

平成 25 年度
アジアの低炭素社会実現のための
JCM 大規模案件形成可能性調査事業

「インドネシア国スラバヤ市における
低炭素都市計画策定のための技術
協力事業」報告書

公益財団法人 地球環境戦略研究機関

平成 26 年 3 月

— 概 要 —

本事業は、2013 年 8 月の我が国政府とインドネシア政府間における二国間クレジット制度（JCM）の合意を受け、同国スラバヤ市における具体的な JCM 大規模案件形成の可能性を探るべく、同市の主要エネルギー消費分野を対象に、温室効果ガス（GHG）排出量の削減可能性を調査したものである。対象分野は、エネルギー、交通、廃棄物、水資源の 4 分野であり、その全体報告書と共に、分野ごとの調査結果を取りまとめた。報告書全体の構成及び担当企業・組織は次のとおりである。

全体総括	公益財団法人 地球環境戦略研究機関 北九州市（アジア低炭素化センター）
エネルギー分野	株式会社 NTT データ経営研究所
交通分野	アルメック VPI 株式会社
廃棄物分野	（株式会社 西原商事*） 日立造船 株式会社 アミタ 株式会社
水資源分野	株式会社 松尾設計（協力：北九州市上下水道局）

* 株式会社西原商事は既にスラバヤ市において国際協力機構（JICA）の廃棄物管理業務を実施しており、本調査ではその実施内容を基に GHG 排出削減可能性を求めた。

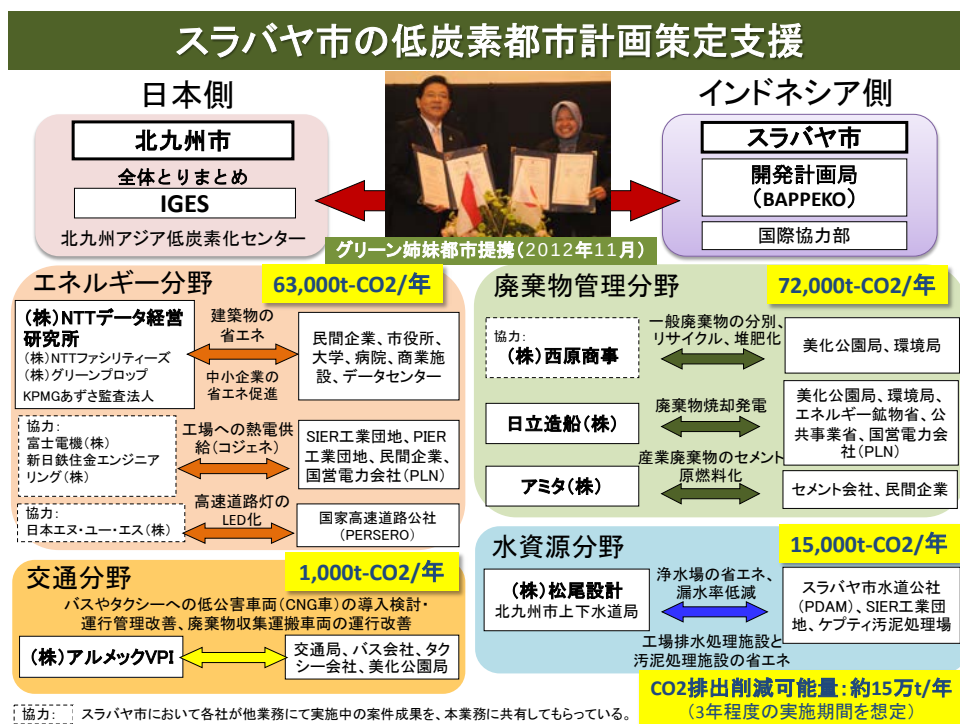


図 1 本事業実施体制図と分野ごとの CO2 排出削減可能性

なお、本事業はスラバヤ市と北九州市の都市間連携の枠組（両市は 2012 年 11 月にグリーン姉妹都市提携を締結）の下、既存のエネルギーや廃棄物管理分野の事業成果を取り込む形で実施している（図 1 参照）。

GHG 排出削減可能量

本調査の実施により、提案する事業化案を 3 年程度で実現できたとして、年間計 15 万トンの程度の CO₂ 排出削減可能性があることが分かった（表 1）。このうち、比較的短期間に局所的な投資で大規模な削減が見込めるのはエネルギーと廃棄物管理分野で、削減可能量全体の 9 割程度を占めている。それに対し、交通分野は大規模な CO₂ 排出削減には多くの関係者間の利害調整を含む面的な対応と長期的な投資が必要で、水資源分野は対象が浄水場及び配水場に限られ、インパクトが限定的なことが分かった。

推定事業費と費用対効果

表 1 に示すように、エネルギー分野は省エネ案件も熱電供給案件も CO₂ 1t 当りの削減費用は 10 万円/t-CO₂/年であり、交通分野（車両の CNG 化）はその倍程度、ただし CNG スターション等のインフラ整備を加えるとその額がさらに膨らむことが分かる。

廃棄物分野は事業系廃棄物のセメント原燃料化による CO₂ 1t 当りの削減費用が 1 万円/t-CO₂/年と他と比較して圧倒的に低く、一般廃棄物の分別・リサイクル・堆肥化（中間処理）が 5 万円/t-CO₂/年、焼却発電が 6 万～13 万円/t-CO₂/年となっている。

水資源分野は配水吐出圧制御システムの導入が 7 万円/t-CO₂/年と費用対効果が高く、さらに漏水率の低減が見込める。老朽化した配水ポンプの置換は設備費が大きく、費用対効果は 30 万円/t-CO₂/年と小さくない。工場廃水処理及び汚泥処理施設の省エネ策はさらに費用対効果が高く、単独での JCM 案件化は難しい。

事業化に向けた実施計画

表 2 に示すように、本年度調査した多くの業務は、事業化に向け来年度も引き続き詳細調査が必要で、それを受け、事業内容及び出資割合等について相手側カウンターパートと合意形成した後、実施に移ることになる。したがって、多くの提案事業の実施は 2015 年度以降になる。ただし建築物の省エネ事業は他と比較して進捗が早く、来年度中に相手側カウンターパートと合意形成し、設備補助事業への応募が可能と予想される。

本事業で手掛ける案件のうち、基本的に事業規模が数億円のものは環境省・設備補助へ、数 10 億円のものは JICA 海外投融資への応募を予定する。

表 1 CO2 排出量削減可能性 (F/S 調査結果、3 年程度の実施期間を想定)

分野		実施内容	年間 CO2 排出削減 可能量 (t-CO2/年)	実施費用	費用対効果 [t-CO2/年当り]	副次効果 (コベネ フィット)	
エネルギー	建築物の省エネ (LED 照明、空調 機、BEMS、熱電 供給)	ホテル A	100	0.1 億円	10 万円	電気代節減	
		ホテル B	4,000	3.6 億円	9 万円		
		商業施設 A	4,100	4.7 億円	12 万円		
		オフィスビル A	1,500	1.4 億円	10 万円		
		SIER 工業団地(6MW, 20t/hr)	15,000	18 億円	12 万円		
交通	工業団地への熱電 供給 (コージェネ)	PIER 工業団地(16MW, 37t/hr)	38,000	30 億～40 億円	8~11 万円	エネルギー有効利 用、CNG 利用	
		バス 30 台、タクシー150 台 (CNG ステーション 1 基)	900	2.1 億円 (+4 億円)	23 万円 (+44 万円)		大気汚染の軽減、公 共交通利用促進
廃棄物	分別、リサイクル、 堆肥化	150t/日処理、運搬車両の集約	100 【+10,500】	5 億円	500 万円 【5 万円】	リサイクル促進、埋 立処分量削減	
		500t/日処理、発電量 9,330kW (4MPa×400℃)	30,200 【+15,000~70,000】	60 億円	20 万円 【6万～13 万円】		埋立処分量削減、資 源有効利用
		液体代替燃料 10,000t/年 セメント原燃料 24,000t/年	14,000 18,000	3.4 億円	1 万円		事業系廃棄物の適 正処理・再資源化
水資源	配水ポンプの更新	Ngagel 浄水場系統 I、II	5,200	15 億円	30 万円	電気代節減	
	配水吐出圧調整	配水ポンプ吐出圧の制御	10,000	7 億円	7 万円	漏水率の低下	
	工場廃水処理 浄化槽汚泥処理	SIER 工業団地	100	5 億円	500 万円	電気代節減	
		ケブティ汚泥処理場	30	2 億円	700 万円		
合計			15 万 t-CO2/年	130 億～140 億円			

【 】 メタン発生抑制による CO2 排出削減量及びそれを加えた費用対効果。

表 2 事業化に向けた実施計画

分野	実施内容	実施費用	2014 年度 (H.26)	2015 年度 (H.27)	2016 年度 (H.28)	想定実施予算
エネルギー	建築物の省エネ	ホテル 2 棟、商業施設 1 カ所、オフィスビル 1 棟	10 億円	実証	継続	環境省・設備補助
		新規対象建築物（病院、オフィスビル等）	10 億円	設計、合意形成、設備補助へ応募	実証	
交通	工業団地への熱電供給（コジェネ）	SIER 工業団地(6MW, 20t/hr)	18 億円	EPC	実証	JICA 海外投資
		PIER 工業団地(16MW, 37t/hr)	30 億～40 億円	契約、許認可手続き、実証に応募	EPC、実証	
廃棄物	車両の CNG 化	バス 30 台、タクシー 150 台、CNG ステーション 1 カ所	2.1 億円 4 億円	F/S	継続（拡大）	環境省・設備補助
	分別、リサイクル、堆肥化	150t/日処理	5 億円	JICA 事業実施、設備補助に応募	継続	
水資源	焼却発電	500t/日処理、発電量 9,330kW（4MPa×400℃）	60 億円	F/S	EPC、実証	JICA 海外投資
	事業系廃棄物のセメント原燃料化	液体代替燃料 10,000t/年 セメント原燃料 24,000t/年	3.4 億円	契約、許認可手続き、実証に応募	EPC、実証	
EPC: 設計、調達、建設	配水ポンプ更新	Ngagel 浄水場系統 I、II	15 億円	F/S	設計	JICA 海外投資 融資（北九州市によるほかの支援業務と連携する）
	配水吐出圧管理	配水ポンプ吐出圧の制御	7 億円	F/S	設計	
	工場廃水処理 浄化槽汚泥処理	SIER 工業団地 ケプティ汚泥処理場	5 億円 2 億円	F/S	設計	

網掛け部：来年度想定する新規 F/S

— 目 次 —

概要

第 1 章	事業の背景と目的	1
1.1	スラバヤ市の概要	1
1.2	インドネシア政府の温室効果ガス削減方針と関連するスラバヤ市の取組	3
1.3	スラバヤ市と北九州市の協力関係	6
1.4	本事業の目的	8
第 2 章	事業の範囲・手順・実施体制	9
2.1	事業の範囲	9
2.2	事業の手順	9
2.3	事業の実施体制	9
第 3 章	調査結果	12
3.1	CO ₂ 排出量削減可能性	12
3.2	推定事業費と費用対効果	12
3.3	コベネフィット効果	15
第 4 章	事業化に向けた実施計画	18

分野別報告書：

エネルギー分野（株式会社 NTT データ経営研究所）

交通分野（株式会社アルメック VPI）

廃棄物分野（株式会社西原商事、日立造船株式会社、アマタ株式会社）

水資源分野（株式会社松尾設計）

参考資料 1 第 1 回国内関係者会議（6 月 26 日、北九州市）資料

参考資料 2 インセプション会議（7 月 10 日、スラバヤ市）資料

参考資料 3 中間報告会議（11 月 20 日、スラバヤ市）資料

参考資料 4 第 2 回国内関係者会議（1 月 31 日、北九州市）資料

参考資料 5 成果報告会議（2 月 10 日、スラバヤ市）資料

第1章 事業の背景と目的

1.1 スラバヤ市の概要

スラバヤ市は約 300 万人を擁するインドネシア第二の都市であり、東ジャワ州の州都でもある。同市はブラントス川河口に位置し、31 の小区域と 160 の町で構成されている。熱帯気候で、雨季（11～5 月）と乾季（6～10 月）があり、年間平均降水量は 1,500 mm である。

人口密度は 1 km² 当り 8,500 人程度あり、都市化が進んでいる。人口増加率は年間 0.65% で、特に市の中心部に人口が集中している。近郊から通勤する人が増え、昼間人口は 500 万人、周辺地域も含めた都市圏人口は約 900 万人にも及ぶと言われている。

スラバヤ市はジャワ島の北東に位置し、国内外を結ぶ陸・海・空のネットワークの要所となっている。首都ジャカルタから飛行機で 1 時間程度、東南アジアの都市からも数時間内で移動できる。ジュアンダ国際空港とタンジュン・ペラ港を擁しており、これらの「港」は、乗客だけでなく、商品の輸送にとっても東ジャワ州の重要なゲートウェイとなっている。多くのオフィスやビジネスセンターも存在し、インドネシアの学生にとっても教育のハブとなっている。

スラバヤ市の 2008 年の GDP は 22 億ドルで 6.3% の増加率を示しており、国の値 (6.1%) を上回っている。その主なものは、商業、ホテル、レストラン（計 36%）、産業（32%）であり、他には交通、通信、建築、金融サービス、サービスの分野がある。主な雇用の分野は、商業、ホテル、レストラン（42%）、地域社会及び個人サービス（21%）、産業（15%）である。

スラバヤ市は 2011 年にアディプura（Adipura）賞¹や ASEAN 環境的に持続可能な都市賞（Environment Sustainable City Award）を受賞する等、環境に配慮したまちづくりに積極的な都市として知られている。

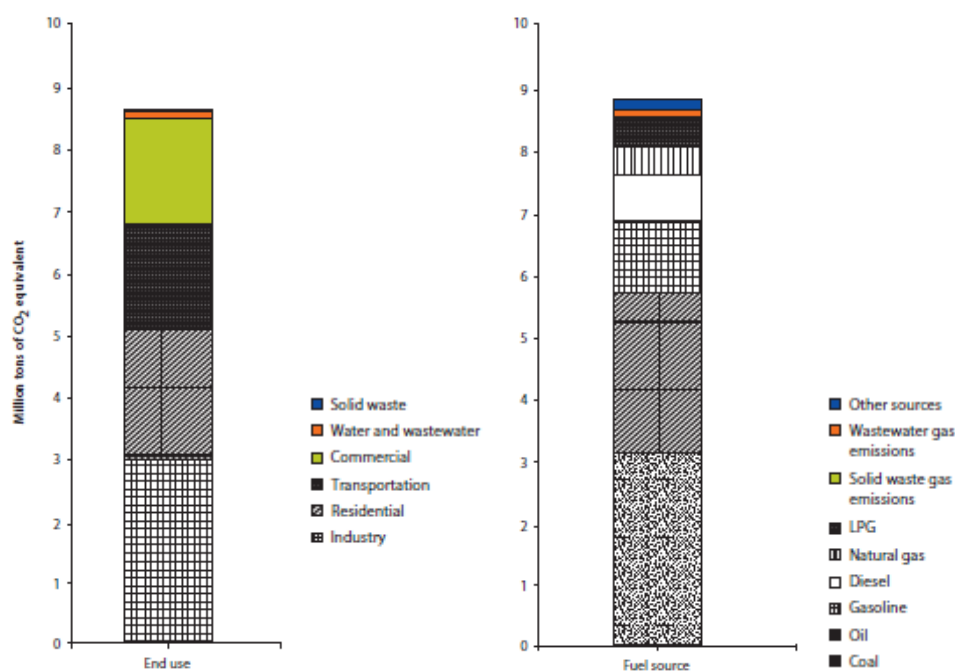
エネルギー消費に伴う温室効果ガスの排出

世界銀行の報告書²によると、2010 年にスラバヤ市内で消費されたエネルギーは 39.2 PJ であり、内訳としては交通部門が 40% と最も多く、それに産業部門 (27%)、家庭部門 (21%)、民間部門 (9%)、公共サービス部門 (3%) が続いている。市内で発生する温室効果ガス排出量は 860 万 t-CO₂ 換算あり、民間及び家庭部門が 43% と最も多く、それに産業部門 (35%)、

¹ 1986 年から内務省が管掌する表彰制度で環境に配慮した都市づくりの都市に与えられる顕彰。

² Ostojic, Dejan R., Ranjan K. Bose, Holly Krambeck, Jeanette Lim, and Yabei Zhang. 2013. Energizing Green Cities in Southeast Asia: Applying Sustainable Urban Energy and Emissions Planning. Washington, DC: World Bank. doi: 10.1596/978-0-8213-9837-1. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0

交通部門（20％）が続き、残りは排水と廃棄物埋立により排出されるメタンとなっている（図 1.1、左）。また、燃料は石炭が最も多く（36％）、その後に石油（29％）が続き、残りはガソリン、ディーゼル、LPG、天然ガスで合わせて 31％である（図 1.1、右）。（燃料種により排出係数が異なるため、エネルギーの最大消費部門の交通部門が温室効果ガスの最大排出源となっていない。）



Note: CO₂= carbon dioxide; GHG = greenhouse gas; LPG = liquefied petroleum gas.

図 1.1 スラバヤ市の最終消費部門及び燃料源別 GHG 排出量（出所：世界銀行）

2010 年のスラバヤ市政府のエネルギーに関する支出は 1,600 億ルピア（18.8 百万ドル）であり、そのうち 1,337 億ルピア（17.7 百万ドル）は電気に、263 億ルピア（3.1 百万ドル）は燃料に使用された。これは、2010 年の市予算 44,000 億ルピア（517.6 百万ドル）の 3.6％に相当する。主な支出は照明と水であり、公共建築物、車両、廃棄物分野の支出は比較的小さい。2007～2010 年の間に、電気の支出は平均で 9.8％増加しており、これからも電気及び燃料の支出増加が予見される。

大気汚染

スラバヤ市の大気汚染は、主に工場排煙及び交通によるものである。

スラバヤ市はインドネシア最大級の工業団地（SIER）を擁しており、工業活動が盛んである。排煙処理が十分でない工場が多くあり、それが大気汚染の原因となっている。

交通分野からは、NO_x、HC、CO 等が排出される。車両の老朽化や質の悪い燃料の使用、

車両台数の増加、交通渋滞等が、大気汚染の要因である。スラバヤ市の交通は二輪車が非常に多く（130 万台以上）、この他にも自家用車、タクシー、乗合バス（Angkot）がある。スラバヤ市内の道路網は全体的に整備されているが、通勤時には深刻な渋滞が見られる。これは、スラバヤ市への通勤のみならず、近隣都市間の通過点になっていることにも起因する。公共交通網が十分整備されておらず、交通渋滞によるサービスの低下等の理由で、公共交通利用者数は減少している。これが二輪車や自家用車の利用を促進するという悪循環に陥っている。

廃棄物

スラバヤ市の最終処分場は 1 ヶ所だけであり、一般廃棄物や事業系廃棄物を含むあらゆる廃棄物を受け入れている。浸出水は簡易処理されているだけで、地下水汚染が進んでいる可能性がある。これまでは北九州市との協力の下、家庭におけるコンポスト化の推進により家庭ごみの発生量を削減し、コンポストを利用したまちの緑化や美化につなげた実績があるものの、ごみの量は経済成長に伴い増加しており、抜本的な対策が必要となっている。

水

スラバヤ市水供給公社（PDAM）が市内の飲料水を製造・供給している。PDAM は市の管轄下にあり、約 7 割の市民が水道にアクセス可能である。ただし、配管等の供給システムは一部老朽化しており、設備更新が必要である。

下水道は整備されておらず、建築物ごとに排水処理し、家庭排水は浄化槽や腐敗槽で処理されている。工場廃水は未処理や処理が不十分なところが多く、これらが飲料水の水源であるスラバヤ川に排水されているため、その対策が求められる。

1.2 インドネシア政府の温室効果ガス削減方針と関連するスラバヤ市の取組

経済成長の著しいインドネシアにおける温室効果ガス排出量は増加傾向にあり、このままで行くと、2020 年までに特に土地利用、土地利用変化及び林業分野並びにエネルギー分野において排出量が著しく増加することが見込まれている（図 1.2）。この対策として、インドネシアは 2009 年に気候変動緩和行動計画（RAN-GRK）を作成し、経済成長を抑制せずに、2020 年までに自助努力で 26%、国際支援を受けて 41%の排出量を削減するという目標を打ち出している。

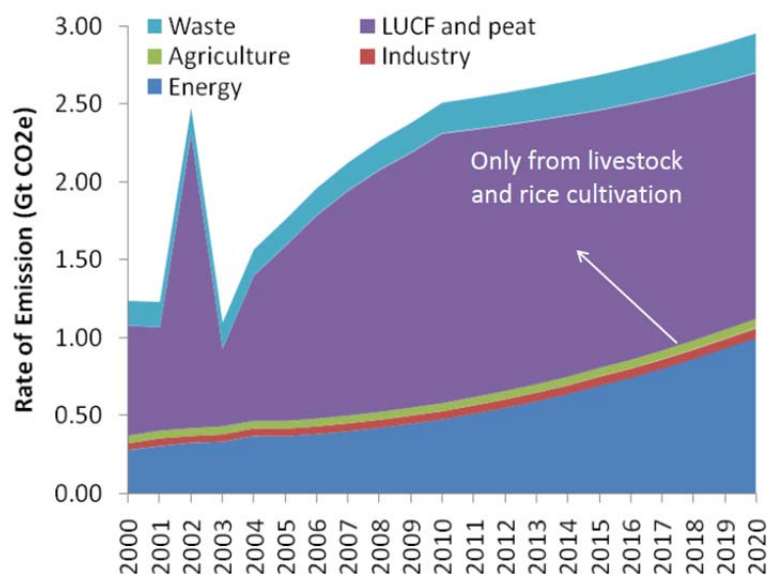


図 1.2 インドネシアの分野別 GHG 排出量の推移及び将来予測

(出所：インドネシア国家気候変動評議会：DNPI)

RAN-GRK は、州レベルでも行動計画 (RAD-GRK) を立てることを義務づけており、スラバヤ市のある東ジャワ州も 2012 年に行動計画 (No. 67/2012) を発表している³。2010 年の東ジャワ州の温室効果ガス排出量は、約 7,500 万 t-CO₂ 換算で、その内訳は、エネルギーが 62%、交通が 15%、農業が 14%、廃棄物管理が 5%、産業が 2%、林業が 2%となっている。東ジャワ州の排出量の約 8 割を占める燃料の燃焼部門からの排出量を 2020 年までに約 5% (620 万 t-CO₂ 換算) 削減するために、省エネや交通インフラの整備・改善等の 13 項目を緩和の行動として示している。廃棄物分野においても、3R (リデュース、リユース、リサイクル) の促進等を通じ、1.5% (約 180 万 t-CO₂ 換算) の削減を目指している。

RAN-GRK 並びに東ジャワ州の RAD-GRK を受けて、スラバヤ市の開発計画局 (BAPPEKO) とスラバヤ工科大学は、共同で「Grand Design Compilation Report on Reduction of Greenhouse Gas Emission in Surabaya Municipality」を 2013 年 11 月に作成した。本報告書においては、低炭素化に向けた計画を検討する際には、地域の長期的発展計画 (RJPPD) や州／自治体の土地利用計画 (RTRWP/K) といった既存の計画に沿うこと、国・州・都市間の行政の権限を明確にすること、都市の RAD-GRK は都市の優先課題を取り扱うこと、といった基本的な考え方が整理されている。更には、分野別の緩和策と担当部局に関する情報の整理や、温室効果ガスインベントリの試作が行われている。

³ BAPPEDA PROVINSI JAWA TIMUR, KOMITMEN PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR DALAM MENDUKUNG PENURUNAN EMISI GAS RUMAH KACA, Disampaikan pada acara Rapat Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca di BAPPEKO Surabaya, 10 Juli 2013.

今後、スラバヤ市の低炭素化計画も本報告書に則り検討されるものと推察される。

スラバヤ市はこれと併行し、グリーン都市の構築を目指し、8分野の取組から成るグリーン都市マスタープラン（Green City Master Plan）を作成している（図 1.3）。これに関連する取組を以下に紹介する。

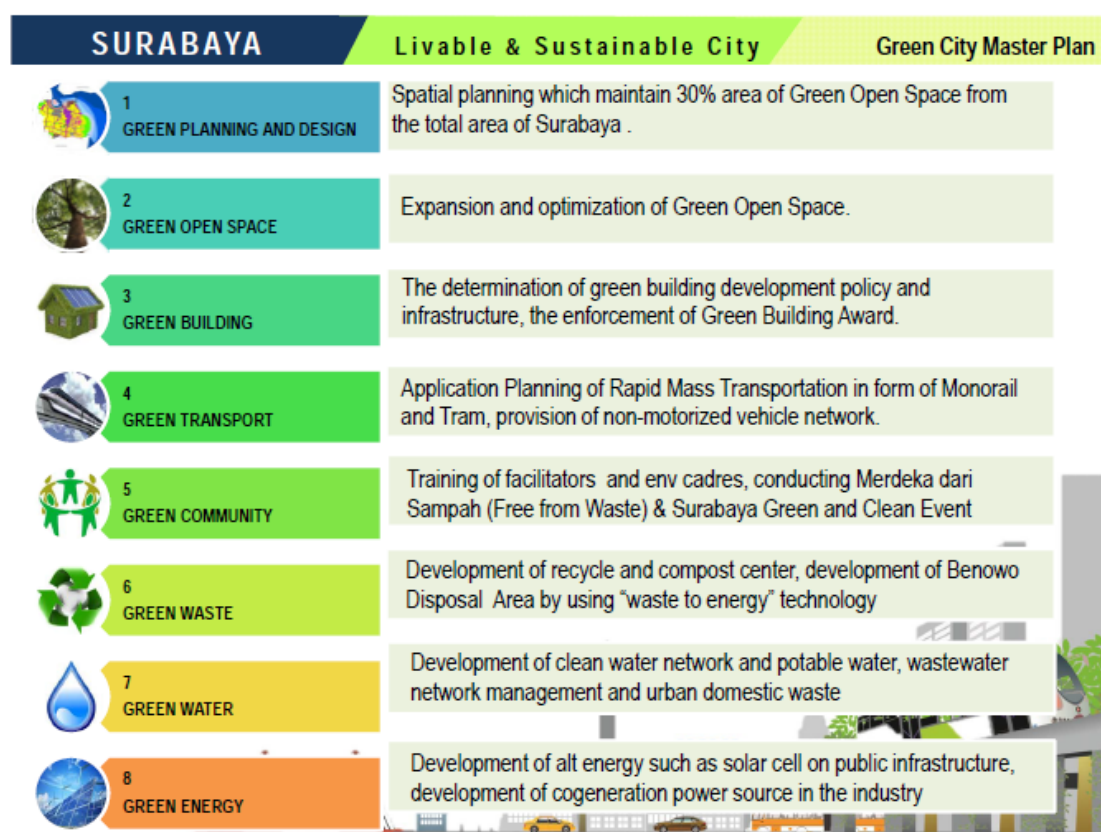


図 1.3 スラバヤ市グリーン都市マスタープランにおける 8 分野の取組の概要⁴

Green Building Awareness Award

公共事業省（Ministry of Public Works）が 2011 年に打ち出した P2KH（Program Pengembangan Kota Hijau - Green City Development Program)の一環として2013年にスラバヤ市で開始された。対象建築物は床面積が 2,500m² あるいは 4 階建ての既存の商業施設と行政の建物に限定している。事業者向けセミナー等を通じて「Green building」の概念について理解を促し、参加者を募集。省エネの評価は、自己分析と専門家による立ち入り調査で行われ、優れた省エネを実現した事業者は表彰されることになっている。この取

⁴ Anityasari, M., CLOSING REMARKS INTERIM MEETING OF “PROJECT ON LOWCARBON & ENVIRONMENTALLY SUSTAINABLE CITY PLANNING IN SURABAYA, INDONESIA. Interim Meeting for the Project on Low-Carbon City Planning in Surabaya, Indonesia, 20 Nov. 2013.

組は更に対象等が拡大される予定であり、中小企業の建物の省エネ促進が期待される。

ITS Eco Campus⁵

スラバヤ工科大学は大学の成長戦略の一つとして、2011年から2015年にかけて「ITS Eco Campus」を推進している。本活動では、建物の省エネ（節電）、資源の有効利用（排水、廃棄物のリサイクル、廃棄物発電）、緑化活動（植樹）、交通道德の指導やバイク以外での通学の促進（自転車道の整備等）を通じて、キャンパス全体を環境配慮型に変える取組を推進している。学生を巻き込むことにより、環境保全に対する意識向上や人材育成も兼ねている。

Light Rail Transit（LRT）及び Mass Rapid Transit（MRT）導入計画^{6 7}

スラバヤ広域都市圏都市圏では、急速に都市化が進んだことから、非効率な開発が行われ、大気汚染や道路網の未整備からの交通渋滞、踏切での遮断時間による交通渋滞といった都市問題が生じている。この対策として、スラバヤ市は、市内の南北 16 km を結ぶ LRT（次世代型路面電車）や東西約 20 km を結ぶ MRT（大量高速交通システム）の導入を検討している。約 7 億ドル規模のプロジェクトであり、その 6 割を外国からの投資で、残りの 4 割を国家予算で賄う予定である。本計画には、スラバヤ市政府だけでなく、スラバヤ工科大学を始めとするインドネシアの複数の大学や公共事業省も関与している。

1.3 スラバヤ市と北九州市の協力関係

スラバヤ市と北九州市は 10 年以上の協力関係を維持しており、これを受け、両市は 2012 年 11 月に環境姉妹都市提携に合意し、引き続き、多くの協力事業を実施している（図 1.4、表 1）。本事業は、この両市の協力関係をベースとしていることが特徴の一つである。

両市の協力関係により様々なプロジェクトが実施されており、2004 年に開始したコンポスト化の取組の普及事業は市内に浸透し、廃棄物量の約 3 割削減につながり、まち美化・緑化に貢献するなど、大きな成果をあげた。水分野でも品質管理の能力向上支援（2007～2008 年）や JICA の排水処理支援プロジェクト（2011～2013 年）、エネルギー分野でも日本国経済産業省と進めている工業団地 SIER におけるコジェネレーション（熱電供給）システムの検討等が行われている。

⁵ BOARD OF CONTROL COORDINATION AND COMMUNICATION PROGRAM, CENTER OF PRIORITY PROGRAM ACCELERATION, Toward ITS Eco Campus. Surabaya, Indonesia.

⁶ <http://smart.surabaya.go.id/?lang=en>

⁷ <http://www.thejakartapost.com/news/2013/12/20/surabaya-gearing-rp-86-trillion-mrt-project.html>

スラバヤ市-北九州市の都市間連携の変遷
Transition of city-to-city cooperation between Surabaya city and Kitakyushu City

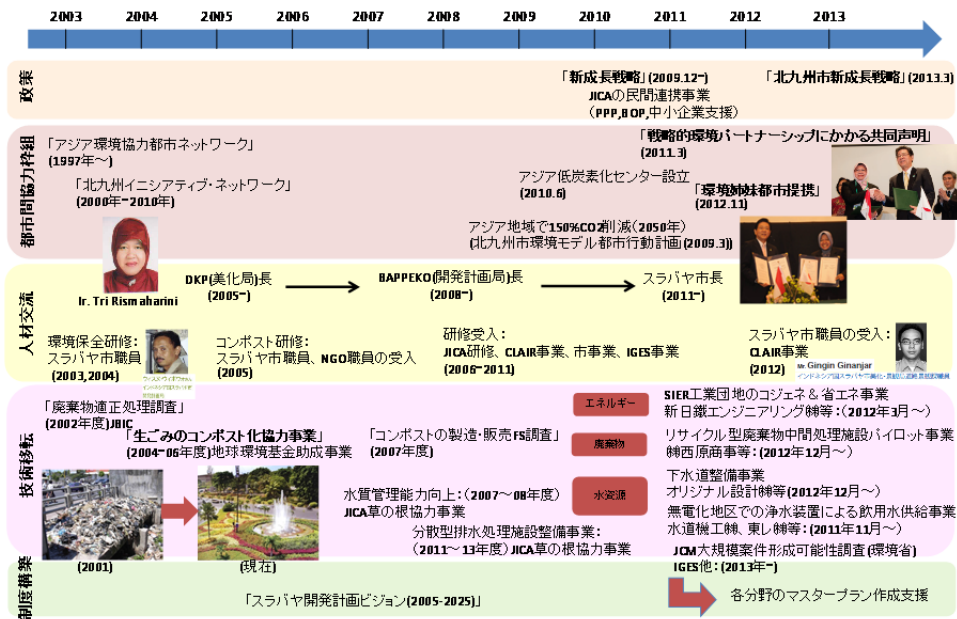


図 1.4 スラバヤ市と北九州市の協力関係の経緯

表 1.1 北九州市とスラバヤ市との既存の協力事業

区分	事業名	参加企業等	概要
ビジネス	エネルギー	新日鉄住金エンジニアリング(株)、富士電機(株)、(株)NTT データ経営研究所	【東田スマートコミュニティ事業海外展開事例】 スラバヤ市の工業団地では、電力の不安定な供給により、安定的な生産に支障をきたしている。そのため、コジェネレーションを中核とした低炭素型エネルギー供給事業による FS 調査を実施中。 ●METI/インフラシステム輸出/H23~24 年度
	水処理	東レ(株)、水道機工(株)、(公財)北九州国際技術協力協会	【BOP ビジネスの現地化拠点の形成事例】 電気・水道等インフラ未整備地域で、太陽電池と脱塩機能を有する浄水装置を用い、清浄な飲用水を安価に供給。スラバヤ市に装置製作及びメンテナンス拠点の構築に向けた調査を実施中。 ●JICA/BOP 事業/H23~24 年度
	水処理	(株)いしかわエンジニアリング、三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング(株)	【市内中小企業による海外展開モデル事例】 JETRO (RIT 事業) による水ビジネス調査を経て、一般に飲用されない水道水を浄化し、BOP 層に安心・安全な水を販売する事業を検討中。 ●JICA/草の根事業/H25~26 年度
	廃棄物処理	(株)西原商事、(株)NTT データ経営研究所	【市内中小企業による海外展開モデル事例】 劣悪な労働環境で廃棄物からプラスチックや金属等の有価物を回収して生計を立てているウェストピッカーと協働で廃棄物の中間処理を行い、有価

				物やコンポストを販売する事業を検討中。 ●JICA/O D Aを活用した海外展開支援事業/H24年度
	下水処理	下水道の整備構想	オリジナル設計(株)	【海外水ビジネスの推進事例】 スラバヤ市における下水処理施設等の建設事業に対し、現状の課題等を調査・整理する。また、調査結果を踏まえ、本邦技術の導入を視野に入れながら、スラバヤ市のニーズに合致した現実的な下水道整備手法を提案する。 ●MLIT/インドネシア都市圏における下水道整備計画等策定業務/H24年度
協力事業	水処理	コミュニティ地区での排水処理	(公財) 北九州国際技術協力協会	【リスマ市長が最も関心のある事業】 マス川支流の排水管理に関するマスタープランを策定し、モデル地域において住民管理による分散型簡易排水処理を普及させるとともに、中規模処理施設を建設・管理運営する事業を実施中。 ●J I C A/草の根事業/H23～25年度
戦略機能	CO2削減	CO2削減の定量化手法調査	(公財) 地球環境戦略研究機関	【CO2削減の定量化手法・人材育成事業】 スラバヤ市で行う上記事業等について、削減可能なCO2量の定量化手法を検討し、実施体制整備や人材育成事業を実施。昨年に引き続き今年もスラバヤ市においてワークショップを開催予定。 ●IGES/H24年度/H25年度

出所：北九州市（一部加筆修正）

1.4 本事業の目的

本事業は、2013年8月に我が国政府とインドネシア政府が二国間クレジット制度(JCM)に合意したことを受け、具体的なJCM大規模案件を形成すべく、スラバヤ市の主要エネルギー消費分野を対象に、温室効果ガス(GHG)排出量の削減可能性を調査した。対象分野は、エネルギー、交通、廃棄物、水資源の4分野であり、各分野でのCO2排出削減可能性の試算だけでなく、関連するデータの確認及びその管理体制の強化、CO2排出量削減事業実施のための計画策定支援、そしてそのための技術や管理システム移転の可能性を探ることを目的とした。

第2章 事業の範囲・手順・実施体制

2.1 事業の範囲

本事業の範囲は、エネルギー消費及び GHG 排出量の大きいエネルギー、交通、廃棄物、水資源の4分野を対象とした。

エネルギー分野は建築物の省エネ及び工業団地への熱電供給、交通分野は公共交通やタクシー等の運行改善や高効率車両への転換、廃棄物分野は家庭廃棄物の分別、リサイクル、堆肥化、焼却発電と事業系廃棄物のセメント原燃料化、そして水資源分野は浄水場の省エネ及び漏水率の低減、工場廃水処理施設及び浄化槽汚泥処理施設の省エネ可能性を検討した。

2.2 事業の手順

本事業は各分野の担当企業がスラバヤ市側カウンターパートとの連携の下、各自で事業可能性調査（F/S）を実施し、その結果を総括の地球環境戦略研究機関（IGES）が取りまとめた。

以下のように、計5回（北九州市にて2回、スラバヤ市にて3回）の報告会を開催し、その都度関連情報を共有することにより、発注者、スラバヤ市関係者、実施事業者間の連携を図った。それぞれの会議プログラム、出席者、要約等を添付資料1~5に示す。

平成25年（2013年）

- | | | |
|-----------|------------------|---------|
| 6月26日（金） | 第1回国内関係者会議（北九州市） | 【添付資料1】 |
| 7月10日（月） | インセプション会議（スラバヤ市） | 【添付資料2】 |
| 11月20日（水） | 中間報告会議（スラバヤ市） | 【添付資料3】 |

平成26年（2014年）

- | | | |
|----------|-------------------------|---------|
| 1月31日（金） | 第2回国内関係者会議（成果報告会）（北九州市） | 【添付資料4】 |
| 2月10日（月） | 成果報告会議（スラバヤ市） | 【添付資料5】 |

2.3 事業の実施体制

本事業の担当企業・組織及びスラバヤ市側カウンターパートは次のとおりである。

表 2.1 本事業の実施体制

分野	日本側	インドネシア側（スラバヤ市）
全体総括	公益財団法人 地球環境戦略研究機関（IGES）、北九州市（アジア	開発計画局（BAPPEKO） 国際協力部

	低炭素化センター)	
エネルギー*	株式会社 NTT データ経営研究所	民間企業（ビル、オフィス、ホテル）、
省エネ	（株式会社 NTT ファシリティーズ）	市役所、大学、病院、商業施設、データセンター
コジェネ（熱電供給）	（株式会社アットグリーン）	SIER 工業団地、PIER 工業団地、国営電力会社（PLN）、民間企業
交通	株式会社アルメック VPI	交通局（DisHub）、バス会社（DAMRI）、タクシー会社、美化公園局（DKP）
廃棄物	株式会社 西原商事**	美化公園局（DKP）、環境局（BLH）
	日立造船 株式会社	美化公園局（DKP）、環境局（BLH）、エネルギー鉱物省、公共事業省（PU）、国営電力会社（PLN）
	アマタ 株式会社	セメント会社、民間企業
水資源	株式会社 松尾設計 （協力：北九州市上下水道局）	スラバヤ市水道公社（PDAM）、SIER 工業団地、ケプティ汚泥処理場

* エネルギー分野は株式会社 NTT データ経営研究所が担当し、株式会社 NTT ファシリティーズ及び株式会社グリーンプロップの協力の下、実施した。なお、エネルギー分野のうちコジェネ（熱電供給）事業に関しては、経済産業省平成 23～25 年度インフラシステム輸出事業にて基礎調査を実施しており、その構成員である新日鉄住金エンジニアリング株式会社及び富士電機株式会社の協力の下、同事業結果を本事業に取り込んだ。

** 株式会社西原商事は既にスラバヤ市において国際協力機構（JICA）の廃棄物管理業務を実施しており、本調査ではその実施内容を基に、総括の IGES 及び JICA 案件のコンサルタントである株式会社 NTT データ経営研究所が JCM 案件化の可能性を検討した。

なお、本事業はスラバヤ市と北九州市の都市間連携の枠組（両市は 2012 年 11 月にグリーン姉妹都市提携を締結）の下、既存のエネルギーや廃棄物管理分野の事業成果を取り込む形で実施した（図 2.1 参照）。

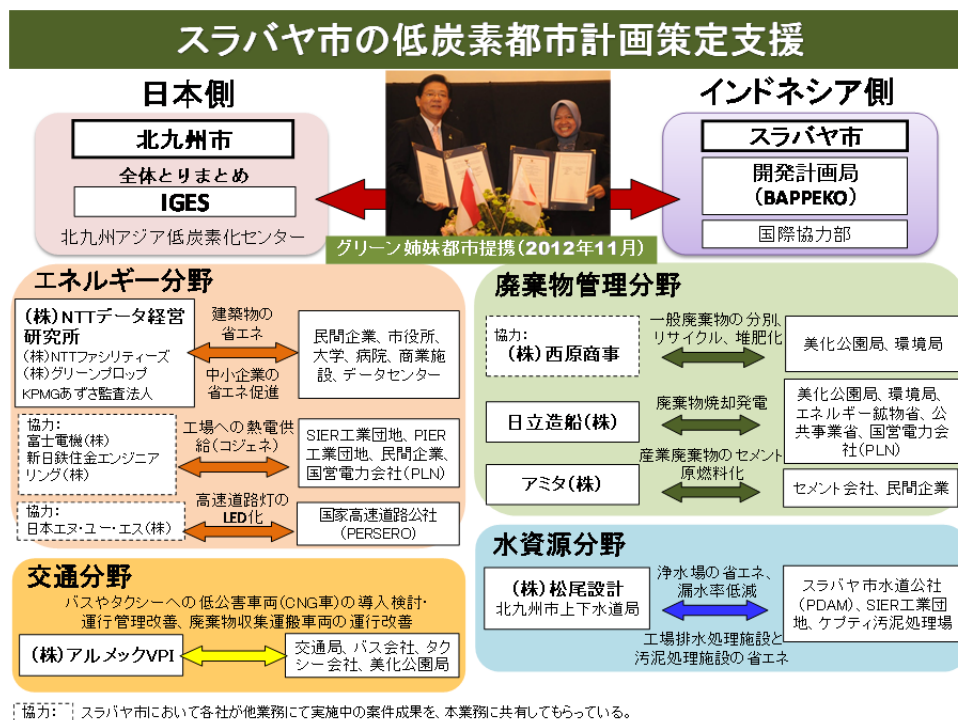


図 2.1 本事業の実施体制図

注) 図中のエネルギー分野の KPMG あずさ監査法人は、スラバヤ市の中小企業を対象に省エネの取組を推進するエコアクション 21 の普及活動を実施しており、本事業では同社の現地ワークショップに協力するなど、情報共有及び相乗効果の発揮を図った。また、日本エヌ・ユー・エス株式会社は独自にスラバヤ市内の高速道路路灯の LED 化を国家高速道路公社 (PERSERO) に働きかけており、同社とも情報共有を図った。両社は本業務と直接関わり合いがないが、スラバヤ市内での CO2 排出量削減のための (JCM) 案件化という方向性は同じで、今後の協同の可能性があるので、実施体制図の中に加えている。

第3章 調査結果

3.1 CO₂ 排出量削減可能性

表 3.1 に示すように、4 分野で特定した事業をすべて実施した場合、計 15 万 t-CO₂/年程度の削減可能性があることが分かった。これは向こう 3 年程度で実施可能な事業を想定しており、その後それが拡大すれば（大規模展開時）、その削減効果も増加する。

ただし、このうち廃棄物分野の「分別、リサイクル、堆肥化」はそのほとんどがエネルギー起源の CO₂ 削減ではなく、メタンガス発生抑制によるもので、同「焼却発電」もエネルギー起源の CO₂ 削減は 3 万 t-CO₂/年で、メタンガス発生抑制分を加えると、1.5 万～7 万 t-CO₂/年程度増加する。

これらの事業案のうち、比較的短期間に局所的な投資で大規模な削減が見込めるのはエネルギーと廃棄物管理分野で、両分野で全体削減可能量の 9 割程度を占めている。それに対し、残る 2 分野のうち交通分野での大規模な CO₂ 削減には多くの関係者間の利害調整を含む面的な対応と長期的な投資が必要で、水資源分野は対象が浄水場と配水場に限り、インパクトが限定的なことが分かった。

3.2 推定事業費と費用対効果

エネルギー分野

エネルギー分野のうち建築物の省エネに係る設備投資額は、検討対象の 4 つの施設（ホテル 2 棟、商業施設 1 カ所、オフィスビル 1 棟）で見た場合、計 10 億円程度となる。これらの省エネ対策メニューは、LED 照明への転換、コジェネレーション（熱電供給）システムの導入、空調設備の高効率化（チラー、ポンプ、クーリングタワーの交換等）、BEMS（ビル・エネルギー管理システム）の導入の 4 つに大別され、対象施設ごとにその組合せが異なる。ちなみに、概算投資額は、ホテル A が 0.1 億円（LED 照明のみ）、ホテル B が 3.6 億円（コジェネ、BEMS、空調）、商業施設が 4.7 億円（BEMS、空調）、オフィスビルが 1.4 億円（BEMS、LED 照明、空調）と幅がある。

全体の費用対効果（CO₂ 排出量 1t 削減に係る経費）の平均は 10 万円/t-CO₂/年程度で、メニューごとにみると、LED 照明が 10 万円/t-CO₂/年、コジェネが 8 万円/t-CO₂/年、空調が 9～27 万円/t-CO₂/年、BEMS が 10～16 万円/t-CO₂/年である。

工業団地へのコジェネレーション（熱電供給）システムの導入に関しては、SIER 工業団地では 4 社へ計 6MW の電力と 20t/hr の蒸気を供給するとして約 18 億円、PIER 工業団地では 7 社へ計 16MW の電力と 37t/hr の蒸気を供給するとして 30 億～40 億円の投資額と推定される。この費用対効果は、SIER 工業団地が約 12 万円/t-CO₂/年、PIER 工業団地が約

8 万~11 万円/t-CO₂/年となり、条件としては PIER 工業団地のほうが若干有利である。ちなみに SIER 工業団地はスラバヤ市南部の市街地に位置し、PIER 工業団地はスラバヤ市から南に 50km 程度行ったパスルアン県にあり、後者のほうが熟を必要とする大規模工場が多くある。

交通分野

交通分野に関しては、向こう 3 年間で CNG バス 30 台（国営バス会社 DAMRI）と CNG タクシー150 台（民間タクシー会社）を導入し、CNG ステーション 1 カ所を建設・運営する計画としており、その費用は車両で計 2.1 億円（ディーゼル・バス車両及びガソリン車の CNG 車への転換費用:400 万円/台×30 台+60 万円/台×150 台）、CNG ステーションで 4 億円と推定した。CNG 化による CO₂ 排出削減量は、バスが 13t-CO₂/年/台程度（年間走行距離 75,600km、燃費 3.5km/l-diesel → 4.1km/m³-CNG）、タクシーが 3t-CO₂/年/台程度（年間走行距離 72,000km、燃費 11.7km/l-gasoline → 14.0km/m³-CNG）で、計 900t-CO₂/年程度となる。CO₂ 削減の費用対効果は、車両だけの投資ならば 23 万円/t-CO₂/年、CNG ステーション建設費を加えると 67 万円/t-CO₂/年となる。

廃棄物分野

現在、株式会社西原商事はスラバヤ市ストロジョ地区にて 10~15t/日処理規模の廃棄物分別・リサイクル（中間処理）施設を運営しており、さらに JICA 事業にてウォノロジョ地区に 20~40t/日処理規模の堆肥化施設の建設を進めている。本事業では、これに加え、新たに 150t/日処理規模の分別・リサイクル・堆肥化施設（スーパーデポ）の建設を提案し、その建設費を 5 億円程度と見積もっている。同施設の運営により 10,000t-CO₂/年程度の排出削減が可能で、その費用対効果は 5 万円/t-CO₂/年程度となる。ただし、この大半は廃棄物埋立量の削減によるメタンガスの発生抑制で、エネルギー起源の CO₂ 排出削減は廃棄物の最終処分場への運搬車両の集約・効率化による 100t-CO₂/年程度のため、その費用対効果だけでみると 500 万円/t-CO₂/年となる。

本事業では分別・リサイクル・堆肥化施設（スーパーデポ）からの残渣やその他の中間処理施設での分別ごみを対象に焼却発電の検討も進めており、これらのごみの低位発熱量が 2,000kcal/kg 弱程度は見込めるという推定の下、9,330kW の発電施設（蒸気条件 4MPa ×400℃）を持つ 500t/日処理規模の施設の建設を提案している。同施設の運転による発電量のうち 2,580kW（28%程度）を施設内で消費し、6,750kW（72%程度）を売電したとすると、その化石燃料代替による CO₂ 排出削減効果は、30,000t-CO₂/年（=6,750kW×8,000hr/年×0.56kg-CO₂/kWh）となる。このとき、同施設の設計・建設費は 60 億円程度を見込んでいるため、その費用対効果は 20 万円/t-CO₂/年となる。これにさらに最終処分量の削減に

よるメタンガス発生抑制量（ごみ質により 15,000～70,000t-CO₂/年程度と推定）を加えると 6 万～13 万円/t-CO₂/年となる。

廃棄物分野では、上記の家庭廃棄物以外にも、事業系廃棄物のセメント原燃料化による CO₂ 排出削減可能性についても検討した。スラバヤ市周辺の工業団地の企業への聞き取り調査により、これらの企業からの廃棄物により、液体代替燃料 10,000t/年程度（熱量 3,350kcal/kg）及びセメント原燃料 24,000t/年程度（熱量 1,800kcal/kg）の生産が可能と推定され、スラバヤ市西隣のグレシック市にあるセメン・インドネシア社でこれらの廃棄物由来のセメント原燃料を受入れ可能なことが分かった。同セメント原燃料の採用によりセメント生産に係る 13,000t/年程度の一般炭（熱量 5,700kcal/kg）の代替が可能で、それにより計 32,000t-CO₂/年程度の CO₂ 排出削減が可能となる。同生産施設の建設には 3.4 億円（土地代を含まず）を見込んでいるため、その費用対効果は 1 万円/t-CO₂/年程度となる。

水資源分野

本事業では、浄水場の省エネ策として、老朽化した配水ポンプ（Ngagel 浄水場系統 I と II、1920～50 年代に整備）の更新と配水ポンプ吐出圧制御システムの導入による節電と漏水率の低減を提案する。前者は、現在稼働中の Ngagel 浄水場系統 I のポンプ計 26 台（出力計 1,925kW）を新規 7 台（出力計 1,500kW）に置換し、さらに同系統 I と II のポンプの高効率化により電力使用量を 20%程度削減する。これにより、計 5,000t-CO₂/年程度（= 7,400MW×0.7kg-CO₂/kW）の CO₂ 排出削減が見込める。後者は配水ポンプ吐出圧力を 0.3MPa から 0.2MPa に低減することにより、電力量を 2%程度、漏水率を 37%程度低減できると推定し、計 10,000t-CO₂/年の CO₂ 排出削減が見込める。これにより、計 15,000t-CO₂/年程度の CO₂ 排出削減を見込む。前者の設備投資費は 15 億円程度なので CO₂ 削減費用対効果は 30 万円/t-CO₂/年程度、後者は 7 億円の投資で 7 万円/t-CO₂/年程度となる。

本事業では、さらに SIER 工業団地の廃水処理施設とケプティ汚泥処理場での省エネ策についても検討した。両施設ともオキシデーション・ディッチ（OD）法にて廃水・汚泥処理しており、それぞれ施設全体の電力の 7～9 割を消費しているエアレーター・攪拌設備を既存の横軸型マンモスローターから水中プロペラ・散気板型に変更することにより、酸素供給効率の向上と電力消費量の削減が見込める。これによる電力削減量を 15%程度と仮定すると、それぞれ 150,000kWh/年、39,000kWh/年の電力消費量削減が見込め、これを CO₂ 排出削減量に換算すると、各 110t-CO₂/年、30t-CO₂/年となる。それぞれの設備投資費は 5 億円と 2 億円程度と見込まれるため、それぞれの費用対効果は 500 万円/t-CO₂/年、700 万円/t-CO₂/年となり、ほかの候補案件と比較して価格優位さがないことが分かる。

4 分野の比較

上記 4 分野の CO₂ 削減可能量、推定事業費及びその費用対効果を表 3.1 に整理した。

この結果、エネルギー分野は省エネ案件も熱電供給案件も CO₂ 1t 当りの削減費用は 10 万円/t-CO₂/年程度であり、交通分野（車両の CNG 化）はその倍程度、ただし CNG ステーション等のインフラ整備費を加えるとその額がさらに膨らむことが分かる。

廃棄物分野は事業系廃棄物のセメント原燃料化による CO₂ 1t 当りの削減費用が 1 万円/t-CO₂/年と他と比較して圧倒的に低く、一般廃棄物の分別・リサイクル・堆肥化（中間処理）によるものが 5 万円/t-CO₂/年とこれに続く。ただし、これはメタンガス排出抑制が大半で、エネルギー起源 CO₂ 排出削減ではない。焼却発電もエネルギー起源 CO₂ 排出削減だけならば費用対効果は 20 万円/t-CO₂/年であるが、メタンガス発生抑制分も含めると 6 万～13 万円/t-CO₂/年まで下がる。

水資源分野は配水吐出圧制御システムの導入が、7 万円/t-CO₂/年と費用対効果が高く、さらに漏水率の低減が見込める。ただし、これには配水ポンプ吐出側及び配水管路末端での配水量と圧力の面的な計測が必要で、詳細な調査に 1～2 年を要する。老朽化した配水ポンプの置換は効果が分かりやすいが、設備費が大きく、費用対効果は 30 万円/t-CO₂/年と小さい。工場廃水処理及び汚泥処理施設の省エネ策はさらに費用対効果が高く、単独での JCM 案件化は難しい。

3.3 コベネフィット効果

エネルギー分野の建築物の省エネによるコベネフィット効果（副次効果、環境・社会効果）はあまりなく、あえて言えば関連する人々の節電意識の向上があげられるが、それよりも直接的な電気代節減による経済効果が大きい。熱電供給に関しては、不安定な系統電力と比較して電力供給の安定化が見込めること、また天然ガスを燃料とするため、排ガスによる環境負荷が小さいことがあげられる。

交通分野の CNG 車両の普及によるコベネフィット効果は、CNG 車が窒素酸化物(NO_x)や黒煙、粒子状物質(PM)をほとんど排出しないため、大気環境の改善に貢献することがあげられる。また、CNG 車の公共交通（バス）への採用による公共交通のイメージアップや利用率向上によるモダルシフトも、運行管理体制の改善や公共交通の利便性向上施策と組合せることで期待できる。さらに CNG 車普及による関連事業の雇用創出や人材育成などの副次効果も期待できる。

廃棄物分野に関しては、いずれの取組によっても最終処分する廃棄物量を減量化でき、最終処分場の延命化及びメタンガス発生抑制を図れる。またごみの分別・リサイクル・堆肥化（中間処理）の促進による発生源（家庭、事業所）でのごみ管理意識の向上、有機廃棄物から生産した堆肥の緑地・公園等での利用による資源循環思想の浸透、廃棄物の燃料としての利用による資源としての意識の変革などが見込める。事業系廃棄物中の有害廃棄

物（B3）に関しては、これまでジャワ島西部の処理施設まで 800km 以上の距離を運搬していたものが近隣で処理できるようになり、その運搬に係る燃料費及び大気汚染物質の排出削減に貢献できる。また、適正な事業系廃棄物処理サービスを提供することにより、事業者の廃棄物管理コンプライアンスの遵守の需要にも応えることができる。

水資源分野に関しては、電気代節減及び漏水率低減による経営収支の改善、ひいてはそれが水処理設備の更新やサービス向上につながり、住民への裨益効果につながることを期待できる。工場廃水や汚泥処理施設の電気代節減も両施設の経営収支改善の一助となり、それが顧客へのサービス向上につながることを期待できる。

表 3.1 CO2 排出量削減可能性 (F/S 調査結果、3 年程度の実施期間を想定)

分野	実施内容	年間 CO2 排出削減 可能量 (t-CO2/年)	実施費用	費用対効果 [t-CO2/年当り]	副次効果 (コベネ フィット)
エネルギー	建築物の省エネ (LED 照明、空調 機、BEMS、熱電 供給)	ホテル A 100 ホテル B 4,000 商業施設 A 4,100 オフィスビル A 1,500	0.1 億円 3.6 億円 4.7 億円 1.4 億円	10 万円 9 万円 12 万円 10 万円	電気代節減
	工業団地への熱電 供給 (コージェネ)	SIER 工業団地(6MW, 20t/hr) PIER 工業団地(16MW, 37t/hr)	18 億円 30 億～40 億円	12 万円 8～11 万円	エネルギー有効利 用、天然ガス利用
	車両の CNG 化	バス 30 台、タクシー150 台 (CNG ステーション 1 基)	2.1 億円 (+4 億円)	23 万円 (+44 万円)	大気汚染の軽減、公 共交通利用促進
	分別、リサイクル、 堆肥化	150t/日処理、運搬車両の集約	5 億円	500 万円 【5 万円】	リサイクル促進、埋 立処分量削減
廃棄物	焼却発電	500t/日処理、発電量 9,330kW (4MPa×400℃)	60 億円	20 万円 【6 万～13 万円】	埋立処分量削減、資 源有効利用
	事業系廃棄物のセ メント原燃料化	液体代替燃料 10,000t/年 セメント原燃料 24,000t/年	3.4 億円	1 万円	事業系廃棄物の適 正処理・再資源化
水資源	配水ポンプの更新	Ngagel 浄水場系統 I、II	15 億円	30 万円	電気代節減
	配水吐出圧調整	配水ポンプ吐出圧の制御	7 億円	7 万円	漏水率の低下
	工場廃水処理 浄化槽汚泥処理	SIER 工業団地 ケプティ汚泥処理場	5 億円 2 億円	500 万円 700 万円	電気代節減
合計		15 万 t-CO2/年	130 億～140 億円		

【 】 メタン発生抑制による CO2 排出削減量及びそれを加えた費用対効果。

第4章 事業化に向けた実施計画

各分野の事業化に向けた実施計画の一覧を表 4.1 に示す。これから分かるように、本年度調査した多くの業務は、事業化に向け来年度も引き続き詳細調査が必要で、それを受け、事業内容及び出資割合等について相手側カウンターパートと合意形成した後、実施に移ることになる。したがって、多くの提案事業の実施は 2015 年度以降になる。ただし建築物の省エネ事業は他と比較して進捗が早く、来年度中に相手側カウンターパートと合意形成し、設備補助事業への応募が可能と予想される。

本事業で手掛ける案件のうち、基本的に事業規模が数億円のものは環境省・設備補助へ、数 10 億円のもの JICA 海外投融資への応募を予定する。

事業化促進のためのアプローチ及び日本製技術導入促進のためのアイデアを表 4.2 に整理した。

以下、分野ごとに事業化に向けた実施計画を整理する。

表 4.1 事業化に向けた実施計画

分野	実施内容	実施費用	2014 年度 (H.26)	2015 年度 (H.27)	2016 年度 (H.28)	想定実施予算
エネルギー	建築物の省エネ	ホテル 2 棟、商業施設 1 カ所、オフィスビル 1 棟	設計、合意形成、設備補助へ応募	実証	継続	環境省・設備補助
		新規対象建築物（病院、オフィスビル等）	F/S	設計、合意形成、設備補助へ応募	実証	
交通	工業団地への熱電供給（コージェネ）	SIER 工業団地(6MW, 20t/hr)	契約、許認可手続き、実証に応募	EPC	実証	JICA 海外投資
		PIER 工業団地(16MW, 37t/hr)	F/S	契約、許認可手続き、実証に応募	EPC、実証	
廃棄物	車両の CNG 化	バス 30 台、タクシー 150 台、CNG ステーション 1 カ所	F/S	設備補助へ応募、実証	継続（拡大）	環境省・設備補助
	分別、リサイクル、堆肥化	150t/日処理	JICA 事業実施、設備補助に応募	実証	継続	環境省・設備補助
水資源	焼却発電	500t/日処理、発電量 9,330kW（4MPa×400℃）	F/S	契約、許認可手続き、実証に応募	EPC、実証	JICA 海外投資
	事業系廃棄物のセメント原燃料化	液体代替燃料 10,000t/年 セメント原燃料 24,000t/年	F/S	契約、許認可手続き、実証に応募	EPC、実証	環境省・設備補助
EPC: 設計、調達、建設	配水ポンプ更新	Ngagel 浄水場系統 I、II	F/S	設計	実証	JICA 海外投資
	配水吐出圧管理	配水ポンプ吐出圧の制御	F/S	設計	実証	融資（北九州市によるほかの支援業務と連携する）
	工場廃水処理 浄化槽汚泥処理	SIER 工業団地 ケプティ汚泥処理場	F/S	設計	実証	

網掛け部：来年度想定する新規 F/S

表 4.2 事業化促進のためのアプローチ(日本製技術導入促進のためのアイデア)

分野		アプローチ
エネルギー	建築物の省エネ	➤ インドネシア国財務省（BKF）が計画する省エネ基金（Energy Efficiency Facilitation Fund）が設備投資を促進するよう、他国の事例との比較や補完施策を提言（JICA インドネシア事務所との連携業務） ➤ スラバヤ市が計画するグリーン建築物賞（Green Building Awareness Award）の制度設計の支援（大型ビルや施設のエネルギー消費データを収集する） ➤ 省エネ診断を通じた顧客へのアクセス・設備メーカーへのつなぎ
	工業団地への熱電供給（コジェネ）	➤ インドネシア国エネルギー鉱物省、国営電力会社（PLN）との買電価格の交渉 ➤ 天然ガス供給会社との価格交渉 ➤ 日本国経済産業省、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）、JICA との連携・調整 ➤ 安定的な電力供給を顧客にアピール
交通	車両の CNG 化	➤ 交通省への CNG 化推進の働きかけ（CNG 価格の優遇、CNG ステーションの整備、CNG 転換キットの安全性や車両補償、CNG 車両のメンテナンス体制の構築） ➤ CNG 車両の公共交通への採用の働きかけ ➤ スラバヤ市の公共交通機関（MRT）、次世代型路面電車（LRT）計画との連携 ➤ 日系リース会社、車両メーカー、CNG 転換サービス会社、ガス協会等との連携 ➤ 国内への CNG 関連の研修受入れ、現地への専門家派遣
廃棄物	分別、リサイクル、堆肥化	➤ 処理委託費や施設建設補助についてスラバヤ市以外の自治体からの提案（誘致）との比較 ➤ JICA 業務にて実施中の廃棄物中間処理施設（40t/日規模）の運営を軌道に乗せ、大規模施設の提案につなげる
	焼却発電	➤ エネルギー鉱物省及び国営電力会社（PLN）との買電価格の交渉 ➤ 最終処分場管理業務を受託しているスンバ・オーガニック社との連携 ➤ 処理委託費の交渉、廃棄物の広域処理の提案
	事業系廃棄物のセメント原燃料化	➤ 廃棄物管理法の実施徹底（環境省（KLH）に対し、排出事業者の廃棄物管理コンプライアンス強化を求める） ➤ セメント会社との交渉、排出事業者の実態調査
水資源	配水ポンプの更新	➤ 2014 年度から北九州市が開始するスラバヤ市での水環境改善事業（JICA 草の根技術協力）との連携、河川水質（水源）データの公開
	上水配水圧調整	
	工場廃水と浄化槽汚泥処理	➤ 北九州市上下水道局がスラバヤ市で進める下水道プロモーション事業との連携

エネルギー分野

建築物の省エネに関しては、事業規模が一件当たり数億円程度なので、環境省・設備補助への応募を予定する。実施体制は、図 4.1 に示すように日本企業とインドネシア企業が国際コンソーシアムを形成し、設備補助の受け皿となることを想定する。LED 照明への転換事業に関しては、図 4.2 に示すように現地に ESCO 会社を設立して現地企業にサービスを提供することも検討する。

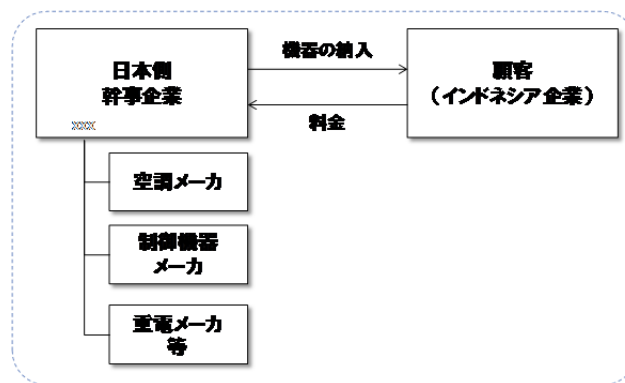


図 4.1 国際コンソーシアム

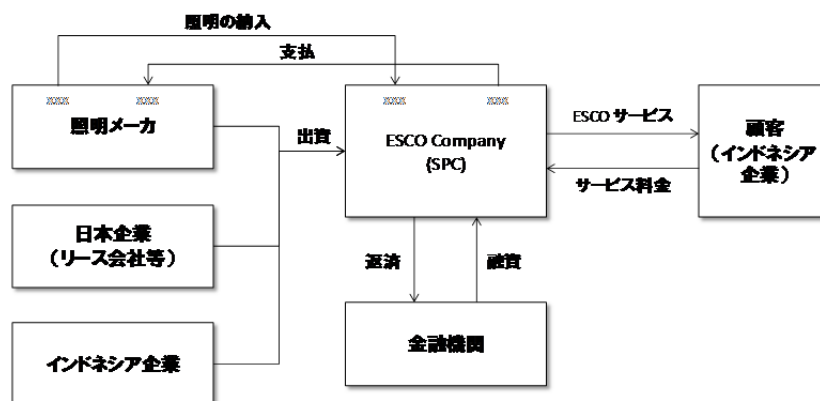


図 4.2 ESCO 体制図

熱電供給事業は事業規模が 30 億～40 億円になるため、図 4.3 に示すように特別目的会社（SPC）を設立し、JICA 海外投融資などの資金受入れを予定する。今後、引き続き、関係者間の合意形成に向け、国営電力会社（PLN）との電力買取価格の交渉、天然ガス供給会社との長期ガス供給契約の交渉、日本及びインドネシアの出資企業との出資割合の交渉、そして熱電供給先企業との契約交渉が必要となる。

