

ミャンマー国グレーターヤンゴンにおける循環型社会形成支援  
及び廃棄物発電事業の実現可能性調査

報告書

平成 25 年 3 月

JFE エンジニアリング株式会社

日本工営株式会社

株式会社コーエイ総合研究所

## 目 次

第1章	調査概要	1-1
1.1	調査の背景と目的	1-1
1.2	調査内容	1-1
1.2.1	対象地域における廃棄物管理に係る基礎情報収集	1-1
1.2.2	ごみ組成調査・ごみ質分析	1-1
1.2.3	廃棄物処理方式の概略検討	1-2
1.2.4	事業化・資金調達に係る予備的検討	1-2
1.2.5	関係者合同ワークショップ	1-2
1.3	調査体制	1-2
1.4	調査行程	1-3
第2章	対象地域の社会経済状況	2-1
2.1	ミャンマー国の概要	2-1
2.1.1	地理・気候	2-1
2.1.2	人口・社会	2-1
2.1.3	経済	2-2
2.1.4	政治・二国間関係	2-2
2.1.5	行政区画	2-3
2.2	ヤンゴン市の概要	2-4
2.2.1	ヤンゴン管区、ヤンゴン市およびグレーター・ヤンゴンの定義	2-4
2.2.2	地理・気候	2-5
2.2.3	人口	2-5
2.2.4	経済	2-6
2.2.5	行政区画	2-6
第3章	対象地域の廃棄物管理状況	3-1
3.1	廃棄物管理・焼却発電関連法制度	3-1
3.1.1	ミャンマー国の廃棄物関連法制度	3-1
3.1.2	ヤンゴン市の廃棄物管理法制度	3-2
3.1.3	環境影響評価制度・環境基準	3-2
3.1.4	PPP 及び外国投資関連制度	3-3
3.1.5	IPP 及び売電価格関連制度	3-5
3.2	廃棄物管理・焼却発電関連組織体制	3-6
3.2.1	廃棄物管理関連組織	3-6
3.2.2	電力関連組織	3-11
3.2.3	政府開発援助・民間投資関連組織	3-13
3.3	廃棄物管理の現況	3-15
3.3.1	廃棄物発生量及び収集量	3-15

3.3.2	廃棄物の種類及び組成.....	3-15
3.3.3	廃棄物フロー.....	3-16
3.3.4	収集・運搬.....	3-17
3.3.5	処理・処分.....	3-18
3.3.6	リサイクル.....	3-20
3.3.7	手数料.....	3-21
3.3.8	医療系・有害廃棄物.....	3-21
第4章	ごみ質調査.....	4-1
4.1	調査方法.....	4-1
4.1.1	調査概要.....	4-1
4.1.2	試料採取.....	4-4
4.1.3	試料調整及び現場分析.....	4-5
4.1.4	室内分析.....	4-6
4.2	雨季調査結果.....	4-8
4.2.1	物理組成.....	4-8
4.2.2	単位容積重量.....	4-9
4.2.3	三成分.....	4-10
4.2.4	元素分析.....	4-11
4.2.5	有機物量.....	4-11
4.3	乾季調査結果.....	4-12
4.3.1	物理組成.....	4-12
4.3.2	単位容積重量.....	4-13
4.3.3	三成分.....	4-14
4.3.4	元素分析.....	4-14
4.3.5	有機物量.....	4-15
4.4	調査結果の考察.....	4-16
4.4.1	物理組成.....	4-16
4.4.2	単位容積重量.....	4-17
4.4.3	三成分.....	4-18
4.4.4	元素分析.....	4-18
4.4.5	発熱量.....	4-19
4.4.6	有機物量.....	4-19
4.4.7	バイオガス発生量の試算.....	4-19
4.4.8	考察のまとめ.....	4-20
第5章	廃棄物処理方式の概略検討.....	5-1
5.1	廃棄物処理方式代替案の概要.....	5-1
5.1.1	焼却発電.....	5-1
5.1.2	バイオガス化.....	5-1
5.1.3	堆肥化.....	5-2

5.1.4	衛生埋立.....	5-3
5.1.5	廃棄物処理方式代替案の検討.....	5-3
5.2	概算コスト.....	5-6
5.2.1	概算コストの算出方法.....	5-6
5.2.2	各ケースにおける施設規模の検討.....	5-7
5.2.3	算出結果.....	5-11
5.3	環境負荷.....	5-13
5.3.1	温室効果ガス排出量.....	5-13
5.3.2	廃棄物埋立量.....	5-16
5.3.3	その他の環境影響.....	5-16
5.4	社会的受容性.....	5-18
5.4.1	排出源分別.....	5-18
5.4.2	ウェスト・ピッカーの生計.....	5-18
5.4.3	安定的電力供給への貢献.....	5-18
5.4.4	用地の確保.....	5-19
5.4.5	収集効率の向上.....	5-19
5.5	廃棄物処理方式の比較検討結果.....	5-21
第6章	事業化・資金調達に係る予備的検討.....	6-1
6.1	財務分析.....	6-1
6.1.1	財務分析の前提条件.....	6-1
6.1.2	事業収支の検討.....	6-1
6.1.3	財務分析の結論.....	6-5
6.2	事業化に係る予備的検討.....	6-7
6.2.1	事業化検討に当たっての基本的認識.....	6-7
6.2.2	段階的な事業化の提案.....	6-8
6.2.3	ヤンゴン市における都市廃棄物焼却発電の導入時期に関する考察.....	6-9
6.2.4	実現可能性の予備的評価.....	6-10
6.2.5	今後の事業展開.....	6-11
第7章	関係者合同ワークショップの開催.....	7-1

## 表 目次

表 1.4-1	調査工程.....	1-4
表 2.1-1	ミャンマー国の概要.....	2-3
表 2.2-1	ヤンゴン市の概要.....	2-7
表 3.1-1	環境保護法の概要.....	3-1
表 3.1-2	ヤンゴン市汚染管理・清掃規則の概要.....	3-2
表 3.1-3	外国投資法（1998年）の概要.....	3-3
表 3.1-4	ミャンマー国改定外国投資法の出資規定.....	3-4
表 3.2-1	PCCD 保有収集車両・機材・施設.....	3-10
表 3.2-2	PCCD 保有処分場機材.....	3-11
表 3.3-1	ヤンゴン市のごみ分別区分.....	3-18
表 3.3-2	ヤンゴン市内最終処分場の概要.....	3-18
表 3.3-3	ヤンゴン市の清掃手数料体系.....	3-21
表 4.1-1	ごみ質調査の概要.....	4-1
表 4.1-2	ごみ質分析項目・分析方法.....	4-2
表 4.1-3	試料採取日程.....	4-4
表 4.2-1	元素分析結果（雨季）.....	4-11
表 4.2-2	有機物量分析結果（雨季）.....	4-11
表 4.3-1	元素分析結果（乾季）.....	4-15
表 4.3-2	有機物量分析結果（乾季）.....	4-15
表 4.4-1	ウェット・ドライごみにおける分別適合・不適物の割合.....	4-17
表 4.4-2	単位容積重量分析結果.....	4-17
表 4.4-3	元素分析結果（湿潤ベース）.....	4-18
表 4.4-4	ごみ量に対する有機物量分析結果.....	4-19
表 4.4-5	メタン発酵によるバイオガス発生量.....	4-20
表 5.2-1	ケース1における施設規模.....	5-9
表 5.2-2	ケース2における施設規模.....	5-9
表 5.2-3	ケース3における施設規模.....	5-10
表 5.2-4	ケース4における施設規模.....	5-10
表 5.2-5	ケース1における建設費及び維持管理費.....	5-11
表 5.2-6	ケース2における建設費及び維持管理費.....	5-11
表 5.2-7	ケース3における建設費及び維持管理費.....	5-11
表 5.2-8	ケース4における建設費及び維持管理費.....	5-12
表 5.3-1	検討ケースにおける適用セクター・サブセクター.....	5-13
表 5.3-2	ベースライン排出量算定式（中間処理）の出入力項目.....	5-14
表 5.3-3	プロジェクト排出量算定式（中間処理）の出入力項目.....	5-14
表 5.3-4	ベースライン排出量算定式（埋立処分）の出入力項目.....	5-15
表 5.3-5	プロジェクト排出量算定式（埋立処分）の出入力項目.....	5-15

表 5.3-6	GHG 排出削減量 (t-CO <sub>2</sub> /年)	5-16
表 5.3-7	各ケースにおける廃棄物埋立量	5-16
表 5.3-8	各ケースにおけるその他の環境影響	5-17
表 5.4-1	ケース 1~4 における社会的受容性の比較	5-20
表 6.1-1	各処理方式の再先生評価に適用する共通の前提条件	6-1
表 6.1-2	事業収支のシミュレーション (その 1) 条件	6-2
表 6.1-3	事業シミュレーション (その 1) の算出結果	6-2
表 6.1-4	事業収支のシミュレーション (その 2) 条件	6-3
表 6.1-5	事業シミュレーション (その 2) の算出結果	6-3
表 6.1-6	事業収支のシミュレーション (その 3) 条件	6-4
表 6.1-7	事業シミュレーション (その 3) の算出結果	6-4
表 6.1-8	事業収支のシミュレーション (その 4) 条件	6-5
表 6.1-9	事業シミュレーション (その 4) の算出結果	6-5
表 6.1-10	ごみ処理手数料に基づく事業化の前提条件と評価結果	6-5
表 6.2-1	ミャンマー国の強み、制約、機会及びリスク	6-7
表 6.2-2	清掃局 (PCCD) による都市廃棄物処理サービス収支の推移 (百万 MMK)	6-8
表 6.2-3	アジア各国・都市における焼却発電施設の導入状況	6-9
表 6.2-4	各主体の必要アクションと 2 年次調査内容 (案)	6-11
表 7-1	合同ワークショップ概要	7-1

## 図 目次

図 1.3-1	共同事業実施主体の構成と役割分担.....	1-3
図 2.1-1	ミャンマー国全図.....	2-1
図 2.1-2	セクター別 GDP 割合(2011 年).....	2-2
図 2.2-1	ヤンゴン管区およびヤンゴン市地図.....	2-4
図 2.2-2	ヤンゴンの平均気温および降水量.....	2-5
図 2.2-3	ヤンゴン市の人口・面積推移.....	2-6
図 3.2-1	環境保護森林省組織図.....	3-7
図 3.2-2	ヤンゴン市及びヤンゴン市開発委員会組織図.....	3-8
図 3.2-3	ヤンゴン市汚染管理・清掃局組織図.....	3-9
図 3.2-4	ヤンゴン市清掃地区の区分.....	3-10
図 3.2-5	PCCD 関連収入及び支出.....	3-11
図 3.2-6	電力省組織図.....	3-12
図 3.2-7	ヤンゴン配電公社組織図.....	3-13
図 3.2-8	投資企業管理総局組織図.....	3-14
図 3.3-1	ヤンゴン市のごみ発生原単位の推移.....	3-15
図 3.3-2	家庭ごみ物理組成.....	3-15
図 3.3-3	収集形態別の廃棄物割合.....	3-16
図 3.3-4	ヤンゴン市の廃棄物の流れ.....	3-16
図 3.3-5	ヤンゴン市の廃棄物収集・運搬体制.....	3-17
図 3.3-6	ヤンゴン市の最終処分場位置図.....	3-19
図 3.3-7	ヤンゴン市内の資源回収割合.....	3-20
図 4.1-1	ヤンゴン市における一般廃棄物の収集区分.....	4-1
図 4.1-2	都市ごみ(ウェット・ドライ)の調査フロー.....	4-3
図 4.1-3	直接搬入・オンコールごみの調査フロー.....	4-4
図 4.2-1	湿潤ベースごみ物理組成(雨季).....	4-8
図 4.2-2	ウェット・ドライごみにおける分別適合・不適物の割合(雨季).....	4-9
図 4.2-3	乾燥ベースごみ物理組成(雨季).....	4-9
図 4.2-4	単位容積重量調査結果(雨季).....	4-10
図 4.2-5	ごみの三成分(雨季).....	4-10
図 4.3-1	湿潤ベースごみ物理組成(乾季).....	4-12
図 4.3-2	ウェット・ドライごみにおける分別適合・不適物の割合(乾季).....	4-13
図 4.3-3	乾燥ベースごみ物理組成(乾季).....	4-13
図 4.3-4	単位容積重量調査結果(乾季).....	4-14
図 4.3-5	ごみの三成分(乾季).....	4-14
図 4.4-1	湿潤ベースごみ物理組成.....	4-16
図 4.4-2	湿潤ベースごみ物理組成(雨季・乾季平均).....	4-17
図 4.4-3	ごみの三成分分析結果.....	4-18

図 5.1-1	ごみ焼却発電の処理フロー.....	5-1
図 5.1-2	バイオガス化の処理フロー.....	5-2
図 5.1-3	堆肥化の処理フロー.....	5-3
図 5.1-4	埋立処分場の方式.....	5-3
図 5.1-5	全量焼却発電の処理フロー（ケース 1）.....	5-4
図 5.1-6	焼却発電＋バイオガス化の処理フロー（ケース 2）.....	5-4
図 5.1-7	焼却発電＋堆肥化の処理フロー（ケース 3）.....	5-5
図 5.1-8	全量衛生埋立処理の処理フロー（ケース 4）.....	5-5
図 5.2-1	Htain Bin 最終処分場に搬入される廃棄物の割合.....	5-8
図 5.2-2	ケース 1 におけるマテリアルフロー.....	5-8
図 5.2-3	ケース 2 におけるマテリアルフロー.....	5-9
図 5.2-4	ケース 3 におけるマテリアルフロー.....	5-10
図 5.2-5	ケース 4 におけるマテリアルフロー.....	5-10
図 5.2-6	円貨コスト試算結果（ケース 1～4）.....	5-12
図 6.2-1	日本の一人当たり名目 GDP の推移と主要アジア・南米各国の比較.....	6-10
図 7-1	合同ワークショップの状況.....	7-2

# 第1章 調査概要

## 1.1 調査の背景と目的

現在、アジアを中心とした途上国では、急速な経済発展に反して廃棄物の適正処理が追いつかず、環境汚染が懸念される状況にあり、一部の途上国において不適切な廃棄物処理が行われている例が報告されている。一方で、我が国は、これまで廃棄物処理、リサイクルに係る時代の要請に応じて静脈産業、技術を向上させてきており、その結果として我が国静脈産業は環境保全及び循環資源において先進的な技術を有している。

こうした先進的な我が国静脈産業を、特に廃棄物の急増が予測される地域を中心に海外展開し、世界規模で環境負荷の低減を実現するとともに、我が国経済の活性化につなげる必要がある。

ミャンマー国ヤンゴン市では、約 1,700 t/day の都市ごみが発生しており、人口及びごみ発生原単位の増加により今後ごみ発生量は増加すると考えられる。同市で発生した都市ごみは、中間処理もほぼ実施されておらず、最終処分場へ直接埋立されている。また、最終処分場では覆土、浸出水の回収・処理、埋立ガスの回収等の環境対策は実施されておらず、最終処分場への環境汚染が深刻な問題となっており、廃棄物の適正処理が緊喫な課題である。また同市では、人口増加・都市化により電力需給がひっ迫しており、電力不足が深刻な問題となっている。

本調査では、このようなヤンゴン市の状況を踏まえ、ミャンマー国政府が目指す循環型社会の形成を支援するため、衛生的でごみの減容効果も大きく、電力不足の改善にも貢献可能な再生可能エネルギー発電プラント（WTE プラント）を始めとした廃棄物中間処理施設の導入の検討を行うこと、並びに、循環型社会に到達する道筋の提言を行うことの2つを目的とするものである。

## 1.2 調査内容

### 1.2.1 対象地域における廃棄物管理に係る基礎情報収集

既存資料調査及び関係機関へのヒアリング調査により、対象地域における以下の基礎情報を収集した。

- ア 社会経済概況
- イ 廃棄物関連法制度・政策・計画
- ウ プロジェクトファイナンス組成に関わる制度
- エ 廃棄物処理の現況
- オ 廃棄物管理担当機関の組織体制

### 1.2.2 ごみ組成調査・ごみ質分析

廃棄物処理方式検討、並びに、廃棄物発電事業の実施可能性検討を実施する上で必要となるごみ組成及びごみ質を、雨季及び乾季にそれぞれ調査・分析した。

### 1.2.3 廃棄物処理方式の概略検討

想定される対象廃棄物の処理方式（焼却発電、バイオガス化、堆肥化、衛生埋立の組み合わせ）を選定し、入手可能な既存情報に基づき、各処理方式について概算コスト、環境負荷、社会的受容性について以下の要領で概略評価し、比較検討を行った。

- 概算コスト：日本における各処理方式の概算コストを文献調査により把握し、購買力平価を用いてミャンマー国における概算コストに換算した。
- 環境負荷：温室効果ガス排出量については、各処理方式の導入により期待される GHG 削減効果を気候変動枠組条約（UNFCCC）の承認算定方法に準拠し定量的に評価した。廃棄物埋め立て量については、各処理方式における廃棄物埋立量を定量的に把握した。また、その他の環境負荷についても定性的に評価した。
- 社会的受容性：各処理方式の導入の際に考えられる社会的受容性（排出源での分別、ウェストピッカーの生計への影響、安定的電力供給への貢献、等）について定性的に評価した。

### 1.2.4 事業化・資金調達に係る予備的検討

廃棄物処理方式の概略検討を踏まえ、各処理方式を導入した場合の事業採算性を予備的に検討した。また、純現在価値、内部収益率等の財務指標に基づき、各処理方式を事業化するために必要となる条件を整理した。

