

平成 21 年度 CDM / JI 事業調査

マレーシア・イポ市における

有機性廃棄物コンポスト化・最終処分場の LFG 回収による

廃棄物複合処理 CDM 事業調査

報告書

平成 22 年 3 月

株式会社 ミダック

目次

第1章	基礎調査	1-1
1-1	プロジェクトの概要.....	1-1
1-2	企画立案の背景.....	1-1
1-3	ホスト国に関する情報.....	1-2
1-3-1	地理・地形.....	1-2
1-3-2	気候.....	1-2
1-3-3	歴史.....	1-4
1-3-4	人口・民族・宗教.....	1-4
1-3-5	政治状況.....	1-5
1-3-6	経済状況.....	1-5
1-3-7	エネルギー需要.....	1-6
1-3-8	電力.....	1-7
1-3-9	環境行政.....	1-8
1-3-10	環境関連法規.....	1-9
1-3-11	廃棄物管理の現状.....	1-12
1-3-12	今後の環境行政の動き.....	1-13
1-4	ホスト国のCDM/JIに関する政策・状況等.....	1-13
1-4-1	気候変動政策・方針.....	1-13
1-4-2	対CDM体制.....	1-13
1-4-3	CDM承認のクライテリア.....	1-15
1-4-4	CDM事業承認・実施手続き.....	1-17
1-4-5	CDM実績.....	1-18
第2章	調査内容	2-1
2-1	調査実施体制.....	2-1
2-2	調査課題.....	2-1
2-3	調査内容.....	2-1
2-3-1	対象地域.....	2-1
2-3-2	廃棄物管理状況.....	2-2
2-3-3	現地調査結果.....	2-4
(1)	廃棄物組成分析.....	2-5
(2)	リサイクル可能品調査.....	2-9
(3)	メタンガス量測定.....	2-10

2 - 3 - 4	プロジェクト適用技術.....	2-18
2 - 3 - 5	プロジェクト計画の具体化.....	2-25
第3章	調査結果.....	3-1
3 - 1	ベースラインシナリオ及びプロジェクトバウンダリーの設定.....	3-1
3 - 1 - 1	方法論の適用.....	3-1
3 - 1 - 2	ベースラインシナリオ.....	3-5
3 - 1 - 3	プロジェクトバウンダリー.....	3-8
3 - 1 - 4	ベースライン排出量の算出方法.....	3-11
3 - 1 - 5	プロジェクト排出量の推定方法.....	3-17
3 - 1 - 6	リーケージ.....	3-19
3 - 1 - 7	排出削減量の算出方法.....	3-20
3 - 2	プロジェクト排出量.....	3-20
3 - 2 - 1	ベースライン排出量.....	3-20
3 - 2 - 2	プロジェクト排出量.....	3-23
3 - 2 - 3	リーケージ.....	3-25
3 - 2 - 4	排出削減量.....	3-26
3 - 3	モニタリング計画.....	3-27
3 - 3 - 1	本プロジェクトに適用するモニタリング手法.....	3-27
3 - 3 - 2	モニタリング項目とその品質管理・品質保証.....	3-28
3 - 3 - 3	モニタリング体制.....	3-32
3 - 4	プロジェクト期間・クレジット獲得期間.....	3-33
3 - 5	環境影響・環境保全対策.....	3-33
3 - 5 - 1	環境影響評価の目的および対象事業.....	3-33
3 - 5 - 2	環境影響評価の実施手続き.....	3-34
3 - 5 - 3	本プロジェクトにおける環境影響.....	3-35
3 - 5 - 4	環境保全対策.....	3-36
3 - 6	利害関係者のコメント.....	3-38
3 - 7	プロジェクト実施体制.....	3-39
3 - 8	資金計画.....	3-39
3 - 9	経済性分析.....	3-40
3 - 9 - 1	前提条件.....	3-40
3 - 9 - 2	内部収益率.....	3-41
3 - 9 - 3	内部収益率の感度分析.....	3-43
3 - 11	事業化の見込み.....	3-48
第4章	コベネフィットに関する調査結果.....	4-1

4 - 1	背景.....	4-1
4 - 2	ホスト国における環境汚染対策等効果の評価.....	4-2
4 - 3	コベネフィット指標の提案.....	4-6
第 5 章	持続可能な開発への貢献に関する調査結果.....	5-1

第 1 章 基礎調査

1-1 プロジェクトの概要

本プロジェクトは、マレーシアのペラ州イボ特別市に位置する都市ごみ(Municipal Solid Waste : MSW)処分場を対象サイトとし、廃棄物複合型処理を実施するものである。現在対象サイトには、約 600 t /日の廃棄物がオープンダンピングされており、それに伴い環境汚染が顕在化している。

本プロジェクトでは、対象サイトにて「処分場による LFG (Landfill gas) 回収・利用」または 搬入廃棄物の「機械・生物処理(Mechanical Biological Treatment : MBT)による有機廃棄物のコンポスト化」を実施する。これにより、効率的な温室効果ガス削減効果が見込めると同時に、「廃棄物減量による処分場の延命化」・「処分場周辺域の環境改善（浸出水の BOD (生物化学的酸素要求量 : Biochemical oxygen demand)・COD (化学的酸素要求量 : Chemical Oxygen Demand) 低減、悪臭低減)」などの公害対策へと繋がり、コベネフィット型 CDM 事業が実現する。

1-2 企画立案の背景

マレーシアでは、急速な経済発展に伴い、年々投棄される廃棄物が増加する一方で、処分に予算が配分されず、オープンダンピングが継続されている。その結果、悪臭・発火・水質汚染・崩落などの環境問題が引き起こされている。またそれに伴い、周辺住民の反対等により新規処分場立地も困難になってきている。対象サイトである、ペラ州・イボ特別市(人口 50 万人、面積 387km²)の処分場では、約 600 t /日の MSW が分別されずにオープンダンピングされており、上述の課題を喫緊の問題として抱えている。

そのような中、マレーシア政府は「ビジョン 2020」の第 3 次概観計画 (2000-2010 年) および、2006 年に制定された第 9 次国家計画 (2006-2010) の中で、包括的な廃棄物管理政策の導入、また廃棄物抑制、再利用およびリサイクル(3R)への総合的な取組に関する政策の導入を規定し、3R の優先的な取り組みを継続することを明記している。

また、廃棄物管理の基本政策として国家戦略計画 (2002 年策定) が 2005 年に採択されており、3R および適切な技術・設備・施設の活用を通じた「持続可能かつ包括的な廃棄物処理サービス」の構築が求められている。

このような状況から、対象サイトでは、「3R 推進による廃棄物減量」、「処分場および周辺域の環境改善」、そしてこれらを「持続可能な手法 (適正コスト) で具現化」を実現することが求められており、処分場の LFG 回収・利用と MBT による有機性廃棄物のコンポスト化は、コスト面、技術面においても適していると考えられる。また、効果的な温室効果ガス削減も期待できることから、今回、事業可能性調査を実施することとした。

1 - 3 ホスト国に関する情報

1 - 3 - 1 地理・地形

東南アジアの中心に位置するマレーシア(Malaysia)は、図 1-1 に見るように、マレー半島南部を占める半島マレーシア(西マレーシア)と、南シナ海を隔てたボルネオ島北部の東マレーシアから成り立っている。全土の約 80%が熱帯雨林、湿地帯で、半島マレーシアは、沿岸地域は平坦地であるが、中央部を南北に山脈が走っておりその間を多くの川が流れる複雑な地形をしている。

国土面積は約 33 万km² であり、首都はマレー半島に位置するクアラルンプールである。



図 1-1 . マレーシア国土地図

(出典：マレーシア政府観光局公式サイト http://www.tourismmalaysia.or.jp/kihon/kihon_b.htm)

1 - 3 - 2 気候

マレーシアは、赤道に近く熱帯雨林気候に属しており、表 1-1 に示すように年間通じて温暖な気候であり平均気温は 26～27 で年較差は 1～2 と小さい。降水量は、年間降雨量 2000～2500mm、月平均でも 200mm と多いのが特徴であり、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。

表 1-1 . 年間平均気温・降水量

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間
クアラルン プールの	平均気温()	26.5	26.9	27.2	27.4	27.6	27.5	27.0	27.0	26.9	26.8	26.5	26.3	27.0
	降水量(mm)	163.9	166.3	230.6	242.7	210	125.3	127.2	144.5	195.3	253	286.6	244.3	2,389.7
イポ	平均気温()	27.8	28.4	28.7	28.8	28.8	28.5	28.1	28.2	27.9	27.8	27.6	27.5	28.1
	降水量(mm)	132.3	149.8	169.9	259.1	210.9	151.8	156.6	156.8	216	297.2	275.4	251.1	2,427.9

(出典 : Wikitravel <http://wikitravel.org/ja>)

1 - 3 - 3 歴史

イギリスのマラヤ半島における植民地支配は、1786 年イギリス東インド会社がケダ州のスルタンからペナン島を割譲されたことに始まった。イギリスは、植民地開発に際し、アマゾンから天然ゴムの苗木をシンガポールに送り植林、ゴム園の開発とスズ鉱山の発掘に取り組んだ。その労働力確保のために、インドや中国から大量に労働者が送り込まれた。これが、マレーシアの多民族国家形成の始まりである。

第 2 次世界大戦後、イギリスは各民族に平等の権利を与えるマラヤ連合(Malaya Union)案を示したが、マレー人はマレー人の特権を主張し 1946 年にマレー人国民組織(The United Malays National Organisation)という政党を結成した。同年には、マラヤ連合が発足したが、イギリスは 1947 年にマラヤ連合との間にマレー人の特権を認める連邦協定を結びその後、マラヤ連邦(The Federation of Malaya)が発足した。この結果、中国系住民の不満が生じ、中国人を主体とするマラヤ共産党(Malaya Communist Party)の武装蜂起が起こる。翌 1949 年には、中国人の中にも対英調和を目指すマラヤ中国人協会(The Malaysian Chinese Association)が結成され、中国人の利益を代表する政党となった。その後マレー人国民組織とマラヤ中国人協会が連合し、これに戦前から活動していたマラヤ・インド人会議(The Malayan Indian Congress)が加わって結成された連盟党(The Alliance)が、1952 年の総選挙では圧倒的な勝利を収めた。マレー人国民組織の指導者アブドゥル・ラーマンはイギリスとの交渉を通じて完全独立を目指し、1957 年 8 月 31 日マラヤ連邦は完全独立を達成した。

1963 年には、マラヤ連邦、シンガポール自治国、サラワク、サバにより、マレーシア連邦(Federation of Malaysia)が結成された。その後、連邦政府とのシンガポールとの間に対立が生じ、1965 年にシンガポールは連邦を脱退し、現在の形となる。

1 - 3 - 4 人口・民族・宗教

マレーシアの人口は、1994 年から 200 万人を超え、人口増加率 2.0%前後を推移しながら順調に増加をたどっており、2008 年の人口調査結果では、人口総数約 275 万人である。民族は、地域によってかなりばらつきはあるが、マレー系(約 65%)、華人(中華)系(約 25%)、インド系(約 7%)などから構成される多民族国家であり、各民族がそれぞれの文化、風習、宗教を生かしたまま暮らしていることが特長である。多様な民族構成を反映して、言語も多様である。マレーシア語が国語となっており、他に中国語、タミル語、英語、少数民族の言語が使用されている。

また、宗教も多様である。国教はイスラム教でありマレー系の民族を中心に広く信仰されているが、信仰の自由が認められているため、仏教、ヒンズー教、キリスト教、道教、シーク教を信仰する国民も多く存在する。

1 - 3 - 5 政治状況

マレーシアは、西マレーシアの 11 州と東マレーシアの 2 州(サバ、サラワク)からなる連邦であり、同時に立憲君主国家である。また、イギリス連邦(Commonwealth of Nations)の一員でもある。

元首である国王は、ペナン・マラッカを除く西マレーシア 9 州のスルタンの互選によって選出され、任期は 5 年である。詳細を表 1-2 に示す。

表 1-2 . マレーシア政治体制

体制	立憲君主制
元首	ルタン・ミザン・ザイナル・アビディン・スルタン・マーモツ (トレンガヌ州統治者、2006 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、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)
内閣 (主要閣僚)	首相兼財務相 ナジブ・トゥン・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 ムスタパ・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

(出典：JETRO http://www.jetro.go.jp/world/asia/my/basic_01/)

1 - 3 - 6 経済状況

マレーシアの経済成長を見ると、実質 GDP (国内総生産：Gross Domestic Product) 成長率は、1998 年 - 7.4%とマイナス成長を記録したが、その後製造業を中心に回復し、1998 年以降はプラス成長を維持している。2001 年は、世界経済の同時減速により、0.5%とほぼゼロ成長であったものの、それ以降は 5.0%以上の安定成長が見られる。2009 年も 6.0%の成長率が見込まれている。2008 年半ば以降、世界的な金融危機の影響に伴う輸出の減少により、2009 年の経済成長率は大幅に下落したが、内需の回復および好調な中国経済に牽引されて回復傾向にある。2009 年 4 月に成立したナジブ政権は、マレーシアの経済発展に伴う社会経済環境の変化を踏まえつつ、外資の誘致に向けてサービス分野および金融分野の自由化策を発表している。

主産業は、イギリス植民地時代から天然ゴム、パーム油、木材などの農林業や、スズ、原油などの鉱業が盛んであるが、近年では、電気機器などを中心とした製造業や重工業にも力をいれている。

表 1-3 . マレーシア経済状況

実質 GDP (億ドル)	552 (2000 年)、554 (2001 年)、577 (2002 年)、 609 (2003 年)、655 (2004 年)、701 (2005 年)、 1,343 (2006 年)、1,856 (2007 年)
一人当たり名目 GNP(ドル)	3,991 (2000 年)、3,863 (2001 年)、4,111 (2002 年)、 4,409 (2003 年)、4,898 (2004 年)、5,318 (2005 年)、 5,943 (2006 年)、6,956 (2007 年)
GDP 成長率	8.9% (2000 年)、0.5% (2001 年)、5.4% (2002 年)、 5.8% (2003 年)、6.8% (2004 年)、5.3% (2005 年)、 5.8% (2006 年)、6.3% (2007 年)
消費者物価上昇率	1.6%(2000 年) 1.4% (2001 年) 1.8% (2002 年) 1.1% (2003 年) 1.4% (2004 年) 3.1% (2005 年) 3.6% (2006 年) 2.0% (2007 年) 5.4% (2008 年)
為替レート	円 = 26.346382RM (2010 年 3 月 3 日)
主産業	製造業 (電気機器) 農林業 (天然ゴム、パーム油、木材) およ び鉱業 (錫、原油、LNG)

*GNP : 国民総生産 Gross National Product

(出展 : 外務省 HP <http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/MALAYSIA/data.htm/>)

1-3-7 エネルギー需要

マレーシアの 2000 年の一次エネルギー供給量は石油換算で 4,696 万トンとなっており、経済発展とともに年々増加傾向にある。エネルギー源は石油(49%)と天然ガス(46%)の 2 つに大きく依存している。

マレーシアは、天然ガスが豊富に存在し、政府としてもその生産と需要の伸びに期待を寄せている。また、東南アジア諸国政府のほとんどが、石油依存を減らしエネルギー源の分散化を進めていることから、マレーシアではますます天然ガスの需要が増加する傾向にある。実際、表 1-4 の示すように天然ガスの消費量は 1998 年 15.7% から 2001 年では 19.4% に増加している。

表 1-4 . 1 次エネルギー源別消費動向

(単位 : 石油換算 百万トン)

年度	石油	ガス	石炭	原子力	その他	合計
1998 年	19.0	15.7	1.1	0	0.3	36.1
1999 年	20.3	17.1	1.2	0	0.4	39.0
2000 年	20.4	18.3	1.9	0	1.7	42.3
2001 年	18.6	19.4	2.4	0	1.7	42.1

(出典 : BP Statistical Review of World Energy 2002.)

1-3-8 電力

マレーシアにおける電力事業は、マレー半島では Tenaga Nasional Berhad 社 (TNB) (1991 年に民営化された)、サラワク州ではサラワク電力供給公社、サバ州ではサバ電力庁が発・送・配電を一貫して行なっている。

電力需要は、目覚ましい経済成長とともに、ピーク需要も 2000 年の 10,657MW から 2005 年には 13,779MW と増加しており、第 9 次 5 カ年計画では 2010 年には 20,087MW まで増加すると予測されている。電源の構成比を見ると、1970 年代は石油が約 4 分の 3、水力が 4 分の 1 となっていたが、1990 年以降、石炭・ガスも加わり多様化した。2000 年にはガスへの依存が 77.0%にもなったため、需要の高まりを期待しているとはいえ、石炭の使用の増加による分散化を図っている。2005 年は、ガス 70.2%、石炭 21.8%、水力 5.5%、石油 2.2%となっており、第 9 次計画では、さらにガスへの依存を下げ、石炭の依存をあげる計画となっている。ただし、「1-3-7 エネルギー需要」でも述べたが、マレーシアは、天然ガスが豊富に存在する国であり、生産と消費の伸びに期待が寄せられており、ガスは非常に効率的で炭素の排出量が少ない。増加する発電量に対する燃料選択肢であり、主エネルギー用途として最も急増する化石燃料となる。ガスが利用可能な地域では、電力市場のシェアを奪う可能性がある。

表 1-5 . 電源構成比

年度	石油 (%)	石炭 (%)	ガス (%)	水力 (%)	その他 (%)	電力 (GWh)
2000 年	4.2	8.8	77.0	10.0	0.0	62,280
2005 年	2.2	21.8	70.2	5.5	0.3	94,299
2010 年	0.2	36.5	55.9	5.6	1.8	137,909

マレーシア政府は、埋蔵量に限界のある化石燃料からの依存脱却を目指しており、現行の 4 エネルギー戦略(石油、石炭、ガス、水力)に加えた、第 5 番目の燃料として再生エネルギーの成長に力を入れている。その内容は、第 8 次国家計画に盛り込まれており、「小規模再生可能エネルギー発電プログラム(Small Renewable Energy Power Programme : SREP)」の下、クリーンな燃料源で発電する小規模発電事業者を創設しようとしている。再生エネルギー発電は、技術的には実現可能ではあるものの、必要とされる投資が他発電事業に比べ高額である。このことから、再生可能エネルギーにより発電された電力の買取制度(Renewable Energy Power Purchase Agreement : REPPA)を推進するなど、積極的に再生エネルギー利用を進めている。

1 - 3 - 9 環境行政

マレーシアは、伝統的なスズ採掘、天然ゴム、パーム油の 3 大産業による水質汚濁などが深刻化する一方、1960 年代後半から開始された外資導入による積極的な工業化政策によって産業公害にも直面してきた。1974 年に環境対策に対する初の基本法として、1974 年環境法(Environmental Quality Act 1974)が制定された。同法の成立によって、それまでは規制のなかった産業排水、工場からの大気汚染や廃棄物問題などの産業公害対策に本格的に乗り出すこととなった。その後もマレーシア経済は急成長を遂げ、電気・電子産業の発展や大企業を支える中小規模の企業の増加、裾野産業の拡大など産業構造が大きく変化し、環境問題が多様化してきた。このため横断的な環境規制の実施や環境汚染の未然防止施策が必要となり、1974 年環境法も何度か改正された。

環境行政を担う組織としては、1974 年環境法が制定された翌年の 1975 年に環境局 (Department of Environment : DOE)が設置された。DOE は、環境に関する法律や規則の制定、水質汚濁、大気汚染、有害物質に関する規制の実施と関連のモニタリング、開発プロジェクトに関する環境影響評価や工場立地適正評価の実施など、産業活動に関連する環境行政を総合的に担当している。なお、DOE 長官(Director General)には環境行政を推進するため、1974 年環境法に大きな権限が与えられている。DOE の組織体系は図 1-2 のようになっている。

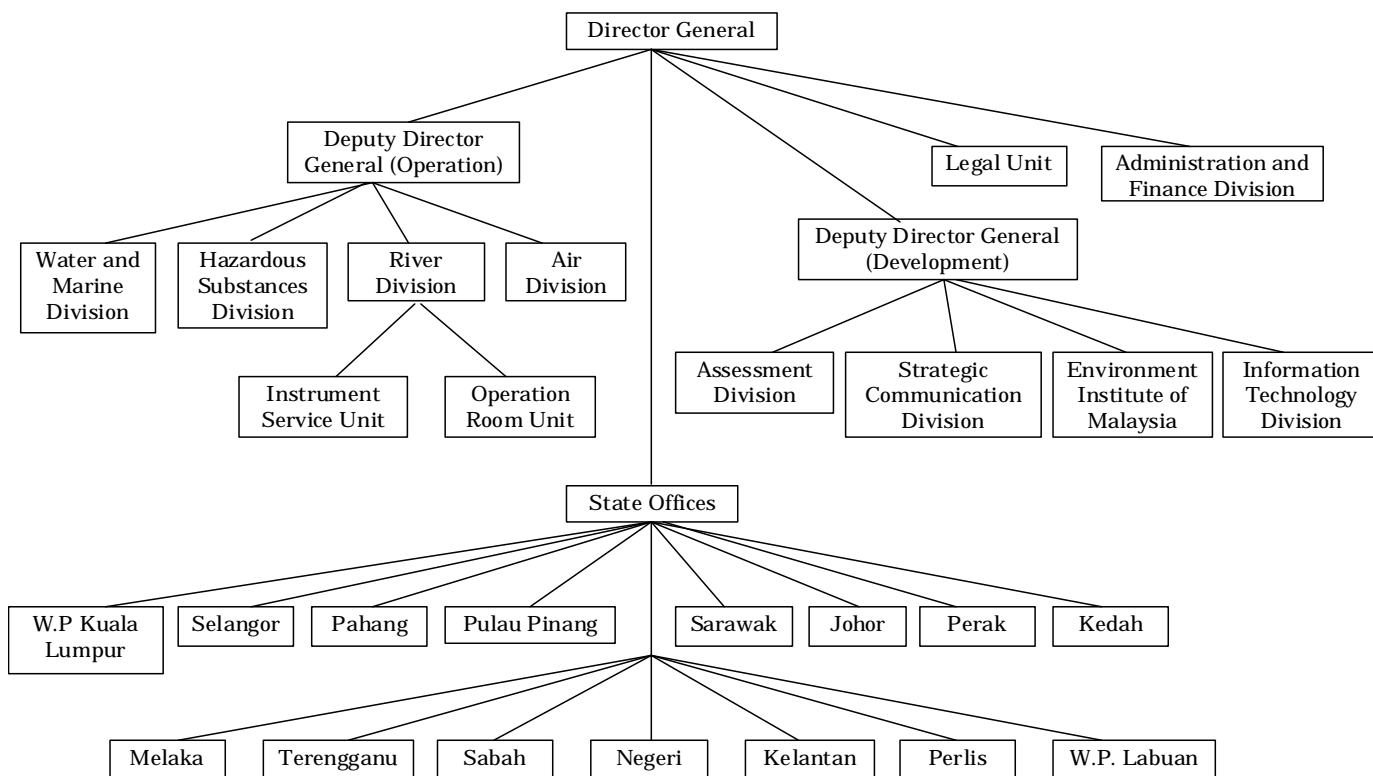


図 1-2 . 環境局(DOE)組織体系図

マレーシアには、地方行政組織として州のほか、州内に郡(Dearah)、町(Mukim)などがある。このうち地方州政府は土地、農林業、漁業、水源などに関する権限をもっているが、環境行政に関しては連邦政府に権限がある。したがって州政府にはサラワク州を除いて環境問題を扱う部署はなく、各地に設置されている DOE の州事務所が環境規制をはじめとする環境行政を取り扱っている。また、環境部局のあるサラワク州もその業務範囲は農業に関する環境問題に限られている。

1 - 3 - 10 環境関連法規

(1) 環境関連法規概要

上述した通り、1974 年に制定された 1974 年環境法が基本法となっている。1974 年環境法は、DOE 長官に環境規制全般に関する監督や法規制の実施に関する提案、環境汚染物質の排出を防止するための各種の許可証の発行、規制違反に対する監視・摘発など、大きな権限を与えるとともに、マレーシアの環境問題に対する国家的諮問機関である環境質委員会の設置を規定している。また環境規制の対象となる指定事業所に対する許認可規定を示すとともに、何人も定められた許容基準に違反して大気汚染、騒音、陸水域汚染、海域汚染を発生させてはならないとしている。

この 1974 年環境法は制定後、環境状況の変化を受けて何度か改正されている。このうち、1985 年の改正では、開発行為による自然破壊などが社会問題化したことを受けて、環境破壊の未然防止を目的に大規模な開発を対象とした環境影響評価制度が導入された。また 1996 年の改正では、急速な経済成長によって多発する環境違反に対応するため、環境規制違反に対する罰則強化が行われた。

なお、現在マレーシアでは産業公害を中心とする各種の環境規制は、この 1974 年環境法に基づいて規制対象別に計 51 本の規制・命令がある。これらは、大気汚染規制や排水規制、指定産業廃棄物や環境影響評価などに関する規定のほか、環境に関する操業許可や罰金・反則金に関する一般規定などから構成されている。

(2) 法規制

(a) 大気汚染規制

現在マレーシアの大気汚染の最大要因は自動車排気ガスを中心とする移動発生源によるもので、環境行政による大気汚染規制も自動車排ガス対策に重点が置かれている。

一方、産業活動からの大気汚染規制に関する基準としては、1978 年大気汚染防止に関する環境規則(Environmental Quality (Clean Air) Regulations 1978)に基づいて、固定発生源を対象とした大気汚染物質の排出基準が設定されている。なお、設定当時、基準 A から基準 C の 3 段階にランク分けされていたが、新施設には一番厳しい基準 C が適用される。ここでは表 1-6 に基準 C の大気排出基準を記載する。

表 1-6 . 大気排出基準 (基準値 C の例)

項目	排出源	基準
黒煙*	(1)固形燃料以外の燃料を使用する燃焼設備 (2)固形燃料を使用する燃焼設備	リンゲルマン・チャート No.1 リンゲルマン・チャート No.2
ダストまたは固形粒子	(1)堅型溶銑炉を除く金属加熱用途の燃焼設備または産業プラント (2)アスファルト・コンクリート製造設備および瀝青混合設備 (3)ポルトランド・セメント製造業 ・キルン ・クリンカークーラー、グラインダー他 (4)アスベストおよび遊離ケイ素を排出する産業 (5)その他の排出源	0.2g/Nm3 0.3g/Nm3(固定設備) 0.4g/Nm3(移動設備) 0.2g/Nm3 0.1g/Nm3 0.12g/Nm3 0.4g/Nm3
金属または金属化合物**		
1.水銀/Hg	産業	0.01g/Nm3
2.カドミウム/Cd	産業	0.015g/Nm3
3.鉛/Pb	産業	0.025g/Nm3
4.アンチモン/Sb	産業	0.025g/Nm3
5.ヒ素/As	産業	0.025g/Nm3
6.亜鉛/Zn	産業	0.1g/Nm3
7.銅/Cu	産業	0.1g/Nm3
ガス		
1.酸性ガス	硫酸製造業	二酸化硫黄 3.5g/Nm3 以下かつ持続性ミストがないこと
2.硫酸ミストまたは二酸化硫黄または両方	上記 1 の硫酸製造用の燃焼プロセス、プラント以外の排出源	二酸化硫黄 0.2g/Nm3 以下かつ持続性ミストがないこと
3.塩素ガス	あらゆる排出源	塩素 0.2g/Nm3 以下
4.塩化水素	あらゆる排出源	塩化水素 0.4g/Nm3 以下
5.フッ素、フッ化水素酸または無機フッ素化合物	アルミナからのアルミニウムの製造	フッ化水素 0.02g/Nm3 以下
6.フッ素、フッ化水素酸または無機フッ素化合物	上記 5 のアルミナからのアルミニウム製造以外の排出源	フッ化水素 0.1g/Nm3 以下
7.硫化水素	あらゆる排出源	5ppm 以下
8.窒素酸化物	硝酸製造	1.7g/Nm3 以下かつ色素のないこと
9.窒素酸化物	燃焼工程または硝酸製造など上記 8 以外	2.0g/Nm3

*1 時間ごとに 5 分以内であれば排出基準を超えてもよいが、24 時間ごとに 15 分を超えてはならない

**2 つ以上を含むものについては、1~5 の物質の合計が 0.04g/Nm3 または個々の物質の基準値の合計いずれか低い方を超えてはならず、また、個々の物質はそれぞれの基準値を超えてはならない

(b) 水質汚濁規制

水質汚濁問題は、前述したようにマレーシアの環境公害問題がスズ鉱山、天然ゴム、パーム油という 3 つの伝統的産業による水質汚濁問題から出発したこともあって、最も基本的な環境問題といえる。したがって環境行政上の水質汚濁規制の優先度も高い。

本プロジェクトにかかわる規制は、工場排水基準である。1979 年下水・産業排水に関する環境規制(Environmental Quality (Sewage and Industrial Effluents) Regulations 1979)に基づいて、水道の取水口より上流へ放流する場合の A 基準と、下流へ放流する場合の B 基準とに区分されているが、どちらもほとんどの項目において日本の基準より厳しい。表 1-7 が排水基準値である。

表 1-7 . 排水基準(下水および工場排水)

項目	単位	基準値	
		A*	B**
a) 温度		40	40
b) pH	-	6.0-9.0	5.5-9.0
c) BOD	mg/l	20	50
d) COD	mg/l	50	100
e) SS	mg/l	50	100
f) 水銀およびその化合物	mg/l	0.005	0.05
g) カドミウムおよびその化合物	mg/l	0.01	0.02
h) 6 価クロム化合物	mg/l	0.05	0.05
i) 砒素およびその化合物	mg/l	0.05	0.10
j) シアン化合物	mg/l	0.05	0.10
k) 鉛およびその化合物	mg/l	0.10	0.5
l) 3 価クロム	mg/l	0.20	1.0
m) 銅	mg/l	0.20	1.0
n) 溶解性マンガン	mg/l	0.20	1.0
o) ニッケル	mg/l	0.20	1.0
p) スズ	mg/l	0.20	1.0
q) 亜鉛	mg/l	2.0	2.0
r) ホウ素	mg/l	1.0	4.0
s) 溶解性鉄	mg/l	1.0	5.0
t) フェノール	mg/l	0.001	1.0
u) 遊離塩素	mg/l	1.0	2.0
v) 硫化物イオン	mg/l	0.50	0.50
w) 油脂分	mg/l	N.D.	10.0