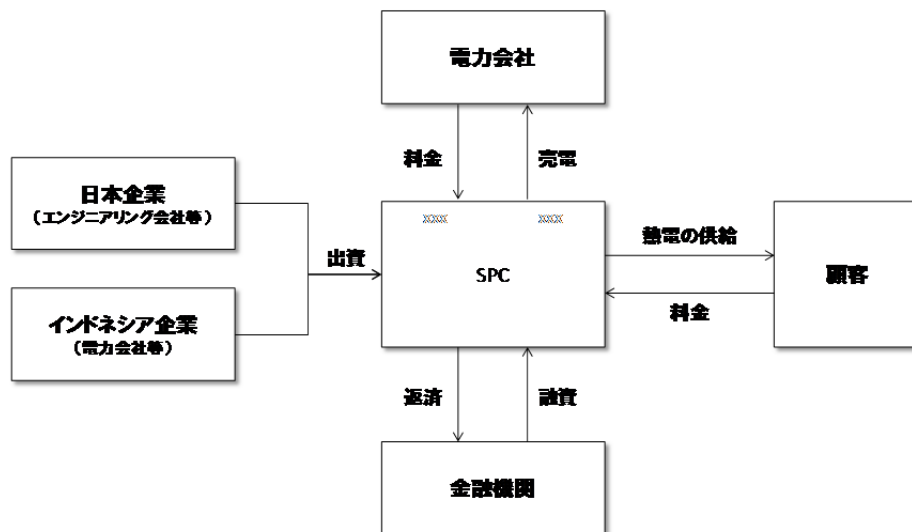


図 4.3 熱電供給事業の実施体制

省エネ事業候補先の選定は、信頼できるベースラインデータの管理実績を条件としており、事業主体である国際コンソーシアムまたは SPC 担当者がモニタリングすることを想定する。熱電供給事業は CDM 方法論 AM0014、AM0048、J クレジット方法論 EN-S-007 を参照し、新たな MRV 方法論を提案し（エネルギー分野の報告書を参照）、モニタリングは事業主体である SPC 担当者が実施することを想定する。

事業化促進のためには、JICA インドネシア事務所と協力し、インドネシア国財務省（BKF）が計画中の省エネ基金（Energy Efficiency Facilitation Fund）の設計に助言し、それが設備補助にて支援するモデル事業の横展開促進の受け皿となるよう働きかける。また、スラバヤ市が計画中のグリーン建築物賞（Green Building Awareness Award）の制度設計を支援し、スラバヤ市政府が国家省エネマスタープラン（RIKEN 2005）に則り市内の大型建築物のエネルギー消費データを収集できるようにし、それがビルオーナーの省エネ投資を促進するよう働きかける。

日本製技術導入促進のためには、省エネ診断を通じて顧客へのアクセスを確保し、日本の設備メーカーを紹介するなど、具体的な商談につなげることが考えられる。またオンラインでの熱電供給による電力供給の安定性を強調し、事業の横展開を図る。

交通分野

交通分野は来年度の F/S で CNG 車両を小規模導入し、事業性及び MRV 方法論の適用性を検証し、2015 年度以降の設備補助事業へ移行する準備をする。2015 年度には CNG バス 10 台と CNG タクシー 50 台を導入し、2016 年度にはそれぞれ 20 台と 100 台増加し、CNG ステーションの建設・運営も目指す。併行し、訪日研修及び専門家派遣を実施し、関係者の能力強化と普及のための実施体制構築を支援する。

事業実施体制は、図 4.4 に示すように代表企業及び日系自動車メーカー、日系 CNG ステーション建設企業、現地バス事業者とタクシー事業者が国際コンソーシアムを形成し、設備補助により代表企業（日本商社／リース会社）が現地事業者（DAMRI と O-RENTZ Taxi）に CNG 車両をリースする形態を目指す。

MRV 方法論は本事業で作成済みであり（交通部門の報告書参照）、そのモニタリングは運行管理者が運行月報または計測器のログデータから算出する。現地の協力事業者（DAMRI と O-RENTZ Taxi）は現行でも車両の運行管理ができているため、新たなモニタリングも問題なく実施可能と推定される。

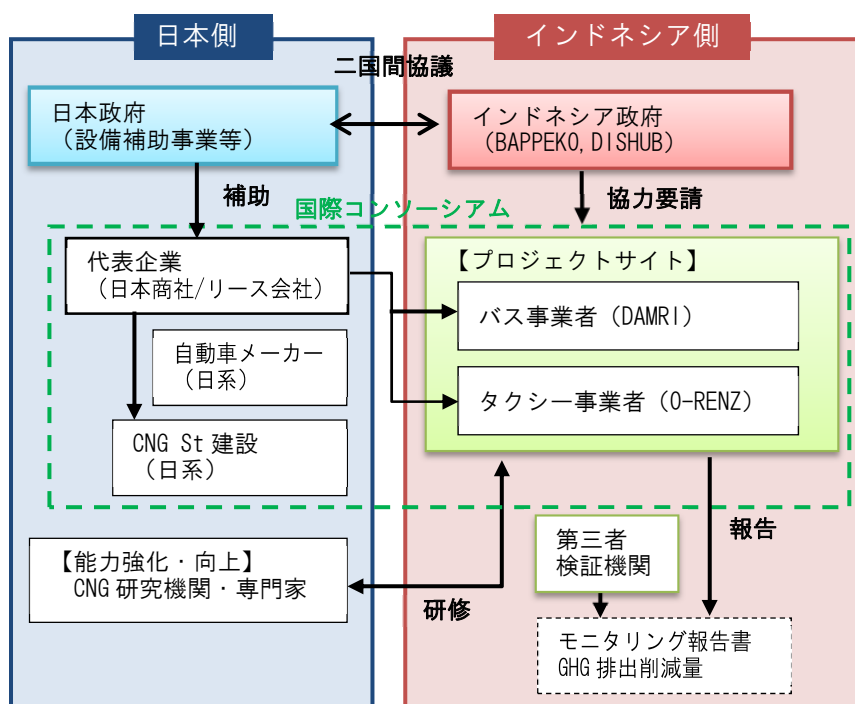


図 4.4 CNG 車両普及のための実施体制

事業化促進のためには、交通省に働きかけ、CNG 価格の優遇、CNG ステーションの整備補助、CNG 転換キットの安全性や転換車両の補償制度の確立、CNG 車両のメンテナンス体制の整備など、CNG 車両普及のための施策の実現が必要となる。また、併行し、スラバヤ市での公共交通（バス）への CNG 車両採用の働きかけや、同市が進める公共交通機関（MRT）や次世代型路面電車（LRT）計画との連携が求められる。

また、日本製技術導入促進のためには、日系リース会社、メーカー、CNG 転換サービス会社、ガス協会等との連携により日本の技術をアピールし、本邦研修の実施や専門家派遣による技術協力も必要となる。

廃棄物分野

一般廃棄物の中間処理（分別、リサイクル、堆肥化）は、現在 10~15t/日処理規模の施設を運転中で、JICA 業務にて 20~40t/日処理規模の施設を建設中である。2014 年度はこの施設を稼働させ、その実績により、2015 年度の設備補助による 150t/日処理規模の施設建設を目指す。MRV 方法論は 2014 年度に精査し、モニタリングは事業実施者が行う。

事業を経済的に成り立たせるためには、処理委託費の受領が必須である。それを確実にするためスラバヤ市と交渉するとともに、周辺自治体との交渉も進め、施設建設費の負担割合も含め、有利な条件を引き出す。

焼却発電の実現には、引き続き、事業可能性調査が必要である。来年度、ごみ質調査、スンバ・オーガニック社との調整、周辺自治体を含めた広域処理の可能性、MRV 方法論の適用条件等を調査し、2015 年度に関係者間で契約条件の合意、許認可手続き、設計・調達・建設（EPC）に入る準備を進め、2016 年度に建設という工程を目指す。

事業採算性の確保には、売電（買取）価格の優遇（国営電力会社 PLN との交渉）と処理委託費の確保が必須である。現行の非衛生的な最終処分場の環境汚染状況を調査したり、衛生的埋立とするための費用を計算したりするなど、焼却発電の費用を受入れられる下地づくりが必要となる。

事業系廃棄物のセメント原燃料は、来年度、引き続き事業者への聞き取りによる廃棄物の種類・量・組成等の調査、セメント会社での受入れ条件の確認、施設建設費用の精査、MRV 方法論の確立等を進め、2015 年度に関係者間の合意形成、契約、許認可手続きを経て、2016 年度の建設・運転を目指す。

事業化促進のためには、事業者の廃棄物処理・委託状況の実態を調査し、インドネシア国環境省に働きかけ、廃棄物管理法の遵守（排出者責任の徹底）を図る。

水資源分野

水資源分野の各案件は、来年度、引き続き事業性調査をし、2015 年度の設計・建設、2016 年度からの運転を目指す。ただし、水資源案件単独での JCM 可能性調査を継続することは難しいため、関連する北九州市の協力事業等との連携を図る。スラバヤ市水道公社（PDAM）からは職員の能力強化研修の依頼も来ているため、関連する JICA 研修等での受入れを通じ、PDAM との関係性を維持する。

分野別報告書

エネルギー分野（株式会社 NTT データ経営研究所）

交通分野（株式会社アルメック VPI）

廃棄物分野（株式会社西原商事、日立造船株式会社、アマタ株式会社）

水資源分野（株式会社松尾設計）

エネルギー分野：株式会社 NTT データ経営研究所

目次

1. 対象国・対象都市の諸制度・事業環境.....	1
1-1. 対象国・対象都市の社会・経済状況について.....	1
1-2. 対象国・対象都市のエネルギー消費・温室効果ガス排出の状況について....	1
1-3. 事業に係る環境負荷などの状況について.....	5
1-4. 事業に関連するインフラ・施設等の整備状況.....	6
1-5. 事業に関連する政府組織とその役割について.....	6
1-6. 事業に関連する諸制度の状況.....	7
2. 調査対象事業	8
2-1. 事業のねらい.....	8
2-2. 適用技術・制度等.....	9
3. 調査方法	9
3-1. 調査課題.....	10
3-2. 実施体制.....	10
3-3. 調査内容.....	10
4. 調査結果	11
4-1. 調査活動の実績と調査結果.....	11
4-2. 調査の結果.....	14
4-3. エネルギー起源 CO2 排出削減効果（FS 時／大規模展開時）	17
4-4. GHG 削減以外のコベネフィット効果	23
4-5. PJ 全体費用	24
4-6. 費用対効果(PJ 全体費用÷エネルギー起源 CO2 排出削減量)（事業実施時）	25
4-7. 計画達成事項／計画未達成事項とその理由 等.....	25
5. 事業化に向けた検討.....	26
5-1. 事業化/JCM 化シナリオ	27
5-2. MRV 方法論、モニタリング体制	27
5-3. 事業化体制.....	34
5-4. 資金計画.....	36
5-5. 日本製技術導入促進する為のアイデア.....	37
5-6. 事業化に向けた課題・要望と解決策.....	38
5-7. 今後の展開方針や具体的なスケジュール 等.....	40

1. 対象国・対象都市の諸制度・事業環境

1-1. 対象国・対象都市の社会・経済状況について

1-1-1. インドネシアの社会・経済状況

インドネシアは世界最大の島嶼国家であり、約 2.4 億人の人口を擁する。世界第 4 位の人口を背景にする市場や天然資源を有することから、近年では、有望な投資国みなされている。GDP は約 8,800 億 US ドルであり、主要産業は、製造業、農林水産業等である。経済成長率は、2005 年以降 5%後半～6%台を達成しており、堅調に推移している。

1-1-2. スラバヤ市の社会・経済状況

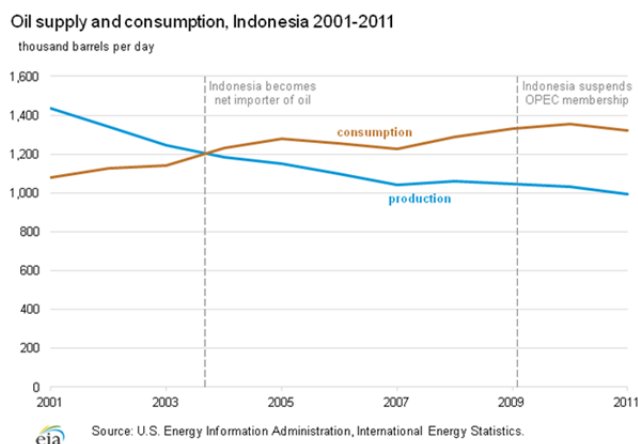
スラバヤ市は東ジャワ州の州都であり、人口約 300 万人のインドネシア第二の都市である。スラバヤ市の中心部には、オフィスビルやショッピングモールが集積し、商業の中心となっている。また、市内のルンクットや郊外のパスルアン等には大規模な工業団地が立地しており、また、市の北部には天然の良港タンジュンペラック港が、市の南部にはジュアンダ国際空港がある等、近隣の産業インフラが充実しており、ジャワ島東部の経済活動の中心となっている。

1-2. 対象国・対象都市のエネルギー消費・温室効果ガス排出の状況について

1-2-1. インドネシアの状況

インドネシアは長く産油国としての地位を築いてきたが、近年は生産量が減少傾向にある。2004 年には純輸入国に転じ、2009 年には OPEC から脱退した。石油価格の高騰を受け、石炭や天然ガス等、他のエネルギー源へのシフトが進みつつある状況である。

図表 1. インドネシアにおける石油の生産量及び消費量の推移

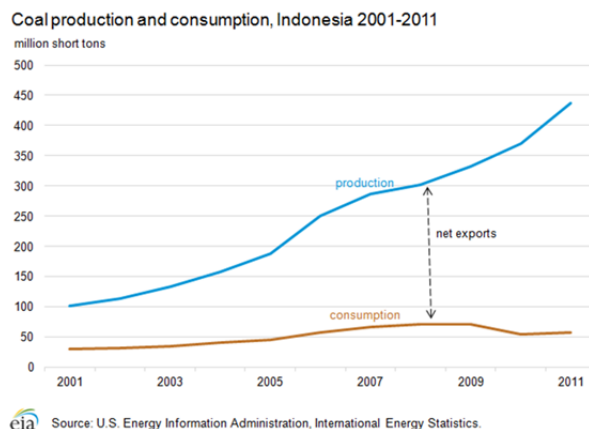


(出典：EIA ホームページ)

インドネシア政府は、減産傾向にある石油に代わるエネルギー源として石炭を位置づけて

おり、特に、電力セクターで石炭の使用を奨励している。現時点では消費量の伸びは大きくないものの、今後消費量の伸びが予想される。

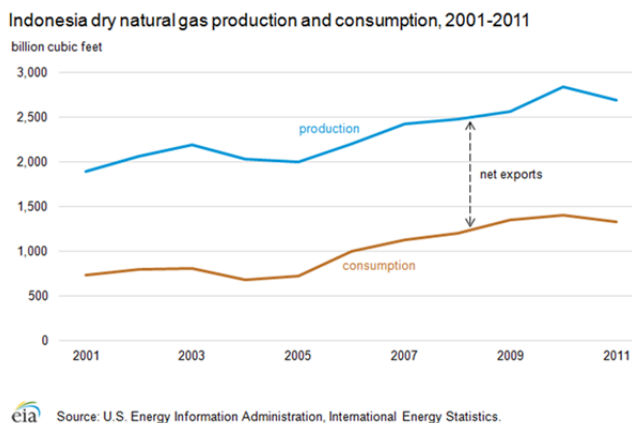
図表 2. インドネシアにおける石炭の生産量及び消費量の推移



(出典：EIA ホームページ)

天然ガスは、従来から外貨獲得の手段としてその多くが輸出用に振り向けられてきた。しかし、石油の生産量減少や価格高騰を受け、国内の需要家の間では天然ガスへの燃料シフトが進みつつある状況であり、国内需要への対応が課題となっている。

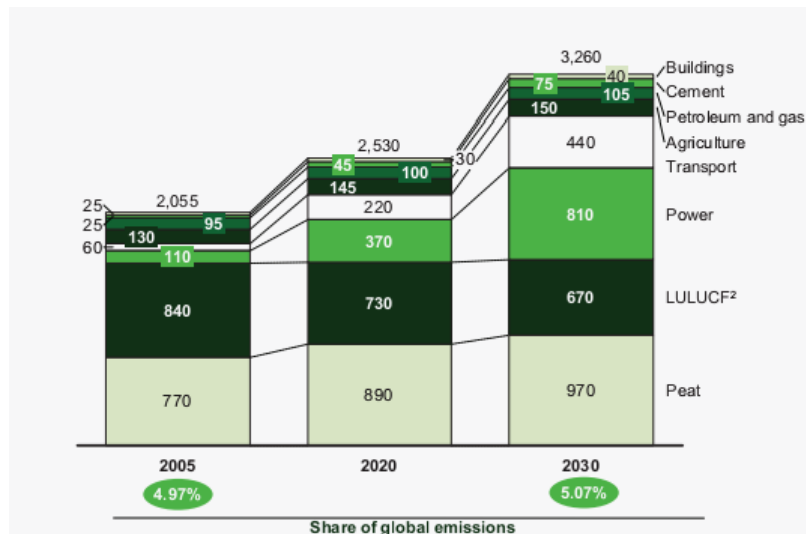
図表 3. インドネシアにおける天然ガスの生産量及び消費量の推移



(出典：EIA ホームページ)

インドネシアにおける CO₂ 排出量は、2005 年時点で約 21 億 tCO₂ であり、2030 年には、排出量は約 33 億 tCO₂ に増加すると予測されている。

図表 4. インドネシアにおける CO₂ 排出量の現状と予測



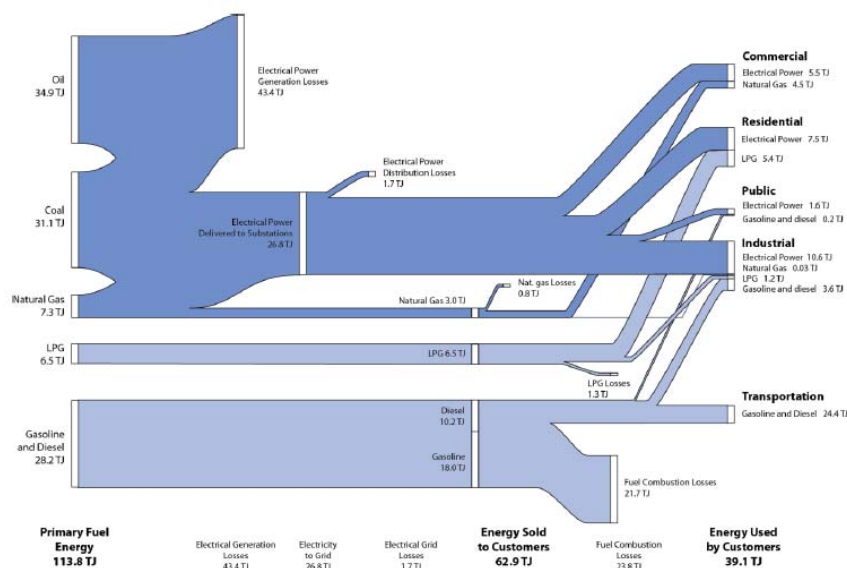
(出典：DNPI 「Indonesia's Greenhouse Gas Abatement Cost Curve」 2010)

現状では、泥炭地および LULUCF（土地利用・土地利用変化及び林業部門）からの排出が多くを占めているが、今後は、輸送部門や電力部門等からの排出が増加することが予想されている。

1-2-2. スラバヤ市の状況

世界銀行の Sustainable Urban Energy Development (SUED) プログラムで実施された調査によると、スラバヤ市には合計 113.8TJ のエネルギーが供給されており、その内訳は、重油 34.9TJ、石炭 31.1TJ、天然ガス 7.3TJ、LPG6.5TJ、ガソリンおよび軽油 28.2TJ となっている。

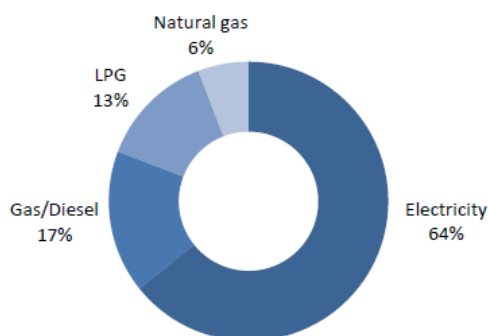
図表 5. スラバヤ市におけるエネルギーバランス



(出典：The World bank SUEd program Report)

最終消費されるエネルギーの種類別にみると、電気が 64%、ガソリン・軽油が 17%、LPG が 13%、天然ガスが 6%である。

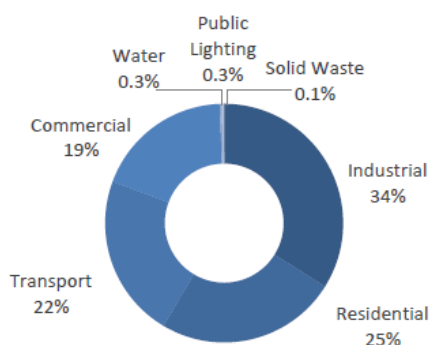
図表 6. スラバヤ市における種類別のエネルギー需要



(出典：The World bank SUEd program Report)

スラバヤ市におけるエネルギー需要を部門別にみると、最も需要が大きいのは産業部門で 34%、続いて家庭 25%、輸送 22%、商業 19%となっている。

図表 7. スラバヤ市における部門別のエネルギー需要

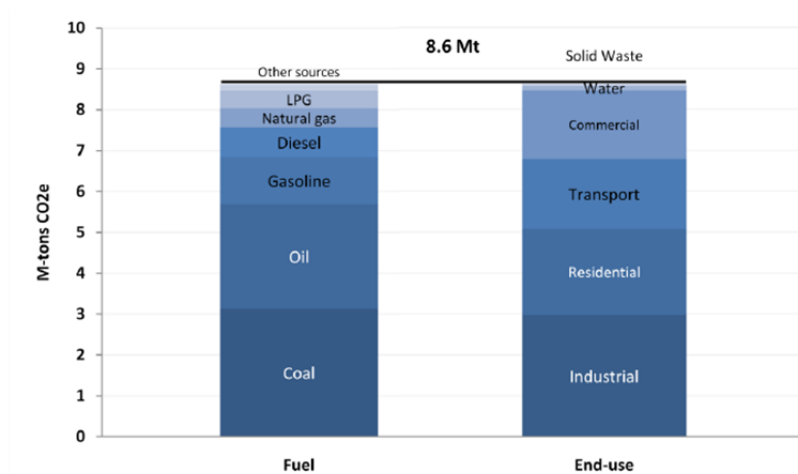


(出典：The World bank SUEd program Report)

また、同世界銀行のレポートによると、スラバヤ市全体の CO₂ 排出量は、8.6 M tonCO₂であった。燃料ベースで見ると、石炭が最も大きな排出源で、次に石油が続く。石炭と石油の合計で 7 割弱を占める状況である。また、最終需要ベースで見ると、産業部門が最も大きな排出源で、次に住宅部門が続く。産業部門と住宅部門の合計で、7 割弱を占める状況である。産業部門および住宅部門における CO₂ 排出は、ともに 8 割強が電力使用に伴う排出

である。

図表 8. スラバヤ市における CO2 排出量 (2010 年)



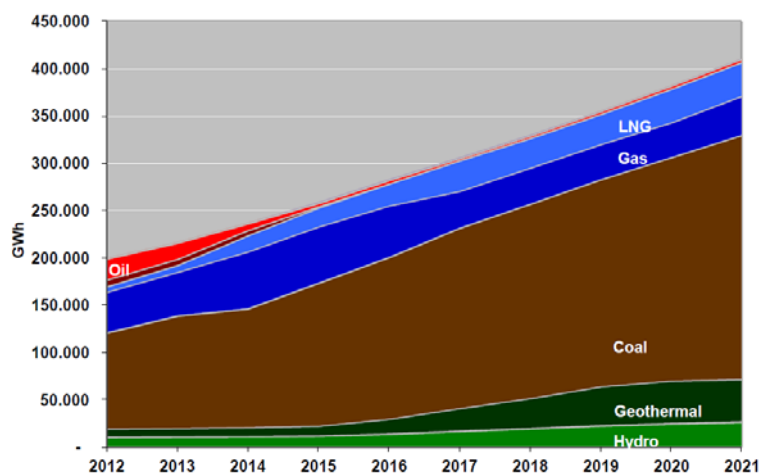
(出典 : The World bank SUEd program Report)

1-3. 事業に関する環境負荷などの状況について

前出の世界銀行のレポートによると、スラバヤ市全体の CO2 排出量のうち、約 7 割は電力消費に起因しており、その他燃料の使用による排出が約 3 割、他に数%排水処理や埋立処分場からのメタン排出となっている。

電力の CO2 排出係数は、将来的にも高止まりする見通しである。インドネシア政府は国内での石炭有効活用を重視しており、MEMR および PLN の中長期計画では、特に発電部門において、石炭に対する依存度を高める計画が出されている。

図表 9. 2012 年~2021 年の燃料別発電量推移



(出典 : PLN プレゼンテーション資料)

現状においても燃料の過半は石炭で占められているため、ジャワバリ地域を中心として、系統電力の排出原単位は高止まりしている。

図表 10. インドネシアにおける系統電力の排出係数

Sistem Interkoneksi dan Tahun Perhitungan		Faktor Emisi (ton CO ₂ eq. / MWh)	
		Ex-ante	Ex-post
1.	Sistem Interkoneksi Jawa-Madura-Bali (JAMALI) 2010	0,741	0,730
2.	Sistem Interkoneksi Sumatera		
	a. 2007	-	0,539
	b. 2008	-	0,577
	c. 2009	0,708	0,717
	d. 2010	0,748	0,749
3.	Sistem Interkoneksi Khatulistiwa (Sistem Kalimantan Barat)		
	a. 2009	0,759	0,738
	b. 2010	0,748	0,733
4.	Sistem Interkoneksi Barito (Sistem Kalimantan Selatan dan Tengah)		
	a. 2009	1,287	1,345
	b. 2010	1,003	0,960
5.	Sistem Interkoneksi Mahakam (Sistem Kalimantan Timur)		
	a. 2009	1,131	1,200
	b. 2010	0,820	0,861
6.	Sistem Interkoneksi Minahasa-Kotamobagu		
	a. 2009	0,376	0,378
	b. 2010	0,319	0,332
7.	Sistem Interkoneksi Sulawesi Selatan-Sulawesi Barat		
	a. 2009	0,360	0,397
	b. 2010	0,601	0,605
8.	Sistem Interkoneksi Batam		
	a. 2008	-	0,625
	b. 2009	-	0,625
	c. 2010	0,568	0,549

(出典：国家 CDM 委員会ホームページ)

1－4. 事業に関連するインフラ・施設等の整備状況

対象地域はスラバヤ市の産業、商業の中心であり、事業に関連する基本的な電力インフラは整備が進んでいる状況にある。しかし、電力供給の安定性については、十分とはいえない。以前に比べると状況は改善しているものの、年に数回程度の突発的な停電があり、工業団地の入居企業の中には、改善を要望する企業もある。

1－5. 事業に関連する政府組織とその役割について

工業団地における熱電併給事業、建物の省エネ・分散型電源導入事業双方において、エネルギー鉱物資源省が事業に関連している。エネルギー鉱物資源省は、資源・エネルギー分野全般を管轄しており、エネルギー鉱物資源大臣のもと、石油ガス総局、電力総局、鉱物石炭総局および新・再生可能エネルギー・省エネルギー総局等から構成されている。本事業に関連する政府組織は、その中で、電力総局および新・再生可能エネルギー・省エネルギー総局である。電力総局は、電力計画の策定、地方電化計画の策定、電力会社の監視、電気料金の設定、技術開発等、電力事業に関する事項を包括的に所管している。新・再生可能エネルギ

一・省エネルギー総局は、地熱局、バイオエネルギー局、再生可能エネルギー局、省エネルギー局から構成され、各分野の計画策定、事業会社の監視、技術開発、技術指導、等を所管している。

また、電力事業については、国営電力会社である PLN (Perusahaan Listrik Negara) がエネルギー鉱物資源省のもとで全国の発送電事業を独占的に行っている状況である。2009 年の新電力法では規制が緩和され、事業許可は、州をまたがなければ州、市をまたがなければ市が与えられることとなった。また、電力料金についても、地方政府が議会の承認のもと当該地域の電力料金を設定することが可能となっている。加えて、PLN 以外にも、公営企業、民間企業等にも事業実施の道が開かれた。しかし、事業者の位置づけとしては PLN に優先権が与えられており、事実上、PLN の事業エリアで熱電併給事業を行う場合には、PLN の許可を求める必要がある。

1-6. 事業に関連する諸制度の状況

インドネシアでは、省エネルギーに関する大統領令（2005 年 10 号）が発令され、同大統領令に基づき、国家省エネルギー計画（RIKEN）が、エネルギー鉱物資源省（Ministry of Energy and Mineral Resource、MEMR）によって策定された。RIKEN では、セクター毎のエネルギー削減余地として、工業分野では約 15～30%、商業ビル分野では 25%、住宅分野では 10～30%のエネルギー削減が実現可能であるとしている。

図表 11. 国家省エネルギー計画に示された省エネポテンシャルと取り組みの例

セクター	省エネポテンシャル	取り組み
交通・輸送	35 %	● 公共交通機関の展開 ● 高効率車の利用 ● CNG、バイオ燃料の利用 ● 交通情報システムの改善 ● 道路メンテナンス 等
産業	18 %	● 高効率機器の利用 ● 生産プロセスの効率性向上 ● エネルギーマネジメントの導入
家庭	30 %	● 高効率機器の利用（照明、空調、冷蔵庫 等） ● 省エネ行動
商業	25 %	● 電気系統の修理 ● 躯体の修繕 ● 空調の修繕 ● 照明の改善 ● エレベータの運転パターン ● エネルギーマネジメントの導入 等

（出典：MEMR 資料より NTT データ経営研究所作成）

2007 年には、エネルギー分野全体を包括するエネルギー法が成立した。エネルギー法では、国家エネルギー審議会の設置、国家エネルギー計画の作成、エネルギー価格や省エネルギーの指針について条文が定められた。

現在の省エネルギー政策は、2009 年の政令 70 号が基本となっている。本政令では、政

府の役割の規定、エネルギー使用者の義務、ラベリング、監査費用の補助、インセンティブの実施方法等が定められた。エネルギー使用者の義務については、年間 6,000 石油換算トン以上のエネルギーを使用する大規模需要家を対象に、エネルギー管理者の任命、省エネプログラムの策定、内部または資格認定された外部団体による定期エネルギー監査の実施、などを義務づけている。

省エネラベル制度は家電を対象とした制度である。まず CFLs から開始し、エアコンや冷蔵庫に拡大することが検討されている。なお、ラベルの基準は検討済みだが、公表はされていない。

2. 調査対象事業

2-1. 事業のねらい

スラバヤ市は、インドネシア国内の自治体として、他に先んじた低炭素型社会構築に向けた活動の展開に関心を抱いており、これまでも、エネルギー分野における低炭素化実現に向けた活動が積極的に展開されている。例えば、市庁舎等における照明の間引き利用や高効率照明への切り替え、街路灯の LED 化（太陽光発電とセット）等の活動が行われている。また、市内最大の工業団地 SIER（Surabaya Industrial Estate Rungkut）においては、日本国経済産業省の委託事業として、コジェネレーションを利用した熱電併給サービスの事業可能性評価が行われている。

このように、低炭素化に向けた活動は数多く行われているものの、一方で、今後の活動の拡大に向けては、いまだ数々の課題が残っている状況である。例えば、これらの取り組みの CO2 削減効果は定量化が行われていない。また、プロジェクト組成のノウハウが欠けており、これまでのスラバヤ市独自の活動は実験的なレベルに留まっている。市内全体の省エネポテンシャルや省エネニーズの調査、同調査結果に基づく戦略的なモデルプロジェクトの創出やビジネスとしての事業可能性評価は行われていない状況である。さらに、日本型の熱電併給ビジネスについては、市内最大の工業団地以外の隣接自治体まで含めた工業団地等への横展開可能性の調査が行われていない。

そこで、本事業では、JCM 事業化を視野に入れた“スラバヤ市丸ごと低炭素化の実現”に向けての環境整備を行うことを目的とした調査を行う。具体的には、CO2 削減の前提となる省エネポテンシャルや省エネニーズ調査等の基礎調査が行われていない分野については、事業化を視野に入れた基礎調査を実施する。また、CO2 削減効果のラフ試算が終了済みの活動については、JCM を視野に入れた MRV 方法論を策定する。既にビジネスモデル検討が行われている活動については、同モデルのスラバヤ市及び周辺への横展開可能性を調査し、CO2 削減ポテンシャルを評価する。

2-2. 適用技術・制度等

2-2-1. 工業団地における熱電併給事業

本事業は、経済産業省の「平成 23 年度インフラ・システム輸出促進調査等委託事業」および「平成 25 年度「エネルギー需給緩和型インフラ・システム普及等促進事業」（以下、経済産業省 FS）にて検討されている、スラバヤ市内の工業団地 SIER における、コジェネレーションシステムによる熱電併給事業がベースとなっている。この FS は、北九州市のスマートコミュニティ創造事業スマートコミュニティの輸出をテーマとしており、工業団地における、品質が高く高効率な電力及び熱を供給する熱電併給事業の実現を目標としている。コジェネレーションシステムの主要な要素技術はガスタービンであり、日本企業は、過去の技術開発によって、世界的にみても高いエネルギー効率を達成してきた。

コジェネレーションシステムは、日本国内で普及が始まってから 30 年以上が経過しており、設備に関する技術および運用ノウハウが蓄積されている点が強みである。総合エネルギー効率は 90%を視野に入れるレベルまで達している。他方、運用面についても、ガスタービンの遠隔監視によるトラブル管理サービス等、きめ細かいサービスを提供できる点も、日本企業の差別化の要素となっている

2-2-2. 省エネ・分散型電源の導入

省エネ・分散型電源の導入の検討では、コジェネレーションシステム、空調、照明、BEMS が適用対象となる技術である。

まず、空調について、日本国内では、圧縮機、ポンプ等のインバータ化により、設備の高効率化が進んでいる。また、設備自体の高効率化のみならず、空調負荷に応じた最適台数制御等、高度な空調制御技術も強みとなっている。家庭用、業務用空調機で世界トップクラスのシェアを持つダイキン工業は、インドネシアの業務用空調販売代理店を買収し、同国内でのシェア拡大を図っている。

照明について、LED の技術開発では日本が先行しており、LED パッケージや材料・装置については高い世界シェアを有している。特に、LED パッケージについては日亜化学工業が世界トップシェアとなっている。

BEMS は、現在では日本国内の多くの大規模ビルに標準的に導入されており、高度な制御技術および運用ノウハウが蓄積されている。近年では、次世代エネルギー・社会システム実証事業にて、CEMS との連携や各種設備を活用したエネルギーの最適運用等、高度な制御技術の開発が進んでいる。インドネシアではアズビルがエネルギー制御を強みとした BAS 市場に進出しており、現地資本との合弁企業が約 5 割のシェアを有している。

3. 調査方法

3-1. 調査課題

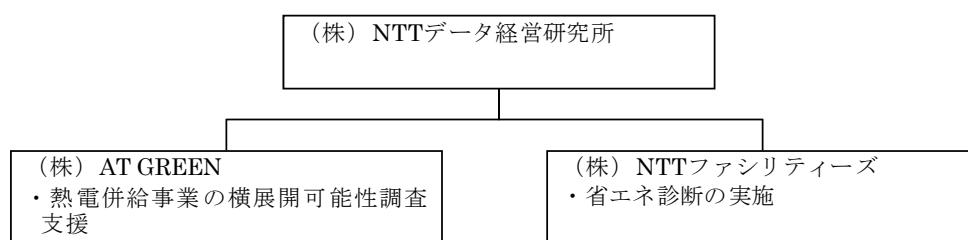
これまで具体的な検討が進んでいる工業団地における熱電併給事業については、今後のJCM事業化を視野に入れ、JCMに適用可能なMRV方法論の作成およびCO2削減ポテンシャルの評価を調査課題として設定した。また、横展開可能性についても評価が行われていないため、こちらも調査課題として設定した。

建物の省エネおよび分散型電源の導入については、スラバヤ市内で調査が進んでいないことから、まずは、大規模エネルギー消費施設等を対象とした省エネニーズを把握し、各対象施設における電力コスト削減や、CO2排出量の削減に資する分散型電源導入のニーズを明らかにすることを調査課題として設定した。

3-2. 実施体制

実施体制は下図の通りである。

図表 12. 本調査の実施体制



なお、各施設への省エネ提案にあたっては、上記に企業に加え、重電メーカー、空調メーカー、制御機器メーカー、LED関連メーカーに協力を依頼した。

3-3. 調査内容

調査内容は、下表の通りである。

図表 13. 調査内容

工業団地における熱電併給事業に関する検討	
MRV 方法論の作成	CDM、J クレジット等の類似制度を参照し、JCM に適用可能な方法論のドラフトを作成する
CO2 削減量の計算	上記の方法論にもとづき、熱電併給事業の CO2 削減量を計算する
横展開可能性の調査	スラバヤ市近郊において熱電併給事業の展開可能性のある工業団地を特定し、基礎的な熱電需要を把握する
建物の省エネ・分散型電源の導入に関する検討	
大規模エネルギー消費施設の抽出	スラバヤ市内において省エネニーズがあると考えられる大規模エネルギー消費施設を抽出する
省エネ診断	上記で抽出した施設にて、省エネ診断（ウォークスルー

	調査、エネルギー消費データの分析等）を実施する。加えて、推奨される省エネ対策を提示する。
費用対効果、CO2 削減量の計算、実施体制の検討	省エネ対策の費用対効果、CO2 削減量を提示する。また各施設において事業化の体制を検討する。

4. 調査結果

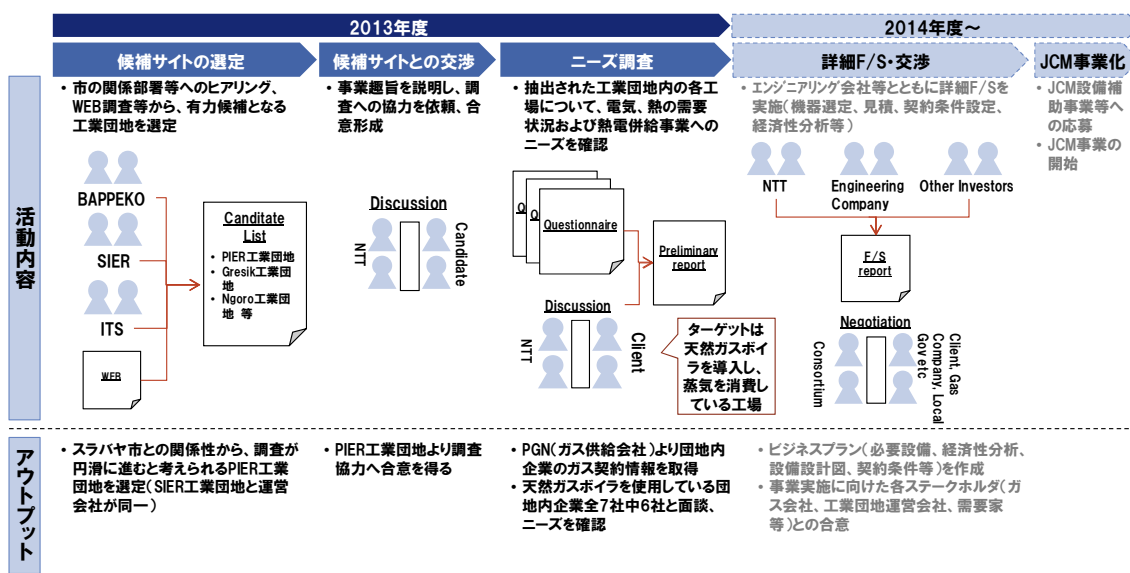
4-1. 調査活動の実績と調査結果

4-1-1. 工業団地における熱電併給事業

本年度は、スラバヤ市近郊地域における候補サイトの選定から、各工場へのヒアリング、アンケートに基づくニーズ調査を行い、初期的なニーズの把握を行った。

まず、候補サイトの選定では、市の関係部署等へのヒアリング、WEB 調査等から、調査対象の有力候補として PIER (Pasuruan Industrial Estate Rembang) 工業団地を選定した。PIER では、天然ガスボイラーを使用している 6 工場を訪問し、電気、熱の需要状況および熱電併給事業へのニーズをヒアリング等によって確認した。また、PGN から、PIER 内における天然ガスの供給先のリスト、および天然ガスボイラーを使用している工場に関する情報を得た。

図表 14. 熱電併給事業に関する調査フロー



調査の結果、現時点で熱電併給事業の需要家となりうる工場は7社あることが判明した。ヒアリング、アンケート等から現時点で想定される蒸気需要と電力需要は下記の通り。

図表 15. PIER 工業団地において想定される需要量

企業名	蒸気需要	電力需要
工場 A	16 t/h	1.7 MW (※※※)

工場 B	8 t/h	0.3 MW (※※※)
工場 C	5 t/h (※)	6.3 MW (※※※)
工場 D	3 t/h (※)	4.2 MW (※※※)
工場 E	2 t/h	0.5 MW (※※※※)
工場 F	2 t/h	0.5 MW (※※※)
工場 G	1 t/h (※※)	N/A
合計	37 t/h	13.5 MW

※ 調査で回答が得られなかったため、天然ガス消費量、既存ボイラーの容量等から推計

※※ 今回面談できなかったため、以前実施された別調査での記録を引用

※※※ 年間電力消費量、年間稼働時間等から推計

※※※※ ほぼ同サイズの工場と考えられる工場 D のデータを引用

熱電併給プラントのスペックの決定には今後の詳細な調査が必要であるが、上記の需要をベースにシステムを考えると、16MW, 37 t/h 級のコジェネレーションシステムの採用可能性はある。電力の余剰分については、工業団地内の他工場に販売するか、PLN に販売することが考えられる。

このシステムは、平成 23 年度 METI FS で検討された SIER でのコジェネレーションシステムのサイズとほぼ同様であり、初期投資額としては、約 30 億円～40 億円が見込まれる。

現状の熱電需要だけを見ても横展開可能性は高いと考えられるが、近年、東ジャワ州における工場進出熱は高く、PIER 工業団地の入居率は今後高まることが予想され、前述の需要家以外にも、需要家候補が現れる可能性は高い。例えば、現時点で明らかとなっているだけでも、大手アグリビジネス会社や大手製薬会社の工場は、魅力的な需要家候補である。また、SIER と比較し、PIER 内の需要家は日系、欧米系企業が多く、与信等のリスクは相対的に低い。ガス供給を担う PGN の担当者も大変協力的である。以上を踏まえると、PIER は熱電併給事業の横展開先として期待されるエリアであり、今後の更なる調査実施が期待される。

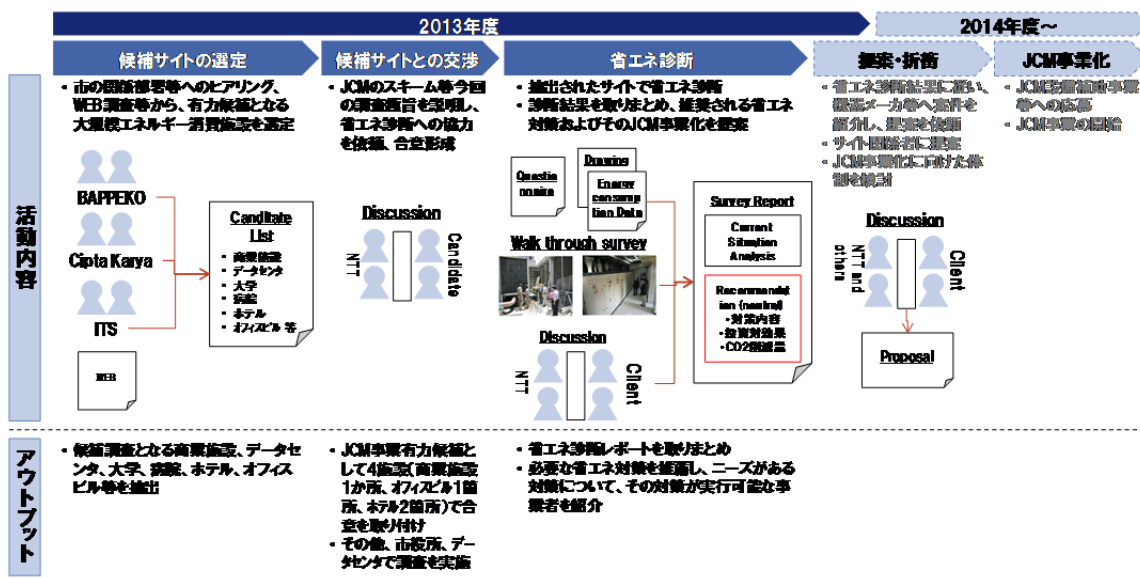
4-1-2. 省エネ・分散型電源の導入

本年度の調査では、大規模エネルギー消費施設を中心としたスラバヤ市内の候補サイトの選定から、候補サイトとの交渉、省エネ診断、JCM 事業化に向けた初期提案を行った。

まず、候補サイトの選定では、市の関係部署等へのヒアリング、WEB 調査等から、有力候補となる大規模エネルギー消費施設を選定した。結果として、候補調査となる商業施設、データセンタ、大学、病院、ホテル、オフィスビル等を抽出している。次に、候補サイトとの交渉では、調査の目的や JCM のスキーム等、今回の調査趣旨を説明し、省エネ診断への協力を依頼、合意形成を図った。結果、JCM 事業有力候補として 4 施設（商業施設 1 か所、オフィスビル 1 箇所、ホテル 2 箇所）で合意を取り付けている。省エネ診断では、抽出されたサイトで省エネ診断を実施し、診断結果を取りまとめ、推奨される省エネ対策およびそ

の JCM 事業化を提案した。抽出されたサイトで省エネ診断結果を取りまとめ、推奨される省エネ対策およびその JCM 事業化を提案している。ニーズがある対策については、その対策が実行可能な事業者を紹介し、JCM 事業化に向けた初期提案を行っている。

図表 16. 省エネ・分散型電源に関する調査フロー



今回調査の対象としたのは、スラバヤ市内の代表的なホテル 2 箇所、商業施設 1 箇所、オフィスビル 1 箇所の合計 4 施設である。

ホテル A は、米系ホテルチェーンに属するホテルで、建物は 1996 年に竣工した。オーナーはインドネシア企業である。ホテルチェーンがグローバルで省エネ目標を有しており、省エネに関心が高い。大型商業施設と複合施設を形成しており、熱源および電源は大型商業施設から供給されている。ホテル B は、インドネシア資本のホテルである。もともと米系ホテルチェーンだったホテルをインドネシア企業が買収した。建物は 1979 年の竣工であり、1993 年に改装されている。ホテルの他 2 棟のオフィスビルと複合施設を形成しており、熱源および電源はホテルから供給されている。商業施設 A は、インドネシア資本の企業が運営する市内最大のショッピングモールである。建物は 1986 年に竣工し、1991 年、1996、2001 年と 3 度にわたって増築された。現在敷地内に 50 階規模のビルを 2 棟建設中である。オフィス A は、市内有数の大規模オフィスビルである。オーナーは、インドネシア国内最大の新聞グループ企業で、本社が当該ビルに入居している。建物は 1997 年の竣工である。

図表 17. 調査対象施設の概要

	ホテルA	ホテルB	商業施設A	オフィスビルA
概要	- 米系ホテルチェーンのホテル(オーナーはインドネシア資本の企業) - グローバルで省エネ目標を有しており省エネに関心が高い	- インドネシア資本のホテル(米系ホテルチェーンから買収) - 敷地内にホテルの他2棟オフィスビルが立地	- インドネシア資本の企業が運営する市内最大のショッピングモール - 現在敷地内に50階規模のビルを2棟建設中	- 市内有数の大規模オフィスビル - インドネシア国内最大の新聞グループ企業がオーナーで、本社が入居
竣工	1996年	1979年 (1993年に改装)	1986年 (91年,96年,01年に増築)	1997年
床面積	35,000m ²	25,500m ²	125,000m ²	25,000m ²
フロア数	28階	27階	地上6階、地下1階	21階

4-2. 調査の結果

4-2-1. ホテル A

ホテル A では、2013 年 9 月 25 日、10 月 29 日にウォークスルー調査および打合せを行った。同時に、施設のエネルギー消費データや導入設備の概要資料を入手している。

省エネ診断の結果、今後行われるべき省エネ対策として、ランドリーマシンの交換、BEMS の導入、LED 照明の導入等が考えられたが、特に先方の関心が高い対策は、LED 照明の導入であった。想定される費用対効果は以下の通り。

図表 18. ホテル A への省エネ提案の内容

	内容	想定事業規模	C02削減量	投資回収*	備考
LED照明導入	・ホテル内に導入されている直管型蛍光灯を1,000本LED照明に切り替え	・約1,000万円	・100 tCO ₂ /年	・7.3 年 ・3.6 年	・プロフィットシェア型の提案依頼あり ・照明メーカーと提案を検討中

*(上段)
・補助事業なしの場合
(下段)
・JCM補助事業(50%)を活用した場合

4-2-2. ホテル B

ホテル B では、2013 年 9 月 23 日、9 月 26 日、10 月 28 日にウォークスルー調査および打合せを行った。同時に施設のエネルギー消費データや導入設備の概要資料を入手している。

省エネ診断の結果、今後行われるべき省エネ対策として、①コジェネレーションシステムの導入、②BEMS の導入、③チラーの交換、④ポンプの交換が提示された。まず、①コジェネレーションシステムの導入について、ホテルでは部屋への給湯およびクリーニング用に蒸気需要があり、また、敷地内にはホテルの他にオフィスビルが 2 棟あるため、電気についても大きな需要が見込まれることから、コジェネレーションシステムの導入によるコスト削減が可能ではないかと推察された。自家発電設備は導入されているものの、容量不足のため、停電時には一部の設備にしか電力が供給できない状況である。この問題も、コジェネレーションシステムの導入によって解決可能である。②の BEMS の導入について、現時点では BAS が導入されているものの故障しているため使われておらず、これを機に BEMS を

導入し、エネルギー消費状況の見える化を行うことによって、省エネが図れるものと推察された。③チラーの交換について、チラーの電力消費量は施設の全電力消費量の 50%を占めており、施設全体にとって省エネ対策の効果は大きい。④のポンプ同様、設備の老朽化が進んでいるため、最新の高効率設備へ更新することにより、省エネが可能であると判断された。以上の省エネ対策と想定される費用対効果をまとめると以下の通り。

図表 19. ホテル B への省エネ提案の内容

	内容	想定事業規模	CO2削減量	投資回収*	備考
コジェネレーション導入	・コジェネレーションシステム(1MWクラス)を導入し、熱電を敷地内ホテル、オフィスに供給	・約2.4億円	・2,900 tCO2/年	・7.2 年 ・2.9 年	・重電メーカーに提案依頼 ・(重電メーカーがコンソーシアムの代表として提案を取りまとめ、プロジェクトを管理する形を想定)
BEMS導入	・現在未導入のBEMSを導入	・約5,000万円	・400 tCO2/年	・6.5 年 ・3.2 年	・重電メーカーに提案を依頼
チラー交換	・老朽化したチラー2台を最新の高効率チラーに交換	・約6,000万円	・600 tCO2/年	・6.8 年 ・3.4 年	・空調メーカーに提案を依頼予定
ポンプ交換	・老朽化したポンプ4台を最新の高効率ポンプに交換	・約1,000万円	・100 tCO2/年	・6.5 年 ・3.2 年	・空調メーカーに提案を依頼予定

* (上段)
・補助事業なしの場合
(下段)
・JCM補助事業(50%)を活用した場合

4-2-3. 商業施設 A

商業施設 A では、2013 年 9 月 24 日、10 月 29 日、12 月 5 日にウォークスルー調査および打合せを行った。同時に、施設のエネルギー消費データや導入設備の概要資料を入手している。

省エネ診断の結果、今後行われるべき省エネ対策として、①BEMS の導入、②チラーの交換、③ポンプの交換、④冷却塔の交換、が提示された。①BEMS の導入について、現時点では旧式の BAS が導入されている。エネルギー消費状況の見える化は行われていない状況であった。BAS をアップグレードする形での BEMS の導入に関心を示している。②チラーの交換、③冷水ポンプの交換、④冷却塔の交換について、空調関連設備で全体の消費電力量の 4 割以上を占めている状況であり、かつ、いずれの設備も老朽化が進んでいるため、対策が急務である。これらの設備を最新の高効率設備へ更新することにより、省エネが可能であると判断された。以上の省エネ対策と想定される費用対効果をまとめると以下の通り。

図表 20. 商業施設 A への省エネ提案の内容

	内容	想定事業規模	CO2削減量	投資回収*	備考
BEMS導入	・現在導入済みのBASを入れ替え、BEMSを導入	・約1.4億円	・900 tCO2/年	・7.3 年 ・3.6 年	・BEMSベンダーに提案を依頼
チラー交換	・老朽化したチラー5台を最新の高効率チラーに交換	・約2.1億円	・2,300 tCO2/年	・6.9 年 ・3.5 年	・空調メーカーに提案依頼を予定
ポンプ交換	・老朽化したポンプ18台を最新の高効率ポンプに交換	・約6,000万円	・700 tCO2/年	・6.4 年 ・3.2 年	・空調メーカーに提案依頼を予定
クーリングタワー交換	・老朽化したクーリングタワー8台を最新の高効率クーリングタワーに交換	・約6,000万円	・200 tCO2/年	・20.0 年 ・10.0 年	・空調メーカーに提案依頼を予定

* (上段)
 ・補助事業なしの場合
 (下段)
 ・JCM補助事業(50%)を活用した場合

4-2-4. オフィスビル A

オフィスビル A では、2013 年 9 月 27 日、10 月 28 日、12 月 6 日にウォークスルー調査および打合せを行った。同時に、施設のエネルギー消費データや導入設備の概要資料を入手している。

省エネ診断の結果、今後行われるべき省エネ対策として、①BEMS の導入、②LED 照明の導入、③チラーの交換、④ポンプの交換が提示された。まず、①BEMS の導入について、現状では、BAS や BEMS といった監視システムは全く導入されておらず、設備のオペレーション、メンテナンスにコストがかかっている状況である。また、個別設備の電力消費状況が正確に把握されていない。BEMS を導入することにより、エネルギー消費量の見える化による省エネ効果が期待される。②LED 照明の導入について、現在、当施設には一般的な蛍光灯が数多く設置されており、LED 化により省エネ効果が期待される。③チラーの交換、④ポンプの交換については、初期コストの負担が不要な ESCO モデルにも関心が高い。③チラーの交換について、チラーの電力消費量は施設の全電力消費量の半分以上を占めており、施設全体にとって省エネ対策の効果は大きい。④のポンプ同様、設備の老朽化が進んでいるため、最新の高効率設備へ更新することにより、省エネが可能であると判断された。以上の省エネ対策と想定される費用対効果をまとめると以下の通り。

図表 21. オフィスビル A への省エネ提案の内容

	内容	想定事業規模	CO2削減量	投資回収*	備考
BEMS導入	・現在未導入のBEMSを導入	・約5,000万円	・400 tCO2/年	・11.0 年 ・5.5 年	・BEMSベンダに提案を依頼予定
LED照明導入	・ホテル内に導入されている直管型蛍光灯を1,000本LED照明に切り替え	・約1,000万円	・100 tCO2/年	・7.3 年 ・3.6 年	・プロフィットシェア型の提案を希望 ・照明ソリューション提供企業と共に提案を検討
チラー交換	・老朽化したチラー3台を最新の高効率チラー2台に交換	・約6,000万円	・900 tCO2/年	・4.4 年 ・2.2 年	・空調メーカーに提案依頼を予定
ポンプ交換	・老朽化したポンプ9台を最新の高効率ポンプ5台に交換	・約2,000万円	・100 tCO2/年	・13.5 年 ・6.8 年	・空調メーカーに提案依頼を予定

* (上段)
 ・補助事業なしの場合
 (下段)
 ・JCM補助事業(50%)を活用した場合

4-3. エネルギー起源 CO2 排出削減効果 (FS 時/大規模展開時)

4-3-1. 工業団地における熱電併給事業

(1) FS 時

A. SIER

SIER で想定されているコジェネレーションシステムのスペックに従って CO2 削減効果を試算した。SIER では、6MW クラスのガスタービンコジェネレーションシステムと追焚システムによって、電力 6MW、蒸気 20t/h のコジェネレーションシステムを導入することを検討している (平成 25 年度経済産業省 FS での検討結果)。下表に排出削減効果の計算に用いるパラメータを記す。

図表 22. 計算に用いるパラメータ

項目	数値
コジェネレーションシステムの年間売電量	42,700 MWh/year
コジェネレーションシステムの年間蒸気供給量	323.2 TJ/year
系統電力の排出係数	0.741 tCO2/MWh ¹
天然ガスの排出係数	15.3 tC/TJ ²
ボイラーの効率	0.9 ³
コジェネレーションシステムの年間天然ガス消費量	17,600,251Nm ³ /year
天然ガスの濃度	0.00077 tgas/Nm ³⁴

¹ ジャワ・マドゥラ・バリ地域における電力の CO2 排出係数(National Committee on Clean Development Mechanism)

² 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

³ 今回の試算のために仮置き

⁴ CDM プロジェクト「1313 : MEN-Tangerang 13.6MW Natural Gas Co-generation

天然ガスの発熱量	0.047705 TJ/tgas4
----------	-------------------

レファレンスシナリオは、電気は系統電力から供給され、蒸気は天然ガスボイラーから供給されているのケースを想定する。

電気分のレファレンス排出量

$$\begin{aligned}
 & [\text{コージェネレーションの年間売電量}] \times [\text{系統電力の排出係数}] \\
 & = 42,700 \text{ MWh / year} \times 0.741 \text{ tCO}_2 / \text{MWh} \\
 & = 31640.7 \text{ tCO}_2 / \text{year}
 \end{aligned}$$

蒸気分のレファレンス排出量

$$\begin{aligned}
 & [\text{コージェネレーションの年間蒸気供給量}] \times [\text{天然ガスの排出係数}] \div [\text{ボイラー効率}] \times 44 \div 12 \\
 & = 323.2 \text{ TJ/year} \times 15.3 \text{ tC/TJ} \div 0.9 \times 44 \div 12 \\
 & = 20144.5 \text{ tCO}_2 / \text{year}
 \end{aligned}$$

レファレンス排出量の合計

$$\begin{aligned}
 & 31,640.7 \text{ tCO}_2 / \text{year} + 20,144.5 \text{ tCO}_2 / \text{year} \\
 & = \mathbf{51,785.2 \text{ tCO}_2 / \text{year}}
 \end{aligned}$$

プロジェクトシナリオは、コージェネレーションシステムが熱電併給を行うケースで、消費する天然ガスの量から計算される。

プロジェクト排出量

$$\begin{aligned}
 & [\text{コージェネレーションシステムの年間ガス消費量}] \times [\text{天然ガスの濃度}] \times [\text{天然ガスの発熱量}] \times [\text{天然ガスの排出係数}] \times 44 \div 12 \\
 & = 17,600,251 \text{ Nm}^3 / \text{year} \times 0.00077 \text{ tgas/Nm}^3 \times 0.047705 \text{ TJ/tgas} \times 15.3 \text{ tC/TJ} \times 44 \div 12 \\
 & = \mathbf{36,269.1 \text{ tCO}_2 / \text{year}}
 \end{aligned}$$

排出削減量は、レファレンス排出量からプロジェクト排出量を引くことで計算される。

排出削減量

$$\begin{aligned}
 & [\text{レファレンス排出量}] - [\text{プロジェクト排出量}] \\
 & = 31640.7 \text{ tCO}_2 / \text{year} - 20144.5 \text{ tCO}_2 / \text{year} \\
 & = \mathbf{15,516.2 \text{ tCO}_2 / \text{year}}
 \end{aligned}$$

B. PIER

PIER では、16MW、37t/h クラスのガスタービンコージェネレーションシステムの導入可能性がある。下表に排出削減効果の計算に用いるパラメータを記す。

Project」のモニタリングレポートより引用

図表 23. 計算に用いるパラメータ

項目	数値
コジェネレーションシステムの年間売電量	103,946.7 MWh/year
コジェネレーションシステムの年間蒸気供給量	573.3 TJ/year
系統電力の排出係数	0.741 tCO ₂ /MWh
天然ガスの排出係数	15.3 tC/TJ
ボイラーの効率	0.9
コジェネレーションシステムの年間天然ガス消費量	36,300,000Nm ³ /year
天然ガスの濃度	0.00077 tgas/Nm ³
天然ガスの発熱量	0.047705 TJ/tgas

電気分のレファレンス排出量

$$\begin{aligned}
 & [\text{コジェネレーションの年間売電量}] \times [\text{系統電力の排出係数}] \\
 & = 103,946.7 \text{ MWh / year} \times 0.741 \text{ tCO}_2 / \text{MWh} \\
 & = 77,024.5 \text{ tCO}_2 / \text{year}
 \end{aligned}$$

蒸気分のレファレンス排出量

$$\begin{aligned}
 & [\text{コジェネレーションの年間蒸気供給量}] \times [\text{天然ガスの排出係数}] \div [\text{ボイラー効率}] \times 44 \div 12 \\
 & = 573.3 \text{ TJ/year} \times 15.3 \text{ tC/TJ} \div 0.9 \times 44 \div 12 \\
 & = 35,736.6 \text{ tCO}_2 / \text{year}
 \end{aligned}$$

レファレンス排出量の合計

$$\begin{aligned}
 & 77,024.5 \text{ tCO}_2 / \text{year} + 35,736.6 \text{ tCO}_2 / \text{year} \\
 & = \underline{\underline{112,761.1 \text{ tCO}_2 / \text{year}}}
 \end{aligned}$$

プロジェクト排出量

$$\begin{aligned}
 & [\text{コジェネレーションシステムの年間ガス消費量}] \times [\text{天然ガスの濃度}] \times [\text{天然ガスの発熱量}] \times [\text{天然ガスの排出係数}] \times 44 \div 12 \\
 & = 36,300,000 \text{ Nm}^3 / \text{year} \times 0.00077 \text{ tgas/Nm}^3 \times 0.047705 \text{ TJ/tgas} \times 15.3 \text{ tC/TJ} \times 44 \div 12 \\
 & = \underline{\underline{74,803.9 \text{ tCO}_2 / \text{year}}}
 \end{aligned}$$

排出削減量

$$\begin{aligned}
 & [\text{レファレンス排出量}] - [\text{プロジェクト排出量}] \\
 & = 112,761.1 \text{ tCO}_2 / \text{year} - 74,803.9 \text{ tCO}_2 / \text{year} \\
 & = \underline{\underline{37,957.2 \text{ tCO}_2 / \text{year}}}
 \end{aligned}$$

（２）大規模展開時

東ジャワ州地域には、国内外問わず数多くの工場が進出してきており、熱電併給事業の展開可能性は高いと考える。SIER クラスの熱電併給事業が 2 箇所、PIER クラスの熱電併給事業が 2 箇所、実現した場合を仮定すると、

$$\text{約 } 16,000 \text{ tCO}_2/\text{year} \times 2 + \text{約 } 38,000 \text{ tCO}_2/\text{year} \times 2 = \text{約 } \underline{\underline{108,000 \text{ tCO}_2/\text{year}}}$$