これらの検討結果を踏まえ、ヤンゴン市における循環型社会形成推進と廃棄物発電事業の実現のための方策を検討し、今後の事業展開について整理した。

### 1.2.5 関係者合同ワークショップ

本調査の1年次の成果を共有するため、ヤンゴン市と環境省主催の関係者合同ワークショップを現地で開催した。

## 1.3 調査体制

本調査は、JFE エンジニアリング株式会社を主幹会社とし、日本工営株式会社及び株式会社コーエイ総合研究所を構成会社とする、3社の共同事業実施体により実施した。

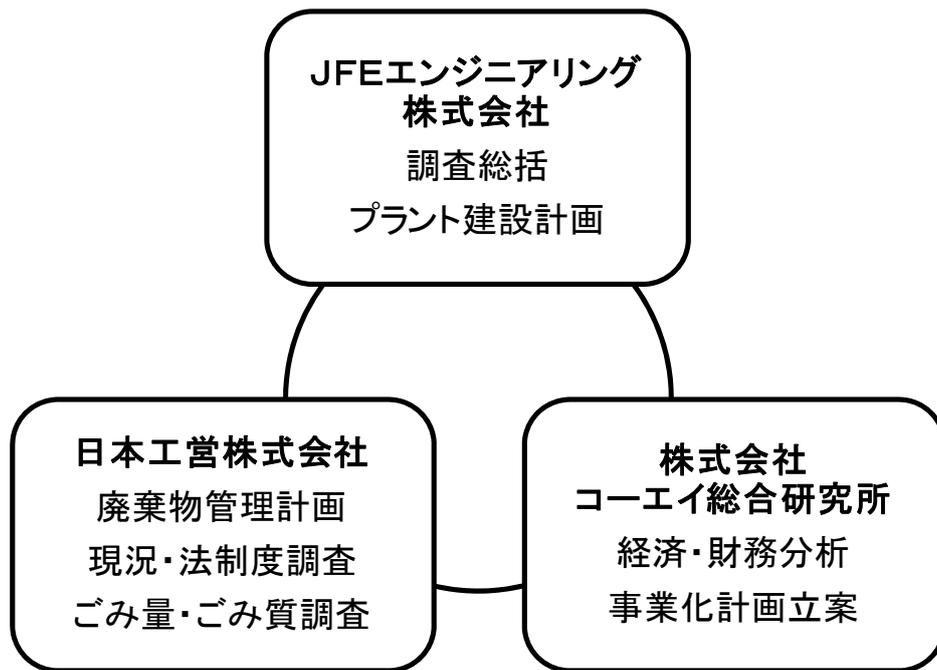


図 1.3-1 共同事業実施主体の構成と役割分担

## 1.4 調査行程

本調査は、表 1.4-1 に示す工程で実施した。



## 第2章 対象地域の社会経済状況

### 2.1 ミャンマー国の概要

#### 2.1.1 地理・気候

ミャンマー国（正式名称：ミャンマー連邦共和国 Republic of the Union of Myanmar）は北緯 22°、東経 98°に位置し、国境をバングラデシュ、インド、中国、ラオス、タイに接する。面積は日本の約 1.8 倍にあたる 68 万 km<sup>2</sup>であり<sup>1</sup>、東南アジアで最も面積が広い（図 2.1-1）。

ミャンマーは地形的には北部・西部の山地、東部の高原（シャン高原）、中部の盆地、海岸地域の 5 つに区分することができる<sup>2</sup>。高度は海拔 0 m のアンダマン海から 5,881 m の Hkakabo Razi 山まで多様である<sup>3</sup>。

気候は熱帯モンスーン気候に属し、雨季（7 月から 9 月頃）には南西からのモンスーンが吹き、高温・高湿で降雨量が多い。一方、冬季（12 月から 4 月頃）には北東からのモンスーンが吹き、温暖な気候となり、湿度は低く降雨量は少ない<sup>3</sup>。年平均降雨量は 2,341 mm であるが、海岸沿いでは 4,000～6,000 mm にも及ぶのに対し、山地部では 500～1,000 mm 程度である<sup>4</sup>。地震、サイクロンなどの自然災害に見舞われることが多く、特に雨季には洪水や地滑りが頻発する<sup>3</sup>。



図 2.1-1 ミャンマー国全図

出典：CIA

#### 2.1.2 人口・社会

ミャンマーの人口は 6,242 万人（2011 年、IMF 推定値）であり<sup>1</sup>、人口増加率は 1.07%（2012 年）と推計されている<sup>3</sup>。全人口のうち約 7 割をビルマ族が占め、ほかに多数の少数民族が存在する。宗教は仏教（89.4%）をはじめ、キリスト教、イスラム教、ヒンドゥー教（0.5%）などがある。言語はミャンマー語をはじめ、シャン語、カレン語、英語など多様である<sup>2</sup>。全人口のうち経済活動人口は全人口の 58%であり、そのうち 67%が農業セクターに従事している<sup>4</sup>。なお、貧困率は約 32.7%（2007 年）と推計されている<sup>3</sup>。

ミャンマーの都市人口は全人口の 34%（2010 年）であり、年平均都市化率は 2.9%（2010～15 年）に上る。全世界における平均都市化率は 2008 年に 50%を超えており、今後の経済発展によりさらなる都市化の進展が見込まれる。主要都市は旧首都であるヤンゴン（人口 426 万人）、マンデレー（101 万人）、および 2005 年から首都機能が移転されたネーピードー（99 万人）である<sup>3</sup>。一般にミャンマーは北部の上ミャンマーと南部の下ミャンマーに区別されることが多く、下ミャンマーの中心都市がヤンゴン、上ミャンマーがマンデレーと位置付けられる。

<sup>1</sup> 外務省 各国・地域情勢（2012 年 8 月現在）

<sup>2</sup> FAO Aquastat [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries\\_regions/myanmar/index.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/myanmar/index.stm)

<sup>3</sup> CIA World Factbook <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>

### 2.1.3 経済

ミャンマーの名目 GDP は約 502 億ドル（2011 年度）、一人当たりでは 702 ドル（2010 年度）である。経済成長率は 5.5%、物価上昇率は 6.7%、失業率は 4.0%（2011 年度）である（IMF 推計値）。

主要産業は農業であり、GDP のセクター別割合で見ると農業 38.2%、工業 18.2%、サービス業 43.6%（2011 年）となっている（図 2.1-2）<sup>3</sup>。2009 年現在、国土の 18%にあたる 1214 万 ha が耕作地となっており、耕作地は Ayeyarwady 川流域に集中している<sup>4</sup>。ミャンマーは天然資源に恵まれており、主要輸出品目は天然ガス、豆類、宝石（ひすい）、チーク・木材であり、中国、タイ、インド、香港、シンガポール、日本などに輸出されている（2010 年度）。一方、主要輸入品目は石油、機械部品、パームオイル、織物、金属・工業製品であり、中国、シンガポール、タイ、日本、インドネシア、インドなどから輸入している（2010 年度）。

なお、対日貿易額は輸出 238 億円（衣類、海産物、履物など）、輸入 363 億円（自動車、機械類など）であり、日本からの直接投資額は 1988 年から 2011 年 10 月末までの累計で 2 億 1200 万ドルに上る<sup>1</sup>。

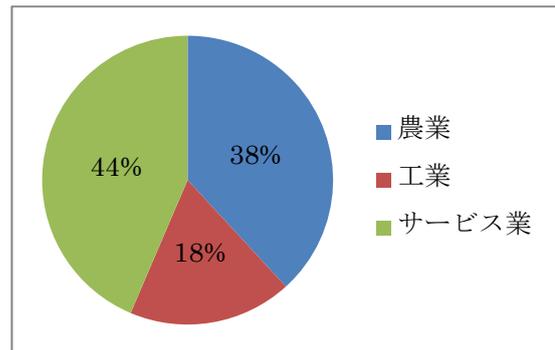


図 2.1-1 セクター別 GDP 割合 (2011 年)

出典：CIA World Factbook

### 2.1.4 政治・二国間関係

第二次世界大戦後のビルマ（当時）は、1962 年以来、農業を除く主要産業を国有化するなどの社会主義経済政策を推進したが、外貨準備の枯渇、生産の停滞、対外債務の累積などにより深刻な経済問題に直面した。このため 1987 年 12 月には、国連より後発開発途上国（LLDC）の認定を受けるに至った。1988 年 9 月の国軍による政権掌握、2003 年 5 月のスー・チー女史の拘束事件をはじめとした民主化・人権状況への懸念から、欧米諸国による経済制裁が行われ、我が国でも新規の経済協力案件を基本的に見合わせ、人道的な案件等のみにより絞込み対応をとってきた。

その後、2010 年 11 月の総選挙実施、スー・チー女史の自宅軟禁措置解除、さらには 2011 年 3 月の民政移管など、民主化の進展がみられたことから、国際関係にも改善の兆しがみられ、米国や EU は経済制裁の一部・段階的な解除を表明した。我が国は 2011 年 6 月、ミャンマーに対する経済協力のうち民衆に直接裨益する基礎生活分野の案件を中心にケース・バイ・ケースで検討の上実施することとし、さらに 2012 年 4 月には円借款の再開を表明した。新政権は外国からの投資受け入れに積極的な姿勢を見せており、今後は外国企業の進出とさらなる経済成長が見込まれている。

なお、2010 年度の日本の援助実績は有償資金協力 0 円、無償資金協力 13.51 億円、技術協力 17.42 億円であり、「国民の生活向上のための支援（少数民族や貧困層支援、農業開発、地域開発を含む）」「経済・社会を支える人材の能力向上や制度の整備のための支援（民主化推進のための支援を含む）」「持続的経済成長のために必要なインフラや制度の整備等の支援」が経済協力の方針とされている。

## 2.1.5 行政区画

ミャンマーの行政区画は Chin、Kachin、Kayah、Kayin、Mon、Rakhine、Shan の 7 つの州(Pyine または State)および Ayeyarwady、Bago、Magway、Mandalay、Sagaing、Tanintharyi、Yangon の 7 つの管区 (Taing または Division、Region) から構成される<sup>3</sup>。ヤンゴン市は、このうち Yangon 管区に位置する。新首都であるネーピードーは Mandalay 管区に位置している。

表 2.1-1 ミャンマー国の概要

項目	概要
<b>一般<sup>1</sup></b>	
面積	68 万平方キロメートル (日本の約 1.8 倍)
人口	6,242 万人 (2011 年, IMF 推定値)
首都	ネーピードー
<b>社会</b>	
民族	ビルマ族 (約 70%)、その他多くの少数民族 <sup>1</sup>
言語	ミャンマー語、シャン語、カレン語、英語 <sup>4</sup>
宗教	仏教 (89.4%)、キリスト教 (4.9%)、イスラム教 (3.9%)、ヒンドゥー教 (0.5%) など <sup>4</sup>
識字率	89.7 % (15 歳以上、2003 年、HDR <sup>5</sup> )
出生時平均余命	60.2 歳 (2003 年、HDR <sup>5</sup> )
乳幼児死亡率	105 人 (5 歳以下 1000 人あたり、2003 年、WHO <sup>5</sup> )
人間開発指数(HDI)	0.578 (2003 年、HDR <sup>5</sup> )、177 カ国中 129 位 (2005 年、HDR <sup>5</sup> )
<b>経済</b>	
主要産業	農業 <sup>1</sup>
名目 GDP	約 502 億ドル (2011 年度, IMF 推定) <sup>1</sup>
一人当たり GDP	702 ドル (2010 年度, IMF 推定) <sup>1</sup>
経済成長率	5.5% (2011 年度, IMF 推計) <sup>1</sup>
物価上昇率	6.7% (2011 年度, IMF 推計) <sup>1</sup>
失業率	4.0% (2011 年度, IMF 推計) <sup>1</sup>
総貿易額	輸出: 約 81 億ドル 輸入: 約 77 億ドル (2010 年度 (予測)) <sup>1</sup>
対日総貿易額	輸出: 238 億円 (衣類、海産物、履物など) 輸入: 363 億円 (自動車、機械類など) <sup>1</sup>
直接投資受入額	合計: 46 億ドル 対日: 212 百万ドル (1988 年以降 2011 年 10 月末までの累計) <sup>4</sup>
通貨	チャット (Kyat) <sup>1</sup>
為替レート	米ドル実勢レート (1 ドル=884 チャット、2013 年 3 月現在) <sup>6</sup>
<b>政治</b>	
政体	大統領制, 共和制 <sup>1</sup>
国家元首	テイン・セイン大統領 (2011 年 3 月 30 日就任・任期 5 年)
国会	二院制 (上院: 民族代表院, 下院: 国民代表院) <sup>1</sup>

<sup>4</sup> ジェトロ 海外ビジネス情報、<http://www.jetro.go.jp/world/asia/mm/>

<sup>5</sup> MYANMAR FACTS & FIGURES [http://www.unodc.org/pdf/myanmar/Myanmar\\_Facts\\_Figures.pdf](http://www.unodc.org/pdf/myanmar/Myanmar_Facts_Figures.pdf)

<sup>6</sup> <http://ja.exchange-rates.org/>

## 2.2 ヤンゴン市の概要

### 2.2.1 ヤンゴン管区、ヤンゴン市およびグレート・ヤンゴンの定義

ヤンゴン管区 (Yangon Region) はミャンマーの7つの行政管区のうちの一つである。北緯 16° 20' から 17° 50'、東経 95° 45'から 96° 46'に位置し、ヤンゴン川およびバゴ川の河口付近、アンダマン湾に接している<sup>7</sup>。管区の面積は 10,171 km<sup>2</sup>である<sup>8</sup>。

図 2.2-1 の通り、ヤンゴン管区には 45 のタウンシップ(Township)が存在する。そのうち、33 のタウンシップでヤンゴン市は構成され<sup>9</sup>、ヤンゴン川の河口から北へ約 34 km ほど内陸、ヤンゴン管区のほぼ中心部に位置する。



出典：調査団作図

図 2.2-1 ヤンゴン管区およびヤンゴン市地図

以上のヤンゴン管区およびヤンゴン市が行政区分を示すのに対し、グレート・ヤンゴン (Greater Yangon metropolitan area) はヤンゴン市 (33 タウンシップ) の外へと拡大する市街地を指す用語である。行政による明確な境界は設定されていない。

<sup>7</sup> Myanmar Online Data Information Network Solutions, 2002. [http://www.modins.net/myanmarinfo/state\\_division/](http://www.modins.net/myanmarinfo/state_division/)

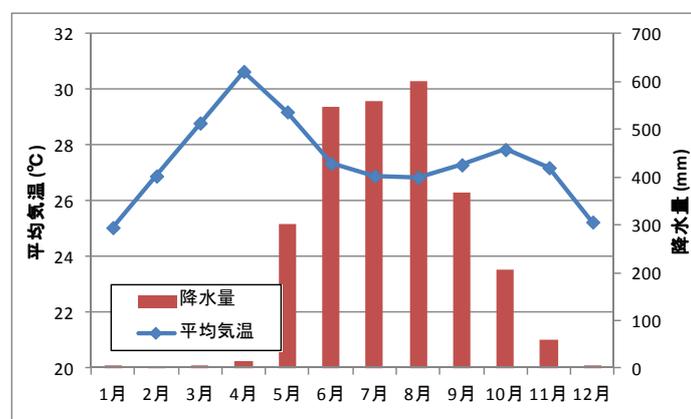
<sup>8</sup> United Nations, World Urbanization Prospects, the 2011 Revision [http://esa.un.org/unpd/wup/unup/index\\_panel3.html](http://esa.un.org/unpd/wup/unup/index_panel3.html)

<sup>9</sup> ZAW Myinmo, and Toshihiro KUDO, 2011. “A Study on Economic Corridors and Industrial Zones, Ports and Metropolitan and Alternative Roads in Myanmar.” In Intra- and Inner-City Connectivity in the Mekong Region, edited by Masami Ishida, BRC Research Report No.6, Bangkok Research Center, IDE-JETRO, Bangkok, Thailand. [http://www.ide.go.jp/English/Publish/Download/Brc/pdf/06\\_chapter5.pdf](http://www.ide.go.jp/English/Publish/Download/Brc/pdf/06_chapter5.pdf)

## 2.2.2 地理・気候

ヤンゴン市は、ヤンゴン川の河口から 34km ほど内陸に位置する。市の中央部には標高約 30 m を越える緩い丘陵地形があり、地勢としては北から南に向かって傾斜がある。また、ヤンゴン市には東側を流れる Bago River、西側を流れる Yangon River をはじめとする 5 つの河川とクリーク、カナル（小河川）が流れている。

ヤンゴン市の気候は、ミャンマー国に関する地理・気候について前述した通り、熱帯モンスーン気候に属する。年平均降水量は約 2,700 mm であり、雨季となる 5 月から 10 月にかけて降水量が多く、最も降水量の多い 8 月の平均降水量は約 600 mm に上る。一方、乾季となる 11～5 月にかけて降水量は減少し、最も降水量の少ない 1 月の平均降水量は約 5 mm である。年間平均気温は 27.4 °C であり、4 月が最も高温で平均気温 30.7 °C、冬季の 1 月では 25.1 °C である（図 2.2-2）<sup>10</sup>。



出典：World Climates

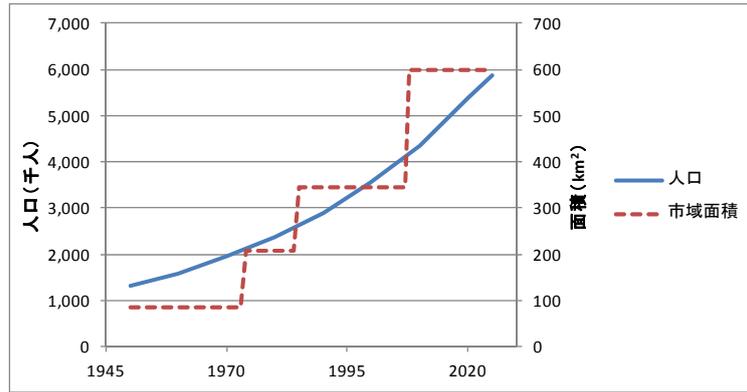
図 2.2-2 ヤンゴンの平均気温および降水量

## 2.2.3 人口

ヤンゴン管区の人口は 606 万人（2002 年）である<sup>8</sup>。一方、ヤンゴン市の人口は 1950 年には約 130 万人であったが、1970 年には約 195 万人、1990 年には約 290 万人を超え、2010 年には約 435 万人となったと推計されている。市域は段階を経て徐々に拡大されてきており、2008 年の市域拡大により約 599 km<sup>2</sup>となった。このデータによれば、2010 年の人口密度は約 7,300 人/km<sup>2</sup>と推計される（図 2.2-3）<sup>11</sup>。

<sup>10</sup> World Climates <http://www.world-climates.com/city-climate-yangon-myanmar-asia/>

<sup>11</sup> Indochinavisa – News <http://www.indochinavisa.com/news/170-yangon.html>



出典：Indochinavisa

図 2.2-3 ヤンゴン市の人口・面積推移

#### 2.2.4 経済

ヤンゴン市およびグレーター・ヤンゴンはミャンマー国の経済の中心地である。ヤンゴン市の域内総生産は 3 兆 8600 億チャット(Kyat)であり、国全体の 20.4%を占める<sup>9</sup>。ヤンゴン市には 14 以上の軽工業地帯が位置しており、約 4,300 件の工場で約 15 万人の直接雇用を生んでいる（2010 年前半）<sup>11</sup>。衣類縫製、靴製造をはじめとする多くの輸出指向型、労働集約的な工業がヤンゴン市に位置しており<sup>9</sup>、特に衣類産業の 2008 年度の輸出額は 2.9 億 US\$に達した。また、建設業も主要な産業の一つであり、2010 年 1 月時点で 334 件の高層ビルの建設が認可されている。観光業は主要な外貨獲得源となっているが、他の東南アジア諸国と比べて外国人観光客の数は少なく、2007 年のミャンマー反政府デモが発生する前であっても 250,000 人とどまっていた<sup>11</sup>。

