

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

「Waste to Energy 技術によるペナン
低炭素都市形成支援事業」報告書

平成 26 年 3 月

公益財団法人地球環境センター

【目次】

1. マレーシア国・ペナン州の諸制度・事業環境	……3
1. 1. マレーシア国・ペナン州の社会・経済状況	……3
1. 2. 事業に係る廃棄物管理の状況	……6
1. 3. 事業に関連する廃棄物の処理施設等の状況	……9
1. 4. 事業に関する政府組織とその役割	……10
1. 5. 事業に関する諸制度の状況	……12
2. 調査対象事業	……13
2. 1. 事業のねらい	……13
2. 2. 適用技術等	……13
3. 調査方法	……15
3. 1. 調査課題	……15
3. 2. 実施体制	……15
3. 2. 1. 都市間連携によるペナン州低炭素都市形成支援	……15
3. 2. 2. 実施体制	……15
3. 3. 調査内容	……17
4. 調査結果等	……19
4. 1. 調査活動の実績	……19
4. 1. 1. 事前調査	……19
4. 1. 2. 現地調査	……22
4. 1. 3. 国内研修	……35
4. 1. 4. ペナン州の廃棄物管理に関する制度設計支援	……44

4. 2. 調査結果	.....45
4. 2. 1. Waste to Energy 技術その他廃棄物の処理技術の導入	.....45
4. 2. 2. 利害関係者のコメント	.....47
4. 2. 3. GHG 排出削減効果	.....48
4. 2. 4. GHG 削減以外のコベネフィット効果	.....49
4. 2. 5. 事業全体費用等の経済性の検討	.....50
5. 事業化に向けた検討	.....51
5. 1. 事業化のシナリオ	.....51
5. 2. MRV 方法論	.....52
5. 3. モニタリング体制	.....55
5. 4. 事業化体制	.....55
5. 5. 資金計画	.....56
5. 6. 日本制技術導入促進する為のアイデア	.....56
5. 7. 事業化に向けた課題・要望と解決策	.....57
5. 8. 今後の展開方針やスケジュール	.....58
6. 広報活動	.....59

1. マレーシア国・ペナン州の諸制度・事業環境

1. 1. マレーシア国・ペナン州の社会・経済状況

(1)概況

マレーシアは、東南アジアの中心に位置し、マレー半島南部を占める西マレーシア(半島マレーシア)とボルネオ島北部の東マレーシアから成り、国土面積は、約 33 万 km²で首都はマレー半島に位置するクアラルンプールである。また、マレーシアは、首都クアラルンプールを含め連邦政府直轄地として、ラブアン島(国際オフショア金融センター)とプトラジャヤ(連邦政府行政地区)があり、これと 13 の州がある。ペナン州は、西マレーシアに属し、スルタン制のない4つの州の一つであり面積 1,032km²である。ペナン島は「東洋の真珠」の呼び名を持ち、観光地としても知られる。州都であるジョージタウンには植民地時代からの街並みが保存されており、2008 年にはマラッカと共にユネスコの世界文化遺産に登録されている。この登録では、西洋、マレー、中華、インドそれぞれの文化が交わることによってもたらされた多文化性が評価された。近年は年間 500~600 万人の観光客が訪れており、その半数が海外からの観光客となっている。



図1 マレーシア・ペナン州の国土

(2)気候

マレーシアの気候は、熱帯性気候であり、平均気温は 26℃~27℃で気温差は小さい。また、高温多湿で年間を通じて降水量も多く、地域によって違いはあるが、年間降雨量 2000~2500mm、月平均でも 200mm であるのが特徴であり、季節は雨季と乾季に分かれているが、どちらの季節でもスコールが降る。

ペナン州はペナン島が位置するマレー半島西岸部の気候は、主として乾季(12 月~3月頃)、中間期(4月~7月)、雨期(8月~11 月)の三季に分けられる。平均気温は乾季で 30℃、雨期で

27°C程度であり、湿度は年間を通して平均 80%前後である。

(3)人口等

マレーシアの人口は、2,830 万人(2010 年マレーシア統計局)である。ペナン州(ペナン島と対岸本土からなる)の人口は、160 万人であり、そのうち、ペナン島の人口は、74万人である。また、ペナン州の民族は、中国系とマレー系が各約4割を占め、その他インド系等となっている。

(4)政治

マレーシアは、立憲君主制の連邦国家である。国王は国家元首であり、首相の任命と法律の裁可を行う。国王は 13 州の内9州にいるスルタン(首長)による互選で選出され(実質的には輪番制)任期は5年である。内閣の補佐を受けて行政を担当する。内閣は、行政権は国王に存し、内閣の助言と承認に基づいて行使される。マレーシアの政治体制及び行政組織は表1と図2のとおりである。また、ペナン州などマレーシアにおける州の位置付けは、自治体ではなく、連邦を構成する準国家である。このため、元首(スルタンや州長)を有し、州憲法をそれぞれ有しており、連邦憲法において、州による独自性が原則的に認められている。同時に、連邦憲法は、連邦憲法の規定にならない州憲法で定めるべき事項も規定している。連邦政府と州政府との権限関係は憲法に規定されている。

- 連邦政府：外交、防衛、国内治安、民事・刑事法、市民権などに関するもの
- 州政府：イスラム法、土地、農林業、地方行政などに関するもの

表1 マレーシアの政治体制 出典：JETRO

政体	立憲君主制	
元首	スルタン・アブドウル・ハリム・ムザアム・シャー (Sultan Abdul Halim Mu'adzam Shah)(ケダ州統治者、2011年12月即位、任期5年)	
議会制度	二院制	
議会概要	上院：69議席、任期3年うち、43名は国王任命、26名は州議会指名。 下院：222議席、任期5年、直接選挙(小選挙区)、2008年3月総選挙実施。	
内閣 (主要閣僚)	役職	名前-日本語表記 名前-英字表記
	首相兼財務相	ナジブ・トウン・ラザック Datuk Seri Haji Mohd. Najib bin Tun Haji Abdul Razak
	副首相兼教育相	ムヒディン・ヤシン Tan Sri Muhyiddin Yassin
	国際貿易産業相	ムスタバ・モハマド Datuk Mustapa Mohamed
	外務相	アニファー・アマン Datuk Anifah Aman
	人的資源相	サタシバン・スブラマニウム Datuk Dr Sathasivam Subramaniam

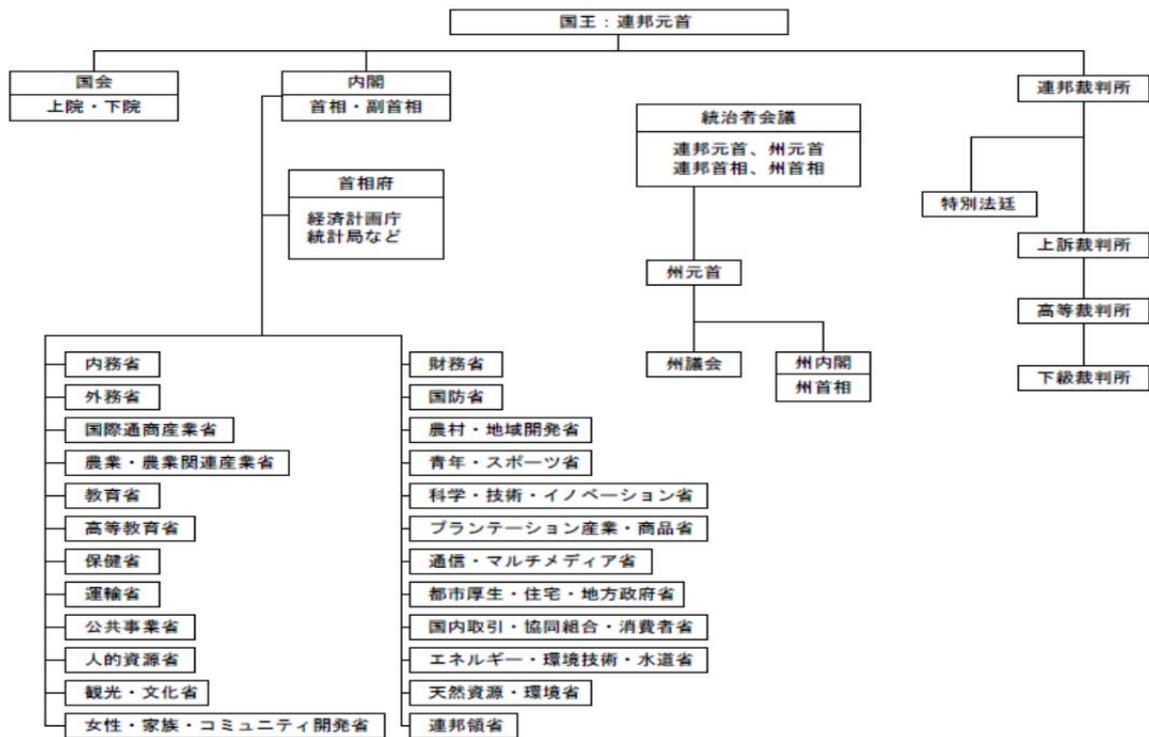


図2 マレーシアの行政組織 出典:「マレーシアの投資環境」株式会社国際協力銀行

ペナン州の元首は世襲制のスルタンではなく、5年輪番制の国王が州の長を任命し、職務としては、行政の長である首席大臣の任命と州立法評議会解散の同意である。行政の長(首席大臣)については、州元首に任命されるが、通常は立法議会で最も議席を確保した党の代表となる。行政評議会は、立法権を持つ立法議員から4名以上、最大10名までのメンバーが選定され、行政権の執行に関し、州立法議会に対して全目的に責任を負うことになる。

(5) 経済状況

マレーシアの経済は、2012年建設業とサービス業が成長を牽引し、実質GDP成長率は5.6%となっており、2013年も5~6%成長を維持することが見込まれている。需要項目別にみると、民間消費は政府が年間を通じてさまざまな補助金を支給したことで7.7%増となった。総固定資本形成(投資)はインフラ工事の進展などで19.9%増と大きく伸びた。産業別では建設業が公共交通機関を中心としたインフラ工事の実施で18.5%増と最も高い伸び率を記録した。具体的には大量高速交通システム(MRT)、第2ペナン大橋、ジャナマンジャン発電所、クバンガンガス田などの大型インフラ事業が貢献した。また民間建設では高級住宅の建設が好調であった。

2009年4月に就任したナジブ首相は、政権成立後直ちに外資の誘致に向けたサービス27分野の資本規制の撤廃、投資関連規制や手続きの規制緩和措置を打ち出した。その後、2010年3月の「新経済モデル」(同年12月に第二部を発表)による市場志向的の軌道修正の発表、

同年 6 月の「第 10 次マレーシア計画(2011-2015 年)」による中期的ビジョンの提示、同年 10 月の「経済変革プログラム」(2011 年 1 月追加案件を発表)による 2020 年までのロードマップ及び重点投資分野の明示等、矢継ぎ早に政策を発表するとともに、補助金削減による財政健全化の具体的措置も図りつつ、2020 年までの先進国入りの目標達成に向けて取り組んでいる。

表2 マレーシアの主要経済指標 出典:「マレーシアの投資環境」株式会社国際協力銀行

	単位	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
名目GDP	億ドル	1,102	1,248	1,435	1,627	1,936	2,311	2,023	2,475	2,890	3,047
1人当たりGDP	ドル	4,352	4,816	5,421	6,066	7,122	8,390	7,203	8,659	9,979	10,345
実質GDP成長率	%	5.8	6.8	5.0	5.6	6.3	4.8	-1.5	7.4	5.1	5.6
人口	万人	2,532	2,591	2,648	2,683	2,719	2,754	2,808	2,859	2,896	2,946
消費者物価上昇率	%	1.1	1.4	3.0	3.6	2.0	5.4	0.6	1.7	3.2	1.7
輸出額	億ドル	1,050	1,265	1,410	1,607	1,762	1,995	1,573	1,987	2,283	2,276
輸入額	億ドル	827	1,043	1,136	1,305	1,470	1,569	1,238	1,647	1,876	1,968
貿易収支	億ドル	222	222	274	302	292	426	335	340	406	308
経常収支	億ドル	134	151	200	262	298	389	318	270	335	186
直接投資流入額	億ドル	25	46	39	77	91	76	1	109	151	97
外貨準備高	億ドル	438	659	699	821	1,010	911	954	1,049	1,318	1,378
為替レート(年平均)	リングgit/ドル	3.80	3.80	3.79	3.67	3.44	3.34	3.52	3.22	3.06	3.09

1. 2. 事業に関する廃棄物管理の状況

(1) ペナン州の廃棄物の発生量

ペナン州の 2012 年における廃棄物の発生量等のデータは、表3のとおりである。廃棄物の発生量は、ペナン島市(MPPP)が 200,377t/年、スランプライ市(MPSP)が 528,275t/年となっており、スランプライ市の方がペナン島市に比べ、発生量が多く、また、スランプライ市では、廃棄物分野が市の予算の 43%を占めている。また、有機系、紙、プラスチック系の廃棄物が発生量の上位を占めている。

表3 Solid Waste Sector Information for MPPP & MPSP, 2012

No.	Item	MPPP	MPSP	Unit
1	Quantity of waste generated annually	288,377	528,275	Tonnes/year(2012)
2	Quantity of waste generated daily	790	1447	Tonnes/day (2012)
3	Quantity of waste generated per capita	1.07	1.47	Kg/capita/day
4	Total number of	189,829	195,829	Households

households in the city

5 Percentage of 25 43 Percent
municipal budget used
for solid waste sector

Waste Composition*(Source: Derived from Satang Report 2003)

i	Organic	43	63	percent
ii	Paper	28	5	percent
iii	Plastic	15	17	percent
iv	Metal	5	4	percent
v	Glass	0	0	percent
vi	Other	6	11	percent

(2) 廃棄物処理の流れと埋立・リサイクル

発生した廃棄物の処理処分の流れと廃棄物の埋立・リサイクル量は、図3と表4に示すように、一部はリサイクル処理されているが、多くは埋立処分場に搬入、処分されている。リサイクル率は、2012年では約30%である。

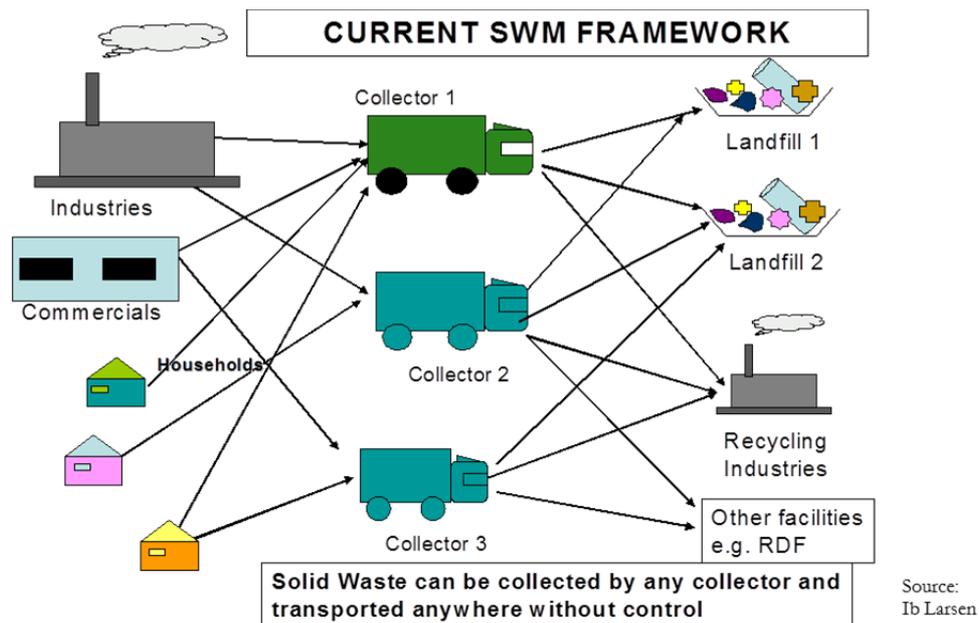


図3 廃棄物の処理の流れ

表4 廃棄物の発生とリサイクル率

Year	Waste Disposed at Landfill Per Year (metric tons)			Recycling Per Year (metric tons)			Total Waste Generation Per Year (metric Tons)	Recycling Rate (%)
	MPPP	MPSP	Total	MPPP	MPSP	Total		
			A			B	C=(A+B)	B/C
2010	213,591	426,152	639,743	63,756	129,804	193,560	833,304	23.23%
2011	209,701	401,663	611,364	72,341	144,682	217,023	828,387	26.20%
2012	205,972	370,989	576,961	82,405	157,286	239,691	816,652	29.35%