以上の削減ポテンシャルが見込まれる。

４－３－２．省エネ・分散型電源の導入

（１）FS 時

A. ホテル A

ホテル A では、既存の照明を LED 照明に切り替える事業を想定している。想定される CO2 削減効果は下記の通り。

LED 照明の導入

$$([\text{蛍光灯の消費電力}] - [\text{LED の消費電力}]) \times [\text{本数}] \times [\text{年間点灯時間}] \div 1,000 \text{ (※単位の変換)} \times [\text{系統電力の排出係数}]$$

$$= (0.05\text{kW} - 0.024\text{kW}) \times 1,000 \times 5,250 \div 1000 \times 0.741 \text{ tCO}_2/\text{MWh}$$

$$= \text{約 } \underline{\underline{101.1 \text{ tCO}_2/\text{year}}}$$

B. ホテル B

ホテル B では、①コジェネの導入、②BEMS の導入、③チラーの交換、④ポンプの交換、以上の事業を想定している。想定される CO2 削減効果は下記の通り。

①コジェネの導入

ホテル B では、1MW クラスのコジェネレーションシステムの導入を検討している。前述の熱電併給事業と同様に CO2 削減効果を計算した。

図表 24. 計算に用いるパラメータ

項目	数値
コジェネレーションシステムの年間売電量	8,712 MWh/year
コジェネレーションシステムの年間蒸気供給量	10.6 TJ/year
系統電力の排出係数	0.741 tCO ₂ /MWh
天然ガスの排出係数	15.3 tC/TJ
ボイラーの効率	0.9
コジェネレーションシステムの年間天然ガス消費量	1,852,482Nm ³ /year
天然ガスの濃度	0.00077 tgas/Nm ³
天然ガスの発熱量	0.047705 TJ/tgas

電気分のレファレンス排出量

[コジェネレーションの年間売電量] × [系統電力の排出係数]

$$= 8,712 \text{ MWh / year} \times 0.741 \text{ tCO}_2 / \text{MWh}$$

$$= 6,098.4 \text{ tCO}_2 / \text{year}$$

蒸気分のレファレンス排出量

$$[\text{コジェネレーションの年間蒸気供給量}] \times [\text{天然ガスの排出係数}] \div [\text{ボイラー効率}] \times 44 \div 12$$

$$= 10.6 \text{ TJ/year} \times 15.3 \text{ tC/TJ} \div 0.9 \times 44 \div 12$$

$$= 592.5 \text{ tCO}_2 / \text{year}$$

レファレンス排出量の合計

$$6,098.4 \text{ tCO}_2 / \text{year} + 592.5 \text{ tCO}_2 / \text{year}$$

$$= \underline{\underline{6,691.3 \text{ tCO}_2 / \text{year}}}$$

プロジェクト排出量

$$[\text{コジェネレーションシステムの年間ガス消費量}] \times [\text{天然ガスの濃度}] \times [\text{天然ガスの発熱量}] \times [\text{天然ガスの排出係数}] \times 44 \div 12$$

$$= 1,852,482 \text{ Nm}^3 / \text{year} \times 0.00077 \text{ tgas/Nm}^3 \times 0.047705 \text{ TJ/tgas} \times 15.3 \text{ tC/TJ} \times 44 \div 12$$

$$= \underline{\underline{3,817.4 \text{ tCO}_2 / \text{year}}}$$

排出削減量

$$[\text{レファレンス排出量}] - [\text{プロジェクト排出量}]$$

$$= 6,691.3 \text{ tCO}_2 / \text{year} - 3,817.4 \text{ tCO}_2 / \text{year}$$

$$= \underline{\underline{2,873.9 \text{ tCO}_2 / \text{year}}}$$

②BEMS の導入

$$[\text{施設全体の電力消費量}] \times [\text{BEMS 導入による削減率}] \times [\text{系統電力の排出係数}]$$

$$= 12,000 \text{ MWh/year} \times 0.05 \times 0.741 \text{ tCO}_2 / \text{MWh}$$

$$= \underline{\underline{444.6 \text{ tCO}_2 / \text{year}}}$$

③チラーの交換

$$[\text{チラーの電力消費量}] \times [\text{効率の改善率}] \times [\text{系統電力の排出係数}]$$

$$= 4,200 \text{ MWh/年} \times 0.3 \times 0.741 \text{ tCO}_2 / \text{MWh}$$

$$= \underline{\underline{933.7 \text{ tCO}_2 / \text{year}}}$$

④ポンプの交換

$$[\text{ポンプの電力消費量}] \times [\text{効率の改善率}] \times [\text{系統電力の排出係数}]$$

$$= 560\text{MWh/年} \times 0.3 \times 0.741 \text{ tCO}_2 / \text{MWh}$$

$$= \underline{\underline{124.5 \text{ tCO}_2 / \text{year}}}$$

C. 商業施設 A

商業施設 A では、①BEMS の導入、②チラーの交換、③ポンプの交換、④クーリングタワーの交換、以上の事業を想定している。想定される CO₂ 削減効果は下記の通り。

①BEMS の導入

$$[\text{施設全体の電力消費量}] \times [\text{BEMS 導入による削減率}] \times [\text{系統電力の排出係数}]$$

$$= 25,000 \text{ MWh/year} \times 0.05 \times 0.741 \text{ tCO}_2 / \text{MWh}$$

$$= \underline{\underline{926.3 \text{ tCO}_2 / \text{year}}}$$

②チラーの交換

$$[\text{チラーの電力消費量}] \times [\text{効率の改善率}] \times [\text{系統電力の排出係数}]$$

$$= 15,300 \text{ MWh/年} \times 0.2 \times 0.741 \text{ tCO}_2 / \text{MWh}$$

$$= \underline{\underline{2,267.5 \text{ tCO}_2 / \text{year}}}$$

③ポンプの交換

$$[\text{ポンプの電力消費量}] \times [\text{効率の改善率}] \times [\text{系統電力の排出係数}]$$

$$= 4,800\text{MWh/年} \times 0.2 \times 0.741 \text{ tCO}_2 / \text{MWh}$$

$$= \underline{\underline{711.4 \text{ tCO}_2 / \text{year}}}$$

④クーリングタワーの交換

$$[\text{クーリングタワーの電力消費量}] \times [\text{効率の改善率}] \times [\text{系統電力の排出係数}]$$

$$= 1,500\text{MWh/年} \times 0.2 \times 0.741 \text{ tCO}_2 / \text{MWh}$$

$$= \underline{\underline{222.3 \text{ tCO}_2 / \text{year}}}$$

D. オフィスビル A

オフィスビル A では、①BEMS の導入、②LED 照明の導入、③チラーの交換、④ポンプの交換、以上の事業を想定している。想定される CO₂ 削減効果は下記の通り。

①LED 照明の導入

$$([\text{蛍光灯の消費電力}] - [\text{LED の消費電力}]) \times [\text{本数}] \times [\text{年間点灯時間}] \div 1,000 (\text{※単位の変換}) \times [\text{系統電力の排出係数}]$$

$$= (0.05\text{kW} - 0.024\text{kW}) \times 1,000 \times 5,250 \div 1000 \times 0.741 \text{ tCO}_2 / \text{MWh}$$

$$= \underline{\underline{\text{約 } 101.1 \text{ tCO}_2/\text{year}}}$$

②BEMS の導入

$$\begin{aligned} & [\text{施設全体の電力消費量}] \times [\text{BEMS 導入による削減率}] \times [\text{系統電力の排出係数}] \\ &= 10,000 \text{ MWh/year} \times 0.05 \times 0.741 \text{ tCO}_2 / \text{MWh} \\ &= \underline{\underline{370.5 \text{ tCO}_2 / \text{year}}} \end{aligned}$$

③チラーの交換

$$\begin{aligned} & [\text{チラーの電力消費量}] \times [\text{効率の改善率}] \times [\text{系統電力の排出係数}] \\ &= 3,700 \text{ MWh/年} \times 0.3 \times 0.741 \text{ tCO}_2 / \text{MWh} \\ &= \underline{\underline{822.5 \text{ tCO}_2 / \text{year}}} \end{aligned}$$

④ポンプの交換

$$\begin{aligned} & [\text{ポンプの電力消費量}] \times [\text{効率の改善率}] \times [\text{系統電力の排出係数}] \\ &= 560 \text{ MWh/年} \times 0.3 \times 0.741 \text{ tCO}_2 / \text{MWh} \\ &= \underline{\underline{124.5 \text{ tCO}_2 / \text{year}}} \end{aligned}$$

(2) 大規模展開時

本年度の FS で対象とした施設での CO₂ 排出削減効果の合計は、約 10,000 tCO₂/year である。今後、スラバヤ市内全域の大規模施設に展開し、5 倍に活動が拡大したケースを想定すると、

$$\text{約 } 10,000 \text{ tCO}_2/\text{year} \times 5 = \underline{\underline{\text{約 } 50,000 \text{ tCO}_2/\text{year}}}$$

以上の削減ポテンシャルが見込まれる。

4-4. GHG 削減以外のコベネフィット効果

4-4-1. 工業団地における熱電併給事業

熱電併給事業においては、オンサイト型の発電システムである特性を活かし、不安定な系統電力と比較して、電力供給の安定化、停電率の減少を効果として見込むことが出来る。インドネシアでは、電力の需要増加に対してインフラ整備が追い付いておらず、工業団地等においても、停電がまだまだ発生している状況である。

また、本事業では、天然ガスを燃料とするコージェネレーションシステムによって系統電力側の電力を代替することになり、系統電力の電源として用いられている、石炭火力発電からの煤塵、SO_x、NO_x 等の大気汚染物質の排出削減を効果として見込むことが出来る。インドネシアでは、発電用の燃料に占める石炭の割合が 5 割を超えており、将来的には、更に石炭の割合を増やして、6 割強にする計画である。

4-4-2. 省エネ・分散型電源の導入

省エネは、系統から購入する電力量の削減につながり、結果として系統側の負荷を減らす

ことになるため、系統電力の電源として用いられている、石炭火力発電からの煤塵、SO_x、NO_x 等の大気汚染物質の排出削減を効果として見込むことが出来る。

分散型電源の導入は、前述のように、電力供給の安定化、停電率の減少、石炭火力による環境負荷の削減を効果として見込むことが出来る。

4－5．PJ 全体費用

4－5－1．工業団地における熱電併給事業

現時点では、以下の費用を想定している。なお、今後の検討により、費用は前後する可能性がある。

図表 25. 想定される費用（熱電併給事業）

サイト	事業内容	費用
SIER	電力 6MW、蒸気 20t/h のコジェネレーションシステムによる熱電併給事業	約 18 億円
PIER	電力 16MW、蒸気 37t/h のコジェネレーションシステムによる熱電併給事業	約 30 億円～40 億円

4－5－2．省エネ・分散型電源の導入

現時点では、以下の費用を想定している。なお、以下の費用は一般的な想定として設定しており、今後の提案活動により、費用は前後する可能性がある。

図表 26. 想定される費用（省エネ・分散型電源の導入）

施設	事業内容	費用
ホテル A	LED 照明の導入	約 1,000 万円
ホテル B	コジェネレーションシステムの導入	約 2.4 億円
	BEMS の導入	約 5,000 万円
	チラーの交換	約 6,000 万円
	ポンプの交換	約 1,000 万円
商業施設 A	BEMS の導入	約 1.4 億円
	チラーの交換	約 2.1 億円
	ポンプの交換	約 6,000 万円
	クーリングタワーの交換	約 6,000 万円
オフィスビル A	BEMS の導入	約 5,000 万円
	LED 照明の導入	約 1,000 万円
	チラーの交換	約 6,000 万円
	ポンプの交換	約 2,000 万円
合計		約 9.8 億円

4-6. 費用対効果(PJ全体費用÷エネルギー起源CO2排出削減量) (事業実施時)

4-6-1. 工業団地における熱電併給事業

工業団地における熱電併給事業に関する費用対効果の試算結果は下表のとおり

図表 27. 想定される費用対効果 (熱電併給事業)

サイト	事業内容	費用
SIER	電力 6MW、蒸気 20t/h のコジェネレーションシステムによる熱電併給事業	約 12 万円/tCO2/年
PIER	電力 16MW、蒸気 37t/h のコジェネレーションシステムによる熱電併給事業	約 8 万～11 万円/tCO2/年

4-6-2. 省エネ・分散型電源の導入

省エネ・分散型電源の導入に関する費用対効果の試算結果は下表のとおり。

図表 28. 想定される費用対効果 (省エネ・分散型電源の導入)

施設	事業内容	費用対効果
ホテル A	LED 照明の導入	約 10 万円/tCO2/年
ホテル B	コジェネレーションシステムの導入	約 8 万円/tCO2/年
	BEMS の導入	約 10 万円/tCO2/年
	チラーの交換	約 9 万円/tCO2/年
	ポンプの交換	約 9 万円/tCO2/年
商業施設 A	BEMS の導入	約 16 万円/tCO2/年
	チラーの交換	約 9 万円/tCO2/年
	ポンプの交換	約 9 万円/tCO2/年
	クーリングタワーの交換	約 27 万円/tCO2/年
オフィスビル A	BEMS の導入	約 13 万円/tCO2/年
	LED 照明の導入	約 10 万円/tCO2/年
	チラーの交換	約 6 万円/tCO2/年
	ポンプの交換	約 18 万円/tCO2/年

4-7. 計画達成事項／計画未達成事項とその理由 等

本調査の計画達成状況は下表のとおりである。

図表 29. 本調査の計画達成状況

工業団地における熱電併給事業に関する検討		
項目	実施内容	計画達成状況

MRV 方法論の作成	CDM、J クレジット等の類似制度を参照し、JCM に適用可能な方法論のドラフトを作成する	当初予定通り、方法論のドラフトを作成した。今後第三者機関の審査等が必要になると想定。
CO2削減量の計算	上記の方法論にもとづき、熱電併給事業の CO2 削減量を計算する	当初予定通り、CO2 削減量を計算した。
横展開可能性の調査	スラバヤ市近郊において熱電併給事業の展開可能性のある工業団地を特定し、基礎的な熱電需要を把握する	当初予定通り、PIER にて基礎的な熱電需要を把握した。1 社データ収集に応じてもらえず、推測データが含まれている。
建物の省エネ・分散型電源の導入に関する検討		
項目	実施内容	計画達成状況
大規模エネルギー消費施設の抽出	スラバヤ市内において省エネニーズがあると考えられる大規模エネルギー消費施設を抽出する	市役所等の協力によりスラバヤ市内の代表的な大規模エネルギー消費施設を抽出できた。ただし、病院、大学等は協力依頼に返答がなかったため調査対象とできず、今後の課題である。
省エネ診断	上記で抽出した施設にて、省エネ診断（ウォークスルー調査、エネルギー消費データの分析等）を実施する。加えて、推奨される省エネ対策を提示する。	当初予定通り、省エネ診断を実施し、推奨される省エネ対策を提案した。
費用対効果、CO2削減量の計算、実施体制の検討	省エネ対策の費用対効果、CO2 削減量を提示する。また各施設において事業化の体制を検討する。	当初予定通り、省エネ対策の費用対効果、CO2 削減量を提示した。また、提案に対応可能なメーカに声掛けを行い、事業化の検討を開始した。ESCO スキームについては、ファイナンス面を含めたより詳細な検討が今後の課題である。

5. 事業化に向けた検討

5-1. 事業化/JCM 化シナリオ

熱電併給事業は、現地にサービス提供を行う SPC を設立することを想定している。現状では、電力料金の安さが原因で事業成立のハードルは高い状況にあるため、まずは、日本政府による経済的な支援策（実証事業、補助金等）の活用を検討する。インドネシア政府の方針により今後電力料金は値上げされることは確実であり、事業環境が整った段階で、ビジネススペースでの普及拡大を目指す。

省エネ・分散型電源の導入は、初期段階は、JCM の設備補助事業を目標とした、日本側企業とインドネシア側顧客企業から構成される国際コンソーシアムを組成することを想定している。将来的には、まずは、LED 照明の導入を対象に、現地に ESCO サービスを行う企業を設立し、現地の顧客に対してサービスを行うことも検討している。また、これらの検討と同時に、スラバヤ市が実施している「Green Building Awareness Award」と連携したプロジェクト展開の可能性を検討する。

5-2. MRV 方法論、モニタリング体制

5-2-1. MRV 方法論

熱電併給事業について、JCM 事業に適用可能な MRV 方法論を検討した。検討にあたっては、CDM 方法論 AM0014, AM0048, J クレジット方法論 EN-S-007 を参照し、現地で適用しうる、出来る限り簡素な方法論を策定することを方針とした。

方法論タイトル：「コジェネレーションによる熱電併給」

方法論適用プロジェクトの概要

本方法論は、個別の需要家がボイラーによって蒸気、もしくは温水を製造、消費し、また電力を系統電力もしくは自家発電から供給されているケースをレファレンスシナリオとした場合に、個別の需要家を集約し、コジェネレーションシステムによる熱電併給を行うことで、化石燃料の消費量を削減させるプロジェクトに適用される。なお、本方法論は、個別の需要家の既存設備をコジェネレーションによる熱電併給に切り替えるプロジェクトにのみ適用が可能である。

用語の定義

用語	定義
コジェネレーションシステム	天然ガス、石油、LP ガス等を燃料として、エンジン、タービン、燃料電池等の方式により発電し、その際に生じる廃熱も同時に回収する、熱電併給システムを指す。

適格性要件

本方法論は、以下の要件をすべて満たすことができるプロジェクトに適用可能である。

		チェック
条件 1	各需要家がプロジェクト実施前にコジェネレーションシステムを導入していないこと	☐
条件 2	過去 1 年分の電力消費量、自家発電量、系統からの受電量データが取得可能であること	☐
条件 3	蒸気または温水の製造設備の効率が仕様書等から取得可能であること	☐

排出源と GHG のタイプ

事業の範囲における GHG 排出源並びに GHG のタイプは以下のとおり。

レファレンス排出量	
排出源	GHG のタイプ
施設内での消費される蒸気、温水の製造に伴う燃料消費	CO2
施設内で消費される電力の生産に伴う燃料消費	CO2
プロジェクト排出量	
排出源	GHG のタイプ
コジェネレーションシステムによる燃料消費	CO2

レファレンス排出量の設定とその算定

レファレンス排出量は、個別の需要家がボイラーによって蒸気、もしくは温水を製造、消費し、また電力を系統電力もしくは自家発電から供給され続けている場合の CO2 排出量とする。

$$RE_y = RE_{EL,y} + RE_{HT,y}$$

RE_y	レファレンスシナリオにおける CO2 排出量 (tCO ₂ /y)
$RE_{EL,y}$	レファレンスシナリオにおいて、個別の需要家に対して供給される電力の生産に伴って排出される CO2 の排出量(tCO ₂ /y)
$RE_{HT,y}$	レファレンスシナリオにおいて、個別の需要家に対して供給される熱の製造に伴って排出される CO2 の排出量(tCO ₂ /y)

(a) レファレンスシナリオにおいて、個別の需要家に対して供給される電力の生産に伴って排出される CO2 の排出量

レファレンスシナリオにおいて、個別の需要家に対して供給される電力の生産に伴って排出される CO2 の排出量は、以下の式から計算される。

$$RE_{EL,y} = \sum_j \sum_i (EL_{RE,j,i,y} \cdot EEF_{RE,i,y})$$

$EL_{RE,j,i,y}$ 需要家 i におけるコジェネレーションシステム j から供給される電力の消費量 (MWh)

$EEF_{RE,i,y}$ レファレンスシナリオにおける需要家 i の電力の CO2 排出係数 (tCO₂/MWh)

レファレンスシナリオにおける需要家 i の電力の CO2 排出係数は以下の式から計算される。

$$EEF_{RE,i,y} = w_{SG,i} \cdot EF_{PC,SG,i,y} + w_{GR,i} \cdot EF_{PC,GR,i,y}$$

$w_{SG,i}$ 需要家 i のレファレンスシナリオにおける消費電力量のうち、自家発電によって供給された電力量の比率 (fraction)

$w_{GR,i}$ 需要家 i のレファレンスシナリオにおける消費電力量のうち、系統から購入した電力量の比率(fraction)

$EF_{PC,SG,i,y}$ 自家発電による電力の CO2 排出係数 (tCO₂/MWh)

$EF_{PC,GR,i,y}$ 系統電力の CO2 排出係数 (tCO₂/MWh)

自家発電によって供給された電力量の比率、および系統から購入した電力量の比率は、以下の式で計算される。

$$w_{SG,i} = \frac{\sum_k EL_{SG,i,k}}{EL_{TC,i}} \quad \text{または、} \quad 1 - w_{GR,i}$$

$$w_{GR,i} = \frac{EL_{GR,i}}{EL_{TC,i}} \quad \text{または、} \quad 1 - w_{SG,i}$$

$EL_{SG,i,k}$ コジェネレーションシステムが導入される前の直近 1 年間で、需要家 i が燃料 k で自家発電を行った電力量(MWh)

$EL_{GR,i}$ コジェネレーションシステムが導入される前の直近 1 年間で、需要家 i が系統から供給された電力量 (MWh)

$EL_{TC,i}$ コジェネレーションシステムが導入される前の直近 1 年間における、需要

家 i の消費電力量の合計(MWh)

各需要家における、自家発電による電力の CO2 排出係数は、以下の式で計算される。

$$EF_{PC,SG,i,y} = \frac{\sum_k (CEF_{i,k} \cdot FC_{SG,i,k})}{\sum_k EL_{SG,i,k}}$$

:

$CEF_{i,k}$	需要家 i がレファレンスシナリオで自家発電用に消費した燃料 k の CO2 排出係数(tCO ₂ /TJ)
$FC_{SG,i,k}$	需要家 i がレファレンスシナリオで自家発電用に消費した燃料 k の消費量 (TJ)

需要家 i がレファレンスシナリオで自家発電用に消費した燃料 k の消費量は、以下の式で計算される。

$$FC_{SG,i,k} = F_{SG,i,k} \cdot NCV_{i,k}$$

$F_{SG,i,k}$	コジェネレーションシステムが導入される前の直近 1 年間で、需要家 i が自家発電用に消費した燃料 k の消費量(mass or volume units)
$NCV_{i,k}$	需要家 i がレファレンスシナリオで消費した燃料 k の単位発熱量 (TJ/mass or volume units)

(b) レファレンスシナリオにおいて、個別の需要家に対して供給される熱の製造に伴って排出される CO2 の排出量 (i) 蒸気 もしくは (ii) 温水)

(i) 蒸気

$$RE_{HT,y} = \sum_j \sum_i (SC_{RE,j,i,y} \cdot (100/\varepsilon_{ST,i}) \cdot CEF_{i,k})$$

$SC_{RE,j,i,y}$	需要家 i における、コジェネレーションシステム j から供給される蒸気の消費量 (TJ)
$\varepsilon_{ST,i}$	レファレンスシナリオにおける蒸気製造設備 i の効率 (%)
$CEF_{i,k}$	需要家 i がレファレンスシナリオで蒸気を自家製造するために消費した燃料 k の CO2 排出係数 (tCO ₂ /TJ)

需要家 i がコジェネレーションシステム j から購入した蒸気量は、以下の式で計算される。

$$SC_{RE,j,i,y} = S_{PJ,j,i,y} \cdot EN_{PJ,i}$$

$S_{PJ,j,i,y}$ 需要家 i がコジェネレーションシステム j から購入した蒸気量(tonnes).
 $EN_{PJ,i}$ 需要家 i がコジェネレーションシステム j から購入した蒸気の比エンタルピー(TJ/tonnes)

(ii) 温水

$$RE_{HT,y} = \sum_j \sum_i (HWC_{RE,j,i,y} \cdot (100/\varepsilon_{HW,i}) \cdot CEF_{i,k})$$

$HWC_{RE,j,i,y}$ 需要家 i における、コジェネレーションシステム j から供給される温水の消費量 (TJ)
 $\varepsilon_{HW,i}$ レファレンスシナリオにおける温水製造設備 i の効率 (%)
 $CEF_{i,k}$ 需要家 i がレファレンスシナリオで温水を自家製造するために消費した燃料 k の CO₂ 排出係数 (tCO₂/TJ)

プロジェクト排出量とその算定

プロジェクト排出量は、選択されたレファレンスと算定方法に関わらず、後述の算定式を用いて算定する

$$PE_y = \sum_j \sum_k (F_{j,k,y} \cdot NCV_{j,k,y} \cdot CEF_{j,k,y})$$

$F_{j,k,y}$ コジェネレーションシステム j が消費した燃料 k の消費量 (mass or volume units)
 $NCV_{j,k,y}$ コジェネレーションシステム j が消費した燃料 k の単位発熱量 (TJ/mass or volume units)
 $CEF_{j,k,y}$ コジェネレーションシステム j が消費した燃料 k の CO₂ 排出係数 (tCO₂/TJ)

リーケージ排出量とその算定

本方法論においては、熱電併給に関係するエネルギー消費全てを事業範囲に含める。したがって、リーケージ排出量は想定しない。

排出削減量の算定

排出削減量は、求められたレファレンス排出量及びプロジェクト排出量から算定する。

$$ER_y = RE_y - PE_y$$

ER_y	CO2 排出削減量 (tCO ₂ /y)
RE_y	レファレンス CO2 排出量 (tCO ₂ /y)
PE_y	プロジェクト CO2 排出量 (tCO ₂ /y)

データ・パラメータ

プロジェクト実施者は、選択したプロジェクト排出量の算定方法に基づき、下記に記されたパラメータのモニタリングを行う。

パラメータ	内容	モニタリング方法・頻度	品質管理/品質保証
$EL_{SG,i,k}$	コジェネレーションシステムが導入される前の直近 1 年間で、需要家 i が燃料 k で自家発電を行った電力量(MWh)	自家発電記録を確認する。	-
$CEF_{j,k}$	需要家 i がレファレンスシナリオで自家発電、蒸気および温水製造に消費した燃料 k の CO2 排出係数 (tCO ₂ /TJ)	プロジェクト実施地域で適用可能なデータを参照する。該当データがない場合には、IPCC の定めるデフォルト値を採用する。	最新値の確認を年 1 回行う
$EF_{PC,GR,i,y}$	系統電力の CO2 排出係数 (tCO ₂ /MWh)	対象国の政府公表値 ⁵ のうち対象プロジェクトに合致する最新の値を年 1 回記録する。	最新値の確認を年 1 回行う
$EL_{PCSG,i,y}$	需要家 i が自家発電によって生産した電力量の合計	毎月、電力計の値を確認する。	電力計は対象国基準もしくは国際基準に従う製品であることを確認する。また、記録時に電力計の異常有無を確認する。
$EL_{PJ,j,i,y}$	需要家 i がコジェネレーシ	毎月、電力計の値を確認す	電力計は対象国基準もし

⁵ 政府公表値として、地域別の数値を公表している場合は、プロジェクト実施地に該当する数値を選択する。なお、政府公表値より適切な値がある場合には、政府公表値以外の採用も可とする。

	オンシステムjから購入した電力量(MWh)	る。	くは国際基準に従う製品であることを確認する。 また、記録時に電力計の異常有無を確認する。
EN _{PJ,i}	需要家iがコジェネレーションシステムjから購入した蒸気の比エンタルピー(TJ/tonnes)	需要家側で計測された温度と圧力をもとに、蒸気表から得られるデータを確認する。	-
Steam temperature	需要家iがコジェネレーションシステムjから購入した蒸気の温度(°C)	温度計を用いて毎日計測し、一か月の平均値を計算する。	温度計は対象国基準もしくは国際基準に従う製品であることを確認する。 また、記録時に温度計の異常有無を確認する。
Steam pressure	需要家iがコジェネレーションシステムjから購入した蒸気の圧力(Mpa)	圧力計を用いて毎日計測し、一か月の平均値を計算する。	圧力計は対象国基準もしくは国際基準に従う製品であることを確認する。 また、記録時に圧力計の異常有無を確認する。
F _{j,k,y}	コジェネレーションシステムjが消費した燃料kの消費量(mass or volume units)	燃料購入記録、もしくはその他燃料消費記録データを確認する。	実測の場合は、記録時に計測器の異常有無を確認する。
NCV _{j,k}	コジェネレーションシステムjが消費した燃料kの単位発熱量(TJ/mass or volume units)	プロジェクト実施地域で適用可能なデータを参照する。 該当データがない場合には、IPCC ⁶ の定めるデフォルト値を採用する。	最新値の確認を年1回行う
SP _{J,j,i,y}	需要家iがコジェネレーションシステムjから購入した蒸気量(tonnes)	毎月、流量計の値を確認する。	流量計は対象国基準もしくは国際基準に従う製品であることを確認する。 また、記録時に流量計の異常有無を確認する。
HWC _{PJ,j,i,y}	需要家iがコジェネレーションシステムjから購入した熱量計の値を確認する。	毎月、熱量計の値を確認する。	熱量計は対象国基準もしくは国際基準に従う製品

⁶ 「2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories」

	た温水量(TJ)		であることを確認する。 また、記録時に熱量計の異常有無を確認する。
ELGR,i	コジェネレーションシステムが導入される前の直近 1 年間で、需要家 i が系統から供給された電力量 (MWh)	請求書等の記録を確認する。	-
ENRE,i	需要家 i がコジェネレーションシステム j の導入前に使用していた、蒸気製造設備 m から供給される蒸気のエンタルピー (TJ/tonnes)	需要家側で計測された温度と圧力をもとに、蒸気表から得られるデータを確認する。	-
ELTC,i	コジェネレーションシステムが導入される前の直近 1 年間における、需要家 i の消費電力量の合計 (MWh)	電力消費記録を確認する。	-
$\varepsilon_{ST,i}$	レファレンスシナリオにおける蒸気製造設備 i の効率 (%)	設備の仕様書を確認する	-
$\varepsilon_{HW,i}$	レファレンスシナリオにおける温水製造設備 i の効率 (%)	設備の仕様書を確認する	-

5-2-2. モニタリング体制

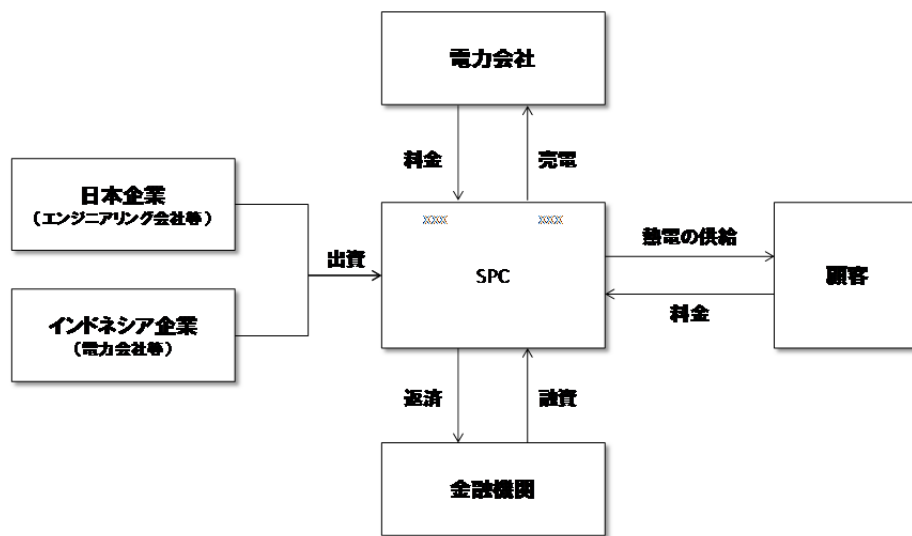
熱電併給事業のモニタリングは、熱電併給の事業主体である SPC の担当者が行う。現時点では、データ計測システムを各需要家に設置し、データを SPC 側で一括管理することを想定している。システムを導入しない場合には、各需要家に対して、設置されたメータのデータの管理を依頼し、月に 1 度、SPC の担当者がデータの回収を行うことを検討している。

5-3. 事業化体制

5-3-1. 工業団地における熱電併給事業

熱電併給事業は、現地にサービス提供を行う SPC を設立することを想定している。現時点で検討している事業化体制は下図の通り。

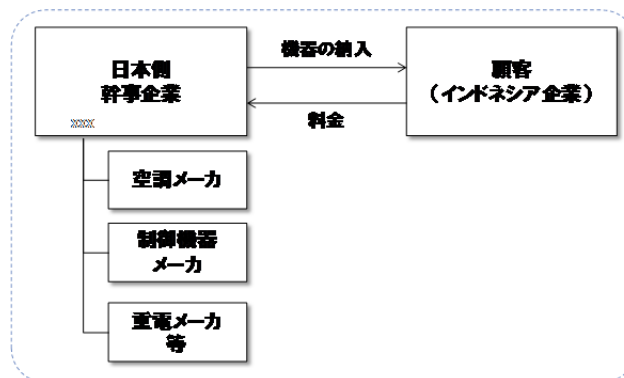
図表 30. 熱電併給事業の事業体制



5-3-2. 省エネ・分散型電源の導入

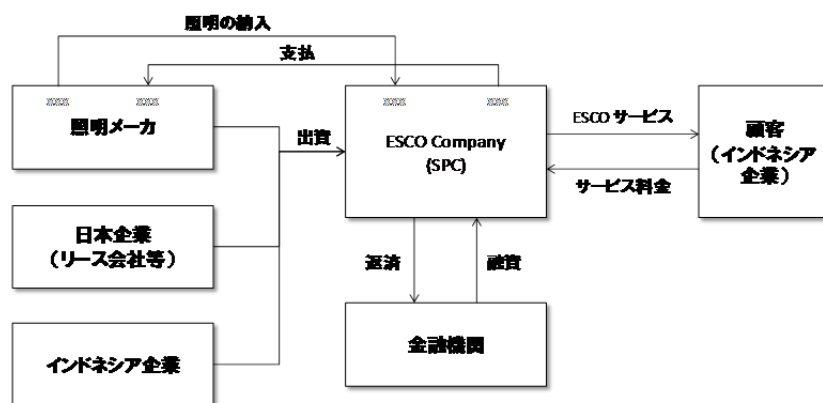
初期段階は、JCM の設備補助事業を目標とした、日本側企業とインドネシア側顧客企業から構成される国際コンソーシアムを組成することを想定している。

図表 31. 国際コンソーシアム



将来的には、まずは、LED 照明の導入を対象に、現地に ESCO サービスを行う企業を設立し、現地の顧客に対してサービスを行うことも検討している。

図表 32. 想定される ESCO の体制



5-4. 資金計画

5-4-1. 工業団地における熱電併給事業

熱電併給事業を行う SPC では、エクイティとデットの割合を 3:7 程度で検討している。出資者は日本企業とインドネシア企業の数社から構成される予定である。また、プロジェクトファイナンスによる資金調達については、現在国内の銀行と協議を進めている状況である。

5-4-2. 省エネ・分散型電源の導入

省エネ・分散型電源の導入については、まず、設備導入者側の自己資金で実施することを検討している。JCM を活用した設備の導入については、各施設とも非常に関心が高く、今後、提案内容を具体化し、設備の導入に向けて協議を進める予定である。

LED 照明の導入については、ESCO サービスを提供する SPC の設立も視野に入れている。インドネシアの日系企業では、資金調達を親子ローンや内部留保で行うケースが多い⁷。しかし、出資者が大企業でない場合には内部での資金調達が難しいケースが想定されるため、外部からの資金調達を検討する。現地の邦銀は日本企業の親会社の信用力をベースに低利のサービスを提供しており、今後、活用の可能性を協議したいと考えている。

5-4-3. 事業実施国側の資金支援スキームの活用可能性

インドネシアにおいては、熱電併給、および省エネ等の事業に対する資金支援スキームが充実しておらず、現時点では活用可能性が低いと考えている。今後、補助金や低利子融資等の省エネ優遇策が打ち出された場合には、積極的に活用を検討したいと考えている。

5-4-4. 環境省（日本）のスキーム（JICA、ADB、設備 1/2）の活用可能性 等

（1）工業団地における熱電併給事業

当該事業では、“一足飛び”型発展の実現に向けた資金支援(JICA/ADB)の活用が期待される。必要補助額の推算には今後の詳細検討が必要となるが、現時点では、PIER を玲とす

⁷ 金融庁「平成 24 年度インドネシアにおける金融インフラ整備支援のため基礎的調査」

ると、想定事業規模（初期投資額）約 30~40 億円のうち、30%程度（約 10 億円）程度の補助が得られることを期待している。今後の調査を通じ、上記資金支援のスキームの活用可能性について、環境省、および JICA 等の関係機関との協議が実施できれば幸いである。

（２）省エネ・分散型電源の導入

当該事業は、それぞれの事業規模が約 1,000 万円～4 億円の範囲に収まっており、また、早期の事業化が見込めることから、二国間クレジット制度（JCM）プロジェクト設備補助事業の活用が期待される。

５－５．日本製技術導入促進する為のアイデア

５－５－１．事業実施国で日本製技術導入が見込める調達構造を確立する方法

F/S 事業を活用した省エネ診断の実施は、省エネプロジェクトの大規模展開に向けた一つの施策となりうると考えている。日本企業の現地展開にとってハードルの一つは、現地の顧客候補へのアクセスである。日系企業を中心に営業活動を行っている企業は、コネクションが限られており、現地資本の企業へアクセスすることが難しい状況である。

そのハードルを下げる一つの方法が省エネ診断である。省エネ診断は、顧客にとって実施メリットがあるため、受け入れられやすい。省エネ診断で顧客側のニーズ（実施すべき省エネ対策）が顕在化し、顧客側からも、対応可能な設備メーカー等を紹介してほしいとの声が挙がるようになっている。実際に、平成 25 年度の F/S では、省エネ診断が商談の入り口としてスムーズに機能し、日本企業を複数社紹介することができた。この経験を踏まえ、平成 26 年度以降も、同様の FS 事業を通じ、省エネ診断による案件発掘を継続的に行うことが有効であると考ええる。

５－５－２．事業実施国の法規制に折り込む方法

（１）北九州市とスラバヤ市における都市間協力関係を活かした活動

引き続き、自治体間の協力関係に基づくプロジェクト展開は有効であると考えられる。本事業では、北九州市とスラバヤ市の環境姉妹都市関係をベースとして、スラバヤ市から案件紹介や必要な許認可関係の取得のサポートを得ることが可能である。また、スラバヤ市が推進する政策との連動を図ることで、スラバヤ市全域における、JCM 事業の大規模展開が期待される。一例として、現在、スラバヤ市では、建物のグリーン化普及を目指し、「Green Building Awareness Award」を実施することを予定している。この制度は、Green Planning and Design、Green Transportation、Green Waste、Green Space、Green Community、Green Building、Green Water、Green Energy の各側面から、建物を評価し、優れたグリーン化の事例を表彰する制度である。本制度と JCM を連携させる（例：表彰された事業者は JCM 事業化のサポートを受けることが可能になる等）ことで、JCM の認知度向上のみならず、継続的な JCM 案件の発掘、組成が可能になると考えられる。

（２）中央政府の省エネ政策等との連動

インドネシアでは、省エネ投資に対する補助メニューが不足しており、初期投資が必要とされる省エネ対策は進んでいない状況である。エネルギー鉱物資源省は、省エネ推進策として無料でエネルギー監査を受けられるプログラムを実施しているが、期待される効果は得られていない。監査を受けた事業者には推奨される省エネ対策を提示しているが、費用がかかる省エネ対策は、実際には、ほぼ実施されていない状況であり、エネルギー鉱物資源省はこの点を問題視している。対策として、将来的にリヴォルビングファンドのような補助メニューを導入する予定はあるものの、まだ内容は具体化されていない状況である。

JCM 事業へ応募することによって経済的なメリット（例：設備補助、将来的に実現する排出権の売却益獲得等）を見込めるのであれば、JCM はインドネシア政府の省エネ政策に不足している部分を補完する形となり、省エネ対策の実施を検討している事業者にとってはメリットが大きい。エネルギー監査プログラムで提示される省エネメニューが、JCM を出口として実際に実施されるような仕組みが実現できれば、同国における近年の省エネニーズの高まりを取り込むことができ、JCM を通じた省エネ対策が大規模展開される可能性があると考えられる。

５－５－３．GHG 削減以外のコベネフィットを事業化時の利点として活用する方法等

熱電併給事業においては、オンサイト型のコジェネレーションシステムを導入することにより、不安定な系統電力と比較して、電力供給の安定化、停電率の減少を効果として見込むことが出来る。また、天然ガスを燃料としているため、系統電力と比較して環境負荷が低い。これらの点を活かし、プレミアムタリフを設定し、事業性を向上させることが考えられる。

５－６．事業化に向けた課題・要望と解決策

５－６－１．工業団地における熱電併給事業

（１）安定的な天然ガスの供給

天然ガスの供給量の不足や価格の上昇は、熱電併給事業の事業性に大きく影響する。現状では、スラバヤ市周辺の天然ガス供給状況は良好であるものの、長期的には天然ガスの供給がタイトになる可能性がある。契約期間や価格設定等について、ガス供給事業者からより良い契約条件を引き出す必要がある。また、長期的な視点から、コジェネレーション向け天然ガス価格の優遇等、インドネシア政府に対して政策提言を行っていくことも考えられる。

（２）電力料金の設定

PLN は約４割の収入を補助金に頼っており、電力料金は安価に抑えられている。近年、電力料金は上がってきているものの、まだ熱電併給事業がビジネスベースに乗るレベルではない。現状では、顧客とプレミアムタリフの設定について交渉を行う等の解決策が考えられ

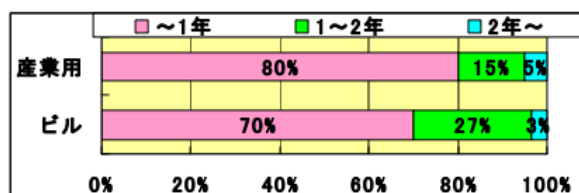
る。また、PLN に大部分の電力を優遇価格で購入してもらうスキームを構築し、収入源のベースとすることも考えられる。

5-6-2. 省エネ・分散型電源の導入

(1) 初期投資負担の軽減に向けた施策の実施

インドネシア国内の企業における省エネ投資に対する姿勢について、日本エネルギー経済研究所が調査した結果では、インドネシア国内でエネルギー監査を受けた企業 50 社が実施した省エネ投資のうち、大半の省エネ投資が投資回収期間 1 年以内に集中している。各企業が短期に投資を回収する必要があること、投資回収期間が長い対策が導入されにくいことが推察される。この背景には、金利の高さや資金の借り入れ制約があると考えられている⁸。

図表 33. インドネシアにおける省エネ投資の投資回収年



(出典：日本エネルギー経済研究所資料)

また、現地では、省エネ対策への理解が進んでいないこともあり、一度に高額の設備を導入することには抵抗があるため、初期投資を回避する割賦払いへのニーズがある。

この状況はエネルギー・鉱物資源省の省エネ政策担当者も認識しており、担当者には、初期投資の負担を軽減する ESCO サービスを普及させたいとの意向がある⁹。シェアードセイビング型の ESCO はこのような現地ニーズに合致するが、実際に ESCO を行う場合には、顧客に代わって、サービス提供を行う事業者が外部から資金を調達して設備を調達することになるため、現在の高金利の状況は、事業の経済性を悪化させる要因となる。補助金の給付は初期投資額の軽減にとって有効であるが、それと同時に、ESCO に対する優遇金利の設定等が期待される。

(2) 与信管理

現地企業を相手とした長期的なサービス提供を行う際には、与信管理が課題となる。今後、事業化にあたっては、現地で与信関連のノウハウがある企業と連携し、確実に事業が実施できるスキームを検討したい。

⁸ 日本エネルギー経済研究所、2010、「インドネシアにおける省エネルギーの現状と今後の課題 - 省エネルギー投資（鉄鋼・セメント）の採算性と補助金の効果について -」

⁹ エネルギー・鉱物資源省へのヒアリング

5-7. 今後の展開方針や具体的なスケジュール 等

5-7-1. 工業団地における熱電併給事業

平成 26 年度の F/S 事業にて詳細な事業性分析を行うとともに、各ステークホルダ（需要家、自治体、電力会社、ガス会社、工業団地運営会社）との協議を進める。F/S 終了後、契約/許認可手続き等に半年、EPC に 2 年の所要期間を想定している。事業開始は平成 29 年度以降となる。

図表 34. 工業団地における熱電併給事業の想定スケジュール

	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度
F/S の実施	→			
契約/許認可手続き		→		
EPC		→	→	→
サービス提供				→

5-7-2. 省エネ・分散型電源の導入

平成 26 年度以降は、事業内容の詳細化とともに、設備補助事業への申請準備を進める。設備補助事業による事業化の時期は平成 27 年度中が目標になると考えているが、より早期に事業実施に合意した事業については、平成 26 年度中の設備補助事業への応募も検討する。

図表 35. 建物の省エネおよび分散電源導入事業の想定スケジュール

	平成 26 年度	平成 27 年度
事業内容の詳細化	→	
カウンターパートとの合意形成	→	
設備補助事業への応募		→

交通分野：株式会社アルメック VPI

平成 25 年度アジアの低炭素化社会実現のための JCM 大規模案件形成可能性調査
インドネシア国スラバヤ市における低炭素都市計画策定のための技術協力事業
- 報告書（交通分野） -

1. 対象国・対象都市の諸制度・事業環境.....	1
1.1 社会経済状況	1
1.2 エネルギー政策	2
1.3 交通関連インフラ等の整備状況	4
1.4 スラバヤ市の交通整備計画	6
2. 調査対象事業	7
2.1 事業の方針	7
2.2 適用技術	7
3. 調査方法	9
3.1 調査の目的	9
3.2 調査フロー	9
3.3 調査方法	10
3.4 調査体制	12
3.5 調査スケジュール	12
4. 調査結果	13
4.1 運行実態調査結果	13
4.2 事業実態調査結果	21
4.3 交通状況調査結果	30
4.4 JCM 案件の評価	33
4.5 JCM 案件の絞り込み	35
5. 事業化に向けた検討	36
5.1 事業実施体制	36
5.2 投資回収期間	36
5.3 スケジュール	37
5.4 概算事業費	38
5.5 MRV 方法論の作成	39
5.6 モニタリング体制	58
5.7 排出削減量の推計	59
5.8 コベネフィット効果	61
5.9 事業化に向けた課題	62
5.10 今後の展開方針	62

1. 対象国・対象都市の諸制度・事業環境

1.1 社会経済状況

(1) スラバヤ市の位置

本調査の対象地域スラバヤ市は、ジャワ島北岸のマス川河口に位置する人口約 300 万人のインドネシア第 2 の都市であり、東ジャワ州の州都である。市内を南北に Kali Mas 川が流れ、それに沿うような形で町は発展している。

スラバヤ市は東部ジャワ州の陸上交通の要衝であり、スマラン、ジャカルタ方面、ジョクジャカルタ方面、マラン方面とはいずれもジャワ北幹線鉄道、ジャワ南幹線鉄道等で結ばれている。また、市南方郊外には国内外を結ぶジュアンダ国際空港がある。

市内の交通機関は、公共交通機関として主要ターミナルを拠点とした大型市内バスのほか、サブ・ターミナルを拠点としたミニバス、アンコット、タクシー等がある。長距離および郊外からのバスは、同市内のバスターミナルまで運行し、そのバスターミナルで都市間バスから市内バスに乗り換えて目的地に向かう。スラバヤシに最も近いターミナルは、市の南方に位置するプラバヤ(Purabaya)バスターミナルである。



図 1.(1) スラバヤ市の位

マップの出所：Google マップ

(2) 人口および人口密度

スラバヤ市の人口はこの20年間増加傾向にあり、人口密度は日本の東京都や大阪府を上回っている。

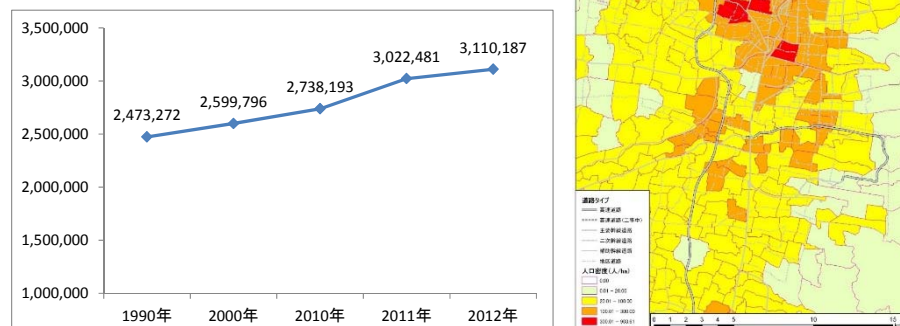


図 1.(2) スラバヤ市の人口と人口密度

出典) Surabaya City Government (surabaya.go.id)

(3) 自動車登録台数

インドネシア国全体の自動車販売台数は近年増加基調にある。商用車のシェアが高まっているが、依然として乗用車のシェアは高い。

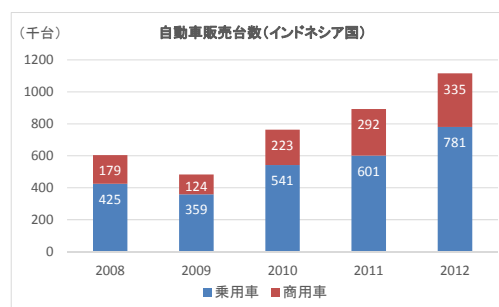


図 1.(3) インドネシアの自動車販売台数

出典) インドネシア自動車工業会 (GAIKINDO)

1.2 エネルギー政策

インドネシア国では、天然ガスを活用したエネルギー戦略推進が主要な政策課題となっており、エネルギー戦略、大気環境保全対策の二つの視点から様々な低公害交通システム整備が目指されている。

2001年石油ガス法（法律2001年第22号）は、政府に燃料の安定供給を義務づけガスの国内供給を輸出よりも優先するよう定めており、2007年エネルギー法（法律2007年第30号）は、国内供給の確保を外貨獲得よりも上位の目的に掲げている。

2012年には大統領令によりCNGV普及が国の方針とされている（CNGの供給、流通、道路輸送用のガス燃料の価格に関する大統領令）。

□インドネシア政府のエネルギー政策に関する動き

2001 年 法律第 22 号	石油と天然ガスに関する法律
2007 年 法律第 30 号	エネルギーの保護と多様化に関する法律
2012 年 大統領令第 64 号	供給、流通、道路輸送用のガス燃料の価格に関する大統領令 a. 2013 年 12 月 31 日までに CNG の供給・流通のためのコーディネーターとして最初にはプルタミナを指定する。 b. エネルギー鉱物資源省（ESDM）は CNG の供給と流通のための別の組織を任命できる。 c. ESDM は、工業省とともに 2012 年の期間に変換キットを提供し配布する。 d. 工業省は変換キットの取り付けと提供できる企業に直接に委託する（2013 年）。企業体は、変換キットの国産化（現地調達）の資格と条件を必ず満たさなければならない。
2012 年 運輸大臣 RI No.39	自動車に圧縮天然ガス（CNG）自動車の規制を規定 a. ガス燃料消費取り付けシステムの設置要件 b. 規約代理店 c. 手順規格と技術的な充てん（注：すぐに技術指針の手順書を発行）
2012 年 工業大臣 No.70/M-IND/PER	車両に構成部品の変換キットの技術要件について規制（注：すぐに技術指針の手順書を発行）
2012 年 ジャカルタ 州知事	2012 年 10 月 31 日から公共交通機関や市役所の公用車にガス燃料を利用することを規定

インドネシアの一次エネルギー源の構成は、石油が 9 割近くを占めていた初期段階から 1980～90 年代には天然ガスが伸び、2000 年代には天然ガスとともに石炭が拡大した。今後は新・再生可能エネルギーを拡大させ、エネルギーセキュリティの向上を図る方針である。

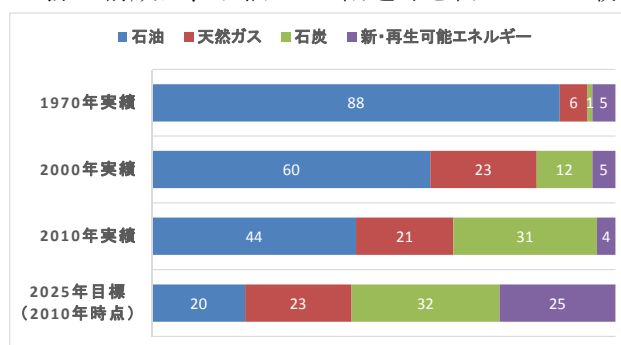


図 1.(4) インドネシア国のエネルギー割合
出典）エネルギー鉱業省資料

□ 参考データ: ガソリンおよび CNG 価格の推移

ガソリンと CNG の価格を以下に示す。ガソリンと CNG の価格差は、2012 年まで年々縮小する傾向にあったが、2013 年、CNG 価格は 3100Rp で据え置きのままガソリン価格を 4500Rp から 6500Rp に増額したため、CNG 価格はガソリンの半額以下になった。

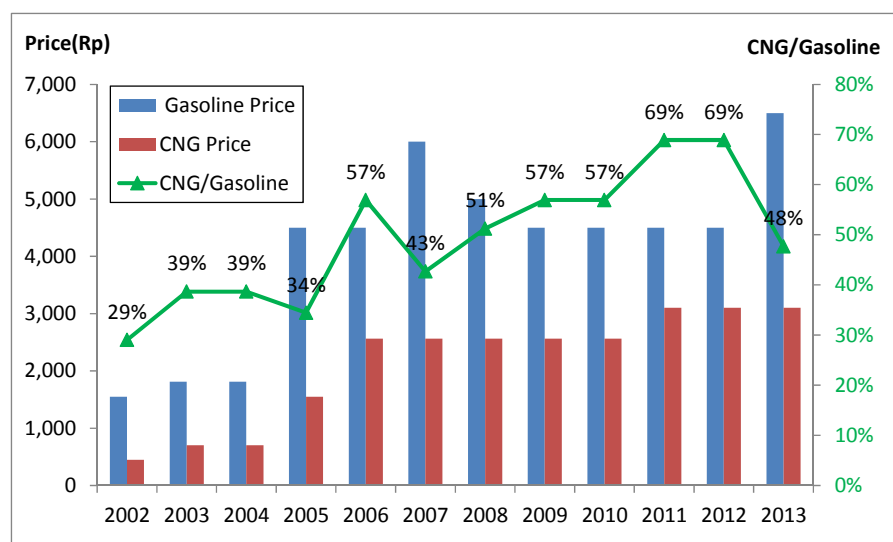


図 1.(5) ガソリンおよび CNG 価格

Gasoline、CNG とも Pertamina 価格

1.3 交通関連インフラ等の整備状況

(1) 道路交通

スラバヤ市内の道路網は全体的に比較的整備されており、スラバヤ市街地を中心に環状を呈する道路網と、空港方面から市街地外縁をバイパスで通過しスラバヤ港に至る高速道路(TollRoad)およびこの高速道路と連絡している長距離の都市間道路がある。

幹線道路はある程度整備されているものの、自家用車等の急激な増加に伴う交通渋滞の悪化により、公共輸送機関のサービスが低下し、これが自家用車、特に中間所得層の自家用バイクの利用を促進するという悪循環がみられる。

また、大規模な一方通行システムを採用しており、交差点の混雑を軽減している一方、車両あたりの走行キロ数を増加させている。

(2) 公共交通

市内の公共交通機関は、公共交通機関として主要ターミナルを拠点とした大型市内バス、また、サブ・ターミナルを拠点としたミニバス、アンコット、タクシー等がある。スラバヤ市には 20 社以上のタクシー事業者があり、タクシー

車両数は約 4,200 台である。

都市圏のバス路線は、公営会社 DAMRI を中心にその他数社の民間バス事業者が運行している。長距離および郊外からのバスは、同市内のバスターミナルまで運行しバスターミナルで都市間バスから市内バスに乗り換えて目的地に向かう。また、サブ・ターミナルは、市内バスとミニバス等パラ・トランジットとの乗り換えを対象としている。

スラバヤ市に最も近いターミナルは、市の南方に位置するプラバヤ(Purabaya)バスターミナルである。

過年度調査結果（出典：インドネシア国スラバヤ広域都市圏地域開発計画調査、2009 年、JICA インドネシア事務所）によれば、プラバヤターミナルでは市内バスが 263 本/日、その他都市間バスも乗り入れており、通常 4 万人～5 万人/日、週末・祝祭日にかけては 8～10 万人/日の乗降客があり、タクシーや自家用車の乗り入れもあるため、ターミナル周辺の交通渋滞とあわせてターミナル内外ともに混雑している。

大型バスおよびミニバス類は、ターミナル等では満員になるまで発車しないケースが多く、定時性確保への影響、ターミナルの混雑、中間停留所で待合客が乗車できない等の問題がある。

スラバヤ市内には、国営バス会社（DAMRI）のほか、民間のバス会社が 32 社あり、市内のバス車両数は約 2,000 台である。うち、国営バス会社 DAMRI は約 250 台のバス車両を保有している。

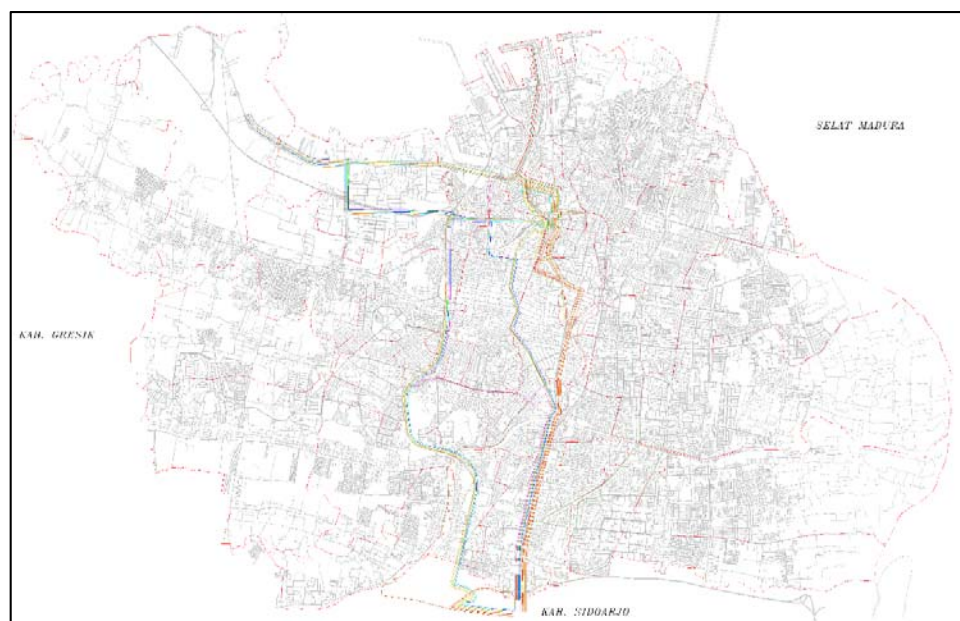


図 1.(6) スラバヤ市内のバスルート

出典) RUTE BUS KOTA SURABAYA 2009

スラバヤ市内のアンコットは全 79 ルート (Organda:50、SPTI:29)、車両数は約 5400 台あり、そのうち実際に運行しているのは約 3000 台である (Organda ヒアリングより)。

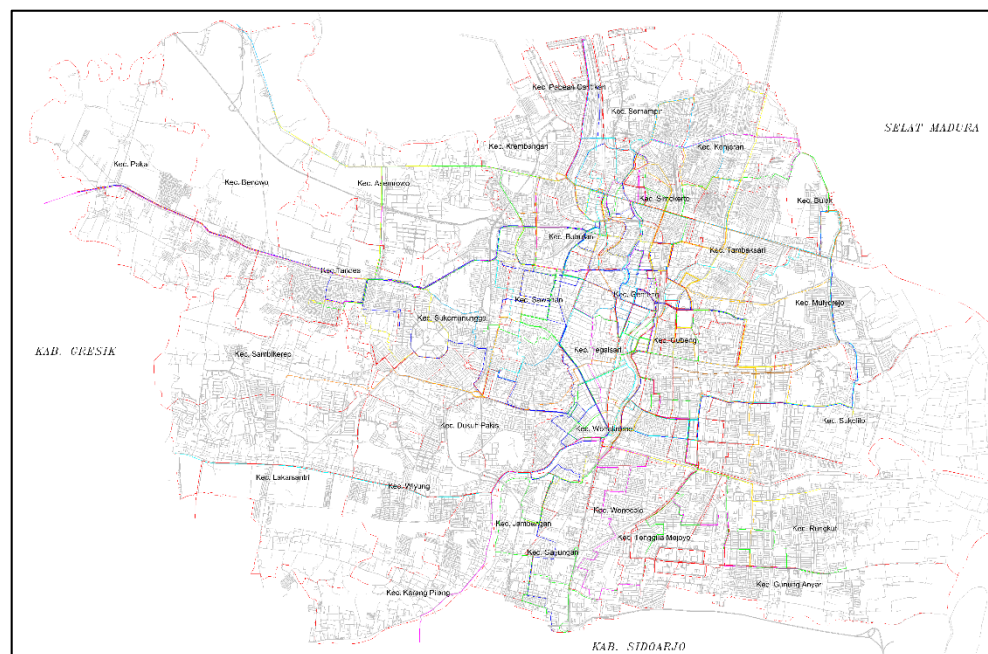


図 1.(7) スラバヤ市内のアンコットルート

出典) RUTE ANGKUTAN KOTA (ANGKOT) KOTA SURABAYA 2009

1.4 スラバヤ市の交通整備計画

2011 年の JICA 調査「スラバヤ広域都市圏地域開発計画調査」では、2030 年の都市交通体系の構想を示しており、Mass Rapid Transit(MRT)、Bus Rapid Transit(BRT)が位置づけられている。

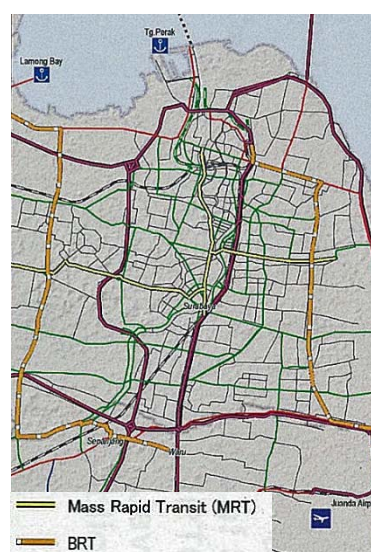


図 1.(8) スラバヤ市の都市交通構想図 (2030 年)

出典) インドネシア共和国スラバヤ広域都市圏地域開発計画調査 2011 年 JICA

2. 調査対象事業

2.1 事業の方針

□長期目標：BRT 整備に合わせた CNG 車両導入

現在、スラバヤ市内のバスはターミナルで満員になるまで発車しないケースが多く、定時性確保や中間停留所で待合客が乗車できない等の問題があるほか、バス利用における安全面にも懸念がある。そこで、スラバヤ市の 2030 年の都市交通体系に位置づけられている BRT の整備に合わせて CNG 車両を使用し、環境・安全・利便性のあらゆる面でサービス水準の向上を図る。



トランスジャカルタ

□短中期目標：バス・タクシーへの CNG 車両導入

長期目標として BRT への CNG 車導入を見据え、BRT 整備に合わせて CNG がスムーズに運用できるように、短中期にバスおよびタクシーへの CNG 車両導入、CNG ステーションの増設、CNG 管理体制の構築を図る。

2.2 適用技術

主な導入技術は、CNG 自動車と CNG ステーションの 2 つである。CNG 自動車は、天然ガスを気体のまま高圧（20MPa）でガス容器に貯蔵する車両であり、天然ガス専焼車（圧縮天然ガスだけを燃料にする車両）と、バイフューエル車（圧縮天然ガスとガソリンのどちらの燃料でも走行可能）などがある。CNG ステーションには、パイプライン（天然ガス移送のために管を連続的に接合したシステム）と、マザードーター（ガス燃料をトレーラーで輸送するシステム）がある。

■バイフューエル変換コスト比較、ガソリン車から変換の場合

日本	50 万～70 万円（FKmechanic）、100 万円（HKS） *いずれも施工費込み、メーカーHP、聞き取りより
イタリア	20 万円程度（Lovato）* AutoGas 社ヒアリングより
中国	2 万円～3 万円（Tianlan Gas） *メーカーHP より

<参考：CNG 自動車の種類>

天然ガス自動車は、燃料の貯蔵方式により下記のように分類される。

①圧縮天然ガス自動車（CNG 自動車）

天然ガスを気体のまま、高圧（20MPa）でガス容器に貯蔵

②液化天然ガス自動車（LNG 自動車）

天然ガスを液体（ -162°C ）で、超低温容器に貯蔵

③吸着天然ガス自動車（ANG 自動車）

天然ガスを、ガス容器内の吸着材に吸着させ、圧力数 MPa で貯蔵

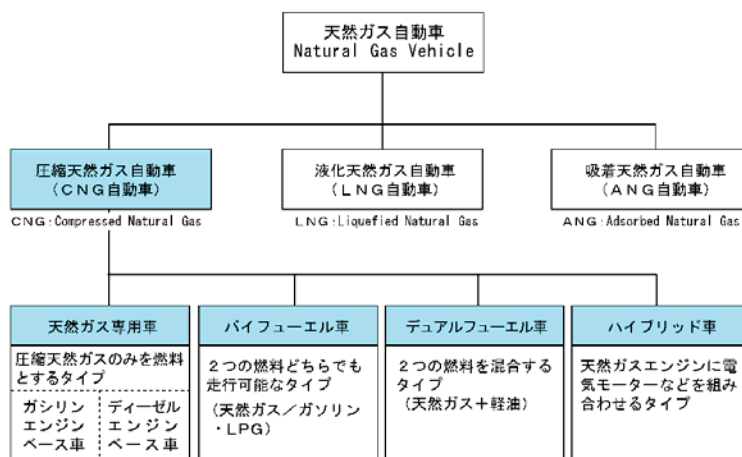
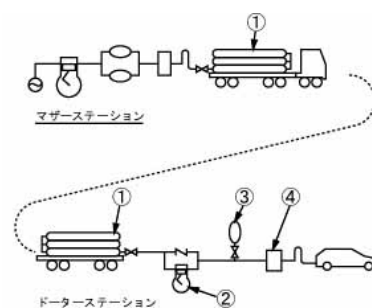