このような工業の発展や人口増加に対し、ヤンゴン市では電力不足が深刻化している。2008 年にはヤンゴン市の 2,500 工場だけで 120 MW の電力需要が生じた。市全体でも需要 530 MW に対して供給は 250 MW にしか達していないため、慢性的に生じる停電が各種工場における日中の操業時間を短くする要因となっている<sup>11</sup>。

ヤンゴン市は様々な物品の取引・貿易の中心地であり、海運、空運の取扱量も多い。ヤンゴン市に位置するティラワ港が同国での最大の港であり、パイプラインによる天然ガスの輸出分を除き、同国の海外貿易の 9 割がヤンゴンで取り扱われている<sup>9</sup>。

#### 2.2.5 行政区画

ヤンゴン市は Yangon City Development Committee (YCDC)により管理され、Northern District、Eastern District、Western District、Southern District の 4 つの地区(district)に区分されている(図 2.3 (b))。これらの 4 地区には 33 のタウンシップ(township)が存在し、さらに 735 の行政区(ward)に区分されている。

表 2.2-1 ヤンゴン市の概要

項目	概要
<b>社会・一般</b>	
面積	599 km <sup>2</sup> (2008 年 <sup>11)</sup> )
人口	435 万人 (2010 年 <sup>11)</sup> )
平均人口増加率	2.0 % (2010 年 <sup>11)</sup> )
人口密度	7,300 人/km <sup>2</sup> (2010 年 <sup>11)</sup> )
民族構成	ビルマ族, カレン族, ラカイ族, 中華系, インド系等 (ヤンゴン管区 <sup>12)</sup> )
<b>自然<sup>10)</sup></b>	
気温	年間平均気温 : 27.4 (最高気温 32.3、最低気温 22.6 ) 雨季(8月) : 26.9°C 夏季(4月) : 30.7°C 冬季(1月) : 25.1°C
降水量	年間平均 : 約 2,700 mm 雨季(8月) : 約 600 mm 夏季(4月) : 約 15 mm 冬季(1月) : 約 0.2 mm
<b>経済</b>	
主要産業	衣類縫製, 靴製造
域内 GDP	3 兆 8600 億チャット(Kyat)、国全体 GDP の 20.4% (2009-2010 年 <sup>9)</sup> )
<b>行政</b>	
行政区分	4 地区(district), 33 タウンシップ(township), 735 行政区(ward)

<sup>12</sup> Book Rags - Yangon Division、<http://www.bookrags.com/research/yangon-division-ema-06/>

## 第3章 対象地域の廃棄物管理状況

### 3.1 廃棄物管理・焼却発電関連法制度

#### 3.1.1 ミャンマー国の廃棄物関連法制度

ミャンマー国の廃棄物関連法制度として、2012年3月30日に制定された「環境保護法 (Environmental Conservation Law) が挙げられる (表 3.1-1)。

本法では、環境保護森林省が廃棄物処理施設の設置を推進すること (第7条)、廃棄物管理に関する環境基準を制定すること (第10条)、廃棄物管理の実施を監視すること (第13条) 等が定められている。しかしながら、廃棄物管理に係る具体的な制度・政策・計画等は未だ制定されておらず、環境保護森林省は、環境保護法を具体化した下位法となる「環境保護規則 (Environmental Conservation Rules)」の立案を進めている。

本法では、環境保護森林省が廃棄物処理のための施設を整備および推進すること、有害廃棄物に係る基準を制定すること (第7条)、固体廃棄物に関する環境基準を制定すること (第10条)、都市における廃棄物管理に係る関係機関への助言を行うこと (第17条) 等が明文化された。また、事業者の義務として、環境汚染を生じない方法で廃棄物を処分すること (第15条)、経済特別区 (Special Economic Zone, SEZ) においては廃棄物管理に係るコストを負担すること (第16条) が定められた。

表 3.1-1 環境保護法の概要

章	内容
第1章 表題及び定義	用語の定義
第2章 目的	本法の目的として、環境保護に係る基本的な方針やガイドラインを定め、環境政策の実施を図ること等を規定
第3章 環境保護委員会	環境保護委員会の組織、権限を規定
第4章 環境保護森林省	環境保護に係る環境保護森林省の責務と権限を規定
第5章 緊急事態	措置がとられなければ公衆の安全、健康、環境または生態系に悪影響を及ぼす緊急事態について規定
第6章 環境基準	水、大気、騒音、振動、固体・液体廃棄物に関する環境基準を同省・委員会が定めることを規定
第7章 環境保護	同省・委員会は有害物質の使用・移動、廃棄物の排出等に関する命令を行い、排出者は環境基準に則った清掃・廃棄を行うことを義務化
第8章 都市環境管理	廃棄物管理を含む都市環境問題に関し、同委員会・省は関係機関に必要な助言を行うことを規定
第9章 天然資源・文化遺産保護	政府・同委員会の指示の下、関係機関は森林、土地、水、鉱物、農業、漁業、海洋資源、生物多様性の管理等を行い、同省は文化遺産保護に関する関係機関と連携することを規定
第10章 事前許可	環境に悪影響を及ぼす可能性のある事業に対し、連邦政府の承認の下、同省が事前許可の取得を要求し審査を行うことを規定
第11章 保険	事前許可を取得した事業者は環境に悪影響を及ぼす事故に対し、保険を付保する義務を規定
第12章 禁止事項	事前許可の取得が求められた事業地への立入・工事開始、指定された環境に悪影響を及ぼす製品・物質の輸送・販売を禁止
第13章 罰則	事前許可の取得が求められた事業を許可無く開始した場合、禁止物質の輸入・輸出・製造・所持・輸送に関する罰則を規定
第14章 その他	規則の執行等に関する規定

出典：環境保護法 (2012年) に基づき調査団作表

### 3.1.2 ヤンゴン市の廃棄物管理法制度

1990年に制定された「ヤンゴン市開発法 (The City of Yangon Development Law, The State Law and Order Restoration Council Law No. 11/90)」並びに1993年に制定された「開発委員会法 (Development Committees Law, The State Law and Order Restoration Council Law No. 5/93)」において、公衆衛生管理が市政府の責務であることが定められている。また1992年に制定された「ヤンゴン市条例 (The City of Yangon Municipal Act)」では、汚物、し尿、廃棄物の収集、処理、処分が市政府の責務とされ、廃棄物管理に係る基本的な事項が定められている。

廃棄物管理に関するより具体的な制度・規則を定めた条例として、1996年に制定された「清掃規則 (Cleaning Rules, Order No.3/96)」が挙げられる。本規則では、公共の場所への各種ごみの投棄を禁じ、指定された場所へのごみの排出が義務づけられた。また、1999年に制定された「ヤンゴン市汚染管理・清掃規則 (Pollution Control and Cleansing Rules, Order No.10/99)」(表 3.1-2)では、廃棄物の収集・運搬、処理・処分に係る市政府、事業者及び市民の責務と制約が規定されている。本規則では、固形廃棄物管理に加えて排水溝の清掃、公衆トイレの整備、公共墓地、ならびに水、大気、土壌などの各種典型公害の防止に関する事項が定められた。但し、本規則ではリサイクル(3R)の推進に関する言及は行われていない。

なお、ヤンゴン管区 (Yangon Region) レベルでは、廃棄物関連法制度は制定されていない。

表 3.1-2 ヤンゴン市汚染管理・清掃規則の概要

章	内容
第1章 表題及び定義	家庭系ごみ、剪定ごみ、工業廃棄物、建設廃棄物、商業廃棄物、医療廃棄物、動物死体等の定義
第2章 廃棄物の清掃	市政府の責務として収集ステーションの設置・管理、ごみ収集、処分場の整備、市民の責務として指定場所への排出等を規定
第3章 排水溝・道路清掃	市政府の責務として排水溝、道路の清掃等を規定
第4章 清掃・衛生手数料	市民は各種ごみの排出に際し、清掃手数料を支払う義務、および市政府による公衆トイレの整備等を規定
第5章 環境保全	市政府は関係政府機関と連携し、土壌、水、大気汚染、騒音防止、有害廃棄物管理を行う責務と権限等を規定
第6章 埋葬	市政府による墓地整備の責務等を規定
第7章 制限事項	路上等を含む指定場所以外へのごみの投棄等を禁止
第8章 その他	規則の執行等に関する規定

出典：ヤンゴン市汚染管理・清掃規則 (1999年) に基づき調査団作表

### 3.1.3 環境影響評価制度・環境基準

ミャンマー国においては、環境社会影響評価に関する具体的な制度や手続きは未整備であり、上述の環境保護法において基本的な方針が定められるにとどまっている。本法では、環境保護森林省の責務として、環境社会影響評価に係るシステムの制定および実施を行うこと (第7条)、同省が指定する事業種においては事業実施の事前許可を取得する必要があること (第21, 22条)、同省が事前許可の審査を行うこと (第23条)、必要に応じて同省または関係機関による検査を行うこと (第24条) 等が明文化された。さらに、事前許可の取得者が規則違反をした場合や事前許可の取得なしに事業を実施した場合には罰則が科されること (第25, 31条) が定められた。しかし、環境社会影響評価および事前許可の具体的な手続きは未確立であり、同省において立案中の環境保護規則においてより具体的な内容を定めるとしている。

また、環境保護森林省が水・大気・騒音・振動に係る環境基準や排ガス・排水基準等を規定すること（第10条）が明文化されたが、これらの環境基準類も未だ定められていない。

### 3.1.4 PPP 及び外国投資関連制度

#### (1) 外国投資法（1998年）の概要

ミャンマー国の外国投資に関わる法制度として、1998年に制定された外国投資法(Foreign Investment Law, Procedures and Type of Economic Activities Allowed for Foreign Investment)が挙げられる。外国投資法（1998年）の概要を表3.1-3に示す。

表 3.1-3 外国投資法（1998年）の概要

項目	概要
目的	外国資金を誘導し、輸出拡大、天然資源開発、技術移転、エネルギー管理、地域開発や雇用促進を行うことを目的とする。
投資形態	1. 外国企業提携会社、外国企業有限責任会社及び外国企業子会社 2. 天然資源開発における国営企業(SEE: State-owned Economic Enterprises)との生産物分与方式契約(Production Sharing Contract) 3. 提携会社あるいは有限責任会社と国内の個人、会社、協同組合、あるいは国営企業との合弁企業(JV)
投資許認可	外国投資はミャンマー投資委員会 (MIC: Myanmar Investment Commission) に申請をして許可を取る必要がある。
出資比率	・ 外資企業：外資 100% 可能 ・ 合弁企業：外資比率 35% 以上 ・ 国営企業との合弁企業：外資比率 50% まで
出資額	・ 製造業：US\$500,000 以上 ・ サービス業：US\$300,000 以上
会社設立関連法	・ Myanmar Companies Acts (1914)：民間企業が合弁相手の場合の基本法 ・ Myanmar Companies Rules (1940)：民間企業と国営企業の清算規定 ・ Special Company Act (1950)：国営企業が合弁相手の場合の基本法
推奨業種	A. 農業、畜産、漁業、林業、鉱業、主要産業*、建設業、運輸・通信、貿易、State-owned Economic Enterprises Law で規定している経済活動 B. 上記以外の投資計画は、MIC がケースバイケースに検討
制限業**	1. チーク材の伐採及びその販売・輸出事業 2. 森林保全管理事業（地域住民の消費燃料使用を除く） 3. 石油及び天然ガスの採掘・販売事業 4. 真珠、ヒスイ、宝石の採掘及び販売・輸出事業 5. 魚及びエビの養殖事業 6. 郵便及び通信事業 7. 航空及び鉄道事業 8. 銀行及び保険事業 9. 放送及びTV事業 10. 金属の採掘及び輸出事業 11. 発電事業（法律で認可された民間企業及び協同組合による発電事業を除く） 12. 治安及び国防上の関連製品製造事業

\* 食料品、繊維、個人消費財、家庭用品、皮革製品、輸送設備、建築資材、パルプ・紙、薬品、化学製品及び医薬品、鉄鋼、機械設備

\*\* 外国投資法の関連法である State-owned Economic Enterprises Law による制限業種（民間企業参入に制限を設けている）で、外国企業の参入にも適応される。

出典：国家計画経済開発省投資企業管理総局(DICA)HP、JETRO 情報、ヒアリング調査結果に基づき調査団作表

外国投資法（1998年）では、ほぼ全ての分野について外国企業の参入が認められている。一方、関連法である State-owned Economic Enterprises Law（国営企業法）により、発電事業は制限業種（民間の参入が制限される）とされるが、法律で認可された民間企業及び協同組合による発電事業は除外されている。また、本 F/S で検討対象とする焼却発電・バイオマスガス発電施設は、廃棄物処理を主目的とする施設であり、IPP 等による純粋な発電事業ではないことから、制限業種の適用対象にはならない可能性もある。

## (2) 改定外国投資法

ミャンマー国では 2011 年の民政移管・新政府発足以降、海外投資規制を緩和する方向で外国投資法の改定が検討されている。2012 年 9 月に改定法案が国会で承認されたものの、本法案は大統領により一旦差し戻され、最終的に 2012 年 11 月に国会で承認された。外国投資法の改定の要点は外国企業参入の出資規定が有利になったこと等である(表 3.1-4 参照)。

表 3.1-4 ミャンマー国改定外国投資法の出資規定

項目	従来法 (1988年制定)	9月に一旦可決した 改正法	2012年11月に可決 した改正法
外資の 出資比率	35～100%	35～100%、100%は投資委員会が認めれば可能	制約なし、100%は投資委員会が認めれば可能
規制分野	規定なし	農・畜産・水産業などは政府の許可が必要	同左
同分野の 出資比率	—	35～50%	明示せず (投資委員会が個別に判断)
最低資本金額	製造業 50 万ドル、サービス業 30 万ドル	投資委員会が個別に判断	同左

出所：日本経済新聞 電子版 2012年11月3日（表の一部修正）

## (3) 改定外国投資法施行細則

上記の改正外国投資法に基づき、ミャンマー投資委員会（MIC）は、2013年1月に改定外国投資法の施行細則となる通達 No.1/2013 を発表し、外国投資が禁止される 21 分野、外国企業がミャンマー企業との合弁のみによって認可される 42 分野、投資認可に当たって事業の所管省による意見書や連邦政府の承認などが求められる 115 分野、特定の条件下でのみ参入可能な 27 分野、そして、環境アセスメント（EIA）が認可の条件となる 34 分野を定めた。また、国家計画経済開発省（MNPED）も、外国投資の形態、申請・許可手続きなどに関する通達 No.11/2013 を発表した。

本事業に関連性の高い内容として、電力省所管の水力・石炭火力発電所による発電と売電の事業は、連邦政府の承認に加えて政府との BOT 方式（民間企業による建設・運営後に政府に移管する方式）による合弁（JV）形態のみが認可条件となることが規定された。但し、焼却発電を含む廃棄物処理事業に関しては、具体的な規定は定められていない。

## (4) PPP 制度

ミャンマー国では現時点で官民連携（PPP）関連法制度は存在しない。これまで外国資本による BOT スキームによる事業が行われてきたが、旧外国投資法（1998年）に準拠し実施されている。

BOT スキームによる事業では、先ず民間からの事業提案を MIC（ミャンマー投資委員会）に提出し、MIC の承認を得て事業実施が許可される。許可を受けた事業は、民間提案者と担当省間で覚書（MOU）を締結する。この間に公共入札や国際入札の手続きは取れておらず、BOT 事業の詳細は民間提案者との MOU や契約書類等に記載されることとなる。これらの文書は入手が困難であり、ミャンマー国における BOT 組成の詳細は不明である。

これまでのヒアリング情報から、ミャンマー国の BOT は、日本で見られるような BOT スキームとは異なるミャンマー特有の制度であると考えられ、留意が必要となる。更に、資金調達面から見た場合、ミャンマー国における BOT は、事業自体の信用力に基づくプロジェクトファイナンスというより、政府保証に基づく信用力に依存するコーポレートファイナンスに近い MOU になっている可能性も想定され、事業毎にケースバイケースの対応（仕組み）となっている模様である。

### 3.1.5 IPP 及び売電価格関連制度

ミャンマー国では独立系電力事業者（IPP）からの電力買取や売電価格の決定方法等に関する法制度は未だ整備されていない。2012 年 9 月現在、国内に電力系統（グリッド）への売電を行う IPP は操業しておらず、現時点で IPP としての発電及び売電を計画する事業者は、電力省に対してプロポーザルを提出し、買電契約（PPA）を締結しなくてはならない。売電価格は交渉ベースで決定され、あらかじめ定められた価格表は存在しない。

なお、電力省資料によると、ミャンマー国の既存発電所の平均発電コストは 26.79 Kyat/kWh であり、発電主体から送電主体への平均販売価格は 34.23 Kyat/kWh である。これに対して、電力需要者の電気料金は 35 Kyat/kWh（家庭）、75 Kyat/kWh（工業・商業）、12 Cent/kWh（外国人）と定められている。

## 3.2 廃棄物管理・焼却発電関連組織体制

### 3.2.1 廃棄物管理関連組織

#### (1) 環境保護森林省

##### 1) 職務・機能

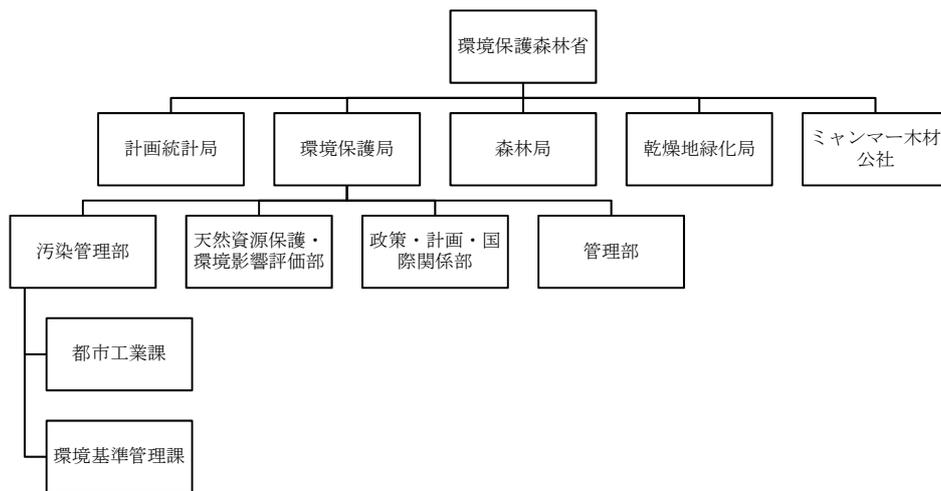
環境保護森林省（MOECF: Ministry of Environmental Conservation and Forestry）は、各省庁が個別に行っていた環境保護に関する施策を一元化するため、2011年9月に森林省（Ministry of Forestry）の機能を拡充する形で発足した。同省は2012年3月の環境保護法の施行により廃棄物管理に関する監督省庁となった。環境保護法（第7条）により定められている同省の所掌は次の通りである。