*飲料水集水源上流部への排出基準

**A で規定した以外への排出基準

(c) その他の規制

その他の産業活動における環境問題として、騒音問題が挙げられる。現在マレーシアには自動車騒音に関する規制はあるが、労働環境を除くと一般的な工場騒音に対する具体的な規制はない。しかし、すでに 1974 年環境法には騒音規制に関する記述が盛り込まれているほか、規制づくりが進められている。

1 - 3 - 11 廃棄物管理の現状

(1) 廃棄物管理体制

マレーシアにおいて環境法上「廃棄物」とは、「指定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」と定義されている。指定廃棄物(Scheduled Waste)とは有害廃棄物など特別に管理を必要とする廃棄物のことであり、基本的には指定廃棄物とそれ以外の産業廃棄物、都市ごみ(MSW)に分かれている。

指定廃棄物は DOE が管理し、そのほかの廃棄物に関しては、住宅・地方政府省(Ministry of Housing and Local Government : MHLG)が管理している。

本プロジェクトにおいて関わりがあるのは MSW であるので、そちらに焦点を当て以下記載する。

(2) 都市ごみ(MSW)の排出状況

近年マレーシアにおいて各種産業の成長と人口の都市集中化、さらに生活様式の変化に従って MSW の量が急激に増加してきている。マレー半島マレーシア領における MSW の排出量は、2001 年に 16,200t/日であったの対し、2005 年には 19,100t/日となり、さらに 2020 年までに 30,000t/日になると予測されている。また、たとえばクアラルンプールの 2002 年の排出の内訳は、表 1-8 の通りであり、食品残さが多い。なお、全体のリサイクル率は 5%にも達しておらず、直接埋立処分場に持ち込まれる割合が大きい。

近年においても埋立処分場を開設しているが、引き続き排出量は増えていくものと予想されているため、減容化してから埋め立てるなど、延命化の措置が求められている。

表 1-8 . クアラルンプールのごみ組成(2002 年)

No.	ごみの種類	住宅系	商業系	施設系
1	食品残さ、有機系	63.1	76.8	40.6
2	紙類	6.7	7.6	16.0
3	プラスチック類	14.3	9.0	17.2
4	繊維	1.7	0.5	0.7
5	ゴム、革	0.6	0.3	0.1
6	庭ごみ	6.3	0.9	18.4
7	ガラス類	2.1	0.9	1.5
8	鉄	2.3	1.4	2.8
9	アルミ	0.1	0.1	1.3
10	その他	2.8	2.5	1.4

1-3-12 今後の環境行政の動き

マレーシアにおいては 5 年ごとに経済社会政策の指針となる国家計画(Malaysia Plan)が策定されているが、1976～1980 年を対象とした第 3 次国家計画に初めて、開発計画に環境配慮を統合するという環境政策が盛り込まれて以来、その後も環境政策方針の充実が図られてきた。

最新の 2006 年から 2010 年を対象とした第 9 次国家計画に述べられている項目のうち、本プロジェクトに関わりのあるエネルギー分野、MSW 管理分野を取り上げて、以下に記載する。

〔エネルギー分野〕

- ・ 再生可能エネルギーの開発と利用の強化
- ・ MSW を利用した再生可能エネルギープロジェクトの推進
- ・ 再生可能エネルギー購入制度(REPPA)の改善
- ・ CDM 事業を利用した再生可能エネルギーの普及

〔MSW 管理分野〕

- ・ 衛生環境が不完全な既存埋立処分場の整備と新しい埋立処分場の建設
- ・ リサイクル施設つきの一時的保管所の整備
- ・ 廃棄物の発生抑制、リユース、再生、リサイクルの推進

このように、エネルギー分野の中でも再生可能エネルギーの利用が重視されていることがわかる。

1-4 ホスト国の CDM/JI に関する政策・状況等

1-4-1 気候変動政策・方針

マレーシア政府は気候変動による負の影響を理解し、化石燃料依存体質から脱却するためにエネルギーミックスの多様化を推進し、天然資源の温存とよりクリーンな大気状態を目指している。また、前述した通り、再生可能エネルギーについてはその利用を積極的に進めることを第 9 次国家計画でも示しており、前述した小規模再生可能エネルギー発電プログラム(SREP)のような具体的な促進策を実施している。

1-4-2 対 CDM 体制

マレーシアは 2002 年に京都議定書を批准し、CDM プロジェクトの普及に向けて積極的な活動を行っている。早い時期から CDM 組織を確立させ、図 1-3 のような体制で取り組みを行っている。

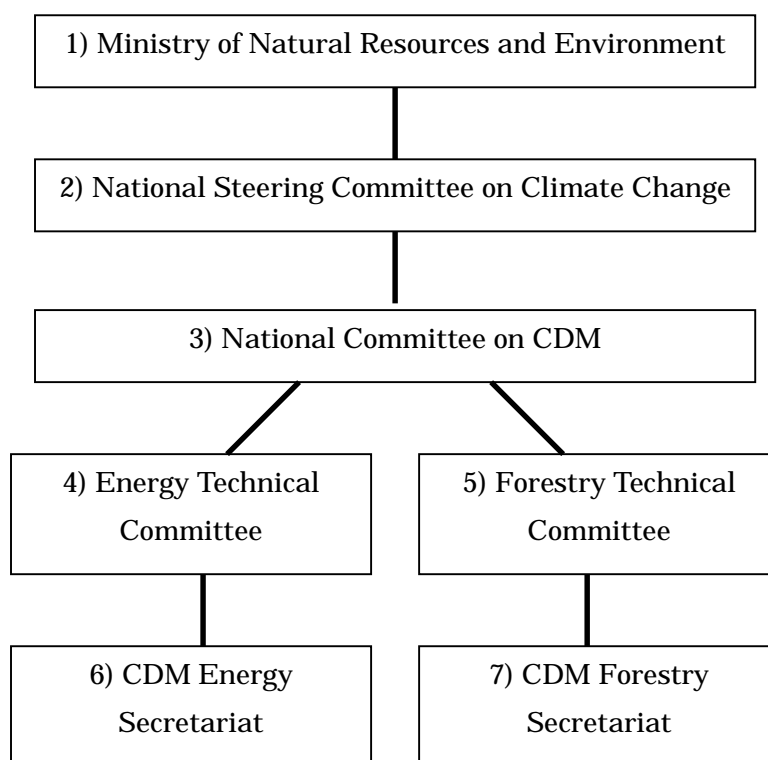


図 1-3 . マレーシア政府の CDM 組織

1) 天然資源・環境省：Ministry of Natural Resources and Environment (MNRE)

・マレーシアにおける指定国家担当機関 (Designated National Authorities : DNA) である。

・ CDM 案件の審査に際し、持続的開発の国家クライテリアとの整合性検証を行う。

2) 気候変動に関する国家運営委員会 National Steering Committee on Climate Change (NSCCC)

・ 1994 年に設立。

・ 基本方針の作成、気候変動の諸問題の検討等を担う。

・ 政府、民間、NGO 等出身者による委員で構成される。

・ 委員長は MNRE(気候変動枠組条約の窓口であり、CDM 事業の中心省庁である)の Secretary General (事務局長) である。

3) CDM 国家委員会：National Committee on CDM (NCCDM)

・ 2002 年に設立。

・ CDM プロジェクトの承認基準等の設定、承認、CDM プロジェクトをモニターし、NSCCC への報告等を行う。

・ 省庁出身者による委員で構成されている。

・ 委員長は MNRE の Deputy General (副事務局長) である。

4) エネルギーセクター技術委員会：Energy Technical Committee

- ・ 廃棄物、輸送等分野の CDM プロポーザルの技術評価を行う。
- ・ エネルギー・水資源・通信省 (Ministry of Energy, Water Resources and Communication : MEWC) が担当。MEWCはCDMに関してはMNREへのサポートという立場で、省エネルギー・再生可能エネルギー事業の促進を進めている。

5) 森林セクター技術委員会：Forestry Technical Committee

- ・ 農業分野の CDM プロポーザルの技術評価を行う。
- ・ 第一次産業省：Ministry of Plantation Industries and Commodities (2004 年に Ministry of Primary Industries より名称変更)が担当している。

6) エネルギーセクターCDM事務局：CDM Energy Secretariat

- ・ Energy Technical Committee のサポートを行う。
- ・ マレーシアエネルギーセンター：Pusat Tenaga Malaysia (PTM)が担当している。

7) 森林セクターCDM事務局 CDM Forestry Secretariat

- ・ Forestry Technical Committee のサポートを行う。
- ・ マレーシア森林研究所 Forest Research Institute Malaysia (FRIM)が担当。

1 - 4 - 3 CDM 承認のクライテリア

CDM 承認のクライテリアは、フルスケールのプロジェクトと小規模プロジェクトとで異なるが、本プロジェクトはフルスケールのプロジェクトであるので、そちらについてのみ記載する。

フルスケール CDM プロジェクトは、マレーシア政府の承認を得るために国家クライテリアとして、以下の 5 つの基準を満たすことが求められる。

基準 1： マレーシア政府の持続可能な発展政策に合致し、それに向けて直接的な効果をもたらすものであること(表 1-9 参照)。

基準 2： プロジェクトの実施にマレーシアと附属書 国の参加が含まれていること。

基準 3： 技術移転効果、または技術の向上をもたらすこと。

基準 4： CDM 理事会が求めている以下の全ての条件を満たすこと。

- ・ 自主的な参加であること。
- ・ 気候変動の緩和に関連する実質的で測定可能かつ長期的な便益をもたらすこと。
- ・ プロジェクトがなかった場合に比べて、追加的な排出削減を達成すること。

基準 5： プロジェクト実施者は CDM プロジェクトの遂行能力があることを示すこと。

- ・ マレーシア法人格を有していること。
- ・ 資本規模が最低 RM100,000 であること。
- ・ プロジェクト資金調達先の見込みが立っていること。

表 1-9 . 持続可能な開発に関する指標

大項目	中項目	小項目
環境面	大気環境	温室効果ガス削減効果のインパクト 地域大気環境に対するプロジェクトの影響 (SOx、NOx 微粒分子の排出) 大気汚染物質、有害物質の影響
	水質	地表水、地下水、沿岸水、海水に対するプロジェクトの影響
	生物多様性	ローカルの生物多様性に対するプロジェクトの影響
	土壌環境	土壌環境に対するプロジェクトの影響 プロジェクトの立地は地滑りの危険がないか(危険がある場合にはプロジェクトは環境問題の要因となり得る)
	土地利用変化	プロジェクト領域の内部、もしくは周辺に、湿地や水脈等生態系の観点から重要もしくは慎重を期する区域を含まないか プロジェクト領域の内部、もしくは周辺に、国際条約、法律、条例等で規定された保護区域を含まないか
経済面	競争力	技術向上の効果(よりクリーンな技術、効率向上技術、環境配慮型技術)
	雇用	雇用創出効果(数・質)
社会面	地域社会	地域社会の生活への影響(貧困改善) プロジェクトはエネルギーサービスに対するコミュニティのアクセスを高めるかどうか 地域社会に対するプロジェクトの影響(健康、地域の歴史的建造物・文化遺産の保全、等)
エネルギー面	資源利用効率	プロジェクトは天然資源利用効率を向上させるか
	天然資源の持続可能な利用	プロジェクトは再生可能エネルギー資源の利用を促進するか

1-4-4 CDM 事業承認・実施手続き

マレーシア政府の CDM 承認プロセスは図 1-4 および図 1-5 の手順で行うよう定められている。まず、第 1 段階としてプロジェクト参加者はプロジェクトの概要書 (Project Idea Note : PIN) を DNA である MNRE に提出し、担当機関において審査を受けた後、仮承認レターが発行される(図 1-4)。その後、第 2 段階として指定運営機関(DNA)による Validation を経て、正式にホスト国の承認がなされる(図 1-5)。

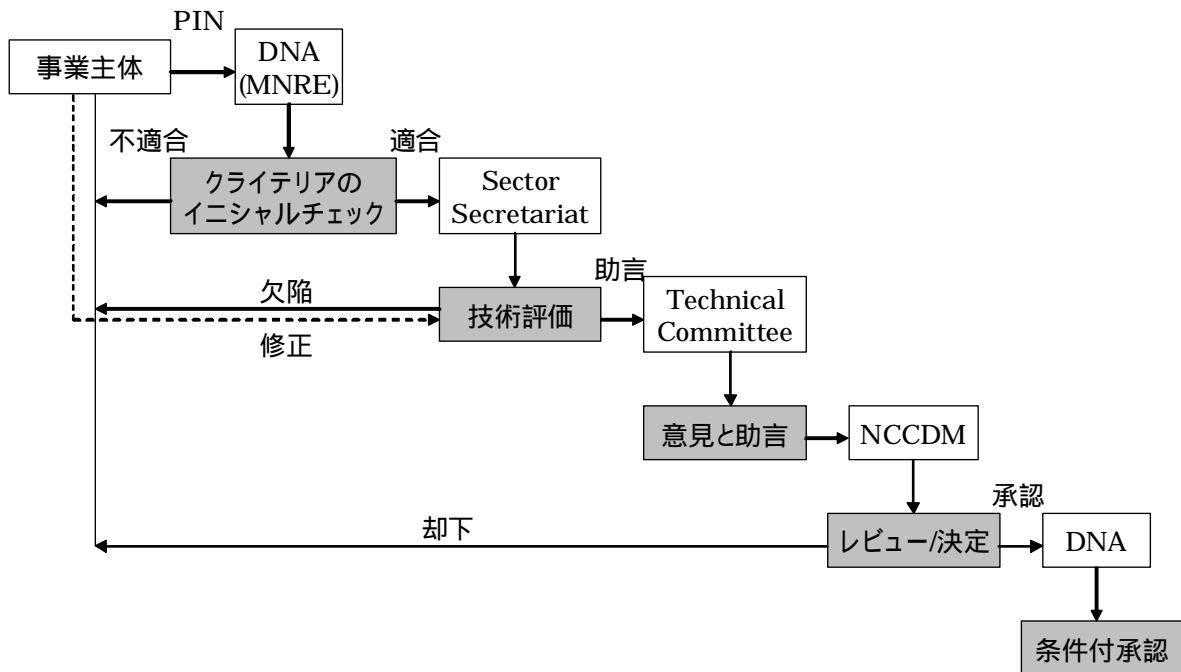


図 1-4 . PIN の承認プロセス(第 1 段階)

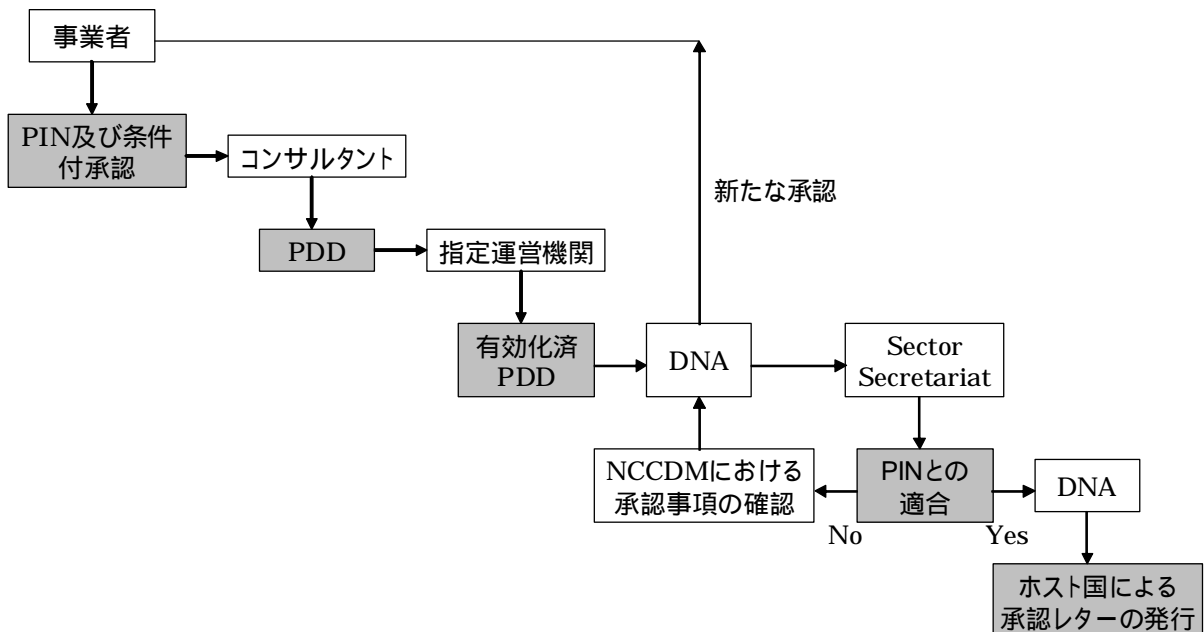


図 1-5 . CDM 事業承認プロセス(第 2 段階)

1-4-5 CDM 実績

マレーシアにおける CDM 事業の実績は、2006 年にデンマークが行ったバイオマスエネルギーを活用したプロジェクトを皮切りに、現在(2009 年 10 月時点)までで 66 件のプロジェクトが UNFCCC (気候変動に関する国際連合枠組条約 : United Nations Framework Convention on Climate Change) に登録されている。投資国には、カナダ、デンマーク、フランス、ドイツ、日本、オランダ、スイス、イギリスがある。

また、マレーシアにおける主な CDM プロジェクトの種類は表 1-10 のとおりである。この中では、廃棄物管理プロジェクトおよび再生可能エネルギープロジェクトが多くなっている。

表 1-10 . マレーシアにおける主な CDM プロジェクトタイプ

分野	プロジェクトの種類
再生可能エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> ・ バイオマス発電(系統連携 / 自家発電) ・ バイオガス発電 ・ 太陽光発電(太陽熱温水、太陽光発電) ・ 小規模水力
エネルギー効率改善	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発電効率改善(コジェネレーション発電効率改善) ・ ボイラー効率改善(より効率的な熱および蒸気システム) ・ 燃料転換
森林	<ul style="list-style-type: none"> ・ 植林 ・ 再植林
廃棄物管理	<ul style="list-style-type: none"> ・ 廃棄物を利用した発電および熱利用 ・ 埋立処分場からのガス回収 ・ 嫌氣的廃液処理
運輸	<ul style="list-style-type: none"> ・ 車両の燃費改善 ・ 低排出燃料への転換

第 2 章 調査内容

2-1 調査実施体制

本調査は、カウンターパートの協力の下に実施した。調査実施体制を以下に示す。

表 2-1 . 調査実施体制

〔日本国側〕	
・ 株式会社 ミダック	- 調査全体の統括、報告書作成
・ 鹿島建設 株式会社	- 現地調査技術支援
〔ホスト国側〕	
・ LEETUCK CONSTRUCTION 社 (LT 社)	- カウンターパート、現地調査協力。
・ イポ市	- 市の廃棄物処理を管轄。現地調査実施の許可・情報提供等を依頼。
・ マレーシア政府 住宅地方自治省(MHLG)	- 都市ごみ(MSW)処理行政を管轄する省。MSW 処理状況の確認およびプロジェクト内容の協議。
・ マレーシア政府 天然資源環境省(MNRE)	- 環境政策を担当する省であり、CDM の指定国家機関(DNA)も設置。本調査において、最新環境政策、CDM 関連情報等を確認すると共に、プロジェクトの実施可能性について協議。

2-2 調査課題

本調査を進める上での課題は、以下の 4 点と考えられる。

〔課題 1〕対象サイトの廃棄物管理状況を十分に理解し、最適な導入技術を選定し、具体的な計画を進めること。

〔課題 2〕選定した計画における仕様・コスト等資金計画の確認を行うこと。

〔課題 3〕利害関係者に対し、本プロジェクトに対する説明を実施し、プロジェクトを促進する。

〔課題 4〕ガス回収・利用技術および MBT 技術・モニタリング方法について検討を行う。

2-3 調査内容

2-3-1 対象地域

対象地域は、イポ市である。イポ市は、西マレーシアの北部に位置するペラ州の州都で、

人口約 50 万人・面積約 387km²・東南アジア屈指の錫の産出地として有名である。

日本との関係も大変深く、1989 年 3 月に福岡市と姉妹都市提携して以来、日本庭園の設置や吹奏楽演奏などの文化面、ラグビーやバドミントンなどのスポーツ面など様々な分野で相互交流を続けている。



図 2-1 . イボ市位置図

(出展 : Wikipedia<http://ja.wikipedia.org/wiki/>)

イボ市の行政組織は、首長である市長を筆頭に、実務のトップである事務局長、そして組織・人事部、審査部、財務部、保健部などから構成される事務局がある。また、市長と共に市を形成する議会には 24 名の議員がおり、議会の下には議員や専門家などで構成される委員会が置かれており、総務土木、保健、都市計画などの各種委員会が基本政策の立案機能を担っている。

財政状況は、1999 年の歳入は 7,994 万 RM で、その 6 割を固定資産税が占めており、手数料収入や補助金・交付金がこれに続く。一方、歳出は同額で、内訳は一般歳出に 83.3%、開発事業歳出に 16.2%が充てられている。一般歳出のおよそ半分は給与・手当などの人件費で占められ、残りの 4 割強がごみ処理・清掃業務などの行政サービス経費である。

2 - 3 - 2 廃棄物管理状況

イボ市政府は、ほとんどの廃棄物収集・運搬および MSW 処分場の管理業務を LT 社(カウンターパート)に委託している。

処分場は、既に埋立が完了しているエリアと、現在廃棄物の投棄が行われているエリアに分かれている。現在廃棄物の投棄が行われているエリアは、家庭や店舗などから回収された MSW が、約 600t/日搬入されており、オープンダンプングされている。一部有価物

は、処分場内にてウエストピッカーに回収されリサイクルされている。処分場に隣接するかたちで調整池が設置されており、処分場からの浸出水は調整池に貯留された後、ほぼ未処理で放流されている。

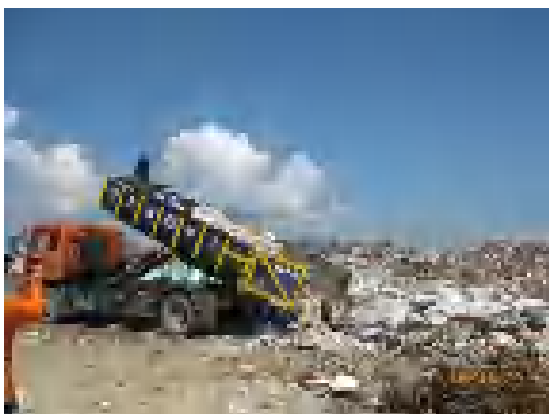
【処分場の様子】



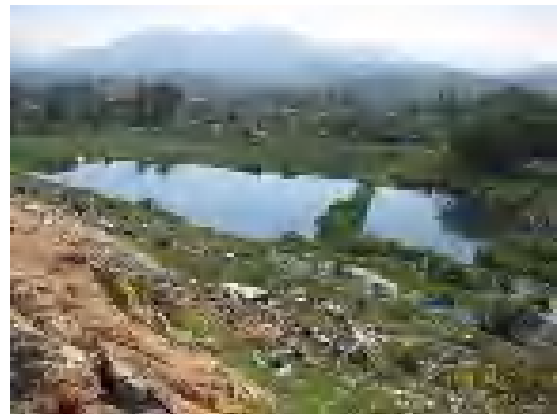
〔処分場の様子 〕



〔処分場の様子 〕



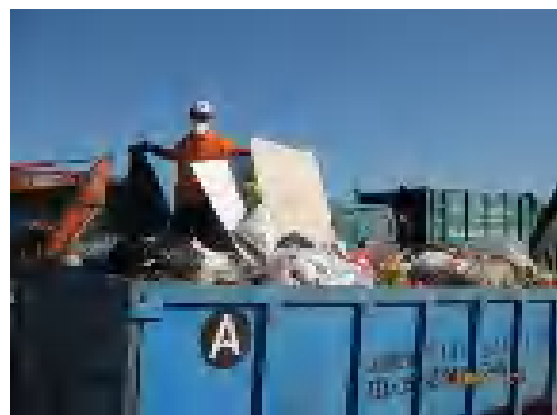
〔オープンダンピング〕



〔調整池の様子〕



〔パッカー車で搬入の様子〕



〔コンテナ車の廃棄物の様子〕

処分場には、大きく分けて 3 種の排出元からの廃棄物が搬入されている。排出元・割合は以下のとおりである。(現地ヒアリングによる搬入割合)

- (1) 家庭からの排出(Household) - 70 %
- (2) 個人経営店からの排出(Shop) - 25 %
- (3) 大規模店・市場からの排出(Market) - 5 %

2 - 3 - 3 現地調査結果

現地調査は、6 回実施した。それぞれの現地調査での実施内容を以下の表に記す。

表 2 - 2 . 現地調査結果

項目	調査・打合せ内容
第 1 回現地調査 (8 / 24 ~ 27)	<ul style="list-style-type: none"> ・ ペラ州・イボ市当局関係者へ本事業内容の説明。 ・ 処分場の現地視察。 ・ 処分場浸出水サンプリングの実施。 ・ 資金計画に関する打合せの実施。
第 2 回現地調査 (10 / 9 ~ 15)	<ul style="list-style-type: none"> ・ マレーシア廃棄物処理会社との情報交換。 ・ マレーシア廃棄物処理企業の視察。
第 3 回現地調査 (11 / 20 ~ 29)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 廃棄物組成分析の実施。 ・ 廃棄物選別施設見積依頼。
第 4 回現地調査 (12 / 18 ~ 26)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 処分場浸出水の分析。 ・ ファイナンス関係調査。 ・ ガス回収に関わる設備見積依頼。
第 5 回現地調査 (1 / 10 ~ 17)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中央政府との事業打合せ。 ・ 銀行への事業概要の説明、ファイナンス関連調査。 ・ カウンターパートへの現地調査結果説明。
第 6 回現地調査 (2 / 3 ~ 10)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 各関係機関への最終説明。 ・ カウンターパートとの打合せ。

調査課題に対する結果は以下の通りである。

〔課題 1〕対象サイトの廃棄物管理状況を十分に理解し、最適な導入技術を選定し、具体的な計画を進めること。

「1 - 2 企画立案の背景 (P.1-1)」にも記載したが、対象サイトであるマレーシアでは廃棄物処理における予算の確保や環境汚染などの様々な問題が発生している。これらを解決するためには、3R 推進による廃棄物減量・周辺環境の改善を安価なコストで実現することが求められる。今回、技術的・資金的にも容易な技術として、既存廃棄物埋立エリアでは処分場からの LFG 回収後ガスエンジンによるエネルギー化事業が、新規廃棄物搬入

エリアでは MBT による有機廃棄物のコンポスト化事業が最適であると結論づけた。

〔課題 2〕選定した計画における仕様・コスト等資金計画の確認を行うこと。

当初、プロジェクトに導入する機器・建築工事費を日本企業で実施することを検討していた。しかし、日本企業では想定価格より増加してしまうことがメーカーへのヒアリング調査により判明したため、ホスト国企業を始めとする海外企業での製品調達および建築工事の実施を検討することとした。海外企業で実施した場合には安価なコストでのプロジェクト実施は可能となるが、製品の品質管理や工程管理については難しいと判断し、一部日本企業へ委託することとする。詳細コスト等については、「調査内容(5)設計・コスト検討 P.2-16」に記載する。

〔課題 3〕利害関係者に対し、本プロジェクトに対する説明を実施し、プロジェクトを促進する。

2009 年 8 月に、イポ市・ペラ州の関係者を集めたプレゼンテーションを実施し、本プロジェクトの説明を行った。また、現地調査として廃棄物組成分析・処分場浸出水分析・ガス測定の実施に理解を得た。2010 年 1 月には、現地調査結果説明をイポ市関係者へ実施したところ、本プロジェクトに興味を示している。

その他利害関係者(近隣住民を含む)についても、プロジェクトの概要を説明した後ヒアリング調査を実施しており、理解を示している。

〔課題 4〕ガス回収・利用技術および MBT 技術・モニタリング方法について検討を行う。

ガス回収・利用技術については、2009 年 12 月に現地にて井戸からのガス風速測定を実施しており、平均的に 2.5m/s 程度と風速が速いことから IPCC のデフォルト値より分解率がかかなり高いことが推察された。さらに詳細な検討が必要であるが、熱帯気候での LFG 回収事業では短期で多くのメタンガスの発生があることが示された。

MBT 技術に関しては、廃棄物組成分析および 2008 年 11 月～1 月に好気性発酵処理試験を実施している。この結果、コンポストの売却を考えない場合、好気性処理期間としては 45 日間で十分であることが判明した。また、45 日間の好気処理により 60%程度の有機性炭素分の分解率が得られている。

以下に、現地調査結果の詳細を示す。

(1) 廃棄物組成分析

廃棄物組成分析については、2008 年 11 月に調査を実施しているが、本年度においても、その再現性の確認および、発酵後コンポスト製品販売可能性・リサイクル可能品の回収可能性を確認し、今後の資金計画策定の一助とするため、再度調査を行った。(廃棄物組成分析は、処分場搬入廃棄物割合・搬入量を推定するため、また、適切な中間処理施設設置のための基礎的知見とするために行っている)

「2-3-2 廃棄物管理状況 (P.2-2)」に記載しているが、対象サイトに搬入されている廃棄物の排出元は 3 種(Household, Shop, Market)である。今回、前回調査とも排出元による廃棄物の性状・組成の違いを把握するため排出元別に組成分析を実施している。また、廃棄物の分類項目は、温室効果ガス発生原因となる有機性廃棄物・リサイクル可能品目などを考慮し、以下 16 種類とした。