図 2.(1) 天然ガス自動車の種類

出典）一般社団法人日本ガス協会

<参考：CNG ステーションの種類>

パイプライン	天然ガスを移送するために、地上や水底面、水底面下に設置された、管を連続的に接合したシステム
マザードーター (mother - daughter)	ガス管が通じていない地域で天然ガススタンドを運営するため、原料となるガスを既存の急速充填所（マザーステーション）で容器に充填し、これを現地の天然ガススタンド（ドーターステーション）にトレーラーで輸送し、そこから各自動車に充填する方式 ①カードルトレーラー：マザーステーションでガスを充填し、ドーターステーションに運搬する ②圧縮機：カードル（高圧ガスポンペを複数本まとめたもの）のガスをドーターステーションの蓄ガス器へ移す ③蓄ガス器：カードルのガスを受け入れる ④ディスペンサー： 制御弁、流量計を内蔵



3. 調査方法

3.1 調査の目的

スラバヤ市で短期的に実現可能と考えられる「低炭素車両導入」および「運行効率化」による環境改善・排出削減事業等について、運行実態調査、交通状況や CNG インフラ等の現状把握、関係者ヒアリングによる事業状況の整理を行い、実現可能性の高い事業を選定する。

選定された事業に対し、FS 調査を実施し、2014 年度のモデル事業に向けた事業計画および MRV 方法論の作成等を行う。

本調査で対象とする車両は、以下の 4 種類である。

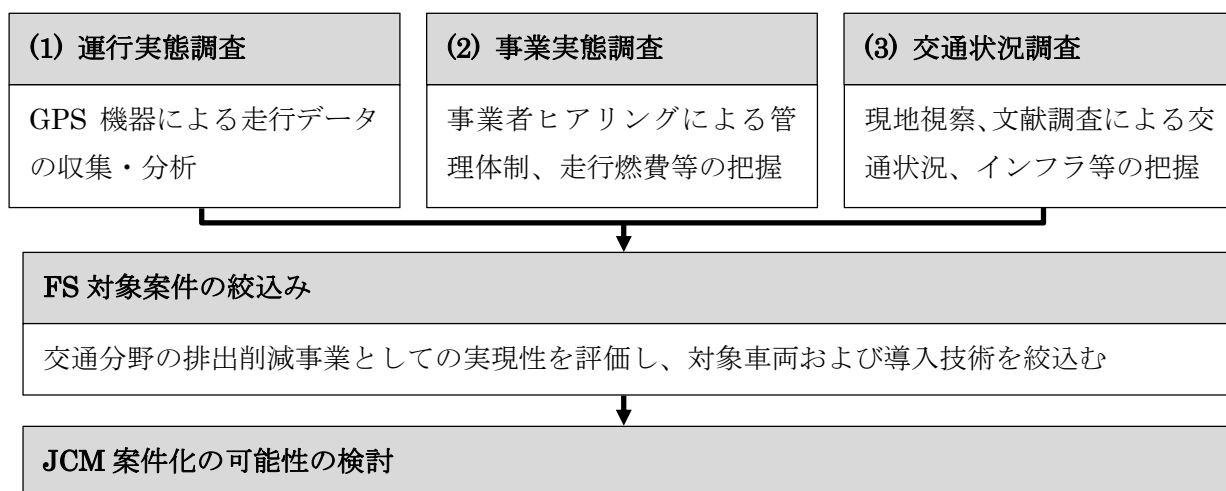
公共交通			廃棄物運搬車
バス	タクシー	アンコット	
			

本調査で導入を見込む技術（案件）は以下の 2 件である。

低炭素車両導入	CNG 自動車、電気自動車 (EV)、ハイブリッド車 (HV) などの導入・普及による環境改善・排出削減事業
運行管理改善	TDM 施策を含めた運行管理改善による環境改善・排出削減事業

3.2 調査フロー

本調査の主な流れを以下に示す。



3.3 調査方法

(1) 運行実体調査

調査対象車両に通信機能付き小型 GPS を設置し、1 週間の走行データを取得する。運行実態調査の概要を以下に示す。

目的	調査対象車両の運行実態を把握するため、下記の指標を集計し、運行効率改善の可能性および低炭素車両導入の必要性を評価する。 ✓ 1 日当たりの運行時間（出庫～入庫） ✓ 運行時間に占める運送時間（休憩、待機時間を除く） ✓ 運送時間に占める走行時間（停車時間を除く） ✓ 平均速度 ✓ 運転特性（速度変化やアイドリング比率など） ✓ 渋滞状況
方法	■ 本調査の対象車両であるバス、タクシー、アンコット、廃棄物運搬車の各 10 台、合計 40 台に GPS を設置 ■ データ取得期間は、8/19 から 8/30 の期間中の 1 週間
GPS の仕様	■ GPS のデータ間隔：30 秒 ■ GPS により取得できるデータ ✓ 緯度・経度（位置、走行距離など） ✓ 時刻（運行時間、走行時間など） ✓ 速度（平均速度など） ✓ エンジン ON/OFF（アイドリング比率など）

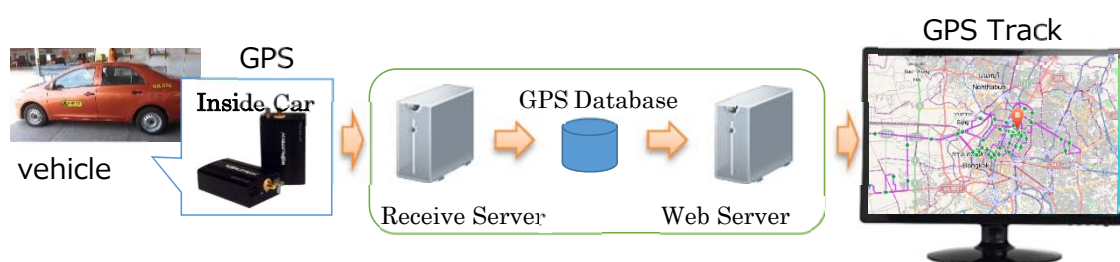


図 3.(1) GPS によるデータ取得の流れ

(2) 事業実態調査

本調査のカウンターパートであるスラバヤ市開発計画局（BAPPEKO）、スラバヤ市交通局（Dishub）のほか、調査対象車両を管理する運行事業者にヒアリングを行い、事業実態（車両数、燃費データ、管理体制など）を把握する。また、低炭素車両導入を踏まえ、関係機関（CNG 関係、電気自動車会社、物流会社）にもヒアリングを行う。事業実態調査の概要を以下に示す。

目的	関係機関に交通分野の調査概要および GPS 調査結果を報告するとともに、スラバヤ市行政、運輸事業者の事業実態の把握、低炭素車両導入に関する最新情報（CNG や EV の導入・開発状況など）を把握し、運行効率化／低炭素車両導入が評価できる情報を収集する。
ヒアリング先	□BAPPEKO、Dishub、DKP、運行事業者の代表者との合同会議 ✓ 交通分野の調査概要および GPS 調査結果の報告 ✓ 交通分野の方向性についての意見交換 □運行事業者への個別ヒアリング（バス、タクシー、アンコット、廃棄物運搬車） ✓ 交通分野の調査概要および GPS 調査結果の報告 ✓ 事業実態（車両数、燃費データ、管理体制など）の把握 ✓ 低炭素車両導入に関するこれまでの取り組み、事業者としての意向／計画、課題などの意見交換 □CNG 供給事業者及び CNG 改造業者へのヒアリング ✓ CNG 供給量やインフラ整備の現状と計画 ✓ CNG 車導入の取り組みと計画 ✓ JCM 事業への意向 □EV 開発業者へのヒアリング ✓ スラバヤ市での EV 導入の現状と計画 ✓ 公共交通車両への EV の適用性 ✓ JCM 事業への意向 □物流業者へのヒアリング ✓ 物流トラックの運行状況、車両数などの現状 ✓ 運行改善やエコドライブの可能性

(3) 交通状況調査

現地視察により、バスターミナルや CNG ステーションの位置、道路交通などの現状を把握し、低炭素車両導入を概略評価できる現地情報を収集する。

3.4 調査体制

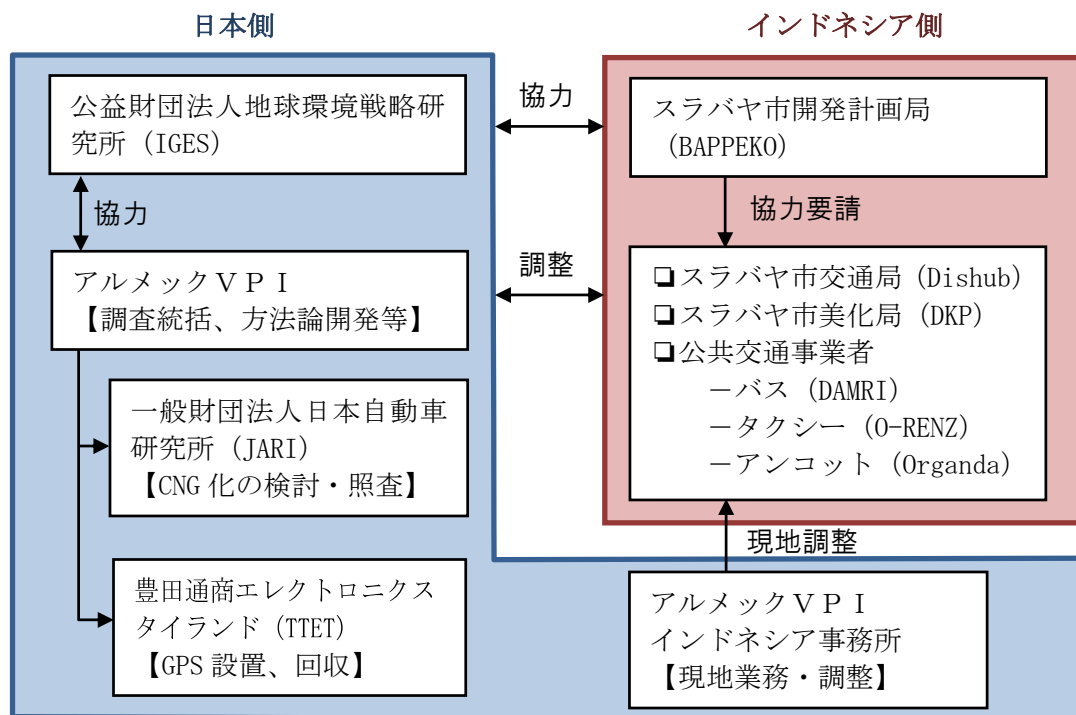


図 3.(2) 調査体制

3.5 調査スケジュール

	2013 年							2014 年	
	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月
調査計画立案・データ収集	■	■							
(1) 運行実態調査									
GPS 調査 (準備・実施)			■	■					
データ集計・解析				■	■				
(2) 事業実態調査 (準備・実施)				■	■				
(3) 交通状況調査					■	■			
(4) FS 対象案件の絞り込み					■	■			
(5) JCM 案件化の可能性の検討						■	■	■	■
現地調査		■			■	■		■	
関係者会議	■	■				■		■	
報告書取りまとめ					■	■		■	■

中間報告書(11/8) 最終報告書(2/21)

図 3.(3) 調査スケジュール

4. 調査結果

4.1 運行実態調査結果

(1) 運行状況 (Travel time ratio)

各車両の走行距離、運行時間や走行時間、平均速度等の運行データから、現状の運行について下記のことがいえる。

- バスの Travel time ratio は 86%と高いうえ、車両によるばらつきも小さいことから、運行効率は高いといえる。
- タクシーの Travel time ratio は 60%とそこそこ高く、車両によるばらつきも小さいことから、運行効率は問題ないと考えられる。
- アンコットと廃棄物運搬車の Travel time ratio はいずれも 50%以下と低いうえ、車両によるばらつきが大きい。

参考：Travel time ratio は「運行時間に占める走行時間の割合」である。たとえば Travel time ratio が 50%の場合、朝 8:00 に出庫して夜 20:00 に帰庫するまでの 12 時間のうち、走行時間（エンジン ON の時間）は 6 時間、残りの 6 時間はエンジン OFF であることを意味する。

表 4.(1) 運行状況

(1 日あたりの平均値)

a)Vehicle Type	b)Distance (km)	c)Operate time(hour)	d)Travel time(hour)	e)Operate time ratio(%) [=c/24]	f)Travel time ratio(%) [=d/c]	g)Average speed(km/h) <operate time> [b/c]	h)Average speed(km/h) <travel time> [b/d]
Angkot(10)	94.9	12.7	6.2	53%	48%	7.2	15.0
Bus(4)	151.7	15.0	13.0	62%	86%	10.0	11.5
Taxi(10)	176.6	16.7	10.0	70%	60%	10.6	17.6
Truck(10)	56.7	8.4	4.0	35%	49%	6.9	14.1

表 4.(2) 表 4.(1)の項目の定義

項目	内容
a)Vehicle Type	調査対象の4車種、()内はサンプル数
b)Distance(km)	平均走行距離
c)Operate time(hour)	運行時間(出庫から帰庫まで)
d)Travel time(hour)	走行時間(エンジンONの時間)
e)Operate time ratio(%) [=c/24]	24時間のうちの運行時間の割合
f)Travel time ratio(%) [=d/c]	運行時間に占める走行時間の割合
g)Average speed(km/h) <operate time>[b/c]	平均速度(走行距離／運行時間)
h)Average speed(km/h) <travel time>[b/d]	平均速度(走行距離／走行時間)

調査対象 4 車種の Travel time ratio を比較すると、バスとタクシーの比率が高い。

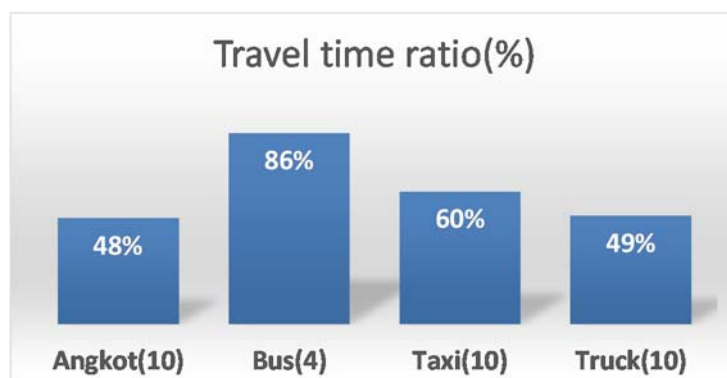


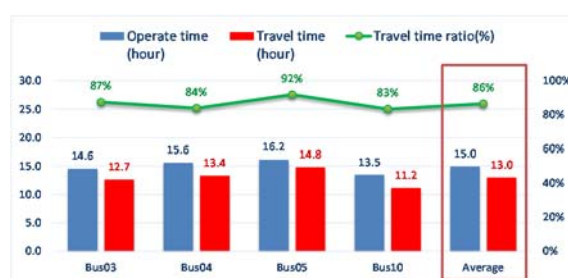
図 4.(1) Travel time ratio (4 車種の平均)

調査対象 4 車種ごとに、GPS を設置した全車両の Travel time ratio (下図の折れ線グラフ) をみると、バスとタクシーに比べてアンコットと廃棄物運搬車は車両ごとのばらつきが大きい。

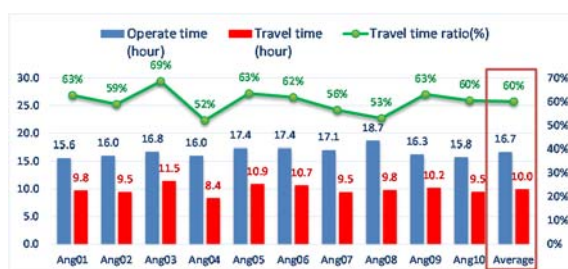
アンコット (Angkot)



バス (Bus)



タクシー (Taxi)



廃棄物運搬車 (Truck)



図 4.(2) Travel time ratio (GPS 設置全車両)

(2) 運転特性

<アイドルタイム比率 (Idle time ratio) >

走行時間（エンジン ON の時間）に占める停止時間（エンジン ON・速度ゼロの時間）の割合（Idle time ratio）を分析する。Idle time は、停止時にエンジンを ON にしている状態であり、この間のエンジンを OFF にする（アイドリングストップを行う）ことにより、燃料消費量を削減することができる。

日本では一般的に、エコドライブにより 25%程度の燃費向上、そのうちアイドリングストップの効果が 4 割程度占めているとされている（アイドリングストップにより燃料消費全体の約 10%を削減できる）。（出典：財団法人省エネルギーセンター調べ）

- バスの Idle time ratio は 60%と 4 車種の中でかなり高い。車両によるばらつきは小さく、Idle time ratio はどの車両も概ね 60%程度である。
- タクシーの Idle time ratio は 27%と低く、車両によるばらつきも小さい。
- アンコットと廃棄物運搬車の Idle time ratio はいずれも 20%台と低いが、車両によるばらつきがみられる。

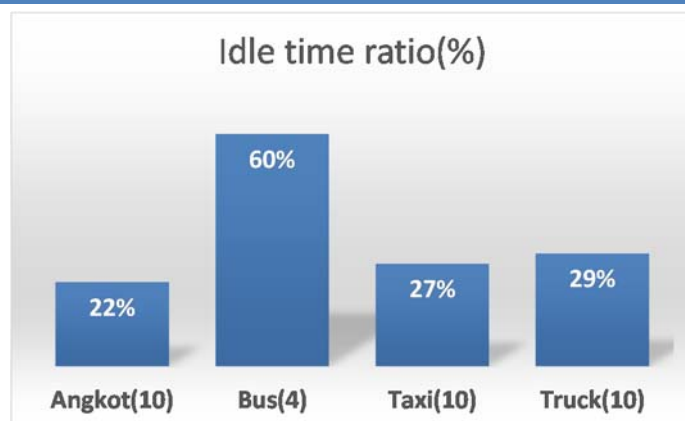


図 4.(3) Idle time ratio（4 車種の平均）

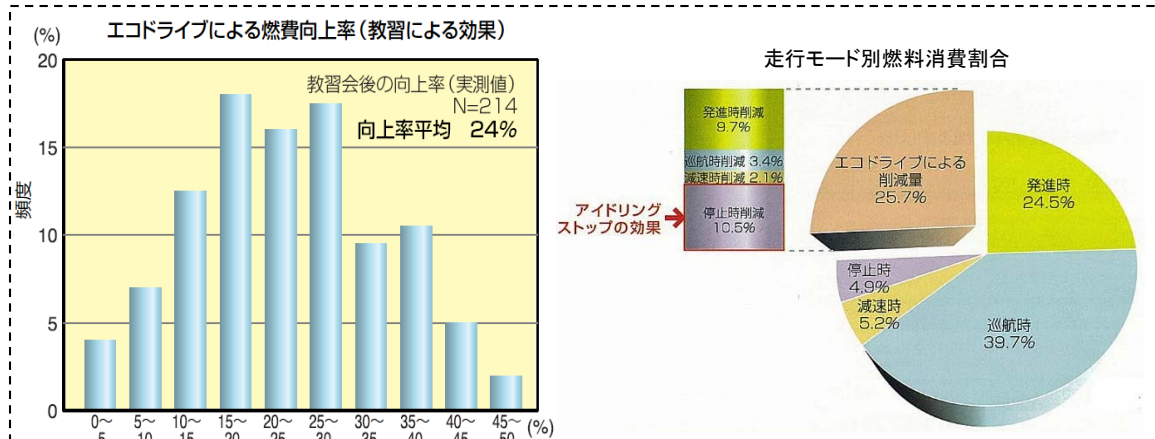
【参考 1】日本の Idle time ratio



出典：財団法人省エネルギーセンター調べ

図 4.(4) 日本の Idle time ratio

【参考 2】日本でのエコドライブの効果

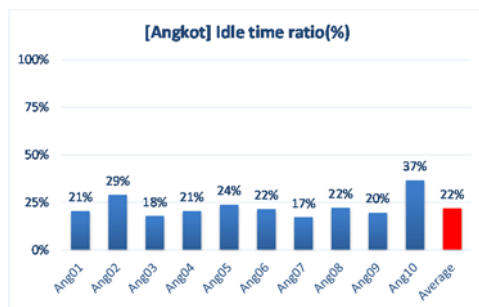


出典：財団法人省エネルギーセンター資料「LET'S スマートドライブ」

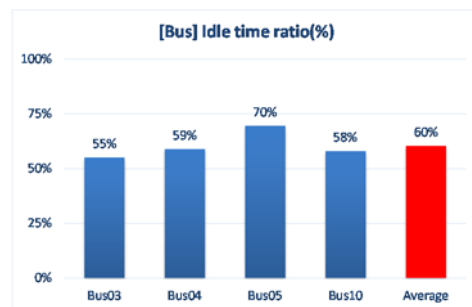
図 4.(5) 日本でのエコドライブの効果

調査対象 4 車種ごとに、GPS を設置した全車両の Idle time ratio をみると、バスとタクシーに比べてアンコットと廃棄物運搬車は車両ごとのばらつきが大きい。

アンコット (Angkot)



バス (Bus)



タクシー (Taxi)



廃棄物運搬車 (Truck)

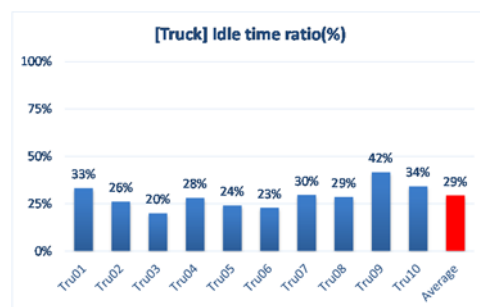


図 4.(6) Idle time ratio (GPS 設置全車両)

<速度分布（Speed distribution）>

車種ごとの速度変化の状況を分析する。速度変化が激しい場合は、急発進や急加速の可能性が考えられるため、エコドライブによる燃費改善効果が期待できる。

速度分布の累積が 90%に到達するまでを比較すると以下のことが言える。

- バス（高速道路を使用するルート）とタクシーは速度分布が大きいいため、エコドライブによる燃費改善の効果が期待できる。
- アンコットと廃棄物運搬車は速度分布が小さく、9 割が時速 30km から 35km の範囲内にある。

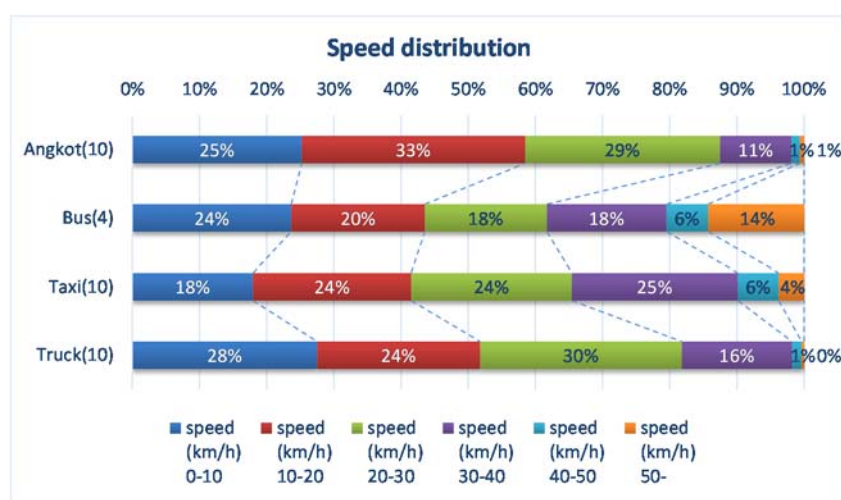
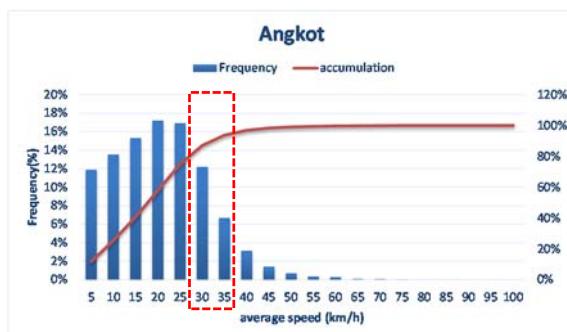
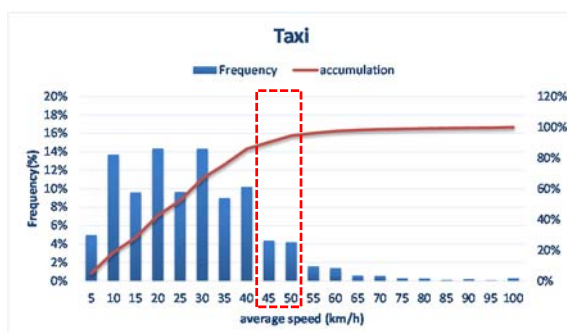


図 4.(7) Speed distribution（4 車種の平均・割合）

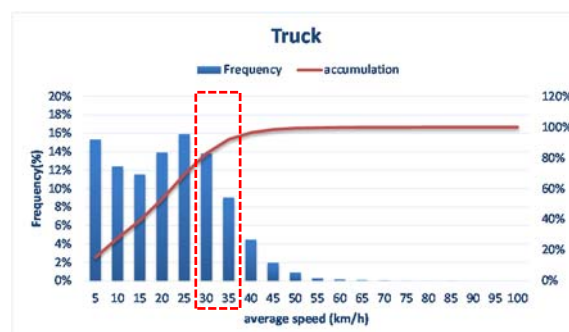
アンコット (Angkot)



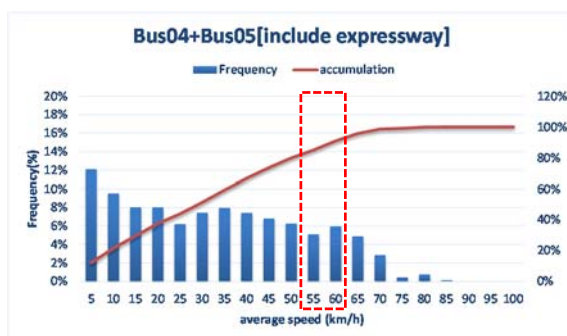
タクシー (Taxi)



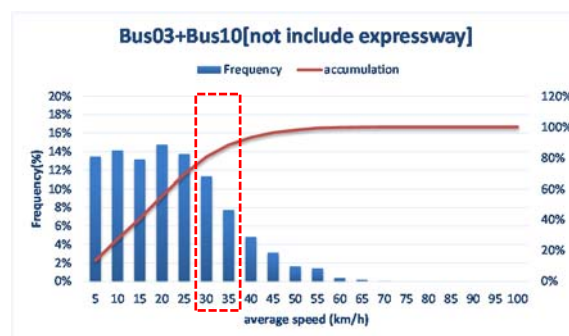
廃棄物運搬車 (Truck)



バス (Bus) — 高速道路を使用するルート



バス (Bus) — 高速道路を使用しないルート



速度別頻度の累積が 90%になるまでの速度

速度ゼロを除く

図 4.(8) Speed distribution (速度別の累積頻度)

<参考：GPS 調査結果－走行軌跡図>

GPS 調査により調査対象車両の日々の走行ルート把握した。ここでは、アンコット、バス、タクシー、廃棄物運搬車の走行軌跡図の一例を示す。

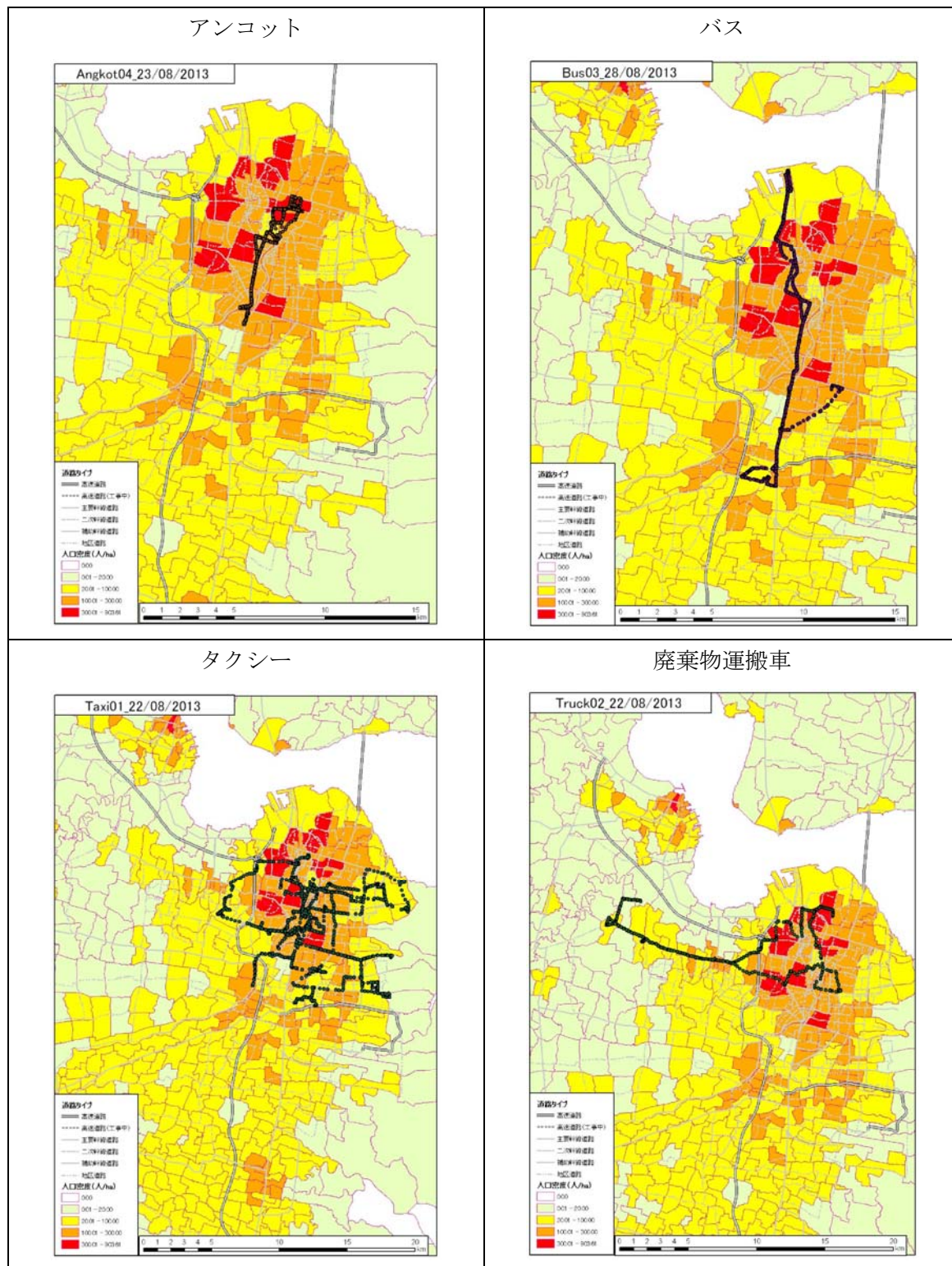


図 4.(9) GPS 調査結果－走行軌跡図の一例

(3) 結果のまとめ

GPS 調査による運行状況および運転特性の分析により、車種ごとの環境改善・排出削減等事業の方向性を以下のとおり提案する。

アンコット (Angkot)	✓ Travel time ratio は 50%以下と低いうえ、車両によるばらつきが大きいことから非効率な運行形態といえる。 ✓ 運行効率改善の余地はあるが、運行効率の向上についてはアンコット単体ではなく、市内の交通体系全体における位置づけを整理する必要がある。(鉄道・バス・アンコットの役割分担の明確化) ✓ その上で、低炭素車両の導入について検討する。
バス (Bus)	✓ Travel time ratio が高く、車両によるばらつきも小さいことから、運行効率は比較的良いと考えられる。 ✓ そのため、運行効率化よりも、車両単体対策による環境改善効果が大きいと考え、低炭素車両の導入について検討する。 ✓ Idle time ratio は 60%とかなり高く、速度分布も大きいことから、アイドリングストップをはじめとするエコドライブによる燃費改善の効果が期待できる。
タクシー (Taxi)	✓ バス同様、Travel time ratio が高く、車両によるばらつきも小さいことから、運行効率は比較的良いと考えられる。 ✓ そのため、運行効率化よりも、車両単体対策による環境改善効果が大きいと考え、低炭素車両の導入について検討する。 ✓ Idle time ratio は低いですが、速度分布が大きいことから、エコドライブによる燃費改善の効果が期待できる。
廃棄物運搬車 (Truck)	✓ Travel time ratio は 50%以下と低いうえ、車両によるばらつきが大きいことから非効率な運行形態といえる。 ✓ 運行効率改善および低炭素車両導入については、廃棄物分野の調査結果を踏まえ、必要に応じて交通分野の対策を検討する。

4.2 事業実態調査結果

運行事業者および CNG 供給・改造会社、電気自動車会社へのヒアリングから得られた環境改善・排出削減等事業への知見を以下に整理する。

国営バス会社 DAMRI

事業概要	保有台数	市内&郊外の路線バスおよび観光バスを合計 253 台保有（メルセデス 200 台、日野 50 台、ヒュンダイ 3 台）
	車両価格	メルセデス製（インドネシアで組立）が約 6.5 億 Rp, 日野製が約 8 億 Rp
	管理体制	運行管理は毎日・毎週・毎月の 3 つに分けて整理している。 国家資格を持つ整備士 6 人、技師 50 人。研修所を持ち研修事業（1 ヶ月、6 ヶ月、1 年コース）も実施。 多数の廃車を敷地内に放置。国の資産のため除却処分が煩雑なためとのこと。
燃費	給油方法	毎日 1 回満タン給油 給油ステーションは 3 ヶ所
	平均燃費	3.48 km/L
CNG 化について		2 年前に CNG 供給企業の予算で CNG バスを 1 台供給してもらいテスト（1 週間の改造と 6 ヶ月の運行試験を実施） ①パワー不足、②最寄りの CNG ステーションが 15km 先で不便との理由で、現在 CNG 化は進めていない。燃料費は CNG の方が安かった。 CNG ステーション増設が実現すれば、（燃料価格の動向にも依るが）CNG 化を再検討する。



バス車両



整備場

写真 4.(1) バス会社

表 4.(3) モニタリングシート (バス)

No	data		2013			2013 (2month)
			July	August		
1	Distance	(km)	10,369	9,964		20,333
	Fuel	(L)	2,147	2,108		4,255
2	Distance	(km)	9,345	10,418		19,763
	Fuel	(L)	2,014	2,185		4,199
3	Distance	(km)	3,509	3,686		7,195
	Fuel	(L)	1,773	2,103		3,876
4	Distance	(km)				0
	Fuel	(L)				0
5	Distance	(km)	5,725	5,926		11,651
	Fuel	(L)	2,397	2,350		4,747
6	Distance	(km)	6,015	6,909		12,924
	Fuel	(L)	1,552	1,707		3,259
7	Distance	(km)	4,724	6,568		11,292
	Fuel	(L)	1,391	1,778		3,169
8	Distance	(km)	5,641	6,180		11,821
	Fuel	(L)	1,310	1,409		2,719
9	Distance	(km)	5,879	6,425		12,304
	Fuel	(L)	1,586	1,651		3,237
10	Distance	(km)	2,651	2,898		5,549
	Fuel	(L)	1,355	1,625		2,980
Total	Distance	(km)	53,858	58,974		112,832
	Fuel	(L)	15,525	16,916		32,441
Average	Distance	(km)	5,984	6,553		6,268
	Fuel	(L)	1,725	1,880		1,802
	燃費	(km/L)	3.47	3.49		3.48

タクシー会社 O-RENZ TAXI (オレンジタクシー)

事業概要	保有台数	737 台保有 (すべてトヨタ LIMO (1500cc ガソリン車) 次期車両としてトヨタ Etios (1500cc) を検討中
	管理体制	20 万 km 程度でエンジンをオーバーホール 車両は 5 年使用後、中古車として売る。年 100 台以上を更新。 整備工場内に研修室あり。自家製のフロン回収機あり。廃油は回収し委託処理へ。
	その他	運転手は 2 交代 (配車システム担当者は 3 交代)
燃費	給油方法	夜、満タン給油が原則
	平均燃費	11.68 km/L
CNG 化について		・LPG 価格はガソリンとほぼ同じため、LPG 化のメリットが少ない。 ・CNG 車は、変換キットが高価、整備士が少ない、CNG ステーションが少ないなどの理由から使っていない。また、タクシー運賃は政府が決めるため利益が見込めない。 ・4 区に分けて運行管理しているため、CNG ステーションも 4 カ所必要。安全で安価な CNG 容器も必要。安い CNG 価格を維持してほしい (現在、ガソリンの 8 割)。



トヨタ LIMO



整備工場

写真 4.(2) タクシー会社

表 4.(4) モニタリングシート (タクシー)

No	data		2013			2013 (3month)
			July	August	September	
1	Distance	(km)	5,878	6,677	5,810	18,365
	Fuel	(L)	485	556	507	1,548
2	Distance	(km)	4,871	5,696	5,687	16,254
	Fuel	(L)	403	510	511	1,424
3	Distance	(km)	5,326	5,389	4,374	15,089
	Fuel	(L)	456	483	424	1,363
4	Distance	(km)	5,797	5,734	4,780	16,311
	Fuel	(L)	467	474	432	1,373
5	Distance	(km)	6,868	6,152	6,119	19,139
	Fuel	(L)	514	510	527	1,551
6	Distance	(km)	5,368	4,640	5,014	15,022
	Fuel	(L)	420	424	459	1,303
7	Distance	(km)	5,485	5,863	5,059	16,407
	Fuel	(L)	454	518	465	1,437
8	Distance	(km)	6,160	4,632	5,484	16,276
	Fuel	(L)	473	444	476	1,393
9	Distance	(km)	5,866	6,306	5,579	17,751
	Fuel	(L)	477	551	507	1,535
10	Distance	(km)	6,359	5,149	5,260	16,768
	Fuel	(L)	453	492	460	1,405
Total	Distance	(km)	57,978	56,238	53,166	167,382
	Fuel	(L)	4,602	4,962	4,768	14,332
Average	Distance	(km)	5,798	5,624	5,317	5,579
	Fuel	(L)	460	496	477	478
	燃費	(km/L)	12.60	11.30	11.20	11.68

アンコット協会 (Organda)

事業概要	保有台数	79 路線あり、5400 台が登録。 実際に運行する車両は 6 割程度、残りは故障車や予備車両。
	車両価格	運転手は、1 日 2～6 万 Rp で車を借りる。賃料は利用客の多寡で異なる。 車両はスズキの Cary がベース。
	管理体制	24 時間運行、運行管理データはない。 車両の整備は、運転手が行うか民間整備工場に依頼。 純正の交換部品は高いので、中古部品か模造品を使っている。 → (所感) 整備の安全管理に懸念あり。
燃費	給油方法	運転手に任せている。
	平均燃費	多くの路線は 12～15 km、1 日 2 往復、平均燃費は 12 km/L 程度
CNG 化について		CNG 化には賛成。しかし、2011～12 年に無料変換キットを 500 台に取り付けたが、CNG ステーションが少なく、ガソリンで走っている。79 路線に適した CNG ステーションの配置を希望。



アンコット



アンコットの車内

写真 4.(3) アンコット

スラバヤ市美化局（DKP）

事業概要	保有台数	119 台 (アームロー92、コンバクター12、トラック 15) いずれもディーゼル車
	運行形態	市内を回収した後、市北西に位置するブノウォ最終処分場に収集される。(最終処分場はこの 1 ヶ所のみ)
	車両別の運行エリア	アームロー：郊外の住宅街 コンバクター：景観を重視する公共施設、コンテナのある比較的大きなゴミ置き場を回収 トラック：上記以外のゴミ置き場を回収
	管理体制	簡単な修理は自前で実施、難しい整備や修理は製造元のアストラグループに依頼
	平均燃費	5 km/L 程度
その他		・ DKP 以外に、DKP と契約している民間のゴミ収集会社が 4 社ある。 ・ ブノウォ最終処分場には、DKP の車両を含め 1 日 300 台程度の廃棄物運搬車が集まる。



アームロー



トラック

写真 4.(4) 廃棄物運搬車

CNE 社（CNG 供給会社）

事業概要	スラバヤを中心に東ジャワ CNG を供給する民間企業。 ジャカルタ等の西ジャワは CNG 社が供給。なお、 Pertamina は国営石油会社で全土に供給。
CNG 実績	CNG 車への CNG 供給は 2005 年に開始。 2006 年、タクシー会社（シルバー）に変換キット 600 個 を無償提供しガソリン代と CNG 代の差額を折半する仕組 みを作った。 当時、ガソリン価格は 4500 Rp/L、CNG 価格は 2850 Rp/L と今よりも大きかった。
CNG 化のコスト	CNG ステーション 1 カ所の建設費は 60～90 億 Rp（6～9 千万円）とのこと。 →（所感）視察した CNG ステーションのコンプレッサー （1000 m ³ /h×4 基）はアルゼンチン製、ディスペンサ ー 2 基はパキスタン製と安価な設備と考えられる。
CNG 化の課題	CNG 価格が何度も値上げしたことがユーザーの不信感を 招いた。スラバヤでは CNG 価格をこれまで 3 回値上げ 2006 年、仕入価格 1650 Rp/L、販売価格 2850 Rp/L 2007 年、仕入価格 1920 Rp/L、販売価格 3000 Rp/L 2010 年、仕入価格 2120 Rp/L、販売価格 3250 Rp/L 2012 年、仕入価格 2900 Rp/L、販売価格 3800 Rp/L CNG 車に改造するとメーカー保証がなくなるので、修理 費は CNE 社が負担している。
CNG 化の利点	変換キットの価格は、容器や工賃を含め 1200 万 Rp 程度 （12 万円と安価）であり、ガソリンは 2013 年 6 月に 6500 Rp/L に値上げされたので 6.5 ヶ月で回収できる。



ディスペンサー 2 台



CNG 運搬車

写真 4.(5) CNE 社

AutoGas 社スラバヤ整備工場（CNG 車改造業者）

事業概要	2012 年 10 月から CNG 車の改造をはじめ、この一年で 60 台ほど改造。 政府公用車（イノーバ、アバンザ、キジャン等）50%、タクシー40%、個人乗用車 10%の構成、アンコットはない。 変換キットは、イタリア Lovato 製、容器はノルウェイ製のタイプ 4（オールコンポジット）。
事業体制	整備士は 2 名（国家資格なし）、ジャカルタで Lovato 社の研修を受けた。運輸省の研修は受けたことがない。
CNG 改造効率	1 台の改造に、2 人で 1～2 日かかる。
その他	スラバヤ市には、CNG 車の改造業者が 2 社ある（AutoGas 社、CNE 社）。



CNG タンク



変換キット

写真 4.(6) AutoGas 社

Grain 社 (EV 開発会社)

事業概要	鉄鋼メーカーDCP がメインスポンサーの EV 開発ベンチャー。素材や部品の供給、設計等を手がけるグループ会社 Bukit Jaya の一員。大学とも連携。 EV と部品を販売。組立工場はオフィスから車で 30～60 分の距離。 環境に良く安価で安全な EV 提供を目的に設立。
EV 開発実績	商品ライン: ミニバン Levi (7 人乗り)、軽トラ Hevi、Jayvi (3 人乗り)、小型バス (17～21 人乗り)。 すべて鉛バッテリーを採用。 価格: Levi 1.35 億 Rp (135 万円)、Jayvi 二輪車並み、17 人乗りバス 1.8 億 Rp (180 万円)。 販売実績: Levi11 台、Hevi7 台。11 月にスポーツタイプの EV4 台販売予定。アンコット代替を想定した 11 人乗りのミニバスを開発中 (今年中に完成予定)。
充電	充電は家庭または事務所で行う。急速充電器はない。 220V なので、Levi の場合 6 時間くらいでフル充電可能。 フル充電時の航続距離は 120km (エアコンオン時)。バスにはエアコン用の発電機も装備。
EV 供給能力	月 1500 台とのこと。 → (所感) 実績 18 台にしては過剰設備か...
ヒアリングの所感	・ヒアリング後、Levi を試乗。EV なので加速感あり。乗り心地は軽自動車並み。 ・アンコット代替を狙ったミニバンは当を得ている。CNG 化では安全管理が懸念されるので、EV の方が安全でありアンコット業界のイメージアップにもなる。 ・JCM 事業の候補になると思うが、発電も含めた CO2 削減の効果、日系メーカーの参入の可能性が検討課題。

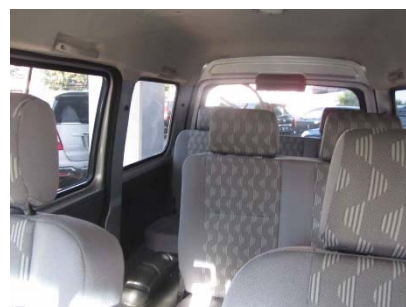


写真 4.(7) Grain 社

4.3 交通状況調査結果

第2回現地調査の期間中（2013年10月5（金）10:00～17:15）、スラバヤ市内の南北を走るバス路線（バスターミナル、各停留所、港湾施設）を中心に交通状況、バスターミナルや停留所等を視察した。

□幹線道路の交通状況



プラバヤターミナル前



車両とバイクが混在

□プラバヤ バスターミナル



ターミナル前で客待ちするアンコット



バスターミナル前の鉄道とコンテナ

写真 4.(8) 交通状況

□路線バスの停留所



バス停 HALTE RS.BHAYANGKARA



バス路線系統の案内板

□アンコット



客待ちするアンコット



すぐ乗降できるようドアは開けたまま

□港湾施設



写真 4.(9) 交通状況 (つづき)

CNGステーションの種類および位置を以下に示す。

スラバヤ市内には、既に稼働している CNG ステーションが 3 ヶ所あるほか、建設済み・未稼働ステーションが 2 ヶ所ある。この他、現在計画中の CNG ステーションが 4 ヶ所ある（CNE ヒアリングより）。

表 4.(5) CNG ステーションの種類

No	Operator	Type	Status	Location	Notes
1	CNE	pipeline	active	Surabaya: Margo Mulyo	Rp.3,900/lsp
2	CNE	pipeline	active	Sidoarjo: Medaeng	Rp.3,600/lsp
3	CNE	mother-daughter	not active	Surabaya: Karang Menjangan	CNG equipment had been uninstalled
4	CNE	mother-daughter	planning	Surabaya: Padigiling	planning, waiting for permit
5	CNE	mother-daughter	planning	Surabaya: Darmo Satelit	planning, waiting for permit
6	CNE	mother-daughter	planning	Surabaya: MERR	planning, waiting for permit
7	CNE	mother-daughter	planning	Surabaya: Jagir	planning, waiting for permit
8	Zebra	pipeline	active	Sidoarjo: Berbek Industri	
9	Zebra		not active	Surabaya: Tanjungsari	not active since 2008
10	-	mother-daughter	not active	Surabaya: Wiyung	constructed by ESDM
11	-	pipeline	not active	Surabaya: Rungkut Menanggal	constructed by ESDM

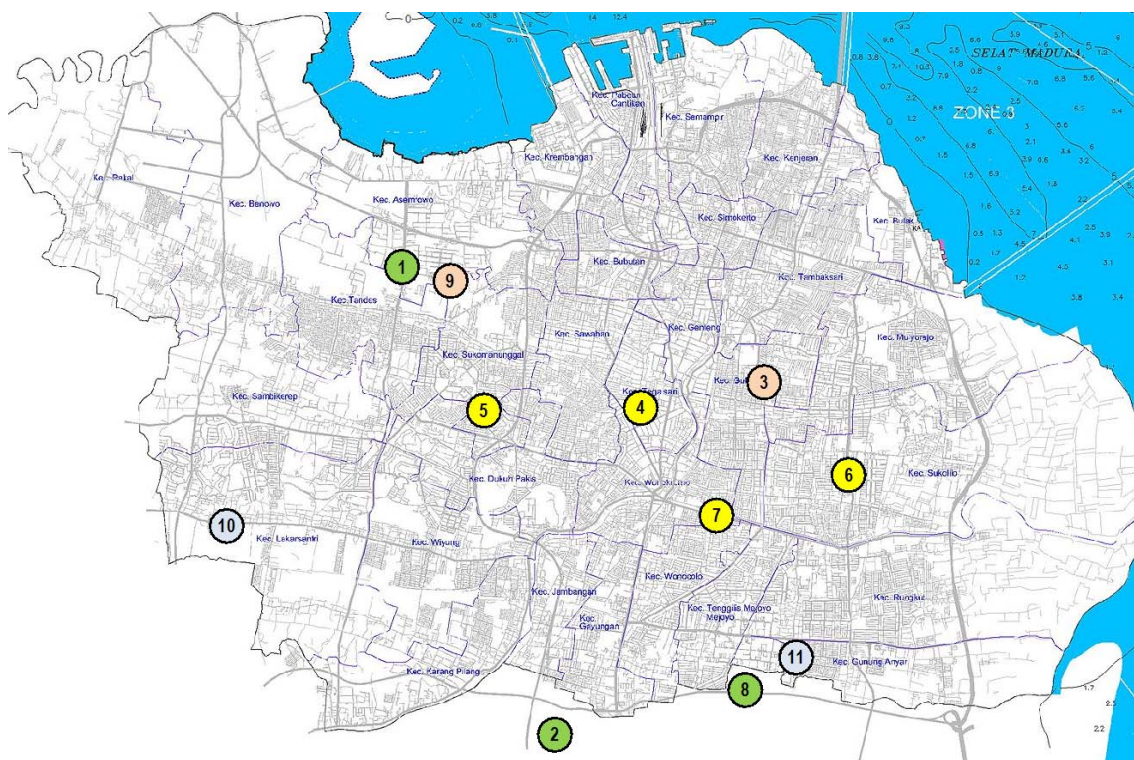


図 4.(10) CNG ステーションの位置

4.4 JCM 案件の評価

これまでの調査結果を踏まえ、低炭素車両導入、運行管理改善、エコドライブについて、JCM 案件としての適切性を評価する。なお、低炭素車両については、インドネシア国のエネルギー戦略で CNGV 普及の方針を掲げておりインフラ整備（CNG ステーション）も進められていることから CNGV を選定する。

表 4.(6) JCM 案件の評価

	CNGV 導入	運行管理改善	エコドライブ
エネルギーセキュリティ	天然ガスを活用したエネルギー戦略推進を掲げており、CNGV 普及が国の方針とされている。	燃料自体を代替するものではないため、エネルギーセキュリティへの効果は低い。	燃料自体を代替するものではないため、エネルギーセキュリティへの効果は低い。
環境貢献	CNGV は NOX の排出量が少なく、PM をほとんど排出しない。ガソリン車より CO ₂ 排出量を約 20% 低減できる。	タクシー配車システム、廃棄物中間処理施設の建設など運行管理による環境改善効果は大きい。	エコドライブにより 10%～20% 程度の燃費向上が期待できるが交通状況に左右されやすい。
経済性	CNGV は一般的な内燃機関車より車両価格が高いが燃料費が節減できるため走行距離が長いほど有利である。バス・タクシーでは概ね 4～5 年でペイできる。	スラバヤ市内のバスや大手タクシーでは既に運行管理改善活動を行っている。さらなるシステム整備には多額の費用が必要となる。	JCM としてエコドライブ活動を行う場合は、モニタリングデータ収集・分析を実施する管理主体が必要となり、システム設置、運用費用がかかる。
評価	○ エネルギーセキュリティの国策に合致しており、環境貢献への期待も大きいことから、JCM 事業として CNGV 導入を選定する。	△ バスやタクシーの運行管理はある程度高い水準にあるため、JCM 案件としての選定は見送る。廃棄物処理については別途調査と連携して検討する。	△ JCM としてエコドライブ活動には一定程度の投資、準備期間が必要となるため、当面は運行事業者による自主的な取り組みを推奨する。

天然ガス自動車に期待できる効果を以下に示す。

①エネルギーセキュリティの向上

天然ガス自動車の普及により、輸送用燃料を多様化でき、インドネシア国の方針であるエネルギーセキュリティの向上を図ることができる。

②環境貢献

天然ガス自動車は、環境汚染の原因となる NO_x の排出量が少なく PM をほとんど排出しないなど大気環境改善に貢献できるほか、CO₂ 排出量をガソリン車やディーゼル車より低減できる。

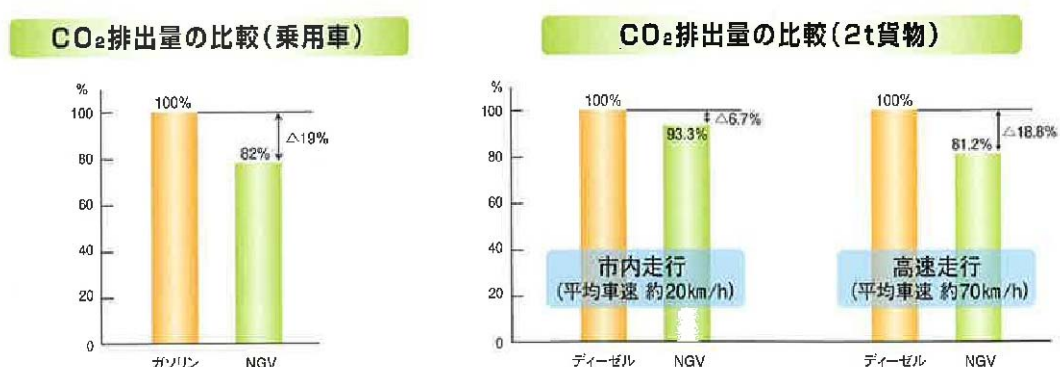


図 4.(11) 従来車と天然ガス自動車の CO₂ 排出量の比較

出典) 天然ガス自動車の普及に向けて 2012 年版 一般社団法人日本ガス協会

③経済性

CNGV の 1km あたりの燃料費は、ガソリン車やディーゼル車にくらべて 50% から 60%程度割安である。なお、インドネシアの CNG 単価 (2013 年) はガソリンの半額以下、ディーゼルの約 6 割である。

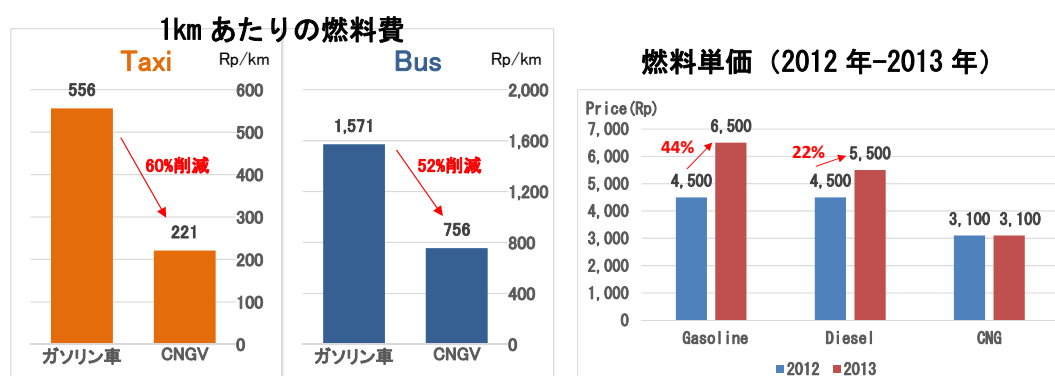


図 4.(12) 1km あたりの燃料費・燃料単価 (Pertamina 価格)

4.5 JCM 案件の絞り込み

スラバヤ市において交通分野で短期的に実現可能な環境改善・排出削減等事業として「バスおよびタクシーの CNGV の導入・普及事業」を JCM 案件として絞り込み、MRV 方法論の作成や排出削減量の推定など事業化に向けた検討を実施する。

バスおよびタクシーの CNG 化を JCM 案件として絞り込む理由：

- ✓ スラバヤ市内で、CNG ステーション 5 カ所が建設済み、さらに 4 ヶ所の計画がある。（インフラ整備が進んでいる。）
- ✓ バスは走行ルートが決まっており、タクシー（O-RENTZ 社）は運行エリアが区分されている（O-RENTZ 社では 4 エリアに区分）。ガス消費量も比較的多く、効率的な CNG ステーションの建設や運用に有利である。
- ✓ 車両整備部門や研修所を持ち安全管理上の懸念も少ない。
- ✓ 両社とも CNGV 利用のインフラが整えば CNG 化に前向きである。

□アンコット：下記の理由により短期的な JCM 案件化は難しいと判断した。

- ✓ 給油や車両メンテナンスなど運行全般をドライバー一人に任せており、日々の運行記録もない。
- ✓ CNG 化については、安全管理に懸念があるため難しい。
- ✓ 運行効率の向上について、市内の交通体系全体における位置づけを整理すること（たとえば、鉄道・バス・アンコットの役割分担を明確にするなど）が先決であり、その上で、低炭素車両の導入について検討する。
- ✓ アンコットへの低炭素車両導入としては、車両更新に合わせた EV 化が考えられる



Dangerous setting !



Good practice !

写真 4.(10) アンコットへの CNG 設置状況（イメージ）

□廃棄物運搬車：中間処理施設の調査検討と合わせて検討

- ✓ 現在のオペレーション・パターンは、中間処理によって効率化を図ることができる。
- ✓ サービス体系の見直しに合わせた廃棄物運搬車による CO2 排出削減効果について、今後も引き続き廃棄物分野と連携して交通対策を検討する。

5. 事業化に向けた検討

5.1 事業実施体制

想定される事業実施体制のスキームを以下に示す。JCM 設備補助事業の場合は 50%補助なので残り負担の主体をどこにするかが重要である。たとえば、国際コンソーシアムの代表企業となる日本企業が負担し、リース料の形で償却する方法が考えられる。

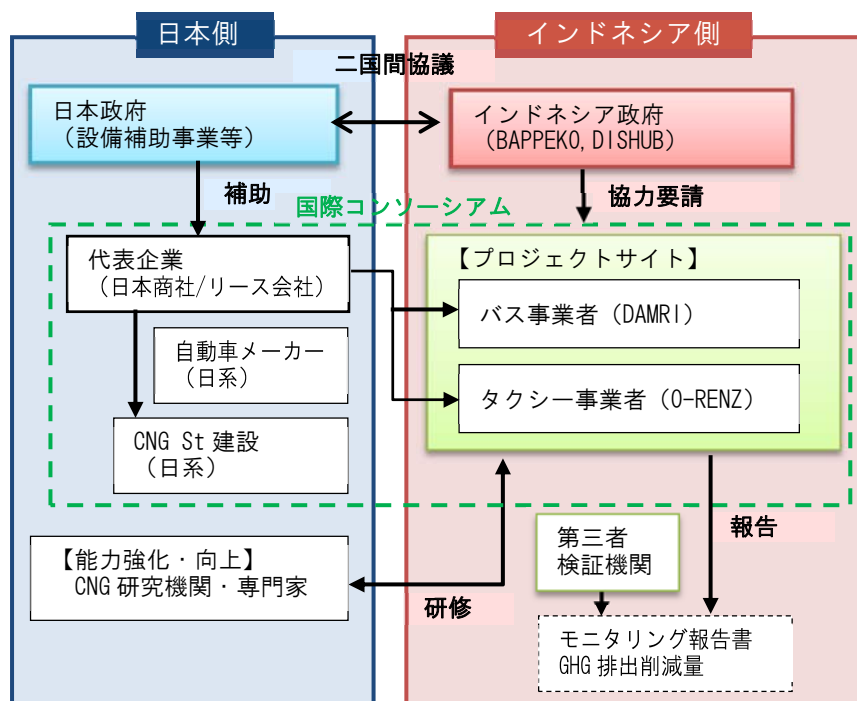


図 5.(1) 事業実施体制

5.2 投資回収期間

CNGV は一般的な内燃機関車より車両価格が高いが、燃料費が節減できるためライフサイクル費用で比較すれば、ライフサイクル走行距離が長いほど有利である。その意味から、毎日安定して長距離を走行するバスやタクシーで大きな効果が期待できる。

CNG 専焼車で比較すると、投資回収期間は、バス・タクシーともに概ね 5 年弱と試算される。

表 5.(1) バス・タクシーの投資回収期間（CNG 専焼車の場合）

Bus				(Rp)
	a)diesel	b)CNG	a-b	備考
初期費	800,000,000	1,100,000,000	300,000,000	DAMRI社ヒアリング
燃料消費率(km/L,m ³)	3.5	4.1		a)DAMRI平均、b)TTLG(ジャカルタ)実績
燃料単価	5,500	3,100		
1kmあたり燃料費	1,571	756		
年間走行距離(km)	75,600	75,600		DAMRI平均
燃料費(Rp/年)	118,767,600	57,153,600	61,614,000	
初期費回収年			4.9	

Taxi				(Rp)
	a)gasoline	b)CNG	a-b	備考
初期費	199,155,000	316,305,000	117,150,000	TOYOTA-HP、Rp換算(プロボックス)
燃料消費率(km/L,m ³)	11.7	14.0		a)O-RENNZ平均、b)東京ガスHP
燃料単価	6,500	3,100		
1kmあたり燃料費	556	221		
年間走行距離(km)	72,000	72,000		O-RENNZ平均
燃料費(Rp/年)	40,032,000	15,912,000	24,120,000	
初期費回収年			4.9	

タクシーの CNG バイフューエル車で比較すると、投資回収期間は 3 年弱と試算される。

表 5.(2) タクシーの投資回収期間（タクシー・CNG バイフューエルの場合）

Taxi				(Rp)
	a)gasoline	b)CNG	a-b	備考
初期費	199,155,000	269,445,000	70,290,000	CNGコンバージョンキット60万円とする
燃料消費率(km/L,m ³)	11.7	14.0		a)O-RENNZ平均、b)東京ガスHP
燃料単価	6,500	3,100		
1kmあたり燃料費	556	221		
年間走行距離(km)	72,000	72,000		O-RENNZ平均
燃料費(Rp/年)	40,032,000	15,912,000	24,120,000	
初期費回収年			2.9	

5.3 スケジュール

2014 年度は、FS のなかで CNG 車両を小規模導入しプロジェクトおよび本年度作成した MRV 方法論がホスト国に適用可能かの検証を図り、2015 年度以降に設備補助事業へ移行するスケジュールを予定する。

<2014 年度>FS 調査の主な内容：

- プロジェクトの実施計画・資金計画の検討
- 日－尼関係機関の合意形成
- 小規模プロジェクトの実施（たとえば CNG タクシー10 台程度導入）
- 排出削減量の測定・報告

<2015 年度・2016 年度>設備補助事業の主な内容：

- 2015 年：CNG ステーションは既に 3 ヶ所稼働済みなため、ガス需要を担保するために CNG 車導入を優先する。
- 2016 年：CNG 車導入規模拡大と、CNG ステーション 1 ヶ所（O-RENNZ

TAXI の車両基地を想定) の建設を予定する。

- 能力強化・研修：2015 年は訪日研修および専門家派遣セミナー、2016 年はフォローアップ（整備・研修の仕組み構築と人員の充実）を行う。

表 5.(3) 事業スケジュール

事業年度	CNG 車		CNG ステーション	能力強化・向上
	バス	タクシー		
2014 年	FS の継続（CNGV 小規模導入によりプロジェクトの検証を図る）			
2015 年	10 台	50 台	－	研修①
2016 年	20 台	100 台	1 ヶ所	研修②
合計	30 台	150 台	1 ヶ所	

5.4 概算事業費

2015 年・2016 年の JCM 事業補助額の概算を以下に示す。

CNG 自動車はバイフューエル車として算出。

JCM 対象事業のうち、CNG スタンドは半額補助、車両は CNG コンバーターキット相当分、本邦研修は全額補助として算出。

単価は、資材、工賃、関税等を含むが、調査、プロジェクト管理、モニタリング、解析等の費用は含まない。

表 5.(4) 事業スケジュール

事業年度	事業対象	単位	個数	単価	JCM事業補助額 (百万円)
2015	CNGスタンド	箇所	0	200.0	0
	タクシー	台	50	0.6	30
	バス	台	10	4.0	40
	能力強化・研修	人	15	0.4	6
	年度計				76
2016	CNGスタンド	箇所	1	200.0	200
	タクシー	台	100	0.6	60
	バス	台	20	4.0	80
	能力強化・研修	人	15	0.4	6
	年度計				346
計	CNGスタンド	箇所	1	200.0	200
	タクシー	台	150	0.6	90
	バス	台	30	4.0	120
	能力強化・研修	人	30	0.4	12
	合計		—		422

5.5 MRV 方法論の作成

スラバヤ市のバスおよびタクシーの CNGV 導入普及による燃費改善活動に適用する方法論を以下の通り作成する。

Cover sheet of the Proposed Methodology Form

Form for submitting the proposed methodology

Host Country	Indonesia
Name of the methodology proponents submitting this form	Yajima Mitsuro
Sectoral scope(s) to which the Proposed Methodology applies	Transportation
Title of the proposed methodology, and version number	Emission reduction by CNG vehicles
List of documents to be attached to this form (please check)	☒ The attached draft JCM-PDD: ☐ Additional information
Date of completion	2014/03/03

History of the proposed methodology

Version	Date	Contents revised
Version 1.0	2013/10/24	First edition of draft new methodology

A. Title of the methodology

Emission reductions by CNG vehicles

B. Terms and definitions

Terms	Definitions
CNG vehicles	CNG vehicles refer the vehicles driven by Natural Gas, and the gas is stored on board gas cylinders in high compress (20MPa). There are 4 types of CNG vehicles as follows: 1. Natural gas vehicle (combust natural gas only) 2. Bi-fuel vehicle (natural gas and gasoline both fuel are available to combust) 3. Dual-fuel vehicle (combust fuel mixed with natural gas and diesel) 4. Hybrid vehicles (combination of natural gas engine and electric motor) This methodology is applicable to natural gas vehicle only as the project vehicles.