Source: Penang Island Municipal Council (MPPP), 2013 SeberangPerai Municipal Council (MPSP), 2013

(3) 廃棄物の発生の将来予測とリサイクル目標

ペナン州では、発生量の多い食品廃棄物や今後、インフラ整備等に伴い、建設廃棄物の発生量の増加を予測しており、2005年から推計している。食品廃棄物では、2020年には、229,786t/年(630t/日)の発生量を見込んでおり、また、建設廃棄物については、2025年には、1,328,871t/年の発生量を見込んでいる。これら廃棄物、また、ペナン州の廃棄物処理の課題の一つである海洋掘削廃棄物(Marin Clay)の2020年までのリサイクル率の目標を掲げており、食品廃棄物については、2020年までに100%のリサイクル率としている。

表5 Estimation of Food Waste in Penang, 2005-2020

Year	Estimated Food Waste (TPY)	Estimated Daily Food Waste (TPD)
2005	348,372	954
2006	379,624	1,040
2007	353,610	969
2008	345,223	946
2009	322,510	884
2010	319,872	876
2011	312,645	857
2012	303,438	831
2013	294,232	806
2014	285,025	781
2015	275,819	756
2016	266,612	730
2017	257,406	705
2018	248,199	680
2019	238,992	655
2020	229,786	630

表6 Estimation of Construction and Demolition Waste in Penang, 2005–2025

C&D Waste (TPY)	2005	2010	2015	2020	2025
MPPP	438,840	477,943	516,390	553,526	601,979
MPSP	511,150	563,328	616,044	668,386	726,892
Penang	949,990	1,041,271	1,132,434	1,221,912	1,328,871

表7 Targets for recycling and recovering specific waste streams by 2020 (%)

Waste Stream	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Organic food waste	5	10	20	30	40	50	60	70	80	100	
C&D waste				40	—————→						60
Marine clay				25	—————→						70

1. 3. 事業に関連する廃棄物の処理施設等の状況

ペナン州（ペナン島市（MPPP）とスランプライ市（MPSP））の廃棄物管理に係る処理施設の位置は、図4に示すとおりである。スランプライ市には、中継地の Ampang Jajar Transfer Station と衛生埋立処分場 Pulau Burong Sanitary Landfill があり、ペナン島市には、中継地の Batu Maung Trasfer Station と建設廃棄物、粗大や剪定材のを埋立処分場 Jelutong Landfill がある。

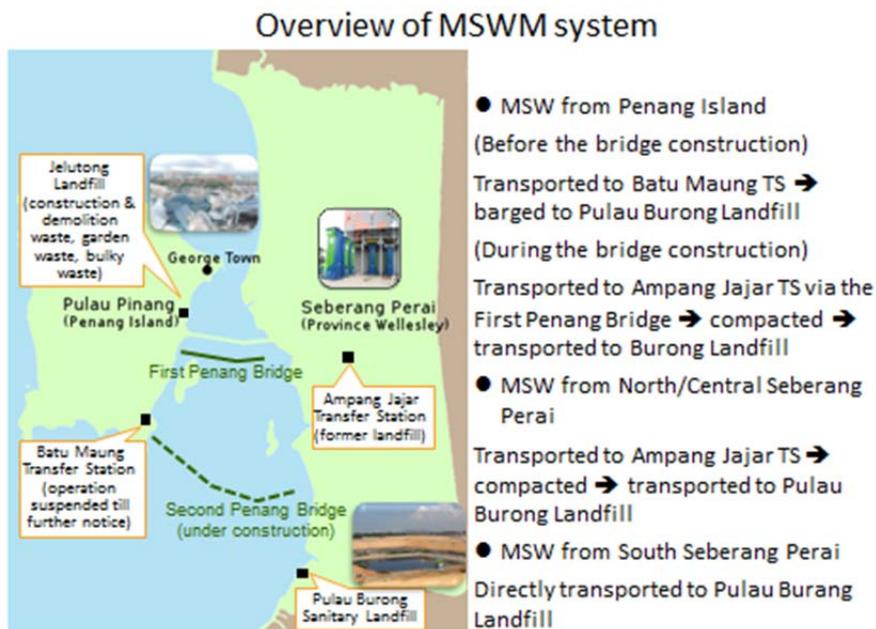


図4 Overview of MSWM system

有機廃棄物など都市廃棄物の埋立の用に供している Pulau Burong Sanitary Landfill の概要と埋立処分量は次のとおりである。

Project Background

Start on 16th July 2012

Scope of work:

Design, develop, construct, manage, regulate, and operations in Phase 3 for Twenty (20) Years

Manage leachate generated by the existing landfill (Phase 2 and Phase 1)

Extending the life of existing landfills in Phase 1 until 30th June 2013

Convert wetlands area of approximately 10.12 hectare area adjacent to Phase 2 into an Eco Park

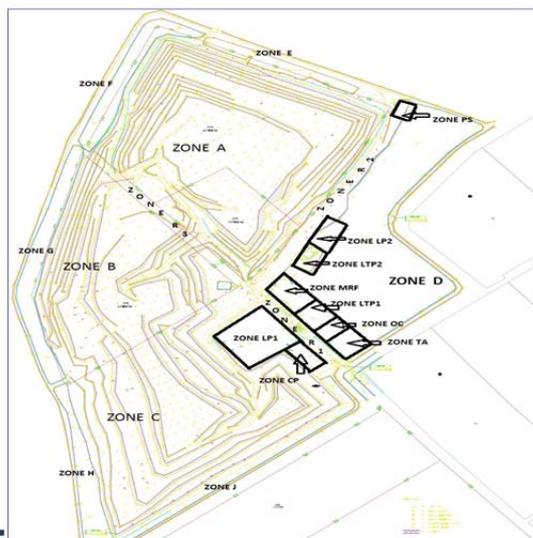


図5 Pulau Burong Sanitary Landfill の概要

表8 Pulau Burong Sanitary Landfill における廃棄物処分量

PB WASTE for 2012- 2013							
FROM	PB DOMESTIC	PB INDUSTRIAL	AJ DOMESTIC	MPPP DOMESTIC	MPPP INDUSTRIAL	SLUDGE (IWK)	
MONTH	TON	TON	TON	TON	TON	TON	TOTAL (TON)
Jul-12	2,262.71	7,973.60	7,391.09	9,526.22	-	36.68	27,190.30
Aug-12	3,627.11	12,431.37	13,336.92	17,658.55	-	121.98	47,175.93
Sep-12	3,340.93	12,838.59	12,861.49	16,612.68	-	3,041.18	48,694.87
Oct-12	3,633.18	14,077.35	17,077.12	16,836.75	-	535.77	52,160.17
Nov-12	3,982.44	13,763.74	18,289.66	17,123.92	19.93	1,884.48	55,064.17
Dec-12	4,002.78	13,225.10	15,844.97	17,807.83	1,570.42	1,200.77	53,651.87
Jan-13	3,909.25	11,691.03	15,582.01	17,546.88	1,665.15	667.73	51,062.05
Feb-13	3,766.58	12,479.46	14,612.86	14,814.47	1,664.46	662.49	48,000.32
Mar-13	3,604.11	17,493.77	15,105.11	14,937.32	1,883.17	671.60	53,695.08
Apr-13	3,706.74	21,068.69	15,323.42	14,802.88	1,736.92	777.75	57,416.40
May-13	3,552.16	20,292.49	14,983.08	15,017.20	1,830.33	1,126.10	56,801.36

1. 4. 事業に関する政府組織とその役割

マレーシアでは、Solid Waste and Public Cleansing Management Act 2007 において、固形廃棄物、下水汚泥、放射性廃棄物以外の廃棄物を対象として、管理組織、処理施設・処理業の許認可制、処理料金などを規定している。特に、管理組織の1つとして政策形成・政策実現に協力する組織“Corporation”を規定している。これまで地方政府が所管してきた廃棄物管理行政は、連邦政府に移管され、住宅地方政府省 (Ministry of Housing And Local Government : MHLG) の国家固形廃棄物管理局 (National Solid Waste Management Department : NSWMD) 及び Corporation が管轄している。また、環境局 (DOE : Department of Environment) があり、各々の役割は次のと

おりである。ただし、廃棄物の収集・運搬や処理などの市民サービスの提供については、地方行政（執行機関）として担う州が管理を行っている。ペナン州の廃棄物管理に関する行政組織を図6に示す。

(1)天然資源環境省環境局(DOE:Department of Environment)

環境問題の管理等を行う部局であり、「指定廃棄物」の他、「大気汚染」、「水質汚濁」、「騒音」を担当する。固形廃棄物の処理・リサイクル関連の許可権限を有する。固形廃棄物の主たる排出者である製造業等が主な管理対象となるが、廃棄物は、排出源によっては区分されていないため、固形廃棄物に該当すれば家庭から排出されるものであっても DOE の所管となる。有害物質課(Hazardous Substances Division)が環境局に置かれており、指定廃棄物は、この課の所管となっている。指定廃棄物の処理、リサイクルを事業としておこなう場合には、申請の処理は DOE のそれぞれの州事務所が行なうが、ライセンスの最終承認は、環境局長(Director General)の許可が必要となっている。

(2)住宅・地方政府省国家固形廃棄物管理局(NSWMD:National Solid Waste Management Department)

固形廃棄物以外の廃棄物(ただし、下水汚泥、放射性廃棄物を除く)、とりわけ家庭などから排出される都市ごみを所管する。NSWMD により規定されている固形廃棄物の管理に関する方針には、総合的、統合的、経済的な固形廃棄物の管理体制を構築、環境保護・人の健康を重視、実績のある経済的な技術を導入及び 3Rの優先順位付けがある。

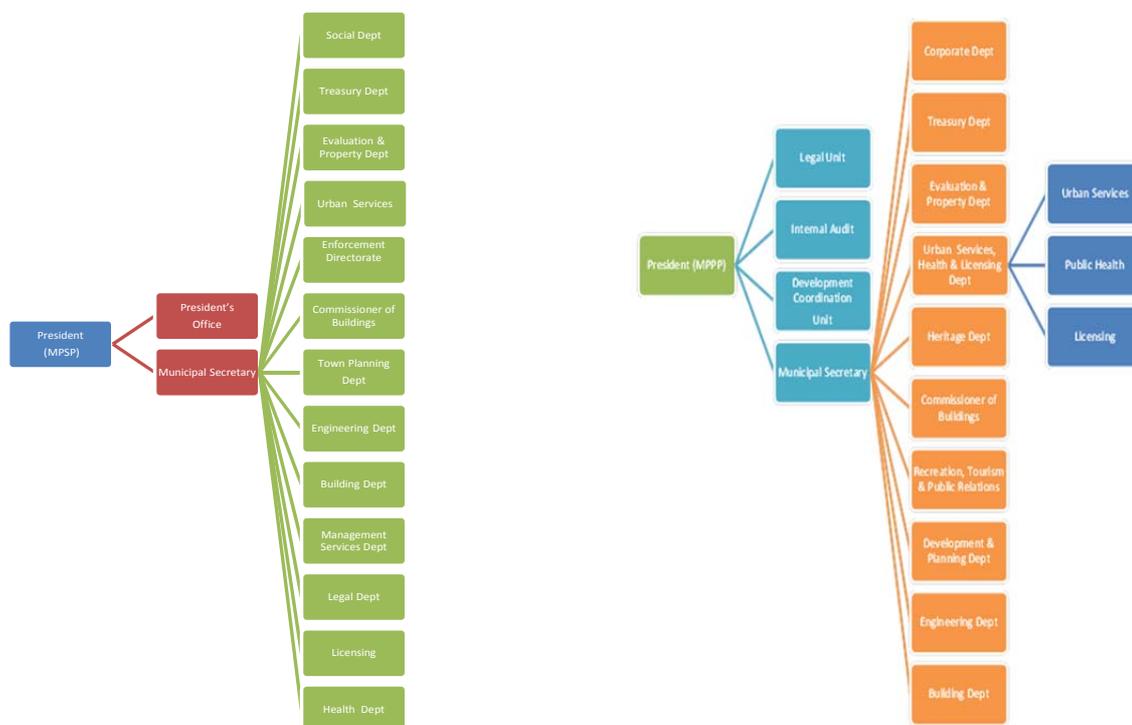


図6 スプランプライ市(左)とペナン島市(右)の行政体制

1. 5. 事業に関する諸制度の状況

(1) Environmental Quality Act 1974

「固形廃棄物に指定されたものすべて、または、固体、半固体あるいは液体、または気体や蒸気の形態をとり、汚染を引き起こす量、構成、方法で環境に排気、排出、堆積されるあらゆるものを含む」と定義している。マレーシアの環境規制は、この法律に基づき、規制対象別に計規制、命令や罰金等に関する法令がある。

(2) Solid Waste and Public Cleansing Management Act 2007

一般廃棄物の処理について規定しているが、固形廃棄物 (Environmental Quality Act 1974 が規定)、下水汚泥 (Water Service Industry Act 2006 が規定)、放射性廃棄物 (Atomic Energy Licensing Act 1984 が規定) は対象としていない。

この法律により、廃棄物処理の責任が従来の自治体から連邦政府に引き継がれ、当法律が実際に施行されると、固形廃棄物の管理権限は中央政府に移され、地方政府は執行機関としての役割を担うことになっている。また、この法律に基づき、固形廃棄物管理公社 (Solid Waste and Public Cleansing Management Corporation) が、各州の担当部署から固形廃棄物管理業務の委譲プロセスを実施している。

(3) 国家計画における廃棄物管理に関する規定 「第 10 次「マ」国プラン 2011～2015」

- 「地方政府」から「連邦国家」へ廃棄物管理責任を移管 (Federalization) することによる廃棄物管理強化
- Solid Waste Management Act 2007 の完全施行による廃棄物管理強化
- 2015 年までの目標として
 - ・収集エリアを拡大 (370 万世帯など)
 - ・非衛生な処分場 112 か所の閉鎖・改善 ・家庭に対する分別収集の導入 (粗大ゴミ、家庭ゴミ、資源)
 - ・家庭からの資源回収率を 25% に向上
 - ・収集頻度の改善 ・収集容器の導入による戸別収集 (120 リットルコンテナなど)
 - ・中継施設、衛生埋立、資源選別センターなどの建設推進 ・製造者等の参加による廃棄物管理の改善、特に、3R の推進、デポジット・テイクバックシステムの整備

(4) ペナン州の廃棄物政策

- 「廃棄物ゼロ」を目指して、発生抑制による統合的、経済的、及び環境に配慮した廃棄物計画および管理を実施。
- 廃棄物管理に関する基本戦略
 - 戦略 1: 発生源におけるごみ分別の促進
 - 戦略 2: 埋め立て処分場からの廃棄物の活用

戦略 3: インセンティブメカニズムの構築

戦略 4: 人材育成および意識改革の促進

戦略 5: 将来を思考

- 2006 年から UNEP-IETC が主催する「エコタウンワークショップ」に参加しており、環境に配慮した都市づくり。

2. 調査対象事業

2. 1. 事業のねらい

本事業は、ペナン州の廃棄物分野における低炭素都市形成の実現を目指し、ペナン州で適用可能な Waste to Energy 技術の導入による温室効果ガス (GHG) の排出削減に向け、実現可能性調査を実施した。また本事業では、コベネフィット効果として、廃棄物の分別や 3R など廃棄物の減量化・リサイクルの促進、廃棄物の埋立処分量の削減などペナン州の統合的廃棄物管理システムの改善に必要な支援策を検討することとする。

2. 2. 適用技術等

本事業の Waste to Energy 技術については、有機廃棄物を原料としたメタン発酵等によるバイオエネルギーを提案していることからバイオマス技術に関して記載する。

バイオマス資源と利用技術については、「バイオマスエネルギー導入ガイドブック(第3版) 2010 年1月 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構」に次のとおりまとめられている。