表 2-3 . 廃棄物の分類項目

・ Food (including Beverage and Tobacco)	・ Carton	・ Garden
・ Paper	・ Disposal nappies	・ Wood and Straw
・ Textile	・ Other plastic	・ Rigid plastic
・ Plastic container (transparent)	・ Glass	・ Plastic container (white)
・ Plastic bag (film-like)		・ Steel
・ Aluminum		・ Residue

〔調査結果〕

排出元別のごみ組成分析調査結果を基に(調査結果は割愛する) 処分場に搬入される廃棄物の組成を推定した。推定結果は後述の図および表のようになった。

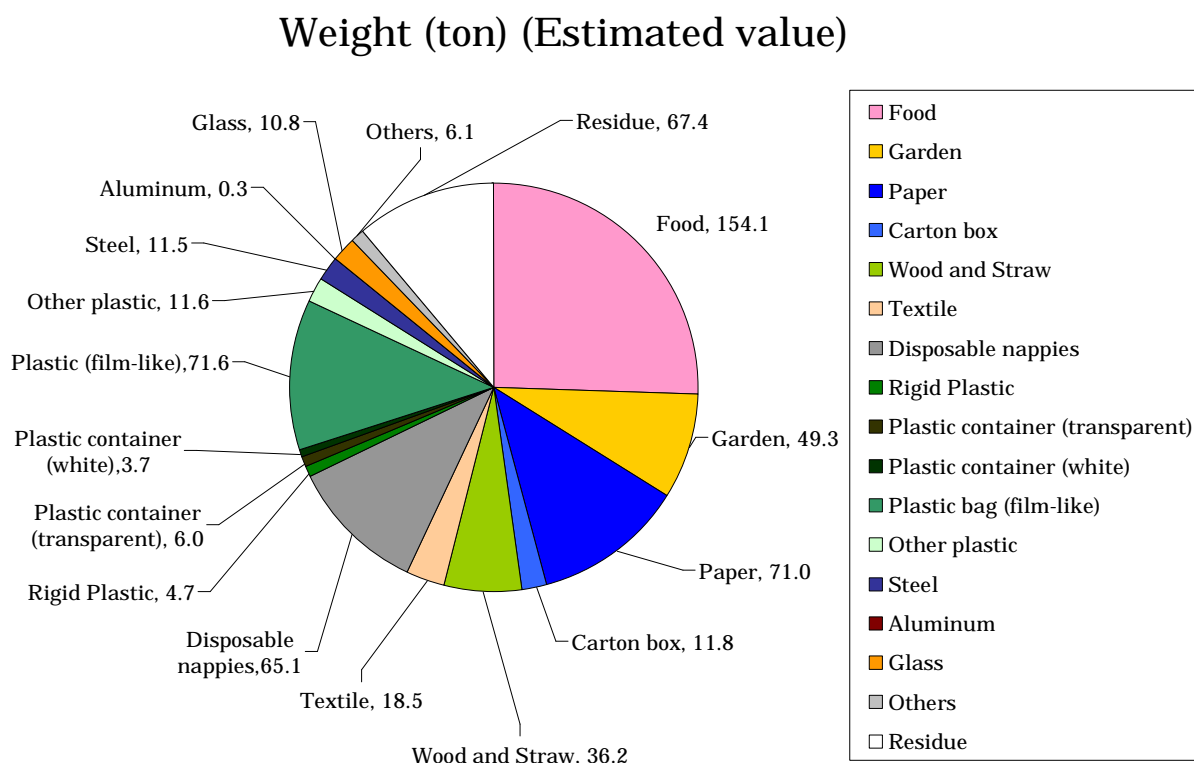


図 2-2 . 廃棄物組成分析結果

表 2-4 . 廃棄物組成分析結果

Items	Food	Garden	Paper	Carton box	Wood and Straw	Textile
Weight (ton) (Estimated value)	154.1	49.3	71.0	11.8	36.2	18.5
Ratio (%)	25.7%	8.2%	11.8%	2.0%	6.0%	3.1%
Items	Disposable nappies	Rigid Plastic	Plastic container (transparent)	Plastic container (white)	Plastic bag (film-like)	Other plastic
Weight (ton) (Estimated value)	65.1	4.7	6.0	3.7	71.6	11.6
Ratio (%)	10.9%	0.8%	1.0%	0.6%	11.9%	1.9%
Items	Steel	Aluminum	Glass	Others	Residue	total
Weight (ton) (Estimated value)	11.5	0.3	10.8	6.1	67.4	600.0
Ratio (%)	1.9%	0.1%	1.8%	1.0%	11.2%	100.0%

Residue に含まれるごみの内訳は以下の通りと推測される。




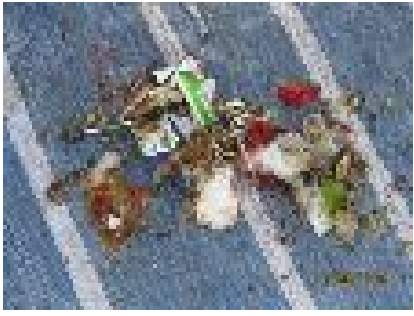

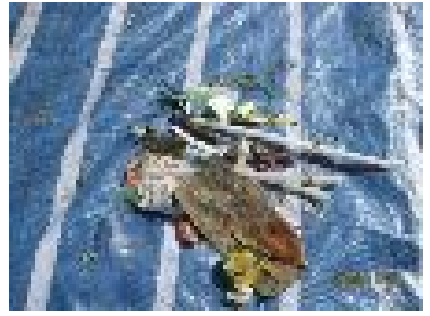
* Residue は現地調査の際、5 cm×5 cm 以下の大きさであったため、あえて分別しなかった廃棄物を指す。

表 2-5 . Residue の組成結果

	Residue's contents			
	paper	food	wood and straw	others
Weight (ton)	3.4	61.3	0.3	2.4

また、本調査によって得られた各排出元別のごみ性状と残渣分性状に目を向けてみると、次の表の様にまとめることができた。

表 2-6 . 排出元別ごみ性状と残渣分性状

Household	Shop	Market
		
残渣分写真	残渣分写真	残渣分写真
		
残渣に含まれる無機性ごみの写真	残渣に含まれる無機性ごみの写真	残渣に含まれる無機性ごみの写真
留意事項（各排出元別のごみ性状）		
ごみがプラスチック袋で包まれ、小分けにされて排出されている （中身は食品であることが多い）	ごみがプラスチック袋で包まれ、小分けにされて排出されている （中身は食品であることが多い）	ごみの種類ごとに比較的まとまって排出されている
乾電池混入あり	乾電池混入あり	蛍光灯の混入あり
ライター混入あり	プラスチック製品混入あり	プラスチック製品混入あり
ガラス破片混入あり	-	-
プラスチック製品混入あり	-	-

上記事項を鑑み、選別施設は機械選別を導入し、以下の様なフローで構成予定とした。

【投入ホッパー】→【破袋機】→【トロンメル】→【手選別ライン】



【手選別ライン】

全ての排出元別ごみには、乾電池・ライター・ガラス破片・蛍光灯等の混入が見受けられるため、好気性発酵処理原料への有害物（ガラス片や有害金属）混入の可能性が考えられる。従って、売却可能なコンポスト製品の生産を考える場合、排出元における上記物質の徹底分別や、手選別ラインでの徹底分別を考えなければならず、実現可能性は低いと考えられる。さらに、全ての排出元別ごみには、細かな無機性ごみの混入が見受けられるため、このことから、好気性処理後に処理物をコンポストとして売却することは難しいのではないかと推察される。

(2) リサイクル可能品調査

処分場の現場監督にヒアリングを行い、リサイクル可能品目および売却単価を得た。

リサイクル物の回収は、手選別ラインでの作業員によってピックアップされる予定である。調査時の様に分別に長い時間をかけることができないこと、また何重もの梱包により 100%の選別が困難であることが予測される。

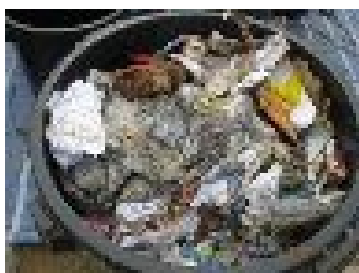
また、Paper や Plastic bag は付着物が多く水分量が多く含まれており販売は困難であると考えられることから、リサイクル回収としては見込みが少ない。以上のことを考慮し、以下のリサイクル率を想定しプロジェクト収益として検討することとした。

表 2-7 . リサイクル可能品目・売却単価・想定されるリサイクル率

Item	Price[RM/ton]	Recycle rate
Paper	200	0 %
Carton	250	0 %
Rigid plastic	600	60 %
Plastic container[transparent]	600	60 %
Plastic container[white]	600	60 %
Plastic bag[film-like]	250	0 %
Steel	400	80 %
Aluminum	2800	80 %

【リサイクル可能品目の写真】

Paper



Carton



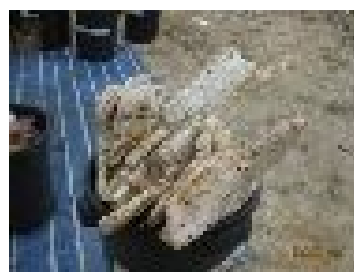
Rigid Plastic



Plastic container
(transparent)



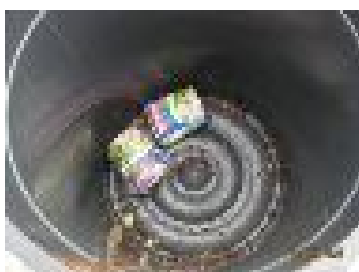
Plastic container
(white)



Plastic bag
(film-like)



Steel



Aluminum



(3) メタンガス量測定

処分場からのメタンガス発生量を推計するため、処分場に既設されていたガス回収用配管を用いて以下の事項を測定した。

- a. ガス回収用配管の高さ・直径・深さ測定
- b. ガス回収用配管から発生しているガスの風速測定
- c. ガス回収用配管内部の温度測定

ガス回収用配管は、図 2-3 の通り処分場の東側に設置されている。

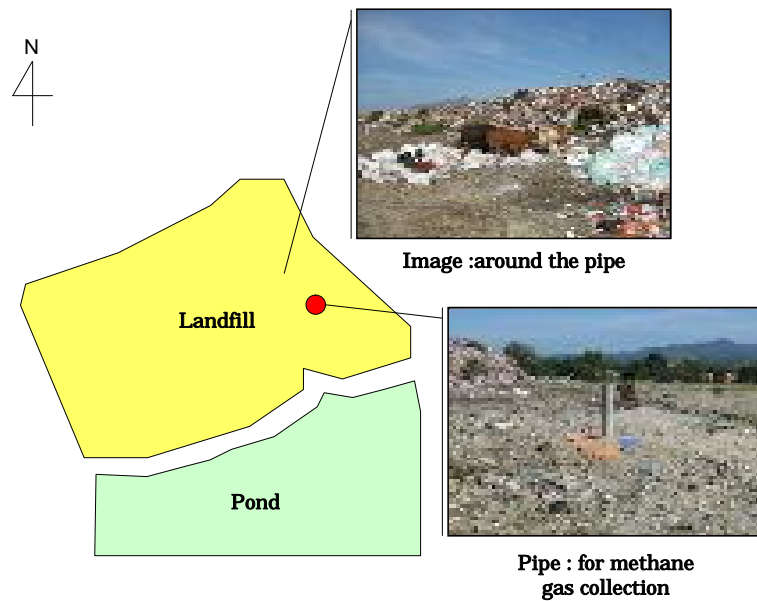


図 2-3 . イボ市処分場図

〔調査結果〕

a. ガス回収用配管の高さ・直径・深さ測定

ガス回収用配管の高さおよび直径を測定した。深さについては、重りをつけたビニール紐（1 mごとに印をつけたもの）を配管の中に落とし、深さを測定した。結果は以下の通りである。

表 2-8 . 高さ・直径測定結果

Date	Measured value
Height of pipe (m)	About 1.0 (93 cm)
Diameter (cm)	15
Depth of pipe (m)	About 19

b. ガス回収用配管から発生しているガスの風速測定

ガス回収用配管から発生しているガスの風速を、風速計を用いて計測した。実際の測定時には、外の風の影響をできる限り少なくするため、配管を段ボールで囲み、段ボールの一部に穴を開けて風速計を挿し込み、できるだけ無風時に風速を測定した。風速の測定間隔は5秒間隔とし、5秒間の移動平均値を測定値としてみなしている。また測定は朝・昼・夕方の3回/日の頻度で行い、1回の測定で12回の連続測定を行っている。最終的な測定値は12回の測定の平均値としている。

表 2-9 . ガスの風速測定結果

Velocity of landfill gas generation (m/s)					
Date (Dec.)	21st	22nd	23rd	24th	Average
Morning	2.58	2.73	2.55	2.41	2.57
Around Noon	2.40	2.64	2.54	-	2.52
Evening	2.51	2.31	2.27	-	2.36
Average	2.50	2.56	2.45	2.41	2.49

*The diameter of the pipe is 15 cm.

* 記載値は 1 2 回の試行の平均値

調査実施時の天候および気温は以下の通り。

表 2-10 . 調査時における天候・気温

Weather and Temperature of atmosphere					
Date (Dec.)	21st	22nd	23rd	24th	Average
Morning	fine / 27.8	cloudy / 24.9	fine / 25.8	fine / 24.7	- / 25.8
Around Noon	cloudy / 31.4	fine / 25.6	cloudy / 26.1	-	- / 27.7
Evening	cloudy / 29.4	fine / 29.4	fine / 30.7	-	- / 29.8
Average	- / 29.5	- / 26.6	- / 27.5	- / 24.7	- / 27.6

c. ガス回収用配管内部の温度測定

ガス回収用配管内に温度計を挿し込み、1 mピッチで温度を測定した。但し、地表面から 3 m ~ 4 mの間で、処分場内部の浸出水が配管内部にしみ出しているため、それ以上の深さにおいては、処分場内部の浸出水の温度を測定している。

表 2-11 . 配管内部の温度測定結果

Temperature in the landfill									
Date	pm 4:25 21/12	am 9:10 22/12	am11:55 22/12	pm 3:55 22/12	am 9:10 23/12	am 11:40 23/12	pm 4:15 23/12	am 9:10 24/12	Average
Weather	cloudy	cloudy	fine	fine	fine	cloudy	fine	fine	-
Temperature of atmosphere ()	29.4	24.9	25.6	29.4	25.8	26.1	30.7	24.7	27.1
0 m (Depth from ground)	40.3	40.9	40.5	41.2	40.4	40.9	40.3	40.4	40.6
1 m (Depth from ground)	40.9	41.5	41.0	41.2	41.4	40.9	41.2	41.3	41.2
2 m (Depth from ground)	41.6	41.8	41.4	41.8	41.5	41.8	41.7	41.7	41.7
3 m (Depth from ground)	43.2	43.3	43.1	43.1	43.0	43.0	43.1	43.0	43.1
4 m (Depth from ground)	46.7	46.8	46.6	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8	46.8
5 m (Depth from ground)	46.9	46.9	46.9	46.9	46.9	46.8	46.8	46.8	46.9
6 m (Depth from ground)	46.9	46.9	46.9	46.9	46.9	46.9	46.9	46.8	46.9
7 m (Depth from ground)	47.0	47.0	47.0	47.0	46.9	46.9	46.9	46.9	47.0
8 m (Depth from ground)	47.1	47.1	47.1	47.1	47.0	47.0	47.0	47.0	47.1
9 m (Depth from ground)	47.1	47.1	47.1	47.1	47.1	47.1	47.1	47.0	47.1

Remark

*Because the length of the rope for thermometer is 10 m, we can show the result until 9 m depth from the ground.

(4) 処分場浸出水分析

本プロジェクト実施における周辺環境への影響を把握するため、処分場からの浸出水の調査を行った。調査は 2 回実施している。第 1 回調査は、2009 年 8 月に浸出水をサンプリングし、ラボ分析を実施した。さらに第 2 回調査として、2009 年 12 月に第 1 回調査と同地点にて、簡易分析が可能であった項目について、パックテストによる簡易分析を実施している。

調査対象地は、第 1 回調査・第 2 回調査共に、5 地点とした。なお、地点選定については、処分場管理者からアドバイスにより決定しており、浸出水が染み出している地点、浸出水が貯留している地点などを選定している。調査対象地図および各地点の写真は以下の通りである。

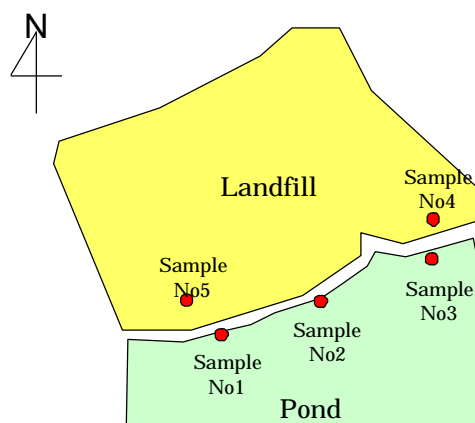


図 2-4 . 処分場浸出水 サンプルング箇所

Sample No1



Sample No2



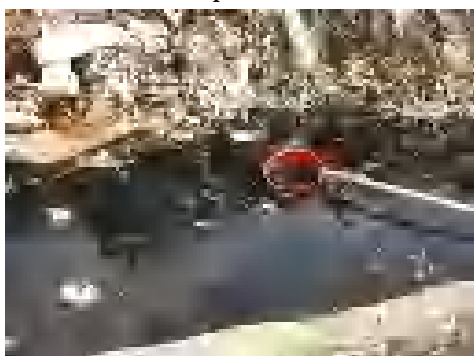
Sample No3



Sample No4



Sample No5



〔第 1 回調査 結果〕

マレーシア現地分析会社による調査結果である。Standard B とは表 1-7 に記載されている環境基準値であり、赤字に記載されているものが環境基準を超えている数値である。

表 2-12 . 第 1 回浸出水分析結果

Date Sample Received	27/08/2009
Date Sample Analysis	08/09/2009

Test Parameters	Unit	Sample No1	Sample No2	Sample No3	Sample No4	Sample No5	AVG	Standard B
pH Value	-	6.9	8.4	7.1	8.6	8.9	7.98	5.5 - 9.0
BOD ₅ at 20	mg/l	41	486	18	160	1600	461	50
COD	mg/l	137	1870	71	747	4490	1463	100
Suspended Solid	mg/l	173	276	82	344	364	248	100
Hg	mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.05
Cd	mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.02
Cr ⁶⁺	mg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.05
Cu	mg/l	0.02	0.23	< 0.01	0.2	0.25	< 0.175	1.0
As	mg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.1
Cyanide	mg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.1
Pb	mg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.5
Cr ³⁺	mg/l	< 0.05	0.12	< 0.05	0.06	0.45	< 0.21	1.0
Mg	mg/l	0.19	0.7	0.18	0.25	0.24	0.312	1.0
Ni	mg/l	< 0.01	0.22	< 0.01	0.04	0.36	< 0.21	1.0
Sn	mg/l	< 0.1	0.2	< 0.1	< 0.1	0.3	0.25	1.0
Zn	mg/l	0.04	0.32	0.01	0.19	0.53	0.218	2.0
Br	mg/l	< 0.2	0.06	< 0.2	0.07	1.2	< 0.44	4.0
Fe	mg/l	3.24	11.9	1.94	2.55	7.76	5.478	5.0
Phenol	mg/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	1.0
Free Cl	mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	2.0
S	mg/l	< 0.01	0.04	0.02	0.02	0.04	< 0.03	0.5
Oil and Grease	mg/l	2	2	ND(< 1)	3	4	< 2.75	10.0
Chloride	mg/l	73	1320	57	602	2820	974.4	-

〔第 2 回調査〕

分析項目は、第 1 回調査で環境基準を超えていた COD とパックテストによる簡易分析が可能であった 3 項目(Fe・Zn・Mg) および pH、水温とした。

分析は各地点において、時間ごとの差異を把握するため 3 日間計 5 回サンプリングを採取し測定した。その結果、時間ごとおよび日ごとによる明確な差異は見られなかった。

分析データを各 5 回同一条件でサンプルが採取されたものとし、平均値を出し検討することとした。平均値の出し方は、5 つあるデータのうち、最大値・最小値をはじき、残りの 3 データの平均値を出した。これら平均値と前回得られたデータ、および環境基準値とを示したものが下の表である。赤字で示しているところは環境基準値を超えているところである。

表 2-13 . 第 2 回浸出水分析結果

Measuring the pH and COD and Heavy metal value of leachate						
Date (day/month/year)	21 / 12 / 2009 ~ 23 / 12 / 2009					
Temperature of atmosphere (Average)	26.7 ()					
	COD value (ppm)	Fe value (ppm)	Zn value (ppm)	Mg value (ppm)	pH value	Temperature of leachate ()
blank	0	0	0.2	2.0	-	-
No.1	167 (137)	3.3 (3.2)	1.0 (0.04)	17.7 (0.19)	8.10	29.8
No.2	147 (1870)	4.0 (11.9)	1.0 (0.32)	18.0 (0.70)	7.87	30.5
No.3	153 (71)	3.0 (1.9)	1.3 (0.01)	25.3 (0.18)	7.31	27.9
No.4	500 (747)	2.7 (2.6)	1.2 (0.19)	42.0 (0.25)	8.33	28.3
No.5	1833 (4490)	10.0 (7.8)	3.2 (0.53)	62.0 (0.24)	8.33	30.4
Average from No.1 to No.5	467 (1463)	3.8 (5.5)	1.3 (0.22)	27.8 (0.31)	7.99	29.4
Standard B	100	5.0	2.0	1.0	5.5 - 9.0	-
Remark						
*In this analysis, we took 5 samples from each point. But, in this sheet, we show only the average value of each 3 samples, excluding the highest value and the lowest value.						
*Parenthesis, "()", means the result before, investigated in August.						
*COD value in this time is based on potassium permanganate (KMnO4), though the before result and Standard B is based on potassium dichromate (K2Cr2O7). It is said that the latter value is higher than the former.						
*We show the value over "Standard B" with red.						

〔第 1 回調査〕と〔第 2 回調査〕の結果より、COD および Fe の数値は、大きく変わらない。一方、Zn は No.1-No.5 平均値ベースで第 1 回分析では 0.22ppm に対し、第 2 回分析では 1.3ppm と、5 倍以上の開きがある。また、Mg も No.1-No.5 平均値ベースで第 1 回分析 0.31ppm に対し、第 2 回分析 27.8ppm と、100 倍近い開きがある。

第 1 回調査はラボにおける分析、第 2 回調査はパックテストによる簡易分析であり、数値が異なるが、新たに処分場に浸出水処理施設を設置する場合には、再度調査し設備検討を行うことが望ましい。

MBT による有機廃棄物のコンポスト化事業を実施した場合には、浸出水の水質改善として COD 値の低減効果が期待できる。詳細については、「第 4 章コベネフィットに関する調査結果 (P.4-1)」に記載する。

(5) 設計・コスト検討

本プロジェクトにおける仕様やコスト等については、国内外各メーカーと打合せを実施し、現地ニーズを満たすことの出来るものを選定した。

A : 処分場の LFG 回収・利用事業

施設の初期投資費と維持管理費を以下に示す。

費用算定に当たり各メーカーとの打合せ実施したところ、仕様決定や詳細見積には、処分場確認後実施したいとの回答を得ており、詳細な費用積算は別途行う必要がある。

プロジェクト内で発電した電力の約 8%程度を所内電力として利用することを想定している。

表 2-14 . LFG 回収事業 コスト

初期投資費	費用(千円)	備品
機械設備費	290,000	ガスエンジン、発電機、プロア、フレア燃焼施設 等
土木建築工事費	25,000	処分場表面形成、覆土 等
合計	315,000	
維持管理費		
燃料費・電気代	100	
修繕費・消耗品費	14,500	機器修繕・メンテナンス費等
人件費	3,000	10 名×1000 円/日×300 日
その他費	2,000	CDM 事業登録料、一般管理費等
合計	19,600	

B：有機性廃棄物におけるコンポスト化事業

施設の初期投資費と維持管理費を以下に示す。

日本企業での設備製造は高額となることから、出来るかぎりホスト国を始めとする海外企業で調達した場合の費用を用いて積算した。なお、現地調査の結果より、生成後のコンポストについては、売却は想定せず、覆土として利用する。

表 2-15 . コンポスト化事業 コスト

初期投資費	費用(千円)	備品
機械設備費	185,000	投入ホッパー、コンベア、トロンメル、破袋機、ホイールローダ 等
土木建築工事費	45,000	整地、処理棟 等
合計	230,000	
維持管理費		
燃料費・電気代	10,000	
修繕費・消耗品費	9,000	機器修繕・メンテナンス費等
人件費	33,600	140 名×800 円 / 日×300 日
その他	2,000	CDM 登録費、一般管理費等
合計	57,000	

2-3-4 プロジェクト適用技術

A：処分場の LFG 回収・利用事業

(a) LFG 回収・利用技術概要

本プロジェクトの LFG 利用に用いる設備は、LFG 回収設備、LFG 貯留設備、LFG 発電設備、フレア燃焼設備であり、それぞれについては以下の通りである。なお、埋立処分場内のメタンガス排出を制御する重要なファクターは表層部の被覆である。このため、メタンガスを最大限に促進させるには、表層部を 0.5m 以上の良質土で被覆するものとする。

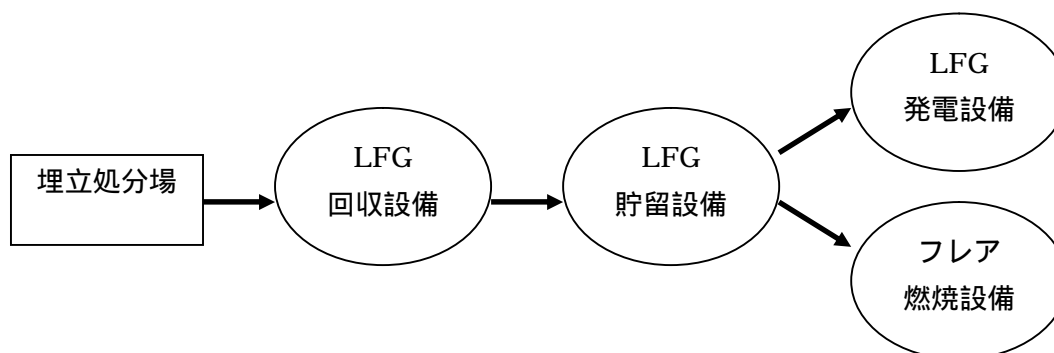


図 2-5 . LFG 回収・利用技術概要図

LFG 回収設備

本 LFG 回収システムにおいて、LFG 回収設備は根幹的な設備である。当該 LFG 回収設備は、産出井戸によって LFG を回収し、LFG 管によってガスエンジンまで LFG を回収し搬送するものである。

LFG 貯留設備

LFG 貯留設備は、LFG をガスエンジンへ導入前にガスホルダを設けていったん貯留し、流量を調整するものである。

LFG 発電設備

LFG 発電設備では、LFG を燃料として使用し、ガスエンジンで発電する。LFG 発電設備では、場内で使用する電力を除き、全て電力会社(TNB)へ売却する。

フレア燃焼設備

フレア燃焼設備は、LFG 発電設備の保守時(点検、または故障)に、LFG ガス全量を安全にフレア燃焼させる。

(b) LFG 回収設備

本プロジェクトは、廃棄物最終処分場から発生するガスを捕捉・回収し、これを燃料とすることにより発電し、売電する事業を目指している。この場合、埋め立てられた廃棄物層からいかに効率よくガスを捕捉・回収するかが事業成立に向けた技術的な課題の一つであり、そのための施設の仕様が事業採算性にも大きく影響しかねない。

産出井戸

LFG 回収井戸には、表 2-15 のように、垂直井戸と水平井戸の 2 種類が考えられる。

表 2-16 . LFG 井戸方式比較表

項目	垂直井戸	水平井戸
イメージ図		
概要	垂直方向に井戸を設置する。設置間隔は井戸同士の干渉を考慮して設置する。	複数の埋立のリフト毎に水平に井戸を設置する。
設置時期	最上部まで埋立が完了後、設置する。	埋立途中にて平行にして設置する。
特徴	長所	<ul style="list-style-type: none"> 井戸毎に LFG 回収の制御が容易 LFG 発生状況や埋立地の状況に応じて井戸の増設が容易 凝縮水による問題が起こりづらい
	短所	<ul style="list-style-type: none"> 埋立が完了するまで、LFG の回収が不可能 埋立プランの変更に調整が必要 埋立車両による破損、不等沈下に考慮が必要
井戸・配管 パイプ	多孔(長細穴)配管 材質：PVC、PE、HDPE 等	多孔(長細穴)配管又は畏径配管 材質：PVC、PE、HDPE 等

水平井戸方式は、ごみの埋立途中にて水平配管工事を実施しなければならない。しかし、本プロジェクトにおいては、処分場を閉鎖してからガス回収を行うため、垂直井戸方式を用いる。

垂直井戸方式の設置計画で重要になるのが、産出井戸の深度と配置である。井戸の深度はごみ最上部の覆土面より、埋立起点の高さ +0m までの深さとする。また、井戸の配置は 50m 間隔とする。

井戸の口径については、費用面、保守管理面(産出井戸内洗浄の容易さ)、LFG 生産性向上も考慮して 200mm 程度とした。

産出井戸の構造としては、掘削孔とケーシングパイプとの間からガス漏洩や空気浸入が極力ないようにセメント類で密閉する。セメント類による封塞は、圧密沈下が進むにつれて破壊される可能性があるため、適宜セメントによる補修を行う。