C. Summary of the methodology

Items	Summary
<i>GHG emission reduction measures</i>	This methodology is for project activities introducing new electric CNG vehicles or convert CNG vehicles that displace the use of fossil fuel vehicles in passenger and freight transportation.
<i>Calculation of reference emissions</i>	F.1. Establishment of reference emissions The reference scenario is the operation of the comparable vehicles that would have been used to provide the same transportation service. The comparability of reference and project vehicles to be demonstrated by the capacity of the vehicles such as number of seats, maximum loading weight and so on in Project Design Document (PDD). F.2. Calculation of reference emissions The reference emissions are calculated as per the equation below: $RE_y = \sum_i (SFC_i \times (1 - p_i) \times NCV_{RF,i} \times EF_{RF,i} \times DD_{i,y} \times N_{i,y})$ Where: RE_y Total reference emissions in year y (tCO₂) SFC_i Specific fuel consumption of reference vehicle category i (l/km) p_i mixing ratio of biofuel for vehicle category i (%) $NCV_{RF,i}$ Net calorific value of fossil fuel consumed by reference vehicle (MJ/l) $EF_{RF,i}$ Emission factor of fossil fuel consumed by reference vehicle (tCO₂/MJ) $DD_{i,y}$ Annual average distance travelled by project vehicle category i in yr y (km) $N_{i,y}$ Number of operational project vehicles in category i in year y
<i>Calculation of project emissions</i>	Project emissions shall be calculated as follows: $PE_y = \sum_i (SFC_{PJ,i} \times NCV_{PJ} \times EF_{PJ} \times DD_{i,y} \times N_{i,y})$ Where: PE_y Total project emissions in year y (tCO₂) $SFC_{PJ,i}$ Specific CNG consumption by project vehicle category i per km (Nm³/km) NCV_{PJ} Net calorific value of CNG consumed by project vehicle (GJ/Nm³) EF_{PJ} CO₂ emission factor of CNG consumed by project vehicle

	(tCO ₂ /GJ)
$DD_{i,y}$	Annual average distance travelled by the project vehicle category i in the year y (km)
$N_{i,y}$	Number of operational project vehicles in category i in year y (unit)
<i>Monitoring parameters</i>	The monitoring parameter is listed as below.
$DD_{i,y}$	Annual average distance travelled by the project vehicle category i in the year y (km)
$SFC_{PJ,i}$	Specific CNG consumption by project vehicle category i per km (l/km)
$N_{i,y}$	Number of operational project vehicles in category i in year y (unit)

D. Eligibility criteria

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

Criterion 1	This methodology is for project activities introducing new CNG vehicles or converted CNG vehicles that displace the use of fossil fuel vehicles in passenger and freight transportation.
Criterion 2	Type of CNG vehicles applicable is combusting CNG only. Bi-fuel, dual-fuel or hybrid CNG vehicles are not applicable of this methodology.
Criterion 3	Types of CNG vehicles to be introduced include but are not limited to cars, buses, trucks, commuter vans, taxis and tricycles.
Criterion 4	Project EVs must comply with the regulations and standards in Indonesia. Project participants shall demonstrate in Project Design Document that the project vehicles conform those regulations and standards.
Criterion 5	Displaced vehicles by CNG are gasoline or diesel vehicles only, not include Electricity vehicles, LPG vehicles and hybrid vehicles. In case of bio-fuel vehicles, the mixing ratio not exceeds 20% in volume.

E. Emission Sources and GHG types

Reference emissions

Emission sources	GHG types
Emission due to internal combustion engine from displaced vehicles	CO ₂

Project emissions

Emission sources	GHG types
Emission from CNG internal combustion engine in project vehicles	CO ₂

F. Establishment and calculation of reference emissions

F.1. Establishment of reference emissions

The reference scenario is the operation of the comparable vehicles that would have been used to provide the same transportation service. The comparability of reference and project vehicles to be demonstrated in Project Design Document (PDD).

F.2. Calculation of reference emissions

The reference emissions are calculated as per the equation below:

$$RE_y = \sum_i (SFC_i \times (1 - p_i) \times NCV_{RF,i} \times EF_{RF,i} \times DD_{i,y} \times N_{i,y})$$

Where:

RE_y	Total reference emissions in year y (tCO ₂)
SFC_i	Specific fuel consumption of reference vehicle category i (l/km)
p_i	mixing ratio of biofuel for vehicle category i (%)
$NCV_{RF,i}$	Net calorific value of fossil fuel consumed by reference vehicle category i (MJ/l)
$EF_{RF,i}$	Emission factor of fossil fuel consumed by reference vehicle category i (tCO ₂ /MJ)
$DD_{i,y}$	Annual average distance travelled by project vehicle category i in the year y (km)
$N_{i,y}$	Number of operational project vehicles in category i in year y

The vehicle category shall be defined by fuel type, vehicle type, number of seat for passengers, gross vehicle weight for goods transport vehicle and the other characteristics influence to fuel consumption of vehicle.

The specific fuel consumption for vehicle category i (SFC_i) shall be determined using either of the three following options:

Option (1): Conservative default values based on field measurements

Conservative values of actual fuel consumption by vehicle categories in Indonesia that are provided in the methodology can be used.

The following formula can be used to determine the number of samples, if a new field measurement is needed to implement.

$$n = \frac{1.645^2 \times V}{0.1^2} = \frac{1.645^2}{0.1^2} \times \left(\frac{SD}{mean} \right)^2$$

Source: CDM EB 67 Annex 6 (Best practice examples focusing on sample size and reliability calculations)

Option (2): Conservative default values based on existing data

Conservative values based on Japanese motor vehicles data provided in the methodology can be used.

Option (3): Catalogue values provided by manufactures

Catalogue fuel consumption of the representative vehicle of each vehicle category can be used. Catalogue fuel consumptions are provided by the manufacture

G. Calculation of project emissions

15. Project emissions shall be calculated depending on the availability of quantity of CNG combusted as follows:

< In case of quantity of CNG consumption is available>

CO₂ emissions from CNG is calculated based on the quantity of CNG combusted and the CO₂ emission coefficient of CNG, as follows:

$$PE_y = FC_y \times COEF_{PJ}$$

Where:

- PE_y ; Total project emissions in year y (tCO₂)
- $COEF_{PJ}$; CO₂ emission coefficient of CNG (tCO₂/Nm³)
- FC_y ; quantity of CNG combusted in year (Nm³/yr)

The CO₂ emission coefficient can be calculated using one of the following two options, depending on the availability of data on CNG, as follows. Option A should be the preferred approach, if the necessary data is available:

Option A; The CO₂ emission coefficient is calculated based on the chemical composition of the CNG, using the following approach:

$$COEF_{PJ} = W_C \times \rho \times \frac{44}{12}$$

Where:

- $COEF_{PJ}$; CO₂ emission coefficient of CNG (tCO₂/Nm³)
- W_C ; mass fraction of carbon in CNG (tC/ton)
- ρ ; density of CNG (ton/Nm³)

Option B; The CO2 emission coefficient COEF is calculated based on net calorific value and CO2 emission factor of the CNG, as follows:

$$COEF_{PJ} = NCV_{PJ} \times EF_{PJ}$$

Where:

$COEF_{PJ}$; CO2 emission coefficient of CNG (tCO2/Nm3)

NCV_{PJ} ; Net calorific value of CNG consumed by project vehicle (GJ/Nm³)

EF_{PJ} ; CO2 emission factor of CNG consumed by project vehicle (tCO2/GJ)

<In case of quantity of CNG consumption is not available >

CO2 emissions from CNG is calculated based on the quantity of CNG combusted and the CO2 emission coefficient of CNG. In case of quantity of CNG combusted is not measurable, CNG combusted is estimated using the distance driven and specific CNG consumption for each vehicle category, as follows:

$$PE_y = \sum_i (FC_{i,y} \times COEF_{PJ})$$

$$= \sum_i (DD_{i,y} \times SFC_{PJ,i} \times COEF_{PJ} \times N_{i,y})$$

Where:

PE_y ; Total project emissions in year y (tCO₂)

$COEF_{PJ}$; CO2 emission coefficient of CNG (tCO2/Nm3)

FC_y ; quantity of CNG combusted in year (Nm³/yr)

$DD_{i,y}$; Annual average distance travelled by the project vehicle category i in the year y (km)

$SFC_{PJ,i}$; Specific CNG consumption by project vehicle category i per km (Nm³/km)

$N_{i,y}$; Number of operational project vehicles in category i in year y (unit)

The The CO2 emission coefficient can be calculated using one of the following two options, depending on the availability of data on CNG, as follows. Option A should be the preferred approach, if the necessary data is available:

Option A; The CO2 emission coefficient is calculated based on the chemical composition of the CNG, using the following approach:

$$COEF_{PJ} = W_C \times \rho \times \frac{44}{12}$$

Where:

$COEF_{PJ}$; CO2 emission coefficient of CNG (tCO₂/Nm³)

W_C ; mass fraction of carbon in CNG (tC/ton)

ρ ; density of CNG (ton/Nm³)

Option B; The CO₂ emission coefficient COEF is calculated based on net calorific value and CO₂ emission factor of the CNG, as follows:

$$COEF_{PJ} = NCV_{PJ} \times EF_{PJ}$$

Where:

$COEF_{PJ}$; CO2 emission coefficient of CNG (tCO₂/Nm³)

NCV_{PJ} ; Net calorific value of CNG consumed by project vehicle (GJ/Nm³)

EF_{PJ} ; CO₂ emission factor of CNG consumed by project vehicle (tCO₂/GJ)

H. Calculation of emissions reductions

Emission reductions are calculated as follows:

$$ER_y = BE - PE$$

Where:

ER_y Emission reductions in year y (tCO₂)

BE_y Reference emissions in year y (tCO₂)

PE_y Project emissions in year y (tCO₂)

I. Data and parameters fixed *ex ante*

I.1. The source of each data and parameter fixed *ex ante* is listed as below.

Parameter	Description of data	Source
$NCV_{RF,i}$	Net calorific value of fuel <i>i</i> (J/g)	Country specific data or IPCC default value Motor Gasoline; 44.3 TJ/Gg, (L) 42.5, (U) 44.8 Diesel oil; 43.0 TJ/Gg, (L) 41.4, (U) 43.3
$NCV_{PJ,i}$	Net calorific value of CNG (J/g)	Country specific data or IPCC default value Natural Gas; 40.0 TJ/Gg, (L) 46.5, (U) 50.4
$EF_{RF,i}$	CO ₂ emission factor of fuel used by vehicles category <i>i</i> (gCO ₂ /J)	Country specific data or IPCC default value Motor Gasoline; 69300 kg/TJ, (L)67,500, (U)73,000 Diesel oil; 74,100 kg/TJ, (L) 72,600, (U) 74,800

$COEF_{PJ}$	CO2 emission coefficient of CNG (tCO ₂ /Nm ³)	Country specific data
W_c	mass fraction of carbon in CNG (tC/ton)	Country specific data or IPCC default value Natural Gas; 15.3 kg/GJ, (L) 14.8, (U) 15.9
ρ	density of CNG (ton/Nm ³)	Country specific data ?
NCV_{PJ}	Net calorific value of CNG consumed by project vehicle (GJ/Nm ³)	As described
EF_{PJ}	CO ₂ emission factor of CNG consumed by project vehicle (tCO ₂ /GJ)	Country specific data or IPCC default value Natural Gas; 56,100 kg/TJ, (L) 54,300, (U) 58,300
SFC_i	Specific fuel consumption of reference vehicle category i (l/km)	The specific fuel consumption for vehicle category i (SFC_i) shall be determined using either of the three following options: Option (1): Conservative default values based on field measurements Conservative values of actual fuel consumption by vehicle categories in Indonesia that are provided in the methodology can be used. Option (2): Conservative default values based on existing data Conservative values based on Japanese motor vehicles data provided in the methodology can be used. Option (3): Catalogue values provided by manufactures Catalogue fuel consumption of the representative vehicle of each vehicle category can be used. Catalogue fuel consumptions are provided by the manufacture
P_i	mixing ratio of biofuel for vehicle category i (%)	Set default value of mixing ratio from quantity of bio-fuel sold against those of gasoline or diesel

I.2. The monitoring method/item of each data and parameter set ex-post is listed as below:

< In case of quantity of CNG consumption is available >

Parameter	Description of data	Source / Monitoring method/item
$DD_{i,y}$	Annual average distance driven by project vehicle i in year y (km/yr)	Monthly distance travelled is monitored to sample vehicle every month and the average value is applied as the average monthly distance travelled by vehicle category. The average annual distance travelled by vehicle category is calculated on January in every year during project period. Sample vehicle is selected using a 90% confidence interval and a +/- 10% error margin to determine the sample size. The average shall be used as the annual distance travelled.
$FC_{PJ,y}$	quantity of CNG combusted in year y (Nm^3/yr)	Monthly CNG consumption is monitored at CNG station every month. The annual CNG consumption is calculated on January in every year during project period.

< In case of quantity of CNG consumption is not available >

Parameter	Description of data	Source / Monitoring method/item
$DD_{i,y}$	Annual average distance driven by project vehicle i in year y (km/yr)	Monthly distance travelled is monitored to sample vehicle every month and the average value is applied as the average monthly distance travelled by vehicle category. The average annual distance travelled by vehicle category is calculated on January in every year during project period. Sample vehicle is selected using a 90% confidence interval and a +/- 10% error margin to determine the sample size. The average shall be used as the annual distance travelled.
$SFC_{PJ,i}$	Specific CNG consumption of project vehicle by category i per km (Nm^3/km)	Monthly CNG consumption is monitored to sample vehicle every month and the average value is applied as the average monthly CNG

		consumption by vehicle category. The average annual CNG consumption by vehicle category is calculated as the weighted average in distance travelled on January in every year during project period. The monthly CNG consumption is calculated from the record of monthly operation report.
$N_{i,y}$	Number of project vehicle in operation in year y	Establish the number of the project vehicles in operation through based on annual sales records or official data on registered project vehicles.

提案方法論様式の表紙

提案方法論の提出用紙

ホスト国	インドネシア
本様式を提出する方法論提案者の名称	矢島 充郎
提案方法論が申請する適用分野	交通
提案方法論の表題とバージョン番号	Emission reduction by CNG vehicles Ver1.0
この様式に添付する書類リスト (□内にチェックしてください)	☒ The attached draft JCM-PDD: ☐ Additional information
完了日	2014 年 3 月

提案方法論の改訂履歴

Version 1.0	2013/10/24	方法論の初版

A. 方法論の表題

CNG 自動車導入による排出削減 (Emission reductions by CNG vehicles)

B. 用語の定義

用語	定義
CNG 自動車	CNG 自動車は天然ガス自動車（天然ガスを燃料とする自動車）のうち、天然ガスを気体のまま、高圧（20MPa）でガス容器に貯蔵するタイプの自動車である。天然ガス自動車には、使用燃料のタイプにより、以下の4種類があるが、本方法論の対象は、天然ガス専用車に限定する。 天然ガス専用車：圧縮天然ガスのみを燃料とするタイプ バイフューエル車：2つの燃料どちらでも走行可能なタイプ（天然ガス/ガソリン・LPG） デュアルフューエル車：2つの燃料を混合するタイプ（天然ガス+軽油） ハイブリッド車：天然ガスエンジンに電気モーターなどを組み合わせるタイプ 出典：「天然ガス自動車とは」、日本ガス協会ホームページ http://www.gas.or.jp/ngvj/list.html

C. 方法論の概要

C. 方法論の要約

項目	要約
GHG 排出削減手段	CNGの新車導入またはガソリン/ディーゼル車をコンバートし、旅客・貨物運送におけるガソリン/ディーゼル車を代替することで、燃料の燃焼によるGHG排出を削減する。
リファレンス排出量の計算	F.1. リファレンス排出の設定 リファレンスシナリオは同様の運送サービス用に供用されたであろう比較可能な自動車の運行である。リファレンス車両およびプロジェクト車両の同等性は乗車定員や最大積載量等の指標により確認できる。 F.2. リファレンス排出量の計算 リファレンス排出量は、下式の通り計算できる。： $RE_y = \sum_i (SFC_i \times (1 - p_i) \times NCV_{RF,i} \times EF_{RF,i} \times DD_{i,y} \times N_{i,y})$ Where: RE_y Total reference emissions in year y (tCO₂) SFC_i Specific fuel consumption of reference vehicle category i (l/km) P_i mixing ratio of biofuel for vehicle category i (%) $NCV_{RF,i}$ Net calorific value of fossil fuel consumed by reference vehicle category i (MJ/l)

	$EF_{RF,i}$ Emission factor of fossil fuel consumed by reference vehicle category i (tCO ₂ /MJ) $DD_{i,y}$ Annual average distance travelled by project vehicle category i in the year y (km) $N_{i,y}$ Number of operational project vehicles in category i in year y
プロジェクト 排出量の計算	プロジェクト排出量は、次式の通り計算できる。： $PE_y = \sum_i (DD_{i,y} \times SFC_{PJ,i} \times NCV_{PJ} \times EF_{PJ} \times N_{i,y})$ Where: PE_y Total project emissions in year y (tCO ₂) $DD_{i,y}$ Average annual drive distance of project vehicle category i (km/yr) $SFC_{PJ,i}$ CNG consumption by project vehicle category in year y (Nm ³ /yr) NCV_{PJ} Net calorific value of CNG (GJ/Nm ³) EF_{PJ} CO ₂ emission factor of CNG (tCO ₂ /GJ) $N_{i,y}$ Number of project vehicle category in year y (unit)
モニタリング するパラメー タ	$DD_{i,y}$: 車種 i のプロジェクト車両の y 年目の平均走行距離 (km/年) $SFC_{PJ,y}$: y 年目の車種 i のプロジェクト車両の燃費 (Nm ³ /km) $N_{i,y}$: y 年目の車種 i のプロジェクト車両運行台数(台)

D. 適格性基準

この方法論は以下の全基準を満たすプロジェクトに適用できる。

基準 1	本方法論は CNG の新車を導入あるいはガソリン／ディーゼル車をコンバートし、旅客・貨物運送におけるガソリンまたはディーゼル車を代替するプロジェクト活動を対象とする。
基準 2	対象とする CNG 車は、CNG ガス専用車 (圧縮天然ガスのみを燃料とするタイプ) とし、バイフュエル車、デュアルフュエル車、ハイブリッド車は含まない。
基準 3	導入する CNG 車は、乗用車、バス、貨物自動車、通勤用バン、タクシー、モーターサイクル、三輪車を含むが、これらに限られるわけではない。
基準 4	対象に含まれる CNG 車は、インドネシアの関係する諸基準に適合するものとする。本要件を満たす車両の特定方法は、プロジェクト設計書に記載する。
基準 5	代替される車両はガソリン車またはディーゼル車で、電気自動車、LPG 自動車、ハイブリッド自動車は含まない。バイオ燃料を使用している場合は混合率 20% 以下とする。

E. 排出源と GHG 種類

E. 排出源と GHG 種類

リファレンス排出

排出源	GHG 種類
CNG 自動車に置き換えられるガソリンまたはディーゼル自動車からの排出	CO ₂

プロジェクト排出

排出源	GHG 種類
CNG 自動車からの排出	CO ₂

F. リファレンス排出の設定と計算

F.1. リファレンス排出の設定

リファレンスシナリオは同様の運送サービス用に供用されたであろう比較可能な自動車の運行である。リファレンス車両およびプロジェクト車両の同等性はプロジェクト設計書に記載し、第三者機関による有効性審査でその妥当性を証明しなければならない。

F.2. リファレンス排出量の計算

リファレンス排出量は、下式の通り計算できる。:

$$RE_y = \sum_i (SFC_i \times (1 - p_i) \times NCV_{RF,i} \times EF_{RF,i} \times DD_{i,y} \times N_{i,y})$$

Where:

RE_y Total reference emissions in year y (tCO₂)

SFC_i Specific fuel consumption of reference vehicle category i (l/km)

p_i mixing ratio of biofuel for vehicle category i (%)

$NCV_{RF,i}$ Net calorific value of fossil fuel consumed by reference vehicle category i (MJ/l)

$EF_{RF,i}$ Emission factor of fossil fuel consumed by reference vehicle category i (tCO₂/MJ)

$DD_{i,y}$ Annual average distance travelled by project vehicle category i in the year y (km)

$N_{i,y}$ Number of operational project vehicles in category i in year y

車種分類を、燃料種別、車種、定員／積載量など燃料消費率の違いを見分けるためのその他の関連指標に基づいて設定する。車種 i の燃料消費量 (SFC_i) は、以下の3つの

オプションから順に適用可能性を検討して決定する：

Option (1): 実測に基づく保守的デフォルト値

本方法論で提供されるラオスにおける実測に基づく車種別実走行燃費の保守値を用いる（本調査における成果を車種別デフォルト値として添付予定）。

なお、新たに実測を行う場合のサンプル数は下式に基づき決定する。

- 車種別に「信頼度 90%、相対精度 10%」条件下で、サンプル数を下式に基づき算定する。
- [標準偏差 (SD) / 平均値 (mean)] は、当該国での事例が無い場合には、日本等での事例を参考に設定する。

$$n = \frac{1.645^2 \times V}{0.1^2} = \frac{1.645^2}{0.1^2} \times \left(\frac{SD}{mean} \right)^2$$

出典: CDM EB 67 Annex 6 (Best practice examples focusing on sample size and reliability calculations)

Option (2): 既存データに基づく保守的デフォルト値

日本の自動車の排気量と実燃費の関係を統計解析し、保守的回帰直線を設定する。これにより排気量がわかれば実燃費を推定できるようにする。(e 燃費データ等を用い解析中)

Option (3): カタログ燃費

各車種の代表的な車両のカタログ燃費を用いる。実走行燃費はカタログ燃費よりも平均で約3割低いと報告されており（10・15モード比。JC08モード比約2割）¹、リファレンス車両の燃費についてカタログ燃費を用いることは極めて保守的である。

G. プロジェクト排出の計算

プロジェクト排出量はCNG自動車の燃料使用量が計測できる場合とできない場合に応じて、以下のように計算する。

<CNG自動車の燃料使用量が計測できる場合>

CO₂ emissions from CNG is calculated based on the quantity of CNG combusted and the CO₂ emission coefficient of CNG, as follows:

¹「乗用車の10・15モード燃費の向上による実燃費の推移に関する統計解析、工藤祐揮ら、Journal of the Japan Institute of Energy, 87, 930-937, 2008」「乗用車の燃費、一般社団法人 日本自動車工業会」

$$PE_y = FC_y \times COEF_{PJ}$$

ここに、

PE_y ; y年目のプロジェクト排出量(tCO₂/yr)

$COEF_{PJ}$; CNGの二酸化炭素排出係数(tCO₂/Nm³)

FC_y ; y年目のCNG消費量(Nm³/yr)

The CO₂ emission coefficient can be calculated using one of the following two options, depending on the availability of data on CNG, as follows. Option A should be the preferred approach, if the necessary data is available:

Option A; The CO₂ emission coefficient is calculated based on the chemical composition of the CNG, using the following approach:

$$COEF_{PJ} = W_C \times \rho \times \frac{44}{12}$$

ここに、

$COEF_{PJ}$; CNGの二酸化炭素排出係数(tCO₂/Nm³)

W_C ; CNGの炭素含有量(tC/ton)

ρ ; CNGの密度(ton/Nm³)

Option B; The CO₂ emission coefficient COEF is calculated based on net calorific value and CO₂ emission factor of the CNG, as follows:

$$COEF_{PJ} = NCV_{PJ} \times EF_{PJ}$$

ここに、

$COEF_{PJ}$; CNGの二酸化炭素排出係数(tCO₂/Nm³)

NCV_{PJ} ; CNGの正味発熱量(GJ/Nm³)

EF_{PJ} ; CNGの発熱量当り二酸化炭素排出係数(tCO₂/GJ)

<CNG自動車の燃料使用量が計測できない場合>

CO₂ emissions from CNG is calculated based on the quantity of CNG combusted and the CO₂ emission coefficient of CNG. In case of quantity of CNG combusted is not measurable, CNG combusted is estimated using the distance driven and specific CNG consumption for each vehicle category, as follows:

$$PE_y = \sum_i (FC_{i,y} \times COEF_{PJ})$$

$$= \sum_i (DD_{i,y} \times SFC_{PJ,i} \times COEF_{PJ} \times N_{i,y})$$

ここに、

PE_y ; y年目のプロジェクト排出量(tCO₂/yr)
 $COEF$; CNGの二酸化炭素排出係数(tCO₂/Nm³)
 $FC_{i,y}$; y年目の車種 i のCNG消費量(Nm³/yr)
 $DD_{i,y}$; y年目の車種 i の1台当たりの平均年間走行距離(km/台・yr)
 $SFC_{PJ,i}$; プロジェクト車種 i のCNG燃費(Nm³/km)
 $N_{i,y}$; y年目の車種 i のプロジェクト車両台数 (台)

The CO₂ emission coefficient can be calculated using one of the following two options, depending on the availability of data on CNG, as follows. Option A should be the preferred approach, if the necessary data is available:

Option A; The CO₂ emission coefficient is calculated based on the chemical composition of the CNG, using the following approach:

$$COEF_{PJ} = W_C \times \rho \times \frac{44}{12}$$

ここに、

$COEF_{PJ}$; CNGの二酸化炭素排出係数(tCO₂/Nm³)
 W_C ; CNGの炭素含有量(tC/ton)
 ρ ; CNGの密度(ton/Nm³)

Option B; The CO₂ emission coefficient $COEF$ is calculated based on net calorific value and CO₂ emission factor of the CNG, as follows:

$$COEF_{PJ} = NCV_{PJ} \times EF_{PJ}$$

ここに、

$COEF_{PJ}$; CNGの二酸化炭素排出係数(tCO₂/Nm³)
 NCV_{PJ} ; CNGの正味発熱量(GJ/Nm³)
 EF_{PJ} ; CNGの発熱量当り二酸化炭素排出係数(tCO₂/GJ)

H. 排出削減量の計算

排出削減量は、次式で計算する：

$$ER_y = RE - PE$$

Where:

ER_y	Emission reductions in year y (tCO ₂)
RE_y	Reference emissions in year y (tCO ₂)
PE_y	Project emissions in year y (tCO ₂)

I. モニタリングするデータとパラメータ

I.1. 事前に設定するデータとパラメータ

事前に固定する各データとパラメータの出典は、下表の通り：

パラメータ	データの記述	出典
$NCV_{RF,i}$	リファレンス車種 i の燃料の正味発熱量 (J/g)	インドネシアの固有値又は IPCC デフォルト値 Motor Gasoline; 44.3 TJ/Gg, (L) 42.5, (U) 44.8 Diesel oil; 43.0 TJ/Gg, (L) 41.4, (U) 43.3
NCV_{PJ}	プロジェクト車種 i の燃料 (CNG) の正味発熱量 (J/g)	インドネシアの固有値又は IPCC デフォルト値 Natural Gas; 40.0 TJ/Gg, (L) 46.5, (U) 50.4
$EF_{RF,i}$	リファレンス車種 i の燃料の CO ₂ 排出係数 (gCO ₂ /J)	インドネシアの固有値又は IPCC デフォルト値 Motor Gasoline; 69300 kg/TJ, (L) 67,500, (U) 73,000 Diesel oil; 74,100 kg/TJ, (L) 72,600, (U) 74,800
$COEF_{PJ}$	プロジェクト車種 i の燃料 (CNG) の CO ₂ 排出係数 (tCO ₂ /Nm ³) $COEF_{PJ} = W_c \times \rho \times (44/12)$ または $COEF_{PJ} = NCV \times EF_{PJ}$	インドネシアの固有値
W_c	CNG の炭素含有量 (tC/ton)	インドネシアの固有値又は IPCC デフォルト値

		Natural Gas; 15.3 kg/GJ, (L) 14.8, (U) 15.9
ρ	CNGの密度(ton/Nm ³)	インドネシアの固有値又は IPCC デフォルト値 ?
NCV_{PJ}	CNGの正味発熱量 (GJ/Nm ³)	既述
EF_{PJ}	CNG の二酸化炭素排出係数 (tCO ₂ /GJ)	インドネシアの固有値又は IPCC デフォルト値 Natural Gas; 56,100 kg/TJ, (L) 54,300, (U) 58,300
SFC_i	リファレンス車種 i の燃料消費量(km/l)	車種 i の燃料消費量 (SFC_i) は、車種分類ごとに燃料消費率(SFC_i)を、以下の3つのオプションの中から選択して決定する： 車種分類は、燃料種別、車種、定員／積載量など燃料消費率の違いを見分けるためのその他の関連指標に基づいて設定する。 Option (1): 実測 車種別に標本を抽出し、標本車両の燃料消費率をプロジェクト開始前3ヶ月間計測する。標本車両は90%信頼区間で10%以内の誤差率となるように標本数を定め、ランダムに抽出する。平均値を燃料消費量SFC_iとして採用する。 Option (2): 保守的デフォルト値 先進国の同車種の実走行燃費をデフォルト値として適用する。 Option (3): カタログ値 プロジェクト地域において一般的に普及している同等車両の製造者の仕様から得られた燃料消費を使って推定する。
P_i	リファレンス車種 i のバイオ燃料混合率	石油製品販売量にしめるバイオ燃料販売量から混合率のデフォルト値を設定

I.2. 事後に設定するデータとパラメータ

プロジェクト開始後に設定する各データとパラメータは、下表の手順にしたがって設定する：

<CNG 自動車の燃料使用量が計測できる場合>

パラメータ	データの記述	出典 / モニタリング方法/項目
$DD_{i,y}$	車種 i のプロジェクト車両の y 年目の平均走行距離 (km/年)	車種別に標本を抽出し、月間走行距離を毎月計測し、平均値を車種別平均月間走行距離とし、毎年1月に前年の車種別年間走行距離を設定する。標本車両は90%信頼区間で10%以内の誤差率となるように標本数を定め、ランダムに抽出する。
$FC_{PJ,y}$	y 年目のプロジェクト車種 i のCNG消費量 (Nm^3)	毎月、CNGスタンドで給ガス量をモニタリングし、1月に年間CNG消費量を算出する。

<CNG 自動車の燃料使用量が計測できない場合>

パラメータ	データの記述	出典 / モニタリング方法/項目
$DD_{i,y}$	車種 i のプロジェクト車両の y 年目の平均走行距離 (km/年)	車種別に標本を抽出し、月間走行距離を毎月計測し、平均値を車種別平均月間走行距離とし、毎年1月に前年の車種別年間走行距離を設定する。標本車両は90%信頼区間で10%以内の誤差率となるように標本数を定め、ランダムに抽出する。
$SFC_{PJ,i}$	車種 i のプロジェクト車両の燃費 (Nm^3/km)	車種別に標本を抽出し、燃費を毎月計測し、平均値を車種別月平均燃費とし、毎年1月に前年の車種別平均年間燃費を毎月データの走行距離の重み付き平均値として設定する。 燃費は月別の運行距離と給ガス量を運行月報を参照し設定する。
$N_{i,y}$	y 年目のプロジェクト車両運行台数	年間販売記録またはプロジェクト車両の登録に関する公式データから設定する。

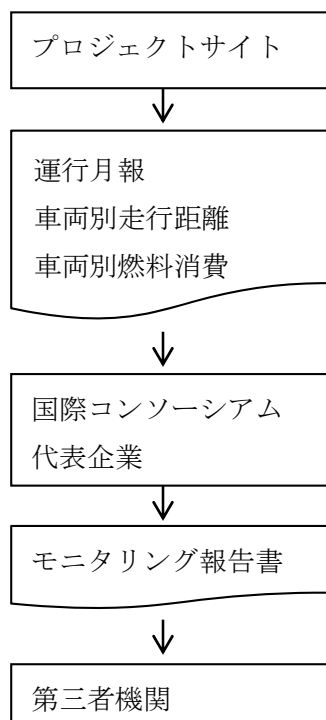
5.6 モニタリング体制

当該事業・活動におけるモニタリング手法を以下に示す。

表 5.(5) モニタリング手順・方法・頻度

情報・データ	モニタリング方法・手順	頻度、モニタリング可能な根拠
$DD_{i,y}$ 走行キロ (km)	1) 運行管理者から毎月の運行月報を収集、 または 2) 計測器のログデータから算出した月間走行キロをスプレッドシートに入力	モニタリング頻度は毎月。 1)は月例業務で取得可
$PFC_{i,x,y}$ ：プロジェクト 燃料消費率 (L/km)	1) 運行管理者から毎月の運行月報を収集、 または 2) 計測器のログデータによる月間走行キロと月間燃料消費量を手入力	2)は追加的な作業。運行月報非公開でも計測可能
$RFC_{i(x)}$ ：リファレンス 燃料消費率 (L/km)		

モニタリング実施体制を以下に示す。



プロジェクトサイト (DAMRI Bus, O-RENTZ Taxi) は、プロジェクト実施1～3年前の運行月報をモニタリング用に国際コンソーシアム代表企業に提供。

国際コンソーシアム代表企業は、プロジェクトサイトと協議しつつモニタリング実施計画を策定する。リファレンス排出係数、燃費改善率などをプロジェクト開始時期に設定し、プロジェクト期間中は毎年、走行距離、燃料消費量算定用のデータを収集し、排出削減量を算出する。毎年1回モニタリング報告書を作成する。

検証機関はプロジェクト開始前に国際コンソーシアム代表企業と協議し、モニタリング計画と整合的な検証計画を策定する。

プロジェクト期間中、毎年1回モニタリング報告書を検証し、検証報告書を作成する。

モニタリング報告書、検証報告書は承認を受けるためにJC（二国間委員会）に提出される。

図 5.(2) モニタリング体制

5.7 排出削減量の推計

2014 年度からの 2 年間でバス 30 台、タクシー150 台の CNG 自動車を導入した場合の排出削減量は、約 885 tCO₂ と推定される。

表 5.(6) バス・タクシーの CNG 化による排出削減量の推定

Taxi	Units	Reference	Project	emission reductions
Referential fuel consumption of vehicle category i	L/km	0.0856	0.0518	
Net Calorific value of fuel type x	GJ/kl	32.8	50.5	
CO2 emission factor for fuel type x	tCO2/GJ	0.0693	0.0561	
Total drive distance	km/y	66,948	66,948	
Number of vehicles	unit	150	150	
CO₂ emission	tCO₂/y	1,955	1,472	483

Bus	Units	Reference	Project	emission reductions
Referential fuel consumption of vehicle category i	L/km	0.2874	0.2000	
Net Calorific value of fuel type x	GJ/kl	37.7	50.5	
CO2 emission factor for fuel type x	tCO2/GJ	0.0687	0.0561	
Total drive distance	km/y	75,216	75,216	
Number of vehicles	unit	30	30	
CO₂ emission	tCO₂/y	1,679	1,278	402

Total	tCO₂/y	3,634	2,750	885
--------------	--------------------------	--------------	--------------	------------

バス・タクシーの CNG 化をスラバヤ市全体に普及させた場合の排出削減量は、約 39,700 tCO₂ と推定される。

表 5.(7) 当該事業がスラバヤ市全体に普及した場合の排出削減量の推定

Taxi	Units	Reference	Project	emission reductions
Referential fuel consumption of vehicle category i	L/km	0.0856	0.0518	
Net Calorific value of fuel type x	GJ/kl	32.8	50.5	
CO2 emission factor for fuel type x	tCO2/GJ	0.0693	0.0561	
Total drive distance	km/y	66,948	66,948	
Number of vehicles	unit	4000	4000	
CO₂ emission	tCO₂/y	52,131	39,249	12,882

Bus	Units	Reference	Project	emission reductions
Referential fuel consumption of vehicle category i	L/km	0.2874	0.2000	
Net Calorific value of fuel type x	GJ/kl	37.7	50.5	
CO2 emission factor for fuel type x	tCO2/GJ	0.0687	0.0561	
Total drive distance	km/y	75,216	75,216	
Number of vehicles	unit	2000	2000	
CO₂ emission	tCO₂/y	111,959	85,186	26,773

Total	tCO₂/y	164,090	124,435	39,655
--------------	--------------------------	----------------	----------------	---------------

表 5.(8) spread sheet

Proposed Methodology Spreadsheet (Calculation Process Sheet) [Attachment to Proposed Methodology Form]					
1. Calculations for emission reductions		Fuel type	Value	Units	Parameter
Emission reductions during the period of year y			885	tCO ₂ /y	ER _y
2. Selected default values, etc.					
Use of the default net calorific value of fuel type x		Yes			NCV _x
Use of the default carbon emission factor for fuel type x		Yes			EF _{CO₂,x}
Use of the default referential fuel consumption of vehicle category i		Yes			RFC _{i,x}
Use of the default project fuel consumption of vehicle category i		No			PFC _{i,x,y}
3. Calculations for reference emissions					Source
Reference emissions during the period of year y			3,634	tCO ₂ /y	RE _y
1:Taxi		Gasoline			
Referential fuel consumption of vehicle category i			0.0856	L/km	RFC _{i,x}
Net Calorific value of fuel type x			32.8	GJ/kl	NCV _x
CO ₂ emission factor for fuel type x			0.0693	tCO ₂ /GJ	EF _{CO₂,x}
Total drive distance			66,948	km/y	DD _{i,y}
Number of vehicles			150	unit	
CO ₂ emission			1,955	tCO ₂ /y	RE _y
2:Bus		diesel			
Referential fuel consumption of vehicle category i			0.2874	L/km	RFC _{i,x}
Net Calorific value of fuel type x			37.7	GJ/kl	NCV _x
CO ₂ emission factor for fuel type x			0.0687	tCO ₂ /GJ	EF _{CO₂,x}
Total drive distance			75,216	km/yr	DD _{i,y}
Number of vehicles			30	unit	
CO ₂ emission			1,679	tCO ₂ /y	RE _y
3:Angkot		Gasoline			
Referential fuel consumption of vehicle category i				L/km	RFC _{i,x}
Net Calorific value of fuel type x			32.8	GJ/kl	NCV _x
CO ₂ emission factor for fuel type x			0.0693	tCO ₂ /GJ	EF _{CO₂,x}
Total drive distance				km/yr	DD _{i,y}
Number of vehicles			1	unit	
CO ₂ emission			0.00	tCO ₂ /y	RE _y
4:Garbage Truck		Diesel			
Referential fuel consumption of vehicle category i			0.0000	L/km	RFC _{i,x}
Net Calorific value of fuel type x			37.7	GJ/kl	NCV _x
CO ₂ emission factor for fuel type x			0.0687	tCO ₂ /GJ	EF _{CO₂,x}
Total drive distance				km/yr	DD _{i,y}
Number of vehicles			1	unit	
CO ₂ emission			0.00	tCO ₂ /y	RE _y
4. Calculations of the project emissions					
Project emissions during the period of year y			2,750	tCO ₂ /y	PE _y
1:Taxi		Natural gas			
Project fuel consumption of vehicle category i			0.0518	Nm3/km	PFC _{i,x,y}
Net Calorific value of fuel type x			50.5	GJ/1000Nm3	-
CO ₂ emission factor for fuel type x			0.0561	tCO ₂ /GJ	EF _i
Total drive distance			66,948	km/y	DD _{i,y}
Number of vehicles			150	unit	
CO ₂ emission			1,472	tCO ₂ /y	PE _y
2:Bus		Natural gas			
Project fuel consumption of vehicle category i			0.2000	Nm3/km	PFC _{i,x,y}
Net Calorific value of fuel type x			50.5	GJ/1000Nm3	-
CO ₂ emission factor for fuel type x			0.0561	tCO ₂ /GJ	EF _i
Total drive distance			75,216	km/y	DD _{i,y}
Number of vehicles			30	unit	
CO ₂ emission			1,278	tCO ₂ /y	PE _y
3:Angkot		Natural gas			
Project fuel consumption of vehicle category i			0.0000	Nm3/km	PFC _{i,x,y}
Net Calorific value of fuel type x			50.5	GJ/1000Nm3	-
CO ₂ emission factor for fuel type x			0.0561	tCO ₂ /GJ	EF _i
Total drive distance				km/y	DD _{i,y}
Number of vehicles			1	unit	
CO ₂ emission			0	tCO ₂ /y	PE _y
4:Garbage Truck		Natural gas			
Project fuel consumption of vehicle category i			0.4615	Nm3/km	PFC _{i,x,y}
Net Calorific value of fuel type x			50.5	GJ/1000Nm3	-
CO ₂ emission factor for fuel type x			0.0561	tCO ₂ /GJ	EF _i
Total drive distance				km/y	DD _{i,y}
Number of vehicles			1	unit	
CO ₂ emission			0	tCO ₂ /y	PE _y

表 5.(9) spread sheet

[List of Default Values]			IPCC Default Value		
Net calorific value of fuel type	Value	Units	(TJ/Gg)	density	
Gasoline	32.8	GJ/kl	44.3	t/kl	
Diesel	37.7	GJ/kl	43	t/kl	
LPG	50.8	GJ/t	47.3	t/kl	
Natural gas	50.5	GJ/1000Nm ³	48	t/1000Nm3	
Electricity	1.0	-	IPCC Default Value for Natural Gas		
CO ₂ emission factor for fuel type	Value	Units			
Gasoline	0.0693	tCO ₂ /GJ	48.0	TJ/Gg	
Diesel	0.0687	tCO ₂ /GJ	48	GJ/ton	
LPG	0.0599	tCO ₂ /GJ	0.951	kg/Nm3	
Natural gas	0.0561	tCO ₂ /GJ	50.47	GJ/1000Nm3	
Electricity	0.1000	tCO ₂ /MWh			
[Monitoring]					
Fuel consumption of vehicle category i	Value	Units			
1:Taxi					
Gasoline	0.0161	L/km			
Diesel		L/km			
LPG		kg/lm			
Natural gas	0.0518	Nm3/km	日本ガス協会バンフP29、トヨタプロボックス/バン1496cc		
Electricity		kwh/km			
2:Bus					
Gasoline	0.0356	L/km			
Diesel		L/km			
LPG		kg/lm			
Natural gas	0.2000	Nm3/km	日本ガス協会バンフP29、いすゞフォワードGVW13.56ton		
Electricity		kwh/km			
3:Angkot					
Gasoline	0.0585	L/km			
Diesel		L/km			
LPG		kg/lm			
Natural gas		Nm3/km			
Electricity		kwh/km			
4:Garbage Truck					
Gasoline		L/km			
Diesel		L/km			
LPG		kg/lm			
Natural gas	0.4615	Nm3/km	日本ガス協会バンフP29、いすゞフォワードGVW12.535ton		
Electricity		kwh/km			
5:Personal Car					
Gasoline		L/km			
Diesel		L/km			
LPG		kg/lm			
Natural gas		Nm3/km			
Electricity		kwh/km			

5.8 コベネフィット効果

GHG 削減以外のコベネフィット効果を下記に示す。

□大気環境改善に貢献

- ・ CNG 自動車は、光化学スモッグ・酸性雨などの環境汚染の原因となる窒素酸化物（NOx）の排出量が少なく、喘息など呼吸器疾患の原因となる黒煙や粒子状物質（PM）をほとんど排出しないなど大気環境の改善に貢献できる。

□人材育成に貢献

- ・ CNG 自動車バッテリーのメンテナンスについて、実証運行開始前に専門の技術者から指導を受けることにより、有能な人材育成の場を提供することになる。

□経済活性化に貢献

- ・本格的な CNGV 普及を図るビジネス展開にあたって、スラバヤ市内に車両管理・組み立て工場を建設した場合の雇用創出が期待できる。
- ・スラバヤ市はインドネシア国内の物流機能の中枢であり、部品メーカーが国内他都市に工場を建設するなど波及効果も期待できる。

□公共交通のイメージアップ、それに伴うモーダルシフトに貢献

- ・CNG バスのクリーンで清潔な車両、バス運行管理体制の強化等により、今まで以上に安全で快適な乗り物として利便性が向上する。
- ・将来的には BRT 整備との連携を目指し自家用車から公共交通へのモーダルシフトの促進に貢献する。

5.9 事業化に向けた課題

2011 年から 2012 年、政府は公共交通機関へ CNG 変換キットを無料配布し普及展開を図ったが浸透しなかった。その理由は下記によるものである。

- ・CNG ステーションの不足：現時点で運営している CNG ステーションは 3 箇所しかない。場所も中心部から離れているため利便性が低い。
- ・CNG 価格：CNG 価格はこれまで変動してきており、仮に CNG が普及した場合の将来的な CNG 価格高騰が懸念される。
- ・CNG コンバージョンの安全性、車両補償の維持：CNG コンバージョンキットを後付するとメーカーの車両補償が失効するケースがある。

5.10 今後の展開方針

上述の課題を踏まえ、スラバヤ市で CNG 普及活動を JCM プロジェクトとして進めるための展開方針を以下に示す。

インフラ整備の推進	CNG ステーション配備 ^{※1} のための尼国政府の支援、BRT 整備の推進
経済性	CNG 価格に関する政府方針・担保 ^{※2} 、CNG 車両購入補助
安全性	CNG メンテナンス体制の整備 ^{※3} 、CNG コンバージョン後のメーカー補償の維持 ^{※3}
MRV 方法論	本年度作成した CNG 化の方法論に加え、BRT 整備によるモーダルシフト方法論の検討

※1：現在稼働している CNG ステーション 3 箇所の他に、政府からの認可待ちのステーションが 4 箇所ある。この 4 箇所は市の中心部に近い好立地であり、これらの稼働により CNG 化の機運はかなり高まることが予想

される。なお、CNGステーションの建設には多額の費用を要するため、CNGステーションからトラックでCNGを運搬し供給するMRU(Mobile Refueling Unit)によりCNG供給の低コスト化・簡易化を図る方法も効果的である。現在CNE社はMRUトラックを2台所有している。

※2：CNGV利用者が安心してCNGを使用できる環境を整えるためには、ステーション配備とともに、CNG価格に関する政府の指針・担保が必要である。

※3：CNG専門家、自動車メーカー、カウンターパートが協力して訪日研修および専門家派遣セミナー、整備研修の仕組み構築と人員充実等の能力強化・研修を実施する。

国内各地に類似プロジェクトを展開するためには、スラバヤでのモデル事業を通じてCNG需要を喚起し、国内でのインフラ整備、自動車販売店での取扱やサービスネットワークが整備される必要がある。こうした基盤が整備されたのちに市場メカニズムに基づいて各地で自律的にCNGが普及する段階に移行するとみられる。また、本プロジェクトによりCNG普及の環境が整えば、バスやタクシーの他に廃棄物運搬車や物流トラックなど都市の複数セクターへの水平展開も期待できる。

廃棄物分野：株式会社西原商事

平成 25 年度アジアの低炭素化社会実現のための JCM 大規模案件形成可能性調査：
インドネシア国スラバヤ市における低炭素都市計画策定のための技術協力事業
(一般廃棄物分野)

インドネシア共和国スラバヤにおける リサイクル事業案件形成可能性調査

株式会社西原商事

目次

1. 対象国・対象都市の諸制度・事業環境.....	1
1.1. 対象国・対象都市の社会・経済状況について	1
1.2. 対象国・対象都市のエネルギー消費・温室効果ガス排出の状況について	1
1.3. 事業に係る環境負荷などの状況について	1
1.4. 事業に関連するインフラ・施設等の整備状況	2
1.5. 事業に関連する政府組織とその役割について	3
1.6. 事業に関連する諸制度の状況	3
2. 調査対象事業	4
2.1. 事業のねらい	4
2.2. 適用技術・制度等	5
3. 調査方法	5
3.1. 調査課題	5
3.2. 実施体制	5
3.3. 調査内容	5
4. 調査結果	6
4.1. 調査活動の実績と調査結果① 組成調査のマクロデータの整理	6
4.2. 調査活動の実績と調査結果② ビジネスモデルの検討	9
4.3. GHG 排出削減効果 (FS 時／大規模展開時)	11
4.4. エネルギー起源 CO ₂ 排出削減効果 (FS 時／大規模展開時)	13
4.5. GHG 削減以外のコベネフィット効果	15
4.6. PJ 全体費用	16
4.7. 費用対効果(PJ 全体費用÷エネルギー起源 CO ₂ 排出削減量) (事業実施時) ...	16
4.8. 計画達成事項／計画未達成事項とその理由 等	16
5. 事業化に向けた検討	16
5.1. 事業化/JCM 化シナリオ	16
5.2. MRV 方法論、モニタリング体制	17

5.3.	事業化体制	17
5.4.	資金計画	17
5.5.	日本製技術導入促進する為のアイデア	17
5.6.	事業化に向けた課題・要望と解決策	18
5.7.	今後の展開方針や具体的なスケジュール 等	19

1. 対象国・対象都市の諸制度・事業環境

1.1. 対象国・対象都市の社会・経済状況について

インドネシアの、2012 年の GDP は 8,794 億ドル、1 人当り GDP は 3,562.9 ドルであった。経済成長率は 6.2%と堅調な経済成長を達成している。経済成長については、資源の輸出と旺盛な国内の投資・個人消費にけん引されており、2009 年のリーマンショック時を除き、2007 年から経済成長率は 6%台前半となっている。この 5 年間で、一人当たりの GDP は、約 2 倍になった。

経済成長が個人消費にけん引されていることもあり、今後も一般廃棄物の排出量は増加していくことが予想される。また、温室効果ガスの排出量も大幅に増加すると見込まれる。

1.2. 対象国・対象都市のエネルギー消費・温室効果ガス排出の状況について

2009年9月のG20ピッツバーグ・サミットにおいて、2020年までに温室効果ガスの排出量をBAU（Business as usual、対策がなされなかった場合）比で26%削減すること、更に国際的な支援を受けて41%削減することが、ユドヨノ大統領によって表明された。これを受けて、国家開発企画庁（BAPPENAS）が国家行動計画（RAN-GRK）を策定、2020年までの温室効果ガス削減目標が分野別に掲げられた。廃棄物分野においては、ゴミ処理場開発、都市部における3Rおよび下水システムによって、温室効果ガスを48メガトン-CO2削減することが目標となっている¹。地方に目を移すと、国家行動計画に呼応して、インドネシアの33州では「温室効果ガス排出削減に係る地方（州別）行動計画（RAD-GRK）」の策定が進んでいる。今後、スラバヤ市においても、温室効果ガスのマネジメントが求められることが想定される。

1.3. 事業に関係する環境負荷などの状況について

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

スラバヤ市においては、2008 年のデータではあるが、1 日当たり 2,642 トンの一般ごみ

¹ 新メカニズム情報プラットフォーム

<http://www.mmechanisms.org/country/IDN.html#nap>

² Status Lingkungan Hidup Indonesia 2012

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

が排出されている³。スラバヤ市の一般廃棄物処理を担当する DKP（美化局）へのヒアリングによると、最終処分場へ搬入されるごみの量は、1200 トン～1400 トン/日となっている。

1.4. 事業に関連するインフラ・施設等の整備状況

経済発展と都市人口の増加が見込まれるインドネシアでは、今後都市部を中心に一般ごみの排出量は増加し続けていくと予想される。現時点でも最終処分場の処理能力を超えるごみが排出、搬入されており、ごみの減量化は喫緊の問題である。2008 年の推計によれば、インドネシアの実に約 60%の最終処分場について、2015 年以前までに使用できなくなるとされている。オープンダンピングによる最終処分に代わる、一般ごみの処理方法の開発が求められているのは明らかである。

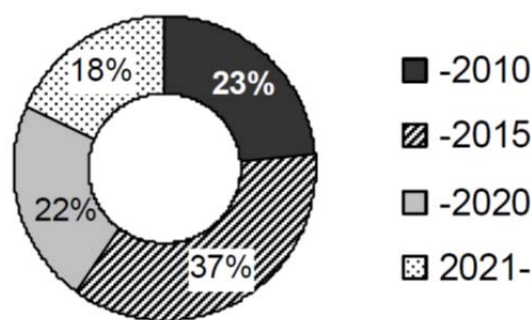


図 1 最終処分場の使用可能年⁴

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

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

⁴Indonesia waste statistics, Year2008

<http://inswa.or.id/wp-content/uploads/2012/07/Indonesian-Domestic-Solid-Waste-Statistics-20082.pdf>

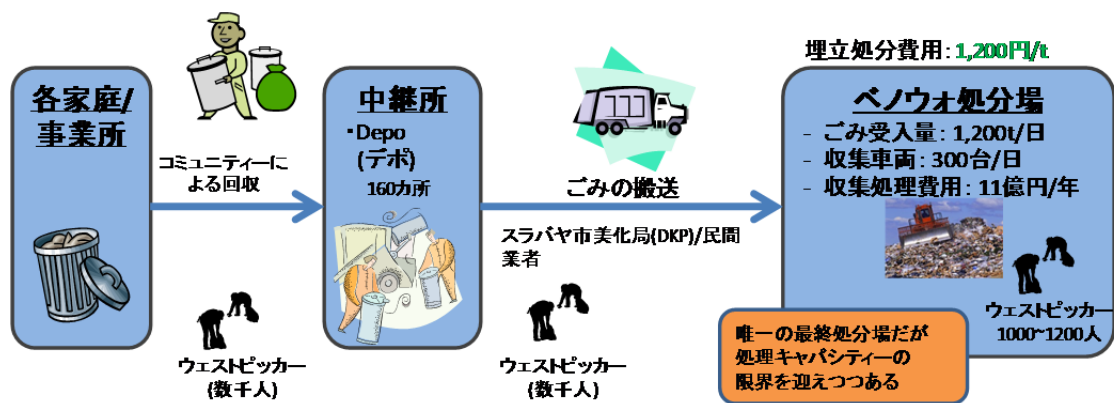


図 2 スラバヤ市におけるごみの回収フロー

スラバヤ市には、最終処分場が 1 カ所しかないが、その処理キャパシティーは限界を迎えようとしている。市は、2013 年 1 月より民間企業であるスンバオーガニック社に最終処分場におけるごみ処理を委託、同社は、廃棄物のガス化発電の事業化などを目指している。

1.5. 事業に関連する政府組織とその役割について

廃棄物関連政策を担当する中央省庁は、公共事業省と環境省となる。公共事業省は、インフラ整備の担当部局であり、最終処分場の建設などの廃棄物管理にかかるインフラ整備の担当は人間居住総局となる。環境省は、ごみの管理などを担当する。一般廃棄物について規定されている、インドネシア共和国法 2008 年第 18 号「廃棄物管理法」は環境省が制定した。

各地方政府には DKP があり、一部業務を民間委託するケースもあるが、DKP が一般廃棄物の管理および関連業務を行っている。大規模なインフラや中央の公共事業省が建設し、その運営管理と小規模なインフラ（DEPO や一部の回収車）などは地方自治体の担当ということになる。

1.6. 事業に関連する諸制度の状況

インドネシアにおける、廃棄物管理の基本となる法制度は、インドネシア共和国法2008年第18号「廃棄物管理法」である⁵。同法では、2008年から5年以内に最終処分場におけるオープンダンピング方式による廃棄物処理を禁止すること、地方自治体の責任で2013年までに既存のオープンダンピング方式による最終処分場を閉鎖しなければならないことが明記されている。この廃棄物管理法を受けた、ガイドライン的な性格を持つ家庭系廃棄物政令2012年82番政令の整備が進められている。全体として、廃棄物行政を包括するような体系

⁵ “ACT OF THE REPUBLIC OF INDONESIA NUMBER 18 YEAR 2008”,
[http://www.menlh.go.id/adipura/peraturan/UU_no18_th2008_ttg_pengelolaan_sampah%20\(english%20version\).pdf](http://www.menlh.go.id/adipura/peraturan/UU_no18_th2008_ttg_pengelolaan_sampah%20(english%20version).pdf)

的な法令は整備中となっている。

インドネシアにおける、民間に廃棄物処理を委託する場合の処理費（ティッピングフィー）については、安価となっている。自治体によっては、設定されていないこともある。スラバヤ市においては、前述のスンバオーガニック社の事業に対して、11万9000ルピア/トンのティッピングフィーが設定されている。

その他の事業実現のための資金支援スキーム等は、現地ヒアリングなどでは確認することができず、活用することは困難であると考えられる。

2. 調査対象事業

2.1. 事業のねらい

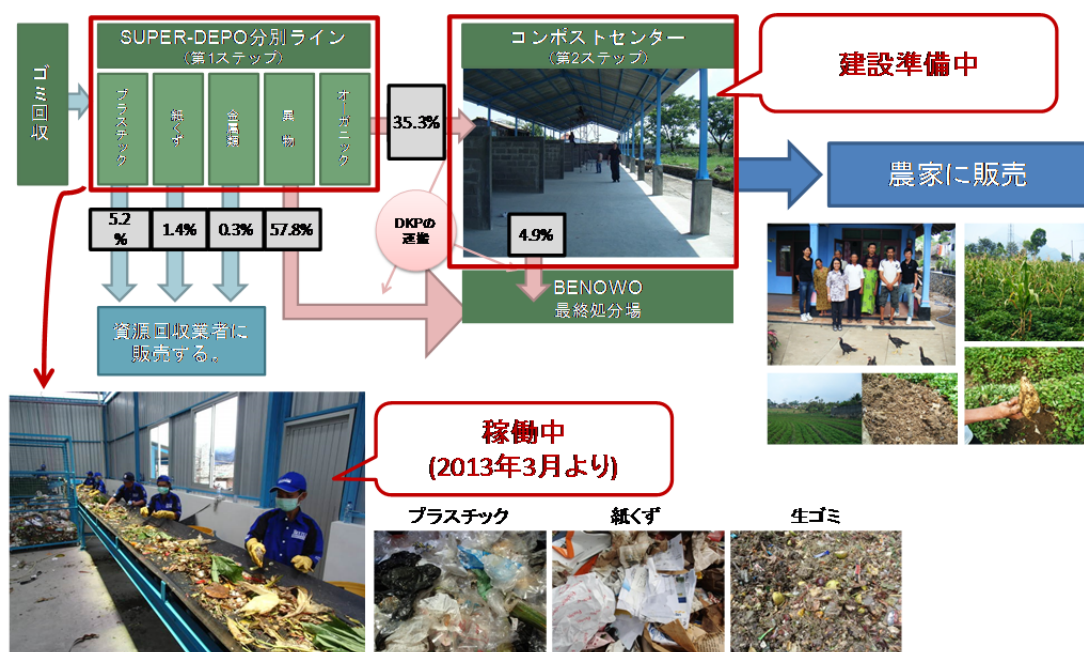


図 3 西原商事の取り組み

西原商事は、2012年にスラバヤ市における「リサイクル型廃棄物中間処理施設パイロット事業」を外務省の委託により実施し、事業と並行して、10～15トン/日の一般ごみを受け入れ、選別することができるSuper Depoを建設し、現在も運営している。2013年度からは、一般ごみの約60%～70%を占める有機物の処理に焦点を絞り、Super Depoで分別された有機ごみの処理を対象とした実証事業（JICA委託）を実施し、分別および有価物・コンポストの販売による事業推進に向けた準備を進めている。

今回の調査では、前ページに示した図を包括するような、一般ごみの受け入れ～分別～有価物の販売(プラスチック、紙類)～有機物からのコンポスト製造と販売 の実施について、事業としての実現可能性調査と、事業の実施による温室効果ガスの削減効果を検討するこ

とが目的となる。事業の規模は、150トン/日の一般廃棄物を受け入れる施設の建設、運営を想定している。これにより、スラバヤ市の開発課題である「ごみの減量化」と実現するビジネスを展開することが目標となる。

2.2. 適用技術・制度等

適用する技術は、1. 一般ごみの分別、2. 有機ごみのコンポスト化となる。1. については、既にSuper Depoで運用中である。今後の課題は、プラスチックや紙といった有価物の回収効率の向上と、分別速度・量の向上である。

2. については、2013年からの実証事業で採算性を精査する予定である。一般ごみには、約60～70%の有機ごみが含まれており、その減量化と処理がポイントは、製造したコンポストを肥料製造会社に販売する際の価格と、求められる品質、必要なコストのバランスとなる。

適用する技術については、焼却などの方法と比較した場合に処理費が安価というメリットを有している。一般廃棄物の処理については、その半分以上を占める有機ごみ対策がポイントであるが、当事業では分別とコンポスト化を組み合わせることで、効率的な有機ごみの再利用を実現させたい。

適用する技術そのものは、さほど高度なものではなく、インドネシアのみならず他国においても実施されているケースがある。事業を成功に導くためのキーは、技術そのものではなく、「廃棄物処理の運用ノウハウ」にある。西原商事は、福岡県北九州市に拠点をもち、リサイクル事業に取り組んでいる。こうした事業で培った知見と運用ノウハウを活用して、事業展開を図りたい。

3. 調査方法

3.1. 調査課題

調査課題は、大きく分けて1. 組成調査とマクロデータの整理、2. ビジネスモデルの検討、3. 温室効果ガスの排出削減量の試算である。

3.2. 実施体制

調査については、西原商事が中心となり、NTTデータ経営研究所が調査の取りまとめ、レポートなどの業務を担当した。組成調査については、日立造船との協力により実施することとした。

3.3. 調査内容

前述した調査課題、すなわち1. 組成調査とマクロデータの整理、2. ビジネスモデルの検討、3. 温室効果ガスの排出削減量の試算について、調査内容を説明する。

1. 組成調査とマクロデータの整理については、スラバヤ市における一般ごみの詳細を調査するために、Super Depoにおいてごみの組成調査を実施する。これは、日立造船と協力して行うこととした。また、スラバヤ市における廃棄物管理のマクロデータの整理も行う。

2. ビジネスモデルの検討については、一般ごみの選別と有機ごみのコンポスト化による、ビジネスモデルの検討を行う。事業としては、150トンの一般ごみを受け入れることができる施設を建設し、一般ごみの受け入れ～分別～有価物の販売(プラスチック、紙類)～有機物からのコンポスト製造と販売を実施することを想定する。

3. 温室効果ガスの排出削減量の試算については、上記の結果から事業をJCMプロジェクトとすることを想定して、温室効果ガスの削減量を算出する。有機ごみのコンポスト処理によるメタンガスの発生抑制効果に加えて、ごみ収集車両の運行効率化による温室効果ガスの削減効果も算出する。

4. 調査結果

4.1. 調査活動の実績と調査結果① 組成調査のマクロデータの整理

4.1.1. 組成調査

No.	組成	物理的組成 (%湿重量)	
1	生ごみ(堆肥化 可能)	50.4	← コンポスト化可能
2	生ごみ(堆肥化 不可)	7.7	
3	紙	13.6	← マテリアル化可能
4	おむつ	6.8	
5	プラスチック	15.8	← マテリアル化可能
6	繊維	1.9	
7	木材	1.0	← コンポスト化可能
8	ゴム・革	0.2	
9	金属	0.4	
10	ガラス	1.0	
11	陶器類	0.1	
12	石炭、灰	0.0	
13	雑固体廃棄物	0.0	
14	危険廃棄物	0.1	

表 1 Super Depo に搬入される一般ごみの組成調査結果

2013年12月に、日立造船との協力により、Super Depoにおける一般ごみの組成調査を実

施した。試料の採集、計算、裁断、縮分を経たサンプルの作成については日立造船が担当し、サンプルの分析についてはスラバヤ工科大学にて実施した。組成調査の実施方法、ならびに詳細な結果については、本事業についての日立造船の報告書に詳しい。

表1は、Super Depoに搬入される一般ごみの組成調査の結果である。日立造船の調査では、搬入されるごみについて「1a 家庭からの搬入ごみ」、「1b 市場からの搬入ごみ」に分けて組成分析が行われた。下表は、1aと1bを合算したものになる。

この組成調査から、Super Depoにおける一般ごみのうち、51.4%がコンポスト化によるリサイクルが可能、マテリアルリサイクルが可能なのは全体の29.4%（プラスチック15.8%、紙13.6%）ということが判明した。

図3で示した通り、現状ではコンポスト化に回る一般ごみの量は35.3%、マテリアルリサイクルに回る有価物は6.6%（プラスチック5.2%、紙1.4%）となっている。組成調査の結果は理論的に可能なリサイクル率であり、現状では「異物」と分別されているごみの分別率を向上させることが、今後のSuper Depoにおける目標となる。

4.1.2. マクロデータの整理

表 2 スラバヤ市における一般ごみ発生源別の割合と重量

No.	発生源	割合 (%)	重量 (トン/日)
1.	一般家庭	79.2	2,091.4
2.	市場	8.6	227.1
3.	店、ホテル、レストラン	2.6	69.7
4.	公共施設	0.6	16.1
5.	道路清掃	0.6	16.4
6.	下水道施設	0.2	4.5
7.	オフィス	1.4	36.2
8.	工業	6.9	181.2
	合計	100.1	2,642.6

2011年、JICA（国際協力機構）の支援により、インドネシア環境省はスラバヤを含む都市の一般ごみを対象とした調査⁶を実施した。同調査では、表2で示すように2008年のデータではあるが、一般ごみの発生源別の割合と重量データが示されている。スラバヤ市では、1日あたり2,642トンの一般ごみが排出されていることが分かる。事業化および、温室効果ガ