- ① 環境保護政策の実施
- ② 環境マネジメントに係る国家・地域計画の立案
- ③ 環境保護・強化および環境汚染の低減・管理のための計画・実施・モニタリング
- ④ 排気、排水、廃棄物、生産活動、プロセス、製品に関する環境基準の制定
- ⑤ 環境に関する法律・ガイドライン、環境影響を低減するための経済的インセンティブ・規則案の環境保護委員会への提出
- ⑥ 環境に関する紛争解決の推進、および必要に応じた仲介機関の設置
- ⑦ 工業・農業・鉱業・衛生処理等における生産活動、化学品・有害物質の使用に伴い排出される有害廃棄物に係る分類・基準の制定
- ⑧ 有害物質に関する分類・基準の制定
- ⑨ 固体廃棄物・排水・排気の処分のための施設整備およびその推進
- ⑩ 工業団地その他の場所・建物に関する排水基準、機械・自動車・装置に関する排気基準の制定
- ⑪ 環境に係る国際・地域・二国間の協定、文書、プログラムに関する交渉・連携・実施
- ⑫ 環境保護・環境改善のために政府により承認された国際・地域・二国間合意の実施
- ⑬ 環境社会影響評価に係るシステムの制定および実施
- ⑭ オゾン層、生物多様性、海岸環境の保護、気候変動の緩和・適応、砂漠化防止、化学物質の管理等のためのマネジメント・保護・強化に関する助言
- ⑮ 排出者による環境影響に対する補償、環境保全事業を実施している天然資源・自然環境システムの受益者による費用負担を実施させること
- ⑯ 政府により任命されたその他の環境保全に関わる機能・責務の実施

##### 2) 組織体制・職員数

環境保護森林省の組織図は図 3.2-1 に示すとおりである。職員数は計画統計局 156 名、環境保護局 403 名、森林局 約 15,000 名、乾燥地緑化局 約 3,000 名、ミャンマー木材公社 約 45,000 名であり、省全体では計約 63,500 名である。

なお、廃棄物管理の担当部局は環境保護局（Department of Environmental Conservation）傘下の汚染管理部（Pollution Control Division）都市工業課（Urban and Industry Section）であり、同課の職員数は約 20 名である。



出典：環境保護森林省ヒアリングに基づき調査団作図

図 3.2-1 環境保護森林省組織図

なお、環境保護森林省を含む環境関連の全ての機関は、環境保護委員会が策定する基本方針に基づいて行政事務を行うこととされている。環境保護法に定められた環境保護委員会の権限は次の通りである。

- ① 環境保護に係る組織的な教育・活動の実施
- ② 学校教育における環境保護に関する授業の導入・修正を行うための提案
- ③ 地域・海外機関からの寄付、援助、資機材、技術援助の受入、ならびに環境保護活動に必要なとなるそれらの資金、資機材、技術の管理および活用
- ④ 環境保護に係る関係機関に対する助言、推進
- ⑤ 環境保護・強化のために必要な提言・提案の関係機関に対する依頼
- ⑥ 環境被害が生じた際の関係機関に対する差し止め
- ⑦ 国家およびその他の環境政策の制定および実施

## (2) ヤンゴン市開発委員会

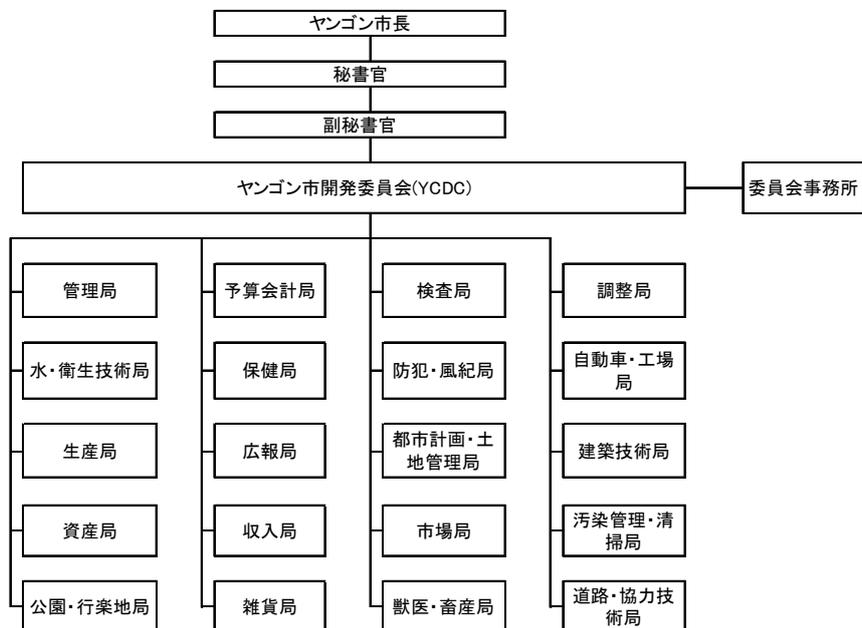
### 1) 職務・機能

ヤンゴン市開発委員会（YCDC: Yangon City Development Committee）は、上述のヤンゴン市開発法（1990年）に基づいて設置され、同市における都市開発の実施主体として、建物の建設・補修、道路・橋梁の建設と維持管理、土地管理、交通規制、公園建設と管理、上水道の建設と一時管理、市場の建設と運営等を担っている。

上述のヤンゴン市条例、ヤンゴン市開発法、開発委員会法等に基づき、YCDC はヤンゴン市における廃棄物管理（公衆衛生）の実施主体と定められている。

## 2) 組織体制・職員数

ヤンゴン市及び YCDC の組織図を図 3.2-2 に示す。市長 (City Mayor)、秘書官 (Secretary)、副秘書官 (Joint Secretary) の下に YCDC は位置づけられ、22 の部局と事務所等で構成されている。このうち、廃棄物管理を所轄するのは後述する汚染管理・清掃局である。



出典：YCDC 資料に基づき調査団作成

図 3.2-2 ヤンゴン市及びヤンゴン市開発委員会組織図

## (3) ヤンゴン市汚染管理・清掃局

### 1) 職務・機能

ヤンゴン市の廃棄物管理管轄部局は汚染管理・清掃局 (PCCD: Pollution Control and Cleansing Department) である。PCCD は下記の通り、廃棄物の収集運搬、処分場及び墓地の管理運営、リサイクル活動、並びに住民啓発活動を実施している。

#### 1. 清掃活動

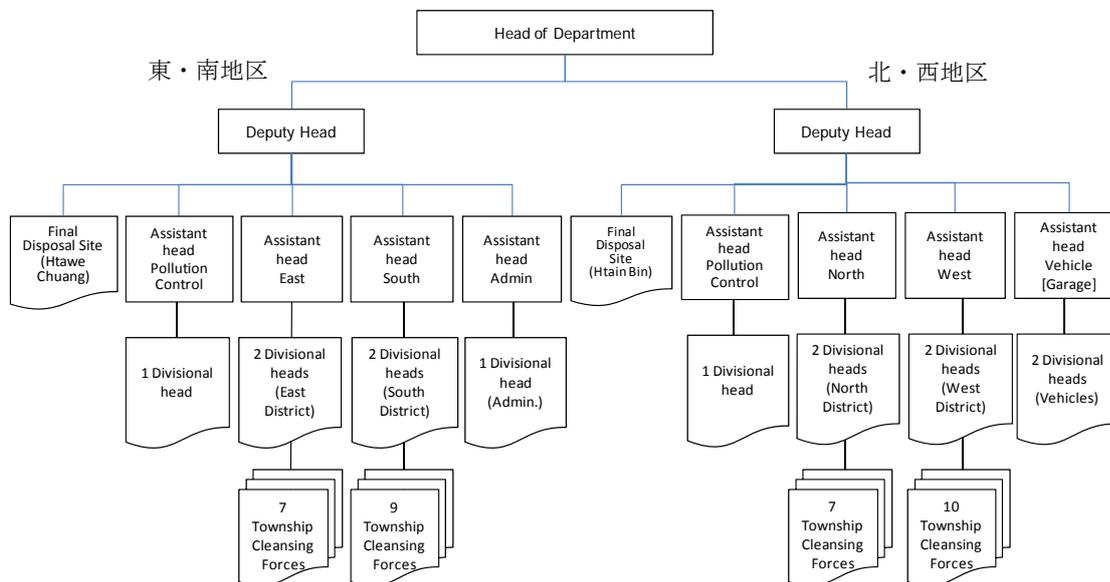
- ① 廃棄物の収集 (家庭、市場、商業、医療その他)
- ② 廃棄物の輸送
- ③ 最終処分場における処分

#### 2. 汚染管理

- ① 最終処分場の管理
- ② 公共墓地の管理
- ③ リサイクル活動
- ④ コンポスト化 (現在は実証実験を中止している)
- ⑤ 地域コミュニティおよび学校における啓蒙プログラム

## 2) 組織体制・職員数

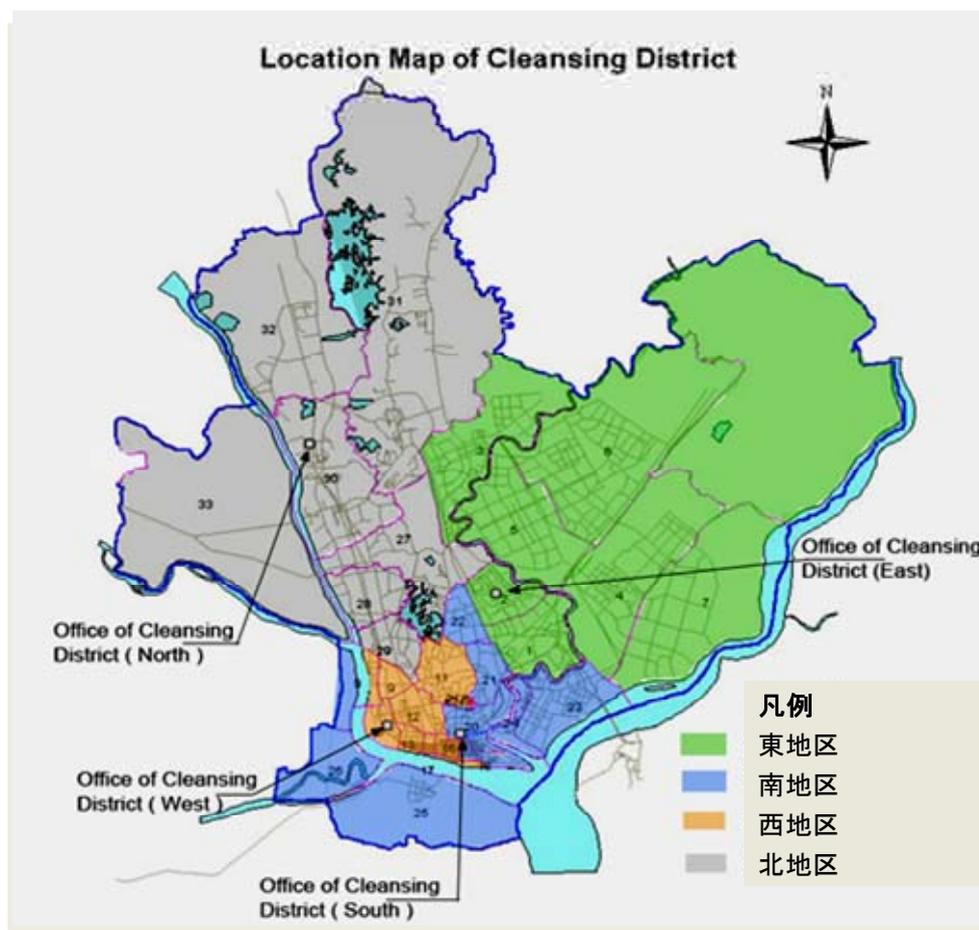
PCCD の組織図は図 3.2-3 に示すとおりである。局長に次いで東・南地区、北・西地区をそれぞれ担当する副局長が 2 名、その下に最終処分場、各地区、汚染管理、収集車管理等を行う部局が置かれている。職員数は約 4,600 人であり、うち約 3,000 人は収集作業員である。



出典：PCCD 資料

図 3.2-3 ヤンゴン市汚染管理・清掃局組織図

なお、PCCD の清掃地区は図 3.2-4 に示すとおり 4 地区（北・西・南・東）に区分されており、各地区に事務所が設けられている。



出典：PCCD 資料

図 3.2-4 ヤンゴン市清掃地区の区分

### 3) 車両・機材・施設

PCCD が保有する収集車両、機材、施設、並びに、処分場機材は、それぞれ表 3.2-1 及び表 3.2-2 に示すとおりである。

表 3.2-1 PCCD 保有収集車両・機材・施設

収集機材・施設	仕様	数量
手押し荷車	ベル収集	387 台
	道路清掃	699 台
ごみ容器	660L 容器	471 個
	240L 容器	1,425 個
鉄製コンテナ		15 個
集積場	レンガ製	558 施設
	竹製	251 施設
収集車両		299 台

出典：PCCD 資料

表 3.2-2 PCCD 保有処分場機材

処分場機材	Htein Bin 処分場	Htawe Chaung 処分場
ブルドーザー	2 台	1 台
バックホウ	1 台	1 台
トラクター	3 台	3 台

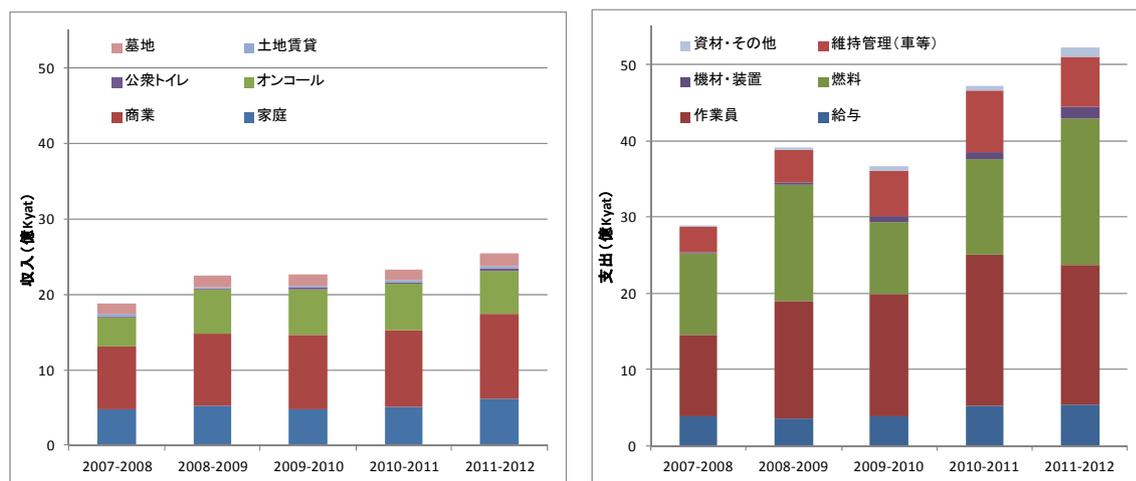
出典：PCCD 資料

#### 4) 財務状況

PCCD の収入・支出は図 3.2-5 に示すとおりである。2011 年度における PCCD の収入は約 25 億 Kyat、支出は約 52 億 Kyat であった。これはヤンゴン市政府 (YCDC) の同年度における歳入総額 (581 億 Kyat) の約 4%、歳出総額 (522 億 Kyat) の約 10%に相当する額である。

PCCD の収入は上下水道部門の収入とほぼ同規模であるが、図からも明らかな通り PCCD の支出額の半分もカバーできない状況である。このため PCCD はごみ料金徴収率の向上により収入増加を図ろうとしている。

ごみ処理手数料による収入は約 23 億 Kyat であり、年間廃棄物収集量 (1,550t/day×365 日) より廃棄物 1 トン当たり処理手数料は約 4,100 Kyat/t と算出される。



出典：PCCD 資料に基づき調査団作図

図 3.2-5 PCCD 関連収入及び支出

### 3.2.2 電力関連組織

#### (1) 電力省

##### 1) 職務・機能

電力省 (MOEP: Ministry of Electric Power) は、ミャンマー国の発電および送配電計画、水力・火力発電所の計画・建設・保守運営、送配電網の計画・整備・売電を一貫して所轄する。なお、ガス火力発電所の燃料はエネルギー省 (MOE: Ministry of Energy) が供給し、MOEP は MOE からガスを購入して発電を行っている。

## 2) 組織体制・職員数

従来、ミャンマー国の電力行政は主に水力発電所の計画、建設、運転保守を統括する第一電力省（Ministry of Electric Power No.1）と、火力発電所などの建設、運営および送配電を統括する第二電力省（Ministry of Electric Power No.2）で分掌されていた。2012年9月に両省が統合され電力省（MOEP: Ministry of Electric Power）となったが、現時点で局・公社以下の組織体制に大きな変更はみられない。電力省の組織図は図 3.2-6 に示すとおりであり、電力省全体での職員数は約 25,000 名である。



出典：電力省資料に基づき調査団作成

図 3.2-6 電力省組織図

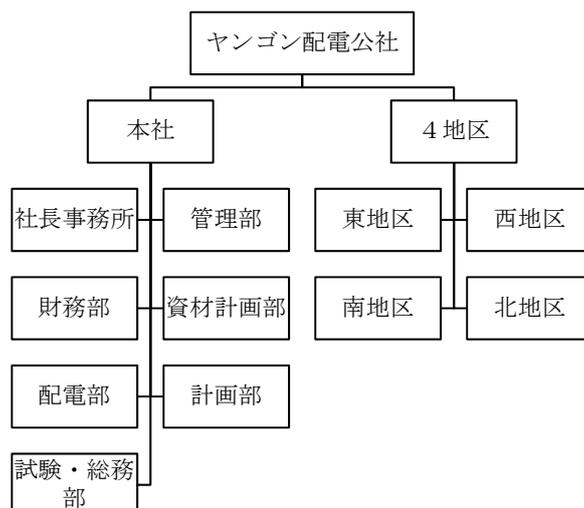
## (2) ヤンゴン配電公社

### 1) 職務・機能

ヤンゴン配電公社（YESB: Yangon Electricity Supply Board）は、ヤンゴン管区の電力配電の実施主体である。YESB はミャンマー電力公社（MEPE: Myanmar Electric Power Enterprise）から電力を購入し、消費者への配電・販売を行う。電力はヤンゴン管区にある 4 つのガス火力発電所および全国高圧送電線網（ナショナル・グリッド）から調達されている。ミャンマー国では最大 230 kV までの送電網が運用されているが、国が運営するのは 66 kV, 132 kV, 230 kV の高圧送電網のみであり、最終消費者向けの 230 V から 33 kV までの送配電網は YESB により運営されている。

### 2) 組織体制・職員数

YESB の組織図は図 3.2-7 に示すとおりである。YESB は電力省（旧第二電力省）傘下であり、本社部門と 4 つの地区を管轄する地区部門から構成されている。職員数は約 3,000 名である。