配管計画

配管は枝管と本管に分類する。本プロジェクトにおいては、全ての産出井戸から合流した管を本管(300mm 程度)、それまでの管を枝管(200mm 程度)とする。

< 配管決定因子 >

- ・ 配管は地形勾配に沿わずとともに、露点温度に達した LFG 中の水分がドレインとして排出できる流れをつくるため、処分場上部から下部となるように配管する。
- ・ 圧力損失が増えるため 3 箇所からのガス管合流を避ける。
- ・ 配管は地上に沿わせて、配管サポートは産出井戸を中心とする。
- ・ 配管のつなぎによって圧力損失の増大やガス溜りが起きないように、本管の合流する部分(エルボ)では 90 度未満のものを極力避ける。
- ・ LFG 発電設備の方向への一方向の流れとなるように配管ルートを計画する。
- ・ 経済性(ガスエンジンとその動力費)と維持管理面(フロアの運転操作、故障修理)およびフロアの故障等による漏水、漏洩防止という環境暴露の防止を原則とする。

< 管の基礎および接合方法 >

本プロジェクトにおける管は、面的に整備されるものであり、管の基礎については支持基礎とせず、不等沈下対応、縦断方向の変形対応のため、柔軟性のある配管材を採用し、配管をそのまま地形勾配に沿わせる。また、管の接合方法は、接合するそれぞれの管の内径又は内のりの中心線を合わせて接合する方法とする。

配管の接続については、その方法が悪く万が一漏洩事故等が生じた場合、付近の住民に対して直接或いは間接に被害をもたらすことになるので、十分に注意を要する。

< 管の材質 >

本プロジェクトで用いるそれぞれの配管の材料としては、鋼管、ダクタイル鋳鉄管、硬質塩化ビニール管(PVC 管)等が考えられる。

PVC 管を利用すると、柔軟性・可とう性に富み、ごみ層の不等沈下にも対応することが可能である。一方、鋳鉄管、鋼管等を利用する場合は、管内の堆積物の腐敗や、浸出水の浸入により、管が侵されるのを防止する等、管の耐食法に十分に留意する必要がある。特に、酸性である LFG ガスによる管の腐食を防ぐ必要があるため、管内面は耐酸性の合成樹脂であることが望ましい。

本プロジェクトサイトでは、酸性雰囲気下で、硫化水素等が発生する腐食環境にある。よって、本プロジェクトの管は、PVC 管のものを利用する

(c) LFG 貯留・発電・フレア燃焼設備

LFG 設備のフローは、LFG を産出井戸から抽出後、LFG 貯留設備で貯留し、LFG 発電設備においてガスエンジンで発電する流れである。発電した電力の一部は内部電力として使用し、大半の電力を電力会社へ送電する。LFG 設備概略フローは図 2-6 の通りである。

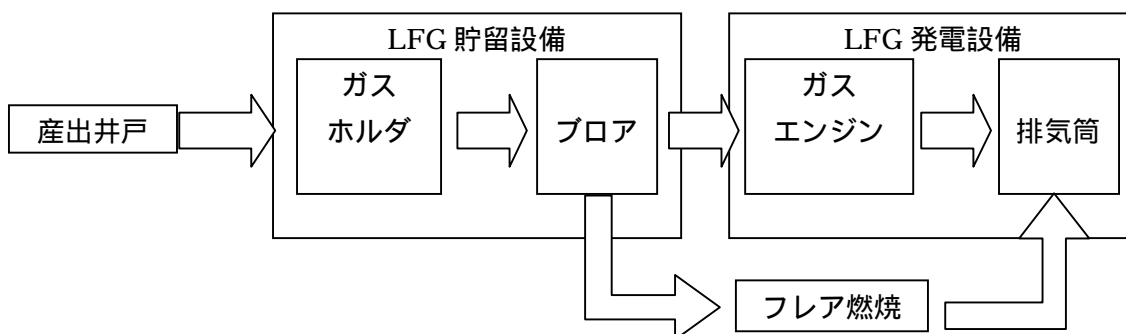


図 2-6 . LFG 設備概略フロー図

LFG 貯留設備

LFG 貯留設備では、ガスホルダを設けて LFG をいったん貯留する。そして、流量を調整しながらブローアでガスエンジンへ LFG を導入する。なお、ガスエンジンの保守時等においては、フレア燃焼設備へ LFG を導入する。

LFG 発電設備

本プロジェクトにおける LFG 発電設備としては、ガスエンジンを用いる。LFG に含まれる温室効果ガスであるメタンガスを燃焼させ、CO₂ にまで破壊させると同時に、発電により電力が得られるので、得られた電力を埋立処分場内で自己消費したり、電力系統へ売電したりする。

本プロジェクトに用いるガスエンジンは、LFG 中の硫化水素数百 ppm でも耐久性に支障をきたさないもので、C 重油を燃料としても問題のないものにする。ガスエンジンの排ガスにおける仕様は、NO_x400ppm 未満と SO_x100ppm 未満とする。なお、今回使用を予定しているガスエンジンは低 NO_x 運転が可能であり、かつ硫黄酸化物にもある程度耐久性のある最新型のガスエンジンを採用する。

基本的にはマレーシア内での維持管理の容易さを考慮して、マレーシアにおいて輸入可能な発電機を採用する。故障時の対応を考慮して、スペアパーツの入手が容易な機種を選定する。

フレア燃焼設備

本プロジェクトにおいては、ガスエンジン発電設備とフレア燃焼設備を両方設けている。両者ともメタンガスを CO₂ にまで破壊する設備であるが、フレア燃焼設備は、ガスエン

ジン発電設備の保守時(点検、または故障)に利用する。

保安管理

保安管理は地域住民の周辺状況や機器の特性を考慮し、安全性を高める必要がある。

本プロジェクトで用いるそれぞれの保安管理は、騒音・振動防止、ガス漏れ対策、保守・点検管理であり、それぞれについて以下に示す。

〔騒音・振動防止〕

住宅に近い場所に置かれるガスエンジン室や諸設備からの騒音・振動が大きい場合は、付近の住民に騒音公害を及ぼさないように防音・防振処置を講ずる必要がある。

ガスエンジンは十分な基礎の上に置き振動を防止するとともに、必要に応じて上部に消音器を取り付け、騒音を防止する。なお、建物を防音廣造にするには、壁面を吸音板、もしくは窓を少なくすることが考えられる。

〔ガス漏れ対策〕

本設備はメタンガスを扱うため、運転員が 1 日 2 回の LFG 回収設備および LFG 発電設備の巡回にてガス漏れ点検(視認、臭い等)を行う。また LFG 計装設備においてガス量等を観測し流量等の異常について常時監視する。

〔保守・点検管理〕

当該ガスエンジンを安定させるため、より経済的な運転を行う必要があり、特に表 2-17 に示す保守・点検管理を実施する。

表 2-17 . 保守・点検管理の内容

項目	内容
運転員の巡回 (ガス漏れ点検)	ガス漏れ点検回数：1 日 2 回(午前 1 回、午後 1 回) LFG 回収設備と LFG 発電設備を巡回し、ガス漏れ点検する。
技術者の巡回	回数：月 1 回程度。運転員への運転状況のヒアリング、稼働状況の観察・点検を行い、不具合の早期発見および運転員へのアドバイスを行う。
緊急時対応	必要部品の供給体制の設定。技術者の派遣体制の設定。(体制表を作成し、緊急時に対応する。)
運転員のトレーニング	運転員のトレーニングを行うことで、運転技術の質を向上させる。
機器のメンテナンス*	メンテナンス頻度は、点検 2～3 ヶ月に 1 回(主にエンジン本体のみ)とし、設備全体の点検・整備は 1 年に 1 回とする。なお、主要部の耐用年数は 5 年を想定する。

*機器毎のメンテナンス内容

- ・ エンジン本体(点火プラグ点検(必要に応じて交換)、ガス制御弁点検、制御装置点検、シリンダーカバー開放点検、主要部品点検・交換、オーバーホールおよび軸受け交換)
- ・ 発電機(絶縁チェック、保護装置作動確認、本体開放点検)
- ・ 熱交換器類点検、清掃(付帯する場合)
- ・ 排熱ボイラ(流路部分点検、配管・チューブ耐圧点検、ポンプ類点検又は交換)
- ・ 冷却水循環ポンプ
- ・ その他

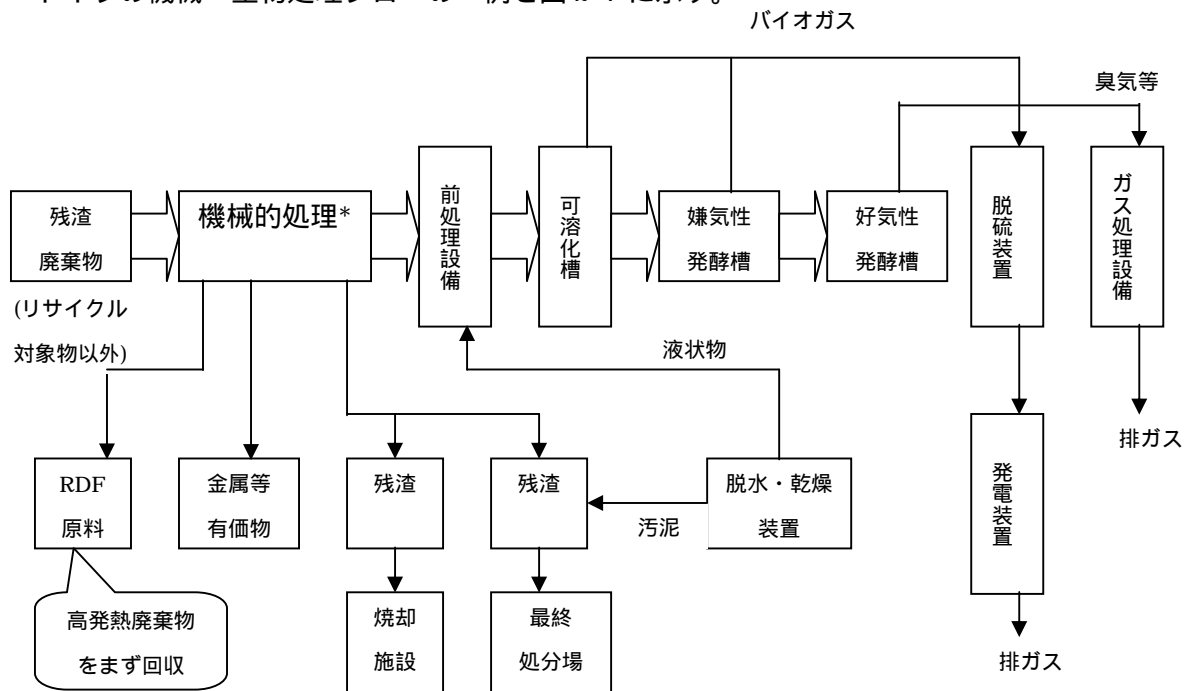
B：有機性廃棄物のコンポスト化事業

(a) 有機性廃棄物のコンポスト化事業概要

MBT(機械・生物処理)による有機性廃棄物のコンポスト化事業は、廃棄物の埋立処分率が高い欧州で、焼却の代替手法として投棄ごみの減量化・安定化を目的として開発された手法であり、1990 年代後半から新式の廃棄物処理施設として導入され始めた。また、日本では不法投棄現場の再生手法の一つとしても用いられている。

本手法は、「機械選別」と「生物処理」から構成され、「機械選別」により資源物の効果的な回収およびごみの減量化を(3R)、「生物処理」でごみの有機成分を高速好気分解することで安定化を図るものである。また、本手法はその処理スキーム(処理プロセスの順序・組み合わせ、回収項目等)を、適用する自治体の状況(ごみ量・組成・処理後用途、予算等)に応じて、適宜構築できることが特徴である。

ドイツの機械・生物処理フローの一例を図 2-7 に示す。



*機械的処理：トロンメルによる分級、風力選別、金属選別、二次破碎、分級、渦電流式金属分離、RDF 化のための前処理

図 2-7 . 機械・生物処理施設の処理フロー(ドイツ)

欧州では高度な処理施設が導入されている事例も多いが、本プロジェクトでは、対象都市の廃棄物管理の現状を鑑み、より簡易な形式の機械・生物処理手法の適用を検討する。

(b) 機械選別工程

選別は、廃棄物を搬出先の条件に適合するように分けるものである。「混ぜればごみ、分ければ資源」といわれるように、選別により資源化を促進することが可能である。現状の処分場においても、ウエイストピッカーにより資源物の回収がなされているが、本プロジェクトの実施により、より効率的に、より多くの資源物の回収が可能となる。また、資源物の回収量が増加することは、廃棄物の減量化、処分場の延命化につながる。

手法としては、可燃物、不燃物、金属等の廃棄物種類ごとに分ける場合がある。

技術は、表 2-18 のように、粒径で分別する「粒度分別」、比重差を利用して分別する「比重差分別」、電磁波や磁力を用いて分別する「電磁波・磁力分別」、作業員など人力で分別する「手選別」に分けられる。適用する技術は、対象廃棄物の性状だけでなく、搬出先の受入条件に大きく左右されるため、技術選定にあたってはこれらの条件を十分に考慮する必要がある。

設備は、通常各種分別機とコンベア等の各種搬送機器から構成されるが、廃棄物の状況によっては破袋機、破碎機、洗浄機等を組み合わせることもある。

表 2-18 . 機械選別の分類

選別方法	選別基準	選別機器例
粒度分別	粒径	トロンメル(回転式粒度選別機)、 振動ふるい機
比重差選別	比重差	比重差選別機
電磁波・磁力分別	電磁波・磁力	磁力選別機
手選別	人力	ベルトコンベア

(c) 生物処理工程

生物処理(コンポスト化)は、処理対象バイオマスを好気性発酵し、分解しやすい有機物を緑農地利用するのに適する安定した性状にするとともに、発酵熱によって病原菌や寄生虫、雑草種子類等を死滅させ、衛生的かつ安全なものにするものであり、旧来から一般に行われてきた技術である。

生物処理の方法は、主な装置である発酵装置の方式や構造等、 通気、切り返し、混合、移送機構等、 もみ殻や稲わら等堆肥製品の成分調整に有用な副資材を使用するかどうか等、の条件によって分類できる。MSW を原料に製品堆肥をつくる場合、原料に塩分や重金属類、ガラス等の混入があると、製品に残留してしまうため、堆肥の品質管理には注意が

必要である。

なお、本プロジェクトにおいては、製品としての売却は行わないため、品質管理にそれほど注意は必要ないが、処理施設および処分場へ廃棄された堆肥から周囲への環境影響を与えないように留意し、生物処理を行うことが必要である。

2-3-5 プロジェクト計画の具体化

「2-3-4 プロジェクト適用技術(P.2-18)」で技術面については示したが、ここでは、具体的なプロジェクト計画について記載する。

A：処分場の LFG 回収・利用事業

本プロジェクトのシステムは、図 2-8 に示す通りである。大きく分けて、LFG 管、ブローア、ガスホルダ、ガスエンジン、フレア燃焼設備からなる。

システム全体の仕様を決定するにあたり、生ガスの条件を表 2-19 の通り設定した。

表 2-19 . 生ガス条件

項目	条件
Gas volume	40,000 m ³ /d
Gas temperature	55
Gas pressure	0
Gas composition	
CH ₄	52 ~ 55 %
CO ₂	38 ~ 42 %
N ₂	0 %
O ₂	0 %
H ₂ O	5 %以下
H ₂ S	100 ppm
CO	240 ppm
Relative gas moister	100%
Si	N.D
Total sulphur	N.D
Halogen compounds**	N.D
Total Cl + 2 total F	N.D
Ammonia	N.D

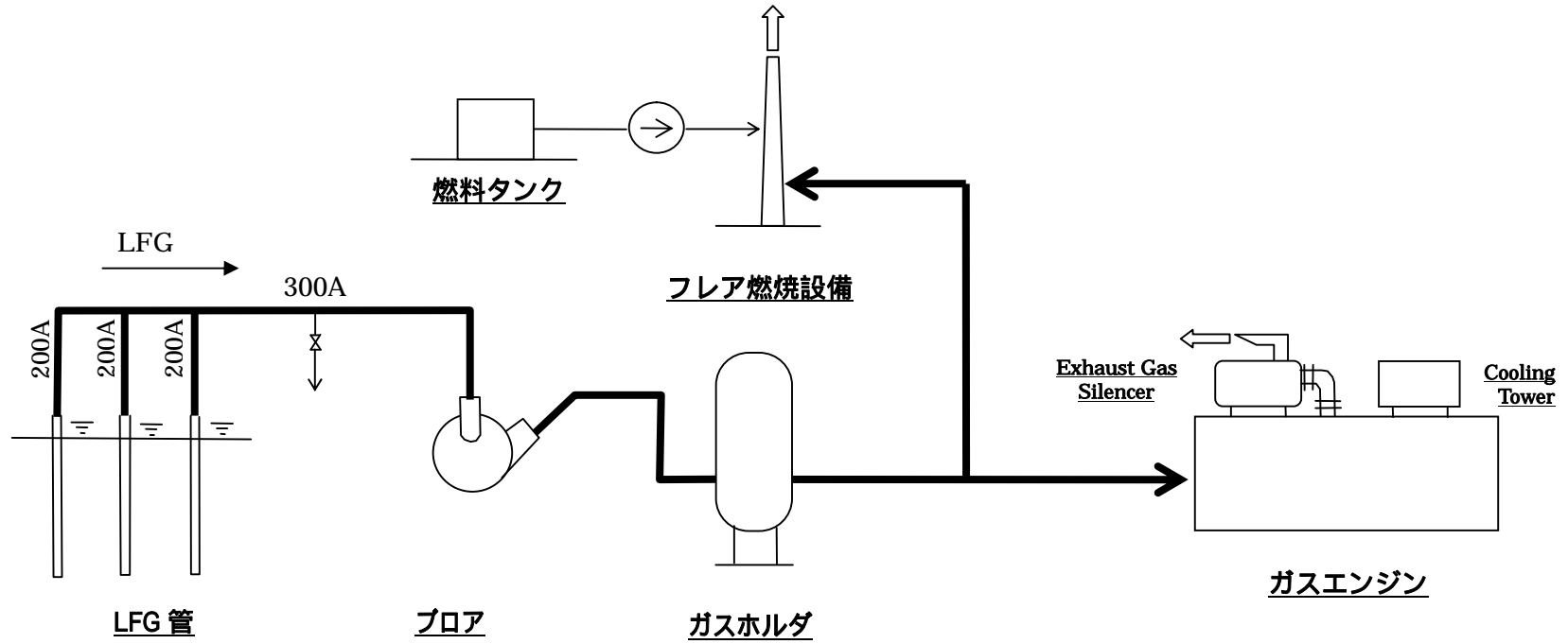


図 2-8 . 全システム図

この条件をもとに、システムの主要機器の仕様を表 2-20 の通り設定した。

表 2-20. 主要機器仕様

機器		仕様
ガスエンジン	形式	低カロリー燃料対応型
	数量	2 基
	発電能力	1MW
	寸法	L12.2m × W2.5m × H2.6m
	重量	27.6t (weight filled)
	付属品	ラジエータ、サイレンサ、排ガスダクト等
ブローア	形式	
	数量	1 基(末端ガス産出井戸において十分な吸引能力が得られない場合は 2 基設置を検討する。)
	流量	
	吸込圧	
	吐出圧	
	その他	耐腐食性、インペラの交換が容易なもの
ガスホルダ	形式	縦型円筒式
	数量	1 基
	容量	前置ブロワの流速をガスホルダにて約 1.0 ~ 1.5m/s に調節する。
	寸法	
	重量	
	その他	耐腐食性
フレア燃焼設備	形式	鋼製煙突
	数量	1 基
	能力	40,000m ³ /day(16,70m ³ /day)
	寸法	
	重量	
	その他	耐腐食性、煙突上部に蓋付
燃料タンク	形式	角型
	数量	1 基
	容量	
	付属品	レベル計
LFG 回収配管	材質	PVC
	サイズ	200mm, 300mm
	数量	1 式
	その他	LFG 産出井戸上部において、垂直配管と水平配管が容易に脱着できること。 LFG 配管ルートにおいて、配管から大気への LFG 漏洩がないこと。 但し産出井戸メンテナンス時は除く。

本プロジェクトにおいては、LFG 発電設備としてガスエンジン発電機を用いる。発電によって得られた電力は、8%程度を所内機器使用電力として使用した後、電力会社(TNB)へ

売電する予定である。

ガスエンジンの運転は、1 年を通じ 24 時間連続運転とする。但し、設備の保守等による停止を考慮し、年間運転日数は 300 日程度を予定する。運転については、24 時間の交代勤務を予定する。

また、ガスエンジンの保守等による停止時には、LFG をフレア燃焼させる。

B：有機性廃棄物のコンポスト化事業

処分場に搬入される廃棄物は選別処理施設に受入れた後、ホッパーに投入し、破袋機、トロンメルにより機械選別を行う。トロンメルにより、粒形選別された廃棄物は、それぞれベルトコンベアに乗せられ、手選別ラインへと運ばれる。手選別ラインでは、作業員により有価物と有機性ごみ・処分場ごみへと大別される。回収された有価物は、リサイクル業者へ販売され、有機性ごみは、隣接する好気性発酵処理施設へ搬入され、ヤード内で 1 日に 1 回程度ショベルローダーにて切り返しを行い、分解・安定化される。

搬入廃棄物	600 tons/day (*稼働日数 300 days/year)
選別施設	200 tons/day × 3 基
好気性発酵処理棟 (1 棟あたり)	30 m ³ (17.9tons)
好気性発酵処理保管期間	45 days

〔選別施設〕 処理能力 200tons/day

処理能力 200t/day の選別施設を 3 基設置し、搬入廃棄物の選別処理を行う。対象サイトに搬入される廃棄物は袋状になっていることから、破袋機によって袋を破かれた後トロンメルにて粒径選別された後、手選別ラインでリサイクル物などを回収する。手選別ラインでは最大 78 名の作業員にて分別作業を行う。

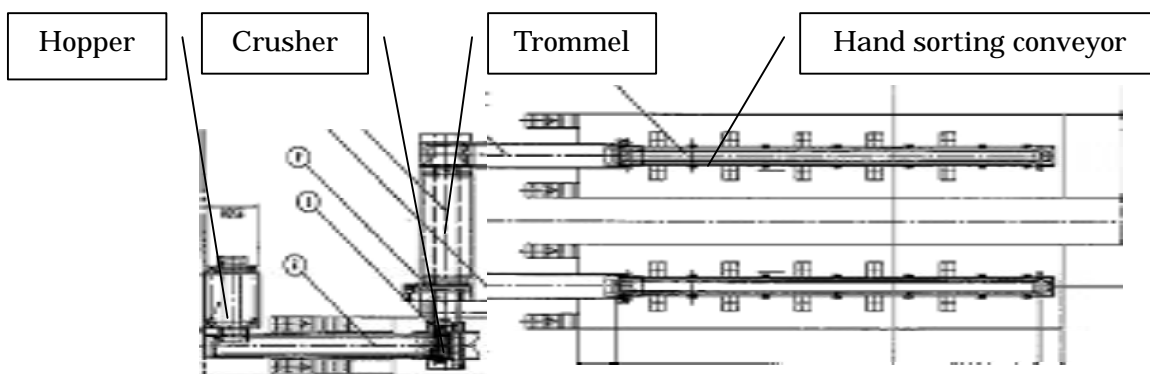


図 2-9 . 選別施設図面

〔好気性発酵処理施設〕容量 30 m³(17.9tons)

1 棟あたり 30 m³(17.9tons)の発酵処理施設に選別処理後有機性廃棄物を保管し、ショベルローダーにて1日1回程度の切返しを行い、45日間程度の好気性発酵処理を行う。発酵処理後の残渣(有機廃棄物)は、処分場の覆土として利用する。

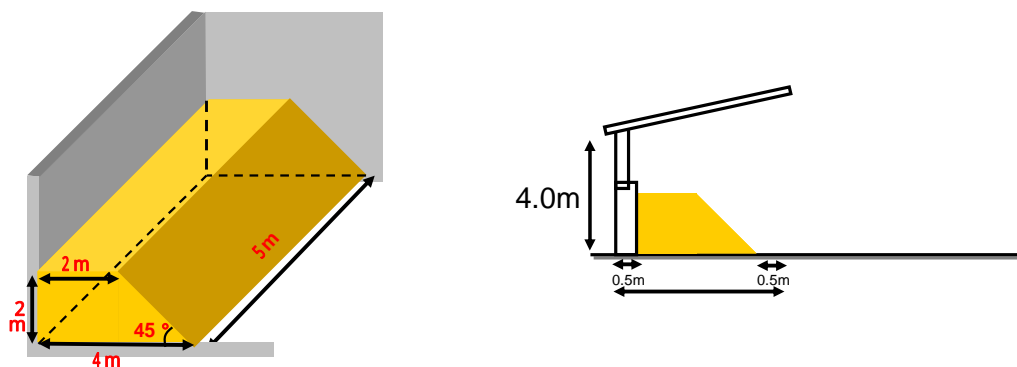


図 2-10 . 処理発酵棟イメージ図

第 3 章 調査結果

3-1 ベースラインシナリオ及びプロジェクトバウンダリーの設定

3-1-1 方法論の適用

本事業においては、処分場が閉鎖される場合、引き続き処分場へ廃棄物を受け入れる場合の 2 通りに場合分けしてそれぞれに応じた事業および方法論を適用することとする。詳細は以下の通りである。

表 3-1 . 事業および方法論の適用

	処分場が閉鎖する場合	引き続き処分場へ 廃棄物を受け入れる場合
事業	処分場の LFG 回収・利用事業	有機性廃棄物のコンポスト化事業 (MBT)
方法論	ACM0001 “Consolidated baseline and monitoring methodology for landfill gas project activities (version 11)”	AM0025 “Avoided emissions from organic waste through alternative waste treatment processes (version 11)”

A : 処分場の LFG 回収・利用事業

本方法論は、ベースラインシナリオにおいて埋立地ガス全体またはその一部が大気に放出される場合の、以下のような埋立地からのメタンガス回収プロジェクト活動に適用される。

- a) 回収したガスを燃焼処理する
- b) 回収したガスをエネルギー生産に用いる（電気、熱エネルギー）
- c) 回収したガスを天然ガス供給ネットワークを通じて消費者に供給する。

本プロジェクトでは、LFG の収集が行われておらず、LFG の全てを大気に放出している埋立地を対象とし、埋立地において LFG の回収、回収した LFG を利用した発電、および 余剰 LFG の燃焼を行う。したがって、上記のうち a)および b)に該当し、本方法論の適用が可能である。

本方法論では、以下のツールも参照する。

“Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site - Version 4

“Tool to determine project emissions from flaring gases containing methane”

“Tool to calculate project or leakage CO₂ emissions from fossil fuel combustion”
Version 2

“Tool for the demonstration and assessment of additionality” Version 5.2

“Tool to calculate baseline, project and/or leakage emissions from electricity consumption” Version1

“Tool to calculate the emission factor for an electricity system” Version 2

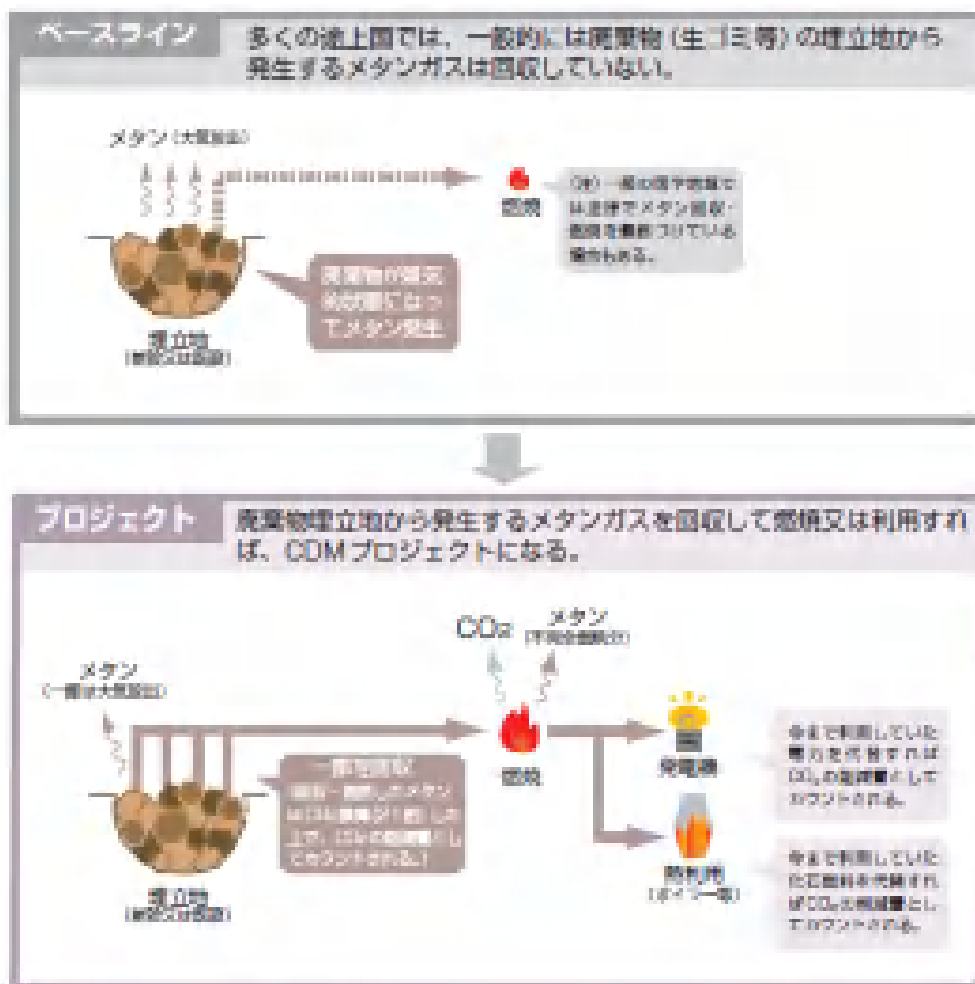


図 3-1 . ベースライン及びプロジェクトの図解
(出典 : (財)地球環境センター ウェブサイト)

B：有機性廃棄物のコンポスト化事業

本方法論は、ベースライン（プロジェクト活動がなかった場合）として埋立地において有機性廃棄物の嫌気性分解により温暖化ガスであるメタンが発生している状況を想定しており、方法論に既定された下記中間処理手法のうち、ひとつもしくは複数を用いたプロジェクト活動により、このメタン発生回避を図るものである（図 3-2）。