表9 バイオマス資源と利用技術の対応

変換技術の分類	利用技術の分類	1. 木質系 バイオマス	2. 畜産系 バイオマス	3. 食品系 バイオマス	4. 農業・草本系バイオマス			5. その他 ^{注5)}			
					農業	草本	その他	パルプ バイオマス	下水汚泥等	一般廃棄物	
											稲作 【実利用】	稲作 【未利用】	稲作 【未利用】
物理的変換	チップ化	○									
	ペレット化	○									
	ブリケット化	○					○				
	RDF								○		○
	バイオソリッド化									○	
熱化学的変換	燃焼	直接燃焼	○	○^{注2)}	○^{注2)}	○^{注2)}	○^{注2)}	○^{注2)}	○ ^{注2)}		○ ^{注2)}
		混焼 ^{注3)} (火力等)	○								
	ガス化	熱分解ガス化 ^{注4)}	○	○ (鶏ふん)		○	○			○	○
		熱分解炭化	○			○	○			○	○
	BTL	ガス化+FT合成 ^{注4)}	○			○	○				○
		エステル化			○			○			
	BDF	水素化分解			○			○			
		超臨界メタノール処理	○								
	液化	急速熱分解	○								
		スラリー燃料化	○								
メタン		純式メタン発酵		○ (鶏ふん)		○		○		○	
生物化学的変換	水素	粗式メタン発酵		○	○					○	
		水素発酵			○						○
	ブタノール	ABE発酵	○			○		○	○		○
		糖・でんぷん系エタノール発酵			○			○			○
	エタノール	セルロース系エタノール発酵	○			○		○			

注1) 発電には、コージェネレーションを含む。一方、熱利用は熱利用のみに用いる。
 注2) 混焼とは、石炭火力発電所における木質バイオマスの混焼のように、燃料段階で機能的に混合する場合に限る。逆に、助燃材として量を添加する場合は、直接燃焼として整理する。
 注3) 製紙バイオマス、下水汚泥等および一般廃棄物を利用した熱回収および発電は比較的従来型の取り組みであるため、ここでは「5. その他」として整理する。
 注4) ○dは、dry系に限る。
 注5) 資源名の【 】は次のとおり。【農業】：農業廃棄物、【木利用】：木利用資源、【エネ作】：エネルギー作物

「バイオマスエネルギー導入ガイドブック(第3版) 2010年1月 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構」より抜粋

バイオマス発電は、木質系、畜産系、食品系、農業・草本系、下水汚泥などその原料となる廃棄物の種類や性状等により、エネルギー変換技術や利用形態が異なる。今回の事業提案した有機廃棄物を原料としたバイオマス発電の変換技術は、燃焼、ガス化又はメタン発酵となっているが、木質系廃棄物を原料とした場合は、燃焼又はガス化技術を対応でき、食品廃棄物を原料とした場合は、燃焼又はメタン発酵技術が対応できる。他の有機廃棄物を原料することを考慮すると、燃焼技術が最適である。

また、バイオマス発電のメリットは、再生可能エネルギー(自然エネルギー)、純国産エネルギー、カーボンニュートラル、資源の活用など地球温暖化防止、循環型社会の構築、また、地域エネルギーとして地域産業活性化にも貢献するものであるが、一方で、バイオマス資源(原料)の収集・運搬や前処理に多大なコストを要すること等のデメリットもある。

3. 調査方法

3. 1. 調査課題

本事業の目的の達成に必要不可欠であり、調査において明らかにすべき課題は次のとおりである。

(1) ペナン州側の Waste to Energy 技術の導入意義の理解

ペナン州では、廃棄物の埋立処分による適正処理と地域コミュニティ活動等による3Rプログラムを中心とした廃棄物管理が行われており、本事業による Waste to Energy 技術の導入が、現行のペナン州の取組を促進するなどその導入意義がペナン州政府などの利害関係者に理解される必要がある。

(2) Waste to Energy 技術やその原料となる廃棄物の選定等

ペナン州では、家庭や市場等からの食品廃棄物や剪定材等の木くずなど有機廃棄物の排出量が多く、一部はリサイクルされているものの埋立処分されている。そのため、この有機廃棄物からのエネルギー回収等を行うことが、GHG 削減に大きく期待できると考えるが、Waste to Energy 技術を利用した確実な GHG 削減のため、より具体的な廃棄物の種類や排出源あるいはエネルギー変換技術を明らかにする必要がある。

なお、本事業の提案時には、Waste to Energy 技術に関しては、有機廃棄物のバイオマス発電を提案している。

(3) 原料(廃棄物)の収集等の供給体制の確保

エネルギー化にあたっては、その原料(廃棄物)の安定的な回収とその管理方法の検討が必要である。

3. 2. 実施体制

3. 2. 1. 都市間連携によるペナン州低炭素都市形成支援

川崎市とマレーシア国ペナン州は、これまでアジア太平洋エコビジネスフォーラムや UNEP アジア太平洋エコタウンプロジェクトを通じて、緊密な協力・連携関係を構築してきた。アジア太平洋エコビジネスフォーラムに関しては、毎年参加されている他、UNEP 連携エコタウンプロジェクト研修会についても出席している。

(参考)

アジア太平洋エコビジネスフォーラムへの参加

- 第 2 回(2006 年 1 月 23 日～1 月 25 日) 1 名
- 第 3 回(2007 年 1 月 22 日～1 月 24 日) 2 名
- 第 4 回(2008 年 1 月 21 日～1 月 23 日) 2 名

- 第5回(2009年2月16日～2月17日) 2名
- 第6回(2010年2月2日～2月3日) 4名
- 第8回(2012年2月8日～2月9日) 3名
- 第9回(2013年1月30日～1月31日) 3名

UNEP 連携エコタウンプロジェクト研修会への参加

- UNEP アジア太平洋エコタウンプロジェクト第1回川崎研修会
(2006年9月26日～10月2日) 2名
- UNEP アジア太平洋エコタウンプロジェクト会議
(2007年10月22日～10月25日) 2名
- エコタウン開発に関する事前調査 ペナン州開催
(2006年8月28-30日)
- UNEP アジア太平洋エコタウンワークショップ ペナン州開催
(2012年12月11～13日)

3. 2. 2. 実施体制

本事業は、日本国川崎市とマレーシア国ペナン州との都市間連携のもとに開始した。実施体制は、日本国側は、事業提案者の公益財団法人地球環境センター(GEC)の他、川崎市(環境局環境総合研究所都市環境課)、JFEエンジニアリング株式会社及び公益財団法人地球環境戦略研究機構(IGES)で構築し、マレーシア国側は、ペナン州政府(環境・厚生福祉担当大臣)がカウンターパートとなり、州内2都市(スラン・プライ市、ペナン島市)の政府関係、民間企業やNGO/NPOが本事業に参画した。実施体制図は、図7の通りである



図7 実施体制図

また、日本側の関係者の役割は、表 10 のとおりである。

表 10 関係者の役割

関係者 (本事業の連携・協働)	役割
(公財)地球環境センター (GEC)【本事業提案者】	<ul style="list-style-type: none"> ・事業の全体総括に関すること ・ペナン州との連絡調整と本事業の情報収集に関すること ・ワークショップ等の開催支援に関すること
川崎市	<ul style="list-style-type: none"> ・ペナン州の低炭素都市形成の実現のための廃棄物管理の構築 (制度設計等)への支援に関すること ・廃棄物管理等に関するペナン州への人材育成に関すること
JFE エンジニアリング(株)	<ul style="list-style-type: none"> ・Waste to Energy 技術に関する実現可能性調査に関すること ・その他、廃棄物管理に関するペナン州で適用可能な処理技術に関する こと
(公財)地球環境戦略研 究機関(IGES)	<ul style="list-style-type: none"> ・JCM(二国間クレジット制度)に関すること

日本側の事業の提案を受け、ペナン州では、低炭素都市形成の実現のための廃棄物管理を構築するため、廃棄物管理に関する方針・計画等へのインプットを検討するとともに、温室効果ガス(GHG)排出削減や低炭素都市形成の実現に向けた廃棄物管理の方向性を考察し、その結果を、現地ワークショップ開催等を通じて、現地ステークホルダーと共有することをその役割とした。また、ペナン州では、本事業に関して、ペナン州政府環境・厚生福祉担当大臣のアドバイザーとして、Mr. Khor Hung Teik を配置し、日本側は、このアドバイザーを通じて、必要なデータ等の情報の収集、現地ワークショップの開催や現地視察等について調整・協議を行った。

3. 3. 調査内容

2013 年度の調査は、現行のペナン州の廃棄物の排出、処理処分状況の把握、課題や施策等の廃棄物管理を把握すること、また、川崎市の廃棄物管理や低炭素社会の取組の研修等を行い、ペナン州における Waste to Energy 技術の導入その他、廃棄物の減量・リサイクルや適正処理に関する実現可能性調査を実施した。2013 年度の調査スケジュールと概要は表 11 の通りである。

表 11 調査スケジュール

日付	実施場所	調査等の概要
2013 年 6月 26 日～28 日	ペナン州	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 事前説明(本事業の提案) ➤ 現地調査 <ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物の中継、埋立処分の処理処分状況の調査 ・廃棄物のリサイクル状況の調査(資源回収、学校における食品残さのリサイクル)
2013 年 8月 20 日～23 日	ペナン州	<ul style="list-style-type: none"> ➤ キックオフ会議 <ul style="list-style-type: none"> ・スラン・プライ市、ペナン島市の廃棄物処理の現状、3R の取組、課題、ニーズ等の把握 ➤ 現地調査 <ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物の中継、埋立処分の処理処分状況の調査 ・廃棄物の分別・リサイクル状況や3R 活動の調査(商業施設等の廃棄物の分別・リサイクルや NGO 活動)
2013 年 9月 10 日～13 日	川崎市 横浜市	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 国内研修 <ul style="list-style-type: none"> ・川崎市及び日本の廃棄物対策 ・JCM の最近の動向 ・バイオマス発電、蛍光灯・建設廃棄物のリサイクル
2013 年8月 ～2014 年 2 月	ペナン州 川崎市	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Waste to Energy 技術によるペナン州低炭素都市形成に関するプロポーザル策定 ◆ 上記のプロポーザル策定及びペナン州における廃棄物の分別・リサイクルに関する制度設計に関する支援
2014 年 1月 21 日～23 日	ペナン州	<ul style="list-style-type: none"> ◆ ワークショップ開催(報告会) <ul style="list-style-type: none"> ・2013 年度の活動結果 ・2014 年度の活動予定 ◆ 現地調査 <ul style="list-style-type: none"> ・木質系廃棄物の処理状況の調査 ・食品廃棄物の排出状況の調査 ・学校、病院やコミュニティにおけるグットプラクティス事例

4. 調査結果

4. 1. 調査活動の実績

4. 1. 1. 事前調査

(1) 事前説明(本事業の提案)

日程・場所	2013年6月26日(水) ペナン州政府会議室
出席者 (24名)	<p>日本側: 公益財団法人 地球環境センター</p> <p>事業部気候変動対策課企画官 高尾 秀樹</p> <p>事業部企画調整課長 三原 眞</p> <p>事業部企画調整課総括主任 土居 亜希子</p> <p>ペナン州側:</p> <p>YB Phee Boon Poh – State Minister for Welfare, Health, Caring Society and Environment</p> <p>Mr Ang Aing Thye – MPPP Secretary</p> <p>Tuan Haji Rozali – MPSP Secretary 他、自治体・企業関係者 18名</p>
会議結果	
<p>本事業の提案内容について説明し、ペナン州側の了承を得た。また、Waste to Energy 技術、廃棄物管理や 2013 年度の本事業のスケジュールに関連して、次のコメントがあった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ペナン州では、Bionersis 社(フランス)が埋立処分場でのバイオガス発電事業の計画と埋立地管理が行われているが、この発電事業は、2011 年に UNFCCC より CDM 事業として認証された。 ● バイオガス発電事業を 2013 年内にスタート(現時点で建設工事は未着手)し、その後約 10 年の運転を計画している。 ● 発電能力は最低 4 メガワットであるが、マレーシアでの売電先は未定である。また、マレーシアでは売電価格は大変安価なので本事業で採算が取れないのではと危惧している。 ● 現在は準好気性埋立方式(福岡方式)により管理されているが、メタンの発生量などは正確に把握されていない。 ● この土地の浸出水処理は Bionersis 社が担当することとなっているが、現在、管理体制が機能しておらず、既存のガス抜き管の管理も課題がある。 ● 都市廃棄物事業としては、官民パートナーシップ(PPP)による様々なリサイクル活動や食品廃棄物を肥料に変換する事業等を行っており、欧米や中国からも注目を集めている。本事業で Waste to Energy の事業技術を導入して欲しい。 ● 現在、木質廃棄物(Green Waste)や海洋汚泥-沿岸部開発工事から出る掘削廃棄物 	

(Marine Waste)をエネルギー化する技術を探している。

- 産業廃棄物の規制がうまくできていない。現在運搬トラックの中身をチェックせずそのまま埋立地に廃棄されている。
- 排出源でのごみ削減を促進することでごみ収集回数を減らしたい。
- 8月のマレーシアでのキックオフ会議の際に、川崎市とペナンの間で署名式を行うのであれば、プレスをアレンジする。参加者は合計35名程度となる。
- 9月の研修の際には、YB Phee 環境大臣など政府関係の議員も出席する。



事前説明 ペナン州政府等との会議

(2) 事前調査

調査日時	2013年6月27日～28日
調査場所	Jelutong 埋立処分場
調査目的	廃棄物の埋立処分、リサイクル処理及びペナン州の廃棄物課題の一つである掘削廃棄物/海洋廃棄物の処理状況を把握する。
調査結果	
<p>○Jelutong 埋立処分場（工事現場からの廃材のチップ化、掘削廃棄物/海洋廃棄物）</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 当該処分場は、ペナン島のジョージタウンの近傍に所在する処分場で、臨海部を埋め立てて設置されたものであり、周囲には、工場や高層住宅が近接している。 ● 建設・解体廃棄物、植栽剪定廃棄物、粗大ごみ用の処分場でそれぞれ搬入区域が分かれている。面積は60エーカーで、一日のごみ受入れは約2000トン。 ● 処分場の管理は、ペナン島市当局の Engineering Department の管轄だが、実際の運営は民間に委託しており、従業員は9名。その他に多数のスカベンジャーがプラスチック、缶、メタル、ペットボトル等の有価物の回収を行っている。 ● 廃棄物の埋立処分後は、覆土・整地も行われている。なお、この埋立地では Landfill Mining が行われ、整地して住宅地として売却する計画である。 	



Jelutong 埋立処分場の視察（住宅地に近接）



Jelutong 埋立処分場の視察



植栽剪定廃棄物（Green Waste）



解体廃棄物（木質廃棄物）
コンクリート廃材は処分場内で区分



粗大ゴミに集まるスカベンジャー



スカベンジャーによる缶類の回収



木質廃棄物碎機機（中国製）



チップ化された木くず



海洋汚泥(掘削廃棄物)



埋立処分場から海洋汚泥が海に流出

4. 1. 2. 現地調査

(1) キックオフ会議

日時・場所	2013年8月20日(火) 9:00~12:00 シティテル・ペナンホテル 会議室
参加者	60名
会議結果	
<p>ペナン州地方政府・交通管理環境大臣の Mr. YB Chow Kon Yeow より、ペナン低炭素社会実現事業に対する歓迎の挨拶の後、川崎市プロジェクトリーダーの荻原氏よりペナン州と川崎市の協力に基づく本事業開始に関する挨拶が行われた。続いて、地球環境センターより「ペナン低炭素都市形成支援事業の紹介」の後、JFEエンジニアリングより「JEFエンジニアリングの Waste to Energy 技術」の生ごみバイオマス発電などに関する事業紹介が発表された。</p> <p>次にペナン州を代表して、ペナン州環境大臣の Mr. YB Phee Boon Poh より「ペナンの固形廃棄物管理についての紹介」として、ペナン州は廃棄物管理については中央政府の管理下とは別に独自に管理権限を持っていることからペナン州はこの低炭素事業を切り口として、廃棄物問題を改善し、アジア太平洋地域の環境モデル都市を目指したいなどの抱負が述べられた。具体的にはごみ埋立地延命化を目的とするごみ減量化や生ごみの肥料化、エネルギー化をすることで、自治体、企業、市民、学校が協働して”Zero Waste”を達成したいことなどの抱負が述べられた。</p> <p>この後、スランプライ市書記長の Mr. Rozali より、当市の固形廃棄物管理の現状と課題についての発表が行われた。要点は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 1988年 は一人当たり 0.7kg のごみ排出量が現在では 1.1-2kg に増加しており、2014年までにごみ回収率を 100%とする目標を掲げている。 ● 家庭ごみは週に 3 回、大型ごみは週に 1 回、道路ごみは毎日回収されている。ごみ組成は 	