出典：ヤンゴン配電公社資料に基づき調査団作成

図 3.2-7 ヤンゴン配電公社組織図

### 3.2.3 政府開発援助・民間投資関連組織

#### (1) 国家計画・経済開発省

##### 1) 職務・機能

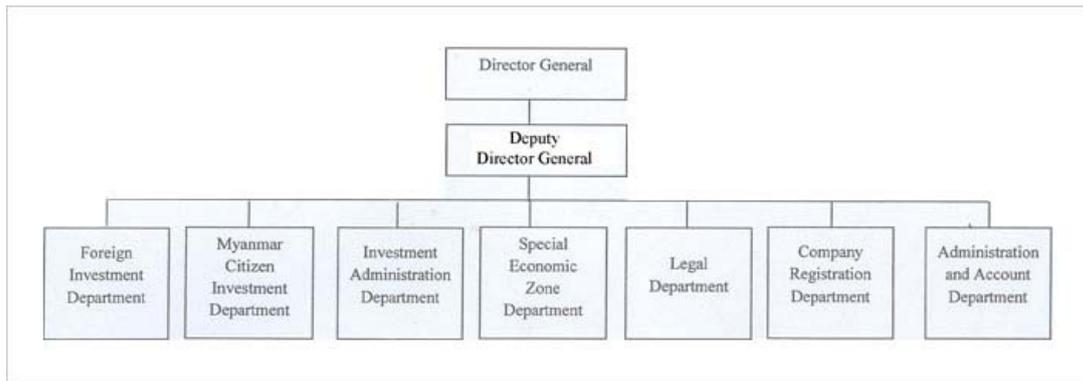
国家計画・経済開発省（MNPED: Ministry of National Planning and Economic Development）は、国家経済政策に基づく中長期及び年間計画の策定、市場経済に沿った貿易や投資活動の調査、人的開発や雇用機会の動向分析、社会経済データ管理及び、国連、国際機関、国際 NGO や域内機関との協力関係における調整、各省庁や民間の動向分析や、関連部局と民間企業及び投資家との調整業務など経済開発における国内及び対外的な調整等を行う。

##### 2) 組織体制・職員数

MNPED は 7 つの局<sup>1</sup>から構成され、そのうち海外経済関係局（FERD: Foreign Economic Relations Department）及び投資企業管理総局（DICA: Directorate of Investment and Companies Administration）が外国投資及び ODA 等の公的支援を担当している。

- ・ 海外経済関係局（FERD: Foreign Economic Relations Department）：FERD は 5 つの部署（二国間経済協力部、多国間経済協力部、国連機関部、法務部及び ASEAN 部）から構成され、MNPED で検討される ODA 等による経済・技術協力事業に関する他の主要省庁やドナーとの調整業務を担当している。FERD の職員数は 71 名である。
- ・ 投資企業管理総局（DICA: Directorate of Investment and Companies Administration）：DICA は図 3.2-8 に示す通り、7 つの部署（外国投資部、国内投資部、投資調整部、SEZ 部、法務部、会社登記部及び業務経理部）から構成され、その責務は国内及び海外からの投資促進、民間企業化の育成や域内及び国際経済協力への参与などである。

<sup>1</sup> MNPED の 7 部局：Planning Department, Directorate of Investment and Companies Administration, Protect Appraisal and Progress Reporting Department, Foreign Economic Relations Department, Central Statistical Organization, Central Equipment Statistics and Inspection Department and National Archives Department.



出所：MNPED ホームページ

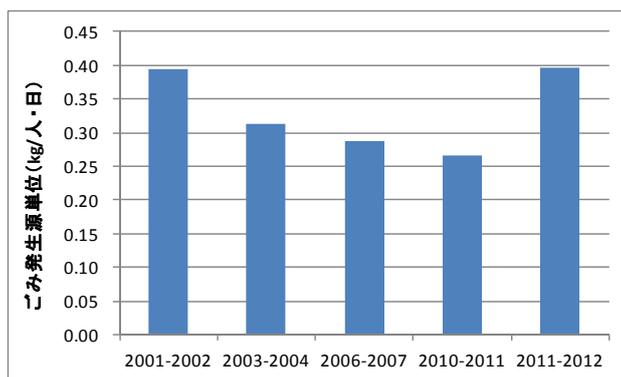
[https://www.mnped.gov.mm/index.php?option=com\\_content&view=article&id=7&Itemid=123&lang=en](https://www.mnped.gov.mm/index.php?option=com_content&view=article&id=7&Itemid=123&lang=en)

図 3.2-8 投資企業管理総局組織図

### 3.3 廃棄物管理の現況

#### 3.3.1 廃棄物発生量及び収集量

PCCD が数年毎に実施している調査によれば、ヤンゴン市内におけるごみ発生原単位の推移は図 3.3-1 に示すとおりである。2011 年度の一人当たりごみ発生量は  $0.396 \text{ kg/day}^2$  であり、PCCD ではヤンゴン市の人口を約 426 万人と想定し、ごみ発生量を 1,690 t/day と推計している。また、PCCD の記録によると 2011 年度のごみ収集量は 1,550 t/day である。



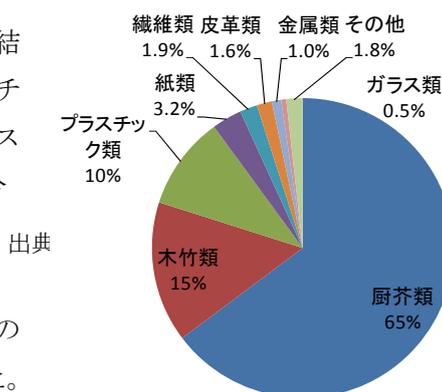
出典：PCCD 資料に基づき調査団作図

図 3.3-1 ヤンゴン市のごみ発生原単位の推移

図 3.3-1 に示すとおり PCCD による発生原単位調査の結果には変動が見られ、2010 年度には  $0.267 \text{ kg/capita/day}$  であった。他方、ヤンゴン市の人口についても複数の推計値が公表されており、ヤンゴン市の廃棄物発生量の正確な把握は十分に行われていないと言える。また、今後の人口増加や経済発展により廃棄物発生量が急激に増加することも想定される。

#### 3.3.2 廃棄物の種類及び組成

PCCD が 2012 年に実施した家庭ごみの物理組成調査結果を図 3.3-2 に示す。厨芥類 65%、木竹類 15%、プラスチック類 10%、紙類 3%、繊維類、皮革類、金属類、ガラス類がそれぞれ 0.5~2% 程度であり、厨芥類と木竹類を合わせた有機物割合は約 8 割となっている。



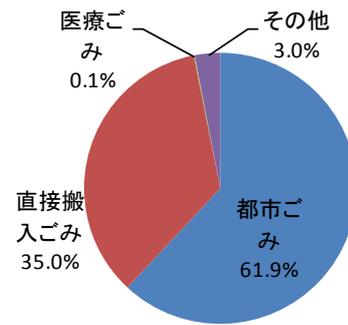
出典

出典：PCCD 資料に基づき調査団作図

図 3.3-2 家庭ごみ物理組成

<sup>2</sup>発生源で分別排出されている資源物は含まれていない。

また、収集形態毎の廃棄物量の割合は図 3.3-3 に示すとおりであり、都市ごみ（定期収集）が 62%、直接搬入ごみ（市場・商業ごみ）が 35%、医療系ごみ 0.1%、その他 3%となっている。



出典：PCCD 資料に基づき調査団作図

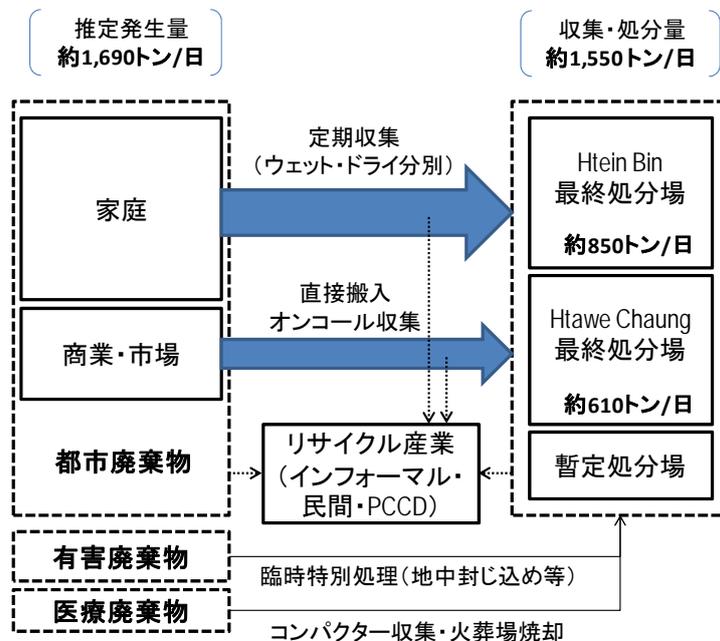
図 3.3-3 収集形態別の廃棄物割合

### 3.3.3 廃棄物フロー

ヤンゴン市の廃棄物の流れを図 3.3-4 に示す。市内の家庭、市場、商業施設等において発生した都市廃棄物は、PCCD による定期収集、PCCD によるオンコール収集、排出者による直接搬入のいずれかにより収集が行われている。また、2012 年 4 月より定期収集における「ウェット」「ドライ」の分別収集が導入されている。

収集された廃棄物は市内のタウンシップを 4 地区に分割し、東・南地区からのごみは Htawe Chaung 処分場へ、北・西地区からのごみは Htein Bin 処分場へそれぞれ搬入されている。また、南部・北部の一部のタウンシップでは適切な廃棄物運搬経路が整備されていないため、自区内の暫定処分場へ搬入し埋立処分されている。

ごみの排出・収集運搬過程ではインフォーマルセクター等による有価物回収が行われており、処分場では PCCD 及び民間企業が廃プラスチックの回収とリサイクルを実施している。また、医療系廃棄物や有害廃棄物については、PCCD により火葬場での焼却処理か地中への封じ込め処分が行われている。



出典：PCCD ヒアリングに基づき調査団作図

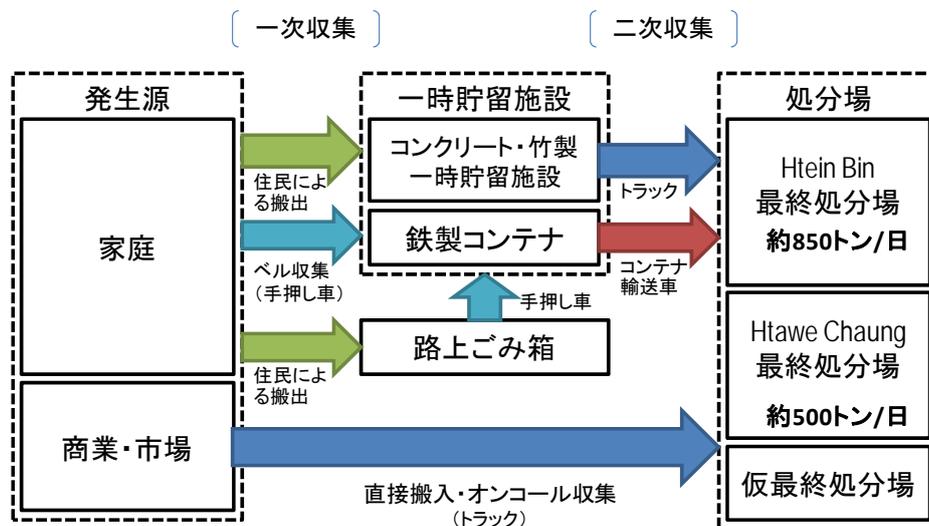
図 3.3-4 ヤンゴン市の廃棄物の流れ

### 3.3.4 収集・運搬

廃棄物の収集・運搬は PCCD 職員が実施しており、排出源から集積場・鉄製コンテナまでの一次収集と、これらの中継施設から処分場までの二次収集で構成されている（図 3.3-5）。

一次収集はベル収集、拠点回収、路上回収のいずれかによって行われる。ベル収集は住宅密集地において行われ、PCCD 作業員がベルを鳴らしながら家庭や事業所を直接訪問し、手押し車によりごみを回収する。ベル収集は毎日、午前 6 時から 11 時の間に行われる。ベル収集により回収されたごみは、人口密度に応じて設置されているコンクリートまたは竹製の一時貯留施設（Temporary Waste Tank）または鉄製コンテナに仮置きされる。拠点回収では、住民が直接、一時貯留施設または鉄製コンテナにごみを排出する。拠点へのごみ出しができるのは午後 6～11 時の間とされている。また、住民は路上に設置されているプラスチック製ごみ箱（容積 660L および 240L）への厨芥類のごみ出しを行うこともできる（午前 6～10 時）。ごみ箱に排出されたごみは、PCCD 作業員の手押し車により一時貯留施設または鉄製コンテナに運搬される。

二次収集は午後 6 時～午前 10 時の間に実施され、前述の一時貯留施設に仮置きされたごみを PCCD 作業員が手作業でトラックに積み替え、処分場まで運搬される。また、鉄製コンテナに集積されたごみは積み替えを必要とせず、コンテナ輸送車により直接、処分場に運搬される。以上の定期収集に加え、事業者等からの要請に応じ PCCD が直接廃棄物を収集するオンコール収集および事業者による処分場への直接搬入が行われている。



出典：PCCD ヒアリングに基づき調査団作成

図 3.3-5 ヤンゴン市の廃棄物収集・運搬体制

前述のとおり定期収集においては 2012 年 4 月以降、「ウェット」「ドライ」の分別回収が導入されている。排出者は分別を行った上で PCCD が指定するプラスチック袋を使用し、「ウェット」ごみは毎日、「ドライ」ごみは日曜日・水曜日に排出するよう指導されている。PCCD が定めるごみ分別区分の定義を表 3.3-1 に示す。ただし、現状では排出者の分別排出への協力は限定的であり、指定袋への他区分ごみの混入や指定袋を用いないごみ排出も多くみられる。

PCCD では将来的には分別された廃棄物のリサイクルを推進する意向であるが、現時点では「ウ

ェット」・「ドライ」ごみは同じトラックで処分場まで運搬され埋立処分されており、二次収集以降に分別区分ごとで特段異なる処理・処分は行われていない。

表 3.3-1 ヤンゴン市のごみ分別区分

分別区分	指定袋	収集日	定義
ウェットごみ	青	毎日	厨芥類、食品・花類の残渣
ドライごみ	緑	水曜日 日曜日	段ボール、陶磁器類、ガラス類、電球・蛍光灯、衣類、ケーブル類、プラスチック製品類、おもちゃ類等

出典：PCCD 資料に基づき調査団作成

### 3.3.5 処理・処分

ヤンゴン市内で排出されたごみは、PCCD が管理する最終処分場で直接埋立されている。2012年9月時点で供与されている最終処分場（FDS: Final Disposal Site）、並びに、暫定処分場（Temporal FDS）は表 3.3-2 の通りである。

市内のごみの処理は、主に北・西地区からのごみを搬入する Htein Bin 処分場と、東・南地区からのごみを搬入する Htawe Chaung 処分場で行われている。受入ごみ量はそれぞれ 847 t/day、612 t/day である。最終処分場への適切な運搬路が整備されていないため、北部、南部の一部のタウンシップでは暫定処分場における自区内処分を行っている。市内の暫定処分場は 4 カ所あり、処分場あたりの面積は 0.1～1 ha 程度である。ヤンゴン市における処分場は全て、遮水工や浸出水処理施設等を備えていないオープンダンプ型処分場であり、ごみの覆土も行われていない。また、既存処分場の拡大を含む 6 カ所の処分場候補地が選定されている（図 3.3-6）。

表 3.3-2 ヤンゴン市内最終処分場の概要

名称	種別	受入ごみ量 (t/day)	面積 (ha)	供用済面積 (ha)	供用開始年	閉鎖予定年
Htein Bin	処分場	847	61	28	2002	2021
Htwei Chaung	処分場	612	60	19	2004	2015
Dala	暫定	10	1	N/A	1950	N/A
Seikkyi Khanaung	暫定	5	0.1	N/A	1962	N/A
Minagalardon	暫定	25	1	N/A	2003	2012
Shwe Pyi Thar	暫定	50	1	N/A	1998	2015

出典：PCCD 資料に基づき調査団作成



出典：PCCD 資料を基に調査団作図

図 3.3-6 ヤンゴン市の最終処分場位置図

市内最大の処分場である Htein Bin 処分場では、土地面積 61 ha に対して供用済面積は 28 ha であり、面積割合で約 46%が供用済である。ごみの受入は 24 時間行っており、主に 15 のタウンシップと 2 つの市場から 1 日あたり延べ約 180 台の搬入が行われている。搬入時には、処分場入口の管理施設においてトラックの車両番号、積載量、タウンシップ名を記録する。埋め立ては約 63,600 m<sup>3</sup> の区画ごとに掘削された場所で行っており、既に掘削された 16 区画のうち、10 区画の埋め立てが終了している。しかし、場内道路の整備状況が悪く、雨季にはトラックが奥の区画まで入ることが出来ないため、雨季には区画外への埋め立ても行われている。他の処分場と同様、覆土、遮水工、浸出水処理施設等は備わっておらず、調査時には自然発火（オープンバーニング）も確認された。また、使用されている機材はブルドーザー 2 台、バックホウ 1 台、トラクター 3 台と限られている。

本処分場では、周辺部を含め約 100 ha の土地を YCDC が保有しており、保有地内において新たな埋立区画の掘削を計画中である。

### 3.3.6 リサイクル

#### (1) プラスチック・リサイクル

PCCD では 2005 年よりプラスチックのリサイクル施設を稼働している。リサイクル工程は、まず PCCD 作業員等が処分場において低密度ポリエチレン (LDPE) 製の指定ごみ袋を回収し、市内西地区に位置するリサイクルセンターにおいて洗浄、選別、破碎、天日乾燥を行う。その後、押出形成機を用いてペレット状とし染色した上で、ごみ容器及び分別用指定ごみ袋を製造している。以前は高密度ポリエチレン (HDPE) のリサイクルや各種ごみ容器、塩化ビニル配管などの製造も行っていたが、現在では 2012 年 4 月以降に導入された指定ごみ袋の製造が中心業務となっている。

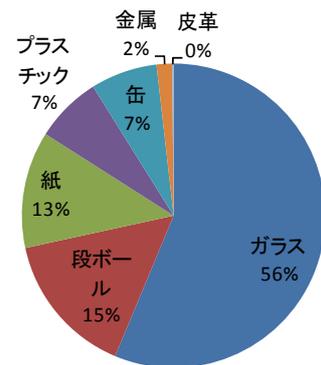
なお、2012 年からは YCDC とプラスチック産業の連携により民間業者 (1 社) が同様のリサイクル施設を稼働している。