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">a) 好気条件下でのコンポスト化b) 廃棄物のガス化による合成ガス生成とその利用c) 嫌気性消化によるバイオガス回収・燃料または利用d) 廃棄物固形燃料（Refuse Derived Fuel：RDF）や安定化バイオマス（Stabilized Biomass：SB）生産。そのための機械、熱処理プロセスの導入。e) 廃棄物を焼却し、その熱や電力を利用。 |
|--|

本プロジェクトは、上記のうち a) に適合しており、本方法論の適用が可能である。なお、本方法論は以下のツールも参照する。

“Tool to determine project emissions from flaring gases containing methane”

“Tool for the demonstration and assessment of additionality”

“Tool to determine methane emissions avoided from dumping waste at a solid waste disposal site”

“Tool to calculate the emission factor for an electricity system”

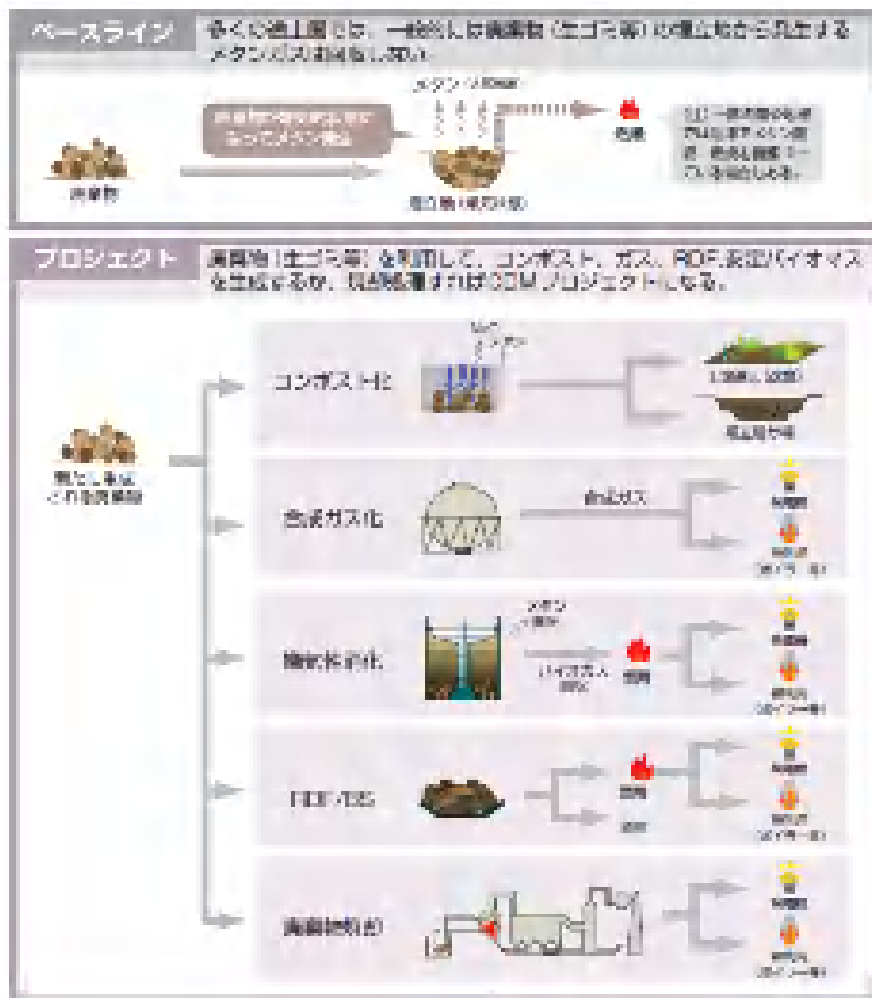


図 3-2 . ベースライン及びプロジェクトの図解

（出典：(財)地球環境センター ウェブサイト）

本方法論では、コンポスト化プロジェクトとして適用対象となるプロジェクトは下記の条件を満たす必要がある。

- a) コンポスト化する場合は、コンポスト製品を土壌改良材として利用するか、処分場に廃棄すること。
- b) プロジェクトがなかった場合に発生していたであろうガス発生量を多相処分場ガス発生モデル(multiphase landfill gas generation model)によって予測するため、有機性廃棄物の内容や割合は決まっていること。
- c) クレジット期間における環境規制の遵守率が 50%以下であること。モニタリングの結果 50%を超えた場合は規則が遵守されていないとは言えないため、追加のクレジットを得ることはできない。
- d) プロジェクト活動では、産業廃棄物や医療廃棄物の熱処理を行わないこと。

- e) プロジェクトにおける最適なベースラインシナリオが、「埋立地ガスは全て大気放出されるか、または一部回収・燃焼されている」であること。

本プロジェクトでは、有機性廃棄物を好気条件化でコンポスト化し、コンポスト製品は処分場に廃棄する。また、事前にごみ組成調査を実施し、有機性廃棄物の内容や割合を把握する。本プロジェクト活動で対象とする廃棄物は、家庭、オフィスおよび市場からの廃棄物であり、産業廃棄物や医療廃棄物の熱処理は実施しない。

本プロジェクトで対象となる廃棄物は、プロジェクト活動が実施されない場合は全て埋立地で埋め立てられ、嫌気性分解により発生した LFG は、現状ではすべて大気中に放出されている。LFG の回収・燃焼などの取り組みは、独自に実施するには初期投資や運営コストがかかり費用対効果を考えた場合実施が難しく、CER クレジットによる収入などがない限り、実現が難しい。したがって、最適なベースラインシナリオは現状維持であり、LFG は全て大気に放出される(詳細な説明は 3-2 に述べる)。

以上のことから、本プロジェクト活動は CDM 理事会承認済み方法論 AM0025 "Avoided emissions from organic waste through alternative waste treatment processes" の適用が可能である。

3-1-2 ベースラインシナリオ

A : 処分場の LFG 回収・利用事業

LFG 回収・利用プロジェクトに最適なベースラインシナリオを、方法論 ACM0001 (version 11) に基づき確定する。また、CDM 理事会による"追加性の評価と証明のためのツール(Tool for the demonstration and assessment of additionality) version 5.2 も使用して検証する。方法論 ACM0001 で既定されている手順は以下の通りである。

ステップ 1 : プロジェクト活動に対する代替案の同定

ステップ 2 : ベースラインシナリオにおける燃料の特定

ステップ 3 : "追加性の評価と証明のためのツール" に示されたステップ 2 およびステップ 3 による検討

Tool のステップ 2 : 提案されたプロジェクトが経済的または財務的に魅力がないことを示す投資分析

Tool のステップ 3 : 障害分析

ステップ 4 : ステップ 3 による評価でも複数の代替案が残った場合は、最も保守的なシナリオ(排出量が最も少ないもの)を選定する。

ステップ 1：プロジェクト活動に対する代替案の同定

ACM0001 の version11 では、プロジェクト活動がなかった場合のごみの廃棄および処理の代替案として、以下の案を検討することとしている。

LFG1：LFG の回収およびフレア処理が CDM プロジェクトとしてではなく実行される。

LFG2：LFG の大気中への排出、または法規/契約要求事項への遵守、または安全性および悪臭問題に対処するための部分的な回収および破壊

本プロジェクトでは、LFG を利用した発電および売電を計画している。そのため、プロジェクト活動がなかった場合の発電についての代替案として、以下の案を別途検討する必要がある。

P1：LFG を利用した発電が CDM プロジェクトとしてではなく実行される。

P2：既設または新設の化石燃料を使用したオンサイト/オフサイトのコジェネプラント

P3：既設または新設の再生可能エネルギー源によるオンサイト/オフサイトのコジェネプラント

P4：既設または新設のオンサイト/オフサイトの化石燃料による自家発電所

P5：既設または新設のオンサイト/オフサイトの再生可能エネルギー源による自家発電所

P6：既設または新設のグリッド接続された発電所

なお、本プロジェクト活動ではオンサイトまたは周辺の工場において熱利用を行わないため、既設/新設のコジェネプラントはベースラインシナリオには含まれない。したがって P2、P3 は除外される。

また、LFG 以外の再生可能エネルギー源の調達プロジェクトサイト周辺では経済的に難しいため、P5 も除外できる。

対象となる処分場は既にグリッド接続されているため、サイト内における化石燃料を用いた自家発電所を新規に建設することは、グリッド電力の使用と比較して経済的に利点が見られない。さらに、処分場で必要となる電力は少ないため、発電所の新規建設を必要とする理由にならない。そのため、代替案 P4 も除外できる。

現在ホスト国では LFG 回収・利用を義務付ける法規制はなく、代替案 LFG1、LFG2 は現行の法規に合致している。また、P1 および P6 もホスト国における現行の法規に合致している。

ステップ 2：ベースラインにおける燃料の特定

エネルギー資源のベースラインは、Tenaga National Berhad 社 (TNB) が運営する Peninsular Malaysia Grid である。この電源系統はマレー半島全土をカバーしており、供給に関する支障はない。したがって、P6 は実現可能な代替案となりうる。

以上のことより、現実的で信憑性のあるベースラインとして検討すべき代替案は LFG1 + P1, LFG1 + P6, LFG2+P1 および LFG2+P6 の組み合わせである。

ステップ 3：“追加性の評価と証明のためのツール”に示されたステップ 2(投資分析)による検討

CDM としての登録をせず、回収した LFG により発電を行い売電したとしても (P1) 実行可能な代替案とはいえない。対象地域では売電価格が 0.21RM/kWh と非常に低く、1 千万 RM を超える初期費用やガス回収量の不確実性を考慮すると、経済的魅力はない。プロジェクトの IRR も CER クレジットの販売収益なしでは負値となり、経済的観点から事業実施は困難である。よって、P1 は検討から除外する。

また、LFG1 + P6 の組み合わせでは、処分場にガス回収システムを導入する必要があるが、これにより発生する費用は全て追加的な費用となる。売電による収益も得ることはできないので、本プロジェクトを実施することに経済的魅力はないといえる。したがって、現実的なシナリオとはいえ、この組み合わせも検討から除外できる。

以上の検討結果から、本プロジェクトにおいて特定できるベースラインは、LFG 2 (LFG の大気への放出) および P6 (既設または新設のグリッド接続された発電所) といえる。

B：有機性廃棄物のコンポスト化事業

コンポスト化プロジェクトに最適なベースラインシナリオを、方法論 AM0025 (version 11) に基づき確定する。方法論 AM0025 においても、CDM 理事会による”追加性の評価と証明のためのツール(Tool for the demonstration and assessment of additionality) version 5.2 を用い、ACM0001 と同様の手順でベースラインシナリオを特定する。

ステップ 1：プロジェクト活動に対する代替案の同定

AM0025 の version11 では、プロジェクト活動がなかった場合のごみの廃棄および処理の代替案として、以下の案を検討することとしている。

M1：コンポスト化処理が CDM プロジェクトとしてではなく実行される。

M2：ごみが、LFG を回収・燃焼している処分場に埋立てられる。

M3：ごみが、LFG を回収・燃焼していない処分場に埋立てられる。

なお、上記の代替案は全てホスト国における現行の法規に合致したものである。

ステップ 2：ベースラインにおける燃料の特定

本事業では、発電、熱利用を行わないため、本事業のベースラインには燃料は含まれない。

ステップ 3：“追加性の評価と証明のためのツール”に示されたステップ 2(投資分析)による検討

本プロジェクトでは、搬入された廃棄物を機械または手作業で選別を行い、有機物については生物処理（コンポスト化）を行う。生物処理残渣（コンポスト製品）は、その品質等を考慮して、エンドユーザーへ売却することはせず、全て処分場において覆土として利用する。そのため本プロジェクトによりコンポスト製品売却による収入を得ることはできない。また、本プロジェクトを導入することによる費用（初期費、運転管理費）は、現状の埋立処理費用に追加の費用となる。したがって、CER クレジットの販売収入がない場合は大きな投資効果は見込めず、本プロジェクト活動を実施することは経済的に魅力がないと判断でき、代替案 M1 は除外できる。

また、代替案 M2 の LFG の回収については、回収したガスを燃焼するだけで発電等に利用しない場合では収入が得られないため、CDM プロジェクトとして実施しない条件下では経済性観点から事業実施はあり得ない。したがって代替案 M2 は除外される。

以上のことから、本プロジェクトにおいて特定できるベースラインは、LFG を回収していない処分場へごみを投棄する、すなわち現状維持である代替案 M3 といえる。

3-1-3 プロジェクトバウンダリー

A：処分場の LFG 回収・利用事業

方法論 ACM0001 では、プロジェクトバウンダリーは“ガスが回収・破壊 / 使用されるプロジェクト活動のサイト内”と規定している。また、本プロジェクトでは、グリッドからの電力を使用することから、プロジェクトバウンダリー内には、事業サイトとなるイボ市の処分場とともに電力グリッドが含まれる。

本プロジェクトのプロジェクトバウンダリーは、図 3-3 に示す通りである。

Project Boundary

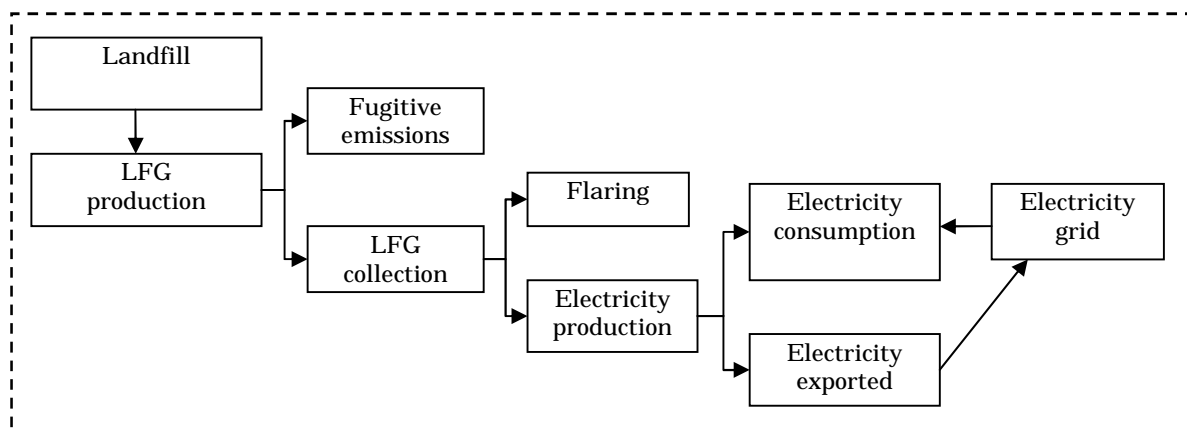


図 3-3 . プロジェクトのバウンダリー (A 事業)

本プロジェクトで主に考慮される必要がある温室効果ガスの排出源は、廃棄物の分解に伴い発生する CH₄、そしてサイト内での電力・燃料消費に伴う CO₂ である (表 3-2)。

表 3-2 . プロジェクトバウンダリーに含まれる/含まれない温室効果ガスの排出源 (A 事業)

	Source	Gas	Included?	Justification / Explanation
Baseline	Emissions from decomposition of waste at the landfill site	CO ₂	No	CO ₂ emissions from the decomposition of organic waste are not accounted.
		CH ₄	Yes	The major source of emissions in the baseline
		N ₂ O	No	N ₂ O emissions are small compared to CH ₄ emissions from landfills. Exclusion of this gas is conservative.
	Emissions from electricity consumption	CO ₂	Yes	Electricity is consumed from the grid in the baseline scenario.
		CH ₄	No	Excluded for simplification. This is conservative.
		N ₂ O	No	Excluded for simplification. This is conservative.
	Emissions from thermal energy generation	CO ₂	No	No thermal energy generation is planned in the project activity.
		CH ₄	No	Excluded for simplification. This is conservative.
		N ₂ O	No	Excluded for simplification. This is conservative.
Project Activity	On-site fossil fuel consumption due to the project activity other than for electricity generation	CO ₂	No	No on-site fossil fuel consumption.
		CH ₄	No	Excluded for simplification. This is conservative.
		N ₂ O	No	Excluded for simplification. This is conservative.
	Emissions from on-site electricity use	CO ₂	Yes	Important emission source
		CH ₄	No	Excluded for simplification. This is conservative.
		N ₂ O	No	Excluded for simplification. This is conservative.

B：有機性廃棄物のコンポスト化事業

方法論 AM0025 では、プロジェクトバウンダリーは“廃棄物の処理を行う場所”であり、下記の施設を含むと既定している。

- 廃棄物処理施設
- サイト内の発電および/または消費
- サイト内の燃料の使用
- サーマルエネルギー発電 (Thermal energy generation)
- 排水処理施設
- 最終処分場

また、廃棄物収集およびプロジェクトサイトへの運搬のための施設は含まないとしている。

したがって、本プロジェクトのバウンダリーは、処分場内の中間処理施設である(図 3-4 の破線箇所)。

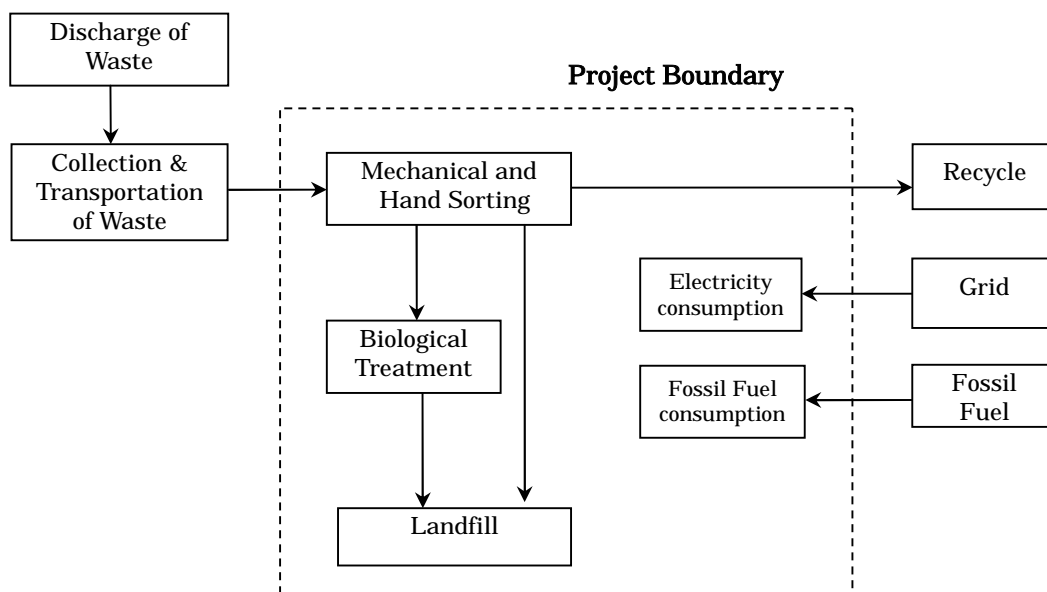


図 3-4 . プロジェクトのバウンダリー (B 事業)

本プロジェクトで主に考慮される必要がある温室効果ガスの排出源は、廃棄物処理活動に伴い発生する CH_4 、 N_2O 、 CO_2 、そしてサイト内での電力・燃料消費に伴う CO_2 である(表 3-3)。

表 3-3 . プロジェクトバウンダリーに含まれる/含まれない温室効果ガスの排出源 (B 事業)

	Source	Gas	Included?	Justification / Explanation
Baseline	Emissions from decomposition of waste at the landfill site	CH ₄	Yes	The major source of emissions in the baseline from the landfill.
		N ₂ O	No	N ₂ O emissions are small compared to CH ₄ emissions from landfills. This is conservative.
		CO ₂	No	Not accounted for.
	Emissions from electricity consumption	CO ₂	No	There is no electricity consumption at the project site in the absence of the project activity.
		CH ₄	No	Excluded for simplification. This is conservative.
		N ₂ O	No	Excluded for simplification. This is conservative.
	Emissions from thermal Energy generation	CO ₂	No	There is no thermal energy generation at the project site in the absence of the project activity.
		CH ₄	No	Excluded for simplification. This is conservative.
		N ₂ O	No	Excluded for simplification. This is conservative.
Project Activity	On-site fossil fuel consumption due to the project activity	CO ₂	Yes	May be an important emission source. It includes vehicles used on-site, etc.
		CH ₄	No	Excluded for simplification. This emission source is assumed to be very small.
		N ₂ O	No	Excluded for simplification. This emission source is assumed to be very small.
	Emissions from on-site electricity use	CO ₂	Yes	Operation of the mechanical segregation system and the anaerobic digester, and use of the office.
		CH ₄	No	Excluded for simplification. This emission source is assumed to be very small.
		N ₂ O	No	Excluded for simplification. This emission source is assumed to be very small.
	Direct emissions from the waste treatment process	N ₂ O	Yes	May be an important emission source for composting activities.
		CH ₄	Yes	The composting process may not be complete and result in anaerobic decay.
		CO ₂	No	CO ₂ emissions from the decomposition of organic waste are not accounted.

3 - 1 - 4 ベースライン排出量の算出方法

A : 処分場の LFG 回収・利用事業

本プロジェクトでは、LFG を用いた熱エネルギー生成、天然ガスパイプラインへの供給を行わないので、以下のように整理される。

$$BE_y = (MD_{project,y} - MD_{BL,y}) * GWP_{CH4} + EL_{LFG,y} * CEF_{elec,BL,y} \quad (1)$$

BE_y : ベースライン排出量 (tCO₂e)

$MD_{project,y}$: プロジェクトシナリオで破壊 / 燃焼されるメタンの量 (tCH₄)

$MD_{BL,y}$: プロジェクトが行われない間に法規制等に基づいて破壊 / 燃焼されるメタンの (tCH₄)

GWP_{CH4} : メタンの温暖化係数 (21) (tCO₂e/tCH₄)

$EL_{LFG,y}$: LFG の利用により発電される電力量 (MWh)

$CEF_{elec,BL,y}$: ベースラインにおける電力 (LFG によって代替される) の CO₂ 排出係数 (tCO₂e/ MWh)

a) $MD_{project,y}$ の算出方法

Ex-post における $MD_{project,y}$ の算定方法

$MD_{project,y}$ は、ex-post ではプロジェクト開始後に実際に回収・破壊されたメタンの量を計測して求める。燃焼、発電、ボイラーそれぞれに使用したメタン量の合計と全回収メタン量を比較し、小さい方を $MD_{project,y}$ として採用する。全メタン回収量のほうが多い場合には下記の式(各活動におけるメタン使用量の合計値)となる。なお、本プロジェクトでは、天然ガスパイプラインへの供給を行わないので、以下のように整理される。

$$MD_{project,y} = MD_{flared,y} + MD_{electricity,y} \quad (2)$$

$MD_{flared,y}$: フレア燃焼により破壊されたメタンの量 (tCH₄)

$MD_{electricity,y}$: 発電により破壊されたメタンの量 (tCH₄)

フレア燃焼により破壊されたメタンの量

$$MD_{flared,y} = (LFG_{flare,y} * w_{CH4,y} * D_{CH4}) - (PE_{flare,y} / GWP_{CH4}) \quad (3)$$

$LFG_{flare,y}$: 1 年間にフレア燃焼に供される LFG の量 (m³)

$w_{CH4,y}$: LFG 中のメタン含有率の年平均 (m³CH₄/m³LFG)

D_{CH4} : メタン比重 (tCH₄/m³CH₄)

* 標準温度、標準気圧 (0、1,013 bar) で 0.0007168 tCH₄/m³CH₄

$PE_{flare,y}$: "Tool to determine project emissions from flaring gases containing Methane" にしたがって決定するフレア燃焼からのプロジェクト排出量 (tCO₂e)

$PE_{flare,y}$ は”Tool to determine project emissions from flaring gases containing Methane”に基づき、以下の式で算出する。

$$PE_{flare,y} = \sum_{(h=1 \sim 8760)} TM_{RG,,h} * (1 - \eta_{flare,h}) * GWP_{CH4} / 1000 \quad (4)$$

$TM_{RG,h}$: h 時間中の残留ガス中のメタンの質量流量 (kg/h)

$\eta_{flare,h}$: h 時間中のフレア燃焼効率

発電により破壊されたメタンの量

$$MD_{electricity,y} = LFG_{electricity,y} * W_{CH4,y} * D_{CH4} \quad (5)$$

$LFG_{electricity,y}$: 1 年間に発電に使用する LFG の量 (m³)

$W_{CH4,y}$: LFG 中のメタン含有率の年平均 (m³CH₄/m³LFG)

D_{CH4} : メタン比重 (tCH₄/m³CH₄)

Ex-ante における $MD_{project,y}$ の推定方法

Ex-ante では、”Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site”に基づき、以下の追加式を考慮して算出する。

$$MD_{project,y} = BE_{CH4, SWDS,y} / GWP_{CH4} \quad (6)$$

$BE_{CH4,SWDS,y}$: y 年にプロジェクト活動がなかった場合に埋立地から発生するメタン量 (tCO₂)
* 算出方法は AM0025 のベースライン排出量算定方法の項の式(11)に示す。

b) $MD_{BL,y}$ の算出方法

$MD_{BL,y}$ が規則や契約要求事項で定められている場合はその数値を使う。規則・契約要求事項以外の理由でベースラインにおいて LFG が回収 / 破壊されている場合は、実際に回収された量の過去のデータを $MD_{BL,y}$ として用いる。どちらもない場合は、調整係数を用いる。

$$MD_{BL,y} = MD_{project,y} * AF \quad (7)$$

AF : 調整係数

AF は、法規制等で特定のメタン回収および破壊の仕組みが義務づけられている時に適用される。本プロジェクトでは義務付けられていないので、AF はゼロとする。

c) CEF_{elec,BL,y} の算出方法

本プロジェクトでは、グリッドからの電力を使用する。ここでは、“Study on Grid Connected Electricity Baselines in Malaysia Year:2006 and 2007”の中の、マレー半島における直近のグリッドの排出係数を参照した。なお、上記資料では、“Tool to calculate the emission factor for an electricity system”に基づき排出係数を算定している。

B：有機性廃棄物のコンポスト化事業

本プロジェクトにおいては、発電等の代替されるエネルギー発生がないため、プロジェクト活動がなかった場合に最終処分場 (Landfill) から発生するメタン量がベースライン排出量になる。発生するメタンガスはすべて大気放出されるものとする。ベースライン排出量は以下の式を用いて算出する。

$$BE_y = (MB_y - MD_{reg,y}) + BE_{ENy} \quad (8)$$

- BE_y : y 年のベースライン排出量 (tCO₂e)
 MB_y : y 年にプロジェクト活動がなかった場合に埋立地から発生するメタン量 (tCO₂)
 “Tool to determine methane emissions avoided from dumping waste at a solid waste disposal site” を用いて計算した BE_{CH₄,SWDS,y} を用いる。
 MD_{reg,y} : y 年にプロジェクト活動がなかった場合に破壊されるメタン量 (tCO₂)
 規則や契約要求事項で定められていない場合には、調整係数 AF (メタンの回収%や量を推定する係数) を以下の式に用いる。
 MD_{reg,y} = MD_{project,y} · AF
 BE_{EN,y} : y 年にプロジェクト活動によって代替されるエネルギー発生からの排出量 (tCO₂e)
 (プロジェクトでの発電や熱利用で、ベースラインで利用する電力・化石燃料を代替する分)

なお、法規制等で使用が義務づけられているが、実施されていない処理活動がある場合、ベースラインシナリオは、以下の式で補正する。

$$BE_{y,a} = BE_y \cdot (1 - RATE^{Compliance}_y) \quad (9)$$

- BE_y : y 年の CO₂ 換算ベースライン排出量
 RATE^{Compliance}_{y,.....y} : y 年の都市廃棄物管理法の国レベルでの遵守率。遵守率は 50% 未満でなければならない。50% を超えた場合にはプロジェクト活動はクレジットを受け取ることはできない。この場合、BE_{ya} = BE_y とする。

MB_y の算出

埋立地におけるメタンガスの発生量は、“Tool to determine methane emissions avoided from dumping waste at a solid waste disposal site”に示されている、以下の算定方法を用いて算出する。

$$MB_y = BE_{CH_4, SWDS_y} \quad (10)$$

$$BE_{CH_4, SWDS_y} = \varphi \cdot (1-f) \cdot GWP_{CH_4} \cdot (1-OX) \cdot \frac{16}{12} \cdot F \cdot DOC_f \cdot MCF \cdot \sum_{x=1}^y \sum_j W_{j,x} \cdot DOC_j \cdot e^{-k_j \cdot (y-x)} \cdot (1-e^{-k_j}) \quad (11)$$

$BE_{CH_4, SWDS_y}$ = y 年にプロジェクト活動がなかった場合に埋立地から発生するメタン量 (tCO₂)

φ = 不確実性係数 (0.9)

f = 埋立地で回収され、燃焼、焼却または他の用途で使用されたメタンの割合

GWP_{CH_4} = メタンの温暖化係数 (GWP) (約束期間に有効な数値)

OX = 酸化率(埋立地から発生したメタンのうち、土壌中(またはその他)で酸化した量を反映)

F = 埋立地ガスの中のメタンの割合(体積割合) (0.5)

DOC_f = DOC 異化率

MCF = メタン調整係数

$W_{j,x}$ = y 年に埋立地での処分を回避されたごみ量(種類 j ごと) (tons)

DOC_j = ごみの種類 j ごとの DOC (重量%)

k_j = ごみの種類 j ごとの崩壊定数

j = ごみの種類 (index)

x = 約束期間の年数: x : 第一約束期間の最初の年 ($x=1$) から、メタン排出の回避量が計算された年まで ($x=y$)

y = メタン排出量が計算された年

上述の式を用いたベースライン排出量の算出に必要な基本データを下表に示す。

表 3-4 . ベースライン排出量算出のための基本データ

パラメーター		数値	参考文献/ 算出方法
φ	不確実性に関する調整係数	0.9	
OX	酸化係数	土またはコンポストで覆土されている処分場については 0.1 をつかう。	現地調査で処分場のタイプを評価する。
F	埋立地ガス中のメタンの割合 (volume fraction)	0.5 (IPCC 既定値)	IPCC2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
DOC_f	分解性有機炭素 (DOC) の分解される割合	0.5 (IPCC 既定値)	IPCC2006