44%が家庭ごみでうち 42%が有機ごみとなっている。

- 埋立地管理はスランプライ市とペナン島市が共同管理しており、フェーズ 3 では準好気性処理によりガス、浸出水の管理を行っているが、フェーズ 4 ではメタンガス回収による発電など資源回収を行いたい。
- 現在家庭ごみの分別は実施していないが、将来は生ごみや油を分別回収したい。
- 2011～13 年の当市のリサイクル率は目標を上回り 32.80%まで達成された。これから分別に関する法律や規制も整備してごみ削減率を高めたい。
- 現在 9 つのゼロ廃棄物コミュニティがあり、グリーンスクールは 2012 年の 6 校から 2013 年には 32 校に増えた。ペナン州全体では 84 校となっており環境啓発活動は活発である。

続いて、ペナン島市の環境部長の Mr. Mubarak よりペナン島市の廃棄物管理の現状と課題についての発表が行われた。要点は次のとおりである。

- 以前はペナン島市からマレー半島に船でごみを輸送していたが、ペナン第 2 ブリッジの建設が開始され輸送が出来なくなり、トラック輸送となってからコストが高くなった。3 年後の完成を目途に新しいごみ処理センターの建設中である。
- 建設廃棄物の重量は大変大きいため、埋立地には運搬せず、ペナン島市内の Jeluton 埋立地に投棄している。土地開発が進むペナン市では年間 22 万トンの建設廃棄物が発生しており、2010 年新政府になってからは一日に 1,000 トンの処理をしている。このうち海洋汚泥が最も重量が大きい。
- 廃棄物処理の清掃事業費は 2013 年には 5,900 万リンギットであり、さらなる削減が必要である。2012 年の回収処理費用 (Tipping Fee) は、20.20 リンギット/トンである。
- 今後は住民の意識向上とすべてのごみのリサイクル回収に力を入れたい。
- Food to Food プログラムという Bio Rigen 社の技術を利用して、生ごみを肥料に変換するゼロエミッションのプロジェクトを実施している。
- 木質廃棄物が一日に 150～200 トン排出されており、この廃棄物を加工して再利用したい。これをシステム化することでごみ処理費用を削減したい。廃棄物集中処理をすることでごみ分別処理にもつなげたい。
- 98 か所に太陽光発電付きのリサイクルごみ箱を設置したい。またスーパー、ホテル、企業等にパソコン回収センターを建設したい。

次に、川崎市より「川崎市の低炭素都市形成に向けた取り組みと廃棄物政策」について発表が行われた後、ペナン州と川崎市間のプロジェクト覚書【マレーシア州と川崎市の間の“Waste to Energy 技術によるペナン低炭素都市形成支援事業”に関する覚書】のための署名式が川崎市の

荻原氏とペナン州地方政府・交通管理環境大臣の Mr. YB Chow Kon Yeow の間で締結された後、キックオフ会議は閉会となった。



キックオフ会議の様子



プロジェクト覚書の締結



GECより事業説明



川崎市の取組の発表

(2)プロジェクト会議

日時・場所	2013年8月20日(火) 14:30～16:30 シティテル・ペナンホテル 会議室
参加者	60名
会議結果	
<p>キックオフ会議後に、午後にプロジェクト関係者会議を開催し、国内研修等の本事業のスケジュール等について説明を行った。この研修では、ペナン側からのニーズを取り入れつつ、本事業の協力可能な内容について協議を盛り込んだ充実した研修としたいとの意見が述べられた。また、ペナン州側への事前の情報提供として、川崎市より「川崎市の一般廃棄物管理」についての発表が行われた。</p> <p>質疑応答、協議、リクエスト内容は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Waste to Energy 技術に関連して焼却処理をどう考えているのか。(ペナン州) <ul style="list-style-type: none"> →リサイクル分別できないごみを焼却しサーマルリサイクルプラントで電力とする。大都市 	

では土地が少ないため焼却技術が必要である。(日本)

- 発電所施設の財源はどこから出ているか(ペナン州)
→ 市民税で賄っている。(日本)
- 今課題となっている廃棄物問題は、海洋廃棄物(マリンクレイ)、新しいごみ中継施設の建設、木質廃棄物の処理である。(ペナン州)
- 廃ガラス処理、有機ごみでコンポスト以外の処理法、グリーンコール(燃料)技術、蛍光灯処理技術についてもペナンでは課題となっているが、川崎市ではどのように処理されているか。(ペナン州)
- ガラスは色別に分別をし、普通ごみの危険物として回収後、不燃ごみとして埋立地処理をしている。木質廃棄物については分別は特にしていない。蛍光灯はガラス危険物として焼却しているが、ボランティアベースで拠点回収をして市が処理業者に処理依頼をしている。電池は専門業者が回収し、リチウムは民間企業がリサイクルを行っている。(日本)
- 木質廃棄物はストーカー炉で普通ごみと一緒に焼却する。(日本)
- 2013~2015年でペナン州で廃棄物政策計画の新しい政策をつくる予定はあるか。(日本)
→ 環境方針の5つのステップとして①意識啓発、②教育、③行動変化、④警告、⑤取締りを考えている。特に⑤取締りについて中央政府の代わりに当州で管理ができる。(ペナン州)
→ 廃棄物管理については川崎市のレベルに続きたいと考えている。(ペナン州))
→ スランプライ市、ペナン島市は低炭素都市の実現に向けて新制度に基づいて実施したい。川崎市研修でその点を色々と学びたいと思っている。(ペナン州)
→ ペナン州は土地が少ないのでゼロ廃棄物を目指している。廃棄物のごみではなく資源であることを教育したい。税金を処理費用に出来るだけ使わないように、リサイクル、分別を実施し、将来は2週間に一回のごみ収集としたい。金属、プラスチックの回収も行いたい。(ペナン州)
- ごみ発生量はペナン島市とスランプライ市を合計すればよいか? 二つの市はごみ組成も違うか。(日本)
→ ペナン島市はスランプライ市より土地も限られている。よって処理方法もより高度である。またスランプライ市は産業も発展しているのでごみ組成もペナン島市とは異なる。(ペナン州)
- 廃棄物問題として不法投棄などの不適正処理問題はあるか。また産業廃棄物では如何か。(日本)
→ Jeluton 埋立地の開発に関する住民反対があるが、同意を求めてから進めることとしている。(ペナン州)

→ 産業廃棄物の不法投棄については、GPS システムをトラックに搭載した業者のみを廃棄物回収業者として登録する。移動場所を記録しモニタリングを行うことで不法投棄を防ぐ。(ペナン州)
→ 有害廃棄物は連邦政府の環境省が管轄で厳しく管理を行っているので、ペナン州の管轄ではない。(ペナン州)
● 木質廃棄物で木工材パレットを作成したい。または RDF として再利用したい。(ペナン州)
● 蛍光灯処理施設が必要である。限られた土地、水源が汚染されると大変な事態となる。今、省エネ志向で蛍光灯を LED に切り替える人が増加し、蛍光灯処理が重要な問題となっているので、9月の研修では蛍光灯処理施設を見学したい。(ペナン州)
→研修受入れを検討する。(日本)
● 海洋廃棄物(マリンクレイ)を焼却炉でレンガに変換する技術を持っていないか(ペナン州)
→検討する。(日本)
● カーボンクレジット取引の詳細について知りたい。また、日本、川崎市のリサイクルの取組みとリサイクル法について学びたい。マレーシアには法律はあるがリサイクルについてはまだできていない。(ペナン州)
→9月の研修で講義を取り入れる。(日本)
● ゼロ廃棄物の取組みとして 2015 年に向けて廃棄物の新廃棄物回収システムを導入したい。(ペナン州)
→ごみ分別、ごみ運搬、交通手段、人口の計算方法、回収路線等を考えてシステムを作るべきである。(日本)

(3) 現地調査

日時	2013 年8月 21 日(水) 9:00~16:30
調査場所	Taman Desa Damai 環境リソースセンター、Bagan Ajam Market Compost Project、Ampang Jajar ごみ中継基地、Pulau Burong 最終衛生埋立処分場と資源回収施設
調査目的	NGO の3R 活動、市場等からの食品廃棄物のコンポスト化処理や廃棄物の適正処理として中継地や処分場等の現状を把握する。
調査結果	
<p>○Taman Desa Damai 環境リソースセンター (スランプライ市ゼロ廃棄物コミュニティーの活動視察)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 当該センターは 2009 年 9 月にスランプライ市によって設立され、ごみの資源化活動を目的とし、自治体、民間、住民とのパートナーシップを構築し運営されている。 ● オーガニック農法に関する環境教育研修を行い、クアラルンプールその他に出張研修も行う 	

ている。

- ここで収穫される野菜は化学肥料を一切使用していない。現在、マレーシア農業省から有機野菜の認証されるのを待っている。有機野菜として認証されれば市場販売して利益をセンターの活動資金に充てたい。(現在資金はペナン州政府からの補助金のみ)
- 川崎市、ペナン州間で環境活動に関する提携活動を行いたい。
- スタッフは全てボランティアであり、年齢も様々である。センター規則に基づいて運営管理がなされている。



Taman Desa Damai 環境リソースセンターの説明

○Bagan Ajam Market Compost Project

- ペナン州政府、スランプライ市が市場や企業の食堂の生ごみを収集してコンポスト活動を行っている現場を視察。あらかじめ発生源で生ごみとその他を分別している。
- ごみ集積所に集められた後、コンベヤー機で2次分別を行う。(夕方5-7時)
- 一日に4トンの生ごみ処理が可能。簡単なコンポスト化機械で、自動発酵させ、肥料とする。菌は1か月に1回混ぜる。
- 出来た肥料は農家や施設、オーガニック店に販売している。(1キロあたり 6MR=約 200 円)
- 稼働2年目で採算が取れている。
- 大企業から生ごみを回収するため、調達のボリュームに関する問題は特にない。
- 定期的に生ごみ肥料(コンポスト)化のキャンペーンや企業研修を行っている。



Bagan Ajam Market Compost Project 施設



完成したコンポスト肥料

○Ampang Jajar ごみ中継基地(有価物回収とごみ圧縮)

- 以前は廃棄物埋立処分場であった場所で、現在は廃棄物の受入を終了した場所に中継施設が設置されている。スランプライ市の私有地であり、面積は 52 エーカーである。
- ペナン島市及びスランプライ市の北部区域及び中央区域の廃棄物は、一旦、この中継施設に搬入に搬入され、圧縮された後、Pulau Burong 最終埋立処分場に運搬されている。(ペナン島市の廃棄物がここに搬入されるのは、ペナン第2大橋の工事が終了して、ペナン島市の Batu Maung 中継基地が再稼働するまでの期間のみ。)
- 粗大廃棄物(Bulk Waste)と植栽剪定廃棄物(Green Waste)がこの中継施設に運搬され、一部がチップ化やコンポスト化されている。将来、これらの木質廃棄物を資源化、エネルギー化するプラントを導入したいと考えている。再利用、処理されない木質廃棄物はそのまま埋立地へ運搬されている。プラスチック、ビン、缶等の回収事業も行っている。
- 24時間稼働で、1日に 1000-1200トンのごみ処理を行っている。(廃棄物受入れ時間:ペナン島市は午前中、スランプライ市は午後に分けて受け入れている)
- ごみ収集トラックに縦型サイロを 2 つ搭載し、30トンまでの運搬が可能である。
- ごみ収集は 10-14 時がピークで、大型車は1日に 2-3 往復、小型車は1日に 6 往復。
- 午前に 180 台、午後に 180 台を受け入れ、ごみをコンパクト化して埋立地まで 25 往復とすることで交通量をセーブしている(カーボンフットプリント量も減少)。
- 平日では1日 1200トン、祝日は 600-700トンのごみ量が発生する。
- サイロからの浸出水は排水処理装置で適切に処理されており、水はリサイクルされる。定期的にデータ分析をして環境省に提出され、いずれも基準を満たしている。
- 有害物質を含む沈殿物は脱水・乾燥後、クオリティ・アラム社(マレーシア連邦政府指定の有害廃棄物処理公社)に依頼し処理している。この有害廃棄物処理料は1トンあたり 1500MR (約4万5千円)
- ペナン州の「食品廃棄物(Food Waste)、粗大廃棄物(Bulk Waste)、植栽剪定廃棄物(Green

Waste)の再生プロジェクト」のモデル実施が、ペナンの地元企業 Infitech Machinery DSN BHD が受注し行われている。

その内容は、次のとおりである。

- ① 搬入される粗大廃棄物に含まれる廃材や剪定廃棄物に含まれる伐採木などの木質廃棄物は、破碎機によって細かく碎かれ、この木材チップ(現地ではこれを Green Coal または RDF と呼んでいる)をペナン州内の工場等のボイラーの燃料として売却する。
- ② 搬入される剪定廃棄物に含まれる草や葉、並びに、食品廃棄物は回収され、メタンを発生しない好気性の生物発酵プロセス(Groundswell process というオーストラリアの技術)を用いて分解させる。有機物の分解でメタン発生が抑制される。木材チップもこの目的に利用できる。
- ③ 搬入される廃棄物からプラスチック廃棄物が手作業で回収され、破碎して売却される。廃プラの破砕品の売却先の一つとして、ランカウィ島にあるセメント工場(日系資本)での原燃料などがある。
- ④ ペットボトル、スチール缶、アルミ缶も分別されて、圧縮されバールにして、リサイクル業者に売却される。上記のうち、廃プラ、ペットボトル、スチール缶、アルミ缶は、搬入される廃棄物のなかから手作業で回収されており、その作業効率をあげるため、ベルトコンベヤが設置されている。

なお、ガラスの回収が行われていないのは、ペナンではガラスをリサイクルできる用途・施設がないためである。



中継基地内の廃棄物の圧縮施設及び
圧縮された廃棄物を運搬するための専用コンテナ



剪定廃棄物のうち伐採木が集められているエリア
(ただし廃プラ等もかなり混在している)



木材チップを好気性生物分解させ堆肥にする



排水処置装置



Ampang Jajar ごみ中継基地



回収車に搭載するサイロ



木質系廃棄物のコンポスト化



Ampang Jajar ごみ中継基地の排水処理施設

○Pulau Burong 最終衛生埋立処分場と資源回収施設

- 処分場の概要は次のとおりである。

処分場は総面積 190 ha のペナンの最終処分場で、次の区画から構成されている。

Phase 1: 32.4 ha — 現在供用中、処分場分類レベル3、準好気の「福岡方式」適用、残存寿命約 3 年

Phase 2: 18.9 ha — 現在供用中、処分場分類レベル3、準好気の「福岡方式」適用、残存寿命約 10 年

Phase 3: 130 ha — 新規予定地(未供用: 2015 年供用開始を計画)、処分場分類レベル4

湿原地: 10.2 ha — 野鳥の飛来地として整備中→将来、エコパークとなる

参考: マレーシアでの廃棄物処分場の分類

- Level 0: Open dumpsite(無管理の投棄)
- Level 1: Controlled tipping(受入廃棄物の管理あり)
- Level 2: Controlled landfill with bund and daily soil cover(受入廃棄物の管理、堰堤、覆土あり: 日本の安定型処分場に相当する管理)
- Level 3: Sanitary landfill with leachate recirculation system(浸出水循環システム付きの衛生埋立)
- Level 4: Sanitary landfill with leachate treatment system(浸出水処理システム付きの衛生埋立: 日本の管理型処分場に相当する管理)