#### (2) コンポスト化実証事業

PCCD では 2007 年よりコンポスト化施設の実証事業を実施し、製造された堆肥は 700 Kyat/kg で販売されていた。しかし、実証施設用地の譲渡、高い堆肥価格設定等の理由から 2007 年に実証事業は中止され、再開の見込みは立っていない。

#### (3) インフォーマルセクター・民間業者によるリサイクル

ヤンゴン市内ではインフォーマルセクターや民間業者による各種リサイクル資源の回収が行われている。資源の回収はごみの排出段階や収集段階に行われる他、最終処分場においては処分場あたり約 50 名のウェストピッカーが資源の回収を行っている。資源回収の対象となる品目はガラス、段ボール、紙、プラスチック、缶、金属などである。YCDC に登録されリサイクル資源の買取・販売を行う中間取引業者は市内に約 175 業者存在し、PCCD によれば市内の卸売市場において取引されるリサイクル資源量は約 85.8 t/day に上る。市内の卸売市場に販売された回収資源の重量ベース割合を図 3.3-7 に示す。



出典：PCCD 資料に基づき調査団作図

図 3.3-7 ヤンゴン市内の資源回収割合

### 3.3.7 手数料

YCDC では家庭や事業者から清掃手数料 (Cleansing Fee) を徴収している。清掃手数料は居住地区や事業種・規模により異なり、概要は表 3.3-3 に示すとおりである。

表 3.3-3 ヤンゴン市の清掃手数料体系

分類		ごみ処理手数料 (/世帯または施設・月)
家庭	CBD 地区	600 Kyat
	Sub-urban 地区	450 Kyat
	Satellite 地区	300 Kyat
事業所	事業所	500~400,000 Kyat
	ゲストハウス、モーテル	6,500~250,000 Kyat
	ホテル	10,000 Kyat 以上
	ホテル(外資系)	US\$67~300
	医療施設	1,200~19,500 Kyat

出典：PCCD 資料に基づき調査団作成

家庭では 3 ヶ月に 1 回、事業者では毎月、PCCD 職員が訪問し手数料を徴収している。PCCD によると、ヤンゴン市内の約 80 万世帯のうち手数料を支払っているのは約 20 万世帯であり（徴収率：約 20~30%）、手数料徴収率の向上が課題となっている。

また、PCCD は大規模事業所等からの要請に応じた廃棄物収集 (On-Call Collection) を実施しており、この場合の処理手数料は民間排出者に対しては 35,000 Kyat/t、政府系排出者に対しては 30,000 Kyat/t と設定されている。なお、排出者が直接搬入する場合は、はじめの 1t が 7,500 Kyat、追加 1t ごと 2,000 Kyat とされている<sup>3</sup>。

### 3.3.8 医療系・有害廃棄物

#### (1) 医療廃棄物

1997 年以降、ヤンゴン市内の医療施設から排出される医療系廃棄物は PCCD により収集・処分されている。収集はコンパクタートラック（圧縮収集車）により行われ、可燃性のものについては Htein Bin 処分場に隣接する Htein Bin 墓地内の火葬炉で焼却し、焼却灰は処分場で埋め立てられている。火葬炉はバッチ式であり、低品位油を燃料とし 1 回あたり 30 袋を 45 分間焼却する。焼却炉は火葬用のものを含めて 1 基あたり 3 炉構成の施設 4 基が設置されており、排ガス処理設備は導入されていない。なお、不燃性のものについては、薬剤による滅菌処理をした上で、地中封じ込め処分を行っている。

#### (2) 有害廃棄物

PCCD では期限切れ医薬品、塗料、水銀などの有害廃棄物の地中封じ込め処分を実施している。処分方法は、円柱型のコンクリートブロックを地中 3~4 m に埋め込み、内部に有害廃棄物を投棄し、入り口を固定して封じ込めるものである。PCCD によれば、2010~2012 年度には期限切れ医薬品 33.6 t、塗料 2.2 t、硫黄 150 t 等が処分された。

<sup>3</sup> 処分場にトラックスケールは設置されていないため、ごみ重量は目測で推定している。

## 第4章 ごみ質調査

### 4.1 調査方法

#### 4.1.1 調査概要

廃棄物処理方式の検討、並びに廃棄物発電事業の実現可能性の検討にあたっては、対象ごみの物理組成およびカロリー等のごみ質データが必要となる。しかしながら、ミャンマー国においては十分なデータが存在しないことから、本調査では表 4.1-1 に示す概要のとおりごみ質分析を実施した。

表 4.1-1 ごみ質調査の概要

項目	概要
調査対象	計 3 試料 都市ごみ 2 試料 (ウェット、ドライ) 直接搬入・オンコールごみ 1 試料
調査時期	計 2 回 雨季：2012 年 9 月 30 日～10 月 3 日 乾季：2012 年 11 月 28 日～12 月 1 日
試料採取場所	Htain Bin 最終処分場 (北・西地区)
分析場所	試料調整、ごみ物理組成、単位容積重量：Htain Bin 墓地 その他の項目：国内分析機関

ヤンゴン市における一般廃棄物の収集区分は図 4.1-1 に示すとおりである。都市ごみについては、家庭や事業者はウェットごみ (青色指定袋)、ドライごみ (緑色指定袋) に分別した上で排出し、PCCD は前者については毎日、後者については毎週水曜日と日曜日に、それぞれ収集を行っている。このため本調査では、「ウェットごみ」、「ドライごみ」のそれぞれ 1 試料ずつについて調査を行った。また、上記の都市ごみ収集とは別に、事業者が直接搬入する、または事業者の要請に基づいて PCCD が収集するごみがあり、本調査ではこのような「直接搬入・オンコールごみ」1 試料についても調査を行った。なお、試料の採取は、ヤンゴン市の最大の処分場であり、本調査におけるごみ焼却発電施設等の立地候補地でもある Htain Bin 最終処分場において実施した。

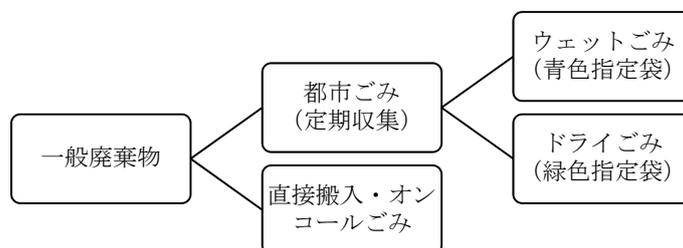


図 4.1-1 ヤンゴン市における一般廃棄物の収集区分

ごみ質分析項目および分析方法は、表 4.1-2 に示すとおりである。試料調整、物理組成および単位容積重量の測定は現地 (処分場に隣接する Htain Bin 墓地) で実施し、水分、灰分、可燃分、化学組成、発熱量、有機物量などの室内分析は、ミャンマー国内に分析機関が存在しないことから、

日本国内の分析機関において実施した。ごみ試料の日本への持ち込みに関しては、植物防疫法および家畜伝染病予防法の輸入禁止品に該当する可能性があるため、農林水産大臣による輸入許可を取得し、輸送、保管、分析、廃棄は適切な管理のもとで実施した。

表 4.1-2 ごみ質分析項目・分析方法

分析項目	分析方法	試料量	分析場所
単位容積重量	環整 95 号	約 20L	現地 (Htain Bin 墓地)
物理組成	環整 95 号	約 200kg	
水分、灰分 <sup>*1</sup> 、可燃分 <sup>*1</sup>	環整 95 号	計約 5 kg	国内分析機関
化学組成 <sup>*1</sup> (C、H、N、Cl、S、O)	JIS Z 7302-6, JIS Z 7302-7, JIS Z 7302-8		
発熱量 <sup>*1</sup>	JIS Z 7302-2, 環整 95 号		
有機物量 <sup>*1</sup> (全蒸発残留物(TS)、強熱残留物(VTS)、化学的酸素要求量(COD <sub>Cr</sub> ))	下水試験方法 第 2 編 (試料を破砕後、水と混合した試料について分析を行った。)		

\*1 混合試料の n=3 測定とし、中央値を採用した。

都市ごみ（ウェット・ドライ）及び直接搬入・オンコールごみの調査フローをそれぞれ図 4.1-2 及び 4.1-3 に示す。

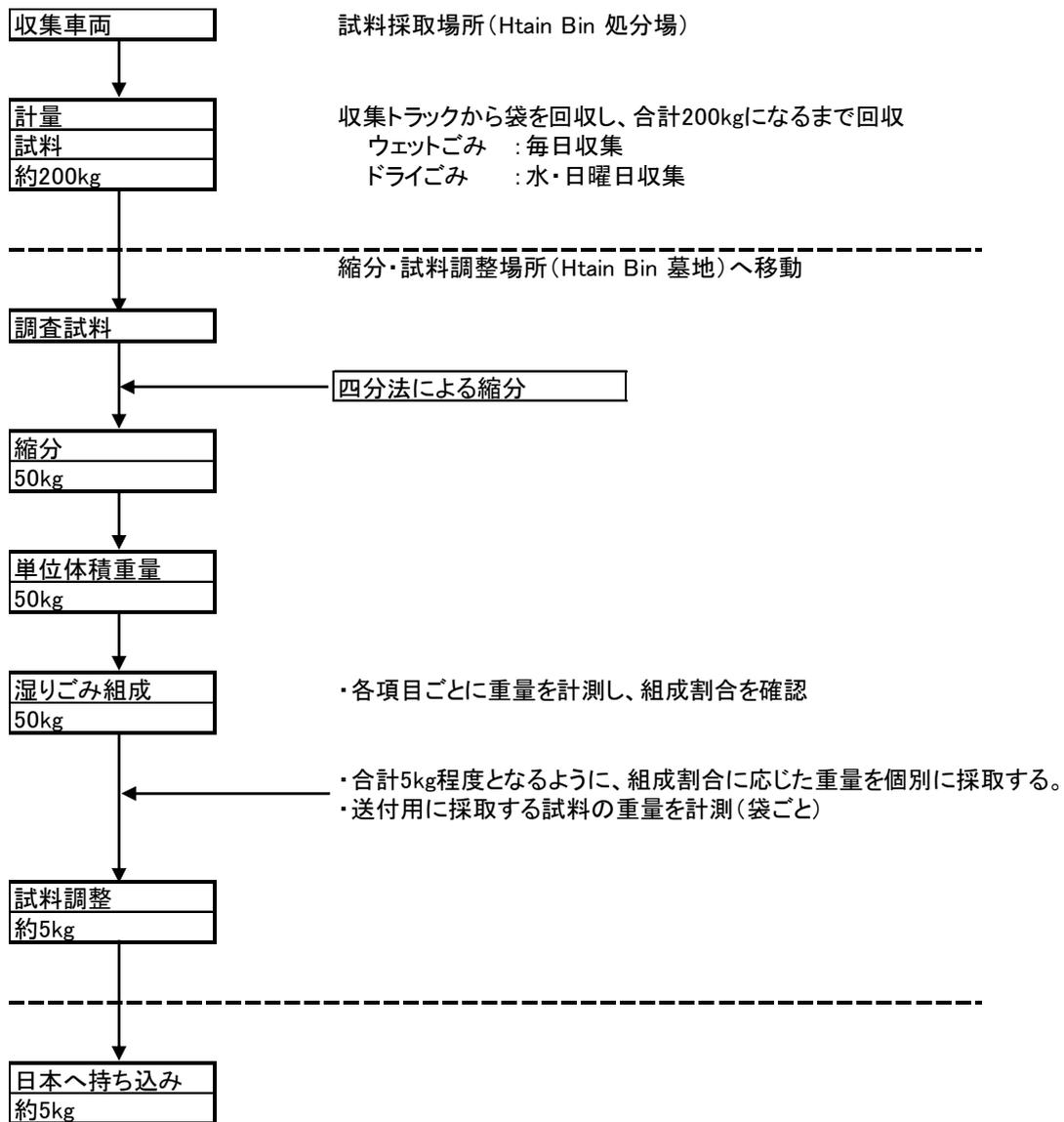


図 4.1-2 都市ごみ (ウェット・ドライ) の調査フロー

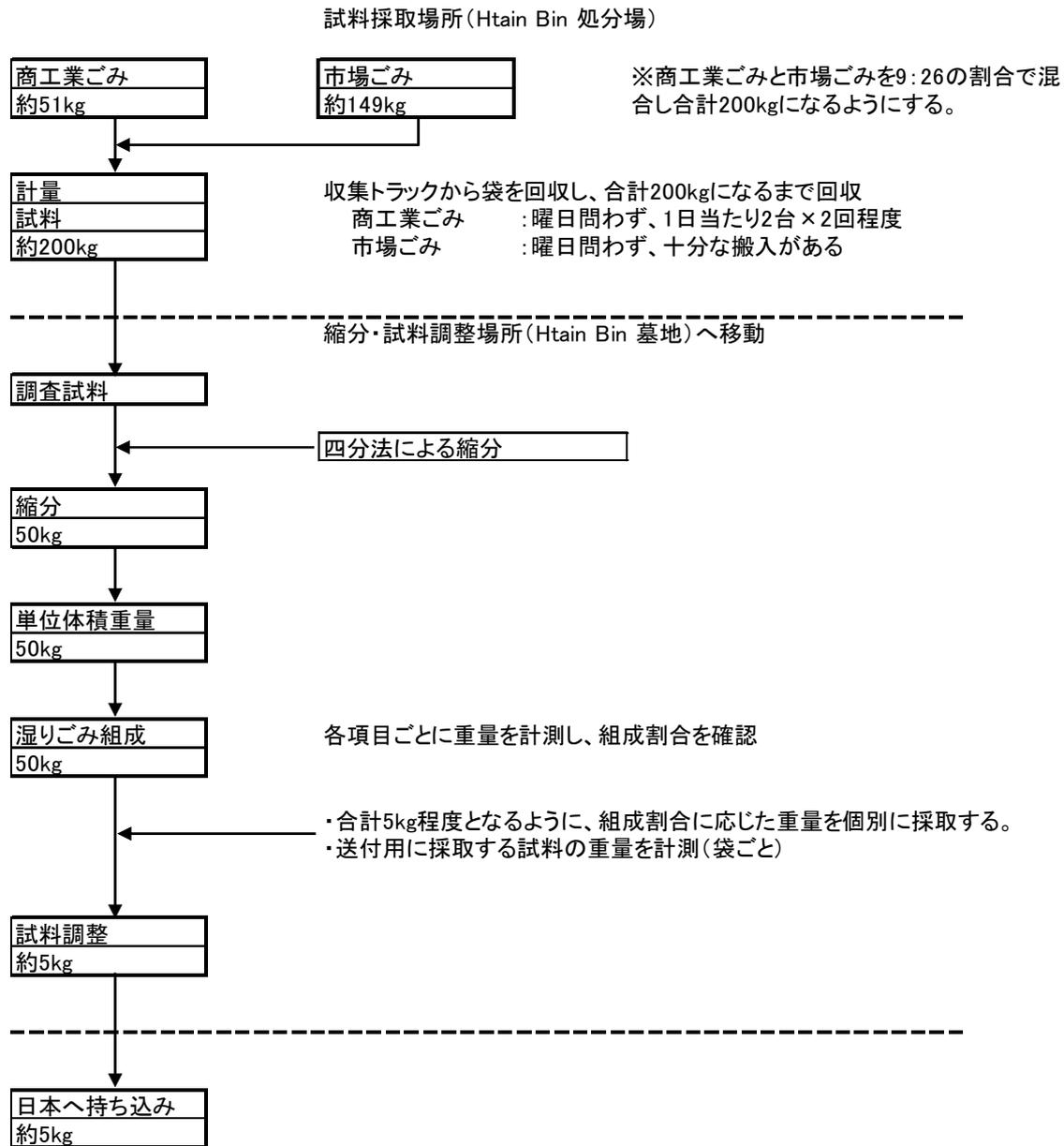


図 4.1-3 直接搬入・オンコールごみの調査フロー

#### 4.1.2 試料採取

試料の採取は、Htain Bin 処分場において処分場職員および作業員の補助のもとで、対象資料の搬入曜日・時間の関係から、表 4.1-3 に示すとおり行った。

表 4.1-3 試料採取日程

ごみ種類	曜日	時間
都市ごみ (ドライ)	水・土曜日	午後 6 時以降
都市ごみ (ウェット)	問わない	午後 6 時以降
直接搬入・オンコールごみ	問わない	適宜

- ① Htain Bin 処分場の搬入受付（チェックポイント）において、搬入トラックに積載されているごみの種類がウェットごみ、ドライごみ、直接搬入・オンコールごみのいずれであることを処分場職員と共同で目視およびヒヤリングにより確認した。
- ② 対象ごみが積載されている場合には処分場職員から搬入者にごみ試料採取への協力を依頼し、1台のトラックから10kg以上の試料を採取した。この際、袋を採取する位置が荷台の一部に偏らないように注意した。
- ③ 1試料あたり200kg以上の試料となるまで、複数のトラックにおいてこの作業を繰り返した。また、ごみが収集されたエリアが分散するように配慮した。
- ④ 採取したごみ試料はトラックで処分場に隣接する Htain Bin 墓地内の試料調整・分析場所に移送した。

#### 4.1.3 試料調整及び現場分析

##### (1) 試料調整

試料調整・分析場所に広げたビニールシートの上で、採取した試料200kgをスコップ、はさみ等で破袋し、大きさ15cm程度に粗砕した。その後、スコップでよく攪拌し均一化し、円錐四分法により縮分を2回繰り返し、50kgまで縮分調整した。なお、ごみ中の大きなもの（ダンボール、プラスチック類、木材等）は、粗砕するのが難しいため、あらかじめ取り出した後、残りの試料で縮分調整を行い、最後に縮分回数に応じた量を試料に加えた。また、組成分析後、室内分析用に1試料あたり約5kgの試料を縮分により分取し、輸送用に密閉・梱包した。

##### (2) 単位容積重量

調整後の試料について、容積既知の容器に押し込まないように一杯に入れ、約30cm上から容器を水平に落下し、圧縮されて減量した分を補充した。この操作を計3回を行い重量を測定し、以下の式により単位容積重量を求めた。なお、測定は1試料につき3回を行い、平均値により値を算出した。

$$\text{単位容積重量(kg/L=t/m}^3\text{)} = \{ \text{総重量(kg)} - \text{容器重量(kg)} \} / \{ \text{容器容積(L)} \}$$

##### (3) ごみ組成分析

縮分した試料50kgをビニールシートの上に広げ、以下の10項目に分類し、以下の式により組成ごとに重量を求めた。

- ① 紙類
- ② 厨芥類（残飯、動物性、植物性、卵がら、貝がら）
- ③ 木竹（わら、落葉類）
- ④ 繊維類
- ⑤ プラスチック類
- ⑥ ゴム・皮革類
- ⑦ 金属類
- ⑧ ガラス類