⁶ Ministry of Environment Indonesia, Japan International Cooperation Agency, ibid

スの排出削減ポテンシャルを算定する際、「スラバヤ市では、2,642トン/日の一般ごみが排出されている」というデータを使用することができる。

一方、前述のとおり、スラバヤ市の最終処分場に搬入される一般ごみの量は、1,200～1,400トン/日である。発生源での重量と、最終処分での重量にはおよそ1240～1440トンの差があるが、これはリサイクルやコンポストだけでは説明がつくものではない。不法投棄を含む、DKPの回収システム以外での一般ごみの処分が行われていることが分かる。

また、同調査では、発生源別の一般ごみの組成調査も行われている。表3がその結果であるが、このうち、「生ごみ」と「草・木材」をコンポスト原料として使用することができる。

表 3 発生源別の一般ごみ組成調査の結果

発生源		ごみ組成(%)									
		生ごみ	プラスチック	紙	ゴム・革	草・木材	服	金属	ガラス	陶器	その他
住居地域 (経済水準別)	高	43.98	11.08	15.85	0.46	11.71	1.89	1.08	0.69	0.02	8.34
	中	71.97	9.62	14.13	0	0.05	1.92	0.1	0	0	2.21
	低	67.98	9.71	17.62	0	0.24	0	1.71	2.29	0	0.45
商業地域	レストラン	85.45	7.02	5.34	0.05	0.46	0.01	0.21	1.06	0.29	0.1
	店	3.82	11.47	10.68	1.4	24.11	3.92	2.03	0.33	8.02	34.23
市場		93.5	3.33	1.42	0.04	1.26	0.08	0.19	0.12	0	0.06
学校		24.42	20.31	32.7	0.18	6.89	0.53	0.76	1.06	0.17	12.98
道路清掃		5.48	6.44	20.17	0.31	52.79	1.43	0.16	0.15	0	13.07
ホテル		33.83	20.35	15.13	0.48	5.48	2.47	4.06	7.98	0	10.23
オフィス		28.33	11.07	39.64	4.76	2.21	0.4	0.16	0.49	1.66	11.27

↑ ↑
コンポスト化の対象

表2と表3から、スラバヤ市における有機ごみの排出ポテンシャルを算定することができる。すなわち、表4で示すように、1,855トン/日がスラバヤ市における有機ごみの総排出ポテンシャルとなる。

表 4 スラバヤ市における有機ごみの総排出ポテンシャル

No.	発生源	割合 (%)	重量 (トン/日)	台所ごみ (%)	台所ごみ (トン/日)	芝・木材 (%)	芝・木材 (トン/日)	コンポスト化ポテンシャル (トン/日)
1.	一般家庭	79.2	2,091.4	61.3	1,282.2	11.8	247.6	1,529.9
2.	市場	8.6	227.1	93.5	212.4	24.1	54.8	267.1
3.	店, ホテル, レストラン	2.6	69.7	41.0	28.6	26.4	18.4	47.0
4.	公共施設	0.6	16.1	-	-	-	-	-
5.	道路清掃	0.6	16.4	-	-	-	-	-
6.	下水道施設	0.2	4.5	-	-	-	-	-
7.	オフィス	1.4	36.2	28.3	10.3	2.2	0.8	11.0
8.	工業	6.9	181.2	-	-	-	-	-
	合計	100.1	2,642.6		1,533.4		321.6	1,855.0

4.2. 調査活動の実績と調査結果② ビジネスモデルの検討

下図は、先に示した図3を元に、組成調査から導いた理論的なリサイクル可能率を適用したものとなる。理論的には、最終処分場に搬入されるごみの量が、25%となる（75%の削減）。

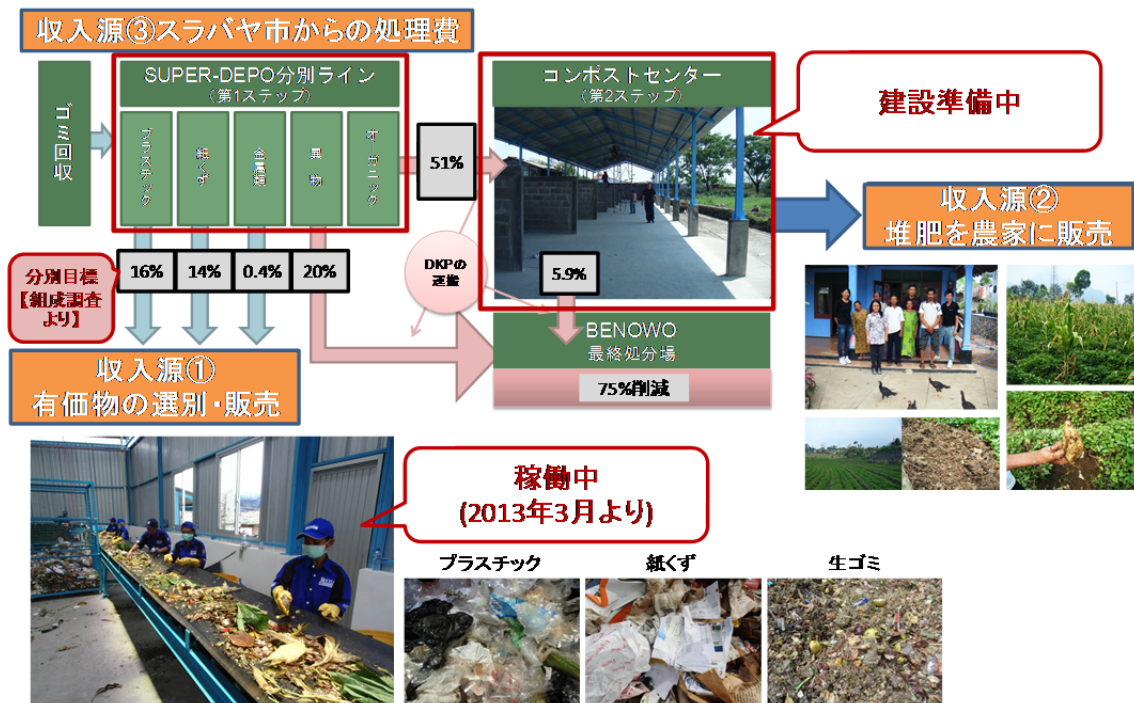


図 4 事業の流れと収入源

4.2.1. 事業展開スケジュール

下図は、2013年以降の事業展開スケジュールを示している。2013年度からスタートし、2014年度には運用が始まるコンポストセンターの実証実験を踏まえて、2016年度からの事業化が目標となる。

事業化においては、図4ではSuper Depoとコンポストセンターの2カ所でパイロット事業を行っている工程について、150トンの一般ごみを受け入れることができる施設を建設したうえで、1カ所で一般ごみの受け入れ～分別～有価物の販売(プラスチック、紙類)～有機物からのコンポスト製造と販売を実施することを想定している。

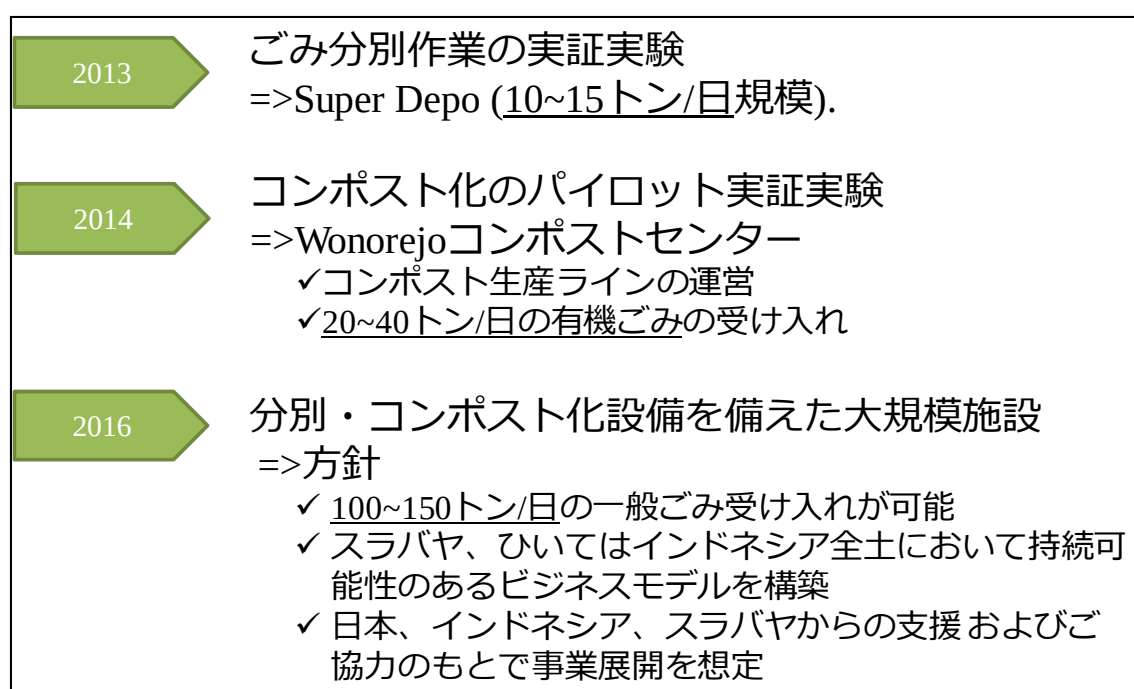


図 5 今後の事業展開

4.2.2. 事業の実施による利益

非公開

4.3. GHG 排出削減効果（FS 時／大規模展開時）

当プロジェクトにおける温室効果ガスの削減量については、1. コンポスト過程と、2. 収集運搬車両の運行効率化による温室効果ガス排出削減量の試算という二つの視点からの試算を行った。

論点先取になるが、次の3つのシナリオから試算を行い、表6の結果を得ることができた。なお、3番目のシナリオには、収集運搬による温室効果ガスの削減効果が含まれていないが、これは、大規模施設の場所が決定しない限りは、排出削減効果を測定することができないためである。

【設定シナリオ】

1. 分別・コンポスト化設備を備えた大規模施設×1カ所（コンポスト＋収集運搬）
2. 分別・コンポスト化設備を備えた大規模施設×6カ所（コンポスト＋収集運搬）
3. スラバヤ全体におけるコンポスト化のポテンシャル（コンポストのみ）

表 5 当事業の実施による温室効果ガス削減ポテンシャル

	1.分別・コンポスト 化設備を備えた大 規模施設 1カ所	2.分別・コンポスト 化設備を備えた大 規模施設 6カ所	3.スラバヤ全体の ポテンシャル
一般ごみの量 有機ごみの量	150t/日(一般) 96t/日(有機)	900t/日(一般) 576t/日(有機)	2642t/日(一般) 1855t/日(有機)
リファレンス排出量(RE) 上段:コンポスト/下段:収集運搬車両	15,210t-CO ₂ /年 2,879t-CO ₂ /年	91,260t-CO ₂ /年 2,879t-CO ₂ /年	344,000t-CO ₂ /年 ※コンポストのみ
プロジェクト排出量(PE) 上段:コンポスト/下段:収集運搬車両	4,900 t-CO ₂ /年 2,751t-CO ₂ /年	29,400 t-CO ₂ /年 2,169t-CO ₂ /年	94,790t-CO ₂ /年 ※コンポストのみ
温室効果ガス削減量	10,438t-CO ₂ /年 ※車両削減＝128t-CO ₂ /年	62,570t-CO ₂ /年 ※車両削減＝710t-CO ₂ /年	249,210t-CO ₂ /年 ※コンポストのみ

コンポスト過程による温室効果ガス排出削減量の試算

コンポスト過程における排出削減量のうち、リファレンス排出量（RE）については、平成24年度地球環境センター（GEC）事業である「平成24年度JCM DS/FS調査 二国間オフセット・クレジット制度の実現可能性調査 一般廃棄物の好気性中間処理、及び埋立処分場でのメタンガス処理（ラオス国）」（株式会社 エックス都市研究所）⁷の調査結果に示された方法論を用いて算出を行った。また、一部パラメーターの算出については、平成22年度環境省委託業務「マレーシア国イポ市における廃棄物中間処理及びメタンガス発電の複合CDM実

⁷ http://gec.jp/main.nsf/jp/Activities-GHGmitimecha-FS2012_jcmfs-07

現可能性調査」(八千代エンジニアリング)⁸を参考とした。

リファレンス排出量($RE_{CH_4, SWDS, y}$)については、次の数式で求めることができる。スラバヤ市全体におけるコンポスト化のポテンシャルを算出する際に使用したパラメータについても示す。

シナリオ1、シナリオ2についても、同様の数式を使用して試算を行った。

【リファレンス排出量算出に使用した数式】

$$RE_{CH_4, SWDS, y} = \phi_y * GWP_{CH_4} * (1 - OX) * \frac{16}{12} * F * DOC_{f, y} * MCF_y * \sum_{x=1}^y \sum_j W_{j, x} * DOC_j * e^{-k_j(y-x)} * (1 - e^{-k_j})$$

【パラメータ ※シナリオ3 スラバヤ全体におけるコンポスト化のポテンシャルの場合】

パラメータ	内容	単位	値	備考
$RE_{CH_4, SWDS, y}$	プロジェクト活動によって処理される廃棄物が、リファレンスシナリオにおいて排出するメタン発生量ポテンシャル	[tonCO _{2e}]		
ϕ_y	補正係数		0.9	デフォルト値(IPCC)
GWP_{CH_4}	メタンの地球温暖化係数	[tonCO _{2e} /tonCH ₄]	21	デフォルト値(IPCC)
OX	酸化係数(処分場の表層で酸化するメタンの割合)		0.1	デフォルト値(IPCC)
F	Landfill Gas内のメタン割合		0.5	デフォルト値(IPCC)
$DOC_{f, y}$	Y年に処分場において特定の条件下で分解する分解性炭素の比率		0.5	デフォルト値(IPCC)
MCF_y	Y年におけるメタン補正係数		0.8	デフォルト値(IPCC)
$W_{j, x}$	x年における廃棄物の量	[ton/year]		
$W_{1, x}$	x年におけるfood wasteの量。年変化無しと仮定	[ton/year]	559,691	1533.4[ton/day] * 365[day/year]
$W_{2, x}$	x年におけるwoodsの量。年変化無しと仮定	[ton/year]	117,384	321.6[ton/day] * 365[day/year]
DOC_j	廃棄物中の分解性炭素の重量比率	[%]		デフォルト値(IPCC Guidelines)
DOC_1	food waste中の分解性炭素の重量比率		0.15	
DOC_2	woods中の分解性炭素の重量比率		0.43	
k_j	廃棄物jの腐食係数			デフォルト値(IPCC Guidelines)
k_1	food wasteの腐食係数		0.4	
k_2	woodsの腐食係数		0.035	
J	廃棄物の種類(j1=food, j2=wood)			
X	クレジット期間の特定年(1~Y)			1~10
Y	クレジット期間(年)		10	

コンポスト過程におけるプロジェクト排出量については、コンポスト化プロセスにおける電力使用量などのデータが必要である。しかし、現状でコンポストセンターは建設準備中であるために、既存調査で示されたコンポスト化の過程で発生する温室効果ガスの排出量を使用することとした。具体的には、経済産業省委託事業「平成23年度 民活インフラ案件形成等調査インドネシア東ジャワ州マラン市及び周辺地域での統合型廃棄物発電事業調査」

⁸

http://gec.jp/main.nsf/jp/Activities-Feasibility_Studies_on_Climate_Change_Mitigation_Projects_for_CDM_and_JI-FS201008

（日立造船株式会社、株式会社エックス都市研究所、株式会社スマートエナジー）を参考にし、コンポスト化による温室効果ガスの発生量が0.14トンCO₂/トン（ごみ）として算出を行った。

4.4. エネルギー起源 CO₂ 排出削減効果（FS 時／大規模展開時）

当事業の実施においては、エネルギー起源の温室ガス削減効果として、次のようなケースが考えられる。今回の調査では、当事業の実施による最終処分場へのごみ搬入量が削減されることによる、収集運搬車両の運行効率化による、温室効果ガスの削減効果の試算を行う。最終処分場における重機の燃料代については、カウンターパートからデータを得ることができず、今後の課題となる。

【エネルギー起源温室効果ガス排出削減効果】

- ・ 一般ごみの減量による、収集運搬車両の運行効率化と燃料代の削減
- ・ 最終処分場に搬入されるごみの減量による、重機の燃料代の削減

4.4.1. 収集運搬車両の運行効率化による温室効果ガス排出削減量の試算方法

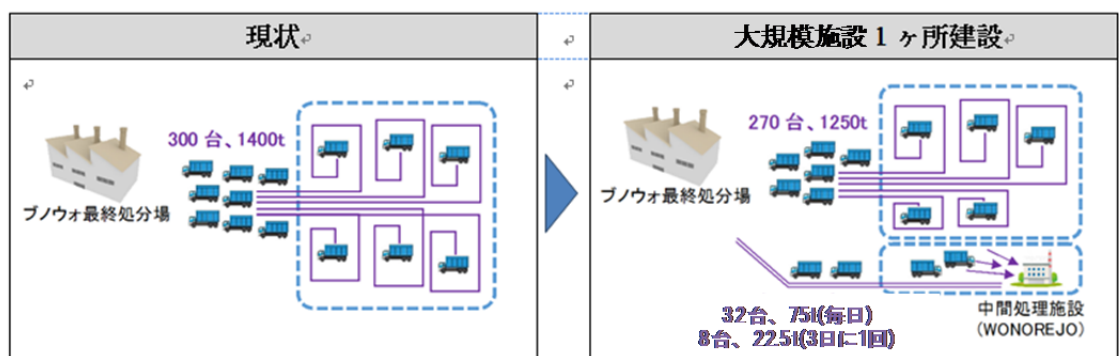


図 6 廃棄物運搬改善による温室効果ガス排出削減量の算出方法

一般廃棄物の運搬については、アルメック VPI の協力を得て、当事業実施時における温室効果ガス排出削減ポテンシャルを算出した。

まず、現状を示すリファレンスシナリオとして、次の条件を設定した。

【リファレンスシナリオ】

- ・ 1日あたり約1400tの廃棄物をブノウォ最終処分場に運搬している。
- ・ スラバヤ市内には、約170箇所の小規模DEPOがある。
- ・ 廃棄物運搬車は約300台である。（うちDKPが119台）
- ・ 廃棄物運搬車の1回あたり（市内から最終処分場）の平均走行距離は片道約15km、1日あたり2往復している。（GPS調査結果より）

- ・ 廃棄物運搬車の平均燃費は5km/Lである。(DKPヒアリングより)

次に、プロジェクトシナリオとして、1. 分別・コンポスト化設備を備えた大規模施設×1カ所、2. 分別・コンポスト化設備を備えた大規模施設×6カ所 を設定した。

【プロジェクトシナリオ① 分別・コンポスト化設備を備えた大規模施設×1カ所】

- ・ 大規模施設の可能処理量は、1日あたり約 150t である。
- ・ このうち約 5 割 (75t) は、毎日、最終分場に運搬される。
- ・ 有価物については、売却時に最終処分場までと同距離の運搬が必要と想定。
- ・ 残りの約 5 割 (75t) は、コンポスト処理後、重量が約 3 割 (→22.5t) になる。これを 3 日に 1 回、最終処分場に運搬する。

【プロジェクトシナリオ② 分別・コンポスト化設備を備えた大規模施設×6カ所】

- ・ 中間処理施設の処理能力は、リファレンスシナリオ①と同程度と想定する。
- ・ スラバヤ市 DKP における、大規模施設の候補地ヒアリングの結果から、大規模施設とブノウォ処分場までの距離は以下のように設定した。

表 6 大規模施設の候補地から最終処分場までの距離

①WONOREJO	20km
②KEPUTIH	22 km
③GERBANG TOL	18 km
④BRATANG	16 km
⑤PAKIS	12 km
⑥PUTAT	11 km

4.4.2. 収集運搬車両の運行効率化による温室効果ガス排出削減量

上記を踏まえて、表8のような排出削減ポテンシャルを得ることができた。いずれのケースでも、リファレンス排出量は同量とした。今後、施設数が増加すれば、それだけ排出削減量も増加することとなる。最終処分場は市の西部に位置しているために、大規模施設を西部に造営し、東部、中部から西部の最終処分場へと収集運搬車両が移動するようになれば、運行効率は高まり、温室効果ガスの排出削減量も増加することとなる。

表 7 廃棄物運搬改善による温室効果ガス排出削減量ポテンシャル

	リファレンス	プロジェクト①	プロジェクト②
	現状	大規模施設 1ヶ所建設	大規模施設 6ヶ所建設
運行距離(台km/日)	18,000	17,198	13,561
運搬車燃費(km/L)	5	5	5
ディーゼル排出係数(kg-CO ₂ /L)	2.58	2.58	2.58
年間運行日数(日/年)	310	310	310
CO ₂ 排出量(t-CO ₂ /年)	2,879	2,751	2,169
排出削減量(t-CO ₂ /年)		128	710
排出削減率(%)		4.4%	24.7%

4.5. GHG 削減以外のコベネフィット効果

第一に、現在劣悪な状況下で、プラスチックや紙などの有価物を収集しているウェストピッカーを雇用することができる。150トン/日の一般ごみを処理する大規模施設においては、約180人を雇用することを想定している。1ヵ所で180人、6ヵ所に展開すると1,080人のウェストピッカーを雇用することができる。

第二に、オープンダンピングに代わる、一般ごみ処理のソリューションの提供を挙げることができる。前述のとおり、インドネシアにおける廃棄物分野の開発課題は、最終処分場の処理能力を超える一般ごみが搬入されており、近年内にも処理能力の限界を迎えようとしていることである。加えて、インドネシアにおいては今後も、経済発展と都市人口の増加が見込まれている。それに伴い、都市部のごみの排出量は増加し続けていくことが予想される。最終処分場の方法としても、これまで主流であった埋立地でのオープンダンピングが法律により明確に禁止され、同時に3Rを強力に推進することとしている。

このような開発課題に対して、当事業は一般ごみの約70%を占める有機ごみの大規模リサイクルを行い、最終処分場へ搬入されるごみを大幅に減量するという、低価格、高効率のソリューションを示すことができる。

第3に、堆肥利用の推進を挙げることができる。インドネシア農業省は化学肥料の使用を少なくし、堆肥の使用を増やしていく方針を打ち出している。化学肥料の使用により、収穫量は増加するが、長期間の使用による土壌の硬化などの副作用も生じており、堆肥を活用した農業の改善が進められている。有機肥料や堆肥に対する補助金額は年々増加しているほか、農村においてコンポスト化を行い、有機肥料を製造するような製造設備の導入を実施している。有機肥料や堆肥については、生産量が不足している状況にあり、有機ごみに由来するコンポストの製造は、インドネシアの農業政策にも貢献するものである。

非公開

非公開

計画未達成事項は特になく、3.1.調査課題および3.3.調査内容についてはすべて実施することができた。

収入源③スラバヤ市からの処理費

ゴミ回収

SUPER-DEPO分別ライン
(第1ステップ)

分別品	分別率
プラスチック	16%
紙くず	14%
食品物	0.4%
その他	20%

分別目標
【組成調査より】

収入源①
有価物の選別・販売

コンポストセンター
(第2ステップ)

51%

5.9%

BENOWO
最終処分場

75%削減

建設準備中

収入源②
堆肥を農家に販売

稼働中
(2013年3月より)

プラスチック 紙くず 生ゴミ

事業化においては、図4ではSuper Depoとコンポストセンターの2カ所でパイロット事業を行っている工程について、150トンの一般ごみを受け入れることができる施設を建設した

うえで、1か所で一般ごみの受け入れ～分別～有価物の販売(プラスチック、紙類)～有機物からのコンポスト製造と販売を実施することを想定している。

5.2. MRV 方法論、モニタリング体制

MRV方法論について、コンポスト過程のリファレンス排出量、プロジェクト排出量を導く方法論については、前述のとおりJCMにおいても提案・検討されている。課題は、コンポスト過程における、プロジェクト排出量を計算するための、電力・化石燃料消費に伴うCO2排出量を求めることである。これは、コンポスト製造フローに依存するために、現在準備中の実証事業の結果を元に必要な数値の測定が必要となる。

モニタリングについては、事業実施者である西原商事が担当する。モニタリング項目については、既存事業でも検討されており、それをベースに測定を行う。

収集運搬車両の運行効率化による温室効果ガス排出削減量については、方法論に問題はないと考えられる。問題は、燃料の消費量や走行距離、積載量のモニタリングである。収集運搬を担当するDKPや、民間事業者と協力しながら、正確なモニタリング体制を構築していきたい。

5.3. 事業化体制

事業の実施に当たっては、西原商事がインドネシアにおける現地法人を設立することを想定している。現在、カウンターパートであるDKPなどと相談しながら、現地法人の設立準備を進めている。

5.4. 資金計画

インドネシアにおける資金支援スキームについては、活用できるような制度は見受けられない。しかし、事業の実施に当たっては、ティッピングフィーの適用が必須となる。DKPをはじめとするスラバヤ市政府には、事業性を示した上でティッピングフィーの重要性を説明しているところである。スラバヤ市政府は、その重要性を理解していただいている。事業の実施が現実味を帯びてくる際に、交渉を進めていきたい。

4.2.2で述べたように、想定しているスキームでは、一定の利益を出しながらの事業展開が可能と考えている。しかし、初期費用を全額負担しながらの事業展開は現実的ではないのも事実である。環境省による支援スキームについては、ぜひ活用していきたいと考えている。来年度以降に堆肥化プロセスの実証事業から事業性を精査し、初期費用についても十分な検討を行う。その上で、2015年度以降における支援スキームの活用を検討したい。

5.5. 日本製技術導入促進する為のアイデア

インドネシアにおける廃棄物管理を規定する法律、インドネシア共和国法2008年第18号「廃棄物管理法」や、同法のガイドライン的な性格を持つ家庭系廃棄物政令2012年82番政

令に関して、その制定や運用について日本の環境省やJICAが効果的な支援を行っている。

こうした取り組みと連動し、日本企業の技術やノウハウを提供するための「インドネシアにおける廃棄物管理のベストプラクティス案」を作成することは効果的と考えられる。これは廃棄物管理における典型的な問題と日本の廃棄物関連分野の技術やノウハウを活用したソリューションを組み合わせ、インドネシアの中央政府や地方政府に提示するというものである。特に最終処分場におけるオープンダンプの禁止、経済発展と人口増加によるごみの増加に悩む地方自治体にとって、必要なのは具体的なソリューションであり、日本からの提案については前向きに検討していただける余地は十分にあると考えられる。

ウェストピッカーの雇用、農業の改善、そして地方政府へのカーボンマネジメントの一環などのコベネフィットを伴うような提案は、さらに効果的なアプローチとなろう。

5.6. 事業化に向けた課題・要望と解決策

最大の課題は、コンポスト過程の精査である。堆肥の販売による利益を確証するため、次の3点のバランスを考慮した業務フローの確立が必要である。つまり、1. メーカーや現地政府からの堆肥に対する品質を満たすこと、2. 品質を満たすために必要なオペレーションと、その他の副資材検討とその費用の試算、3. 本プロジェクトによる堆肥の、肥料メーカーへの売値の検討である。いずれも、2013年度より実施している実証事業によって精査される予定である。

実証事業の精査を踏まえて、環境省による支援スキームの活用を考えている。その際の課題は、エネルギー起源CO₂排出削減量を増加させることである。また、初期費用についても検討の余地はあると考えており、JCM事業としての費用対効果の改善についても今後の課題としたい。

5.7. 今後の展開方針や具体的なスケジュール 等

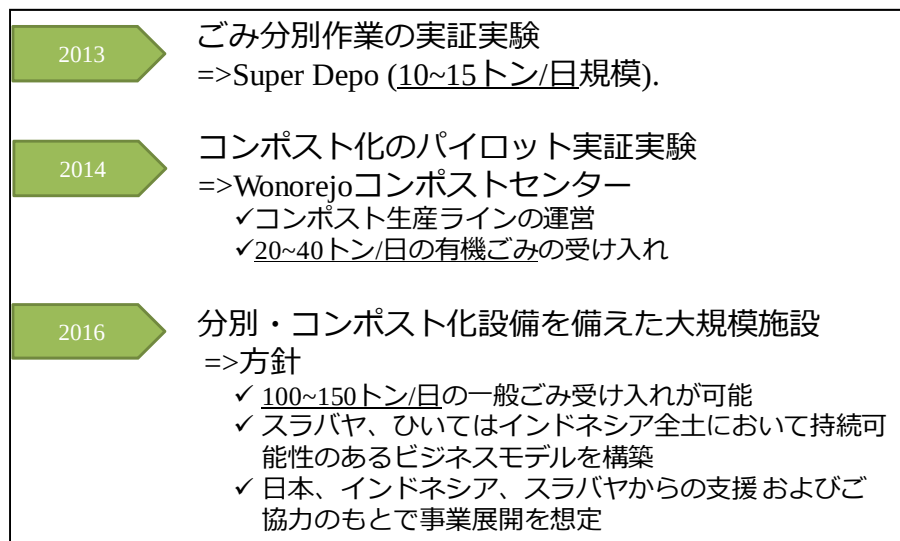


図 8 今後の事業展開（再掲）

以上のスケジュールに則り、2014年には実証実験によるビジネスモデルを精査した上で、2015年度には環境省による支援スキームなどを活用した事業に移行し、2016年度からは大規模施設の運用をスタートさせたい。

廃棄物分野：日立造船株式会社

平成 25 年度アジアの低炭素化社会実現のための JCM 大規模案件形成可能性調査:
インドネシア国スラバヤ市における低炭素都市計画策定のための技術協力事業
(一般廃棄物分野：日立造船株式会社)

目次

1. 対象国・対象都市の諸制度・事業環境	1
(1)対象国・対象都市の社会・経済状況について	1
(2) 対象国・対象都市のエネルギー消費・温室効果ガス排出の状況について	1
(3) 事業に関係する環境負荷などの状況について	1
(4) 事業に関連するインフラ・施設等の整備状況	2
(5) 事業に関連する政府組織とその役割について	3
(6) 事業に関連する諸制度の状況	3
2. 調査対象事業	4
(1) 事業のねらい	4
(2) 適用技術	4
3. 調査方法	5
(1) 調査課題	5
(2) 実施体制	5
(3) 調査内容	6
① 対象となるごみ質の分析	6
② 廃棄物焼却発電プラントに関する検討	11
③ CO ₂ 排出削減量の定量化	11
④ 事業化促進策の検討	11
4. 調査結果	11
(1)対象となるごみ質の分析	11
(2)廃棄物焼却発電プラントに関する検討	15
(3)CO ₂ 排出削減量の定量化	16
5. 事業化に向けた検討	17

1. 対象国・対象都市の諸制度・事業環境

一般廃棄物に関して、インドネシアおよびスラバヤにおける諸制度・事業環境については、西原商事と協力してまとめを行った。以下の内容は、当事業の西原商事の報告書と同様の内容となる。

(1) 対象国・対象都市の社会・経済状況について

インドネシアの、2012年のGDPは8,794億ドル、1人当たりGDPは3,562.9ドルであった。経済成長率は6.2%と堅調な経済成長を達成している。経済成長については、資源の輸出と旺盛な国内の投資・個人消費にけん引されており、2009年のリーマンショック時を除き、2007年から経済成長率は6%台前半となっている。この5年間で、一人当たりのGDPは、約2倍になった。

経済成長が個人消費にけん引されていることもあり、今後も一般廃棄物の排出量は増加していくことが予想される。また、温室効果ガスの排出量も大幅に増加すると見込まれる。

(2) 対象国・対象都市のエネルギー消費・温室効果ガス排出の状況について

2009年9月のG20ピッツバーグ・サミットにおいて、2020年までに温室効果ガスの排出量をBAU（Business as usual、対策がなされなかった場合）比で26%削減すること、更に国際的な支援を受けて41%削減することが、ユドヨノ大統領によって表明された。これを受けて、国家開発企画庁（BAPPENAS）が国家行動計画（RAN-GRK）を策定、2020年までの温室効果ガス削減目標が分野別に掲げられた。廃棄物分野においては、ゴミ処理場開発、都市部における3Rおよび下水システムによって、温室効果ガスを48メガトン-CO2削減することが目標となっている¹。地方に目を移すと、国家行動計画に呼応して、インドネシアの33州では「温室効果ガス排出削減に係る地方（州別）行動計画（RAD-GRK）」の策定が進んでいる。今後、スラバヤ市においても、温室効果ガスのマネジメントが求められることが想定される。

(3) 事業に係る環境負荷などの状況について

「State of Environment Report 2012」（インドネシア環境省）²によると、住民一人当たり2.5L/日、国全体で6億2500万L/日の廃棄物を排出しているとされる。経済発展などによって一般ごみに排出量は急激に増加しており、2010年における1日当たりの廃棄物の量が200,000トンであったのに対し、2012年には1日当たり490,000トンと2倍以上に増

¹ 新メカニズム情報プラットフォーム

<http://www.mmechanisms.org/country/IDN.html#nap>

² Status Lingkungan Hidup Indonesia 2012

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

加している。都市ごみについては、同報告書 State of Environment Report 2009 によると、2005 年から 2008 年の間に 3.7%の増加となっている。

スラバヤ市においては、2008 年のデータではあるが、1 日当たり 2,642 トンの一般ごみが排出されている³。スラバヤ市の一般廃棄物処理を担当する DKP（美化局）へのヒアリングによると、最終処分場へ搬入されるごみの量は、1200 トン～1400 トン/日となっている。

(4) 事業に関連するインフラ・施設等の整備状況

経済発展と都市人口の増加が見込まれるインドネシアでは、今後都市部を中心に一般ごみの排出量は増加し続けていくと予想される。現時点でも最終処分場の処理能力を超えるごみが排出、搬入されており、ごみの減量化は喫緊の問題である。2008 年の推計によれば、インドネシアの実に約 60%の最終処分場について、2015 年以前までに使用できなくなるとされている。オープンダンプによる最終処分に代わる、一般ごみの処理方法の開発が求められているのは明らかである。

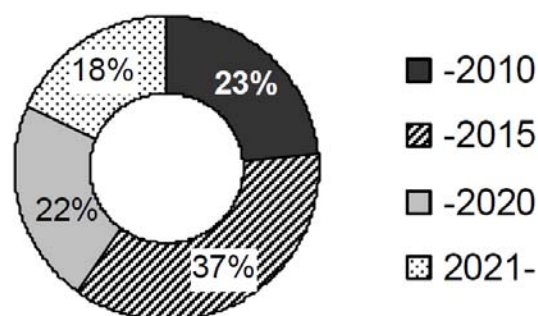


図 1 最終処分場の使用可能年⁴

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

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

⁴Indonesia waste statistics, Year2008

<http://inswa.or.id/wp-content/uploads/2012/07/Indonesian-Domestic-Solid-Waste-Statistics-20082.pdf>

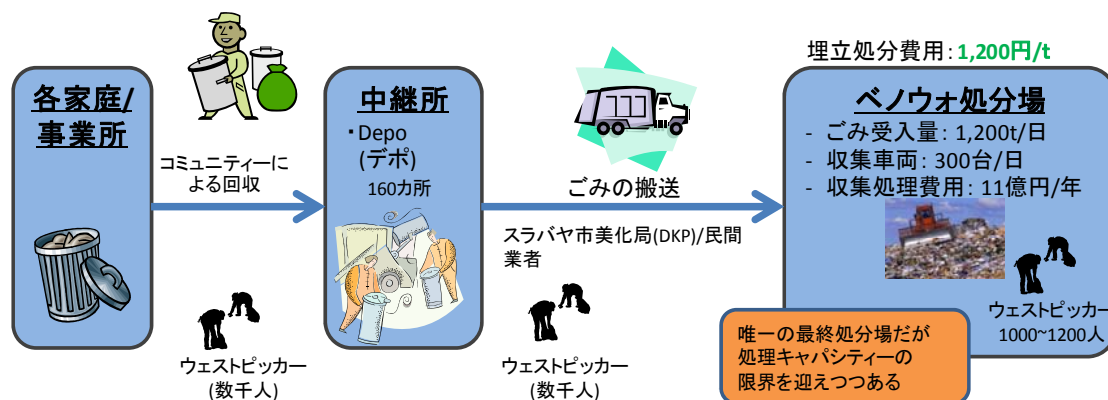


図2 スラバヤ市におけるごみの回収フロー

スラバヤ市には、最終処分場が1ヵ所しかないが、その処理キャパシティーは限界を迎えようとしている。市は、2013年1月より民間企業であるスンバオーガニック社に最終処分場におけるごみ処理を委託、同社は、廃棄物のガス化発電の事業化などを目指している。

(5) 事業に関連する政府組織とその役割について

廃棄物関連政策を担当する中央省庁は、公共事業省と環境省となる。公共事業省は、インフラ整備の担当部局であり、最終処分場の建設などの廃棄物管理にかかるインフラ整備の担当は人間居住総局となる。環境省は、ごみの管理などを担当する。一般廃棄物について規定されている、インドネシア共和国法2008年第18号「廃棄物管理法」は環境省が制定した。

各地方政府にはDKPがあり、一部業務を民間委託するケースもあるが、DKPが一般廃棄物の管理および関連業務を行っている。大規模なインフラや中央の公共事業省が建設し、その運営管理と小規模なインフラ（DEPOや一部の回収車）などは地方自治体の担当ということになる。

(6) 事業に関連する諸制度の状況

インドネシアにおける、廃棄物管理の基本となる法制度は、インドネシア共和国法2008年第18号「廃棄物管理法」である⁵。同法では、2008年から5年以内に最終処分場におけるオープンダンピング方式による廃棄物処理を禁止すること、地方自治体の責任で2013年までに既存のオープンダンピング方式による最終処分場を閉鎖しなければならないことが明記されている。この廃棄物管理法を受けた、ガイドライン的な性格を持つ家庭系廃棄物政令2012年82番政令の整備が進められている。全体として、廃棄物行政を包括するような体系

⁵ “ACT OF THE REPUBLIC OF INDONESIA NUMBER 18 YEAR 2008”,
[http://www.menlh.go.id/adipura/peraturan/UU_no18_th2008_ttg_pengelolaan_sampah%20\(english%20version\).pdf](http://www.menlh.go.id/adipura/peraturan/UU_no18_th2008_ttg_pengelolaan_sampah%20(english%20version).pdf)

的な法令は整備中となっている。

インドネシアにおける、民間に廃棄物処理を委託する場合の処理費（ティッピングフィー）については、安価となっている。自治体によっては、設定されていないこともある。スラバヤ市においては、前述のスンバオーガニック社の事業に対して、11万9000ルピア/トンのティッピングフィーが設定されている。

その他の事業実現のための資金支援スキーム等は、現地ヒアリングなどでは確認することができず、活用することは困難であると考えられる。

2. 調査対象事業

(1) 事業のねらい

インドネシアでは、家庭から排出される廃棄物（都市ごみ）は一時集積所に集められて有価物の回収が行われた後、最終処分場に持込まれてオープンダンピング（野積み）されている。しかし、経済発展と人口増加に伴い廃棄物量が増加するとともに、新規の最終処分場の立地が困難な状況となっており、今回の調査検討対象となるスラバヤ市では最終処分場はすでに処理能力を超過している。中央政府は 2008 年の「廃棄物処理法」において、オープンダンピングの禁止と、同方式による最終処分場の 5 年以内の閉鎖を明記したが、地方自治体では、財政面の制約も大きく、具体的な解決策を打ち出せない状況となっている。

インドネシアの都市ごみの特徴は、有機性廃棄物が全体の 70%以上を占めているという点にあり、この有機性廃棄物の減量化および有効利用が重要である。有機性廃棄物については、民間委託事業としてランドフィルガス発電（バリ島）、堆肥化（スマラン市）などが行われ、CDM クレジットも創出しているが、他の都市に応用可能なモデルの確立には至っていない。

一方、(株)西原商事は 2012 年よりスラバヤ市において、中間処理施設「スーパーデポ」の導入による廃棄物処理の事業化調査を外務省の委託事業として実施している。スーパーデポは、安全な環境下での廃棄物の分別処理を行い、売却可能な有価物および堆肥化する有機性廃棄物を得ることを目的としたものである。さらに、今年度より有機性廃棄物の堆肥化施設についての事業化検討も開始している。

今回提案する事業は、上記のスーパーデポおよび堆肥化施設の残さを対象とする廃棄物発電事業である。つまり、有機性廃棄物の比率の大きな都市ごみを対象に、スーパーデポでの選別および堆肥化による有機性廃棄物の有効利用に、廃棄物発電を組み合わせ、最終処分場で埋立処理する廃棄物を最小化し、これによって温室効果ガスの排出削減を目指すものである。

(2) 適用技術

都市ごみを対象としたエネルギー回収方式である廃棄物発電には、焼却方式およびガス

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

我が国には、今回採用するストーカ炉のプラント・エンジニアリング企業が複数社存在するが、国内だけではなく、東アジア地域では韓国、台湾、シンガポール、タイおよび中国において実績がある。同様の技術を持つプラント・エンジニアリング企業が欧州にも存在するが、日本の企業と技術提携の関係にある場合が多く、東アジア地域は日本側企業の事業実施地域となっていることが多い状況にある。唯一の例外は、技術を持つ欧州企業をシンガポールの企業が買収した 1 社のみである。

3. 調査方法

(1) 調査課題

調査課題は以下の 4 項目である。

- ① 対象となるごみ質の分析
(スーパーデポの残さを中心に、組成および熱量を調査)
- ② 廃棄物焼却発電プラントに関する検討
(処理フロー、基本設計、概算見積り、売電価格)
- ③ CO₂ 排出削減量の定量化
- ④ 事業化促進策の検討

(2) 実施体制

ごみ質の分析については、以下の企業および団体の協力を得て実施した。

- ・株式会社 西原商事（場所の提供）
- ・スラバヤ工科大学（ごみ組成の分析）
- ・ETM/Center for Environmental Technology and Management（ごみ分析の指導）

また、CO₂ 排出削減量の定量化については、株式会社 サティスファクトリーインターナショナルに依頼して実施した。

(3) 調査内容

① 対象となるごみ質の分析

スーパーデポおよび堆肥化施設での処理フローを図 1 に示す。スーパーデポでは、近隣の一般家庭からのごみ、および市場からのごみを受入れている。受入れたごみは、安全で衛生的な環境の分別棟の内部に設置されたベルトコンベア上から人手によって分別される。この際の分別基準は、「資源回収業者に売却可能」であることであり、プラスチック、紙くずおよび金属類が分別されるとともに、堆肥化に適さないものも異物として除去される。堆肥化に適すると判断された有機性廃棄物は、堆肥化施設に搬送される。

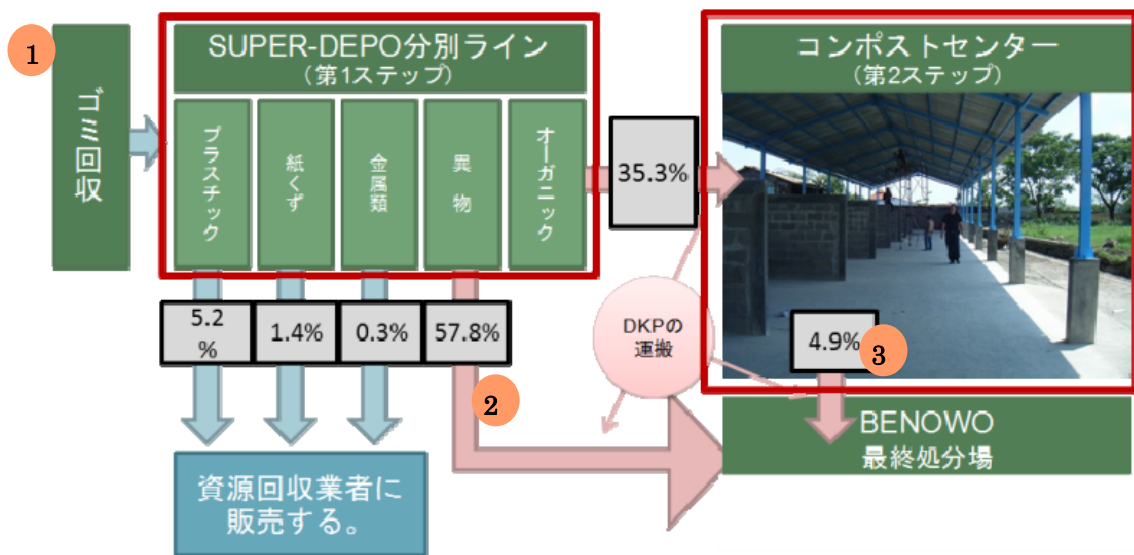


図 3 スーパーデポおよび堆肥化施設での処理フロー

今回、焼却発電の対象物として、ごみ質分析を行う廃棄物の採取地点は以下の 5 点である。

- 一般家庭からの受入れごみ；1a
- 市場からの受入れごみ；1b
- 粗大ごみを除く異物；2a
- 粗大ごみ；2d
- 堆肥化施設からの残さ；3

なお、西原商事による堆肥化施設については建設に着手した段階であり、既存の施設からの残さの採取としている。

ごみの採取から試料の作成方法を図 2 に、その作業状況を図 3 に示す。

<第 1 段階；試料の採取>

1a については、スーパーデポにごみを搬入してくるハンドカートの内、1 台目、5 台目、10 台目および 15 台目を対象として、各ハンドカートから 4 か所、1 か所からの採取量を 15kg として計 60kg を採取し、合計 240kg を試料とする。

1b については、搬入されてくる量が少なく、ハンドカート 1 台のみであるため、この 1 台のハンドカートから 4 か所、1 か所からの採取量を 30kg として、合計 120kg を試料とする。

2a の分別残さについては、集められた容器から 4 か所、1 か所からの採取量を 7.5kg として計 30kg を採取し、これを 4 回繰り返して合計 120kg を試料とする。

2b の粗大ごみについては 20kg、3 の堆肥化残さについては 40kg を試料として採取する。

<第 2 段階；試料の計量>

スケールを用いて重量を測定する。

<第 3 段階；試料の裁断>

試料の均一化を図るために、試料の 1 片が 15cm 以下の大きさとなるようにハサミを用いて裁断を行う。

<第 4 段階；縮分>

4 分法を用いて、組成分析に供する試料を作成する。

Step 1

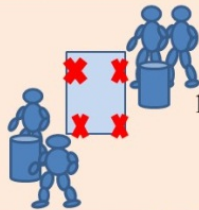
Sample 1a – Domestic waste

(At waste collection)

Collection handcart



- Collection sample



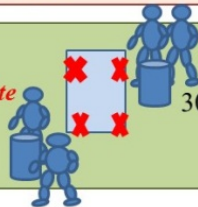
Total selected handcart: 4 handcarts

$$15\text{kg/point} \times 4 \text{ points/handcart} = 60 \text{ kg/handcart}$$

$$60 \text{ kg/handcart} \times 4 \text{ handcarts} = 240\text{kg}$$

Sample 1b – Market waste

(At waste collection)



Total selected handcart: 1 handcart

$$30 \text{ kg/point} \times 4 \text{ points/handcart} = 120 \text{ kg/handcart}$$

$$120 \text{ kg/handcart} \times 1 \text{ handcart} = 120\text{kg}$$

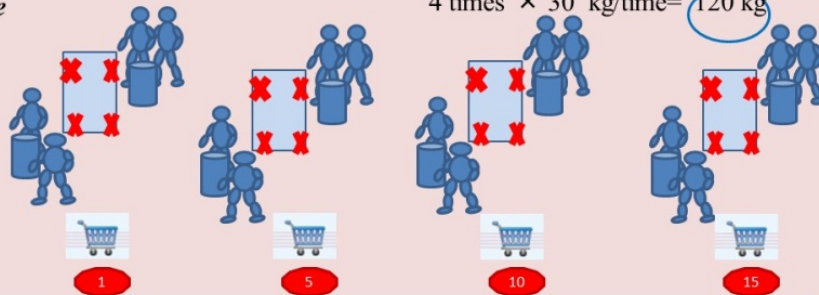
Sample 2a - Other waste

Collection sample

$$7.5\text{kg/point} \times 4 \text{ points/time} = 30\text{kg/time}$$

$$4 \text{ times} \times 30 \text{ kg/time} = 120 \text{ kg}$$

Other waste of



Sample 2b – Bulky waste

Collection sample



Sample 3- Compost residue

Collection sample



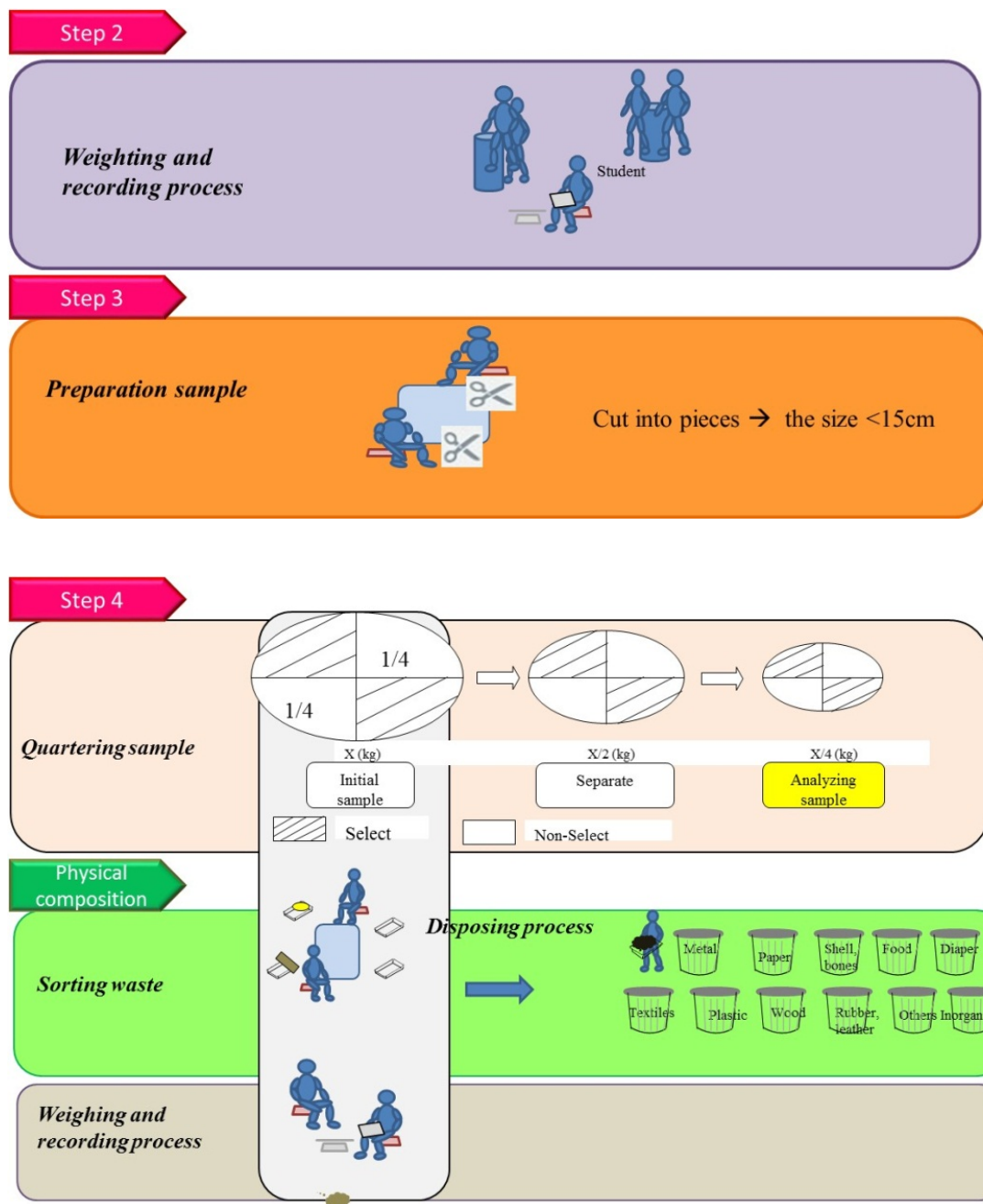


図 4 試料の採取および作成方法

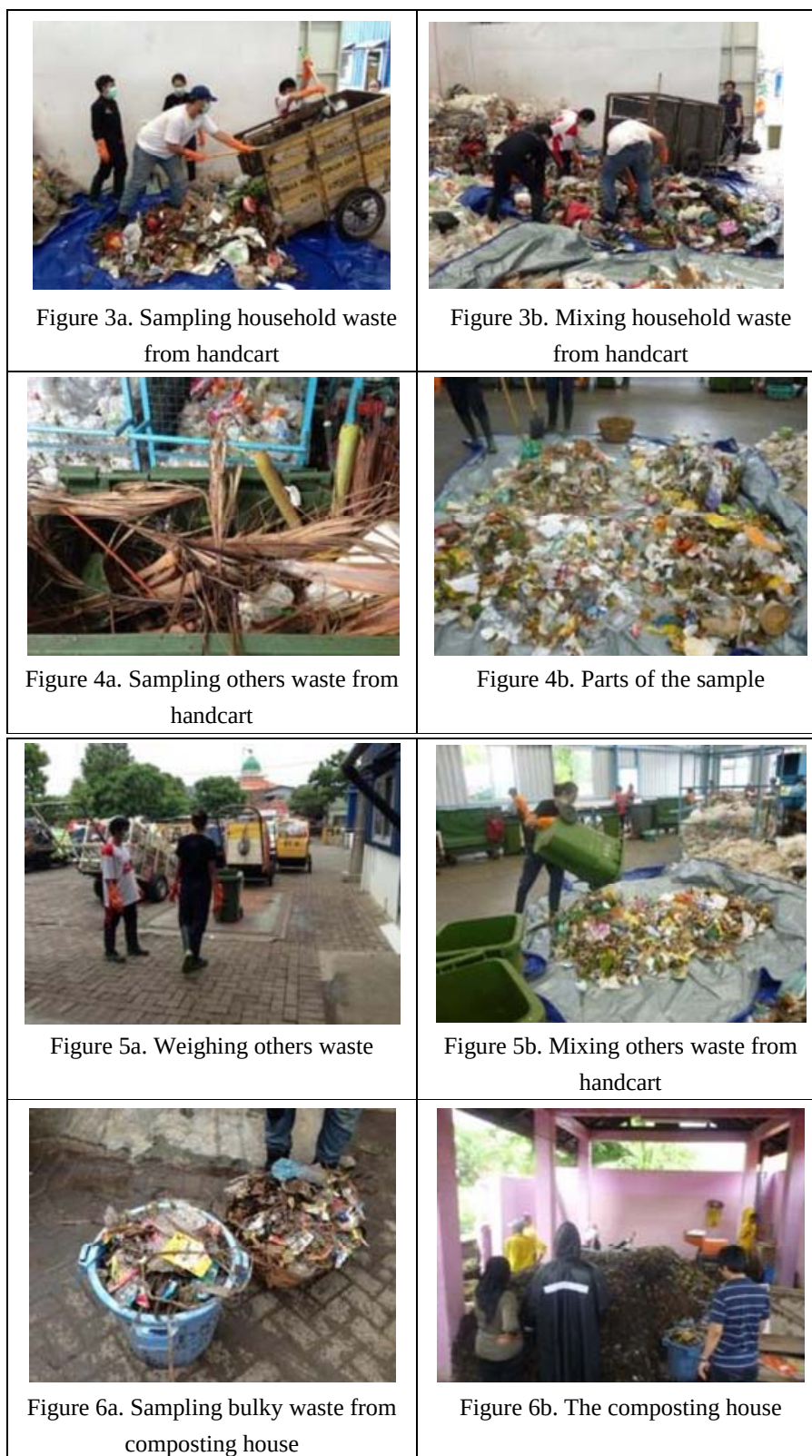


図 5 ごみ分析試料の採取状況

② 廃棄物焼却発電プラントに関する検討

①で得られたごみ質分析結果を基に、焼却対象ごみを設定し、廃棄物発電施設の基本仕様を決定する。また、同じ分析結果から元素組成を想定し、燃焼計算を実施して燃焼排ガス量、処理プロセス各部での排ガス温度を求める。次に、ボイラでの熱回収量を計算し、熱回収量および発電量を求める。

③ CO₂ 排出削減量の定量化

②で得られた発電量を基に、施設内使用電力を引いた売却可能量を求め、インドネシアでの系統電力の代替として、年間の CO₂ 削減効果を求める。

④ 事業化促進策の検討

今後数年内での事業化を想定し、実現に向けた促進策を検討する。

4. 調査結果

(1) 対象となるごみ質の分析

1a から 3 までの 5 種類の試料の分析結果を、以下の表 1 から表 5 に示す。

表 1 1a (家庭からの搬入ごみ) の分析結果

No.	Composition	Physical composition (% wet weight basis)	Moisture content, at 105oC (%)	Ash, at 550oC (%)	VS (%)	LHV (Cal/g)
1	Food waste (Compostable)	49	62.5	12.8	24.7	1103
2	Food waste (In-compostable)	8	67.0	9.5	23.5	892
3	Papers	14	56.0	9.8	34.2	1419
4	Diaper	7	57.0	5.0	38.0	1591
5	Plastics	16	40.0	6.5	53.5	4456
6	Textiles	2	45.0	4.7	50.3	2472
7	Woods	1	37.0	5.1	57.9	2481
8	Rubber and leather	0.21	5.0	36.9	58.1	6386
9	Metal	0.44	8.0			
10	Glass	1	3.0			
11	Ceramic	0.11	5.0			
12	Coal & ash					
13	Misscellaenous	0.05				
14	Hazardous waste	0.07				
Measuring/analyzing method		-	ASTM 3301-07	ASTM D 3174-07	ASTM D 3175-07	ASTM D 5865-07
Total			55.6	10.0	31.7	1722

表2 1b（市場からの搬入ごみ）の分析結果

No.	Composition	Physical composition (% wet weight basis)	Moisture content, at 105oC (%)	Ash, at 550oC (%)	VS (%)	LHV (Cal/g)
1	Food waste	87.17	80	6.2	13.8	252
2	Papers	1.94	75	3.8	21.2	539
4	Plastics	10.9	59	6.0	35.0	814
Measuring/analyzing method		-	ASTM3301-07	ASTM D 3174-07	ASTM D 3175-07	ASTMD 5865-07
Total			77.6	6.1	16.3	319

表3 2a（粗大ごみを除く分別残さ）の分析結果

No.	Composition	Physical composition (% wet weight basis)	Moisture content, at 105oC (%)	Ash, at 550oC (%)	VS (%)	LHV (Cal/g)
1	Food waste (Compostable)	33	71	9.4	19.6	604
2	Food waste (In-compostable)	2	59	20.1	20.9	746
3	Papers	19	62.5	5.6	31.9	1092
4	Diaper	33	85	1.8	13.2	372
5	Plastics	8	45.5	7.8	46.7	3991
6	Textiles	2	34	9.1	56.9	2890
7	Woods	3	68	3.2	28.8	992
8	Rubber and leather	0.2	6	17.6	76.4	6567
9	Metal	0.2	28			
10	Glass					
11	Ceramic					
12	Coal & ash					
13	Misscellaenous					
14	Hazardous waste					
Measuring/analyzing method		-	ASTM3301-07	ASTM D 3174-07	ASTM D 3175-07	ASTM D 5865-07
Total			71.0	6.1	23.2	964

表4 2b（粗大ごみ）の分析結果

No.	Composition	Physical composition (% wet weight basis)	Moisture content, at 105oC (%)	Ash, at 550oC (%)	VS (%)	LHV (Cal/g)
	Bulky waste	100	54.5	5.1	40.4	1615
Measuring/analyzing method		-	ASTM3301-07	ASTM D 3174-07	ASTM D 3175-07	ASTM D 5865-07
Total			54.5	5.1	40.4	1615

表5 3（堆肥化残さ）の分析結果

No.	Composition	Physical composition (% wet weight basis)	Moisture content, at 105°C (%)	Ash, at 550°C (%)	VS (%)	LHV (Cal/g)
1	Food waste (Compostable)	63	51.5	20.1	28.4	1201
2	Food waste (In-compostable)					
3	Papers	2	47	6.6	46.4	2017
4	Diaper					
5	Plastics	33	35.5	12.7	51.8	4777
6	Textiles	1	45	9.6	45.4	1908
7	Woods					
8	Rubber and leather	1	16	15.9	68.1	6165
9	Metal	0.05				
10	Glass					
11	Ceramic					
12	Coal & ash					
13	Misscellaenous					
14	Hazardous waste					
Measuring/analyzing method		-	ASTM3301-07	ASTM D 3174-07	ASTM D 3175-07	ASTM D 5865-07
Total			45.7	17.3	37.0	2454

1a の家庭ごみの分析結果を見ると、水分率が 65%程度の食品ごみが全体の 58%を占めているが、想定よりも低い値であり、低位発熱量は 1,722kcal/kg との結果であった。この値であれば全量焼却処理も十分に可能ではあるが、当初の計画通り有機物を堆肥化し、その残さで焼却発電する方針で検討を進める。この点については、事業全体の投資費用、事業収入の検討等を含めて、今後もさらなるデータの蓄積が必要である。

また、紙おむつが 7%含まれており、これがリサイクルできないために分別残さに回ることとなる。発熱量が 1,500kcal/kg 程度のため、焼却処理することに問題はないものの、焼却対象物の発熱量の設定に影響することになる。

1b に市場ごみは、食品ごみが 90%近くあるものの、プラスチックが 10%程度含まれており、堆肥化するには分別が必要となる。

分別残さである 2a については、食品ごみと紙おむつが各々 1/3 を占めており、これによって発熱量が低くなってしまっている。また、紙おむつについては、1a の分析結果と大きく異なっており、更なる調査が必要である。

粗大ごみは量的に少ないものの、発熱量は 1,600kcal/kg 以上あるために焼却には適しており、また、堆肥化残さには、食品ごみが 60%程度あるものの水分率が低くなっており、プラスチックも 1/3 含まれているため、発熱量は 2,500kcal/kg 程度となっている。

焼却対象となるのは 2a+2b+3 を合わせた算出結果を表 6 に示す。食品ごみ が 35%、おむつが 30%を占めている。水分が 67%で低位発熱量が 1,115kcal/kg であった。

発熱量を左右するのは図 4（分別残さ写真）に現状を示す 2a の分別残さの量と発熱量（組成）である。2a の分析結果でも考察した通り紙おむつが各々30%を占める結果であったが、2013 年 9 月に実施した予備調査では紙おむつの含有率は数パーセント程度であった為、想定より発熱量が低い数値となっている。またスーパーデポにおける分別の最適化が検討されていく事もあり 2a の分別残さの組成が変化する可能性がある。

以上より、廃棄物発電プラントの検討に当たり、焼却対象ごみの発熱量は想定値として予備調査の結果に基づき 1,942kcal/kg と仮定して検討することとした。

表 6 焼却対象ごみの算出結果(2a+2b+3)

Expected Sample: Rejecting waste discharged into incineration (samples 2a + 2b + 3)

No.	Composition	Physical composition (% wet weight basis)	Moisture content, at 105oC (%)	Ash, at 550oC (%)	VS (%)	LHV (Cal/g)
1	Food waste (Compostable)	33.71	69.84	10.0	20.2	643
2	Food waste (In-compostable)	1.82	55.49	20.5	21.3	787
3	Papers	17.43	61.58	5.7	32.8	1143
4	Diaper	30.08	79.95	2.2	16.7	613
5	Plastics	9.19	44.91	8.1	47.0	4038
6	Textiles	1.88	34.65	9.1	56.2	2827
7	Woods	2.73	63.96	3.4	30.5	1095
8	Rubber and leather	0.24	6.59	17.5	75.9	6546
9	Metal	0.19	26.34			
10	Glass					
11	Ceramic					
12	Coal & ash					
13	Misscellaenous					
14	Hazardous waste					
	Bulky waste	3.11	54.50	5.1	40.4	972
	Measuring/analyzing method	-	ASTM 3301-07	ASTM D 3174-07	ASTM D 3175-07	ASTM D 5865-07
Total			67.6	6.6	25.6	1115



図 6 分別残さの状況

(2) 廃棄物焼却発電プラントに関する検討

廃棄物発電施設の基本仕様は以下の通りである。

- 処理量：500t/日の1ライン
- 発熱量：1942kcal/kg
- 蒸気条件：4MPa×400℃
- 処理フロー：図5に示す。
- EPCコスト：60億円