MCF	メタン補正係数	<ul style="list-style-type: none"> •1.0 : 嫌気性処分場。管理されたごみの埋め立てがされていなければいけない。(例: 決められた場所への廃棄、スカベンジャー、火災の管理水準等)また、次のうち少なくとも一つを備えていること; (i)覆土材 (ii) 機械による圧縮、または(iii)廃棄物を平らにならす。 •0.5 : 準好気性処分場。廃棄物排出場所の管理がされており、次の廃棄物層に空気を送るための装置をすべて備えているもの; (i)浸透性覆土材、(ii)浸出水処理システム、(iii)調整池、および(iv)通気システム •0.8 : 管理されていない処分場 (深い、又は / および高い地下水面があるもの) 管理型処分場の基準をすべて満たさないもの。また、近くの地表面にたいして、水面の高さが 5 m またはそれ以上であるものを指す。後者の条件については、廃棄物によって池や川、湿原などの陸水を埋めてしまうことにあたる。 •0.4 : 管理されていない浅型の処分場。すべての処分場が管理型処分場の基準を満たさず、また深さが 5m 以下のものであること。 	IPCC2006																								
DOC _j	廃棄物 (分類 i) の分解性有機炭素の割合 (重量ベース)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>廃棄物分類 j</th> <th>DOC_j (% wet waste)</th> <th>DOC_j (% dry waste)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>木、木製品</td> <td>43</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>パルプ、紙およびダンボール (汚泥以外のもの)</td> <td>40</td> <td>44</td> </tr> <tr> <td>食料品、生ごみ、飲料およびタバコ (汚泥以外のもの)</td> <td>15</td> <td>38</td> </tr> <tr> <td>衣類</td> <td>24</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>庭、公園ごみ</td> <td>20</td> <td>49</td> </tr> <tr> <td>ガラス、プラスチック、金属、その他不活性廃棄物</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	廃棄物分類 j	DOC _j (% wet waste)	DOC _j (% dry waste)	木、木製品	43	50	パルプ、紙およびダンボール (汚泥以外のもの)	40	44	食料品、生ごみ、飲料およびタバコ (汚泥以外のもの)	15	38	衣類	24	30	庭、公園ごみ	20	49	ガラス、プラスチック、金属、その他不活性廃棄物	0	0	IPCC2006			
廃棄物分類 j	DOC _j (% wet waste)	DOC _j (% dry waste)																									
木、木製品	43	50																									
パルプ、紙およびダンボール (汚泥以外のもの)	40	44																									
食料品、生ごみ、飲料およびタバコ (汚泥以外のもの)	15	38																									
衣類	24	30																									
庭、公園ごみ	20	49																									
ガラス、プラスチック、金属、その他不活性廃棄物	0	0																									
k _j	分解速度定数	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">廃棄物分類 j</th> <th colspan="2">寒帯および温帯 (MAT 20)</th> <th colspan="2">熱帯 (MAT>20)</th> </tr> <tr> <th>Dry (MAP/PET<1)</th> <th>Wet (MAP/PET>1)</th> <th>Dry (MAP<1000mm)</th> <th>Wet (MAP>1000mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Slowly degrading パルプ、紙およびダンボール (汚泥以外のもの)、衣類 木、木製品およびわら</td> <td>0.04</td> <td>0.06</td> <td>0.045</td> <td>0.07</td> </tr> <tr> <td>Moderately degrading その他 (食品以外) 分解性庭・公園ごみ</td> <td>0.05</td> <td>0.10</td> <td>0.065</td> <td>0.17</td> </tr> <tr> <td>Rapidly degrading 食品、生ごみ、汚水、汚泥、飲料およびタバコ</td> <td>0.06</td> <td>0.185</td> <td>0.085</td> <td>0.40</td> </tr> </tbody> </table> <p>NB: MAT : 年平均気温、MAP : 年平均降水量、PET : 最大蒸発散、MAP/PET : 年平均降水量と最大蒸発散の比率</p>	廃棄物分類 j	寒帯および温帯 (MAT 20)		熱帯 (MAT>20)		Dry (MAP/PET<1)	Wet (MAP/PET>1)	Dry (MAP<1000mm)	Wet (MAP>1000mm)	Slowly degrading パルプ、紙およびダンボール (汚泥以外のもの)、衣類 木、木製品およびわら	0.04	0.06	0.045	0.07	Moderately degrading その他 (食品以外) 分解性庭・公園ごみ	0.05	0.10	0.065	0.17	Rapidly degrading 食品、生ごみ、汚水、汚泥、飲料およびタバコ	0.06	0.185	0.085	0.40	<p>IPCC2006</p> <p>CDM-PDD に処分場における気候条件 (温度、降水量、可能であれば蒸発散量) を記載する。</p> <p>可能であれば統計データに基づいた長期間の平均値を用いる。参考文献を示す。</p>
廃棄物分類 j	寒帯および温帯 (MAT 20)			熱帯 (MAT>20)																							
	Dry (MAP/PET<1)	Wet (MAP/PET>1)	Dry (MAP<1000mm)	Wet (MAP>1000mm)																							
Slowly degrading パルプ、紙およびダンボール (汚泥以外のもの)、衣類 木、木製品およびわら	0.04	0.06	0.045	0.07																							
Moderately degrading その他 (食品以外) 分解性庭・公園ごみ	0.05	0.10	0.065	0.17																							
Rapidly degrading 食品、生ごみ、汚水、汚泥、飲料およびタバコ	0.06	0.185	0.085	0.40																							

3 - 1 - 5 プロジェクト排出量の推定方法

A : 処分場の LFG 回収・利用事業

本方法論では、プロジェクト排出量はプロジェクト活動により消費される電力および化石燃料からの CO₂ 排出量の合計と規定している。

$$PE_y = PE_{EC,y} + PE_{FC,y} \quad (12)$$

PE_{EC,y} : プロジェクト消費電力からの排出量 (最新バージョンの "Tool to calculate baseline, project and/or leakage emissions from electricity consumption" に基づき計算)

PE_{FC,y} : プロジェクト消費燃料からの排出量 (最新バージョンの "Tool to calculate project or leakage CO₂ emissions from fossil fuel combustion" に基づき計算)

プロジェクト消費電力からの排出量 (PE_{EC,y})

本事業では、プロジェクト活動でグリッド電力を使用するので、"Tool to calculate baseline, project and/or leakage emissions from electricity consumption" の「Case A: Electricity consumption from the grid」を適用する。PE_{EC,y} は以下の式で計算する。

$$PE_{EC,y} = EC_{PJ,y} * EF_{grid,y} * (1 + TDL_y) \quad (13)$$

EC_{PJ,y} : プロジェクト消費電力量 (MWh)

EF_{grid,y} : グリッドの排出係数 (tCO₂/MWh)

TDL_y : グリッドの平均送配電ロス率

プロジェクト消費燃料からの排出量 (PE_{FC,y})

プロジェクト活動で使用する燃料は軽油のみなので、以下の式で計算する。

$$PE_{FC,j,y} = FC_{diesel,y} * COEF_{diesel,y} \quad (14)$$

FC_{diesel,y} : プロジェクト消費燃料(ディーゼル) (l/y)

COEF_{diesel,y} : ディーゼルの CO₂ 排出係数 (tCO₂/ mass or volume unit)

B：有機性廃棄物のコンポスト化事業

プロジェクト排出量には、プロジェクト活動に係る電力消費による排出量、燃料消費による排出量、コンポストプロセス中の排出量、嫌気消化プロセス中の排出量、RDF・SB の燃焼からの排出量、廃棄物焼却からの排出量、廃水処理からの排出量が含まれる。ただし、本プロジェクトでは、 $PE_{elec,y}$ 、 $PE_{fuel,y}$ は該当しないので排出量を考慮しない。プロジェクト排出量は下式を用いて算出する。

$$PE_y = PE_{elec,y} + PE_{fuel,y} + PE_{c,N_2O,y} \quad (15)$$

$PE_{elec,y}$: プロジェクト活動に関わる電力消費による排出量 (tCO₂)
 $PE_{fuel,y}$: プロジェクト活動に関わる燃料消費による排出量 (tCO₂)
 $PE_{c,N_2O,y}$: コンポストプロセス中の排出量 (tCO₂)

プロジェクト活動に係る電力消費による排出量

プロジェクト活動の結果、消費される電力量に CO₂ 排出係数をかけて算出する。

$$PE_{elec,y} = EG_{PJ,FF,y} * CEF_{grid} \quad (16)$$

$EG_{PJ,FF,y}$: サイト内で消費される電力量 (MWh)
 CEF_{grid} : 系統電力の CO₂ 排出係数 (tCO₂/MWh)

燃料消費による排出量

燃料消費量とその発熱量、CO₂ 排出係数より計算する。発熱量と CO₂ 排出係数は、地域の値がない場合には IPCC 既定値を用いる。

$$PE_{fuel,y} = F_{cons,y} * NCV_{fuel} * EF_{fuel} \quad (17)$$

$F_{cons,y}$: サイト内での燃料消費量 (sm³)
 NCV_{fuel} : 燃料の発熱量 (MJ/sm³)
 EF_{fuel} : 燃料の CO₂ 排出係数 (tCO₂/MJ)

コンポストプロセス中の N₂O 排出量

コンポストプロセス中の排出量には、一酸化二窒素 (N₂O) と嫌気条件化でのメタンが含まれる。N₂O 排出量は、コンポストの生産量 1 トン当たり 0.043kg N₂O の排出係数の既定値を用いて計算する。嫌気条件下でのメタン発生量とは、コンポストプロセス中に好気条件が完全に行き渡らず、部分的に嫌気状態となっている場合の発生量である。

$$PE_{c,N_2O,y} = M_{compost,y} * EF_{c,N_2O} * GWP_{N_2O} \quad (18)$$

$M_{compost,y}$: y 年におけるコンポスト生産量 (tons/year)
 EF_{c,N_2O} : コンポスト生産過程における N₂O の発生係数 (tN₂O/t compost)
 GWP_{N_2O} : N₂O の温暖化係数 (tCO₂/tN₂O) (GWP=310 を使用)

3 - 1 - 6 リークージ

A : 処分場の LFG 回収・利用事業

ACM0001 によれば、この方法論にはリークージはない。

B : 有機性廃棄物のコンポスト化事業

リークージは、輸送増加からのリークージ排出量、嫌気消化、ガス化、RDF・SB の処理・燃焼からの残留物あるいは処分場へ投棄される場合のコンポストからのリークージ排出量、SB のエンドユースからのリークージ排出量が考えられる。ただし、このうち本プロジェクトでは該当しない。また有機コンポストによる化石燃料ベース肥料の代替による正のリークージ（削減量がプラスになる）は考慮しない。リークージは下式を用いて算出する。

$$L_y = L_{t,y} + L_{r,y} \quad (19)$$

$L_{t,y}$: 輸送増加からのリークージ排出量
 $L_{r,y}$: 嫌気消化、ガス化、RDF/SB の処理・燃焼からの残留物あるいは処分場へ投棄される場合のコンポストからのリークージ排出量

輸送増加からのリークージ排出量 ($L_{t,y}$)

$$L_{t,y} = NO_{\text{vehicles},i,y} * DT_{i,y} * VF_{\text{cons},i} * NCV_{\text{fuel}} * D_{\text{fuel}} * EF_{\text{fuel}} \quad (20)$$

$NO_{\text{vehicles},i,y}$: 輸送車両数
 $DT_{i,y}$: 輸送距離 (km)
 $VF_{\text{cons},i}$: 輸送車両の燃費 (l/km)
 NCV_{fuel} : カロリー換算係数 (MJ/Kg または他の単位)
 D_{fuel} : 燃料密度 (kg/l) * 必要に応じて
 EF_{fuel} : 燃料の排出係数 (tCO₂/MJ)

嫌気消化、ガス化、RDF・SB の処理・燃焼からの残留物あるいは処分場へ投棄される場合のコンポストからのリークージ排出量 ($L_{r,y}$)

コンポストを処分場へ投棄する場合、投棄するごみの種類の重量に応じ、式(11)を用いて CH₄ 発生量を算出する。

3 - 1 - 7 排出削減量の算出方法

A : 処分場の LFG 回収・利用事業

排出削減量は、次の式を用いて算出する。

$$ER_y = BE_y - PE_y \quad (21)$$

ER_y : y 年の排出削減量 (tCO₂e)
 BE_y : y 年のベースラインシナリオの排出量 (tCO₂e)
 PE_y : y 年のプロジェクトシナリオの排出量 (tCO₂e)

B : 有機性廃棄物のコンポスト化事業

排出削減量は、次の式を用いて算出する。

$$ER_y = BE_y - PE_y - L_y \quad (22)$$

ER_y : y 年の排出削減量 (tCO₂e)
 BE_y : y 年のベースラインシナリオの排出量 (tCO₂e)
 PE_y : y 年のプロジェクトシナリオの排出量 (tCO₂e)
 L_y : y 年のリーゲージ排出量 (tCO₂e)

3 - 2 プロジェクト排出量

3 - 2 - 1 ベースライン排出量

A : 処分場の LFG 回収・利用事業

方法論に基づいてベースライン排出量を試算する。

プロジェクトシナリオで破壊 / 燃焼されるメタンの量 ($MD_{project,y}$)

ACM0001 によれば、Ex-ante では $MD_{project,y}$ は以下の式を用いて計算する。

$$MD_{project,y} = BE_{CH_4, SWDS,y} / GWP_{CH_4} \quad (23)$$

$BE_{CH_4, SWDS,y}$: y 年にプロジェクト活動がなかった場合に埋立地から発生するメタン量 (tCO₂)
 * 算出方法は AM0025 のベースライン排出量算定方法の項の式(11)に示す。

$BE_{CH_4, SWDS,y}$ は、最新バージョンの "Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site" を使用して計算する。算定に用いたパラメータを表 3-5 に、計算結果を表 3-6 に示す。

また、方法論で推奨しているとおり、Ex-ante では degassing system の効率を考慮する必要があるため、ここでは、degassing efficiency ($ER_{y,y}$) を 80% とする。

表 3-5 . 排出量算定に用いたパラメータ

パラメータ		値		
ϕ	不確実性に関する調整係数	0.9		
f	処分場で回収され、燃焼または他の方法で使用されたメタンガスの割合	0.0		
GWP_{CH_4}	メタンの地球温暖化係数	21		
OX	酸化係数	0.1		土またはコンポストで覆土されている管理型処分場
F	処分場ガス中のメタンの割合	0.5		IPCC2006 既定値
DOCf	分解性有機炭素(DOC)の分解される割合	0.5		IPCC2006
MCF	メタン補正係数 (処分場の管理状態による)	1.0		管理されている嫌気性処分場。
W_x	埋立てが回避された有機性ごみの総量	表 6.3 の数値を使用		
DOC	廃棄物分類毎の分解性有機炭素の割合 (湿潤重量)	Food	0.15	IPCC2006 既定値 ・ 熱帯(MAT>20) ・ 湿潤(MAP>1000mm)
		Garden	0.20	
		Wood and straw	0.43	
		Paper	0.40	
		Textiles	0.24	
		Others	0	
k	分解速度定数 (1/yr)	Food	0.4	IPCC2006 既定値 ・ 熱帯(MAT>20) ・ 湿潤(MAP>1000mm)
		Garden	0.17	
		Wood and straw	0.03	
		Paper	0.07	
		Textiles	0.07	
		Others	0	

表 3-6 . 排出量算定に用いた廃棄物量・組成 (LFG 回収・利用)

[tons/day]

廃棄物種別	廃棄物量	組成
Food	215	36%
Garden	49	8%
Wood & Straw	36	6%
Paper	86	14%
Textile	19	3%
Other (Plastic, Metal, etc.)	194	32%
計	600	100%

プロジェクトが行われない間に法規制等に基づいて破壊 / 燃焼されるメタンの量 ($MD_{BL,y}$)

4.4 に示したとおり、マレーシアでは LFG 回収・破壊に関する法規制が定められていないので、AF はゼロである。したがって、 $MD_{BL,y}$ もゼロとなる。

LFG の利用により発電される電力量 ($EL_{LFG,y}$)

LFG により発電される電力量は、式(11)により求められた処分場からのメタンガス発生量をもとに、ガス回収率や電力変換効率などのパラメータを用いて算出した。

ベースラインにおける電力の排出係数 ($CEF_{elec,BL,y}$)

$CEF_{elec,BL,y} = 0.684$ とする。数値は、Study on Grid Connected Electricity Baselines in Malaysia, Year 2006 and 2007 による。

以上より、ベースライン排出量は表 3-7 のとおりとなる。

表 3-7 . ベースライン排出量 (LFG 回収・利用)

年	$BE_{CH_4, SWDS,y}$	$MD_{project,y}$	$MD_{BL,y}$	$EL_{LFG,y}$	$EL_{LFG,y} * CEF_{elec,BL,y}$	BE
	tCO ₂ e	tCH ₄	tCH ₄	MWh	tCO ₂	tCO ₂
	A	$B = A * \epsilon_{ER,y}/21$	C	D	E	$B * 21 + E$
1	105177.716	4006.770	0	10774.6	7369.826	91512
2	85590.570	3260.593	0	8553.6	5850.662	74323
3	71315.226	2716.771	0	6934.8	4743.403	61796
4	60708.657	2312.711	0	6308.1	4313.740	52882
5	52657.013	2005.981	0	5395.0	3690.180	45816
6	46402.833	1767.727	0	4685.9	3205.156	40327
7	41428.974	1578.247	0	4121.8	2819.311	35962
合計	463,280.988	17,648.800	0	46773.8	31993.279	402618
Degassing efficiency ($\epsilon_{ER,y}$) = 80% CEF = 0.684						

B : 有機性廃棄物のコンポスト化事業

方法論に基づいてベースライン排出量を算定する。本プロジェクトにおいては、発電等の代替されるエネルギー発生がないため、プロジェクト活動がなかった場合に埋立地から発生するメタン量がベースライン排出量になる。

算定に用いたパラメータは、LFG 回収・利用プロジェクトのものと同じとする。

廃棄物量については、今後増加が見込まれているが現状の投棄量に基づき算定を行った。廃棄物組成は、現地調査結果に基づき、方法論・IPCC ガイドラインでの分類項目に合致

するように設定した(表 3-8)。以上のパラメータを用いて算定したベースライン排出量を表 3-9 に示す。

表 3-8 . 排出量算定に用いた廃棄物量・組成(コンポスト化)

[tons/day]		
廃棄物種別	廃棄物量	組成
Food	215	36%
Garden	49	8%
Wood & Straw	36	6%
Paper	86	14%
Textile	19	3%
Other (Plastic, Metal, etc.)	194	32%
計	600	100%

表 3-9 . ベースライン排出量(コンポスト化)

年	ベースライン排出量
	tCO ₂ e
1	26,144
2	45,568
3	60,327
4	71,818
5	80,988
6	88,489
7	94,765

3-2-2 プロジェクト排出量

A : 処分場の LFG 回収・利用事業

方法論に基づいてプロジェクト排出量を算出する。

プロジェクト活動に係わる電力消費による排出量

本プロジェクト活動では、LFG を用いた発電およびフレア燃焼等において電力を消費する。各施設において使用する機器、推定消費量から排出量を算定した。なお、グリッドの排出係数 (EF_{grid}) は、Pusat Tenaga Malaysia が公表している 0.684tCO₂/MWh を用いた。また、グリッドの平均送配電ロス率(TDL)は、TNB の Annual Report より得られた 10%を用いた。

プロジェクト活動に係わる熱消費による排出量

本プロジェクト活動では、燃料を使用しない。

以上より、プロジェクト排出量は表 3-10 の通りとなる。

表 3-10 . プロジェクト排出量 (LFG 回収・利用)

年	PE _{EC,y}	PE _{FC,y}	計
	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e
1	6.837	0	6.837
2	6.837	0	6.837
3	6.837	0	6.837
4	6.837	0	6.837
5	6.837	0	6.837
6	6.837	0	6.837
7	6.837	0	6.837

B : 有機性廃棄物のコンポスト化事業

方法論に基づいてプロジェクト排出量を算出する。

プロジェクト活動に係わる電力・燃料消費による排出量

使用する機器、施設での推定消費量から排出量を算定した。なお、燃料（軽油）の発熱量および CO₂ 排出係数は IPCC の既定値を用いた。

生物処理プロセス中の排出量

生物処理の対象となる有機性廃棄物から、重量ベースで 40% のコンポストが生産されると仮定した。コンポストから発生する N₂O の排出係数は、IPCC の既定値を用いた。

生物処理プロセス中の嫌気条件下に起因する CH₄ 排出量

嫌気条件下に起因する CH₄ 排出量はないと仮定した。事業実施時においては、生物処理時の廃棄物内部の酸素濃度をモニタリングし、嫌気条件下（酸素欠乏）にあるサンプル数の割合から、CH₄ 排出量を算定する。

以上より、プロジェクト排出量は表 3-11 の通りとなる。

表 3-11 . プロジェクト排出量 (コンポスト化)

年	電力消費による 排出量	燃料消費による 排出量	生物処理プロセス中 の N ₂ O 排出量	生物処理プロセス中 の CH ₄ 排出量	計
	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e
1	445	146	659	0	1,250
2	445	146	659	0	1,250
3	445	146	659	0	1,250
4	445	146	659	0	1,250
5	445	146	659	0	1,250
6	445	146	659	0	1,250
7	445	146	659	0	1,250
計	3,115	1,022	4,614	0	8,748

3-2-3 リークージ

A：処分場の LFG 回収・利用事業

方法論 ACM0001 によれば、リークージはない。

B：有機性廃棄物のコンポスト化事業

方法論で規定されたリークージのうち、本プロジェクトに該当するのは、輸送増加からのリークージ排出量、および生物処理後の残渣が処分場へ投棄される場合の嫌気条件下に起因する CH₄ 排出量である。

輸送増加からのリークージ排出量は、処理後のコンポストを投棄する処分場と MBT 施設を併設させるため、ゼロとする。

また、処理後のコンポストは全量処分場へ投棄するが、投棄量は 167.5t である。また、生物処理前に金属製品、ガラス製品、プラスチック製品等は選別除去されるので、生物処理後の残渣に含まれるのはおもに生ごみ等の有機物である。したがって、ごみ組成は下表のように推定される。

表 3-12 . 処分場に投棄されるコンポストの組成

廃棄物種別	廃棄物量 (t/day)	組成 (%)
Food	86	52%
Garden	20	12%
Wood & Straw	15	9%
Paper	35	21%
Textile	7	5%
Other (Plastic, Metal, etc.)	2	1%
計	168	100%

以上より、リークージは以下のように算出される。

表 3-13 . リークージ (コンポスト化)

年	L _{r,y} tCO ₂ e
	1
2	18,227
3	24,131
4	28,727
5	32,395
6	35,395
7	37,906
計	187,239

3 - 2 - 4 排出削減量

A：処分場の LFG 回収・利用事業

以上の検討結果から、本プロジェクト実施による温室効果ガス排出削減量は表 3-14、図 3-5 のとおりとなる。

表 3-14 . 温室効果ガス排出削減量 (LFG 回収・利用)

年	ベースライン排出量 (BEy)	プロジェクト排出量 (PEy)	リーケージ (Ly)	排出削減量 (ER)
	tCO _{2e}	tCO _{2e}	tCO _{2e}	tCO _{2e}
1	91511.999	6.837	0	91,505
2	74323.118	6.837	0	74,316
3	61795.584	6.837	0	61,789
4	52881.671	6.837	0	52,809
5	45815.781	6.837	0	45,809
6	40327.423	6.837	0	40,321
7	35962.498	6.837	0	35,956
計	402618.079	47.859	0	402,570

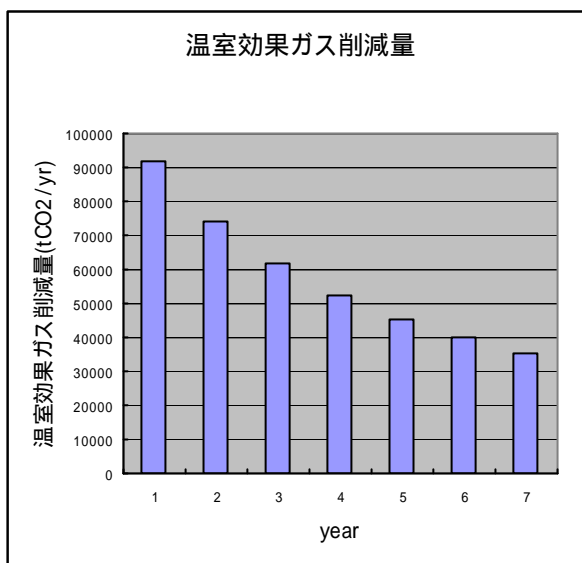


図 3-5 . 温室効果ガス排出削減量 (LFG 回収・利用)

B：有機性廃棄物のコンポスト化事業

上の検討結果から、本プロジェクト実施による温室効果ガス排出削減量は表 3-15、図 3-6 のとおりとなる。年あたりの排出削減量は、プロジェクト開始以降徐々に増加し、およそ 10 年後以降定常化する。

表 3-15 . 温室効果ガス排出削減量 (コンポスト化)

年	ベースライン排出量 (BEy)	プロジェクト排出量 (PEy)	リーケージ (Ly)	排出削減量 (ER)
	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e
1	26,144	1,250	10,457	14,437
2	45,568	1,250	18,227	26,091
3	60,327	1,250	24,131	34,947
4	71,818	1,250	28,727	41,841
5	80,988	1,250	32,395	47,344
6	88,489	1,250	35,395	51,844
7	94,765	1,250	37,906	55,609
計	468,099	8,748	187,239	272,112

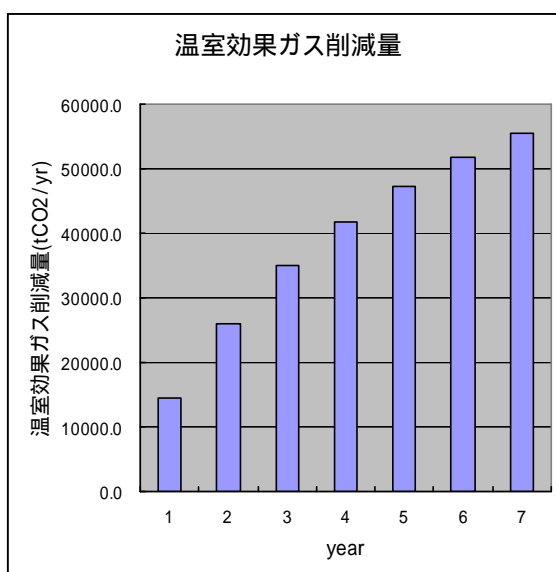


図 3-6 . 温室効果ガス排出削減量 (コンポスト化)

3 - 3 モニタリング計画

3 - 3 - 1 本プロジェクトに適用するモニタリング手法

本プロジェクトは、既存ごみから発生する LFG を回収・発電に利用し、また 本来埋め立て処分される MSW を処分場での嫌気性分解によるメタンガスの発生を回避するものであり、それぞれ承認済み方法論 ACM0001“Consolidated baseline and monitoring methodology for landfill gas project activities (version 11)”、承認済み方法論 AM0025 “Avoided emissions from organic waste through alternative waste treatment processes (version 11)”が規定する条件に合致する。したがって、モニタリングについても同方法論のモニタリング手法が適用できる。また、3-1 ベースラインシナリオおよびプロジェクトバウンダリーの設定に示した各ツールも参照する。

3 - 3 - 2 モニタリング項目とその品質管理・品質保証

A : 処分場の LFG 回収・利用事業

ACM0001 のモニタリング方法論では、実際に回収されたメタン量 ($MD_{project,y}$)、フレア
燃焼されたメタン量 ($MD_{flare,y}$)、発電に使用されたメタン量 ($MD_{electricity,y}$)、また LFG を
利用して発電された電力量 ($EL_{LFG,y}$, $ET_{LFG,y}$)、プロジェクト活動に伴い消費されるエネル
ギー量等を管理する必要がある。そのため、LFG の全量、発電およびフレア燃焼に利用さ
れた LFG 量、温度、圧力、メタンガス濃度、また発電量、エネルギー消費量等を直接測定
する。

モニタリング項目と箇所を図 3-7 に示す。また、モニタリング項目の計測方法、および品
質管理・品質保証が必要な項目についてその方法をそれぞれ表 3-16、表 3-17 に示す。

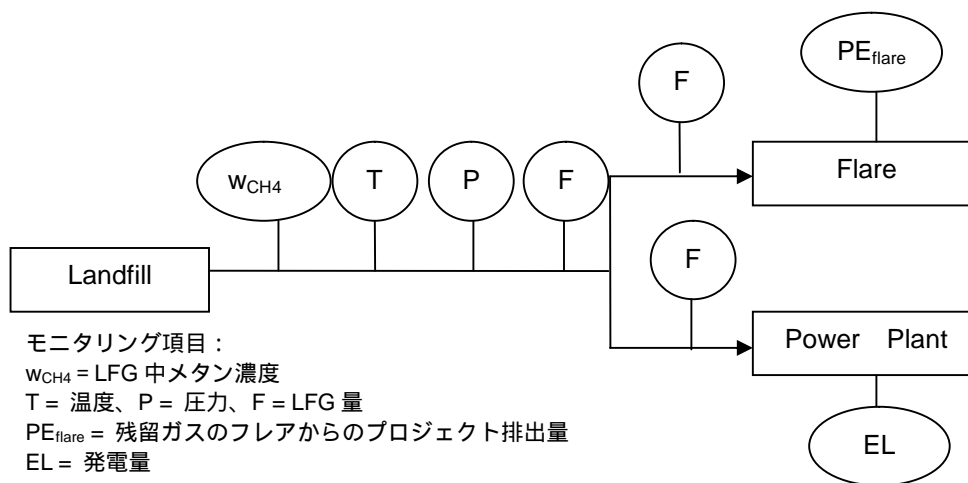


図 3-7 . モニタリング箇所と項目

表 3-16 . モニタリング項目およびその計測方法

パラ メータ	定義	データ元/計測方法	頻度
$LFG_{total,y}$	LFG 全回収量 (m^3)	流量計による計測	継続的に
$LFG_{flare,y}$	標準温度、圧力でフレア燃焼される LFG 量(m^3)	流量計による計測	継続的に
$LFG_{electricity,y}$	発電所において標準温度、圧力で燃焼される LFG 量(m^3)	流量計による計測	継続的に
W_{CH_4}	LFG 中の CH_4 濃度 (m^3CH_4 / m^3LFG)	ガス成分連続分析器による測定	継続的に
T	LFG の温度	温度計による測定	継続的に
P	LFG 圧力 (Pa)	圧力計による測定	継続的に
EL_{LFG}	LFG を利用し発電した電力量 (MWh)	電力計による測定	継続的に