- ⑨ 陶器・石類
- ⑩ その他（乾電池、医療系廃棄物等分類できないもの）

$$\text{各組成(湿ベース)(\%)} = \frac{\text{組成ごとの重量(kg)}}{\text{全試料重量(kg)}} \times 100$$

$$\text{可燃物(湿ベース)(\%)} = \frac{\text{①～⑥の合計重量(kg)}}{\text{全試料重量(kg)}} \times 100$$

$$\text{分解性有機物(湿ベース)(\%)} = \frac{\text{①、②、③の合計重量(kg)}}{\text{全試料重量(kg)}} \times 100$$

#### 4.1.4 室内分析

##### (1) 試料輸送および滅菌

試料はオートクレーブ袋に入れたうえで密閉し、これをステンレス密閉容器に入れ輸入した。輸入した試料は、横浜植物防疫所成田支所において、ステンレス密閉容器から袋に入れたままの状態を取り出し、オートクレーブによる滅菌処理（120℃で20分以上）を行った後、分析機関に輸送した。

##### (2) 乾燥・破碎、水分

試料の乾燥・破碎および水分の測定は、以下の手順で実施した。

- ① 滅菌した試料を袋から取り出し、乾燥炉で 105℃±5℃で恒量になるまで乾燥し、乾燥重量を測定した。この乾燥重量と乾燥前に測定した湿潤重量により水分を算出した。
- ② 金属類、ガラス類、陶器・石類以外の試料を、ハサミにより 2～3cm に粗破碎した後、破碎機により 2mm 以下に粉碎した。
- ③ 破碎過程で吸収した水分を蒸発させるために乾燥炉で 100℃±5℃で 2～3 時間乾燥し、デシケータ中で放冷した。
- ④ 破碎及び乾燥後の分類別のそれぞれの試料を実際のごみ組成割合（既知）で混合した。

##### (3) 有機物量試験用試料作成

有機物量試験用の試料作成は、以下の手順で実施した。

- ① 【雨季】金属類、ガラス類、陶器・石類以外の試料を合計で 200g となるように分取し、ハサミにより 2～3cm に粗破碎した後、水 1,000cc を加えた。  
【乾季】厨芥類を合計で 200g となるように分取し、ハサミにより 2～3cm に粗破碎した後、水 1,000cc を加えた。
- ② ①の試料をジューサーに 5 分間以上かけて、十分に粉碎・攪拌し、有機物量試験用試料とした。

##### (4) 灰分、可燃分

灰分、可燃分の測定は、以下の手順で実施した。

- ① (2)で乾燥させた試料を磁性ルツボに入れ、電気炉により 800℃で 2 時間強熱した。

- ② 強熱した試料は放冷した後、デシケータ中で放冷し、秤量した。強熱により減少した重量を可燃分、強熱後の残渣重量を灰分とした。

#### (5) 発熱量

JIS Z 7302-2 に準拠し、(2)で乾燥させた試料について、燃研式断熱 B 型熱量計を用いて発熱量を測定した。

#### (6) 元素分析

各元素分析は、以下の要領で実施した。

##### 1. 炭素、水素、窒素 (C、H、N)

JIS Z 7302-8 (廃棄物固形化燃料-元素分析試験方法) に準拠し、(2)で乾燥させた試料を元素分析装置 (CHN 自動元素分析装置) により有機化合物の主構成元素である C、H、N を完全燃焼・分解し、 $H_2O$ 、 $CO_2$ 、 $N_2$  に変換した上でこれらの各成分を測定し、試料中の C、H、N 量を求めた。

##### 2. 硫黄 (S)

JIS Z 7302-7 (廃棄物固形化燃料-硫黄分試験方法) に準拠し、(2)で乾燥させた試料を電気炉により  $1000^{\circ}C$  で燃焼し、発生した燃焼ガスを過酸化水素水に吸収させ、吸収した S 量を測定した。

##### 3. 塩素 (Cl)

JIS Z 7302-6 (廃棄物固形化燃料-全塩素分試験方法) に準拠し、(2)で乾燥させた試料を電気炉により  $1000^{\circ}C$  で燃焼し、発生した燃焼ガスを過酸化水素水に吸収させ、吸収した Cl 量を測定した。

#### (7) 化学的酸素消費量 (COD)

下水試験方法 第 2 編 (1997 年版) に準拠し、(3)で作成した試料に二クロム酸カリウムと硫酸を加え、還流冷却器を付けて 2 時間煮沸した後、消費した二クロム酸の量を求め、相当する酸素消費量を測定した。さらに、試料調製時に水で希釈したことによる係数を乗じた値を測定結果とした。

#### (8) 全蒸発残留物 (TS)、強熱残留物 (IR)

全蒸発残留物 (TS) 及び強熱残留物 (IR) は、以下の手順で測定した。

- ① (3)で作成した試料をポリビンに移し蓋をした上で振とうした後、速やかにメスシリンダーに注ぎ約 100 cc を計量した。
- ② 下水試験方法 第 2 編 (1997 年版) に準拠し、上記の 100 cc の試料を乾燥炉により  $105^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$  で乾燥した後、計量した。乾燥前後の減少した重量の変化量から TS を求めた。
- ③ 乾燥させた試料を電気炉により  $600^{\circ}C \pm 25^{\circ}C$  で 1 時間強熱し、重量を計量した。強熱前後の減少した重量比から VTS を求めた。
- ④ 試料調製時に水で希釈したことによる係数を乗じた値を測定結果とした。

## 4.2 雨季調査結果

### 4.2.1 物理組成

雨季調査における物理組成の分析結果は図 4.2-1 に示すとおりである。

「ウェットごみ」では、厨芥類が 34.2%、木・竹・わら類が 12.7%、紙類が 16.2%であり、これら分解性有機物の合計は 63.2%であった。また、プラスチック類の割合は 25.0%、布類、ゴム・皮革類はそれぞれ 4.1%、3.6%であり、以上を合計した可燃物の割合は 96.0%であった。一方、不燃物である金属類、ガラス類、陶磁器・セトモノ・石類は合計で 4.0%であった。

「ドライごみ」では、厨芥類が 45.8%、紙類が 19.0%、木・竹・わら類が 9.8%であり、分解性有機物の合計は 74.6%であった。また、プラスチック類の割合は 20.3%であり、可燃物の合計割合は 98.1%に上る一方で、不燃物は 1.9%であった。

「直接搬入・オンコールごみ」では、厨芥類が 45.3%、木・竹・わら類が 20.6%、紙類が 12.7%を占め、分解性有機物の合計は 78.6%と 3 試料中で最も高かった。また、プラスチック類の割合は 14.4%であり、可燃物割合は 96.5%であった。

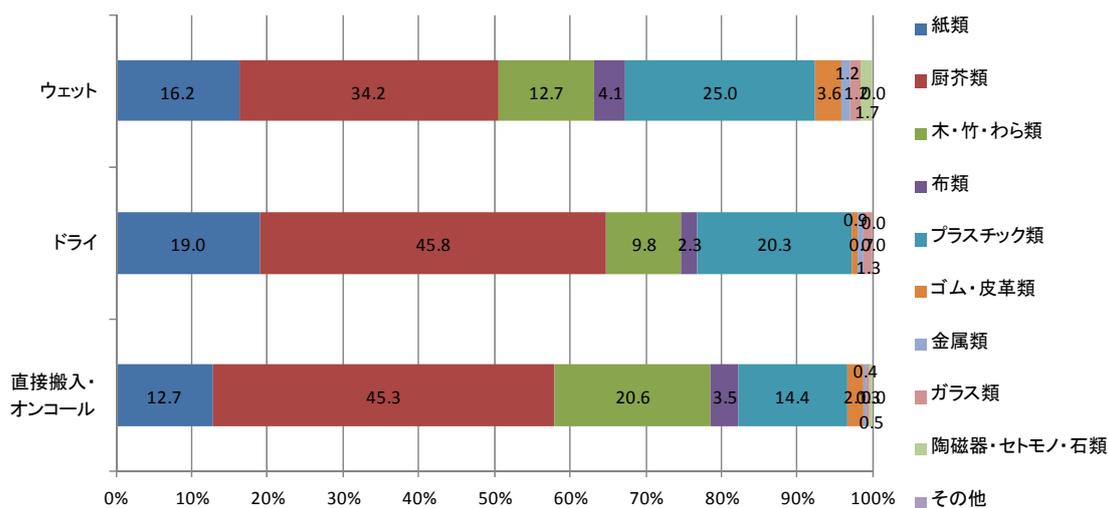
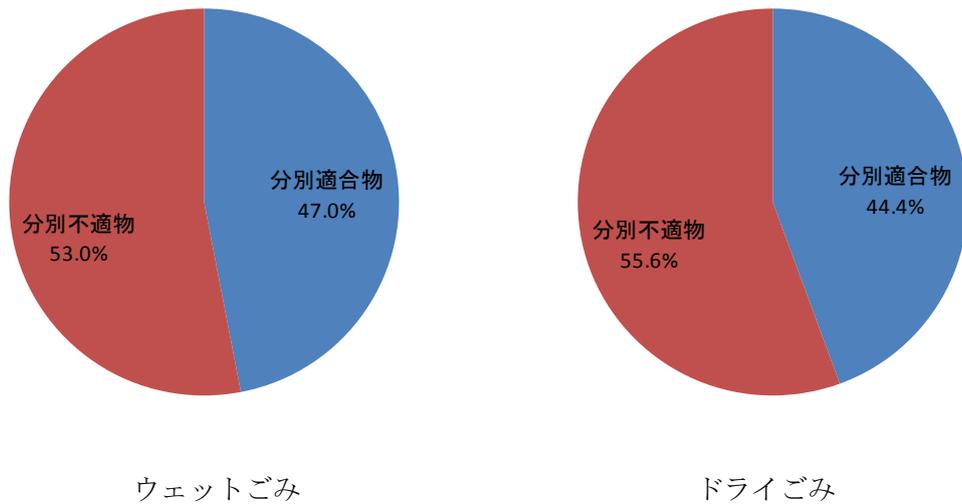


図 4.2-1 湿潤ベースごみ物理組成 (雨季)

また、図 4.2-2 に示すとおり、分別適合率 (湿潤ベースごみ物理組成のうち、指定された種別の分別区分ごみの重量割合) は、「ウェットごみ」で 47.0%、「ドライごみ」で 44.4%となっている。



注) ウェットごみ、ドライごみの分別適合物は以下のとおりである。

ウェットごみ：厨芥類、木・竹・わら類

ドライごみ：紙類、布類、プラスチック類、ゴム・皮革類、金属類、ガラス類、陶磁器類

図 4.2-2 ウェット・ドライごみにおける分別適合・不適合の割合（雨季）

また、後述の水分量をもとに計算した物理組成（乾燥ベース）は図 4.2-3 に示す通りである。3 試料とも、水分を多く含む厨芥類の組成割合が減少し、水分を含まないプラスチック類等の割合が増加している。

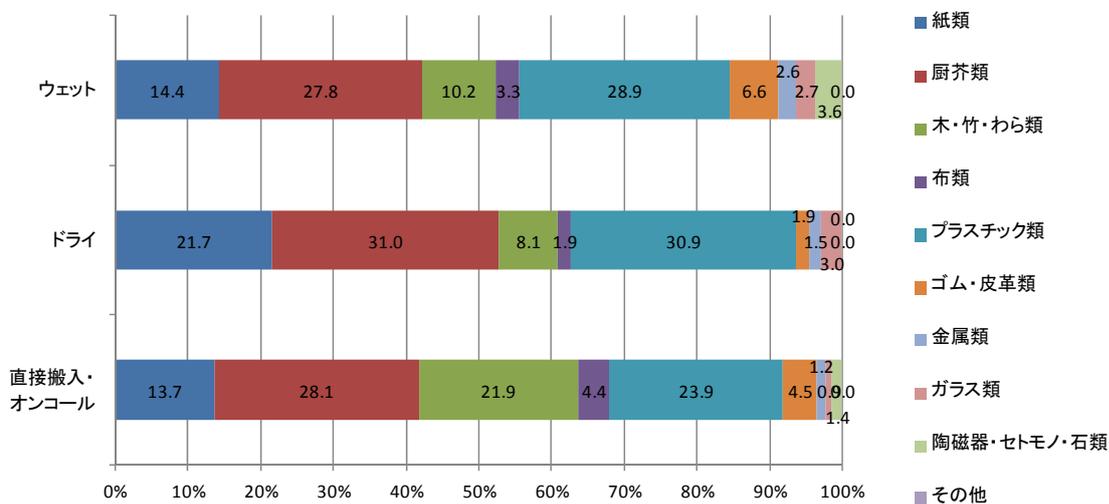


図 4.2-3 乾燥ベースごみ物理組成（雨季）

#### 4.2.2 単位容積重量

雨季における単位容積重量の測定結果を図 4.2-4 に示す。3 試料間で大きな差異はみられず、「ウェットごみ」では 0.221 kg/L、「ドライごみ」では 0.213 kg/L、「直接搬入・オンコールごみ」では 0.208 kg/L であり、平均で 0.214 kg/L であった。

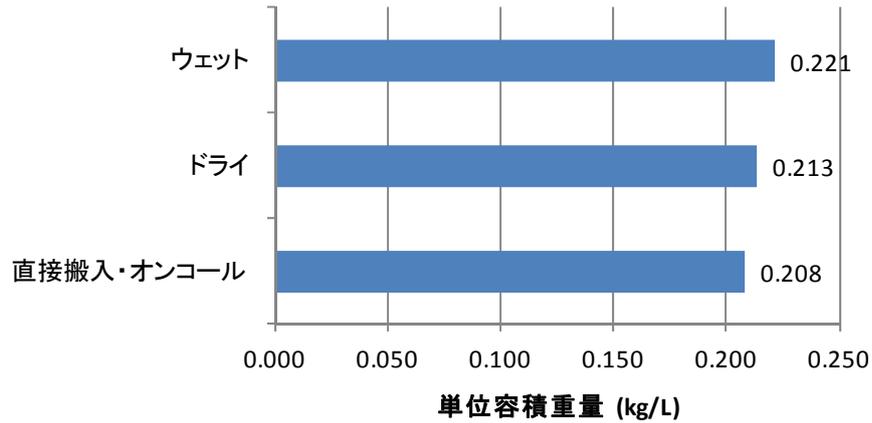


図 4.2-4 単位容積重量調査結果（雨季）

#### 4.2.3 三成分

ごみの三成分（水分、灰分、可燃分）の測定結果は図 4.2-5 に示すとおりである。

水分は「ウェットごみ」および「ドライごみ」では約 54～57%であり、「直接搬入・オンコールごみ」では約 64%であった。灰分は「ウェットごみ」および「直接搬入・オンコールごみ」で約 10～11%、「ドライごみ」で約 7%であった。可燃分は「ウェットごみ」および「ドライごみ」で約 35～36%、「直接搬入・オンコールごみ」で約 26%であった。

紙類やプラスチック類の多い「ドライごみ」では可燃分が多い一方で灰分が少なく、厨芥類の多い「直接搬入・オンコールごみ」では水分が多く、可燃分が少ない傾向が見られた。また、厨芥類の割合が少なかった「ウェットごみ」では水分が少なく、灰分が多い結果となった。

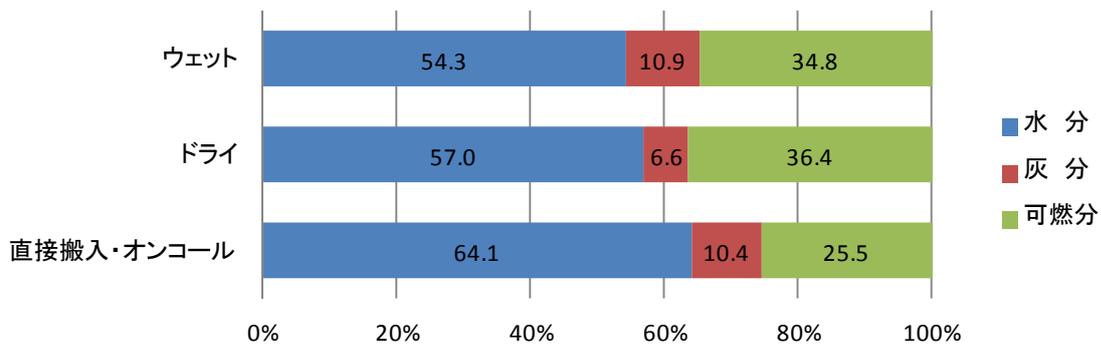


図 4.2-5 ごみの三成分（雨季）

#### 4.2.4 元素分析

元素分析の結果（湿潤ベース）を表 4.2-1 に示す。直接搬入・オンコールごみにおける炭素、水素、窒素、酸素が他の 2 試料と比較して低い値となっている。

表 4.2-1 元素分析結果（雨季）

試料	炭素(%)	水素(%)	窒素(%)	酸素(%)	塩素(%)	硫黄(%)
ウェット	19.7	3.0	0.54	11.4	0.16	0.04
ドライ	19.7	2.9	0.49	13.0	0.28	0.05
直接搬入・オンコール	13.9	2.0	0.39	8.9	0.21	0.05

#### 4.2.5 有機物量

有機物量の測定結果を表 4.2-2 に示す。雨季調査における有機物量の分析は、ヤンゴンでは分別収集（ウェット・ドライ）が実施されていたことから、分別収集されたごみ全体を対象に有機物量の分析を行った。実際には、物理組成調査結果に示したとおり、有機系ごみ（厨芥類、木・竹・わら類）のみを収集対象としているウェットごみにおいても、有機系ごみ以外にも雑多なものが含まれていたことから、全蒸発残留物（TS）が 45.0% と高くなった。また、ドライごみ、直接搬入・オンコールごみでも同様に全蒸発残留物（TS）の割合が高かった。

表 4.2-2 有機物量分析結果（雨季）

試料	COD <sub>Cr</sub> (%)	全蒸発残留 TS (%)	強熱残留 IR (%)	強熱減量 VTS (%)
ウェットごみ	17.4	45.0	8.4	36.6
ドライごみ	23.4	40.2	5.3	34.9
直接搬入・オンコールごみ	16.2	34.8	9.0	25.8

## 4.3 乾季調査結果

### 4.3.1 物理組成

乾季調査における物理組成の分析結果は図 4.3-1 に示すとおりである。

「ウェットごみ」では、厨芥類が 47.0%、木・竹・わら類が 11.1%、紙類が 12.2%であり、これら分解性有機物の合計は 70.3%であった。また、プラスチック類の割合は 14.9%であり、これらに布類、ゴム・皮革類を加えた可燃物の割合は 95.7%であった。一方、不燃物である金属類、ガラス類、陶磁器・セトモノ・石類は合計で 4.3%であった。

「ドライごみ」では、厨芥類が 48.9%、紙類が 8.7%、木・竹・わら類が 17.4%であり、分解性有機物の合計は 75.0%であった。また、プラスチック類の割合は 17.4%であり、可燃物の合計割合は 94.3%に上る一方で、不燃物は 5.7%であった。