- 処分場の管理はスランプライ市とペナン島市の共同管理であるが、実際の運営は民間企業の PLB Terang Sdn. Bhd.社に委託されている。
- 廃棄物の受入量は、約 1,700トン/日である。従業員は9名で、その他にスカベンジャーがプラスチック、缶、メタル、ペットボトル等の有価物の回収を行っている。現在、6-10トン/日の資源回収をしているが、新たに資源回収(MRF)施設の導入することにより 80-250トン/日の資源回収が可能となると見込まれている。この施設で 320 人を雇用し、回収されたプラスチックごみからペレットを作成することが検討されている。
- 処分場管理の委託は、2012年8月から20年間のコンセッション契約であり次の内容を含む。
 - ペナン島市・スランプライ市から発生する一般廃棄物・建設解体廃棄物・粗大廃棄物・産業廃棄物で特別指定されたもの以外の受入れ
 - Phase 1 エリア及び Phase 2 の施設の維持管理及び滲出水の処理
 - Phase 3 エリアでの新たな埋立処分場の建設(Level 4)
 - 処分場周辺への環境対策
 - 見学者施設の建設
 - 資源回収のための施設(Material Recovery Facility: MRF)の建設およびその運営(金属・プラスチック・紙などの回収、有機ゴミのリサイクル(肥料化))
 - 許可を受けたものの受入れ
- 搬入された廃棄物から回収された廃プラスチック類は、手作業でさらに分別され、破碎して売却されている。また、金属類も手作業で分解されている。先月、分別の効率を上げるためベルトコンベアを設置したところである。
- 処分場の覆土・整地は行われている。ただし、埋立処分方式について、Phase I エリア及び Phase II エリアでは、福岡方式を採用しているとのことであるが、実際には、現在の前の処分場運営業者が不適切な埋立を行っていたため、滲出水の循環がうまくいっておらず、埋立の内部は嫌気状態になっているとのこと。

- フランスの Bionesis 社はフェーズ 2 埋立地におけるメタン回収と発電の権限が与えられているが、何の技術を利用するかは不明。当社は電力利益の一部をペナン州政府に支払うこととなっているが計画が不透明である。
- 排水処理は逆浸透膜技術を利用しているが、フェーズ 3 では別の技術を使用する予定である。



衛生埋立処分状況



浸出水処理池(手前)と人工湿地(奥)



福岡式(准好気性)埋立地(フェーズ2)



浸出水処理装置



資源回収ヤードの全景と回収物圧縮用の機材



回収・破碎された廃プラスチック(MIX)



分別用ベルトコンベア



機械廃材の手分解の状況



Pulau Burong 管理担当者による説明

日時	2013年8月22日(木)9:00~15:00
調査場所	ペナンヒル、Heng Ee(恒毅)中学校、Tzu Chi Buddhist リサイクルセンター
調査目的	食品廃棄物の液体肥料化によるリサイクル処理やコミュニティレベルの分別活動の現状を把握する。
調査結果	
<p>○ペナンヒル(エコビレッジの取組み)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ペナンヒルはペナンで最も人気の高い観光スポットであり、2011年に4世代ケーブルカーが完成し、ますます注目を集め観光客も増加している。この背景の中、ペナンヒル公社では、低炭素に向けた開発に力を入れており、持続可能な開発を目指した、グリーン建設、雨水利用、電気自動車、省エネ対策のほか、3R活動として生ごみのコンポスト化(液体肥料化)事業も行っている。このコンポスト事業はペナン島市が管轄している。 	



ペナンヒル公社による事業説明

○Heng Ee(恒毅)中学校

- バイオ液体肥料に処理する装置を設置して、ペナン島市当局と協働での“Food to Food”プログラムに参加している。この装置は、ロータリークラブからの寄付であり130人の生徒がこの事業に参加し、生徒だけでこの装置及び事業を管理している。
- 300～400人規模の生徒用の学校食堂からの食品廃棄物のほか、生徒が家庭から持参する食品廃棄物を、生徒自身が処理する。処理装置はロータリークラブが費用を提供。学校のPTAや環境クラブも活動を支えている。
- 生ごみが衛生的に処理できるだけでなく、環境教育、コスト削減、出来た肥料は学校の植木等に利用するなど、成功した有機廃棄物処理の取組みとしてメディア等にも取り上げられている。



Heng Ee 中学校の”Food to Food”プログラム



生徒による生ごみの液体肥料化のデモの様子

○Tzu Chi Buddhist リサイクルセンター

- Tzu Chi Buddhist リサイクルセンターでは、ボランティアでゴミ分別活動が行われている。分別品目は、紙、衣類、プラスチック袋、缶、廃家電、など。リサイクル品の売上金は全て寄付さ

れている。

- 土地は使わない施設を地主が無料でこの活動のために貸出しをしている。



住民によって整頓された分別ごみ

4. 1. 3. 国内研修

(1) 研修目的

国内研修は、2013年8月20日に開催した現地キックオフ会議やプロジェクト会議の結果を受け、ペナン州で抱える廃棄物管理に関する課題解決や低炭素都市形成プロジェクトを具体的に進めるために必要な情報や専門知識を交換するために実施した。本研修を通じて、川崎市の企業が強みを持つ環境技術、特に低炭素技術を提供し、ペナン州の低炭素都市の形成とグリーン成長の形成につなげること、また、川崎市に拠点をおく事業者への視察見学を実施し、事業者の低炭素都市形成に向けた実践的な取組についてのインプットを提供した。

なお、本研修は、ペナン州の廃棄物管理の政策に関する内容であるため、ペナン州からの招聘は、州等の議員や行政関係者等の12名が来日された。

表 12 招聘者リスト

Waste to Energy技術によるペナン低炭素都市形成支援事業に係る川崎市研修参加者リスト			
	名 前		役 職
1	フィー・ブーン・ポー	Mr. Phee Boon Poh	ペナン州政府 環境・厚生福祉担当大臣(団長) State Minister for Welfare, Caring Society and Environment
2	サニヴィスバラ・ネタジ・ライヤー・A/L・ラジャジ	Mr. Sanisvara Nethaji Rayer A/L Rajaji	ペナン州議会議員 State Legislator
3	スーン・リー・チュウ	Mr. Soon Lip Chee	ペナン州議会議員 State Legislator
4	ナ・ウェ・アイ	Mr. Ng Wei Aik	マレーシア国会議員 ペナン州知事室 Member of Parliament, Parliament of Malaysia, Chief Minister's Office
5	ウイ・チュアン・アン	Mr. Ooi Chuan Aun	マレーシア国会議員 ペナン州知事室 Member of Parliament, Parliament of Malaysia, Chief Minister's Office
6	アン・アング・タ	Mr. Ang Aing Thye	ペナン島市 コーポレート部 書記官 Municipal Secretary, Corporate Department, Municipal Council of Penang Island
7	ロザリ・ビン・モハマド	Sir. Rozali Bin Mohamad	スランプライ市 書記官 Municipal Secretary, Seberang Perai Municipal Council
8	ムバラク・ビン・ジュニス	Mr. Mubarak Bin Junus	ペナン島市 都市公共事業局 局長 Director of Urban Services Section Municipal Council of Penang Island
9	モハド・プアド・ビン・ハマド	Mr. Mohd Puad Bin Hamid	スランプライ市 都市公共事業局 Urban Services Department, Seberang Perai Municipal Council
10	コエ・ガック・キー	Ms. Koay Gaik Kee	ペナン州政府 環境・厚生福祉担当大臣付きアシスタント Personal Assistant for State Minister for Welfare, Caring Society and Environment
11	チュア・スー・アン	Ms. Chuah Sue Ann	ペナングリーンカウンシル プログラム計画 役員 Executive, Program and Project, Penang Green Council
12	コー・ハング・テイク	Mr. Khor Hung Teik	ゼロ廃棄物マレーシア 社長 (NGO/コンサルタント) President of Zero Waste Malaysia

(2) 研修内容

研修スケジュールは次のとおりである。

なお、本研修は、9月12日～13日に開催した川崎市とIETC共催の「エコタウン推進のための戦略に関するワークショップ」とのBack to Backで行い、本ワークショップに招聘者は参加し、本事業に関して、日本政府等との関係者と意見交換を行った。

表 13 研修内容

年月日	場 所	研修等の内容
2013年 9月10日	川崎市第3庁舎 特別会議室18階	【9:30～12:30】 研修 ・開会挨拶(川崎市、ペナン州) ・二国間クレジット制度の概要と現状について(IGES) ・Technical challenges and opportunities for improvement of organic waste management in developing Asia (IGES) ・川崎市における廃棄物処理に関する取り組み(川崎市) ・日本のリサイクル制度について(GEC)
	横浜市鶴見区	【14:00～16:30】 視察 ・鶴見蛍光灯リサイクル工場(JFE環境株) 蛍光灯のリサイクル施設 ・横浜クリーン資源化工場(JFE環境株) 建設廃棄物の選別施設

2013年 9月11日	川崎市川崎区	【9:30～11:30】視察 ・木質系バイオマス発電(川崎バイオマス発電株)
	川崎市第3庁舎 特別会議室18階	【13:00～16:30】ディスカッション ・研修プログラムの Wrap-up セッション ・ペナン低炭素都市形成支援事業に関する今後の活動について ・閉会挨拶

(3) 研修結果

研修1日目	
<p>○開会挨拶</p> <p>川崎市環境局長 稲垣正氏より</p> <p>ペナン州は2006年にUNEP-IETCが実施する「エコタウンプロジェクト」を通じて川崎市と連携、協力関係を構築してきた。本事業は日本環境省が実施する「アジア低炭素社会実現社会のためのJCM大規模案形成事業」の枠組みで実施されており、先月キックオフ会議がペナンで開催され事業の覚書が締結された。これに関連して川崎市は4月より温室効果ガスの削減量を評価する「川崎メカニズム」という認証制度を開始しており、地球環境問題に貢献する環境技術の促進を目指している。今後は「グリーンイノベーション」技術により海外展開を促進し、川崎市の有する環境技術を海外に紹介するとともに、地域、地球レベルの環境問題解決に寄与して参りたい。本研修ではペナン州の皆様幅広い内容の講義、視察を踏まえて川崎市の低炭素都市形成と統合廃棄物管理の取り組みについて理解を深めていただきたい。</p> <p>ペナン州環境大臣 フィー・ブーン・ポー氏より</p> <p>ペナンは2006年以来UNEP-IETCのエコタウンプロジェクトを積極的に実施している。これまで川崎市には環境分野に関する様々な情報提供をして頂き大変感謝している。ペナンは東南アジアの中心に位置していることから、グリーンイニシアティブのリーダー的役割を担いたいと考えている。ペナンは1992年のリオ宣言を推進しており、その他色々なグローバルイニシアティブに参加している。2010年にカンクンで開催されたCOP16ではクライメートアライアンスのメンバーとなり、2011年には国際廃棄物協会(ISWA)のメンバーとなった。2013年はCCAC都市の一つとして参画し、先月8月には低炭素事業実施に関するMOUを川崎市と締結するなど今年にはペナン州政府にとって重要な年となっている。</p> <p>また、ペナン州はPCM(Penang Carbon Mechanism)というJCMと同様など独自の取組みを実施しているため、本研修ではこのメカニズムについて詳しく学びたいと考えている。また川崎市にある日本の環境技術を取り入れ、グリーン経済を発展させることで低炭素都市を実現し、国際的プレイ</p>	

ヤーとなることを目指している。ペナンはこの実現に対して高い政治的意思と決意を持ち、安全でクリーンで健全な都市を形成したいと考えている。ペナンは東南アジア、全アジアのゲートウェイである。よって日本企業にとって大変良い投資の機会として捉えていただければと思っている。



開会挨拶



集合写真

○二国間クレジット制度の概要と現状について



講師:(公財)地球環境戦略研究機関

気候とエネルギー領域エリリーダー

小坏 一久 氏

二国間クレジット制度(JCM)の概要、最新の動向やJCM活用のメリット等について紹介された。

【ペナン州側の質問・意見】

- ・ペナンにもPCMという同様のメカニズムがありそのプロセスには共通点も見られるが、重要なのは“達成可能なメカニズム”であることと考えている。(PCMのプロトコルの構築、Verification、モニタリングは外部組織に委託している。)現在ペナン州はメタン発生の低減化によってGHG排出の抑制を図るCCACプロジェクトにも取組んでおり、この目標とも合致していることからJCMは歓迎すべきものである。よって今後も日本と一緒に包括的な取組みをしていきたいと考えている。
- ・発表の中で「メタン回避」を対象とするJCMプロジェクトは全体の2%とあったが、焼却炉のない国や都市もあることを考慮するとGHG削減のためには5%程度に引き上げるべきと考える。メタン回避メカニズム、ゼロ廃棄物、ごみ分別などの分野にもっと焦点を当てて欲しい。

【日本側の意見等】

- ・JCM実施については、単なる技術移転の実施だけでは不十分であり、政治的意思と関係者(自

治体、企業、市民など)の協力を得ることが大切である。メタン回避については廃棄物管理に関するサービスなどを取り入れたパッケージ化したものを提供するのが望ましいと思われる。

○Technical challenges and opportunities for improvement of organic waste management in developing Asia



講師:(公財)地球環境戦略研究機関

Janya Sang Arun 氏

途上国の共通課題である有機廃棄物の処理対策や事例紹介された。

【ペナン州側の質問・意見】

- ・有機ごみをコンポスト化する活動をしているが、コンポストのマーケットを確保するのが難しい。付加価値をつけるなどの何か良い方法はないか。
- ・ごみ処理を日本のレベルにまで到達させるためにはどうすればよいか。

【日本側の意見等】

- ・アジアの途上国ではハードウェア(施設、技術)よりもソフトウェア(意識啓発、教育、政策立案)の取り組みがより重要であるが、これについてはペナンで実施され成功していると言える。
- ・まずは質の良いコンポストをつくること。そのためにはしっかりとごみの分別を行うことである。そしてコンポストは植物に良い肥料であるという意識啓発を行うことである。
- ・市民に対して3Rなどの意識啓発を積極的に行うことである。例えば市民にリサイクル工場や埋立地への見学を許可して現場の現状を見てもらうことによりごみ処理に対する市民の理解と協力が得られると思われる。ただし、市民のごみに対する習慣を変えるには長い時間(2年以上)を要するであろう。

○川崎市における廃棄物処理に関する取組み



講師:川崎市環境局廃棄物政策担当係長 木下佳也 氏

8月の現地キックオフ会議・視察で見たペナン州の取組や課題を踏まえ、川崎市の分別・資源物収集の経緯や廃棄物発電、埋立処分場の管理、その他、環境教育・市民協働などの取組をペナン州との比較を交えて紹介された。

○日本のリサイクル制度について

講師:(公財)地球環境センター 事業部企画調整課 課長 三原 眞 氏

循環型社会の構築のために整備された日本の各種リサイクル法の概要を紹介し、大量に発生する廃棄物、有害あるいは貴金属やレアメタルを対象とし、拡大生産者責任(EPR)の下、適正な回収とリサイクルを義務付けている。途上国でも確実にリサイクルすべきものを法律で定め、関係者の役割やリサイクルの義務化の必要性を伝えた。

○視察1:鶴見蛍光灯リサイクル工場(JFE 環境株)

所在地:横浜市鶴見区末広町 2-1-8

【処理の概要】

- 本工場は日本にある 5-6 の大規模工場のうちのひとつである。
- 直管、丸管、コンパクト管の蛍光灯を受け入れている。(産業廃棄物、一部家庭ごみからの受け入れ)
- 一年間で 4000 トンの蛍光灯(1,600 万本)を処理している。
- 処理工程は次のとおりである。

口金切断・水銀除去 → 粉碎、回収 → 水銀蒸留と洗浄作業

リサイクル原料(リサイクル製品):水銀(蛍光灯、水銀製品)、蛍光粉、鉄、アルミ、プラスチック、ガラス(ガラスウール、断熱材)



鶴見蛍光灯リサイクル工場内



集合写真

【ペナン州側の質問・意見】

- ・運送中に割れた蛍光灯はどのように処理されるのか。
- ・LED は取り扱っているか。蛍光灯回収は有料か。

【日本側の意見等】

- ・破損した蛍光灯は、工場に搬入後、適切に化学処理を行い、水銀を取り出している。
- ・LED は取り扱っていない。横浜市から水銀処理ライセンスのみ許可されているため。

・処理は有料である。事業者から連絡を受けて有料で回収する。収集運搬費も費用に含まれる。家庭ごみからの回収については市民の税金からの支払いとなる。

○視察2:横浜クリーン資源化工場(JFE 環境株)