パラメータ	定義	データ元/計測方法	頻度
PE _{flare,y}	Project emissions from flaring of the residual gas stream in year y	“Tool to determine project emissions from flaring gases containing Methane” に基づき計算	
fv _{i,h}	時間当たりの残留ガス中における構成要素 i の堆積比率 (i = CH ₄ , CO, CO ₂ , O ₂ , H ₂ ,N ₂)	ガス分析器による測定	継続的に
FV _{RG,h}	時間当たりの標準状態、ドライベースでの残留ガスの体積流速(m ³ /h)	流量計による測定	継続的に
to _{2,h}	フレア燃焼の排ガス中における O ₂ の時間当たり体積比率	ガス成分連続分析器による測定	継続的に
fv _{CH₄,FG,h}	標準状態、ドライベースにおけるフレア燃焼の排ガス中の時間当たりメタン濃度(mg/m ³)	ガス成分連続分析器による測定	継続的に
T _{flare}	フレア燃焼の排ガスの温度()	熱伝対による計測	継続的に
CE _{Felec,BL,y}	電力の排出係数 (tCO ₂ /MWh)	PTM 作成の資料による(P.3-14)	年 1 回
Operation of the energy plant	発電所の運営時間 (hours)		年 1 回
PE _{EC,y}	プロジェクト活動による電力消費に伴うプロジェクト排出量(CO ₂)	計算	継続的に
MG _{PR,y}	プロジェクト活動中に発生するメタンの量(tCH ₄)	実際に処分場に排出された廃棄物量より計算	年 1 回

表 3-17 . モニタリング項目の品質管理・品質保証方法

パラメータ	定義	計測方法	QA/QC 手続き
LFG _{total,y}	LFG 全回収量 (m ³)	流量計による計測	流量計を定期的にメンテナンスし、正確性を試験する。
LFG _{flare,y}	標準温度、圧力でフレア燃焼される LFG 量(m ³)	流量計による計測	
LFG _{electricity,y}	発電所において標準温度、圧力で燃焼される LFG 量(m ³)	流量計による計測	
W _{CH₄}	LFG 中の CH ₄ 濃度 (m ³ CH ₄ / m ³ LFG)	ガス成分連続分析器による測定	ガス分析器を定期的にメンテナンスし、正確性を試験する。
T	LFG の温度()	温度計による測定	計測機器を定期的にメンテナンスし、国内/国際標準に基づき正確性を試験する。
P	LFG 圧力 (Pa)	圧力計による測定	
E _{LFG}	LFG を利用し発電した電力量 (MWh)	電力計による測定	電力計を定期的にメンテナンスし、正確性を試験する。

パラメータ	定義	計測方法	QA/QC 手続き
$f_{Vi,h}$	時間当たりの残留ガス中における構成要素 i の堆積比率 ($i = CH_4, CO, CO_2, O_2, H_2, N_2$)	ガス分析器による測定	メーカーの規約に基づき、定期的に計測器の較正を行う。標準ガスとの比較によりゼロチェックおよび標準値チェックを行う。
$FV_{RG,h}$	時間当たりの標準状態、ドライベースでの残留ガスの体積流速 (m^3/h)	流量計による測定	メーカーの規約に基づき、定期的に流量計の較正を行う。
$t_{O_2,h}$	フレア燃焼の排ガス中における O_2 の時間当たり体積比率	ガス成分連続分析器による測定	メーカーの規約に基づき、定期的に計測器の較正を行う。標準ガスとの比較によりゼロチェックおよび標準値チェックを行う。
$f_{VCH_4,FG,h}$	標準状態、ドライベースにおけるフレア燃焼の排ガス中の時間当たりメタン濃度 (mg/m^3)	ガス成分連続分析器による測定	
T_{flare}	フレア燃焼の排ガスの温度 ()	熱伝対による計測	熱伝対は毎年交換、または校正を行う。
Operation of the energy plant	発電所の運営時間 (hours)	アワーカウンター	メーカーの規約に基づきカウンターの校正を行う。

B：有機性廃棄物のコンポスト化事業

AM0025 のモニタリング方法論では、プロジェクト排出量の算定に係るプロジェクト活動に伴う電力、燃料の消費量、コンポストの生産量、コンポストプロセスでの酸素欠乏サンプル数などを直接測定する。また、プロジェクト活動がなかった場合に廃棄物が埋め立てられることになる最終処分場の状態の調査（年 1 回）も含む。

主なモニタリング項目と計測方法、またモニタリング項目のうち、品質管理・品質保証の手続きの実施が必要な項目とその方法について、表 3-18、表 3-19 に示す。

表 3-18 . モニタリング項目およびその計測方法

パラメータ	定義	データ元/計測方法	頻度
$EG_{PJ,EF,y}$	プロジェクト活動により施設内の発電所で発電された、またはグリッドから購入した電力量 (MWh)	電力メーターによる計測	継続的に
CEF_{elec}	プロジェクト活動で発電された電力の排出係数 (tCO_2/MWh)	PTM 作成の資料による (P.3-14)	年 1 回
$F_{cons,y}$	クレジット期間 y 年における、施設内の燃料消費量 (mass or volume units of fuel)	請求明細書および/又は計測	年 1 回

パラメータ	定義	データ元/計測方法	頻度
NCV _{fuel}	燃料の発熱量 (Mj/mass or volume units of fuel)	プロジェクト独自データもしくは国のデータによる。両方がない場合のみ、IPCC 規定値を使ってよい。	年 1 回または事前算定
EF _{fuel}	燃料の排出係数 (tCO ₂ /MJ)	同上	年 1 回または事前算定
M _{compost}	1 年間に生産されたコンポスト量 (tons)	計測	年 1 回
MB _y	プロジェクトがなかった場合に処分場で発生するメタン量 (tCH ₄)	計算	年 1 回
NO _{vehicles,i,y}	運搬車両 (積載量毎の) (Number)	集計	年 1 回
RATE _{Compliance,y}	法律遵守率	自治体の年報に基づき算出	年 1 回
DT _{i,y}	ベースラインと比較したときの、'i'種の車両による平均追加運送距離'	専門家が評価し DOE による承認を受ける	年 1 回
VF _{cons}	'i'種の車両についての燃料消費量 (litres/kilometer)	燃料メーターによる計測	年 1 回
S _{a,y}	コンポストプラントにおいて'y'年中に嫌気性条件化で分解される廃棄物の割合 (%)	酸素測定装置にて計測。統計的に有意なサンプリング方法により、標準化された可動式ガス検出器を使って測定を行う。	週 1 回
S _{OD,y}	酸素欠乏しているサンプルの数 (例: 酸素含有量 10%以下)		
S _{total,y}	サンプル数		
S _{LE}	嫌気性サンプルの割合 (%)		
S _{OD,LE}	酸素欠乏状態のサンプル数		
S _{LE,total}	サンプル数		
A _{j,x}	'x'年中に最終処分場での埋め立てを免れた廃棄物 (分類'j') の量 (tons/year)	トラックスケールでの計量	年 1 回
A _{ci,x}	嫌気性消化、ガス化、または RDF oyobi SB の製造 / 焼却による残留廃棄物 (分類'ci')の量		
Q _{COD,y}	嫌氣的処理または処理されずに放出された廃水の量 (m ³ /yr)	流量計による測定	月 1 回 aggregated annually
P _{COD,y}	廃水の化学的酸素要求量 (tCOD/m ³)	測定	月 1 回および 平均値は年 1 回

表 3-19 . モニタリング項目の品質管理・品質保証方法

パラメータ	定義	計測方法	QA/QC 手続き
EG _{PJ,EF,y}	プロジェクト活動により施設内の発電所で発電された、またはグリッドから購入した電力量 (MWh)	電力メーターによる計測	電力メーターを定期的にメンテナンスし、正確性を試験する。電力の計測は、電力会社によるダブルチェックを行う。

パラメータ	定義	計測方法	QA/QC 手続き
CEFelec	プロジェクト活動で発電された電力の排出係数 (tCO ₂ /MWh)	公式書類	クレジット期間の初めに適切な方法で計算する
F _{cons,y}	クレジット期間 y 年における、施設内の燃料消費量 (mass or volume units of fuel)	請求明細書および/又は計測	請求書で確認を行う。(事務方の義務)
M _{compost}	1 年間に生産されたコンポスト量 (tones)	計測	計測器の較正を行う。コンポスト販売に係るデータとのクロスチェックを行う。
MB _y	プロジェクトがなかった場合に処分場で発生するメタン量 (tCH ₄)		
NO _{vehicles,i,y}	運搬車両 (積載量毎の) (台)	集計	コンポスト製品の売却量/運搬量と照合する。照合方法は DOE により定期的に照査される。
Dt _{i,y}	ベースラインと比較したときの、'i' 種の車両による平均追加運送距離	専門家による推算	DOE による承認を得る。
S _{a,y}	コンポストプラントにおいて 'y' 年中に嫌気性条件化で分解される廃棄物の割合 (%)	統計的に有意なサンプリング方法により、標準可動式ガス検出器を使って測定を行う。	メーカーの規約に基づき、定期的に計測器の較正を行う。測定は標準可動式ガス検出器を用いて、コンポストプロセスの各段階において実施する。サンプリングは事前に定めた方法(深さ、散布など)に基づき、統計的に優位な方法で行う。
S _{OD,y}	酸素欠乏しているサンプルの数 (例: 酸素含有量 10% 以下)		
S _{total,y}	サンプル数		
S _{LE}	嫌気性サンプルの割合 (%)	統計的に有意なサンプリング方法により、標準化された可動式ガス検出器を使って測定を行う。	S _{a,y} と同様
S _{OD,LE}	酸素欠乏状態のサンプル数		
S _{LE,total}	サンプル数		
A _{j,x}	'x' 年中に最終処分場での埋め立てを免れた廃棄物 (分類 'j') の量 (tons/year)	トラックスケールでの計量	メーカーの規約に基づき、定期的にトラックスケールの較正を行う。
A _{ci,x}	嫌気性消化、ガス化、または RDF oyobi SB の製造 / 焼却による残留廃棄物(分類 'ci')の量		
Q _{COD,y}	嫌気的処理または処理されずに放出された廃水の量 (m ³ /yr)	流量計による測定	測定器は定期的にメンテナンスし、精度を試験する。
P _{COD,y}	廃水の化学的酸素要求量 (tCOD/m ³)	測定	測定器は定期的にメンテナンスし、精度を試験する。

3 - 3 - 3 モニタリング体制

本プロジェクトのモニタリング体制の詳細は方法論ごとに策定するが、基本的な実施事項および担当者・機関は下表のとおりである。

計測したデータは全て電子データに変換し、電子ファイルで保管する。また、元データ、排出削減量の計算方法および結果については、毎年 DOE の検証を受けるものとする。DOE

は結果についての有効化審査報告書を発行し、CER 発行手続のため CDM 理事会に提出する。

表 3-20 . モニタリング実施事項および担当者

	実施事項	担当者/機関	備考
1	モニタリング計画管理	特別目的会社 (SPC)	計画実行のための手順の確立、スタッフへのトレーニングなどを実施。
2	データモニタリング実施	特別目的会社 (SPC) あるいは外部機関	全てのデータは電子ファイルに打ち込み、保管する。ただし一部は紙ベースで保管。
3	廃棄物管理関連法規等の要求事項のモニタリング	特別目的会社 (SPC) あるいは外部機関	担当者は関連法規についての報告書を定期的にまとめる。
4	測定機器の較正 (電力計、トラックスケール、酸素濃度測定機、CH ₄ 、COD 分析器など)	外部の較正担当機関	較正機関は較正証明書を発行する。SPC はこの証明書を保管する。

3-4 プロジェクト期間・クレジット獲得期間

本プロジェクトの開始時期は、2013 年からを予定している。

プロジェクト期間・クレジット獲得期間は、7 年間とし、最大 2 回の更新(計 21 年)を行うことを想定している。

3-5 環境影響・環境保全対策

3-5-1 環境影響評価の目的および対象事業

マレーシアでは、新規の開発プロジェクト実施に当たって、事前に環境への影響を評価するいくつかの手続きが義務づけられている。このうちの 하나가環境影響評価の実施である。開発プロジェクトが 1974 年環境法に基づく 1987 年環境影響評価に関する環境命令 (Environmental Quality (Prescribed Activities) (Environmental Impact Assessment) Order 1987) に規定される 19 分野の事業に該当する場合には、所定の手続きによる環境影響評価報告書を作成、DOE 長官に提出して承認を得る必要がある。同評価の目的は、以下の通りである。

- ・ 利用可能なプロジェクトのオプションから最善のものを検討・選択する。
- ・ 重大な住宅地域への環境影響を特定・予測・評価する。
- ・ プロジェクトの環境費用と地域社会への利益を特定する。
- ・ 適切な軽減・緩和措置を推奨し、プロジェクト計画に取り入れる。

また、上記 19 分野のうち、本プロジェクトに関わりのありそうな、発電・送電事業、廃棄物処理・処分事業を抽出したものが表 3-21 である。

表 3-21 . 環境影響評価の対象事業

13.発電・送電
(a)化石燃料を燃焼する、10 メガワット以上の発電能力を有する火力発電所の建設
(b)下記のいずれか又は双方を有するダムおよび水力発電計画 (i)40ha を超える以上の総面積を有し、高さが 15m を超えるダムおよび補助建築物 (ii)400ha を超える面積の貯水池
(c)複合発電所の建設
(d)原子力発電所の建設
18.廃棄物処理・処分
(a)有毒・危険廃棄物 (i)焼却プラントの建設 (ii)回収プラントの建設(off-site) (iii)排水処理プラントの建設(off-site) (iv)埋立処分施設の建設 (v)保管施設の建設(off-site)
(b)自治体の固形廃棄物(MSW) (i)焼却プラントの建設 (ii)堆肥プラントの建設 (iii)回収/リサイクルプラントの建設 (iv)自治体の MSW 埋立処分施設の建設
(c)自治体の下水 (i)下水処理プラントの建設 (ii)海洋への排水口の建設

3 - 5 - 2 環境影響評価の実施手続き

環境影響評価は、対象事業の提案者がまず予備的評価(Preliminary Assessment)を受けるための予備的環境影響評価報告書(Preliminary Environmental Impact Assessment Report)を作成し、DOE に提出することで始まる。この予備的環境影響評価報告書には、事業名、予想される環境影響、緩和削減措置、各種の技術データほか、住民参加の結果(一般的には報告書の縦覧による意見)などを盛り込むこととなっている。

予備的環境影響評価報告書を受け取った DOE は、報告書の内容を関係省庁も加わった委員会で審査し、問題がなければ承認して開発事業の所管官庁に通知する。これを受けて工場建設の場合は、工場開発庁などが事業の実施許可をすることとなる。

予備の評価において、環境への影響が大きいと判断された事業については詳細環境影響評価報告書(Detailed Environmental Impact Assessment Report)の作成と、DOE への提出が要求される。提出された詳細環境影響評価報告書は、DOE 長官が召集した学識経験者などで構成される審査委員会(Review Panel)で審査を受ける。承認を受けた報告書は DOE や各種の図書館等での縦覧によって、公衆意見を受け付けた後事業の所管官庁に通知され、所管官庁が事業の実施許可を出すこととなる。また製鉄やセメント、海岸埋立など、大きな環境影響が予測される事業については、最初から詳細環境影響評価報告書の作成が要求されている。

この環境影響評価手続きの流れを図 3-8 に示す。

なお、詳細な環境影響評価手続き方法や実施要領については、DOE から環境影響評価ガイドライン(A Handbook of Environmental Impact Assessment Guidelines)が発行されているほか、現在、工業など 16 業種については、業種別の特定ガイドライン(Specific Environmental Impact Assessment Guidelines)も作成されている。

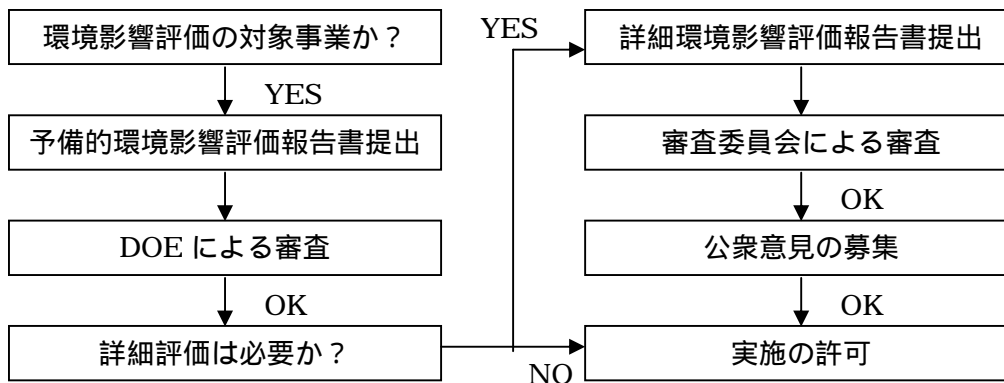


図 3-8 . 環境影響評価の流れ

3 - 5 - 3 本プロジェクトにおける環境影響

本プロジェクトの実施に伴う環境影響は、工事期間ならびに施設供用期間の 2 期に分けて考えられる。本プロジェクトの実施に起因する直接的および間接的な影響を表 3-22 に示す。

表 3-22 . 本プロジェクトの実施に起因する直接的および間接的な影響

項目	事業	活動	予想される環境への影響	環境影響の低減策	
工事期間	直接影響	LFG回収・利用 / コンポスト化	建築資材の運搬	建築資材の運搬は、トラック輸送となる。このトラックからの排気ガス、走行による騒音・振動の影響が考えられる。	これらの資材の運搬に係る影響を低減するために、工事計画(主に工程)により効果的な資材搬入を行えるようにする。
			建築機材の稼働	建築機材の稼働により、周辺地域に対して騒音・振動の影響が考えられる。	建築機器を有効的に運用する工事計画にする。また工事にあたっては、地域への騒音、振動の発しにくいように工事機器を使用する。
			その他	工事期間中も廃棄物の搬入が継続されることから、廃棄物搬入車両の動線が混雑し、排気ガスの増加が考えられる。	運搬に係る影響を低減するために、搬入出経路を定める。また、経路に影響しないよう、既に埋立られた用地を有効に使用する。
				建設工事に伴い、廃棄物の発生が考えられる。	国の基準に基づき、廃棄物の処理を行う。
	間接影響	建設資材原料の人手、加工	建築資材の原料人手及び原料加工による温室効果ガスの発生が考えられる。	必要以上の、建築資材の利用を避け、最適な計画・設計を行う。	
施設供用期間	直接影響	LFG回収・利用 / コンポスト化	施設の稼働により、タービンや選別機器のモーターなど周辺に対し、騒音・振動の影響が考えられる。	周辺民家の位置を確認し、影響が低減できる様計画・設計を行う。	
		コンポスト化	施設稼働	処理期間中に堆積した有機廃棄物から浸出水が発生し地下水汚染の可能性がある。	必要に応じて、処分場浸出水処理施設へ接続させるなどの措置を取る。
				リサイクル品の販売によって搬入出車両が増加し、排気ガスの増加可能性がある。	搬入出経路を設置し、アイドリングなど必要以上の排気ガスを発生させない様考慮する。
	LFG回収・利用 / コンポスト化	土地の改変(覆土)	処分場の埋立完了後も悪臭や害虫が発生する可能性がある。	透水係数の低い粘土質の土を用いて、ごみ表層部を被覆する。これにより、景観の改善、処分地内への雨水の浸入も抑止できる。	

3 - 5 - 4 環境保全対策

(1) 工事中の環境保全対策

工事実施に伴う環境保全対策は、大気汚染防止対策、騒音対策、振動対策、建設副産物対策、交通安全対策である。表 3-23 に詳細を示す。本項目においては、LFG 回収・利用、コンポスト化の両事業に当てはまるので、合わせて記載する。

表 3-23 . 工事中の環境保全対策

項目	内容
大気汚染防止対策	・乾季における工事では、必要に応じて散水するなど粉塵の飛散防止に努める。 ・建設中工事用車両については、復路においてホースによる洗車を徹底し、道路沿道の環境保全に努める。
騒音及び振動対策	・建設機械は、極力低騒音、低振動型を使用し、騒音、振動の低減に努める。 ・建設機械の配置や工事時期を分散させ、騒音、振動の低減に努める。 ・工事期間は、平日昼間のみとし、原則として夜間や休日は工事を行わない。 ・建設機械の無用なアイドリングを行わない。
建設副産物	・工事に伴って副次的に発生する土砂などの建設副産物は、発生土を極力現場内で利用する造成計画とする。 ・土砂以外の建設副産物は、国の基準に基づき適切な処理を行う。
交通安全対策	・工事用車両の出入りについては、極力午前9時より午後3時までの時間帯を想定とする。 ・工事用車両については、速度や積載量等交通規則を遵守させる。 ・工事用車両の走行ルートを指定し、必要に応じて交通整理員を配置し、周辺の一般車両の通行の安全を図る。

(2) 施設稼働中の環境保全対策

本施設稼働に伴う環境保全対策は、大気汚染防止対策、騒音対策、振動対策、臭気対策、廃棄物(処理残渣)対策、その他の対策(景観)である。表 3-24 に詳細を示す。

表 3-24 . 施設稼働中の環境保全対策

項目	事業	内容
大気汚染防止対策	LFG回収・利用	・LFG回収システムによって回収したガスは、洗煙設備にて、硫黄分を除去しガスエンジンに吸引される。その後ガスエンジン稼働に伴う排気ガスの余熱を利用してガスエンジン入口前のLFGガスを昇温させる。なお、ガスエンジンの排気温度は約400度であり、排熱回収後温度は約200度となるため、白煙防止効果も高い温度で大気拡散させる。 ・低NOx型のガスエンジンを導入することによって、工場排ガス基準を確保する。
	コンポスト化	・ホイールローダやコンポストターナーなどの重機は、十分整備を行い排気ガス規制に適合したものをを用いる。
騒音対策	LFG回収・利用	・発生源となる機器はガスエンジン本体であり、低騒音型のものを採用する。施設設置後、騒音が著しい場合には壁や天井に吸音材を取り付けるなどの対策を実施する。
	コンポスト化	・使用する装置・重機類は、低騒音のものをを用い、屋内設備については壁や屋根により遮音する。更に住宅等からの離隔距離にも留意する。
振動対策	LFG回収・利用	・発生源となる機器はガスエンジン本体であり、堅固な基礎の上に設置して外部に振動が伝わらないようにする。また発生源となるガスエンジンは低振動型のものを作用する。
	コンポスト化	・使用する装置・重機類は、低振動のものをを用い、更に住宅等からの離隔距離にも留意する。
臭気対策	LFG回収・利用	・LFG回収ルートであるLFG配管からの漏洩が考えられる。このため常時、ガスエンジン入口部において流量等を測定し、ごみ埋立地からのLFG配管に漏洩がないか監視する。
	コンポスト化	・好気処理そのものは、ごみの臭気を低減する効果があるが、施設が稼働しない場合の臭気対策としては、室内のヤードにごみを保管する等の対策をとるものとする。
安全対策	LFG回収・利用	・排気塔出口部での焼けど防止するため、運転員等が直接触れないよう排気塔の高さ約5m以上とする。
	コンポスト化	・従業員による廃棄物手選別の際に、混入物による怪我等を予防するため、マスクや手袋を装着するなどの対策を実施する。
その他の対策(景観)	LFG回収・利用/コンポスト化	・施設建設地は処分場敷地内であり、特に配慮すべき景観への悪影響はない。

3-6 利害関係者のコメント

本プロジェクト実施にあたっては、プロジェクト設計書（Project Design Document：PDD）に求められている利害関係者（Stakeholders）に対し、事業実施に関わるヒアリングを行い、機関・関係者から事業および意見を聴取した。本プロジェクトで想定している利害関係者およびコメントは以下の通りである。

マレーシア政府 天然資源・環境省(MNRE) Sabah

マレーシアにおける CDM 事業では、本プロジェクトと類似しているものがいくつかある。また、マレーシアにおける CDM プロジェクトでは、技術移転も重要視しているため、本プロジェクトについても持続可能な技術であるように発電事業が組み込まれた事業にしてもらえればうれしい。

ペラ州

CDM 事業などについてのプレゼンテーション（イポ市主催）を、2009 年 8 月にイポ市庁舎内にて実施した。ペラ州担当者からは、当該プロジェクトはイポ市が中心となり進めるものであるため、イポ市と十分に話し合いを持って進めてもらいたい旨の説明があった。

イポ市

2008 年 10 月には、本プロジェクトについての基礎調査の説明および意見交換を実施。2009 年 8 月には、ペラ州担当者も交えたプレゼンテーションを実施した。プレゼンテーションでは、プロジェクト概要および施設計画等について説明し、理解を求めた。イポ市からは本プロジェクトに好意的な発言はあるものの、一方で対抗馬があることが説明された。

LT 社(カウンターパート)

カウンターパートである、LT 社は、現在イポ市より MSW の収集・運搬業および処分場の管理業務を委託されており、本プロジェクトにおいて SPC 設立する相手となる企業である。本プロジェクトのみならず、イポ市における廃棄物処理に関わる技術についてのサポートも依頼されている。

近隣住民

処分場の直近に住民は居住していないが、比較的近い場所に位置するに商店(食堂や雑貨などの個人商店など)や住宅へヒアリングを実施した。

現状、悪臭の影響はあるが、その他大きな被害はないとのことであった。また、本プロジェクトの概要を説明したところ、環境に優しいものであるから積極的に推進して欲しいとの意見が多かった。中にはマレーシアは常夏であり、「温暖化」という状況に興味はないとの回答もあった。

銀行

本プロジェクトの概要を説明し、資金貸与についての打合せを行った。CDM 事業に対し非常に興味があり、より詳細なタイムテーブル・投資計画などのシミュレーション

を見せて欲しい旨の要請となっている。

銀行サイドからは具体的に、当社資金分のみの貸出は問題が少ないとの意見であるが、カウンターパート(ローカル企業)を含めての貸出は難しいとの見解であった。また、2013 年以降の CER 価格に注視して欲しいとの意見であった。

3-7 プロジェクト実施体制

LT 社(カウンターパート)と当社からの共同出資による事業化を想定しており、この場合、SPC(特別目的会社: Special Purpose Company)の自己資金で事業開始運営の資金調達が可能である。

ただし、SPC 設立時には、事業化可能性について十分に調査し、社会情勢や国際情勢・資金調達について検討する必要がある。実施体制図については以下に図示する。

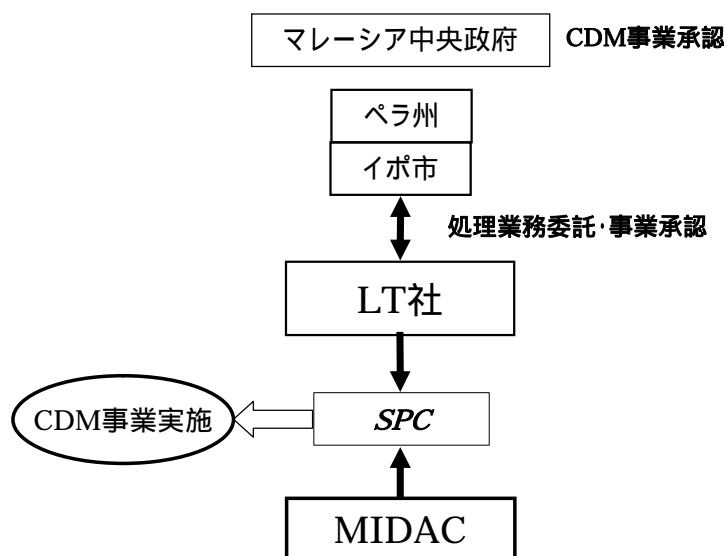


図 3-9 . 実施体制

3-8 資金計画

本プロジェクトでは、SPC による、初期投資型を想定している。現状の試算ではプロジェクト資金は、7 億円程度であり、自己資金で事業開始運営の資金調達が可能である。

現地調査時に、ホスト国銀行および日本国銀行へ本プロジェクトの概要説明を実施したところ、非常に CDM 事業に興味を示している。経済分析では、ホスト国銀行-日本国銀行のシンジケートローンによる資金調達を想定しているが、今後さらに設計計画や収益シミュレーションをつめ、銀行側と協議していく必要がある。

3 - 9 経済性分析

本プロジェクトにおいては、経済性を内部収益率(Internal Rate of Return : IRR)で評価する。評価するにあたり必要となる前提条件を以下に示す。

3 - 9 - 1 前提条件

(1) 初期投資費

初期投資費は、表 3-25 の通りである。詳細については、「2 3 3 調査内容(5)」で示したとおりである。

表 3-25 . 初期投資費

事業	単価 (千 RM)	千円	備考
LFG 回収・利用	10,500	315,000	設備費、土木建築費等を含む
コンポスト化	7,667	230,000	設備費、土木建築費等を含む