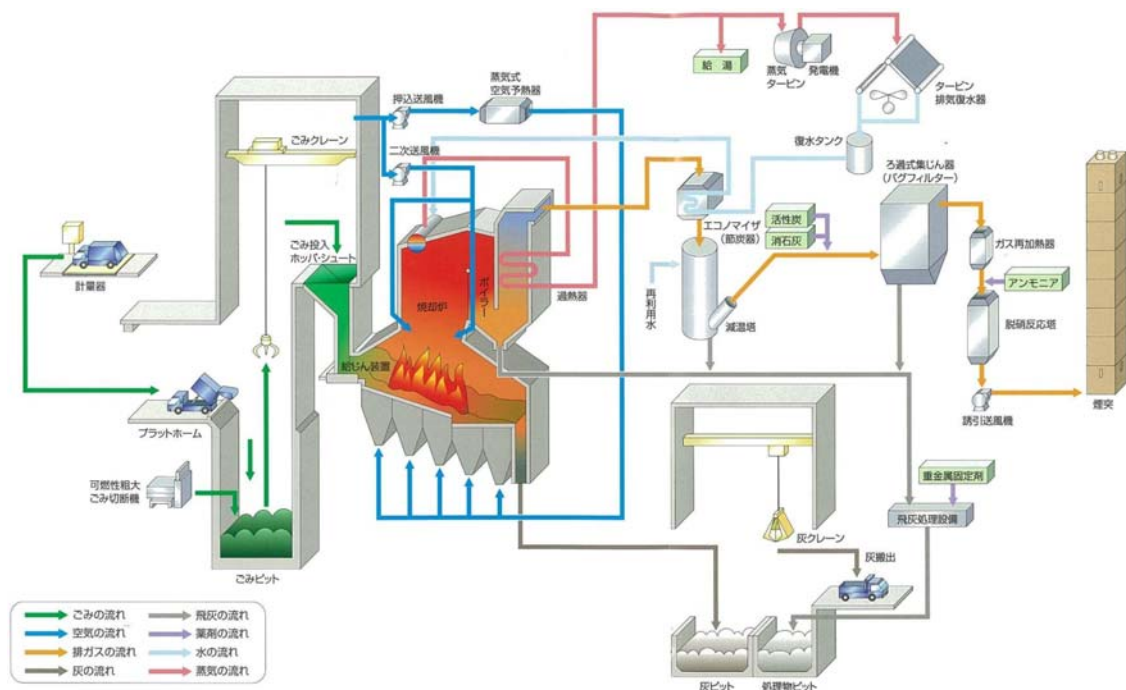


図 7 廃棄物発電施設のフロー

(3) CO₂ 排出削減量の定量化

ここでは、焼却発電による化石燃料代替電力のみを対象として、CO₂ 排出削減量の定量化を行う。

- 発電量：9,330kW
- 焼却発電施設内の電力消費量：2,580kW
- 系統への電力供給量：6,750kW
- CO₂ 排出削減量：
 - a 発電による化石燃料代替
 - 年間発電量：54,000 MWh/year (=6,750 kW × 8,000h)
 - 年間 GHG 削減量：0.560 × 54,000 = 30,240 ton-CO₂/年
 - *CO₂-Emission Coefficient = 0.560t-CO₂/MWh (JICA 2013)
 - b 最終処分場によるメタン発生回避
 - 年間廃棄物処理量：166,500 ton/year (500t/d × 333days)
 - 年間 GHG 削減量：15,000～70,000 ton-CO₂/年
 - * CO₂-Emission Coefficient = 90～420t-CO₂/ 1000 ton (日立造船にて算出)
 - c 総削減量(a+b)：45,000 ～100,000 ton-CO₂/year

5. 事業化に向けた検討

スラバヤ市では、民間事業者であるスンバオーガニック社が、日量 1,200t の都市ごみを受け入れて埋め立て処分している。この量は現在の発生量の全てに等しい量であり、急激な廃棄物発生量の増大がない場合には、新たな処理方法への移行、中間処理の促進による埋立処分量の削減へと進める動機付けに乏しい状況にある。しかしながら、処理事業権を獲得しているスンバオーガニック社に対して、事業開始から 3 年以内に熱回収による有効利用を併せて実施するとの条件が付帯しているとのことである。ランドフィルガスの回収による発電が最も容易な方法である。ただ、この方法では最終処分量を削減する効果はなく、限られた埋立処分場を 20 年間という長期にわたって維持していくことは困難である。このため、スンバオーガニック社においても、ここで検討している廃棄物発電による廃棄物の有効利用および埋立処分量の削減による処分場の継続的な利用に関心を持っていることが判明した。

今回の調査において、廃棄物発電の前処理としての分別作業が効果的であることが確認できた。スラバヤ市においてこれを実現するには、廃物処理の広域化や収集率の向上によって廃棄物量が増えた場合のみであることから、実際に廃棄物処理事業権を持って処理を行っている事業者との協業が、廃棄物発電という我が国の技術を導入するための、最も短期間で実現可能方法ということができる。

また、現状のスラバヤ市からの廃棄物処理費は 1,200 円/t と低い設定となっており、廃棄物発電事業という形態を想定した場合には、もう一つの収入源となる売電収入が大きく事業性を左右することとなる。現状においても、インドネシア政府は再生可能エネルギーに対する優遇的な買取制度を検討しており、ジャワ島の都市ごみ廃棄物発電の買取価格については約 10 円/kWh との値を設定しており、これを 1.5 倍に引き上げるとの報道もなされている。この点が、今後の廃棄物発電の導入を促す大きな要因となる。

そこで、スラバヤ市での廃棄物発電事業の実現に向けて、次年度以降も継続して事業化調査を行う考えである。調査項目としては以下が挙げられる。

- 廃棄物フローの把握
- ごみ質分析の継続によるデータ蓄積
- 堆肥化を含むリサイクルとの最適化の検討

廃棄物分野：アミタ株式会社

平成25年度アジアの低炭素社会実現のための JCM大規模案件形成可能性調査事業
～廃棄物を利用したセメント工場向け代替燃料・原料の製造事業：アミタ株式会社～

目次

1. 対象国・対象都市の諸制度・事業環境

1-1	対象国・対象都市の経済発展と環境影響予測	1
1-2	事業に係る環境負荷などの状況について（廃棄物、大気汚染、上水利用等）	1
1-3	事業に関連するインフラ・施設等の整備状況	1
1-4	事業に関連する政府組織とその役割について	2
1-5	事業に関連する諸制度の状況等について	2

2. 調査対象事業

2-1	事業のねらい	3
2-2	適用技術と実績	3

3. 調査方法

3-1	調査課題	5
3-2	実施体制	5
3-3	調査内容	5

4. 調査結果

4-1	調査活動の実績と調査結果	11
4-2	エネルギー起源 CO ₂ 排出削減効果（FS 時／大規模展開時）	11
4-3	GHG 削減以外のコベネフィット効果	12
4-4	事業実施時の費用対効果（PJ 全体費用÷エネルギー起源 CO ₂ 排出削減量）	12

5. 事業化に向けた検討

5-1	事業化/JCM 化シナリオ	13
5-2	資金計画、今後の展開方針や具体的なスケジュール	13
5-3	日本製技術導入促進する為のアイデア	13

1. 対象国・対象都市の諸制度・事業環境

1-1 対象国・対象都市の経済発展と環境影響予測

インドネシアはこの10年間で国内総生産が4.5倍に上がり、経済成長率も6%台で推移。製造業の占める比率も24%で、金融面の管理・運営の脆弱性は指摘されるが今後も安定的な経済成長が見込まれる。それに伴い、エネルギー消費・温室効果ガス排出も急激に増えていくと予想される。

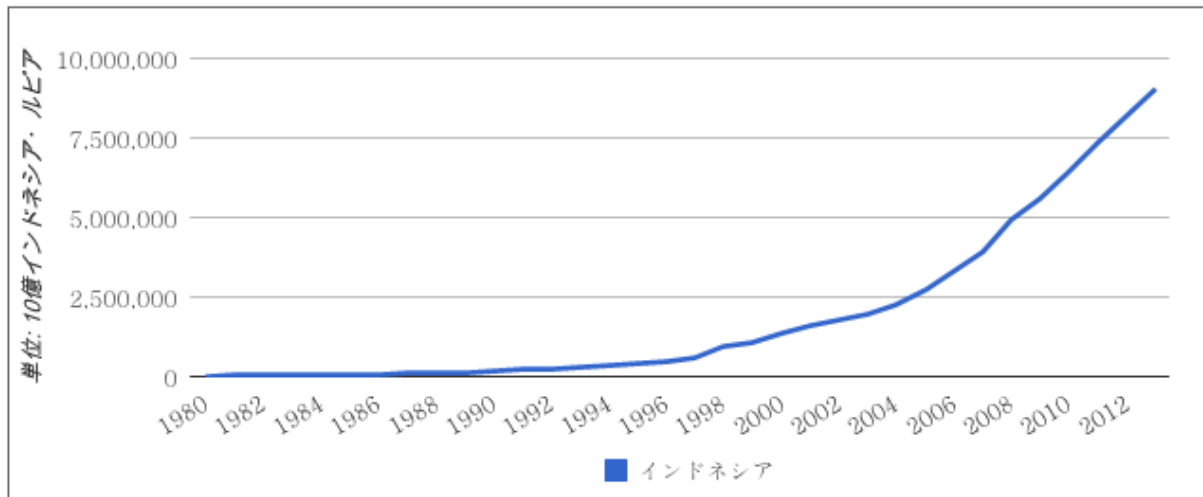


図 1 インドネシアの名目 GDP の推移(1980～2013 年)

出所：IMF-World Economic Outlook Database (2013 年 10 月版)

1-2 事業に関する環境負荷などの状況について（廃棄物、大気汚染、上水利用等）

インドネシアの産業廃棄物は、1999 年 18 号のインドネシア有害廃棄物管理規則によって、「事業活動によって発生する残渣」と定義づけされている。その中でも爆発性、引火性、反応性、有毒性、感染性、腐食性がある有害廃棄物は B3 廃棄物（Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun）と呼ばれ、許可を取得している業者に処理を委託しなければならない。その発生量は経済活動の活発化によって増加しており、正確な統計は確認できなかったが、年間 700 万トンとも推定されている。

1-3 事業に関連するインフラ・施設等の整備状況

B3 廃棄物の処理許可に関しては、減容、保管、収集、運搬、有効利用、加工そして埋立があり、60 社程度が許可を受けているが、再資源化されている例は少なく、ほとんどが単純焼却、単純埋立処理されている。主な施設は表 1 の通り。

表 1 B3 廃棄物の主な処理・処分施設

出所：日本貿易振興機構アジア経済研究所「アジア各国における産業廃棄物・リサイクル政策情報提供事業報告書」

企業名	地域	処理内容・設備等
PT. PPLI	Cileungsi, Bogor	有害廃棄物の処理・処分。安定化・固化・焼却施設。埋め立て処分場もある。2004年の処分量4.8トン。
PT Jawa Power	Desa Cilangkap, Curug-Prwakarta	処分施設。飛灰の埋め立て処分。2004年の処分量10.88万トン
PT. Paiton Energy		Ash, WWTP sludge, 2004年の処分量6.66万トン
PT. Tanjung Enimi Lestari	Muara Enim, 南スラウェシ	自社で発生するAsh, sand, dreg/grits, serene reject, sludgeの埋立。2004年の処分量3.9万トン
PT. Lontar Papyrus Pulp and Paper	Tanjung Jabung, ジャンビ	自社で発生するAsh, grit/dreg serene rejectsの埋立。
PT. Indo Bharat Rayon	ジャカルタ	自社で発生したスラッジの埋立。2004年の処分量1.85万トン
PT. WGI	Cibitung Bakagitel	廃油精製
PT. Teknotama Lingkungan Internusa	Lippo Karawachi, Tnagerang	酸溶液の回収
PT. Agip Lubrindo	Jakarta	廃油の精製
PT. Multimadya Niaga Pratama	東ジャカルタ	溶剤の回収
PT. Hanwa Kimia Indonesia	Lippo Cikarang, Bekasi	塩化銅、亜鉛灰とZn Blowingの回収
PT. Dongwoo Environmental Indonesia	Cikareng, Bekasi	溶剤の再利用、使用済み現像液からの銀回収等。

1－4 事業に関連する政府組織とその役割について

B3 廃棄物に関しては、環境省（Kementrian Lingkungan Hidup）が管轄しており、許認可の権限も同省が持っている。B3 廃棄物管理に関する情報は主に、同省/B3 廃棄物管理局の Drs. Agus Saefudhin 氏に協力頂き得た。

1－5 事業に関連する諸制度の状況等について

今回の調査では、同国が準備している事業実現の為の資金支援スキーム等の諸制度は確認できなかった。

2. 調査対象事業

2-1 事業のねらい

アマタ株式会社の循環資源製造所をインドネシア内に建設し、同国のセメントメーカーにおいて、化石燃料、天然資源に代わる廃棄物由来の代替燃料・原料を使用することで削減できるCO₂の量を算出し、JCM/BOCMの実現可能性を検証する。

2-2 適用技術と実績

アマタ株式会社は、多種多様な産業廃棄物から「調合」という技術によってセメント原料や代替燃料、金属原料といった地上資源を製造する資源リサイクルを行っている。廃油、含油汚泥、廃溶剤など、今まで焼却処理を行うしか方法のなかった産業廃棄物を、複合・均一化してスラリー状にした、ハンドリングの良い代替燃料（スラミックス®）を製造。主にセメント工場の焼成工程において、仮焼炉とロータリーキルンと呼ばれる設備で、石炭の代替燃料として使用される。ユーザー規格に調整して製造し、代替燃材として使用された後に発生する燃え殻も、セメント原料として使用されるため、2次廃棄物が発生しない完全な再資源化が可能。また、鉄鋼メーカー、石灰メーカー、製紙メーカーにおいても重油の代替燃料として使用される。

スラミックス®製造工程

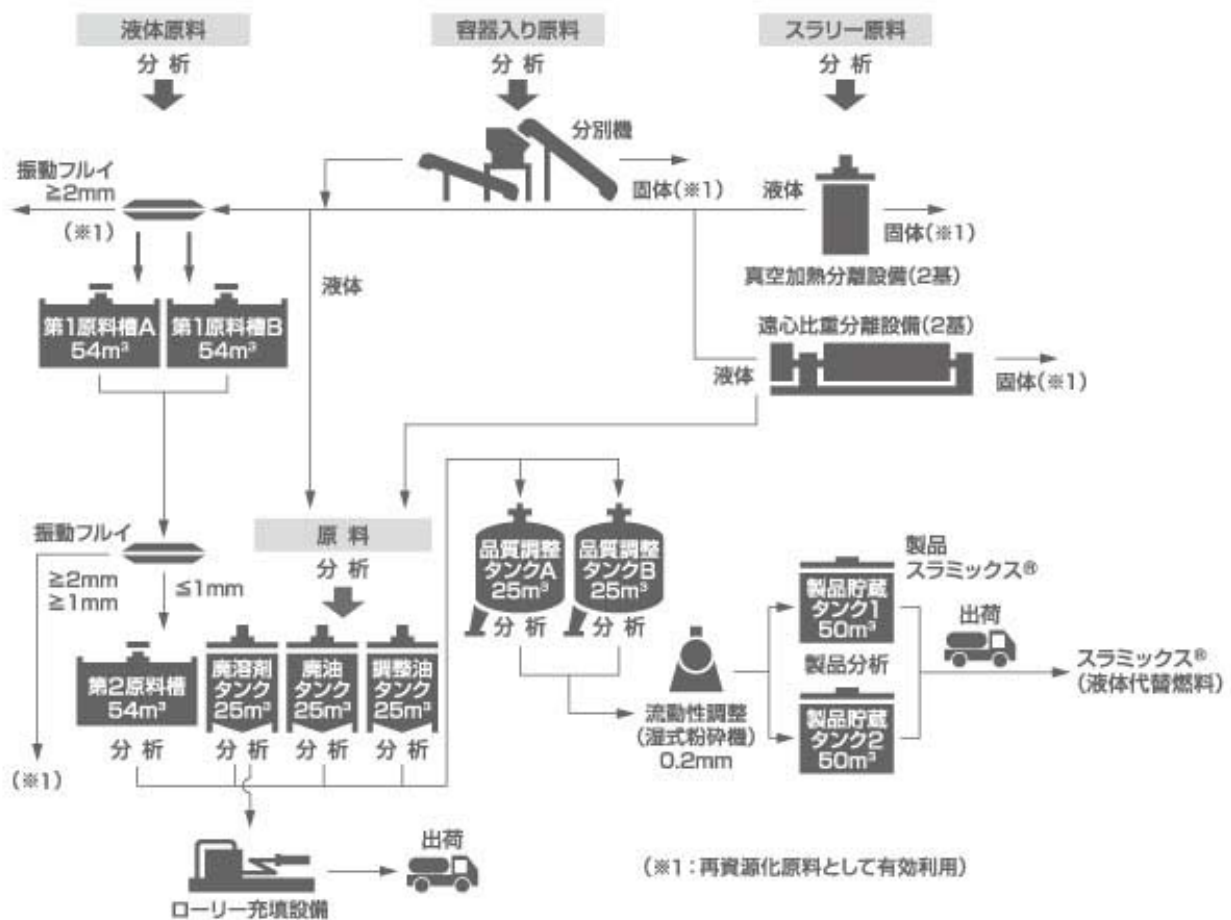


図 2 スラミックス®の製造工程

また、様々な業種の製造工程から発生する、汚泥や燃え殻、ばいじん等を調合したセメント原料である CRM（燃料系・原料系）を製造。CRM（原料系）はセメント工場で、主に粘土の代替として使用される。CRM（燃料系）はカロリーを含んでいるため、焼成工程の仮焼炉で使用される。スラミックス®同様、二次廃棄物が発生しない完全な再資源化が可能。

セメント原料化製造工程(燃料系)

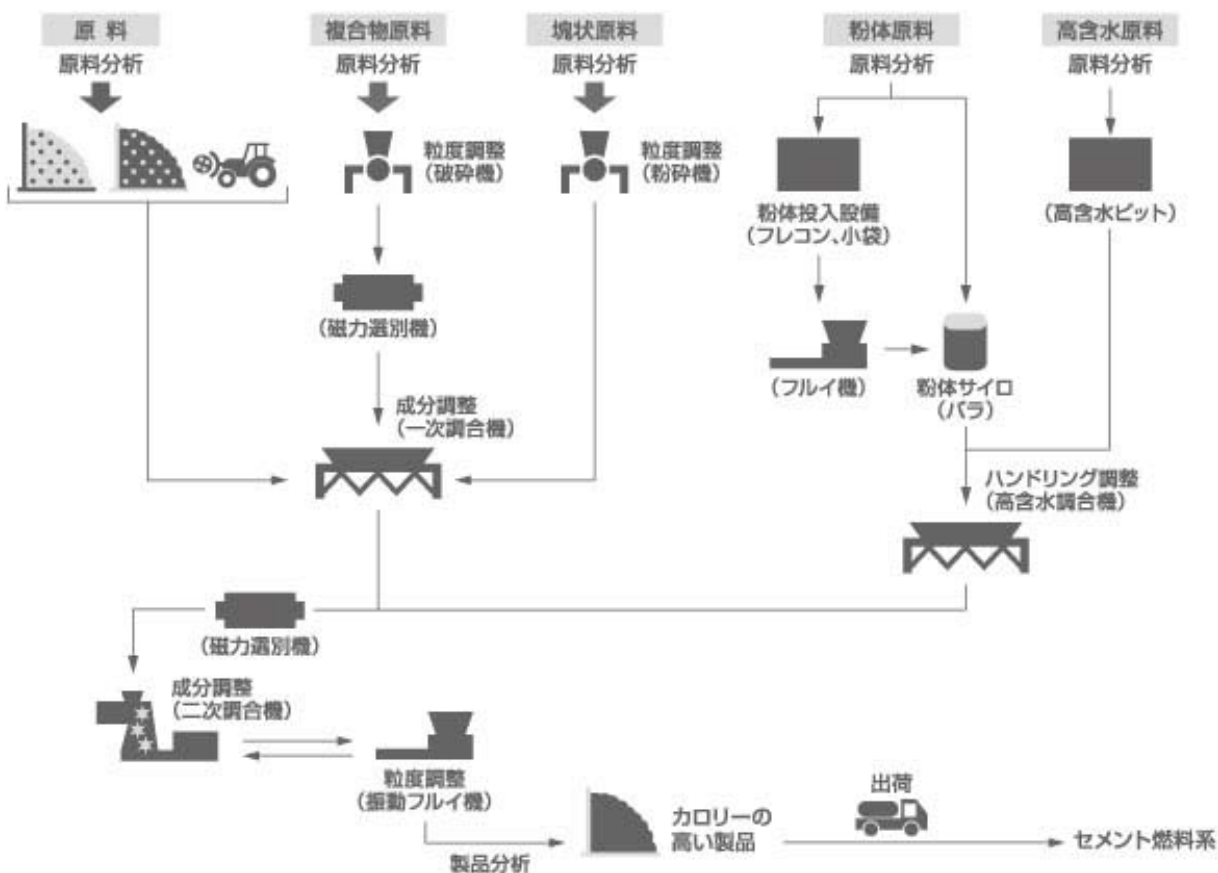


図 3 CRM（燃料系）の製造工程

日本では、年間 4 億 t 排出される産業廃棄物の内、2,800 万 t 以上をセメントの原燃料として有効活用しており、セメント 1 t 当たりの産業廃棄物の使用原単位は 481kg/t と世界でも最高水準である（2012 年度）。アミタ株式会社は 38 年に渡り、4,000 種類を超える産業廃棄物を、年間 14 万 t 以上製造している。

3. 調査方法

3-1 調査課題

調査課題としては、下記項目を中心に調査を行った。

＜調査実施項目＞

①ベースライン調査

- ・セメント生産量
- ・セメントメーカーの廃棄物使用原単位
- ・エネルギー消費量、エネルギー原単位、CO₂排出量、CO₂排出原単位

②市場性調査

- ・産業廃棄物の種類別発生量
- ・産業廃棄物の現状処理とそのコスト
- ・環境関連規制

③実現可能性調査

- ・中間処理（セメント原燃料製造）工場の建設
- ・中央政府からの支援制度
- ・プロジェクト・ファイナンスの組成（JBIC、JICA 等）

3-2 実施体制

プロジェクトは、下記メンバーにて役割分担を行い実施した。

氏名	担当
杉江克彦	指揮/総括
銘苅洋	市場性調査
大和英一	ベースライン調査
渡辺綾	業務支援

3-3 調査内容

①ベースライン調査

インドネシアセメント協会のホームページは存在するが、協会の所在地が確認できないため、セメントメーカーへの個別訪問調査やインターネットでの情報収集となった。各セメントメーカーの設立年度、所在地、セメント生産量は表2、図4の通り。

表 2 セメントメーカーの所在地、生産量

会社名	設立	場所	生産量
PT. Semen Padang	1910	Indarung, West Sumatra	6.4
PT. Semen Gresik, Tbk	1957	Gresik, East Java	11.4
		Tuban, East Java	
PT. Semen Tonasa	1968	Kab. Pangkep, South Sulawesi	4.7
PT. HOLCIM, Tbk	1975	Narogong, Kab. Bogor, West Java	9.1
		Cilacap, Central Java	
PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk.	1975	Citeureup, Kab. Bogor, West Java	18.6
		Palimanan, West Java	7.2
		Batulicin, South Kalimantan	
PT. Semen Baturaja	1980	Palembang, South Sumatra	1.3
PT. Semen Andalas Indonesia (Lafarge)	1982	Lokh Nga, Aceh Nangroe Daarussalam	1.6
PT. Semen Bosowa Maros	1984	Kupang, East Nusa Tenggara	0.5
	1999	Kab. Maros, South Sulawesi	3.8

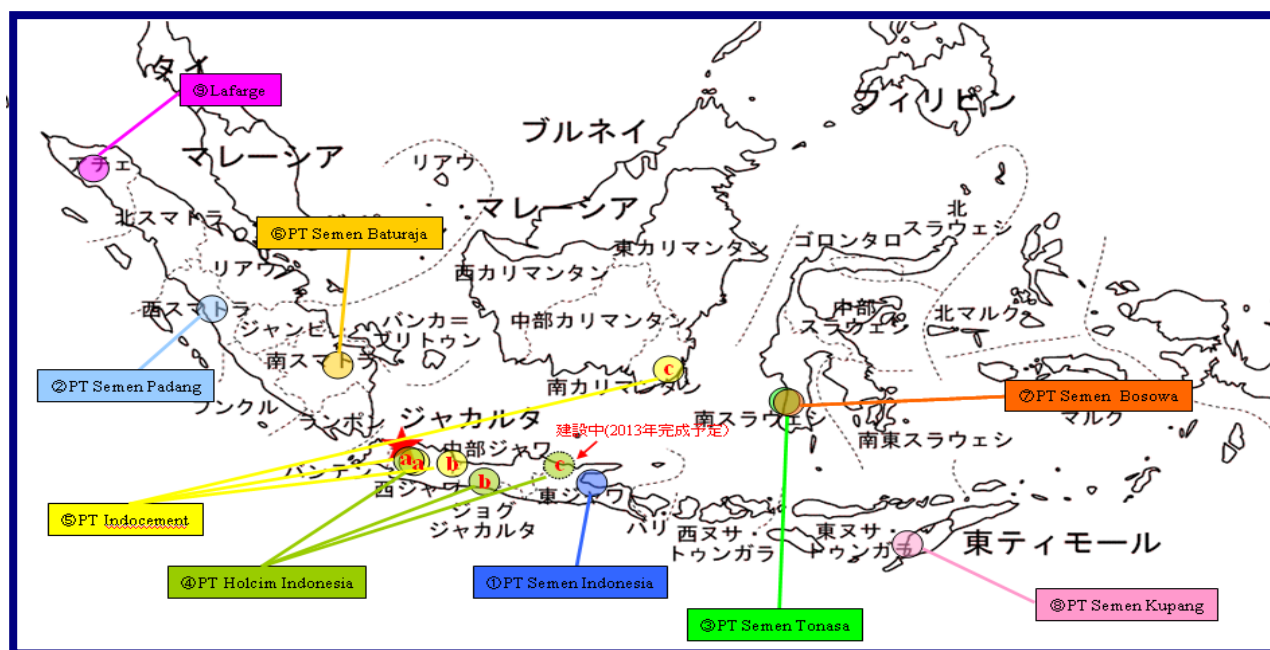


図 4 セメント会社の所在地地図

本調査では、アミタ株式会社の循環資源製造所を東ジャワ州内に建設して再資源化事業を行う場合のCO₂削減可能性を調査する目的があるため、スラバヤ市郊外のトゥバン市にセメント工場を有する Semen Indonesia 社について詳細調査を行った（表 3 参照）。

Semen Indonesia 社は BUMN という半官半民会社（国の持株比率：51%）で上場企業。1953 年設立で、セメント製造業としてはインドネシア最大。セメント製造の他には、7 社の子会社で原料となる石灰石・粘土を採掘、セメント袋製造や工業不動産会社も運営する。売上の 9 割以上がセメント販売。生産工場は、Gresik（東ジャワ）、Tuban（東ジャワ）、Indarung（西スマトラ）、ベトナムの Pangkep（南スラウェシ）。2012 年までは、Semen Gresik という名称だったが、2013 年に名称を変更。同社の 2012 年の売り上げは 19.6 兆ルピア（約 1,900 億円）、利益は 4.8 兆ルピア（約 480 億円）。2008 年から 2012 年までの 4 年間で、売り上げは約 1.6 倍、利益は約 1.9

倍に増大し、株価は約 3.6 倍。インドネシアの国有企業の例に漏れず、売上高純利益率が 25% もあり、ROE も 30% と非常に高い。インドネシアのセメント需要の約 4,500 万 t に対し Semen Indonesia 社がその約 4 割にあたる 1,600~1,800 万 t を製造し供給。2013 年はセメント需要高のため、2,000 万 t 以上の製造を計画。

B3 廃棄物の再資源化に関しては、既に銅スラグ、フライアッシュ、PS 灰、ボトムアッシュ、廃グリス、高炉スラグなどを受け入れているが、銅スラグと石炭灰で合計 400,000 t/年を占めており、他の B3 廃棄物の受入余力は、かなりあると推測される。

更に、バイオマス原料は稲藁、椰子殻、籾殻、タバコ屑、大鋸屑等を主に受け入れており、日本のセメントメーカーに比べ、バイオマス利用率が高いことが分かる。但し、同社では代替燃料比率を目標 15% に据えている中、現状は 5% 以下にとどまっており、燃料代替にも大きいニーズがあることが分かった。

また、年間 2,000,000 t の国内炭（平均熱量 5,700kcal/kg）を使用しており、約 480 万 t-CO₂/年が排出されていると想定される。

表 3 セメンインドネシア社の再資源化状況

	Semen Indonesia/ Tuban工場
クリンカ生産量	2,880,000t/ 年
キルン	4本（サスペンションプレヒーター）
受入廃棄物	銅スラグ、高炉スラグ、石炭灰、製紙汚泥焼却灰、排水処理汚泥、炉床灰、重油汚泥、廃油、廃グリス、廃ゴム、煙草フィルタ、RDF
バイオマス原料	椰子殻、籾殻、大鋸屑
エネルギー原単位	バイオマスで3%
受入廃棄物量	約450,000t/ 年
産業廃棄物使用原単位	約156 kg / セメント 1t
国内微粉炭使用量	2,000,000t/年 (5,700kcal/kg)
CO ₂ 排出想定量	約480万t-CO ₂ / 年

インドネシアのセメントメーカーにおける、B3 廃棄物の受入余力を可視化するため、インドネシアと日本のセメントメーカーの各指標を表 4 の通り作成し、比較する。

表 4 日尼セメント業界比較

	インドネシア	日本
人口	230,000,000	128,000,000
面積	1,910,931 km ²	377,930 km ²
産業廃棄物発生量	7,000,000 t / 年	400,000,000 t / 年
セメント生産量	46,200,000 t / 年 (2011年)	60,000,000 t / 年 (2012年)
産業廃棄物使用量	- t / 年	28,523,000 t / 年 (2012年)
産業廃棄物使用原単位	- kg/セメント	481kg/セメント 1t

日本のセメントメーカーの産業廃棄物使用原単位が約 481kg/セメント 1 t に対し、イン

ドネシア側の平均値は正式に発表されていないが、Semen Indonesia 社の数値が約 156kg/セメント 1tにとどまっているのを見ても、インドネシアのセメントメーカーにおける B3 廃棄物の受入余力は、十分であると推測される。

②市場性調査

排出事業者の B3 廃棄物の排出状況と、再資源化ニーズを調査するため、JETRO 発行の進出日本企業リスト（2012 年度版）から、東ジャワ州に進出している日系企業を 54 社抽出し、図 5 のアンケート用紙を FAX 送信した。

アンケート用紙

誠に恐れ入りますが、E-mail: eyamato@amita-net.co.jpもしくはFax: +81-3-5215-8505までご返送をお願いします。

問1. 貴社の廃棄物についてお尋ねします。

① 貴社より発生する、主な廃棄物についてお答えください。(複数回答可)				
種類	数量	臭気	処理方法	処理費
a. 廃油	()t/ 月	あり 多少あり なし	①自社焼却 ②セメント向け ③肥料/堆肥化处理 ④外部焼却 ⑤路盤材向け ⑥熔融処理 ⑦埋立て ⑧燃料化处理 ⑨その他 ()	()円 /kg 運賃込 運賃無
b. 廃酸	()t/ 月	あり 多少あり なし	①自社焼却 ②セメント向け ③肥料/堆肥化处理 ④外部焼却 ⑤路盤材向け ⑥熔融処理 ⑦埋立て ⑧燃料化处理 ⑨その他 ()	()円 /kg 運賃込 運賃無
c. 廃アルカリ	()t/ 月	あり 多少あり	①自社焼却 ②セメント向け ③肥料/堆肥化处理 ④外部焼却	()円 /kg

図 5 アンケート用紙

FAX 送信によるアンケートは回答率が非常に低かったため、直接訪問して情報収集し、B3 廃棄物のサンプリングを行うことにした。最終的に 35 社に訪問し、16 検体のサンプルを入手した。各社の種類別発生量や現状処理方法等は表 5 の通り。また、サンプリングした検体は、アミタ株式会社/姫路循環資源製造所の分析室にてエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置で、組成分析をした。分析結果は表 6 の通り。

表5 排出事業者の廃棄物と発生量

No	排出会社 (業界)	B3該当品	B3非該当品	発生量 (t/月)
1	食品	-	コーヒー粕、乾燥コーヒー粕、脱水汚泥	1050
2	金属	廃油、Alダスト	-	15
3	電子部品	Siスラッジ、Siスラリー廃液、混酸	-	45
4	化学	廃油、汚泥、バッテリー	-	7
5	電子機器	廃油、排水処理汚泥、廃ガラス、電子回路	-	60
6	音楽機器	廃油、排水処理汚泥、塗料かす、接着剂かす	木屑、段ボール、廃プラ、スクラップ	1000
7	自動車部品	排水処理汚泥、塗料かす、塗料集塵ダスト、廃油	廃酸、廃アルカリ、ウエス、サンダー屑	26
8	排水処理場	排水処理汚泥	-	160
9	し尿処理場	-	し尿処理汚泥	960
10	金属	廃油、煤塵、ガラスくず、廃酸	廃プラスチック	2
11	食品	廃油、廃塗料	燃え殻、廃活性炭、廃プラスチック	1300
12	自動車部品	廃油、廃プラスチック、廃ウエス、廃容器	廃プラスチック、スクラップ類	2
13	薬品	廃油、廃酸、廃アルカリ、廃ガラス、排水処理汚泥	廃プラスチック	12
14	薬品	廃油	廃酸、廃アルカリ、ガラス屑、裁断屑	4
15	園芸	-	廃プラスチック、スクラップ類	13
16	機械	廃油分離水、塗料かす、汚泥、	繊維く屑、切削油、ショット鉄粉	120
17	食品	-	廃油、動植物残渣、廃プラスチック	20
18	建材	廃油、焼却灰	木屑、大鋸屑	200
19	陶磁器	廃油、排水、バッテリー、蛍光灯	廃酸、廃ガラス、ドロマイト、煤塵	245
20	食品	廃油、燃え殻、汚泥、イオン交換樹脂、汚泥、蛍光灯	セライト、活性炭	305
21	自動車部品	-	裁断屑、金属屑	36
22	事務用品	-	廃プラスチック、紙屑	1
23	楽器	排水処理汚泥	研磨かす	20
24	機械	スラグ、ダスト、廃砂	-	150
25	金属部品	-	スラグ、スクラップ	20
26	機械	-	スクラップ	3
27	化粧品	-	スクラップ	1
28	排水処理場	排水処理汚泥	-	180
29	自動車部品	排水処理汚泥、クーラント廃液、排水、木くず		800
30	食品	廃油、バッテリー、蛍光灯、ウエス、基盤、汚泥	パーライト、スクラップ	85
31	自動二輪	廃油、廃溶剤、洗浄液、作動油	スクラップ	50
32	自動車部品	担当者不在		
33	半導体部品	担当者不在		
34	金属製品	担当者不在		
35	半導体	担当者不在		
		総重量		6892

表 6 サンプル分析値と CRM（燃料系）想定値

No	排出会社 (業界)	発生品名	B3	形状	発生量 (t/月)	Al ₂ O ₃	全重金属 量	硫黄	塩素	水分	熱量 kcal/kg
1	食品	コーヒー粕	×	泥状	600	0.1%	0.019%	0.220%	0.026%	78.2%	5720kcal
2	食品	乾燥コーヒー粕	×	泥状	300	0.1%	0.073%	0.146%	0.007%	77.0%	5527kcal
3	食品	脱水汚泥	×	泥状	150	11.9%	0.020%	0.450%	0.407%	85.7%	3516kcal
4	鑄造	Alダスト①	○	粉状	6	64.3%	0.010%	0.136%	1.660%	0.0%	614kcal
5	鑄造	Alダスト②	○	粉状	6	35.1%	0.407%	0.391%	3.960%	0.0%	759kcal
6	電子部品	Siスラッジ	○	泥状	20	3.4%	0.018%	0.297%	0.028%	38.8%	183kcal
7	電子部品	Siスラリー廃液	○	液状	6	0.2%	0.069%	0.002%	0.000%	0.0%	3921kcal
8	化学	汚泥	○	泥状	5	0.2%	0.021%	0.035%	0.051%	7.6%	3793kcal
9	電子機器	排水処理汚泥	○	泥状	4	7.7%	0.349%	0.005%	0.887%	58.1%	280kcal
10	電子機器	廃ガラス	○	固形	50	2.2%	0.923%	0.006%	0.013%	0.0%	0kcal
11	音楽機器	塗料かす	○	粉状	1	1.7%	0.036%	0.065%	0.013%	36.9%	6743kcal
12	自動車部品	排水処理汚泥	○	泥状	10	37.4%	0.214%	0.566%	0.055%	70.8%	130kcal
13	自動車部品	塗料かす	○	粉状	1	0.3%	1.192%	0.082%	0.041%	0.0%	3652kcal
14	自動車部品	塗料集塵ダスト	○	粉状	10	0.1%	0.006%	2.480%	0.128%	0.0%	4777kcal
15	排水処理場	排水処理汚泥	○	泥状	200	8.5%	2.402%	1.250%	0.138%	60.9%	2107kcal
16	し尿処理場	し尿処理汚泥	×	泥状	960	2.0%	0.340%	1.670%	0.111%	83.4%	4307kcal
		total			2329t	2.7%	0.399%	1.083%	0.14%	78.70%	4577kcal

実際にサンプリングできた 16 検体を基に、加重平均法で算出した CRM（燃料系）の想定値（赤枠）は、表 7 の通り、インドネシアのセメントメーカーの受入規格内に収まるものであった。

また、上記想定値とは別に、日本製のスラミックス®、CRM（燃料系）のサンプル分析と、受け入れの可否を Semen Indonesia 社に依頼し、全て受け入れ可能との判断を頂いた。B3 由来の液体代替燃料は、熱量が 2,500kcal/kg 以上でなければいけないという規制があるが、その基準も満足している。

表 7 サンプル分析値

	CRM（燃料系）想定値	セメントメーカー受入規格
全重金属	0.399%	< 0.432%
硫黄	1.083%	< 3%
塩素	0.14%	< 1.5%
熱量	4,577kcal/kg	> 3,500kcal/kg

③実現可能性調査

循環資源製造所（セメント原燃料製造）の建設コストを、現地の建設会社に依頼し、概算金額を算出した。それぞれのプラントの建設コストは表 8 の通り。

尚、建設場所はセメント工場の工場内、もしくはその近辺を想定しており、それによって土地取得なのか賃借なのか変わってくるため、コストには土地代は含まず示している。

表 8 各プラント建設コスト

	製造能力	建設費用
液体代替燃料 (SlurMix®) プラント	10,000 t /年	約 2.2 億円 (土地代含まず)
セメント原燃料 (CRM (燃料系)) プラント	24,000 t /年	約 1.2 億円 (土地代含まず)

中央政府からの支援制度については、1. 1－5でも述べた通り、確認できなかった。
同様に JBIC や JICA 等でも、プロジェクト・ファイナンス化できる枠組みは確認できなかった。

4. 調査結果

4－1 調査活動の実績と調査結果

調査結果としては下記 4 点にまとめられる。

- ①B3 廃棄物の大部分が単純焼却、単純埋立処理されており、セメントメーカーで再資源化されているものもあるが、日本に比べ再資源化率（廃棄物使用原単位）は低く、セメントメーカーの潜在的な再資源化能力は大きい。
- ②東ジャワ州にある B3 廃棄物の排出事業者は、許可業者のほとんどが西ジャワ州に立地しているため、高コストの運賃を負担し処理委託しており、安価で安定した再資源化ニーズが東ジャワ州にある。
- ③2008 年のインドネシア廃棄物管理法の法改正によって、従来自社内で埋立をしていた B3 廃棄物の埋立が禁止になり、その廃棄物を掘り返し数万 t レベルで外部処理を迫られている日系企業が存在するが、これだけの廃棄物を適正にかつ安価で処理できる委託先が極めて少ない。
- ④アミタ株式会社が製造している SlurMix® と CRM (燃料系) が、現地のセメントメーカーにて受入可能ということが判明した。

4－2 エネルギー起源 CO₂ 排出削減効果 (FS 時/大規模展開時)

- ①液体代替燃料 (SlurMix®) 使用による CO₂ 削減効果予測
 - ・液体代替燃料 (SlurMix®) 生産能力：10,000t/年
 - ・液体代替燃料 (SlurMix®) 熱量：平均 3,350kcal/kg
→10,000t×3,350kcal/kg=33,500,000kcal/kg
 - ・Semen Indonesia 社が使用している一般炭の熱量：平均 5,700kcal/kg
→5,877t/年分の一般炭を代替可能
 - ・一般炭の CO₂ 排出係数:2.409t-CO₂/t (表 9 参照)
→5,877t/年×2.409t-CO₂/t=14,157t-CO₂/年

上記計算の通り、液体代替燃料 (SlurMix®) 製造工場を建設し、セメント焼成工程で使用される一般炭 (約 5,700kcal/kg) の代替燃料 (3,350kcal/kg) を年間 10,000t 生産すると仮定した場合の CO₂ 削減効果は、約 14,157t-CO₂/年と推定される。

②CRM（燃料系）使用による CO₂削減効果予測

- ・ CRM（燃料系）生産能力：24,000t/年
- ・ CRM（燃料系）熱量：平均 1,800kcal/kg
→24,000t×1,800kcal/kg=43,200,000kcal/kg
- ・ Semen Indonesia 社が使用している一般炭の熱量：平均 5,700kcal/kg
→7,578t/年分の一般炭を代替可能
- ・ 一般炭の CO₂排出係数:2.409t-CO₂/t（表 9 参照）
→7,578t/年×2.409t-CO₂/t=18,255t-CO₂/年

上記計算の通り、CRM（燃料系）製造工場を建設し、セメント焼成工程で使用される一般炭（約 5,700kcal/kg）の代替燃料（1,800kcal/kg）を年間 24,000t 生産すると仮定した場合の CO₂削減効果は、約 18,255t-CO₂/年と推定される。

表 9 燃料別の二酸化炭素排出量の例

出所：「特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令」（経済産業省・環境省）

燃料の種類	排出係数	単位発熱量	単位当たり二酸化炭素排出量
原料炭	0.0245 tC/GJ	28.9 GJ/t	2.596 kg-CO ₂ /kg
一般炭	0.0247 tC/GJ	26.6 GJ/t	2.409 kg-CO ₂ /kg
原油	0.0187 tC/GJ	38.2 GJ/kl	2.619 kg-CO ₂ /l
ガソリン	0.0183 tC/GJ	34.6 GJ/kl	2.322 kg-CO ₂ /l
ジェット燃料油	0.0183 tC/GJ	36.7 GJ/kl	2.463 kg-CO ₂ /l
灯油	0.0185 tC/GJ	36.7 GJ/kl	2.489 kg-CO ₂ /l
軽油	0.0187 tC/GJ	38.2 GJ/kl	2.619 kg-CO ₂ /l
A重油	0.0189 tC/GJ	39.1 GJ/kl	2.710 kg-CO ₂ /l
液化天然ガス(LNG)	0.0135 tC/GJ	54.5 GJ/t	2.698 kg-CO ₂ /kg

4-3 GHG削減以外のコベネフィット効果

セメントメーカーにて代替燃料としての再資源化を行わない場合は、単純焼却後に排出される焼却灰の埋立や、安定化处理（薬注/セメント固化）された後、埋立に回ることになる。つまり当該事業を実施することで最終処分場の延命効果が得られる。

また、東ジャワ州内で再資源化することにより、西ジャワ州まで運搬する往復距離約 1,600km の車両排気ガス発生を削減できる。

4-4 事業実施時の費用対効果(PJ 全体費用÷エネルギー起源 CO₂排出削減量)

費用対効果は下記の通り計算される。

$$3.4 \text{ 億円 (PJ 全体費用)} \div 32,412 \text{ t-CO}_2 \text{ (エネルギー起源 CO}_2 \text{ 排出削減量)} = \underline{\text{約 } 10,500 \text{ 円/t-CO}_2}$$

5. 事業化に向けた検討

5-1 事業化/JCM化シナリオ

今年度調査では、排出事業者とセメントメーカー双方の再資源化ニーズがあることは分かったが、排出事業者調査では、結果的に35社への訪問と16検体のサンプル入手にとどまった。通常のFSでは、最低でも100社以上への市場調査と同程度の検体入手が必要であり、事業化の最終判断には更なる調査が必要である。

また、表10の通り、収支バランス想定表も税制面の調査が未達成であったり、セメントメーカーへの販売金額や処理費金額があくまでも想定値ということもあり、精度が低い概算の収支表になっており、詳細なFSにも更なる調査が必要である。

表10 想定収支バランス

収入	処理委託費用	28,000,000円/月 (B3平均10,000円×2,800t/月)
	燃料販売費用	800,000円/月 (SlurMix® 800t/月)
	計	28,800,000円/月
支出	処理委託費用	6,000,000円/月 (想定値3,000円×2,000t/月)
	運転費用	800,000円/月
	人件費用	1,500,000円/月
	減価償却費用	
	税金等	
	計	8,300,000円/月
利益	計	20,500,000円/月

5-2 資金計画、今後の展開方針や具体的なスケジュール

来年度1年間で詳細FSを終了し、事業化の最終判断が出来れば、環境省の設備補助事業（設備補助1/2）への申請を目指す。

5-3 日本製技術導入促進する為のアイデア

今年度調査では、日系企業においても不適正処理や監督不行届きが見られた。インドネシアでのB3廃棄物の再資源化を促進するためには、関連規制と罰則、モニタリングの強化が求められる。

水資源分野：株式会社松尾設計

平成25年度アジアの低炭素社会実現のための JCM大規模案件形成可能性調査事業
～水資源分野：松尾設計～

目次

A. 水資源分野（上水道編）

1. 対象国・対象都市の諸制度・事業概要	1
2. 調査対象事業	2
3. 調査方法	2
4. 調査結果	10
5. 事業に向けた検討	18

B. SIER 工業団地

1. 対象国・対象都市の諸制度・事業概要	21
2. 調査対象事業	21
3. 調査方法	22
4. 調査結果	24
5. 事業に向けた検討	30

C. Keputih 汚泥処理場

1. 対象国・対象都市の諸制度・事業概要	30
2. 調査対象事業	31
3. 調査方法	31
4. 調査結果	33
5. 事業に向けた検討	36

A. 水資源分野（上水道編）

1. 対象国・対象都市の諸制度・事業概要

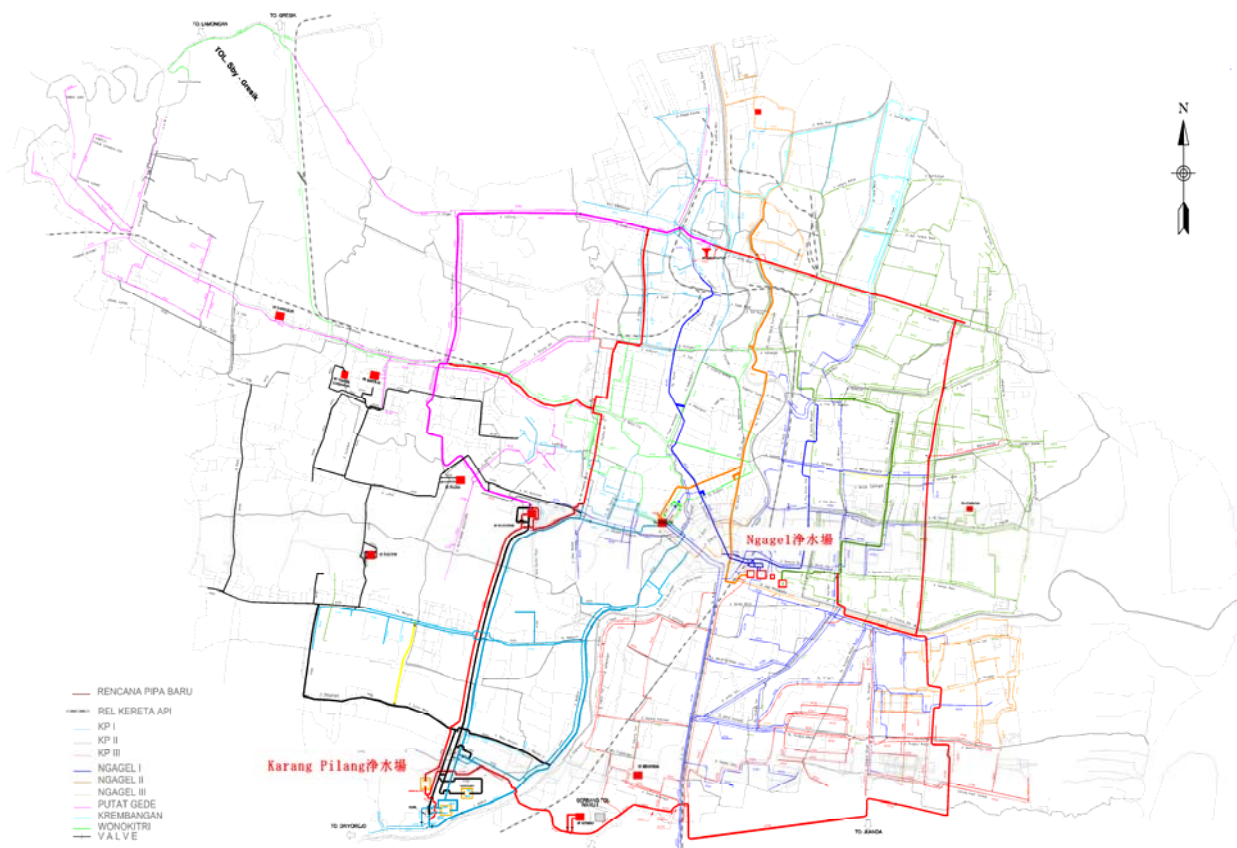
インドネシア国スラバヤ市の行政人口は3,123,914人の内、水道給水人口は2,640,900人（水道普及率 88.03%）である。

スラバヤ市の無収水量率（浄水場で配水された水量の内、料金収入とならなかった水量が占める割合）は33%程度であり、その内訳は、漏水が18%、メーター誤差などの事業的損失水量が10%、盗水が5%である。

スラバヤ市水道公社（PDAM）は2つの主力浄水場（Ngagel 浄水場と Karang Pilang 浄水場）を所有し、共に河川水を水源としている。

市内の給水は、2つの主力浄水場から配水ポンプによる圧送を主たる配水形態としている。また、遠隔地への給水を可能とするため、12箇所の配水場（休止 2 箇所、昇圧ポンプ 9 箇所、配水池 1 箇所）による給水が行われている。

図－1 位置図



2. 調査対象事業

2-1. 事業のねらい

スラバヤ市水道公社（PDAM）の省エネルギー対策（浄水場処理過程、送配水システム）、漏水対策について現地調査・検討を行い、Co2削減の可能性について提案する。

① 省エネルギー対策

- ・ 対策の概要

浄水場 2 箇所と中継ポンプ所 12 箇所における、ポンプのインバーター制御化、ポンプの取替え（高効率化）、ポンプの低揚程化について現地調査及び調査内容の精査・検討を行う。

② 漏水対策（基礎資料策定）

- ・ 対策の概要

漏水対策（流量管理システム化等）による無効水量削減について現地調査及び調査内容の精査・検討を行う。

3. 調査方法

3-1. 実施体制

(1) 調査目的

浄水処理過程における省エネルギー可能施設及び設備、送配水システム、漏水対策状況を把握するため、既存資料収集、現地状況を確認する。

(2) 第 1 回調査

【調査実施期間】 2013 年 7 月 4 日～2013 年 7 月 6 日

【調査体制】 榊松尾設計（樺沢参事、野村技師）

北九州市上下水道局海外ビジネス事業部（久保田課長、木山課長、
矢山官吏）

【協議及び資料収集先】 スラバヤ市水道公社

(3) 第 2 回調査

【調査実施期間】 2013 年 11 月 4 日～2013 年 11 月 8 日

【調査体制】 榊松尾設計（中野部長、樺沢参事）

【協議及び資料収集先】 スラバヤ市水道公社

3-2. 調査内容

(1) 第 1 回調査内容

ー浄水処理過程ー

- ・ Ngagel 浄水場基本情報

Ngagel 浄水場は、系統Ⅰ（1923 年）、系統Ⅱ（1956 年）、系統Ⅲ（1968 年）により構成され、水源は市内を流れる WONOKROMO 川より取水している。平均濁度は 50NTU 程度で、高濁度時は 1,000NTU を超える。季節によって藻類の繁殖がある。取水された、原水はノズル式のエアレーション設備（DO 確保を

目的) を経由、酸化接触槽（前処理沈殿池）を通過後、沈殿池へ流入する。

系統Ⅰと系統Ⅱの沈殿池は高速凝集沈殿池を採用、系統Ⅲは横流式沈殿池を採用している。沈殿池の排泥設備は設置されておらず、定期的に沈殿池を空にして清掃を実施している。

凝集剤は主として硫酸バンドと PAC の 2 種類を併用して注入している。また、ろ過池はアンスラサイトと砂の 2 層ろ過式で、ろ過速度は 120m/日と速い。ろ過池洗浄は、1 池あたり 24 時間に 1 回の頻度で実施されており、特に系統Ⅲはろ過抵抗が上がる傾向で、現状 12 時間に 1 回の頻度となっている。

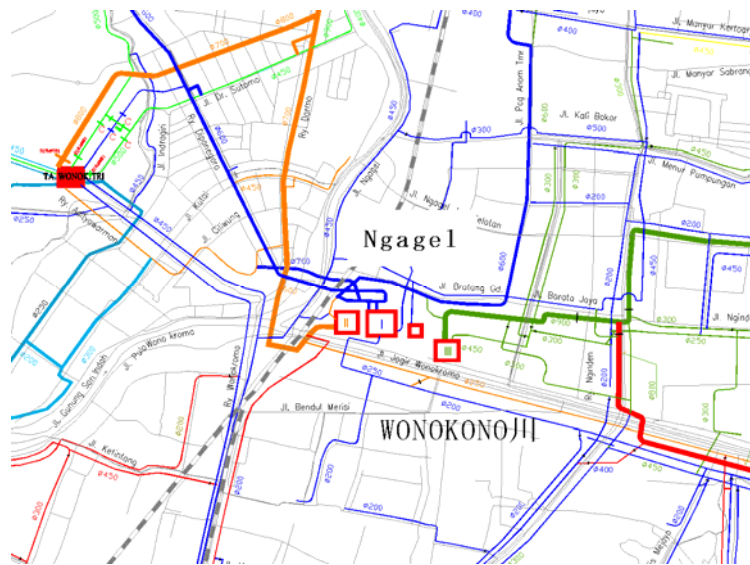


図 3.1 (1) Ngagel 浄水場配置図

・ Karang Pilang 浄水場基本情報

Karang Pilang 浄水場は、系統Ⅰ（1990 年）、系統Ⅱ（2005 年）、系統Ⅲ（2010 年）により構成され、水源は市内を流れる SURABAYA 川から取水している。平均濁度は 50NTU 程度であるが周辺に工場が多く隣接しており、工場排水による問題が懸念される。取水された、原水はノズル式のエアレーション設備（DO 確保を目的）を経由、酸化接触槽（前処理沈殿池）を通過後、沈殿池へ流入する。

系統Ⅰは横流式沈殿池で、系統Ⅱと系統Ⅲは上向流の傾斜管式沈殿池が設置されている。

凝集剤は主として硫酸バンドと PAC の 2 種類を併用して注入している。また、ろ過池はアンスラサイトと砂の 2 層ろ過式で、ろ過速度は 120m/日と速い。

沈殿池の排泥については、系統Ⅰと系統Ⅱは手動、系統Ⅲは自動により排泥

弁を開閉して実施している。沈殿池の排泥を確認した結果、排泥を河川に送るポンプが常時運転しており、系統Ⅲについては自動で15分おきに排泥弁が開閉するものの、系統Ⅱ、系統Ⅲについては排泥弁が手動であるため常時弁が開いて排泥を行っており、濃度の薄い排泥を送り続けることとなり、浄水場内の使用水量を大きくロスするため沈殿池排泥の改善による省エネルギーが可能であると判断する。

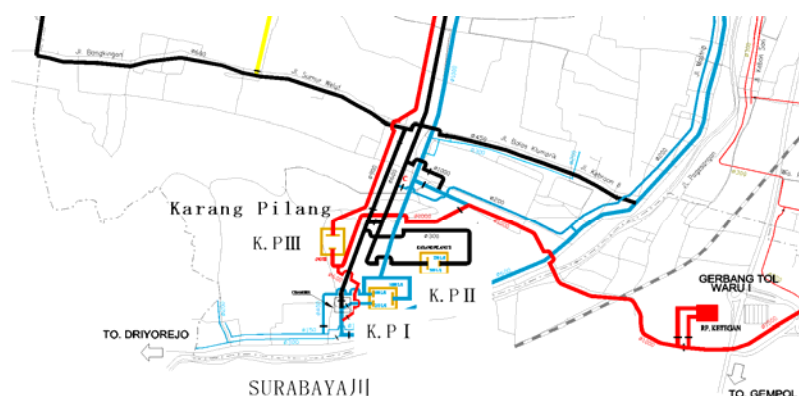


図 3.1 (2) Karang Pilang 浄水場配置図

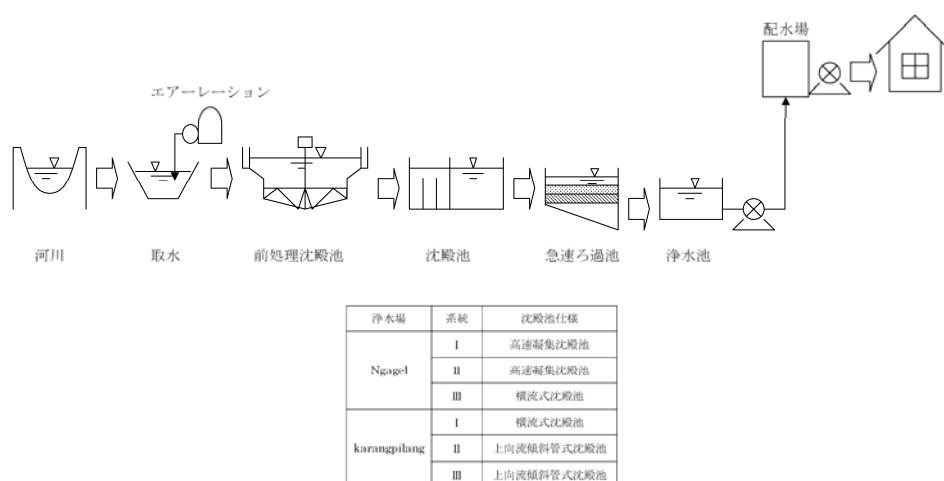


図 3.1(3) 浄水処理フロー概要図

・ ポンプ設備の基本情報

取水ポンプについては、Ngagel 浄水場、Karang pilang 浄水場共に取水量分をろ過処理しており、流量調整は行っていない。配水ポンプにおいては 24 時間一定流量を送配水している。これは、スラバヤ市の各家庭に大型受水槽が設置されており、その受水槽がバッファとなり一定流量を送配することが可能となっている。現状のポンプ送配水過程においてインバーターの導入は不要であると判断できる。

・ 受配電設備の基本情報

浄水場内の配線結線図を収集、受配電設備の省エネルギーの可能性について調査を行った。浄水場内において昇圧している変圧器は確認されなかった。また、自動力率調節器（A P F C）が設備ごとに設置されており、力率改善も実施されている。以上から、電気設備において省エネルギーの可能性は低いと判断できる。

・ 浄水処理にかかる消費電力

2012 年における各浄水場の消費電力（kWh）を下表 3.1(1)に示す。

表 3.1(1) 2012 年各浄水場別消費電力（スラバヤ市水道公社提供資料より）

月	Ngagel				Karang Pilang
	I	II	III	計	I ～ III
	1923 年造	1956 年造	1968 年造	—	1990～2010 年造
1	1,136,400	658,520	1,056,120	2,851,040	3,457,360
2	1,146,960	647,580	1,052,720	2,847,260	3,248,560
3	1,070,720	618,900	985,840	2,675,460	3,248,560
4	1,154,280	674,140	1,060,080	2,888,500	3,573,280
5	1,106,040	649,680	1,006,040	2,761,760	3,404,240
6	1,141,680	669,240	1,025,800	2,836,720	3,481,440
7	1,109,560	652,600	991,200	2,753,360	3,373,360
8	1,146,280	680,580	1,028,040	2,854,900	3,436,400
9	1,116,200	620,640	1,022,080	2,758,920	3,414,240
10	1,063,560	580,640	986,920	2,631,120	3,367,840
11	1,125,520	641,400	1,029,600	2,796,520	3,362,240
12	1,131,760	598,540	977,000	2,707,300	3,397,200
計	13,448,960	7,692,460	12,221,440	33,362,860	40,764,720
年間供給量(m3)	43,986,276	25,928,641	49,727,405	119,642,322	163,816,952
平均供給量(m3)	3,665,523	2,160,720	4,143,950	9,970,193	13,651,413
kWh/m3	0.3058	0.2967	0.2458	0.2789	0.2488

浄水場の建設年代により消費される電力量が多くなっていることが伺える。

特に、Ngagel 浄水場系統Ⅰ、Ⅱの浄水供給量 1m³ 当りの消費電力は Karang Pilang 浄水場に比べて多く電力を消費している。以上から、浄水場施設の中で消費電力割合が高い Ngagel 浄水場系統Ⅰ、Ⅱのポンプ高効率化により省エネルギー化を図れる可能性がある。

ー送配水システムー

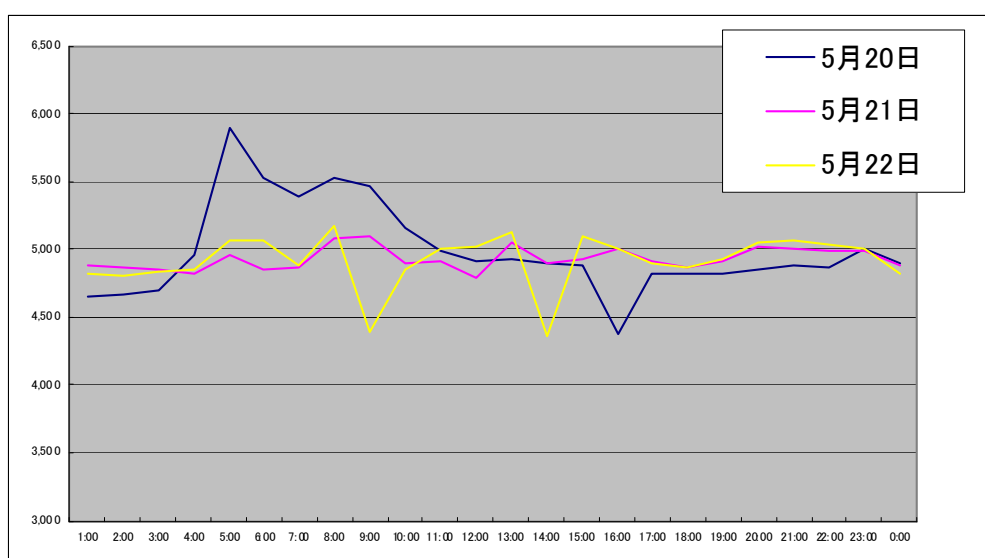
・ スラバヤ市の配水形態と特徴

スラバヤ市の給水は、市内の Ngagel 浄水場、Karang Pilang 浄水場から送配水ポンプで圧送する配水形態となっている。また、遠隔地への給水を可能とするために、12 箇所の中継配水場（休止 2 箇所、ポンプ場 9 箇所、配水池 1 箇所）により昇圧され配水されている。

スラバヤ市の配水は、24 時間一定配水が行われている。各家庭に大型受水槽が設置されており、その受水槽がバッファとなり一定流量を送配することが可能となっている。現状のポンプ配水過程においてインバーターの導入は不要であると判断できる。

本調査で入手した、Karanpilang 浄水場における平成 25 年 5 月 20 日から連続 3 日間の配水日報をグラフ化したものを下図に示す。

この 3 日間で記録した時間最大流量 (5,898m³) は、時間係数に換算すると 1.18 であり、直結給水を主たる配水方式とした平均的な時間係数 2.0 と比較すると、大きな乖離があり、一定配水の状況がデータからも読み取れる。



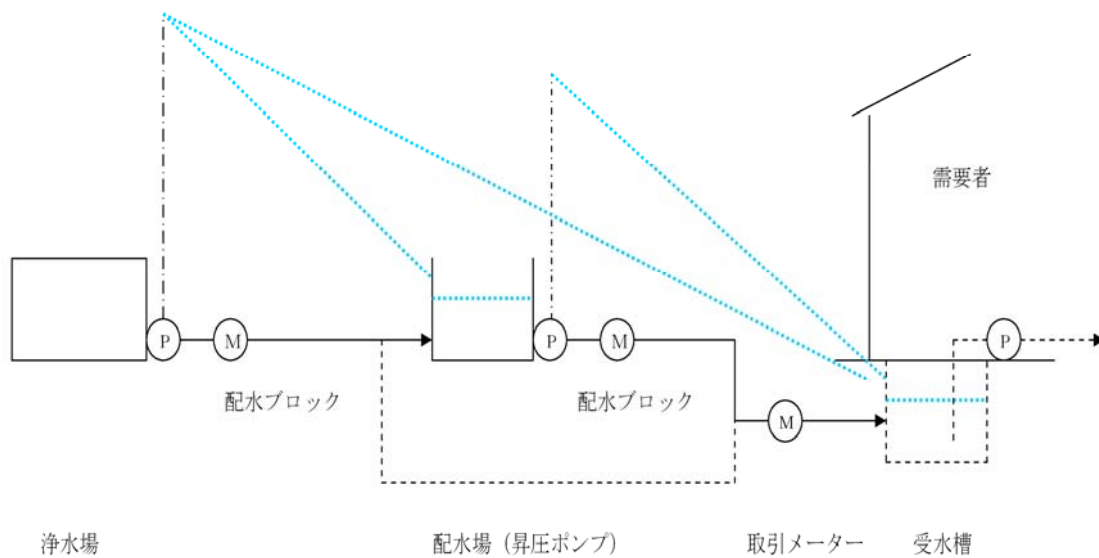


図 3.1 (4) 配水形態概要図



写真 3.1 (1) 住居受水槽状況

—漏水対策—

・ 漏水対策の現状

スラバヤ市水道公社は、無収水量（NRW）を現状の 33%から 23%に削減する目標を掲げ、無収水量の大部分を占める漏水削減に取り組んでいる。

具体的な対策として、市内の配水管網を 142 ブロック（将来計画を含む）に分割整理管理する「配水ブロック化」を実施しており、現状 45 ブロックが構築されている。