所在地:横浜市鶴見区末広町 2-1-5

【処理の概要】

- 受入れ品目(建設廃材、産業廃棄物)→廃プラスチック、木くず、金属くず、ガラスくず、コンクリートくず、がれき類、紙くず、繊維くず、ゴムくず、等
- 処理フロー →①一次選別、②ベルトコンベヤの手選別ラインにて2次選別、③残渣を粉砕機で粉砕、④セパレーターにてさらに3種類に選別、⑤風力選別機で木くず、廃プラを回収、⑥比重選別機で砂利、木くず、廃プラを分別回収
- リサイクル原料 →廃プラスチック減量、金属くず、再生紙、再生繊維、再生木くず、石膏(セメント原料)、再生砂、砂利



横浜クリーン資源化工場



質疑応答

研修2日目

○視察3:川崎バイオマス発電所(川崎バイオマス発電株)

所在地:川崎市川崎区扇町 12-6

【処理の概要】

- 3社共同出資のプラント(川崎バイオマス発電(株)、ジャパンバイオエナジー社、等)
- 産業廃棄物の木質廃棄物から燃料チップを製造し電力発電を行っている。
- 一日600トンの燃料が必要であるがここで製造できるのは200トンに限られるため、400トンを外部購入している。
- 住友共同電力(株)が運転と経営、住友林業から燃料チップを調達、古橋EDP(株)が木質廃棄物リサイクルを行い、この3社でうまく運営がされている。
- 川崎市に工場建設した理由 →住宅廃材が大量に集まるため常に安定した燃料の供給が可能であること。発電所設備は高額費用が必要なため、安定的、長期的な燃料調達が必要であ

る。

- 日本では数少ない都市部に位置する専焼（建設廃材からのバイオマス燃料のみを使用した）の発電所で日本最大級のプラントでもある。
- 木質燃料から出来た灰は産業廃棄物となるため、セメント材料や路面強化剤として 90%を再利用している。
- 建築廃材を原料として 3 段階のマテリアル利用（①製紙用、②建築用、③原料（燃料））に分けて利用している。
- 発電パワーを下げないために燃料（木質廃棄物）供給会社には質の維持について常に協力をお願いしている。
- 今後建築廃材は減少傾向にあるため、補助（代替）燃料の確保にも力を入れている。（例：コーヒーや大豆の搾りかす、パームカーネルオイルなど）

【ペナン州側の質問・意見】

- ・ 燃料チップは無料で調達しているのか。
- ・ この海拔高度はバイオマス発電所設置場所として適切か。
- ・ 建築廃材に付着している化学物質はどのように処理しているのか。
- ・ この発電所の主な収入源は何か。
- ・ フィードインタリフ（FIT システム：固定価格買取制度）は導入されているか。供給燃料（木質廃棄物）のカロリー一価の基準はあるか。
- ・ 地方都市には発電所は何か所あるか、またその発電量は。
- ・ バイオマス発電の技術特許はあるか。
- ・ ペナンでは燃料チップを大量に生産しているが、ここでの受け入れは可能か。
- ・ 総建築費用は。
- ・ 供給燃料（木質廃棄物）のカロリー一価の基準はあるか。

【日本側の意見等】

- ・ 燃料チップは、有料で購入している。
- ・ この工場は、特に適した海拔高度ということで建設したのではないが、災害危機管理として地震、津波を想定し対策を行っている。
- ・ この工場では法律により化学物質の処理はできない。塗料やビニールが付着した廃材は、ダイオキシンが発生しない 800-900 度の高温炉で焼却されている。（これについてはダイオキシンの濃度測定も行っている。）
- ・ 大口電力の売電である。現在、JX日航エネルギー社、東京電力へ売電している。この発電所ではフィードインタリフは利用されていない。新エネルギーとして売電している。

- ・ 供給燃料(木質廃棄物)のカロリー価は、平成 23 年 3 月の林野庁データで次のとおりである。
バイオマス専焼: 23 か所 規模 1,300kW~33,000kW
バイオマス混焼: 19 か所 規模 1,200kW~1,800,000kW
- ・ 本工場のバイオマス発電の技術特許は、特にない。
- ・ ペナン州からの受入は可能ではあるが、買取価格が安く運送料金の方が高くなると思われる。
- ・ 総建築費は、おおよそ 100 億円と想定される。



川崎バイオマス発電所(原料保管)



バイオマス発電

○研修プログラムの Wrap-up セッション

本研修内容に関して、次の質疑等があった。

<質疑応答>

Q: 横浜クリーン資源化工場で、発生した埃(粉じん)による作業員への影響・対策は。

A: 処理工程に影響の無い範囲で散水を実施している。また作業員には、マスクの着用など安全対策を行い、健康診断も行っている。

Q: 事業者による廃棄物処理費用の支払い方法、料金は。

A: 許可を持った廃棄物処理会社との契約により支払われる。そのため、処理料金も廃棄物の種類や量によって色々ある。また、一部、自治体でも事業者からの廃棄物を処理しているが、この場合も事業者から処理費用を徴収している。

Q: 廃棄物処理のビジネスは成り立っているのか。

A: 許可を持った廃棄物処理会社が増えてきておりビジネスはある。また例えば、リサイクルの法律を策定するなど政策を進めるとそれに関係して新たな事業が発生してくる。

○ペナン低炭素都市形成支援事業に関する今後の活動のディスカッション

本研修以降の 2013 年度の活動として、GEC から今後の活動について説明を行った。概要は次のとおりである。

- ・GHG 削減に関しては、有機廃棄物の埋立量を削減し、最終処分場からの GHG を削減すること。そのため、現行ペナン州が行う廃棄物の分別収集をさらに向上させ、廃棄物全体の排出量を抑制することである。
- ・また、排出された廃棄物については、高度な選別、RDF やコンポスト等の技術を導入し、リサイクル処理を優先していくこと。処分しなければならないものは、バイオマス発電を行っていくことである。
- ・2015 年度に技術導入を目指し、2013 年度は、マスタープランを作成し、2014 年度は技術導入のための制度・戦略づくりを行う。

【ペナン州側の意見等】

- ・最終処分量の削減には賛同である。RDF やコンポストといった技術は、2014 年度でも導入は可能と考えている。しかし、発電となれば連邦政府の了解が必要となり、ペナン州だけで進めていくのは難しい。
- ・日本側の提案に対し、誰がいつまでに、どのようなことを行うのか示して欲しい。

【日本側の意見】

- ・ペナンで事前説明(6月)した際には、バイオマス発電の提案は賛同された。今回のプロジェクトの結果を踏まえ、州から連邦政府にも提案してはどうか。また、2014 年度に導入可能な RDF 等についても日本側でメリット・デメリットなどを整理や提案もしていきたい。
- ・今後の活動として、今回の研修等を踏まえ、ペナン州側で廃棄物の分別収集による減量化の向上、グリーンイノベーション技術の導入による新たな有機廃棄物の処理対策を推進していくための計画(骨子)を作成していただきたい。これに対し、日本側からアイデアや提案などを示し、年内までにそれを仕上げ、来年1月のワークショップで報告したいと考えている。

4. 1. 4. ペナン州の廃棄物管理に関する制度設計支援

ペナン州の廃棄物管理に関する制度づくりの支援として、本事業の推進、また、ペナン州の廃棄物管理においてニーズのあったごみ分別に関する法規制について、以下の川崎市の条例、規則、廃棄物処理に関する計画、事業者の排出者責任の原則に則った指導計画等及び日本の廃棄物関連法制度を提供し、行政、市民、事業者それぞれの義務や役割などを明確にし、制度設計することが重要であることを助言した。

【川崎市の廃棄物関連法制度】

- 川崎市一般廃棄物処理基本計画における行動計画改定案の概要
The Kawasaki Challenge for the 3Rs (Kawasaki City's Basic Plan for General Waste Disposal-summary version)
- 川崎市一般廃棄物処理基本計画—かわさきチャレンジ・3R行動計画改定案
- 川崎市廃棄物の処理及び再生利用等に関する条例
- 川崎市廃棄物の処理及び再生利用等に関する条例施行規則

【国レベルの廃棄物関連法制度】

- 循環型社会形成推進基本法 (Basic Act on Establishing a Sound Material-Cycle Society)
- 循環型社会形成推進基本計画 (Fundamental Plan for Establishing a Sound Material-Cycle Society)
- 廃棄物の処理及び清掃に関する法律 (Waste Management and Public Cleansing Law)
- 廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令 (Cabinet Order of Waste Management and Public Cleansing Law)
- 廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行規則 (Regulations of Waste Management and Public Cleansing Law)
- 資源の有効な利用の促進に関する法律 (Law for Promotion of Effective Utilization of Resources)
- 食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律 (Law for Promotion of Recycling and Related Activities for the Treatment of Cyclical Food Resources)
- 容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律 (Law for Promotion of sorted collection and recycling of containers and packaging)

4. 2. 調査結果等

4. 2. 1. Waste to Energy技術その他廃棄物の処理技術の導入

2013年度の調査結果より、現状のペナン州の廃棄物管理の状況や施策等を考慮し、Waste to Energy技術については、主に建築廃材を原料とした木質系廃棄物のバイオマス発電を採用する。このバイオマス発電施設の導入に係るGHGの排出削減のシナリオは、次の図8のとおりである。

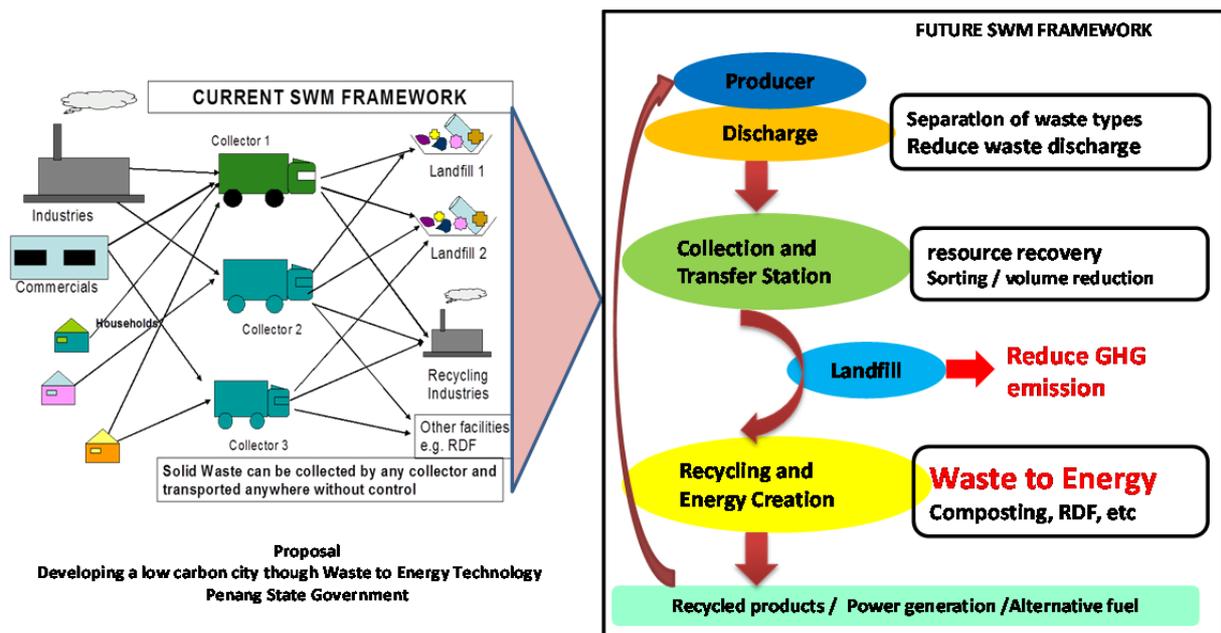


図8 ペナン州の廃棄物管理の現状と将来

ペナン州の廃棄物分野におけるGHGの排出削減は、廃棄物の埋立処分場からのメタンガスを排出抑制することとし、そのため、埋立処分場からのGHG排出の原因となる食品残さや木質系廃棄物などの廃棄物の埋立処分を回避することとした。家庭、商業・産業施設等からの廃棄物の排出源で分別し、資源を回収すること。また、排出された廃棄物は、できるだけリサイクル処理を行い、最終処分する廃棄物を縮減する。最終処分が必要な廃棄物は、バイオマス発電を導入し、エネルギー化を図ることである。本事業では、GHGの排出削減は、廃棄物の埋立処分場に加え、バイオマス発電施設に伴うGHGの排出抑制と回収したエネルギー利用も期待するものである。

なお、木質系廃棄物のバイオマス発電に用いる原料や技術等の設定やその理由については、下記の表14に示す。

表14 バイオマス発電について

項目	対象	理由
バイオマス原料	木質系廃棄物 (主として建築廃材)	<ul style="list-style-type: none"> 建設廃棄物の年間発生量の将来予測が増加傾向にある。(2010年 1,041,271t⇒2025年 1,328,871t) 建設廃棄物の不法投棄が認められる。 本事業の研修に参加したペナン州政府等の関係者が日本の木質系バイオマス発電施設を視察し、その技術や施設の環境保全対策に理解されている。
変換技術	燃焼方式又はガス化方式	<ul style="list-style-type: none"> 発電利用する場合の適切な変換技術として、日本で実績のある技術である。
利用方法	電気	<ul style="list-style-type: none"> 場内利用及び近隣施設等に利用する。

その他 2013 年度の調査では、バイオマス発電以外のWaste to Energy技術として固形燃料製造(RDF)、また、廃棄物の適正処理の技術として、蛍光灯リサイクル、建設廃棄物の破碎・選別等の事業化が可能であることを示唆した。

Project	Feasibility of the project
Waste to Energy Technology	Biomass power generation using wood chips or discarded wood from C&D waste
	RDF using green waste, waste mixed, or waste plastic
	Other reduction and power generation technologies
Improvement of Proper Treatment Waste	Fluorescent lamp recycling
	Resource recover though crushing and separation from C&D waste
	Improvement of compost technology

また、2013 年度の調査結果から、低炭素都市形成事業に関して 2014 年度は、次の2点を目標に活動することとした。

(1)木質系廃棄物のバイオマス発電の実現可能性調査の実施

2015 年度以降の事業化を目指し木質系廃棄物のバイオマス発電の実現可能性調査を実施する。

(2)廃棄物の発生源における分別に関する制度策定

バイオマス発電の原料とする木質系廃棄物の安定的な回収や廃棄物の減量・リサイクルを促進するための廃棄物の分別に関する制度をつくる。

4. 2. 2 利害関係者のコメント

上記4. 2. 1のWaste to Energy技術その他廃棄物の処理技術の導入に関する検討結果について、2013 年1月 21 日に開催した現地ワークショップにおいて報告し、ペナン州側から次のコメント等があった

(1)バイオマス発電

- 2014 年度からのバイオマス発電のフィージビリティスタディーについて、日本環境省からの承認はいつ頃もらえるのか、また予算がついていない時期でもフィージビリティスタディーは実施可能か。
- バイオマス発電技術で1t当たりの処理コストや、この技術導入にどんな種類の補助金が得られるかについての情報が欲しい。
- バイオマス発電だけではなく、廃棄物運搬のフィージビリティスタディーも必要である。

- 建設廃棄物処理については、現在 Jeluton 処分場に百万 m³の廃プラスチックが廃棄されており、ペナンには Waste to Energy 技術導入の機会が多くあると言える。

(2) 廃棄物の分別

- ごみ発生源のごみ分別の実施(特に農村部)に係る規制メカニズムはどのようにコントロールされるかとの懸念がある。
- ごみ分別に関する理解は市民から得られると思うが、行動を変えるには時間がかかるであろう。そのためインセンティブやペナルティなどが必要である。
- ごみ分別規制の法律をつくり、商業、産業廃棄物セクターに対しては「ごみ排出者が処理費用を支払う」という原則としたい。市民啓発、教育を実施し 2016 年までには全施行したい。
- ごみ分別の実行後はフォローアップが必要であろう。そうでなければ腐敗ごみは結局最終処分場に行くこととなる。
- 現在、企業向けに発生源処理に関する法律制定の準備をしている。また家庭ごみ(高層マンション、一戸建て、都市、農村部含む)の分別リサイクル法についても作成している。マレーシアの文化に沿った法律策定をするに当たって川崎市からの協力をお願いしたい。