(2) 維持管理費

維持管理費は表 3-26 の通りである。詳細については、「2 - 3 - 3 調査内容(5)」で示したとおりである。

表 3-26 . 維持管理費

事業	単価 (千 RM / 年)	千円 / 年	備考
LFG 回収・利用	653	19,600	修繕費・人件費・CDM 登録料等
コンポスト化	1,890	56,700	修繕費・人件費・CDM 登録料等

(3) 事業収益

事業収益は CER 売却益の他に、処分場の LFG 回収・利用事業では「売電収益」、コンポスト化事業では「リサイクル収益」を見込むことが出来る。

売電収益単価については、マレーシアにおける再生可能エネルギーにより発電された電力の買取制度(Renewable Energy Power Purchase Agreement : REPPA)を想定し、最大売電価格の 0.21RM/kWh と設定した。

リサイクル収益については、「2 - 3 - 3 現地調査結果 (P.2-4)」のリサイクルヒアリング調査結果に記載したとおり、ヒアリング調査から得られたリサイクル単価と、廃棄物組成分析から出された売却割合から年間 2,879 千 RM/年としている。

表 3-27 . 事業収益

項目	単価	備考
CER 売却益	33 RM/tCO ₂	*1,000 円/tCO ₂ と設定
売電収益	0.21 RM/kWh	*再生可能エネルギーより (REPPA)
リサイクル収益	2,879 千 RM/年	*2-3-3 現地調査結果(リサイクル分析より P2-4)より計算した合計金額を記載する

(4) その他前提条件

収益性検討に要する前提条件は、表 3-28 に示す通りである。

プロジェクト実施スケジュールについては、2013 年より運転開始を想定しており、クレジット期間は 7 年間(延長あり)とする。残存メタンガス量・MBT 施設の老朽度合いを確認しながら、追加投資費用を検討し、最終的にプロジェクトの延長を判断する。

法人税は、マレーシア標準税率である 25%とした。

金利は、対象サイトの銀行へ打合せを行っているが現段階ではローン体系まで決定していないことから、マレーシアシンジケートローンを想定し、6.0%に設定した。為替レートは、計算しやすいよう 1RM=30 円に設定している。

表 3-28 . 前提条件

項目	前提条件
プロジェクト実施期間	7 年間(延長あり)
搬入廃棄物量	600t/日(変動しないとする)
法人税	25%(マレーシア標準税率)
金利	6.0%
為替レート	1 RM = 30 円

3 - 9 - 2 内部収益率

本調査では、経済分析の指標として、IRR を採用する。

A : 処分場の LFG 回収・利用事業

上記前提条件の基に、経済分析を行った。

LFG 回収・利用事業を実施した場合の、収益は「CER 売却益」と「売電収益」である。結果 IRR は、5.2%となった。LFG 回収・利用事業は、プロジェクト実施期間を経過するにつれ、発生する LFG ガスが減少するため、それに伴い「収益」も減少する傾向にある。

Profit and Loss statement

		Construction	first year	2	3	4	5	6	7	Total	
Sales	Electricity sales		2,263	1,796	1,456	1,325	1,133	984	866	9,822	
	CDM credit		3,050	2,477	2,060	1,762	1,527	1,344	1,199	13,419	
Total sales			5,313	4,273	3,516	3,087	2,660	2,328	2,064	23,242	
Initial cost		10,500									
O & M cost			653	653	653	653	653	653	653	4,573	
Total cost			653	653	653	653	653	653	653	4,573	
Interest expense (6%)			585	495	405	315	225	135	45	2,205	
Corporation tax (25%)			1,019	781	614	530	445	385	341	4,116	
P/L Current		0	3,056	2,344	1,843	1,589	1,336	1,155	1,024	12,347	
IRR			-10,500	3,056	2,344	1,843	1,589	1,336	1,155	1,024	5.2%

図 3-10 . LFG 回収・利用事業シミュレーション

CER 売却益がない場合も同様に、IRR の算出を行ったところ、マイナスとなり CER 売却益がない場合には経済性はないことが明らかとなった。

	IRR
CER 売却益ありの場合	5.2 %
CER 売却益なしの場合	マイナス

B : 有機性廃棄物のコンポスト化事業

コンポスト化事業の場合も同様に、IRR を指標とし経済分析を行った。

コンポスト事業の収益は、「CER 売却益」と「リサイクル販売収益」である。結果 IRR は 8.0% となった。コンポスト事業の場合は、引き続き処分場へ廃棄物を受入ながらプロジェクトを実施するため、安定的に収益を得ることが可能となる。

Profit and Loss statement

		Construction	first year	2	3	4	5	6	7	Total	
Sales	Recycle sales		2,879	2,879	2,879	2,879	2,879	2,879	2,879	20,151	
	CDM credit		481	870	1,165	1,395	1,578	1,728	1,854	9,070	
Total sales			3,360	3,748	4,044	4,273	4,457	4,607	4,732	29,221	
Initial cost		7,667									
O & M cost			1,890	1,890	1,890	1,890	1,890	1,890	1,890	13,230	
Total cost			1,890	1,890	1,890	1,890	1,890	1,890	1,890	13,230	
Interest expense (6%)			427	361	296	230	164	99	33	1,610	
Corporation tax (25%)			261	374	464	538	601	655	702	3,595	
P/L Current		0	782	1,123	1,393	1,615	1,802	1,964	2,107	10,786	
IRR			-7,667	782	1,123	1,393	1,615	1,802	1,964	2,107	8.0%

図 3-11 . コンポスト化事業シミュレーション

CER 売却益がない場合の IRR はマイナスとなり、CER 売却益がない場合には経済性がないことが明らかとなった。

	IRR
CER 売却益ありの場合	8.0 %
CER 売却益なしの場合	- 13.2 %

3 - 9 - 3 内部収益率の感度分析

プロジェクトの感度分析として、CER 売却益を想定しない場合の、総費用(初期投資費、維持管理費)・収入(売電収益、リサイクル収益)を3段階に変化させた場合のIRRを算出した。

A：処分場の LFG 回収・利用事業

総費用(初期投資費、維持管理費)を-5%・-10%・-15%と変化させ、また同時に収入(売電収益)を+5%・+10%・15%と変化させた場合のIRRを算出した。結果は表3-29の結果となった。全ての条件下でIRRはマイナスとなり、処分場のLFG回収・利用事業において、CER売却益がない場合には経済性がないことが明らかとなった。なお、表中の「マイナス」は、IRR計算式の都合上、マイナスではあるものの数値までは計算できなかったことを示す。

表 3-29 . LFG 回収・利用事業感度分析結果

項目		総費用		
		-15%	-10%	-5%
売電収益	+5%	マイナス	マイナス	マイナス
	+10%	マイナス	マイナス	マイナス
	+15%	- 21.6%	マイナス	マイナス

B：有機性廃棄物のコンポスト化事業

コンポスト化事業の場合も同様に、総費用(初期投資費・維持管理費)を-5%・-10%・-15%と変化させ、同時に収入(リサイクル収益)を+5%・+10%・+15%と変化させた場合のIRRを算出した。

結果は、表3-30のとおりとなった。総費用-15%・収入+15%の時にIRRが4.9%と最大となったが、IRRは低い数値であり経済性があるとはいえない。

表 3-30 . コンポスト化事業感度分析結果

項目		総費用		
		-15%	-10%	-5%
リサイクル 収益	+5%	- 0.4%	- 3.8%	- 7.0%
	+10%	2.3%	- 1.0%	- 4.2%
	+15%	4.9%	1.6%	- 1.6%

3 - 10 追加性の証明

A : 処分場の LFG 回収・利用事業

本プロジェクトの追加性を証明するため、CDM 理事会による”追加性の評価と証明のためのツール(Tool for the demonstration and assessment of additionality) version 5.2”を使用する。このツールにおける手順は以下のとおりである。

- ステップ 1 : 法律・規制に従ったプロジェクト活動に対する代替案の同定
- ステップ 2 : 投資分析 または ステップ 3 : 障害分析
- ステップ 4 : 一般的慣行分析

ステップ 1 : 法律・規制に従ったプロジェクト活動に対する代替案の同定

準ステップ 1a:プロジェクト活動の代替案の明示

プロジェクト活動の代替案として、3-1-2 の代替案を参考に、たとえば以下のシナリオ案が想定される。

- シナリオ案 1 (LFG2 + P6) : 現状維持。すなわち、処分場からの LFG の大気への拡散を放置する。
- シナリオ案 2 (LFG1 + P6) : 処分場から発生する LFG を回収し、フレア燃焼させる。
- シナリオ案 3 (LFG1 + P1) : 本プロジェクトが CDM プロジェクトとしてではなく実行される。

準ステップ 1b:適用可能な法律・規制との整合性

準ステップ 1a で挙げたシナリオ案は全てマレーシアおよびプロジェクト地域の法律・規制を遵守したものである。

ステップ 2 : 投資分析

準ステップ 2a:適切な分析方法の決定

提案されたプロジェクトを CDM 事業として実施しない(CER の売却益を考慮しない)

ことが可能か否かを検証する。追加性マニュアルでは、検証方法として以下の 3 つのオプションが挙げられている。

オプション I：単純コスト分析（提案プロジェクト及び代替シナリオ案が CDM 関連収入以外に財務的・経済的利益を生み出さない場合）

オプション II：投資比較分析（CDM 関連以外の収入も見込める場合）

オプション III：ベンチマーク分析（CDM 関連以外の収入も見込める場合）

提案プロジェクトでは、売電を通して CDM 関連の収入以外の収益を得られる可能性があるため、ホスト国では本プロジェクトの比較対象となる類似プロジェクトがないことから、オプション III のベンチマーク分析を用いる。

準ステップ 2b:ベンチマーク分析の適用

本プロジェクトに最も適切な財務指標として、内部収益率(IRR)を採用して検討する。なお、評価指標(ベンチマーク)はマレーシア政府発行(2009年11月現在)のクーポンレート(年利)5.094%とした。

準ステップ 2c:財政指標の算出および比較

IRR の算定に要する前提条件を表 3-31 に示す。

表 3-31 . 前提条件(LFG 回収・利用)

項目	前提条件
プロジェクト期間	7 年間 (延長あり)
廃棄物処理量	プロジェクト期間中の変動なし
借入金	借入金なし
インフレ率	1.12 % (マレーシア 2009 年実績)
法人税	25 % (マレーシア標準税率)
残存価値	なし

この条件に基づき、IRR を算定した結果、いずれの代替プロジェクトにおいても、負値となり、事業として成立しないことが明らかとなった。

準ステップ 2d:感度分析

上記評価の費用と収入についての前提条件が変動した場合の事業収益性に与える影響度を検討する。

総費用(建設費、維持管理費)が-5%、-10%、-15%、収入(売電収益)が+10%、+20%、+30% と変動した場合の感度分析を実施した結果、「3-10-3 内部収益率の感度分析(P.3-37)」に示したとおりいずれの場合も IRR が負値となり、本プロジェクトは投資対象としての資金的魅力に乏しいことが確認された。

本プロジェクトは投資対象としての魅力に乏しいことが確認されたため、追加性証明ツールに基づき、ステップ 3 を割愛し、ステップ 4 に進む。

ステップ 4：一般的慣行分析

ステップ 2 または 3 の分析結果を補足するために、ステップ 4 では提案されたプロジェクトタイプ（技術または運用）が既に関係セクターや地域に普及しているかを検討する。

準ステップ 4a:提案されたプロジェクトに類似する他の活動の分析

マレーシアでは、廃棄物からのメタン回収・発電事業は、CDM 事業を想定していない事業は実施されていない。マレーシア政府は再生可能エネルギーの利用を促進しているものの、処分場からのガス回収事業においては、稼働の安定性に対する技術的困難さや単独事業として事業採算性が低く、事業の普及が進んでいない。

準ステップ 4b:進行中の類似の選択肢の分析

準ステップ 4a で述べた通り、プロジェクトに類似する事業は行われておらず、CDM 事業を想定せずに事業として成功することは困難であるといえる。

以上の検討から、本プロジェクトと類似のものが実施される見込みはなく、CDM プロジェクトとして登録されることは、本プロジェクトの実施に不可欠であるため、本プロジェクトには追加性があると判断できる。

B：有機性廃棄物のコンポスト事業化

本プロジェクトの追加性を証明するため、ACM001 と同様、“追加性の評価と証明のためのツールに基づき検証を行う。

ステップ 1：法律・規制に従ったプロジェクト活動に対する代替案の同定

準ステップ 1a:プロジェクト活動の代替案の明示

3-1-2 で示したものと同一プロジェクト活動の代替案を挙げる。

シナリオ案 1 (M1): コンポスト化処理が CDM プロジェクトとしてではなく実行される。

シナリオ案 2 (M2): ごみが、LFG を回収・燃焼している処分場に埋立てられる。

シナリオ案 3 (M3): ごみが、LFG を回収・燃焼していない処分場に埋立てられる。

準ステップ 1b:適用可能な法律・規制との整合性

準ステップ 1a で挙げたシナリオ案は全てマレーシアおよびプロジェクト地域の法律・規制を遵守したものである。

3-1-2 で説明したとおり、ホスト国では廃棄物の中間処理について定めた法律・規制

はなく、また、LFG 回収・利用はホスト国で一般的な処理方法ではない。したがって、シナリオ案 2 はここで除外し、シナリオ案 1 およびシナリオ案 3 について次のステップで分析・検討を行う。

ステップ 2：投資分析

準ステップ 2a:適切な分析方法の決定

本プロジェクトでは、資源物の売却による収入が見込めること、またホスト国では本プロジェクトの比較対象となる代替プロジェクトがないことから、オプション III(ベンチマーク分析)を用いることとする。

準ステップ 2b:ベンチマーク分析の適用

本プロジェクトに最も適切な財務指標として、内部収益率(IRR)を採用して検討する。なお、評価指標(ベンチマーク)は LFG 回収・利用プロジェクトと同様、マレーシア政府発行(2009 年 11 月現在)のクーポンレート(年利)5.094%とした。

準ステップ 2c:財政指標の算出および比較

IRR の算出に要する前提条件を表 3-32 に示す。

表 3-32 . 前提条件 (コンポスト化)

項目	条件
プロジェクト期間	7 年間 (延長あり)
廃棄物処理量	プロジェクト期間中の変動なし
借入金	借入金なし
インフレ率	1.12 % (マレーシア 2009 年実績)
法人税	25 % (マレーシア標準税率)
残存価値	なし

この条件に基づき、IRR を算定した結果、いずれの代替プロジェクトにおいても、負値となり、事業として成立しないことが明らかとなった。

準ステップ 2d:感度分析

費用(建設費、維持管理費)が-5%、-10%、-15%、収入(リサイクル収益)が+10%、+20%、+30% と変動した場合の感度分析を実施した結果、「3-10-3 内部収益率の感度分析(P.3-37)」に示したとおり、どの場合にも IRR は低く、本プロジェクトは投資対象としての資金的魅力に乏しいことが確認された。

本プロジェクトは投資対象としての魅力に乏しいことが確認されたため、追加性証明ツールに基づき、ステップ 3 を割愛し、ステップ 4 に進む。

ステップ 4：一般的慣行分析

ステップ 2 または 3 の分析結果を補足するために、ステップ 4 では提案されたプロジェクトタイプ（技術または運用）が既に関係セクターや地域に普及しているかを検討する。

準ステップ 4a:提案されたプロジェクトに類似する他の活動の分析

マレーシアでは、政府の環境対策として食品廃棄物の肥料化を進めているが、各家庭での堆肥化や教育機関や市民団体との連携による試験事業の域を出ていない。製品化された堆肥は、緑地活動に使用される程度で販売ルートも確立されていない。

よって、本プロジェクトと同規模・同投資環境・同技術等の環境下での活動は、CDM 事業を想定しているもの以外は実施されていない。

準ステップ 4b:進行中の類似の選択肢の分析

準ステップ 4a で述べた通り、プロジェクトに類似する事業は行われておらず、販売収益以外の収入源・資金源がない限り事業、つまり CDM 事業を想定していない活動を継続して実施することは難しいといえる。

以上の検討から、本プロジェクトと類似のものが実施される見込みはなく、CDM プロジェクトとして登録されることは、本プロジェクトの実施に不可欠であるため、本プロジェクトには追加性があると判断できる。

3 - 11 事業化の見込み

事業採算性としては、CER 売却益を想定しない場合には事業性は見られないが、両プロジェクト共に CER 売却益以外の収益(売電収益またはリサイクル収益)が見込めることから、CDM 事業化となれば採算性もあり事業化の見込みが高まる。採算性以外でも、経済発展に伴う環境汚染が進む東南アジア諸国では「環境社会配慮」としての期待も大きい。

利害関係者である、カウンターパート・政府・銀行共に CDM 事業に非常に興味を示しており期待を寄せている。しかしながら、カウンターパートは機器性能よりも事業資金をより安価にしたいという思いが強く、政府としては CDM 事業そのものに興味を示しており他社類似事業も同時検討を進めている。また、銀行としても融資には非常に慎重に考えておりより詳細なシミュレーションを提示して欲しいとの回答であり、CDM 事業実現に向け、利害関係者の調整がまだ不十分であると言える。この状況に加え、イポ市では新規処分場建設計画が浮上しており、詳細内容はまだ決定していないが、今後プロジェクト実施に多大な影響が予測される。このことから、技術面・資金面での事業化可能性は十分にあるが、社会情勢や利害関係者の意向を確認した上で、最終的な事業化見込みを判断する必要があると言える。

第4章 コベネフィットに関する調査結果

4-1 背景

本提案プロジェクトにおけるベースラインシナリオおよびプロジェクトシナリオは下記の通りである。

表 4-1 . 提案プロジェクトのベースラインシナリオ・プロジェクトシナリオ

	処分場が閉鎖する (廃棄物を受け入れない)場合	引き続き処分場へ 廃棄物を受け入れる場合
	処分場の LFG 回収・利用事業	有機性廃棄物のコンポスト化事業 (MBT)
ベースライン シナリオ	LFG は大気へと放出し、電力は既設または新設のグリッド接続された電力を用いる	LFG を回収していない処分場への廃棄物の直接投棄を継続する
プロジェクト シナリオ	LFG の回収および発電・フレア燃焼を行う	LFG を回収していない処分場へ引き続き廃棄物を受け入れ、MBT による好気性発酵処理を行う

プロジェクト実施後においては、「コベネフィット定量評価マニュアル 第 1.0 版」にもあるように、提案プロジェクト中の「LFG 回収・利用事業 (ACM0001 適用)」および「コンポスト化事業 (AM0025 適用)」を行うことで、コベネフィット指標として以下の改善が見込まれる (評価分野は「廃棄物管理」)。

- ・ 臭気 → 既出の申請書等では【悪臭、発火、廃棄物飛散、崩落防止】と記載
- ・ 廃棄物量 → 【廃棄物減量】と記載
- ・ COD → 【水質汚濁防止】と記載

これらのコベネフィット指標は、以下の様に分類される。

- ・ 臭気 → 「LFG 回収・利用事業」を行った際に期待できる
- ・ 廃棄物量 → 「コンポスト化事業」を行った際に期待できる
- ・ COD → 「コンポスト化事業」を行った際に期待できる

そのため、今後の事業の選択によっては、期待できるコベネフィット効果について変更が起きる可能性があることには留意されたい。

また、「臭気」→【悪臭、発火、廃棄物飛散、崩落防止】の悪臭以外の評価指標については、

プロジェクト実施後において、処分場表面のほぼ全域を覆土するため、これらの全てが低減することが期待される。しかし、基礎的知見が不足していること、および、マニュアル中の評価指標に勘案されていないことから、現時点においては、評価のための調査を見送っている。

4-2 ホスト国における環境汚染対策等効果の評価

(1) 廃棄物量

廃棄物量については、中間処理として新たに「コンポスト化事業 (AM0025 適用)」を行うことにより、好気性発酵による有機性廃棄物の減量分およびリサイクルされる廃棄物の分だけ、最終処分される廃棄物の低減を見込むことができる。

上記マニュアルによると、廃棄物処分量の削減の評価方法については、以下のように規定されている。

$$D_{\text{volume}} = D_{\text{volume,PJ}} - D_{\text{volume,BL}}$$

D_{volume} : 廃棄物処分量の削減量 (ton)

$D_{\text{volume,PJ}}$: プロジェクト実施後の廃棄物処分量 (ton)

$D_{\text{volume,BL}}$: プロジェクト実施前の廃棄物処分量 (ton)

従って、廃棄物量は以下の様に評価できる。

$$\begin{aligned} D_{\text{volume}} &= D_{\text{volume,PJ}} - D_{\text{volume,BL}} \\ &= 338.27 \text{ (tons/day)} - 600 \text{ (tons/day)} \\ &= - 261.73 \text{ (tons/day)} \end{aligned}$$

廃棄物量は、年間で 78,519 (tons/year(300day))の減量が期待されると評価できる。

$D_{\text{volume,BL}}$: プロジェクト実施前の廃棄物処分量 (ton)については、現地カウンターパートである L T 社からのヒアリング値を参考にした。

また、 $D_{\text{volume,PJ}}$: プロジェクト実施後の廃棄物処分量 (ton)の算出については、事前評価と事後評価で評価の方法が異なる。

事前評価については、以下の式に基づいて算出を行っている。

1) 廃棄物種類ごとに、処分場に投棄される量を算出

: 最終処分場に投棄される重量 + (コンポスト化される重量 × コンポスト過程での縮分割合) *

2) 上記数値を積算し、最終処分場に埋め立てられる廃棄物の総量を計算

*発酵処理(コンポスト化)後の残渣は、処分場の覆土として利用する

なお、計算に用いた各数値は表 4-2 のとおりとなる。表中の搬入廃棄物重量については、現地調査（16 分別のごみ質分析：詳細は第 2 章 3 - 3 を参照のこと）の結果、推定された数値である。また、選別後の各廃棄物割合については、現地調査（16 分別のごみ質分析）と現地調査時の手選別の際に得られた経験より、選別割合を推定し、決定している。

表 4-2 . 搬入廃棄物重量及び選別後の各廃棄物割合

Items	搬入廃棄物重量 (tons)	リサイクル物重量 (tons)	コンポスト化物重量 (tons)	最終処分場投棄重量 (tons)
Food	154.13	-	154.13	-
Garden	49.30	-	49.30	-
Paper	71.01	-	71.01	-
Carton box	11.85	-	11.85	-
Wood and Straw	36.22	-	36.22	-
Textile	18.51	-	18.51	-
Disposable nappies	65.13	-	-	65.13
Rigid Plastic	4.72	2.83	-	1.89
Plastic container (transparent)	6.04	3.62	-	2.41
Plastic container (white)	3.69	2.21	-	1.47
Plastic bag (film)	71.61	-	-	71.61
Other plastic	11.61	-	-	11.61
Steel	11.49	9.19	-	2.30
Aluminum	0.32	0.26	-	0.06
Glass	10.83	-	-	10.83
Others	6.09	-	-	6.09
Residue	67.43	-	67.43	-
Total	600.00	18.12	408.46	173.42

また、コンポスト化物に選別された廃棄物が発酵処理(コンポスト化)により、どれだけ縮分されたかを示したものが表 4-3 である。

表 4-3 . コンポスト化廃棄物におけるコンポスト化前後の重量

Items	コンポスト化前重量 (tons)	コンポスト化後重量 (tons)	縮分割合 (%)
Food	154.13	61.65	60
Garden	49.30	19.72	60
Paper	71.01	28.40	60
Carton box	11.85	4.74	60
Wood and Straw	36.22	14.49	60
Textile	18.51	7.40	60
Disposable nappies	-	-	-
Rigid Plastic	-	-	-
Plastic container (transparent)	-	-	-
Plastic container (white)	-	-	-
Plastic bag (film)	-	-	-
Other plastic	-	-	-
Steel	-	-	-
Aluminum	-	-	-
Glass	-	-	-
Others	-	-	-
Residue (food)	61.34	24.54	60
Residue (wood and straw)	0.25	0.10	60
Residue (paper)	3.41	1.36	60
Residue (others)	2.44	2.44	0
Total	408.46	164.85	-

ここで、コンポスト過程での縮分割合については、2008 年度に行ったコンポスト化実験結果をもとに、無機性廃棄物の割合を 0%、有機性廃棄物の割合を 60%と仮定して計算している（実験には、Food, Garden, Wood and straw を供試し、好気性発酵約 45 日後の試料重量を測定している。その際、試料は約 71%減量されたが、スモールスケールの実験であったことを鑑みて、約 2 割の余裕をみて、コンポスト仮定での縮分割合を仮定している）。

上記数値を計算式に当てはめると

$D_{\text{volume,PJ}}$: プロジェクト実施後の廃棄物処分量 (tons/day)

$$\begin{aligned}
 &= \text{最終処分場投棄重量積算} + \text{コンポスト化廃棄物重量積算} : \text{コンポスト化後} \\
 &= 173.42 + 164.85 \\
 &= 338.27
 \end{aligned}$$

事後評価については、CDM モニタリング項目をもとにして、以下の式に基づいて計算予定である。

$$D_{\text{volume,PJ}} = \text{コンポスト生産量} + \text{処分場直接投入廃棄物量}$$

(2)COD

COD(化学的酸素要求量:Chemical Oxygen Demand)についても、中間処理として新たに「コンポスト化事業(AM0025 適用)」を行うことにより、好気性発酵による有機性廃棄物の分解により、処分場浸出水中の COD 濃度の低減が期待される。

上記マニュアルによると、廃棄物処分場からの浸出水中の有機物の指標である COD 濃度の減少評価については、以下のように規定されている。

$$ER_{\text{COD}} = BE_{\text{COD}} - PE_{\text{COD}}$$

- ER_{COD} : 排出される COD 濃度の低減量 (mg/l)
 BE_{COD} : ベースラインシナリオでの COD 濃度 (mg/l)
 PE_{COD} : プロジェクトラインシナリオでの COD 濃度 (mg/l)

従って、COD は以下の様に評価できる。

$$\begin{aligned} ER_{\text{COD}} &= BE_{\text{COD}} - PE_{\text{COD}} \\ &= 1463 \text{ (mg/l)} - 850 \text{ (mg/l)} \\ &= 613 \text{ (mg/l)} \end{aligned}$$

本計算結果の根拠を以下述べる。

BE_{COD} : 2008 年度にサンプリングをした廃棄物処分場からの浸出水の分析結果を採用している。
(分析は、現地分析会社に依頼。)

PE_{COD} については、事前評価と事後評価で評価の方法が異なるため、各々の場合に分けて以下記載する。

まず、事前評価における算出方法を記載する。

PE_{COD} : プロジェクトシナリオでの COD 濃度 (mg/m³)については、2008 年度に行ったコンポスト化実験結果の数値を基に計算を行っている。

また、今回のコベネフィット評価上で、COD 値の低減割合を推定するに当たっては、TOC(全有機炭素: Total Organic Carbon)値の低減割合を参考にした。

【2008 年度に行ったコンポスト化実験結果】

実験開始時の TOC = 27.9 (%-dry)

実験後（約 1 ヶ月半）の TOC = 16.2 (%-dry)

TOC の減少割合は

$$\begin{aligned} 1-(16.2/27.9) &= 0.419355 \\ &= 41.9 (\%) \end{aligned}$$

と算出。

COD 分析で酸化剤の酸化対象となる有機物も、同様の割合で分解すると仮定し、以下 PE_{COD} を算出した

$$\begin{aligned} PE_{COD} &= BE_{COD} \times (1-0.419) \\ &= 1463 \times (1-0.419) \\ &= 850 \end{aligned}$$

続いて、事後評価における算出方法を記載する。

PE_{COD} は、表 3-18 における $P_{COD,y}$ と同一であり、モニタリングにより測定を行う。

4-3 コベネフィット指標の提案

本報告書においては、新たなコベネフィット指標の提案は行わない

第5章 持続可能な開発への貢献に関する調査結果

調査結果なし

Abbreviations

CDM	Clean Development Mechanism (クリーン開発メカニズム)
CER	Certified Emission Reduction (認証排出削減量)
COD	Chemical Oxygen Demand (化学的酸素要求量)
DNA	Designated National Authorities ((CDM の)指定国家担当機関)
DOE	Department of Environment (環境局)
FRIM	Forest Research Institute Malaysia (マレーシア森林研究所)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (気候変動に関する政府間パネル)
IRR	Internal Rate of Return (内部収益率)
LFG	Landfill Gas (処分場ガス)
MBT	Mechanical Biological Treatment (機械・生物処理)
MCA	Malaysia Communist Party (マラヤ共産党)
MEWC	Ministry of Energy, Water Resources and Comunication (エネルギー・水資源・通信省)
MHLG	Ministry of Housing and Local Government (住宅・地方政府省)
MIC	The Malayan Indian Congress (マラヤ・インド人会議)
MNRE	Ministry of Natural Resources and Environment (天然資源・環境省)
MSW	Municipal Solid Waste (都市ごみ、固形廃棄物)
NCCDM	National Committee on CDM (CDM 国家委員会)
NGO	Non-Govenmental Organization (非政府組織)
NSCCC	National Steering Committee on Climate Change (気候変動に関する国家運営委員会)
PDD	Project Design Document (プロジェクト設計書)
PIN	Project Idea Note (プロジェクト概要書)
PTM	Pusat Tenaga Malaysia (マレーシアエネルギーセンター)
PVC	Polyvinyl Chloride (ポリ塩化ビニル)
RDF	Reuse Derived Fuel (廃棄物固形燃料)
REPPA	Renewable Energy Power Purchase Agreement (SREP 用電力購入計画)
RM	マレーシアリング(= マレーシアの通貨) 1RM=26.34638 円(2010/03/03 現在)
SB	Stabilized Biomass (安定化バイオマス)
SPC	Special Purpose Company (特別目的会社)
SREP	Small Renewable Energy Power Programe (小規模再生可能エネルギー発電プログラム)
TNB	Tenaga Nasional Berhad (= マレーシアの電力会社)
TOC	Total Organic Carbon (全有機炭素)
UMNO	The United Malays National Organisation (マレー人国民組織)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (気候変動に関する国際連合枠組条約)
3R	Reduce(減らす)・Reuse(再使用)・Recycle(リサイクル)の頭文字を取った、環境配慮に関する言葉