流量管理には各ブロックに流量計（ブロックメーター）が設置されており、流量計形式はウォルトマンメーターと電磁流量計が採用されている。

ウォルトマンメーターの中には既に不計測の流量計も存在することから、今後、流量管理の改善が強く望まれる。

下表 3.1(2)に 2012 年及び 2013 年 6 月期までの損失水量を示す。

表 3.1(2) 2012 年及び 2013 年における無収水量（スラバヤ市水道公社提供資料より）

月	浄水処理量(m3)		使用水量(m3)		無収水量(m3)		無収水率(%)	
	A		B		C=A-B		C/A	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
1	24,745,573	25,065,119	16,100,439	16,531,338	8,575,373	8,388,191	34.75	33.66
2	22,712,822	22,653,758	16,064,101	16,692,966	8,681,472	8,372,153	35.08	33.40
3	24,749,528	25,243,267	15,859,904	16,477,023	6,852,918	6,176,735	30.17	27.27
4	24,194,415	24,026,072	15,746,931	16,452,521	9,002,597	8,790,746	36.37	34.82
5	25,089,991	24,200,511	16,191,824	16,263,279	8,002,591	7,762,793	33.08	32.31
6	24,123,794	23,185,544	16,567,670	17,587,487	8,522,321	6,613,024	33.97	27.33
小計	145,616,123	144,374,271	96,530,869	100,004,614	49,637,272	46,103,642	34.09	31.55
7	25,013,580		16,387,060		7,736,734		32.07	
8	24,631,790		16,004,994		9,008,586		36.01	
9	24,013,899		15,929,436		8,702,354		35.33	
10	24,390,849		17,165,256		6,848,643		28.52	
11	24,511,763		16,867,492		7,523,357		30.84	
12	24,919,529		17,430,029		7,081,734		28.89	
計	293,097,533	290,597,921	196,315,136	203,379,792	96,538,680	89,666,183	39.96	30.86

※ 2013 年の計は、1～6 月上半期小計における前年度との割合で加算して試算した推測値を示す。

スラバヤ市水道公社は無収水量削減率を 33%から 23%、約 10%の無収水量を削減する目標がある。

2012 年の無収水量率 39.96%に対して、2013 年の推測無収水量率は 30.86%で改善の兆しが見られる。

(2) 第2回調査内容

ー浄水処理過程ー

- ・ **Karang Pilang 浄水場における沈殿池排泥設備について処理過程の確認。**

第1回調査により、karang Pilang 浄水場の系統Ⅱ、系統Ⅲについては排泥弁が手動であるため常時弁が開いて排泥を行っており、濃度の薄い排泥を送り続けることとなり、浄水場内の使用水量を大きくロスするため沈殿池排泥の改善による省エネルギー可能事項として挙げた。今回、現地調査及びスラバヤ市水道公社へのヒアリングにより可能性の検証を行った。

Karang Pilang 浄水場における沈殿池の排泥及び、ろ過池の逆洗浄排水は場内に設置されている排水溝へ排出され、河川取水口附近で河川水により希釈後、沈殿池へ返送されるクローズドシステムが採用されており、河川へ直接排水せずに排水の再利用（循環システム）を図っていることから、浄水場内の使用水量を大きくロスすることはない。

なお、Ngagel 浄水場の場合は沈殿池の排泥設備がなく、ろ過池の逆洗浄排水は施設が古いことから直接河川へ排水しているが、排水処理設備を新設する計画があり改善される予定である。

Ngagel 浄水場、Karang Pilang 浄水場共に、処理施設を維持管理により使用しており現状課題となる事項はない。

将来、Ngagel 浄水場の系統Ⅰ、系統Ⅱ、系統Ⅲからの送配水を新設中継配水ポンプ場へ集約給水する計画がある。

- ・ **ポンプ設備**

Ngage 浄水場、Karang Pilang 浄水場における各ポンプ設備の管理は、定期的な維持管理により部品の取替え等による対症療法を行っている。現状設備を管理しながら使用しているため、ポンプ設備の更新は行われていない。

なお、ポンプの運転は、需要量に対して各ポンプ性能及び仕様を考慮して運転しているが、Ngagel 浄水場の系統Ⅰのポンプは老朽化が著しく、必要水量を送配水することができないため、Karang Pilang 浄水場系統のループ管を活用した浄水場間の連携強化による対応が図られている。

Ngagel 浄水場系統Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの送配水ポンプは1923年から1968年にかけて設備されている。特に系統Ⅰは1923年と経年劣化が著しくポンプ台数も20台と他の系統に比べて台数が非常に多くまた、1m³当りの電力使用量も0.31kWhと他系統と比較しても25%程度電力使用量が高く改善の余地が有る。

- ・ **受配電設備**

第1回調査と同様に、現状課題となる事項はない。

ー送配水システムー

- ・ **施設経年状況**

1990 年代スラバヤ市西部地域の開発事業（工業団地、居住など）に伴う上水の拡張の必要性から、Karang Pilang 浄水場、プタット・グデポンプステーション、ウォノチョロポンプステーション、ESRM 配水池（既存）の 3 基幹中継配水場を中心とした給水体制が確立した。一方、Ngagel 浄水場は 1923 年～1968 年代に建設され、旧市街地を中心とした給水を行っており、付帯する送配水施設の経過年数は 90 年～45 年である。

- ・ **老朽化施設に対する対応**

浄水場、中継配水場、ポンプ施設については定期的に維持管理しており現状課題はない。

管路については、漏水箇所の早期発見、補修及び取替えにより対応している。なお、Ngagel 浄水場系統 I の管路は経年からの老朽化が進んでおり、更新計画を策定中である。

配水ブロック流量計については、通常の維持管理において部品の取替え、管路の修繕、流量計本体の不備についてはメーカーの責任において取替えを実施している。

- ― **漏水対策** ―

- ・ **漏水対策**

2013 年初旬までは、市内を東西に分けた工事事務所により管路などの維持管理及び漏水調査、保全・補修を行っていたが、現在は東西工事事務所を統合して 50 名体制で施設の維持管理にあたっている。

漏水管理については、各配水ブロックの流量計、水圧計測、計画的な漏水調査を進めているが、ブロック情報（流量、水圧）、漏水原因等の分析システムが確立されていない。

- ・ **配水ブロック管理**

スラバヤ市においては、漏水防止の重要性を認識しており、市内を 5 大ブロックの配水エリアに区分、5 大ブロックを 149 の中ブロック、更にブロックの細分化等改善に向けた整備計画を策定中であり対応を図ることとしている。

- ・ **配水状況**

省エネルギーの観点から配水状況を見た場合、配水ポンプの台数制御による一定配水であり、受水槽給水とはいえ、使用量の変動による余剰水圧状況が把握されておらず、水圧対応による電力使用量削減の余地があると思われる。

4. 調査結果

4.1 省エネルギー対策

4.1.1 浄水処理過程

第 1 回調査及び第 2 回調査結果から、スラバヤ市水道公社においては、定期的な維持管理により施設の維持、運転管理が行われている。

なお、Ngagel 浄水場系統Ⅰ及びⅡの処理施設は経年による処理能力低下が懸念され、2012 年における消費電力は他の浄水系統や Karang Pilang 浄水場に比べて多く消費されている。

また、Ngagel 浄水場系統Ⅰ及びⅡの送配水ポンプは老朽化により定格の流量を送ることができないことが判明した。系統Ⅰはポンプ台数が非常に多い。

表 4.1(1) 浄水場別処理能力とポンプ容量及び台数

浄水場		処理能力 (ℓ/s)	全ポンプ容量 (ℓ/s)	ポンプ台数
Ngagel	Ⅰ	1,800	3,425	20
	Ⅱ	1,000	1,583	6
	Ⅲ	1,750	2,500	10
Karang Pilang	Ⅰ	1,450	3,640	6
	Ⅱ	2,500	3,750	9
	Ⅲ	2,000	2,800	4

浄水処理過程の調査において検討を要した設備を示す。

エアレーション設備	
現状	DO 確保の設備としているが必要性が不明。
対策	エアレーションの設置目的は、鉄・マンガンの除去や遊離炭素の除去なども考えられるので水質状況が不明な現段階では一概に不要とは言えない。 エアレーション設備が不要となれば取水ポンプの揚程変更による省力化が可能となる。

ポンプ設備	
現状	取水ポンプ及び送配水ポンプは 24 時間一定の直接給水を前提としていることから、流量調整は行っていない。Ngagel 浄水場系統Ⅰは 1923 年、系統Ⅱは 1956 年に設置されている経年施設でありポンプ効率の低下が顕著である。
対策	・ Ngagel 浄水場系統Ⅰのポンプ台数が非常に多く、台数を適正化することで省力化が可能となる。 ・ Ngage 浄水場系統Ⅰ及び系統Ⅱのポンプ設備の高効率化を図ることにより省力化が可能となる。 なお、現段階ではポンプの詳細な運転状況を精査できていないことと、一定送水の観点からインバーター化は見送る。

受配電設備	
現状	自動力率調整器（APFC）の設置による力率改善が実施されている。
対策	単線結線図では、浄水場内において昇圧している変圧器は確認されなかったことと併せて、力率改善も行われていることから電気設備の省力化は見送る。

ろ過設備	
現状	ろ過洗浄周期は 24 時間に 1 回行っているが、Ngagel 浄水場系統Ⅲは 12 時間に 1 回行っている。
対策	日本では、60 時間に 1 回が一般的であることから、洗浄回数が多く改善の余地はある。

沈殿池の排泥	
現状	Karang Pilang 浄水場の沈殿池排泥弁は常時寸開または 15 分毎に開閉を行っている川へ放流している。
対策	排泥に関らず常時無効放流されていれば、ポンプ稼動などによる無駄な電力消費に繋がることを憂慮したが、2 次調査のヒアリングにおいて着水井に返送していることが確認されたので省力化から除外する。

4.1.2 送配水システム

浄水場から直接ポンプ昇圧して配水するケースと 9 箇所の中継ポンプ所を経由して配水するケース、または配水池から配水する 3 ケースの配水方式である。各家庭には受水槽および高架タンクが備え付けられ、24 時間一定の配水が行われている。

ポンプ圧送は、給水量の変化に応じて台数制御、吐出弁の開閉及び一部施設のインバーター化により対応しているが、給水量の変化に十分対応ができていない面があり、水压調整改善の余地がある。

よって、給水量の変化に対応する送水システム導入による省力化を図る。（配水ポンプのインバーター化など。）

配水場ポンプ設備

配水場	箇所	ポンプ台数（台）	推定使用電力量（kw / 年）
直送方式	9	32	21,444,480
高架タンク	1	—	—

※推定使用電力量はポンプ定格電力量を 50%効率として年間の使用量を推定した。

4.2 漏水対策（基礎資料策定）

4.2.1 送配水システム

24 時間一定の配水が行われているため、24 時間同様の水圧で配水を行っていることから使用水量が減少する深夜など余剰水圧がかかっていることが推測できる。

4.2.2 漏水状況

第 1 回調査及び第 2 回調査結果から、スラバヤ市水道公社においては、配水ブロック化が実施または計画されており、配水ブロック流量計及び圧力計により漏水の管理・把握が行われている。管理にあたっては 50 名体制で行われているものの、漏水調査に熟練した職員が不足している。

漏水調査に関する技術的支援を行うことで、調査職員の養成など漏水の早期発見に寄与できる可能性がある。

なお、Ngagel 浄水場系統 I の管路は漏水の可能性が高いことから、配水ブロックを細分化して漏水箇所を把握、補修する計画があり、老朽管路の更新計画を策定中との情報を得た。

2013 年 6 月期までの損失水量比率（漏水比率）は約 32% で、スラバヤ市水道公社の漏水率削減目標値 23% とし、省エネルギーを図る施策を計画している。

なお、配水ブロックは実施または計画されており配水ブロック化による省エネルギーを図れる事項は見当たらないものの、漏水率削減に対する配水ブロックの在り方について今後検証してゆく必要がある。

なお、配水ブロック流量計形式の内ウォルトマンメーターが多く使用されており、電磁流量計に取り替えることでより正確な流量を計測管理できる可能性がある。また、電磁流量計の内臓電池の寿命が短いことが判明、長寿命電池内臓（日本製品の場合 8 年～9 年）の電磁流量計に取り替えるなどの改善も考えられる。

無収水量の現状と目標値

区分		現状	目標
漏水	漏水量	52,757,556m ³	38,102,679m ³
	漏水率	18%	13%
事業損失	損失量	29,309,753m ³	20,516,827m ³
	損失率	10%	7%
盗水	盗水量	14,715,088m ³	8,792,927m ³
	盗水率	5%	3%
計	水量	96,782,397m ³	67,412,433m ³
	無収水率	33%	23%

※ 各項目の目標値は現状数値を目標数値率で試算。

漏水対策は、流量管理を踏まえた効率的な漏水調査による漏水量削減に取り組んでおり、配水管網のブロック化などハード整備を既に進めているが、流量管理によるデータ分析などの漏水防止対策のシステム管理向上に向けた技術的アドバイスの要請がある。流量管理データの分析及び漏水防止技術など、人材育成が主であることから別のスキームの適用となるため、今回の調査対象から除外する。

4.3 Co2 の削減効果

4.3.1 Ngagel 浄水場系統Ⅰ及び系統Ⅱのポンプ設備の高効率化

(1) Ngagel 浄水場系統Ⅰのポンプ台数適正化

表 4.3(1) 系統Ⅰの送配水ポンプ仕様

ポンプ系統		ポンプ仕様	稼働状況	備考
南側	No1	250ℓ/s×160kw×40m×1 台	停止	
	No2	250ℓ/s×160kw×40m×1 台	稼働	
	No3	250ℓ/s×160kw×40m×1 台	稼働	
中央	No1	350ℓ/s×200kw×45m×1 台	稼働	
	No2	250ℓ/s×160kw×50m×1 台	稼働	
	No3	250ℓ/s×160kw×50m×1 台	稼働	
	No4	350ℓ/s×200kw×45m×1 台	稼働	
	No5	250ℓ/s×55kw×50m×1 台	稼働	
	No6	75ℓ/s×55kw×50m×1 台	停止	
北側	No1	300－350ℓ/s×20kw×45－50m×1 台	稼働	
	No2	375ℓ/s×160kw×30m×1 台	稼働	
	No3	375ℓ/s×315kw×50m×1 台	停止	
	No4	250ℓ/s×200kw×40m×1 台	停止	
	No5	250ℓ/s×160kw×40m×1 台	稼働	
	No6	250ℓ/s×200kw×40m×1 台	稼働	
南東	No1	150－350ℓ/s×55kw×53m×1 台	稼働	
	No2	150－350ℓ/s×55kw×53m×1 台	稼働	
	No3	150－350ℓ/s×55kw×53m×1 台	停止	
転送	No1	ℓ/s×55kw× m×1 台	稼働	
	No2	ℓ/s×55kw× m×1 台	稼働	
	No3	ℓ/s×55kw× m×1 台	稼働	

Ngagel 浄水場系統 I の浄水処理能力と最大供給量（2013 年 9 月現在）

- ・浄水処理能力 1,800ℓ/sec
- ・最大供給量 1,420.8ℓ/sec（3 月期）

稼動しているポンプ（転送ポンプを除く）の定格容量は 3,425ℓ/s となり、浄水場処理能力 1,800ℓ/s の約 2 倍近くとなっている。供給先の系統を調査、整理する必要があるが、ポンプを集約した場合以下のポンプ仕様となる。

浄水処理能力 1,800ℓ/s に対してポンプ 7 台（内 1 台は予備）とし、ポンプ揚程は現状ポンプ揚程最大である 50m とする。

ポンプ容量 $1,800\ell/s \div 6 \text{ 台} = 300\ell/s (18.0\text{m}^3/\text{min})$

∴ $300\ell/s \times 250\text{kw} \times 50\text{m} \times 7 \text{ 台 (内 1 台予備)}$ となる。

Co2 削減量の算定

現状稼動ポンプの動力 1,925kw

ポンプ集約による動力 1,500kw

削減できる動力 $1,925\text{kw} - 1,500\text{kw} = 425\text{kw}$

ポンプ動力年間削減量 $425\text{kw} \times 24\text{hr} \times 365 \text{ 日} = 3,723,000\text{kw/year}$

Co2 削減量 $3,723,000\text{kw} \times 0.70/1,000 = 2,606\text{ton/year}$

（二酸化炭素排出係数 0.70kg-Co2/kw）

(2) Ngagel 浄水場系統 I 及び系統 II ポンプ設備高効率化

ポンプメーカーの実績例からポンプ設備の高効率化により 10%～30%の電力量を削減することが可能と言える。

今後詳細調査及び検討により、高効率ポンプの選定など詳細な電力量削減値が決定されるため、20%削減として試算する。

ポンプ設備		現状 (A)		高効率化後 (A) × 20%
		台数	消費電力 (kw)	削減消費電力 (kw)
Ngagel	系統 I	7	1,500	300
	系統 II	6	595.5	119.1
計		26	2,520.5	419.1

※ 系統 I の現状値は、ポンプ台数適正化後を示す。

Co2 削減量の算定

削減できる動力 419.1kw

ポンプ動力年間削減量 $419.1\text{kw} \times 24\text{hr} \times 365 \text{ 日} = 3,671,316\text{kw/year}$

Co2 削減量 $3,671,316\text{kw} \times 0.70/1,000 = 2,569\text{ton/year}$

4.3.2 送配水システムの構築（配水ポンプ吐出圧力制御システム）

中継配水場 12 箇所の内、ポンプ圧送配水場 9 箇所の配水ポンプ吐出圧力に対応するシステム構築による消費電力削減について、フィールドによる実証調査を行う。配水ポンプの吐出圧力制御による余剰水圧が解消できれば、漏水量削減効果も得る。

今後の実証調査により消費電力削減値が算出されるものの、現状の配水ポンプ吐出圧力を 0.3Mpa とした場合、吐出圧力が 0.05Mpa、0.10Mpa 低減した場合の試算結果を示す。

(1) 推定電力量の削減

吐出圧力が 0.01Mpa 低下することにより 2% の電力量が削減されるものと推定する。

（エバラ時報 No. 225 (2009_10) 上水道向けポンプ設備の省エネルギー技術参考）

推定電力量：21,444,480kw/年（配水ポンプ定格電力量を 50% 効率として試算）

ポンプ吐出圧力：0.3Mpa

① ポンプ吐出圧力制御値：0.05Mpa の場合

制御後のポンプ吐出圧力：0.3－0.05＝0.25Mpa

電力削減量：21,444,480 × (0.05 × 2%) ＝ 2,144,448kw/year

Co2 削減量：2,144,448 × 0.70/1,000＝1,501ton/year

② ポンプ吐出圧力制御値：0.10Mpa の場合

制御後のポンプ吐出圧力：0.3－0.10＝0.20Mpa

電力削減量：21,444,480 × (0.10 × 2%) ＝ 4,288,896kw/year

Co2 削減量：4,288,896 × 0.70/1,000＝3,002ton/year

(2) 推定漏水量の削減

現状の漏水量 52,757,556m³ における、配水ポンプ吐出圧力制御による漏水量削減値を算出する。

① ポンプ吐出圧力制御値：0.05Mpa の場合

制御後のポンプ吐出圧力：0.3－0.05＝0.25Mpa

【使用公式】

$$\text{制御後漏水量} = \text{無制御時漏水量} \times \left[\frac{\text{制御後水圧}}{\text{無制御水圧}} \right]^{1.15}$$

※ 漏水防止指針（日本水道協会） 水圧換算公式

$$= 52,757,556 \times (0.25 \div 0.30)^{1.15} = 42,778,567\text{m}^3$$

漏水削減量＝52,757,556－42,778,567＝9,978,989m³

Co2 削減量：9,978,989 × 0.36/1,000＝3,592ton/year

② ポンプ吐出圧力制御値：0.10Mpa の場合

制御後のポンプ吐出圧力： $0.3 - 0.10 = 0.20\text{Mpa}$

制御後漏水量 $= 52,757,556 \times (0.20 \div 0.30)^{1.15} = 33,096,321\text{m}^3$

漏水削減量 $= 52,757,556 - 33,096,321 = 19,661,235\text{m}^3$

Co2 削減量： $19,661,235 \times 0.36 / 1,000 = \mathbf{7,078\text{ton/year}}$

4.4 Co2 の削減結果

Co2 削減項目		Co2 削減量
Ngagel 浄水場系統 I、II ポンプ設備の高効率化		5,175 ton / year
配水ポンプ吐出圧力 制御システム	電力量の低減 (0.10Mpa 低減)	3,002 ton / year
	漏水量の低減 (0.10Mpa 低減)	7,078 ton / year
計		15,255 ton / year

※ 配水ポンプ吐出圧力制御システムにおける Co2 削減量は圧力を 0.10Mpa 削減した場合の推定値であり、詳細調査・検討によって値は異なる。

4.5 全体事業費

(1) Ngagel 浄水場系統 I、II ポンプ設備高効率化

調査・設計費	50 百万円
工事費	1,500 百万円
計	1,550 百万円

(2) 配水ポンプ吐出圧制御システム構築

調査・設計費	50 百万円
工事費	700 百万円
計	750 百万円

∴ 全体事業費 $= 1,550 + 750 = \mathbf{2,300 \text{ 百万円 (推測値)}}$

4.6 費用対効果（推測値）

Co2 削減事業	(A)事業費 (百万円)	(B)Co2 削減量 (ton/year)	費用対効果 (A)/(B) 百万円/ton
Ngagel 浄水場系統Ⅰ、Ⅱ ポンプ設備の高効率化	1,550	5,175	0.30
配水ポンプ吐出圧力 制御システム	750	10,080	0.07
全体事業	2,300	15,255	0.15

※ 日本国におけるポンプ設備の法定耐用年数：15 年

5. 事業に向けた検討

5-1. Ngagel 浄水場系統Ⅰ、Ⅱポンプ設備の高効率化

(1) 系統Ⅰポンプ台数適正化

① ポンプ台数の適正化に対する詳細調査

- ・ 現状送配水系統の確認

配水系統別流量、管路、電気系統、運転管理状況などの調査実施。

② 送配水系統の集約化基本計画

ポンプ仕様、ポンプ設備配置、配管計画、電気設備などの計画。

③ 工事費の算定

ポンプ設備適正化に関する機械・電気設備、管路整備、ポンプ室など建築関連の工事費を算定する。

(2) 系統Ⅰ、Ⅱのポンプ設備高効率化

① 現状の運転状況の詳細調査

配水系統別流量、管路、電気系統、運転管理状況などの調査を実施する。なお、系統Ⅰはポンプ台数の適正化詳細調査結果を適用する。

② 高効率化に向けた基本計画

- ・ 適切なポンプ吐出量及び揚程の検討
- ・ 経済的なポンプ制御系の構築
- ・ 効率的な水運用
- ・ 省エネ型機器の導入
- ・ ポンプ設備配置など計画
- ・ 配管計画

なお、系統Ⅰはポンプ台数の適正化検討結果を含めて検討する。

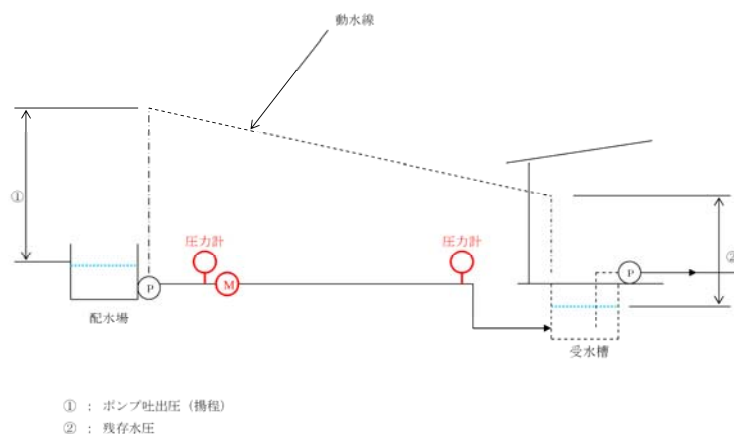
③ 工事費の算定

ポンプ設備高効率化に関する機械・電気設備、管路整備、ポンプ室など建築関連の工事費を算定する。なお、系統Ⅰはポンプ台数の適正化に関する工事費を含めて算定する。

5-2. 送配水システムの構築（配水ポンプ吐出圧力制御システム）

(1) フィールド実証調査

9箇所配水ポンプ場の内、2箇所程度のフィールドによる実証調査を実施する。



配水ポンプ場ポンプ吐出側及び配水管路末端附近にそれぞれ、圧力計及び電磁流量計（バッテリー式）を設置して、一日における配水量と圧力を計測する。計測は、期間を定めデータの整理・分析を行い、残存水圧の状況を確認する。

(2) 基本設計

- 適切なポンプ吐出量及び揚程の検討
- 経済的なポンプ制御系の構築
- 省エネ型機器の導入
- ポンプ仕様の決定
- フィールド調査以外の配水ポンプ場への適応

(3) 工事費の算定

送配水システムに関する機械・電気設備、管路整備、ポンプ室など建築関連の工事費を算定する。

5-3. スケジュール

Co2 削減事業	H26 年度	H27 年度	H28 年度以降
Ngagel 浄水場 系統 I、II ポンプ設備 高効率化	ポンプ運転状況 等詳細調査	基本計画	設計及び工事
配水ポンプ吐出圧 制御システム構築	フィールド 実証調査	基本計画	設計及び工事

5-4. 事業化に向けた課題・要望と解決策

(1) 課題・要望

「Ngagel 浄水場系統 I、II における送配水ポンプ設備の高効率化」並びに「配水ポンプ吐出圧制御システムの構築」における事業化に際して、現地における詳細調査及び実証調査が不可欠である。

詳細調査結果によって、事業効果（Co2 削減）が具体化されるため、現時点において事業効果は推測の域を出ないため、今後詳細調査の継続を要望する。また、スラバヤ市水道公社（PDAM）における、施設管理、漏水対策など上水道事業に対する前向きな熱意・誠意を感じとることができたが、Co2 削減に向けた当該案件に対する理解は必ずしも共有できなかった。

(2) 解決策

今後の詳細調査など、スラバヤ水道公社へ案件に対する理解を深めて行き、事業化に対する双方共有の認識と協力を得ることが重要である。

5-5. 今後の調査により省エネルギー効果があると想定される対策について

(1) 漏水対策（詳細対策）

今回、漏水対策（基礎資料策定）における調査結果から、スラバヤ市水道公社（PDAM）は無収水量削減の取り組み（配水管網のブロック化や漏水調査など）を既に行っている。

送配水システムの構築が実現すれば、より漏水率を提言できるものと推測する。

なお、流量管理データの分析及び漏水防止技術など、人材育成を主とした対応が望まれる。

(2) 節水システム対策

スラバヤ市では、一般家庭に受水槽や高架タンクが設置されており、配水場から直接給水されるシステムを採用していないことから、節水コマなどの節水器具導入による省エネルギー効果は低いと判断できる。

B. SIER 工業団地

1. 対象国・対象都市の諸制度・事業環境

スラバヤ市は、首都ジャカルタに次ぐ人口約 300 万人の第二の都市で、市総面積の約 8.5%を工業地区が占め、市内南部にインドネシア最大の工業団地を有している。製造業と商業・ホテル外食産業に支えられ東部インドネシアの成長の中心となっているが、急速な都市化と工業化に伴う環境汚染の防止を大きな課題として抱えている。市民の衛生状態の改善や貧困層の安全な水へのアクセス、下水処理施設整備が急務であり、中長期的な水需要の拡大に備えた排水リサイクル技術にも関心が集まっている。

SIER 工業団地では水道水を工業用水として使っている。食品生産工場等の良質な水を必要としている工場では各工場ですらに高度処理をしている。雑用などに使う水は水道水をそのまま使っている。従業員の飲料用としてはパッケージ水を使っている。

工場内で水道水を再度浄化して使用しているところは20%（60社）くらいある。これは主に食品関連工場であり、高度浄化のニーズがある。さらに、施設の老朽化や運転方法の改善点なども見受けられる。

このような背景から、今回スラバヤ市の協力を得て、スラバヤ市の関係機関を訪問し、CO2 削減の可能性について調査を実施した。

2. 調査対象事業

SIER 工業団地は 1974 年に、政府系工業団地として設立された。現在は SIER 工業団地に 300 社余りが入居し、日系企業も 50 社余りが入居している。今回は、この SIER 工業団地廃水処理施設の主要機器の設備更新や運転方法などを改善する。

SIER 工業団地廃水処理施設は、1980 年にドイツ政府の支援によって建設されて、すでに 33 年が経過している。廃水処理施設は、この間に特に重大な問題もなく稼働している。ほとんどの企業は工場排水と生活排水を中間処理せずに直接に廃水処理施設へ排水している。数社の企業は工場排水を自社で中間処理したのちに、生活排水を含めて廃水処理施設へ排水している。

廃水処理施設の公称処理能力は 18,000 m³/日であるが、実質処理能力は 15,000 m³/日である。現状の流入量は処理能力の半分以下の 4,000~6,000 (m³/日) 程度であり、未だに十分な余力がある。しかし、SIER 工業団地には新たな入居スペースがなく、今後の流入量の増加は見込めない。

処理水質は、スラバヤ市の BLH により定期的にチェックを受けており、その検査結果は全ての項目において基準値を満足している。

廃水処理施設の処理方式はOD法 (Oxidation Ditch 法) であり、無終端水路を反応タンクとするもので、日本でも小規模処理施設では採用事例が多い。OD法は、維持管理が容易で土木施設が簡易であるが、用地面積は広くとる必要がある。SIER 工業団地

の無終端水路は、簡易な石積みで施工されている。



写真 4.1 (11) SIER 工業団地の廃水処理施設

3.調査方法

調査に当っては、SIER 工業団地の省エネルギー・CO2 削減対策として、より有効な内容を選定して実施した。有効な項目としては、次の二項目である。

- 汚水処理過程調査

汚水処理過程における再生エネルギー可能施設及び設備を把握するため、既存資料収集、現地処理状況を確認する。

- 汚水処理システム調査

汚水処理システムに関する既存資料及び将来計画等の資料収集、現地状況を確認する。

調査により次の事項が判明した。

- 無終端水路は 4 系列が設置されていて、1 系列には 4 基のエアレーション装置が設置されている。エアレーション装置は横軸式ローターであり、この装置の消費電力が突出して大きい。
- エアレーション装置は 4 基の内の 1 基を常時において稼働させないで休止し、省エネルギー化を図っている。
- 汚泥は、650 k m離れたボゴールまでトラックで運搬して、国営の最終処分場で最終処分を行なっている。
- 汚泥乾燥床は、当初計画よりも縮小して設置されている。

SIER 工業団地の廃水処理施設の全体平面図を図 4.1 (11) に示す。

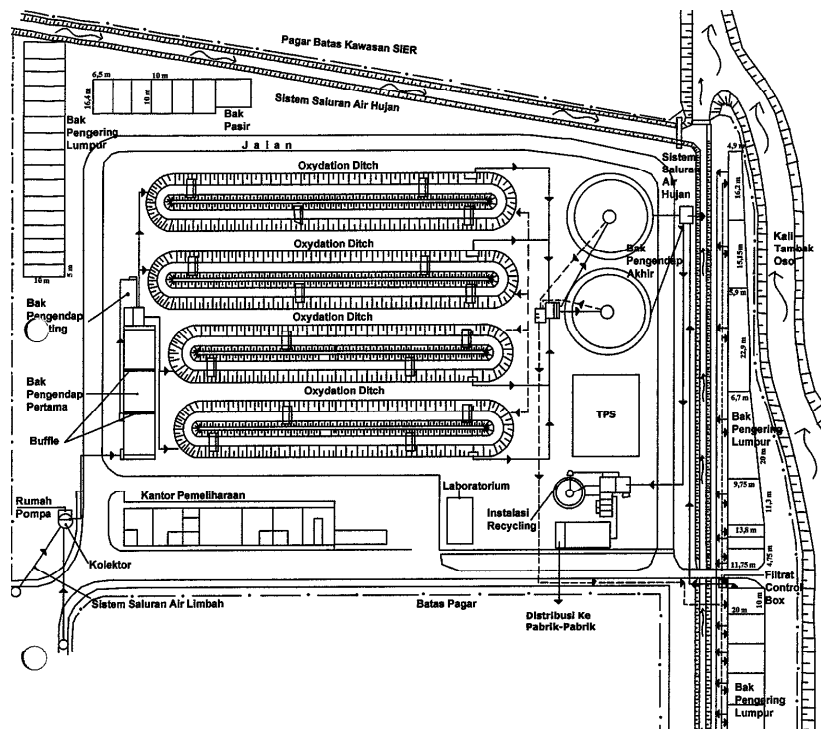


図 4.1 (11) 廃水処理施設の全体平面図

SIER 工業団地の廃水処理施設の処理フロー図を次に示す。

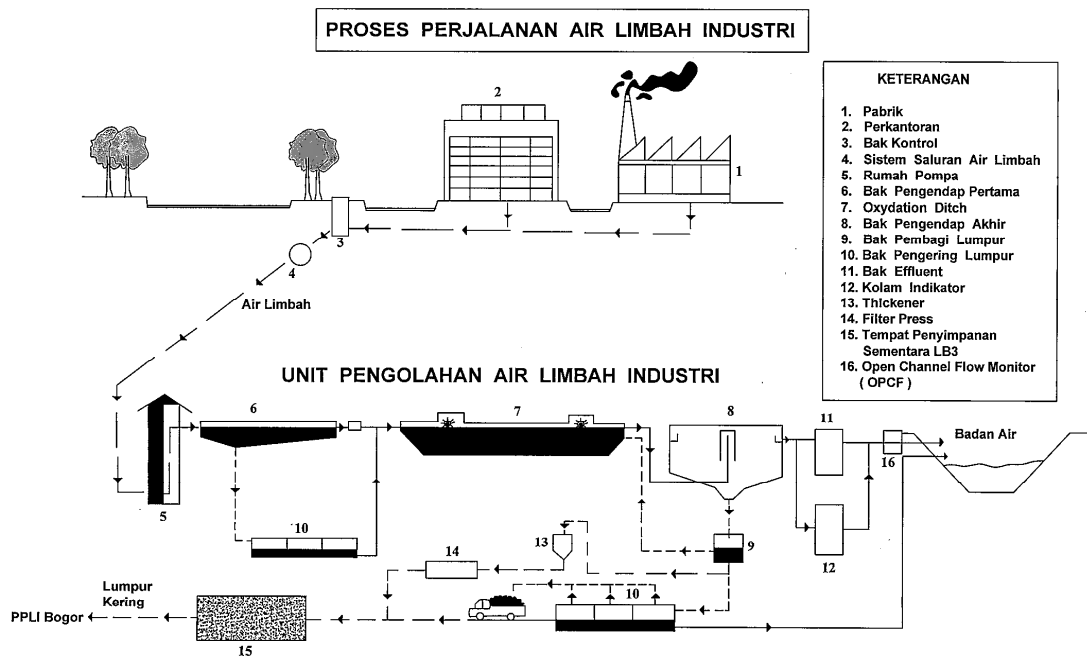


図 4.1 (12) 廃水処理施設の処理フロー図

無終端水路は4系列が設置されていて、1系列には4基のエアレーション装置が設置されている。エアレーション装置は横軸式ローターであり、この装置の消費電力が突出して大きい。



写真 4.1 (12) 廃水処理施設の
エアレーション装置



写真 4.1 (13) 廃水処理施設の沈殿池

汚泥は、直線距離で 650 km 離れたボゴールまでトラックで運搬して、国営の最終処分場で最終処分を行なっている。



地図の出典：Google

図 4.1 (13) 汚泥運搬図

4.調査結果

4.1 電力使用量

表 4.2 (11) は受領資料であり、SIER 工業団地の廃水処理施設での 2013 年 1 月から 6 月までの月当たり電力使用量である。受領資料から日当り電力使用量を算定すると、平均で 3,093kwh/日となる。

表 4.2 (11) 廃水処理施設での月当たり電力使用量

処理場の設備の電力使用実績（2013年）

月	月当たり電力使用量(Kwh)			日数 (日)	日当り 電力使用量 (Kwh/日)	備考
	300KVA	197KVA	合計			
1月	80,200	17,200	97,400	31	3,142	
2月	85,800	13,600	99,400	28	3,550	
3月	67,700	16,300	84,000	31	2,710	
4月	73,400	17,300	90,700	30	3,023	
5月	75,800	16,900	92,700	31	2,990	
6月	76,600	17,700	94,300	30	3,143	
7月						
計	459,500	99,000	558,500	181	18,559	
平均	76,583	16,500	93,083	30	3,093	

RUNGKUT BREBEK 合計

この日当り電力使用量 3,093kwh／日をもとに各設備の稼働率を推定すると下表のようになる。マンモスローターが全体の約 89%の電力を消費しているものと推定される。

表 4.2 (12) 廃水処理施設の各設備の稼働率推定

機 器	台数	KVA	KVA*台	kw	kwh	平均		平均		
						稼働率	kwh/時	kwh/日	kwh/月	kwh/年
オキシデーションディッチ槽 のマンモスローター16台	8	22	176	18	144	0.4	57.6	1,382.4	41,472.0	504,576.0
	8	22	176	18	144	0.4	57.6	1,382.4	41,472.0	504,576.0
pump station (rungkut)	3	11	33	8	24	0.15	3.6	86.4	2,592.0	31,536.0
screw pump	2	17	34	13	26	0.15	3.9	93.6	2,808.0	34,164.0
pump siugge	2	7.5	15	6	12	0.18	2.2	51.8	1,555.2	18,921.6
pump station (brebek)	2	11	22	8	16	0.15	2.4	57.6	1,728.0	21,024.0
office	1	10	10	8	8	0.20	1.6	38.4	1,152.0	14,016.0
合計	26		466		374		128.9	3,093	92,779	1,128,814
		資料値	資料値	推定値 推定値						
マンモスローターの推定稼働率:0.4							128.87	3,093	92,790	1,113,480
								資料値		

一日の平均使用電力量から平均稼働率を推定した

マンモスローターは横軸式ローター式でモーター容量は 18 k wであり、固定回転速度による常時連続運転を行っている。マンモスローター4 基の内の 1 基を常時において稼働させないで休止し、省エネルギー化を図っている。

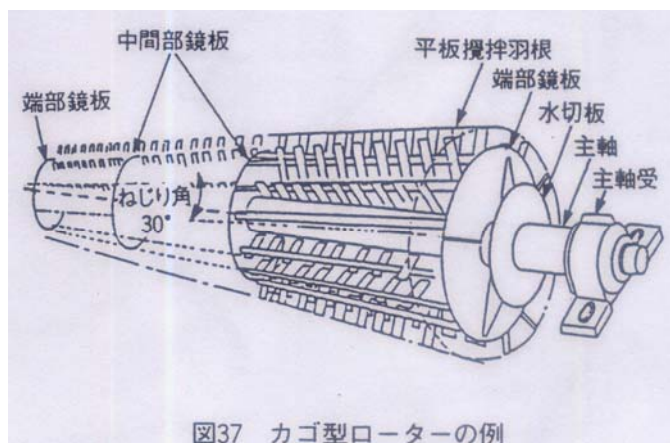


図 4.2 (14) マンモスローターの構造図
(用水と廃水 (1995), Vol. 37, No. 7, p. 37 より)

写真 4.2 (14) マンモスローター

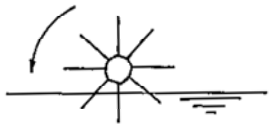
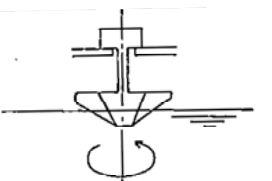
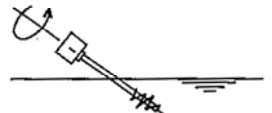
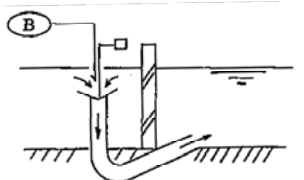
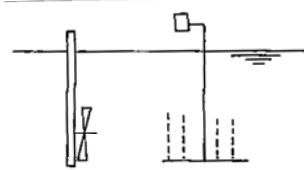
既設の横軸型マンモスローターの酸素供給効率は受領資料から $1.7(\text{kgO}_2/\text{軸 kw} \cdot \text{時})$ であるが、高効率のプロペラ型を新規導入すれば酸素供給効率は $2.7(\text{kgO}_2/\text{軸 kw} \cdot \text{時})$ となる。 $2.7/1.7=1.59$ であり、約 50% の効率アップとなる。 $1.7/2.7=0.63$ であり、既設と比較して 63% の運転で同様の酸素供給量が得られることになる。従って 37% の電力削減となるが、OD 槽内の流速確保や不確定要素を考慮して、15% の電力削減とする。

既設の横軸型マンモスローターの年間消費電力は、 $504,576 \times 2 = 1,009,152 \text{kw h/年}$ であり、高効率のプロペラ型を新規導入すれば $1,009,152 \text{kw h/年} \times 0.15 = 151,373 \div 151,000 \text{kw h/年}$ の電力削減となる。

CO₂ 削減量の計算を行う。

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ 削減量} &= \text{電力削減量} \times 1/1000 \times \text{CO}_2 \text{ 排出係数} \\ &= 151,000 \text{ kw h/年} \times 1/1000 \times 0.7 \\ &\div 106 \text{ Ton} \cdot \text{CO}_2/\text{年} \end{aligned}$$

表 4.2 (13) エアレーターの比較表

型 式	概 要		酸素 供給効率 (kgO ₂ / 軸kw・時)	設備費 (億円) 16台更新
	略 図	説 明		
横軸型		横型回転軸に羽を取付けたロータにより、水表面を攪拌しエアレーションを行なう表面曝気方式である。	1.7 (既設)	4.2
縦軸型		駆動部の回転動力をディッチの水面上において水浸されているインペラへ伝えエアレーションを行なう表面曝気方式である。	2.2	4.4
スクリー型		スクリーの回転による負圧を利用して空気を自給し、微細気泡として水中内に拡散する水中曝気方式である。	1.8	4.8
軸流ポンプ型		軸流インペラの攪拌と散気管からの空気吹込みを組み合わせたもので、気液の混合体を軸流ポンプにより下流側へ槽底から吹出す方式である。	2.6	5.3 (既設OD 槽改造を 含む)
プロペラ型		攪拌と混合は水中のプロペラで行い、酸素の供給は散気板により行う方式である。	2.7	5.0

4.2 汚泥の減量化

表表 4.2 (14) は、SIER 工業団地の廃水処理施設での 2012 年 7 月から 2013 年 3 月までの汚泥搬出量である。受領資料から月当り汚泥搬出量を算定すると、平均 120～160Ton/月となる。この汚泥の搬出先は 650 k m離れたボゴールであり、汚泥の減量化は直接省エネルギー・CO₂ 削減に結びつく事となる。

表 4.2 (14) 汚泥搬出量

月別		搬出量(Ton)	
7月		201.86	
8月		190.84	
9月		350.20	
10月		70.16	
11月			なし
12月		52.02	
1月		56.24	
2月		48.04	
3月		168.78	
合計		1138.14	
月平均	9ヶ月平均	126.46	
	8ヶ月平均	162.59	
年間	9ヶ月平均	1517.52	
	8ヶ月平均	1951.10	

汚泥の含水率はヒアリングによると 65%程度ということで、含水率を 5%低減し 60%の含水率にすると、汚泥量は 13%削減されることになる。

$$\text{含水率 65\%の汚泥} = \text{固形物 } 1 \text{ m}^3 + \text{水分 } 1.86 \text{ m}^3 = 2.86 \text{ m}^3$$

$$\text{汚泥 } 2.86 \text{ m}^3 \times \text{含水率 } 0.65 = \text{水分 } 1.86 \text{ m}^3$$

$$\text{含水率 60\%の汚泥} = \text{固形物 } 1 \text{ m}^3 + \text{水分 } 1.50 \text{ m}^3 = 2.50 \text{ m}^3$$

$$\text{汚泥 } 2.50 \text{ m}^3 \times \text{含水率 } 0.60 = \text{水分 } 1.50 \text{ m}^3$$

$$2.50 \text{ m}^3 / 2.86 \text{ m}^3 = 87\% \text{ (汚泥量が 13\%削減)}$$

汚泥量が 13%削減されれば、197Ton/年の削減となる。

$$1,518\text{Ton/年} \times 0.13 = 197\text{Ton/年}$$

SIER 工業団地の廃水処理施設での汚泥乾燥は、乾季は天日乾燥で雨季はフィルタプレス脱水機を使用している。天日乾燥での含水率は乾燥日数で支配される。含水率 65%のところを 60%に削減しようとする、スラッジ負荷が 40kg/m²の場合で所要日数を 25日から 32日に約 1.3 倍にすれば達成される。現在の SIER では、乾季の乾燥日数を約 20日～25日としており、天日乾燥床を 1.3 倍に増床すれば、含水率約 60%の汚泥が得られる。現在は天日乾燥床が 10 床あるが、これを 13 床とすれば良いことになる。

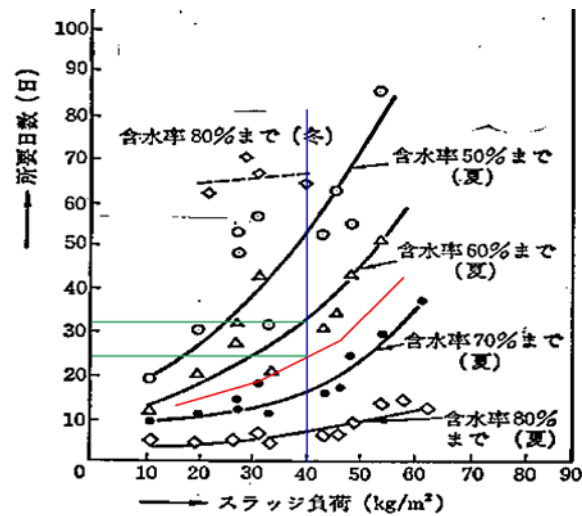


図 4.2 (15) スラッジ負荷と脱水所要日数との関係

SIER 工業団地の廃水処理施設の東側に水路があり、この水路のさらに東側には、当初から図 4.2 (16) の赤線部に天日乾燥床の設置計画が有り、この用地に当初計画の通りに天日乾燥床の増床を行なうことを推奨する。その場合の総工事費は土木・機械・電気を含めて約 19 百万円である。なお、この用地は現在でも空き地になっている。

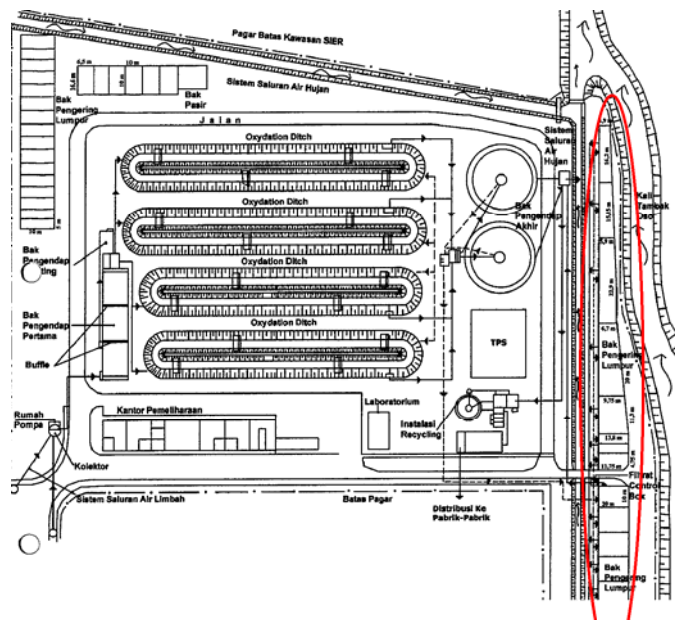


図 4.2 (16) 天日乾燥床の設置計画位置図

CO2 削減量の計算を行う。

$$\begin{aligned}\text{CO2 削減量} &= \text{輸送重量} \times \text{輸送距離} \times \text{燃料使用原単位} \times 1/1000 \times \text{CO2 排出係数} \\ &= 197\text{Ton} \text{ / 年} \times 800\text{km} \times 0.0410 \times 1/1000 \times 2.62\end{aligned}$$

$$\div 17 \text{ Ton} \cdot \text{CO2/年}$$

輸送重量 = 197Ton / 年 (汚泥の年間での削減量)

輸送距離 = 800km (スラバヤからボゴールまでの実走行距離) 片道のみ

燃料使用原単位 = 0.0410L / Ton · km

(使用燃料が軽油で積載率 80% の 10～12 Ton 積みトラック)

CO2 排出係数 = 2.62Ton · CO2 (軽油)

5. 事業化に向けた検討

マンモスローターの 16 台更新で約 106 Ton · CO2/年の CO2 削減対策となる。その時の設備費は約 5.0 億円となる。

また、汚泥の減量化による CO2 削減は約 17 Ton · CO2/年となり、その時の設備費は約 19 百万円となる。

両者とも CO2 削減の数値が低く、設備費が高額であり案件化の可能性は低い。設備の老朽化に伴う更新時に実施する可能性は十分有る。特に汚泥の減量化による CO2 削減は、設備費が比較的にかからずに約 17 Ton · CO2/年の CO2 削減が図られるので、実施する可能性は十分考えられる。

C. Keputih 汚泥処理場

1. 対象国・対象都市の諸制度・事業環境

面積 326km²、約300万人の人口を抱えるインドネシア共和国第二の都市スラバヤは、国内経済の主要都市でもあり、環境負荷も増加の一途をたどっている。2001 年には市内で廃棄物処理に係る「ゴミ戦争」が発生するなど、環境問題に関する市民の関心は高く、行政による対応が不十分な状況は解消されていない。かかる状況のなか、スラバヤ市は衛生環境を改善することを目標に、廃棄物衛生埋立て処分場の跡地に環境教育を意識した「市民緑地公園」を建設する計画を策定し、これに必要な予算案が2004年3月市議会にて承認された。一方、この公園内には1989年に建設されたKeputih 汚泥処理場が存在しているが、処理量は計画の4分の1程度にとどまっており、十分に稼働していない状況である。

また、同施設で処理された放流水の生物化学的酸素要求量 (BOD) 濃度は 200～250mg/L と施設の運転管理目標基準である 150mg/L を超えており、周辺地域の河川汚濁や住民への健康被害も懸念されている。さらに、施設の老朽化や運転方法の改善点なども見受けられる。

このような状況下、今回スラバヤ市の協力を得て、スラバヤ市の関係機関を訪問し、CO₂削減の可能性について調査を実施した。

2.調査対象事業

Keputih 汚泥処理場は、1980 年代後半に建設が進められた。しかし、市内のSIER工業団地で利用されている工業廃水処理施設の設計をそのまま活用して建設したため、当初は前処理施設の汚泥調整槽が無かったが、あとで追加で設置された。処理施設は、第1系列が1991年に運転を開始し、引き続き第2系列が1993年に建設され、全施設が完成した。

1997 年に、スラバヤ下水道衛生開発プログラム 2020 (SSDP) マスタープランが作成され、市街地の下水道 システムの導入、周辺地域の分散型処理システムの導入が計画された。あわせて、し尿（腐敗槽汚泥）についても、マス川の東岸側を対象とするKeputih汚泥処理場（既設）と、西岸側を対象とするBenowo汚泥処理場の整備が計画された。しかし、Keputih汚泥処理場しか建設されず、このBenowo汚泥処理場の計画は今日までも実施されていない。

この SSDP マスタープランなどにおいて、Keputih汚泥処理場の現状分析・評価が行われ、水処理施設への負荷を減らすために、前処理施設の能力増強及び発生汚泥処理能力アップから成る改善計画の提案が行われた。Cipta Karyaは、1998 年にこの提案に基づき2002 年までに前処理施設として汚泥分離槽と汚泥搬出クレーン、汚泥処理施設として汚泥乾燥地等の建設を行った。

Keputih 汚泥処理場の公称処理能力は400m³/日であるが、実際の搬入量はその1/4～1/5程度の80～100m³/日である。



写真 4.1 (21) Keputih 汚泥処理場

3.調査方法

調査に当っては、Keputih 汚泥処理場の省エネルギー・CO₂ 削減対策として、より有効な内容を選定して実施した。Keputih 汚泥処理場は 1989 年に第 1 期建設工事に着手し、

現状では設備の腐食や老朽度が顕在化している。この Keputih 汚泥処理場の主要機器の設備更新や運転方法などを改善する。有効な項目としては、次の二項である。

○ 設備調査

汚泥処理システムに関する既存資料及び将来計画等の資料収集、現地状況を確認する。

○ システム調査

汚泥処理システムに関する既存資料及び将来計画等の資料収集、現地状況を確認する。

調査により次の事項が判明した。

○ 無終端水路の OD 槽は 4 系列が設置されていて、1 系列には 2 基のエアレーション装置が設置されている。エアレーション装置は横軸式ローターであり、この装置の消費電力が全体の中で突出して大きい。

○ 無終端水路の OD 槽は 4 系列の内の 1 ～ 2 系列基を常時において稼働させないで休止し、省エネルギー化を図っている。

○ 汚泥は、スラバヤ市内で緑地利用を行なっている。

○ 汚泥乾燥床は、雨季には乾燥日数を 1.5 倍に増加させて対応している。

○ 処理水は、希釈水として OD 槽に全量を返送しているが、茶色の色が付いている。

○ 汚泥処理場の全域で臭気はそれほど強くない。

Keputih 汚泥処理場の全体平面図を、図 4.1 (21) に示す。

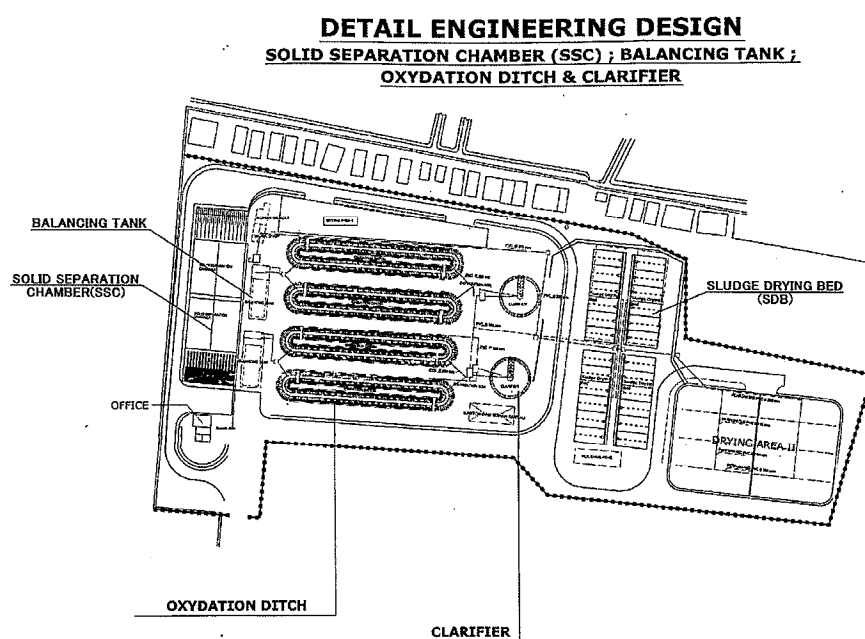


図 4.1 (21) 汚泥処理場の全体平面図

Keputih 汚泥処理場の排水処理施設の処理フロー図を、図 4.1 (22) に示す。

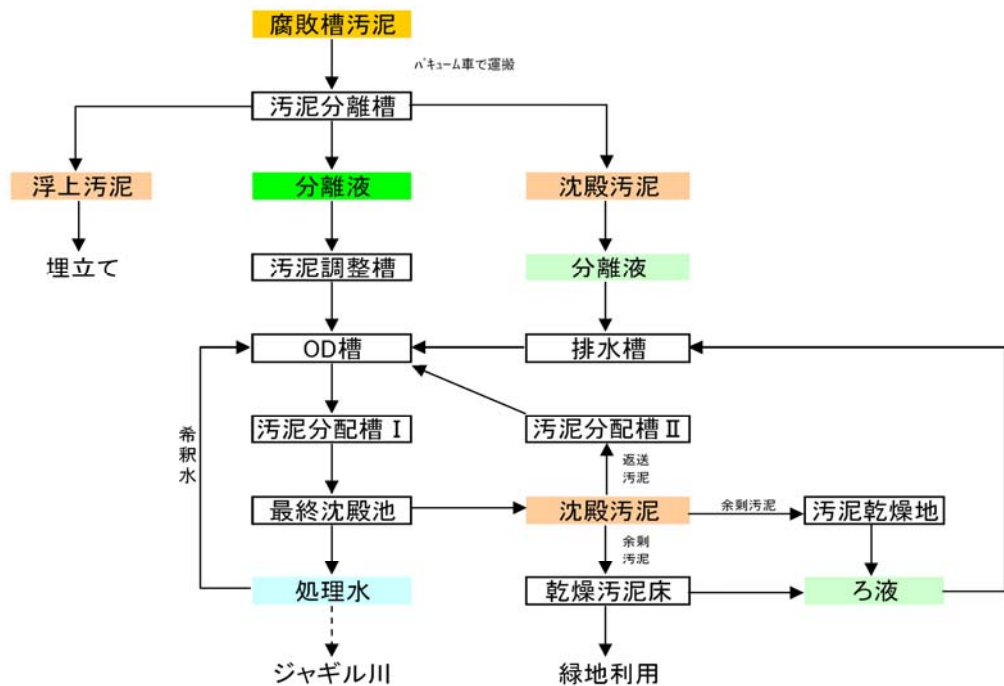


図 4.1 (22) 汚泥処理場の処理フロー図

4.調査結果

Keputih 汚泥処理場の 2012 年の使用電力量のデータは表 4.2 (21) の通りである。この中で、11 月の使用電力量が突出して少ないので、11 月のデータは除外する。すると、日当たり平均使用電力量は約 931KWH となる。

表 4.2 (21) 汚泥処理場の使用電力量

	BULAN	LISTRIK		KWH 当り 単価 (Rp/KWH)	費用を正とした補正值	
		KUNTITAS (KWH)	BIAYA (Rp)		KWH 当り単価 (Rp/KWH) 11月を除外	KUNTITAS (KWH) 補正後
1月	JANUARI	30,200	9,670,000	320.2	320.2	30,200
2月	FEBRUARI	22,400	7,167,600	320.0	320.0	22,400
3月	MARET	24,500	7,852,400	320.5	320.5	24,500
4月	APRIL	22,900	7,330,800	320.1	320.1	22,900
5月	MEI	21,300	6,822,000	320.3	320.3	21,300
6月	JUNI	24,100	7,714,800	320.1	320.1	24,100
7月	JULI	29,600	9,474,800	320.1	320.1	29,600
8月	AGUSTUS	37,200	11,926,000	320.6	320.6	37,200
9月	SEPTEMBER	43,800	14,022,000	320.1	320.1	43,800
10月	OKTOBER	20,200	6,460,400	319.8	319.8	20,200
11月	NOVEMBER	2,700	3,366,000	1246.7	320.2	10,514
12月	DESEMBER	30,900	9,884,400	319.9	319.9	30,900
11月を含む	合計	309,800	101,691,200	4,768	3,842	317,614
	平均(月当たり)	25,817	8,474,267	397.4	320.2	26,468
	平均(日当たり)	861	282,476	13.2	10.7	882.3
11月を除く	合計	307,100	98,325,200	3,522		
	平均(月当たり)	27,918	8,938,655	320		
	平均(日当たり)	931	297,955	11		

これをもとにして、汚泥処理場の設備稼働率を推定すると表 4.2 (22) の通りである。
マンモスローターの使用電力量が全体の約 75%を占めていることが分かる。

表 4.2 (22) 汚泥処理場の設備稼働率

推定値									
機 器	台数	HP	kw	kwh	稼働率	kwh/時	kwh/日	kwh/月	kwh/年
排水ポンプ2台 (排水槽)	2	2.2	1.64	3.28	0.30	1.0	23.6	709.0	8,626.1
流入ポンプ2台 (汚泥調整槽)	2	2.2	1.64	3.28	0.25	0.8	19.7	590.8	7,188.5
マンモスローター8台 (オキシデーション ディッチ槽)	4	7.5	5.60	22.38	0.55	12.3	295.4	8,862.5	107,826.8
	4	10.5	7.83	31.33	0.55	17.2	413.6	12,407.5	150,957.6
返送汚泥ポンプ2台 (汚泥分配槽)	2	5.5	4.10	8.21	0.6	4.9	118.2	3,545.0	43,130.7
汚泥かき寄せ機2台 (最終沈殿池)	2	3.5	2.61	5.22	0.5	2.6	62.7	1,879.9	22,872.4
放流ポンプ1台 (仕上げ地)	1	2.2	1.64	1.64	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
office									
合計	17			75.35		38.9	933.2	27,994.7	340,602.1

↑

資料値	38.8	931	27,930	335,160
-----	------	-----	--------	---------

従って、マンモスローターの改善が最も効果的である。マンモスローターは横軸式ローターでモーター容量は 7.5HP と 10.5HP であり、固定回転速度による常時連続運転を行っている。マンモスローターは 1 池あたりに 2 基が設置され、4 池の内の 1～2 池を常時において稼働させないで休止し、全体の省エネルギー化を図っている。ローターのパドル部は腐食箇所だけを修繕しているようである。



写真 4.2 (22) マンモスローター

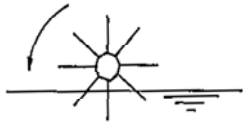
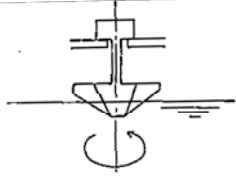
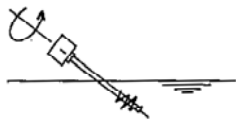
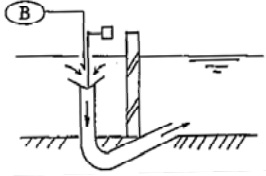
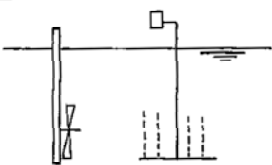
既設の横軸型マンモスローターの酸素供給効率は SIER 工業団地の資料から 1.7(kgO₂/軸 kw・時)であるが、高効率のプロペラ型を新規導入すれば酸素供給効率は 2.7(kgO₂/軸 kw・時)となる。2.7/1.7=1.59 であり、約 50%の効率アップとなる。1.7/2.7=0.63 であり、既設と比較して 63%の運転で同様の酸素供給量が得られることになる。従って 37%の電力削減となるが、OD 槽内の流速確保や不確定要素を考慮して、15%の電力削減とする。

既設の横軸型マンモスローターの年間消費電力は、107,826+150,957≒259,000kw h/年であり、高効率のプロペラ型を新規導入すれば 259,000kw h/年×0.15=≒38,850 kw h/年の電力削減となる。

CO₂ 削減量の計算を行う。

$$\begin{aligned}\text{CO}_2 \text{ 削減量} &= \text{電力削減量} \times 1/1000 \times \text{CO}_2 \text{ 排出係数} \\ &= 38,850 \text{kw h/年} \times 1/1000 \times 0.7 \\ &\approx 27 \text{ Ton} - \text{CO}_2/\text{年}\end{aligned}$$

表 4.2 (23) エアレーターの比較

型 式	概 要		酸素供給効率 (kgO ₂ /軸kw・ 時)	設備費 (億円) 8台更新
	略 図	説 明		
横軸型		横型回転軸に羽を取付けたロータにより、水表面を攪拌しエアレーションを行なう表面曝気方式である。	1.7 (SIERの既設から推測)	1.6
縦軸型		駆動部の回転動力をディッチの水面上において水浸されているインペラへ伝えエアレーションを行なう表面曝気方式である。	2.2	1.7
スクリー型		スクリーの回転による負圧を利用して空気を自給し、微細気泡として水中内に拡散する水中曝気方式である。	1.8	1.8
軸流ポンプ型		軸流インペラの攪拌と散気管からの空気吹込みを組み合わせたもので、気液の混合体を軸流ポンプにより下流側へ槽底から吹出す方式である。	2.6	2.0 (既設OD槽の改造を含む)
プロペラ型		攪拌と混合は水中のプロペラで行い、酸素の供給は散気板により行う方式である。	2.7	1.9

5.事業化に向けた検討

マンモスローターの8台更新で約 27 Ton・CO₂/年の CO₂ 削減対策となる。その時の設備費は約 1.9 億円となる。

CO₂ 削減の数値が低く、また設備費がかかり案件化の可能性は低い、設備の老朽化に伴う更新時に実施する可能性は十分有る。