(3) その他廃棄物管理に関する技術等

- この 1 年内で 2017 年に稼働する新しいごみ中継所(Batu Maung)のデザインを決定しなくてはならない。ここにごみ減量施設を建設したいと考えている。(Jeluton 埋立地は閉鎖され、ごみは Batu Maung から船で半島の最終処分場に運搬される予定。)有機ごみ(食品廃棄物)減量の課題もあるので助言をいただきたい。(ペナン島市環境局長 Mr. Mubarak)
- Waste to Energy 事業の他に、熱処理を使用しない有機ごみコンポストも行うべきである。
- フルリサイクルは難しいとしても、蛍光灯処理・リサイクルは大至急検討して欲しい。

4. 2. 3. GHG 排出削減効果

本事業は、主に建築廃材を対象とした木質系廃棄物を対象に、その埋立処分を回避に伴う埋立処分場からの GHG 排出削減とバイオマス発電に利用した場合の公共発電所からの GHG 排出削減がベースラインにある。2013 年度の調査では、事業ベースを想定したケース設定を行い、GHG の排出削減効果を算定した。

【ケース設定】

最終処分場埋立ガス抑制	
ケース概要	現状、Jelutong landfillで搬入されている建築廃材が減量・リサイクル処理されることにより、埋立処分場からの GHG が削減する。
GHG 排出削減の算出方法	建築廃材が埋立処分された量に、単位廃棄物量当たりの排出量を乗じて求めた。 CO_2 排出量 (tCO ₂ /年) = 建築廃材の埋立処分量 (t/年) × 単位廃棄物量当たりの排出量 (tCH ₄ /t) × メタンの地球温暖化係数 (tCO ₂ /tCH ₄) ・排出係数 (tCH ₄ /t) : 0.151 tCH ₄ /t IPCC ガイドラインに示されるデフォルト値 (50%) 等により廃棄物中の炭素含有率に廃棄物中の炭素ガス転換率、発生ガス中のメタン比率を乗じて設定。 ・メタンの地球温暖化係数 (tCO ₂ /tCH ₄) : デフォルト値 21
規模	100t/日 (最大)
稼働日数	300 日/年
GHG 排出削減	95,130tCO ₂ /年・・・①

バイオマス発電	
ケース概要	建築廃材を原料として、バイオマスエネルギーを回収、発電を所内等に消費され、化石燃料を使用する公共発電所において発電される電力による GHG が削減する。
運転条件	送電端効率:24% 低位発熱量 13,000kJ/kg 発電利用効率:50%
規模等	発電定格出力:5,000Kw 建築廃材の処理量:約 91,000t/年(2009 年データ)
稼働日数	300 日/年
GHG 排出削減	19,800tCO ₂ /年・・・②

上記のケース設定における GHG 排出量削減予想(①+②)は、114,930 tCO₂/年となる。

4. 2. 4. GHG 削減以外のコベネフィット効果

本事業は、廃棄物の埋立処分を回避するため、廃棄物の分別徹底や減量化・リサイクルの促進する廃棄物管理システムの改善も行うものである。埋立処分場やバイオマス発電システムの導入によるGHG削減以外に、次のベネフィット効果がある。

(1) 排出源での資源回収の向上

本事業を通じて、川崎市の廃物の分別や減量等に関する法令等を提供し、これを参考に、ペナン州における廃棄物の分別に関する義務規定を制定・施行することにより、家庭、商業・産業施設等の排出源で資源回収が向上する。

(2)リサイクル率の増加と埋立処分量の削減

現状の廃棄物のリサイクル率の目標を早期に達成するとともに、高度な選別施設やたい肥化施設等の廃棄物の減量化・リサイクル施設を導入することにより、より付加価値の高いリサイクル品が得られる。

(3)最終処分場の環境負荷の低減

廃棄物の埋立処分を回避するため、処分場から浸出水の汚染や悪臭の発生等の周辺環境負荷の低減化が図れる。

(4)環境教育の推進・インセンティブ付与

廃棄物の分別や減量化・リサイクルの優良な事業所・施設やバイオマス発電システムは、学校等の環境教育の場の提供でき、また、先進的な取組み事例を公表・推奨することにより、他の事業者のインセンティブとなる。

(5)雇用の創出

廃棄物の減量・リサイクルを促進することにより、資源等の分別回収やリサイクル販路の拡張、また、バイオマス発電システムの導入により、従事者等の雇用につながる。

4. 2. 5. 事業全体費用等の経済性の検討

本事業における GHG 排出削減は、主として廃棄物の埋立処分の回避した結果、既存の埋立処分場からのメタンガスの排出抑制となるため、新たな設備投資の予定はない。

また、処分が必要な建築廃材を原料としたバイオマス発電システムを導入する場合には、規模や発電定格出力等を決定した上で、表 に掲げる検討対象費目について設定が必要である。

表 15 事業全体費用の設定の考え方

項目		設定の考え方
建設費		【想定設備】 燃焼設備(原料供給設備、熱風発生装置、燃焼室、ボイラー、排ガス処理設備、給水処理設備、灰処理設備) 発電設備、土木建築 ※補助金等の資金支援制度を活用する場合は考慮する。
支出	維持管理費	メンテナンス費やモニタリング費
	人件費	施設の運転管理に必要な作業員等の人員数により算出
	減価償却費	(実質建設費-残存価格)/耐用年数(15年)により算出
	残さ(灰)処理	灰処理単価×灰処理量により算出
収入	処理収入(原料)	処理料金単価×処理量により算出
	売電収入	売電価格×売電電力×発電部分稼働日数×稼働時間により算出 ※なお、本事業では、施設内利用を先に考え、この場合は、電力料金の低減で算出する。

収入に関して、処理収入は、ペナン州の埋立処分料金は RM20.20(USD6.70)/tであること、また、マレーシアでは、再生可能エネルギーを発展させるため、2011 年から FIT(Feed-In-Tariff)制度を導入しており、次の表の ように太陽光発電、バイオマス、バイオガス及び小規模水力発電を対象として買取価格を設定している。そのため、事業化にあたっては、これらの前提条件の下、よりコストダウンを図るため、バイオマス発電施設の現地化、また、事業の運営・管理を公共企業が行うなど政府機関の関与等が必要である。

表 16 Renewable Tariffs for Energy Generation, Malaysia

Renewable Tariffs in Malaysia (Proposed for 2011)						
13-Aug-10						
	Years	MYR/kWh	0.1997 €/kWh	1.261 CAD/kWh	USD/kWh	Degression
Solar PV						
<4 kW	21	1.23	0.246	0.310	0.302	-8.0%
>4 kW<24 kW	21	1.20	0.240	0.302	0.295	-8.0%
>24 kW<72 kW	21	1.18	0.236	0.297	0.290	-8.0%
>72 kW<1,000 kW	21	1.14	0.228	0.287	0.280	-8.0%
>1 MW<10 MW	21	0.95	0.190	0.239	0.233	-8.0%
>10 MW<30 MW	21	0.85	0.170	0.214	0.209	-8.0%
Bonus for rooftop	21	0.26	0.052	0.066	0.064	-8.0%
Bonus for BIPV	21	0.25	0.050	0.063	0.061	-8.0%
Bonus for local modules	21	0.03	0.006	0.008	0.007	-8.0%
Bonus for local inverters	21	0.01	0.002	0.003	0.002	-8.0%
Biomass						
<10 MW	16	0.31	0.062	0.078	0.076	-0.5%
>10 MW<20 MW	16	0.29	0.058	0.073	0.071	-0.5%
>20 MW<30 MW	16	0.27	0.054	0.068	0.066	-0.5%
Bonus for gasification	16	0.02	0.004	0.005	0.005	-0.5%
Bonus for steam generation >14% effic.	16	0.01	0.002	0.003	0.002	-0.5%
Bonus for local manufacture	16	0.01	0.002	0.003	0.002	-0.5%
Bonus for municipal solid waste	16	0.10	0.020	0.025	0.025	-1.8%
Biogas						
<4 MW	16	0.32	0.064	0.081	0.079	-0.5%
>4 MW<10 MW	16	0.30	0.060	0.076	0.074	-0.5%
>10 MW<30 MW	16	0.28	0.056	0.071	0.069	-0.5%
Bonus for gas engine >40% effic.	16	0.02	0.004	0.005	0.005	-0.5%
Bonus for local manufacture	16	0.01	0.002	0.003	0.002	-0.5%
Bonus for landfill or sewage gas	16	0.08	0.016	0.020	0.020	-0.5%
Minihydro						
<10 MW	21	0.24	0.048	0.060	0.059	0.0%
>10 MW<30 MW	21	0.23	0.046	0.058	0.056	

Source: KETTHA (Ministry of Energy, Green Technology and Water)

5. 事業化に向けた検討

5. 1. 事業化のシナリオ

廃棄物の最終処分の回避に寄与する木質系廃棄物のバイオマス発電の事業化に向けてのシナリオは、図9のとおり、段階的にあるいは並行して進めていく。

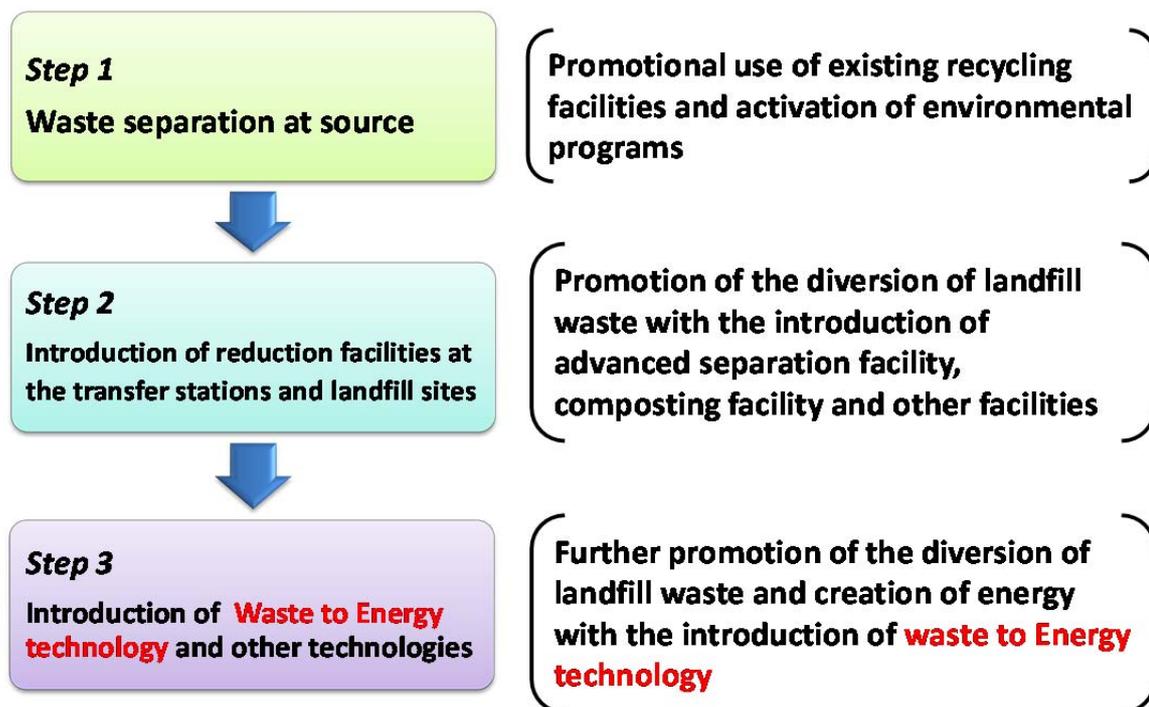


図9 Waste to Energy技術(バイオマス発電)の導入のシナリオ

上記のように、最初のステップとして、廃棄物の排出源での分別徹底を進め、次のステップとして、既存の中継地や埋立処分場を活用し、高度な建設廃棄物など廃棄物の選別施設や有機廃棄物のたい肥化等の技術を導入し、廃棄物の減量化・リサイクルを促進する。そして最後に、処分が必要な廃棄物のうち、建設廃棄物由来の木質系廃棄物について、その排出量等に合ったバイオマス発電システムを導入する。発電されたエネルギー電気の供給先は、場内消費や近隣の施設等に配電する。また、余剰電力が発生した場合には電力会社に売電する。

5. 2. MRV 方法論

(1) 方法論の概説

本事業における MRV 方法論においては、廃棄物処理事業の中で、次の2つを対象とし、GHGの排出削減に貢献する。

① 廃棄物埋立ガス排出抑制

主として建設廃棄物由来の木質系廃棄物を減量・リサイクル処理されることにより、その埋立処分が回避されることにより埋立処分場から発生するメタンガスを抑制する。

② バイオマス発電

主として建設廃棄物由来の木質系廃棄物が減量・リサイクル処理されない場合に、それを原料にバイオマスエネルギーを回収し、発電に利用する。

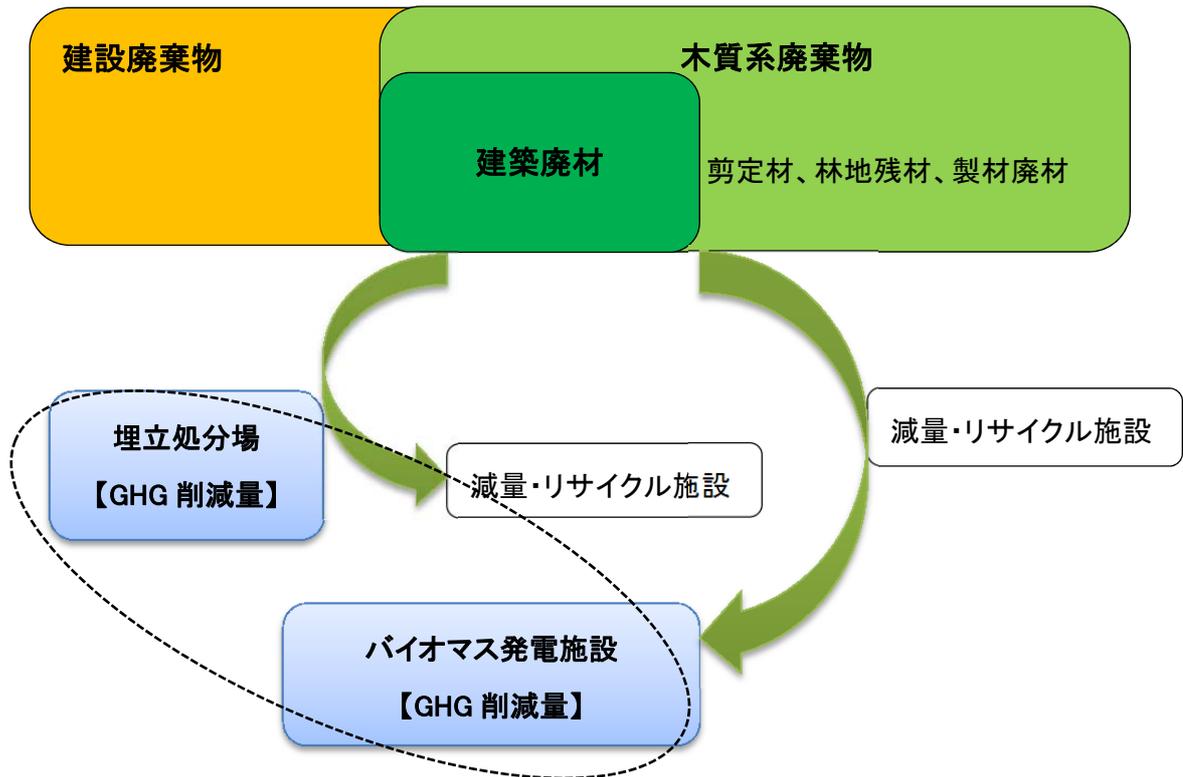


図 10 事業と GHG 排出削減の対象

(2) 算定対象となる事業活動と排出削減量

算定対象となる事業活動は、発生した建築廃材等の木質系廃棄物が、既存の埋立処分場にそのまま埋立処分された場合に発生するメタンガスの排出量とバイオマス発電施設によるエネルギー回収・利用による発電に伴う電力を標準的な方法で生成したと仮定した上で算定された排出削減量の和とする(ベースライン排出量)。ただし、埋立処分場に搬入に関する廃棄物の収集・運搬は含まない。

◆ 排出削減量の算定式

$$ER_y = BE_y - PE_y$$

ER_y : 年間排出削減量 (tCO₂/年)

BE_y : ベースライン年間排出量 (tCO₂/年)

