積が大きな要素となり、廃棄物の全体量が多ければ多いほど不確実性を吸収できるバッファ領域が広いということがいえる。

## 10.2 事業実現のための条件

現状、ジャレコング処分場でのメタンガス回収・発電事業は、その事業性が低いという結論となったが、以下の点でアップサイドの変化が生じた場合には、再度その可能性を検討する余地が生じると考えられる。

### 10.2.1 処分場敷地面積の拡張

現在、バンドン市近郊で新規処分場の設置手続きが進んでいるが、そこでも住民の反対運動が起こっているとのことであり、また、ジャレコング処分場についても、緊急避難的にさらに 2~3 ヶ月程度臨時で使用する模様である。前述のとおり、インドネシア国内において新規に廃棄物処分場を立地することは非常に困難であり、他の地域の処分場を例にとっても、既存の埋立部分に廃棄物をさらに積み増しするなどの対策をとり、処分場の延命を図っている状況にある。バンドン地域のゴミ問題は依然深刻な状況であり、前述の新規処分場運営に何らかの支障が生じた場合には、ジャレコングの本格的運用再開かつ敷地面積の拡張という選択肢が浮上してくる可能性も否定できない。現実として、2005 年 8 月に行った本調査の第 1 回現地調査時には、ジャレコング処分場の拡張計画が水面下で進んでいるといった話も関係筋から聞こえていたことから、今後も本処分場を含むバンドン地域のゴミ問題の行方を注視していくこととする。

### 10.2.2 電力買取価格の引き上げ

現在、1MW 以下の再生可能エネルギーによる発電電力については、原則として PLN がその全量を引き取る義務を負っているが、その価格については、基幹グリッドを流れる電力の平均発電原価の 8 割程度という設定がなされている。再生可能エネルギーの利用が盛んな欧州などでは、優遇価格制度が一般化しているが、残念ながらインドネシアではまだその動きが見られない。一方、同国政府（エネルギー鉱物資源省）は、2020 年までに発電部門における再生可能エネルギーの割合を 5%以上にするという方針を打ち出しており、OPEC 加盟国でありながら石油の準輸入国に転落した同国にとって、化石燃料を代替する再生可能エネルギーの活用は重要な施策と位置付けられている。財務分析において、売電価格が収益性に大きな影響を与えるという結果が得られており、同国政府主導により電力買取価格の引き上げの施策が打ち出されれば、本プロジェクトの実現性が高まることとなる。



### 10.2.3 CO<sub>2</sub>クレジットの市場価格上昇

本検討では、ベースケースでの CO<sub>2</sub>クレジットの単価を 10 米ドル/トンとして収益性を評価したが、京都議定書上の第一約束期間が間近に迫るなか、今後、CO<sub>2</sub>クレジットの価値がどのように推移していくかは意見の分かれるところである。一方、EU 域内排出量取引制度 (EU-ETS) では、CO<sub>2</sub>排出超過分の課徴金を 40 ユーロ/トンに設定していることもあり、クレジット価格が 20 ユーロを超えることも珍しくない状況である。当然のことながら、CO<sub>2</sub>クレジットの市場価格が今後上昇すれば、そこからの収入に大きく依存する本プロジェクトの収益性は大きく向上することとなる。

### 10.3 フレア処理のみによる事業化の可能性

現状では事業採算性は低いという結果を受け、その代替案として発電事業は行わず、回収した LFG のフレア処理のみを実施する場合の収益性について検討を行った。事業収入は減少するものの、初期投資額や運転保守費用が低減されることから、発電事業を行う場合と比較して幾分 Project IRR は改善されるという結果が得られた。但し、カントリーリスクや機器トラブルリスクなどを総合的に考えた場合、CDM 事業として投資する収益性のレベルには達しておらず、CO<sub>2</sub>クレジットの市場価格上昇が事業実施の条件と判断される。

なお、フレア処理による CDM 事業がインドネシア国の持続的発展という定義に合致するかについては、環境省への聞き取りの結果、現時点で明確な方針は無い模様であり、実際に検討する段階で詳細に確認する必要がある。

### 10.4 インドネシアでの LFG 回収事業における潜在的課題

本調査の実施を通じ、インドネシアにおいて LFG 回収有効利用事業を実現する上で、以下の潜在的課題があると認識された。

- ・ 2 億人以上の人口を抱える国であるにも拘わらず、規模の大きい廃棄物処分場はジャカルタ特別市近郊やスラバヤ市近郊等にある数箇所のみである。この要因として、多くの島々に人口が点在していることや、道路インフラの未整備により廃棄物の長距離輸送が難しく、結果として都市周辺に小規模の処分場が複数設置されるといった現状があげられる。つまり、国の規模に比して、LFG 回収事業のポテンシャルは意外に小さいと言える。
- ・ 廃棄物処分場の建設時点で LFG 回収事業の実施はほとんど考慮されておらず、操業中の覆土処理を適切に実施しているところも少ない。こういった処分場では、覆土されていない段階で好気性発酵が進むことにより、メタンガス発生ポテンシャルが減少するとともに、熱帯性気候下での大量の降雨が廃棄物中に染み込むことで有機物成分が洗い流される可能性もあり、LFG を効率的に回収するのが比較的難しいと考えられる。

同国において LFG 回収事業を検討する場合には、上記の点を考慮した上で適切に事業サイトを選定する必要があると考えられる。なお、可能であれば廃棄物処分場の計画・設計段階で、将来的な LFG 回収事業の実施を念頭においた技術アドバイス等の関与を行うことも、事業者サイドとして重要な取り組みになってくると考えられる。

## 参考文献

### (日本語文献)

- アジア経済研究所編 2005 『アジア動向年報 2005』アジア経済研究所。  
石田正美編 2004 『インドネシア再生への挑戦』アジア経済研究所。  
佐藤百合編 2001 『インドネシア資料データ集』アジア経済研究所。  
佐藤百合編 2004 『インドネシアの経済再編』アジア経済研究所。  
(財)地球環境センター編 2005 『CDM/JI 事業調査事業実施マニュアル』環境省。  
間宮尚編 2005 「処分場ガス・回収量の推定に関する調査研究」『第 16 回廃棄物学会研究発表会講演論文集』。  
NEDO 編 2005 「インドネシアの京都議定書と CDM をめぐる動き」『NEDO 海外レポート』。  
OECD/IEA 編 2003 『世界のエネルギー展望 2002』エネルギーフォーラム。

### (外国語文献)

- Badan Pusat Statistik 2004 *STATISTIKS INDONESIA*, Jakarta: BPS-Statistics Indonesia.  
BP 2004 *The Statistical Review of World Energy 2004*, London: British Petroleum Company P.L.C.