PE_y : プロジェクト活動による年間排出量 (tCO₂/年)

◆ ベースライン排出量の算定式

$$BE_y = BE_{CH_4y} + BE_{ENy}$$

BE_y : ベースライン年間排出量 (tCO₂/年)

BE_{CH_4y} : 木質系廃棄物が埋立処分された場合に発生するメタンガスに伴うベースライン年間排出量 (tCO₂/年)

BE_{ENy}: バイオマスガス回収・発電利用に伴うベースライン年間排出量 (tCO₂/年)

BE_{CH_{4y}} の算定

BE_{CH_{4y}} の算定は、IPCC ガイドライン等の排出係数を用いて、木質系廃棄物の年間の埋立処分量からメタン総排出量を推定する。

$$BE_{CH_4y} = W_y \times CF_{CH_4} \times GWP_{CH_4}$$

W_y: 木質系廃棄物の年間埋立量 (t/年)

CF_{CH₄}: メタン排出係数 (tCH₄/t)

※廃棄物中の炭素含有率、炭素ガス転換率 発生中のメタン比率を乗じて設定

GWP_{CH₄}: メタンの地球温暖化係数 (tCO₂/tCH₄) (デフォルト=21)

BE_{ENy} の算定

バイオマスエネルギー回収・利用による発電を考慮する。

$$BE_{ENy} = BE_{elec,y} = EG_y \times EF_{elec}$$

BE_{elec,y}: 発電に伴うベースライン年間排出量 (tCO₂/年)

EG_y: バイオマス発電事業に伴う年間発電量 (Mwh)

EF_{elec}: 電力の排出係数 (tCO₂/MWh)

◆ プロジェクト活動の排出量

$$PE_y = PE_{EC,y} + PE_{FC,y}$$

PE_y: プロジェクト活動に伴う年間排出量 (tCO₂/年)

PE_{EC,y}, PE_{FC,y}: 埋立処分やバイオマス発電の維持管理に伴う電力消費 (PE_{EC,y}) 及び燃料消費 (PE_{FC,y}) に伴う年間排出量 (tCO₂/年)

・電力消費に伴う排出量 (PE_{EC,y}) の算出

$$PE_{EC,y} = EC_{PJy} \times EF_{elec}$$

EC_{PJy}: 外部電力の年間消費量 (MWh/年)

EF_{elec}: 電力の排出係数 (tCO₂/MWh)

・燃料消費に伴う排出量 (PE_{FC,y}) の算出

$$PE_{FC,y} = FC_{i,y} \times NCV_i \times EF_{fuel,i}$$

FC_{i,y}: 化石燃料iの年間消費量 (t,kl 又は m³/年)

NV_i: 化石燃料iの発熱量 (GJ/t,kl 又は m³)

EF_{fuel,i}: 化石燃料iの排出係数 (tCO₂/GJ)

5. 3. モニタリング体制

本事業における GHG 排出削減のモニタリングは、木質系廃棄物の埋立処分場の他、バイオマスシステムから発電した電力グリッドを所内での消費または電気事業者の系統に供給を想定し、モニタリング計画は、表 17 の通りである。

表 17 モニタリング体制

対象	項目	手法	頻度
木質系廃棄物の埋立処分場回避による埋立ガス排出抑制	廃棄物の搬入量	トラックスケール	毎日
	廃棄物の組成分析	重量法	月1回
	メタンガス発生量	ガス分析	年1回
	外気温度	計測器	連続測定
	外部電力・燃料消費量	電力等のメータ記録 又は請求による	月1回
バイオマス発電からの電力グリッドによる所内の消費等	廃棄物の処理量	トラックスケール	毎日
	廃棄物組成分析	重量法	月1回
	木質系バイオマス発電実施期間における発電量	電力計	連続測定
	木質系バイオマス発電実施期間における自家消費発電量・系統への売電電力量・発電補機消費電力量	電力計	連続測定
	発電に使用した木質バイオマス燃料	燃料計	月1回
	発電に使用した燃料合計	燃料計	月1回
	発電実施期間における電力の二酸化炭素排出係数	デフォルト値を利用	—

5. 4. 事業化体制

本事業の実施体制は、図11に示す通りと考えている。木質系廃棄物のバイオマス発電は、廃棄物の処理であり、既存の廃棄物処理業者など事業者が運営・管理を行うことが考えられる。しかし、本事業の運営・管理については、施設の維持管理費など事業の安定的操業や情報公開、発電事業等を考慮し、ペナン州政府又はスプラン・プライ市及びペナン島市やマレーシア企業が共同出資する公共企業体により行うことを提案する。この公共企業体と日本側の企業との国際コンソーシアムすることにより、施設運営の技術支援、人材育成や事業に必要な投資も期待している。また、現地では、本事業に関わって、木質系廃棄物の収集・運搬は既存の廃棄物処理業者が本事業に参画する。

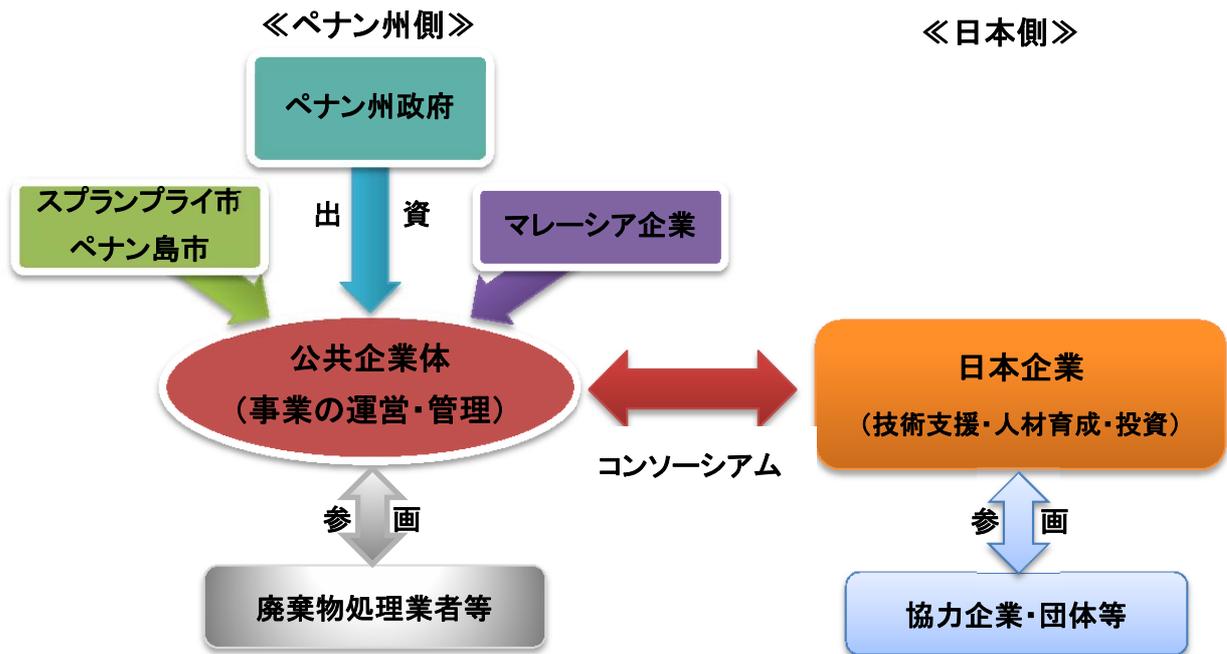


図 11 事業化体制

5. 5. 資金計画

本事業の資金計画については、事業規模等が具体的となっていないため、プラント建設や運営に必要な金額は確定していない。そのため、事業化の時期には、プラント建設の初期投資については、ADB 拠出金や基金といった利用可能な適切な資金支援スキームなど外部資金を活用するが、金融機関あるいは本事業に興味を持ち、協力・連携する事業者からも本事業に必要な資金の一部を出資という形で調達する。また、マレーシア中央政府など現地政府機関等からの資金支援も働きかけていく。今後、資金計画については、事業化に向けた動きの中で、具体的にしていく予定であるが、この場合、バイオマス発電施設で得られるバイオマスエネルギーを売電する場合には、それを資金計画に反映する必要がある。

5. 6. 日本製技術導入促進する為のアイデア

マレーシアでは、木質系廃棄物の処理に関して新たな技術を導入する動機付けがある。すなわち、本事業の対象とする建築廃材等の木質系廃棄物は、一部はチップ化され、ボイラー燃料として利用されているものの、全体的にはリサイクル率は低く、埋立処分や不適正な処理も行われている。経済成長著しいマレーシアでは、このような木質系廃棄物の排出量が都市開発に伴い今後増大することが想定されている。そのため、木質系廃棄物の埋立処分の回避につながる新たな処理技術・方法がマレーシア全土で必要とされてくる可能性がある。また、本事業では、川崎市の協力のもとに、日本の技術の導入を前提に、統合的廃棄物管理システム(分別、収集運搬、処理等)改善も併

せて進めているため、ペナン州での技術導入の優位性もある。

さらに、本事業を他の地域などマレーシア全土に展開するための、次のようなアイデアもある。

- 本事業に用いる日本の技術の導入が、GHG 削減のみならず、他のベネフィット(処分場の延命化、環境保全の改善、廃棄物管理の歳出削減等)が得られるなどその有益性が他の都市や地域も含め十分理解される必要がある。本事業の有益性の理解のためには、パイロット事業からの実施も有効と考える。
- 木質系廃棄物の問題は今後マレーシア全土で深刻化する可能性をはらんでおり、当該技術を広く普及することによってそのような潜在的な問題を回避できると考えられ、中央政府に対して本事業の経済的、社会的、環境的有益性の理解を促すとともに、資金的な支援を受ける可能性を模索していく。
- マレーシア国・ペナン州と日本側の政府間との対話や連携のもとに、日本等の先行、成功事例(制度、技術、ファイナンスのしくみ)や技術導入のリスク回避の説明も加えながら本事業を実施する。
- 本事業の実施体制に国際協力機関も参加し、大規模展開に支援や協力(ファイナンスを含む)を得ていく。

5. 7. 事業化に向けた課題・要望と解決策

本事業は、JCM を通じて、マレーシア国内における温室効果ガス排出削減に協力することにより、地球規模での温暖化防止に向けた努力に貢献することとしているが、JCM に関する日本とマレーシアの二国間文書の署名が進んでいない。そのため、本制度を活用せずに、事業化に必要な資金スキーム等による事業化の展開の想定が必要となる。そのため、バイオマス発電施設の導入のイニシアティブとして資金支援が必要であり、他の外部資金の確保に努めていく。また、木質系廃棄物のバイオマス発電の事業化と継続性の確保するため、技術、制度、財政及び人材教育の4つの項目について、2013 年度において明らかにならなかった次の事項について調査し、課題の抽出とその解決策を検討する必要がある。

- 廃棄物管理関連法制度の整備 (2013 年度からの継続)
- 分別回収システムの構築 (2013 年度からの継続)
- 財務分析
- MRV 方法論の検討
- CO2 削減量の算定
- FIT 制度の検討
- 資金導入計画の検討
- 維持運営管理体制の構築

- 人材育成計画の策定
- その他、廃棄物管理改善に関連して他の処理技術の導入検討（2013年度からの継続）

バイオマス燃料である木質系廃棄物の回収や発電事業の採算性の向上を調査しつつ、事業の継続性の観点から、木質系廃棄物の分別、回収の義務化やFIT制度等の関連法令の整備に加え、施設の設置・維持管理に要する費用の確保や施設運転の従事者等への人材育成の計画や体制作りが必要である。また、本事業は、バイオマス発電の導入にGHGの排出削減と併せて、廃棄物管理システムを向上するコベネフィット効果を目指すものであり、そのため、ペナン州の廃棄物課題を解決する必要な廃棄物の処理技術の導入の検討が必要である。

5. 8. 今後の展開方針やスケジュール

木質系廃棄物のバイオマス発電等の技術の導入による事業化は、2015年度以降の実現を目指し、2014年度は、事業ベースにおける規模・立地場所、エネルギーへの変換技術、MRV方法論の検討、立地場所や事業体制等の上記に示した課題解決する調査を行う。また、2015年度以降は、利害関係者への説明、法規制の対応、設計、建設や試運転を経て運転を開始する。2013年度から2015年度までの計画は、図12のとおりとする。

なお、2014年度は、よりバイオマス発電施設の具体的な導入に向けた調査を行う他、バイオマス資源の木質系廃棄物の回収やエネルギー利用等の法的枠組みづくりを支援する予定である。

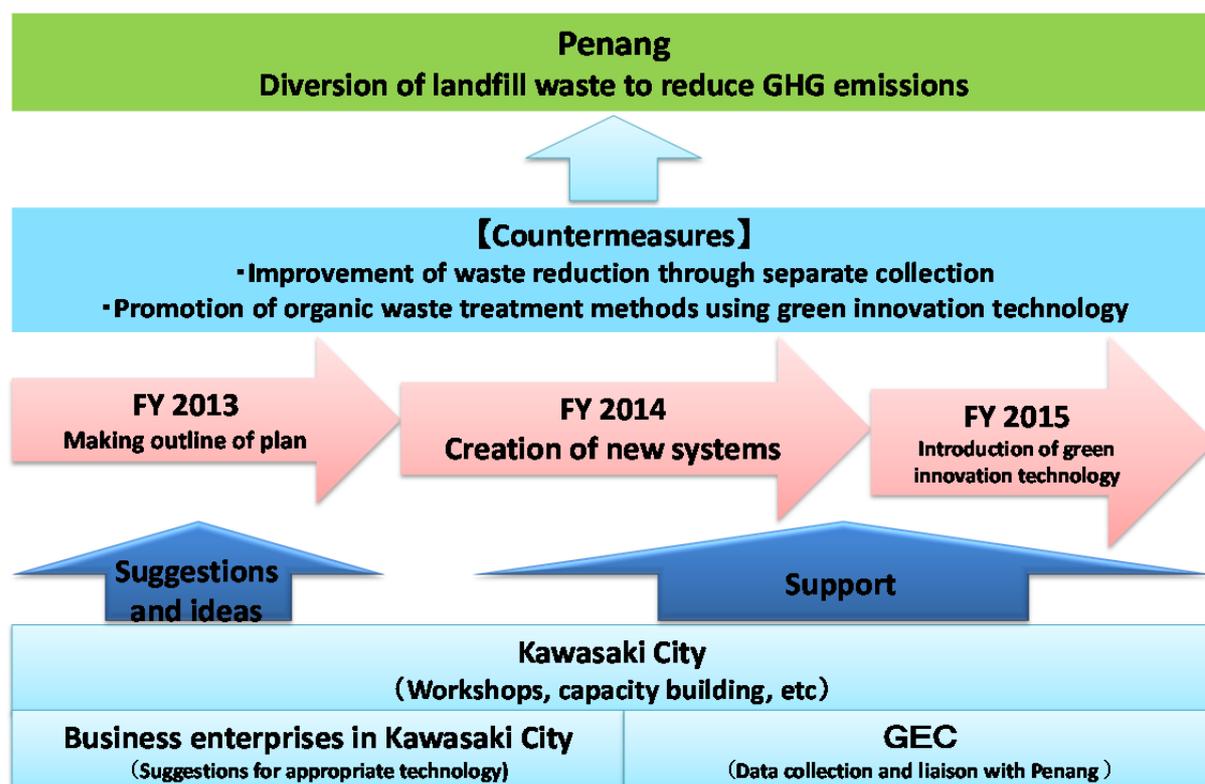


図12 今後のスケジュール

6. 広報活動

本事業の内容や進捗等の広報活動を通じて、本事業への参画やペナン州の廃棄物管理に必要な技術を有する日本企業の参画を呼び掛けた。

(1) ホームページへの掲載

川崎市及び(公財)地球環境センターのホームページに本事業に関する情報を掲載した

(2) 川崎市内企業への PR 等

- ・川崎市主催「川崎市内企業向け低炭素セミナー」(2013.10.3)
- ・環境省主催「アジアにおける低炭素都市形成セミナー」及び「アジア低炭素発展に向けた企業セミナー」におけるブース出展(2013.10.22)
- ・川崎市主催「第 10 回アジア・太平洋エコビジネスフォーラム」(2014.2.13)
- ・川崎市主催「川崎国際環境技術展」におけるブース出展(2014.2.13)