「直接搬入・オンコールごみ」では、厨芥類が 44.9%、木・竹・わら類が 19.2%、紙類が 13.4%を占め、分解性有機物の合計は 77.6%と 3 試料で最も高かった。また、プラスチック類の割合は 13.9%であり、可燃物割合は 96.4%であった。

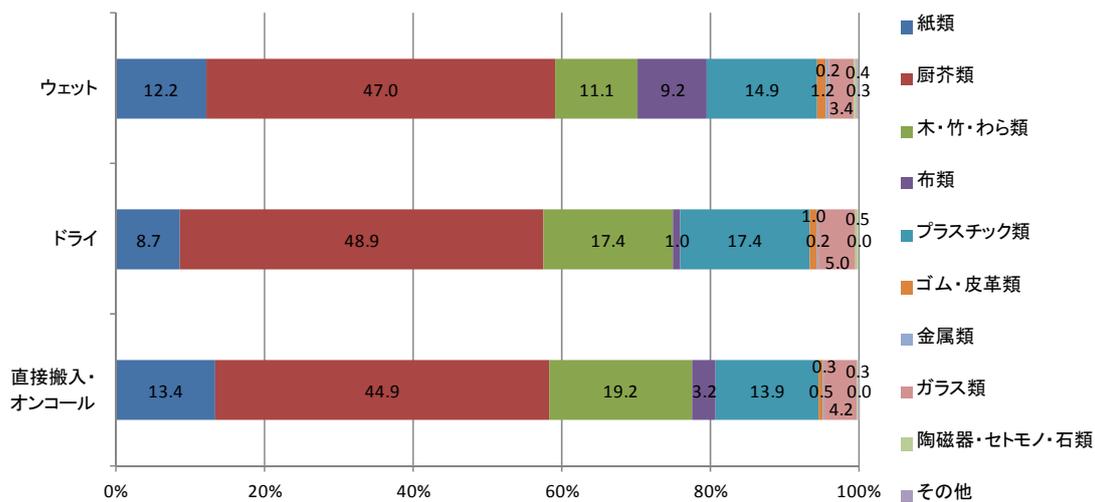
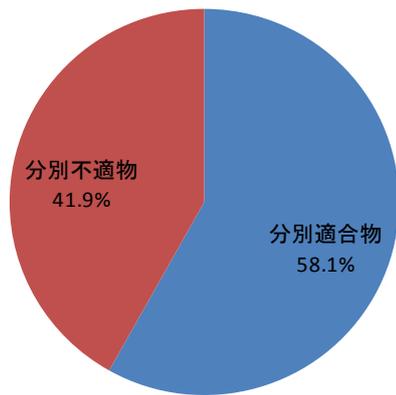
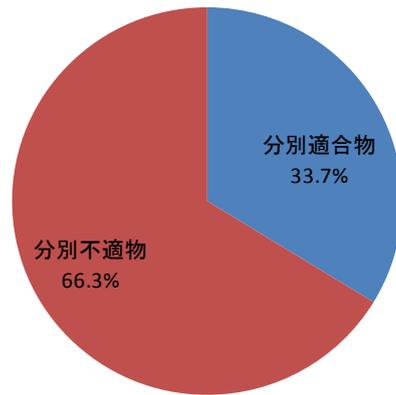


図 4.3-1 湿潤ベースごみ物理組成（乾季）

また、図 4.3-2 に示すとおり、分別適合率（湿潤ベースごみ物理組成のうち、指定された種別の分別区分ごみの重量割合）は、「ウェットごみ」で 58.1%、「ドライごみ」で 33.7%となっている。



ウェットごみ



ドライごみ

注) ウェットごみ、ドライごみの分別適合物は以下のとおりである。

ウェットごみ：厨芥類、木・竹・わら類

ドライごみ：紙類、布類、プラスチック類、ゴム・皮革類、金属類、ガラス類、陶磁器類

図 4.3-2 ウェット・ドライごみにおける分別適合・不適物の割合（乾季）

また、後述の水分量をもとに計算した物理組成（乾燥ベース）は図 4.3-3 に示す通りである。3 試料とも、水分を多く含む厨芥類の組成割合が減少している。

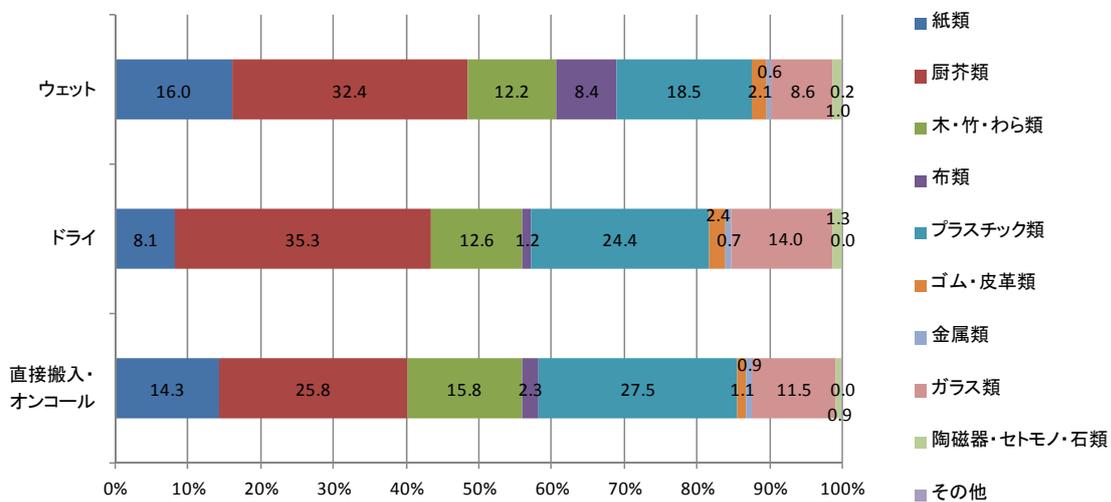


図 4.3-3 乾燥ベースごみ物理組成（乾季）

#### 4.3.2 単位容積重量

乾季における単位容積重量の測定結果を図 4.3-4 に示す。「ウェットごみ」では 0.257 kg/L、「ドライごみ」では 0.264 kg/L、「直接搬入・オンコールごみ」では 0.192 kg/L であり、平均で 0.237 kg/L であった。

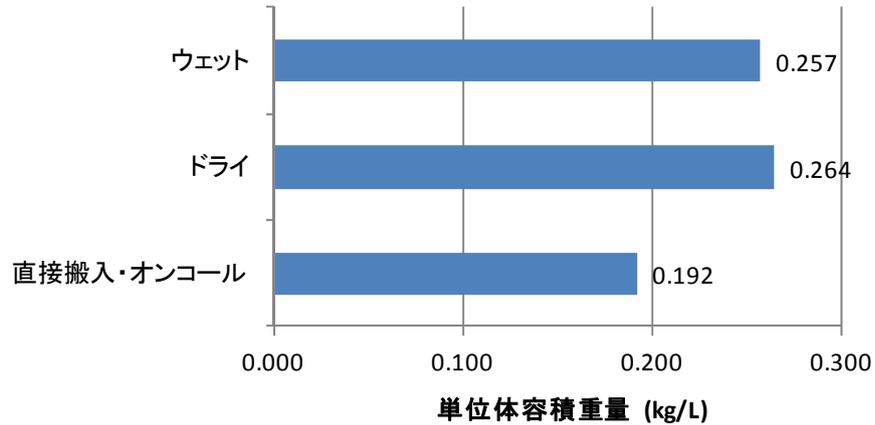


図 4.3-4 単位容積重量調査結果（乾季）

#### 4.3.3 三成分

ごみの三成分（水分、灰分、可燃分）の測定結果は図 4.3-5 に示すとおりである。

水分は 59.8~64.5%であり、雨季調査結果と比較して全体的に水分率の高いごみ質であった。灰分は 8.2~9.7%であり、「ドライごみ」が最も高かった。可燃分は 25.8~32.0%であり、「ウェットごみ」が最も高かった。

「ウェットごみ」は可燃分が多くて灰分が少なく、厨芥類の多い「ドライごみ」では水分が多く可燃分が少ない傾向が見られた。

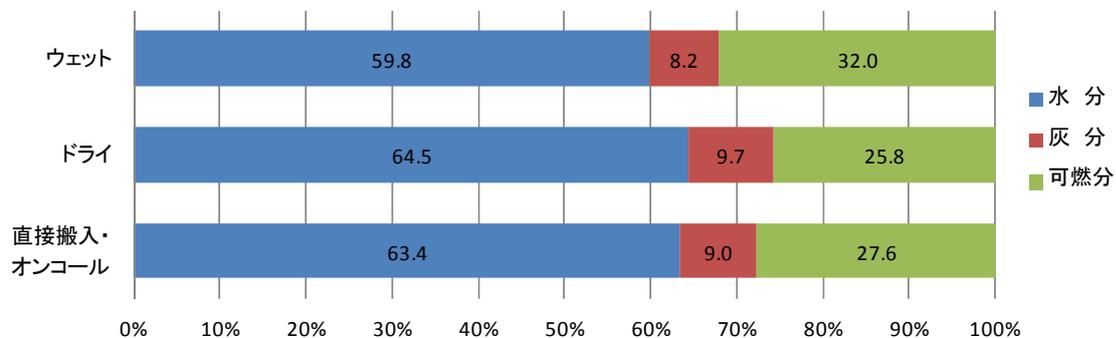


図 4.3-5 ごみの三成分（乾季）

#### 4.3.4 元素分析

元素分析の結果（湿潤ベース）を表 4.3-1 に示す。可燃分の少ない「ドライごみ」では、炭素、水素が 3 試料中最も低いものの塩素が 0.67%と最も高く、プラスチック類やゴム類が多く含まれていることが窺えた。

表 4.3-1 元素分析結果（乾季）

試料	炭素(%)	水素(%)	窒素(%)	酸素(%)	塩素(%)	硫黄(%)
ウェット	17.7	3.0	0.4	10.6	0.21	0.03
ドライ	14.3	2.0	0.4	8.5	0.67	0.03
直接搬入・オンコール	16.5	2.9	0.3	7.7	0.22	0.02

#### 4.3.5 有機物量

有機物量の測定結果を表 4.3-2 に示す。乾季調査においては、雨季調査の結果を踏まえて、サンプリングした試料のうち厨芥類のみを対象として有機物量の分析を行った。その結果、3 試料ともに大きなばらつきがなく COD<sub>Cr</sub> は 14.4~18.6%、全蒸発残留物 (TS) は 19.2~19.8%、強熱減量 (VTS) は 14.9~16.5% であった。

表 4.3-2 有機物量分析結果（乾季）

試料	COD <sub>Cr</sub> (%)	全蒸発残留 TS (%)	強熱残留 IR (%)	強熱減量 VTS (%)
ウェットごみ	16.8	19.8	3.3	16.5
ドライごみ	18.6	19.2	4.1	15.1
直接搬入・オンコールごみ	14.4	19.2	4.3	14.9

## 4.4 調査結果の考察

### 4.4.1 物理組成

雨季調査と乾季調査の物理組成分析結果を図 4.4-1 に示す。

「ウェットごみ」は、雨季と乾季の組成割合が異なっており、厨芥類が雨季：34.2%、乾季：47.0%と大きな開きがある。また、プラスチック類についても雨季：25.0%、乾季：14.9%と開きが見られる。一方、不燃物である金属類、ガラス類、陶磁器・セトモノ・石類は雨季・乾季ともに4~5%程度であり、ヤンゴン市においてはこれら不燃物の発生量がもともと少ないか、処分場への搬入までの間で資源の抜き取りが行われていることが考えられる。

「ドライごみ」は、紙類、木・竹・わら類の割合が雨季と乾季で変動があるが、厨芥類については、45~50%の間で近似しており、分解性有機物の割合も75%前後でほぼ同様である。一方で、不燃物は乾季の調査でガラス類が5.0%となっているが、調査時の縮分作業中にガラス瓶が複数含まれた特異な状況と考えられ、ウェットごみと同様に全体的に少ない傾向にある。

「直接搬入・オンコールごみ」は、雨季と乾季で殆ど同じ組成となっており、分解性有機物の割合が3試料中最も高い。また、3試料中でプラスチック類の含まれる割合が雨季・乾季ともに最も低い（約14%）。

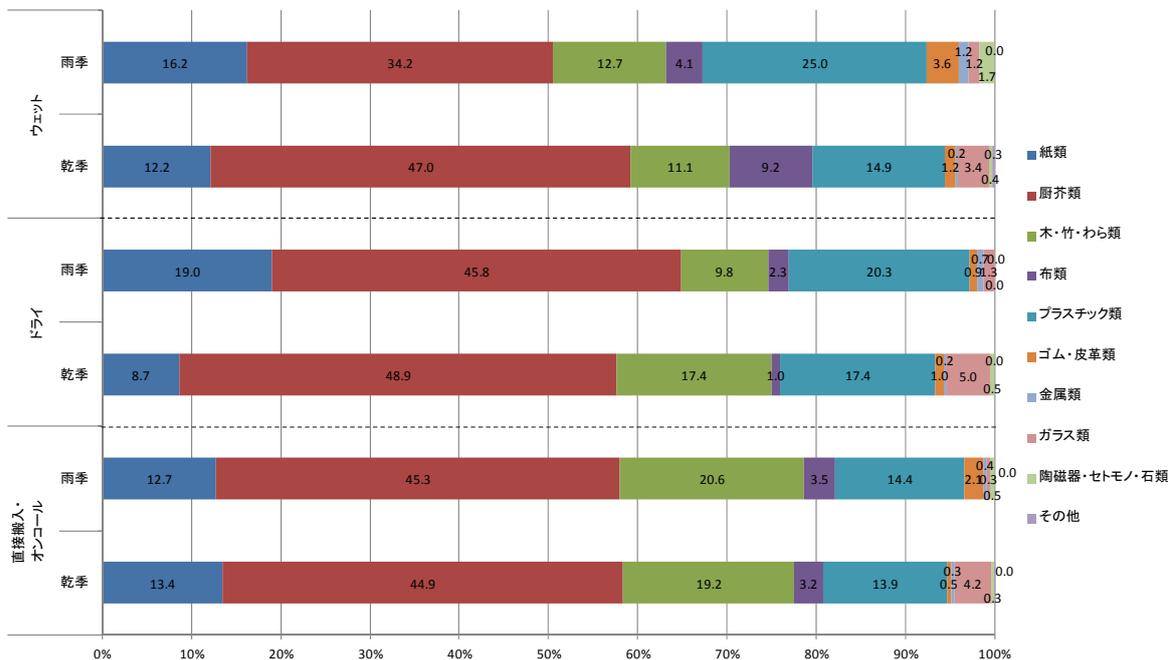


図 4.4-1 湿潤ベースごみ物理組成

また、雨季及び乾季調査結果の平均物理組成割合を図 4.4-2 に示す。

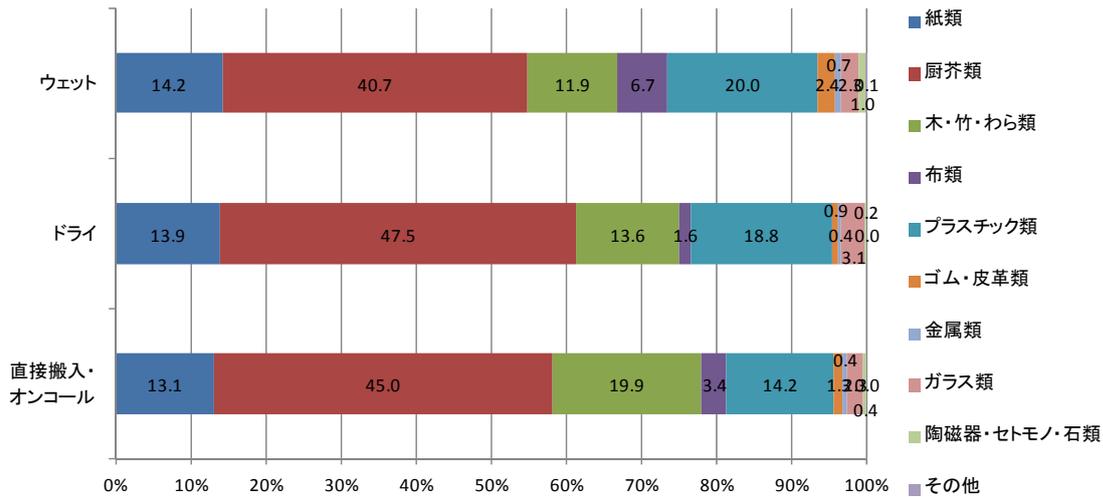


図 4.4-2 湿潤ベースごみ物理組成 (雨季・乾季平均)

分別適合率 (湿潤ベースごみ物理組成のうち、指定された種別のごみの重量割合) については、表 4.4-1 に示すとおり「ウェットごみ」、「ドライごみ」ともに 50%前後となっており、ヤンゴン市が 2012 年 4 月に導入した 2 分別に関して、現状では十分に機能していないことが窺える。

表 4.4-1 ウェット・ドライごみにおける分別適合・不適物の割合

	雨季		乾季		平均
	ウェット	ドライ	ウェット	ドライ	
分別適合物	47.0%	44.4%	58.1%	33.7%	45.8%
分別不適合	53.0%	55.6%	41.9%	66.3%	54.2%

#### 4.4.2 単位容積重量

雨季及び乾季の単位容積重量分析結果を表 4.4-2 に示す。「ウェットごみ」、「ドライごみ」ともに単位容積重量は雨季の方が乾季と比べて低かった。一方で直接搬入・オンコールごみは乾季の方が低い結果となっている。これは、雨季調査時には降雨が無かったが、乾季調査時には調査日前後に降雨があったため、本来想定したヤンゴンの雨季乾季の気象条件とは逆の状況となったことが原因と考えられる。

雨季・乾季の平均値は、「ウェットごみ」、「ドライごみ」ともに 0.239 kg/L となり、「直接搬入・オンコールごみ」がやや低い値を示している。

表 4.4-2 単位容積重量分析結果

試料	雨季調査	乾季調査	平均
ウェット	0.221	0.257	0.239
ドライ	0.213	0.264	0.239
直接搬入・オンコール	0.208	0.192	0.200
平均	0.214	0.238	0.226

#### 4.4.3 三成分

雨季及び乾季のごみの三成分（水分、灰分、可燃分）分析結果を図 4.4-3 に示す。

収集ごみである「ウェットごみ」および「ドライごみ」では、雨季より乾季の方が水分の割合が高い。これは単位容積重量と同様に、雨季調査時には降雨が無く、乾季調査時には調査日前日に降雨があったために生じた現象と考えられる。また、「ウェットごみ」については、雨季調査では含水率の高い厨芥類が 34.2%であったのに対し、乾季には 47.0%と組成割合が増えたことも要因と考えられる。市場・商業施設から直接搬入される「直接搬入・オンコールごみ」については、雨季と乾季による顕著な違いは見られない。

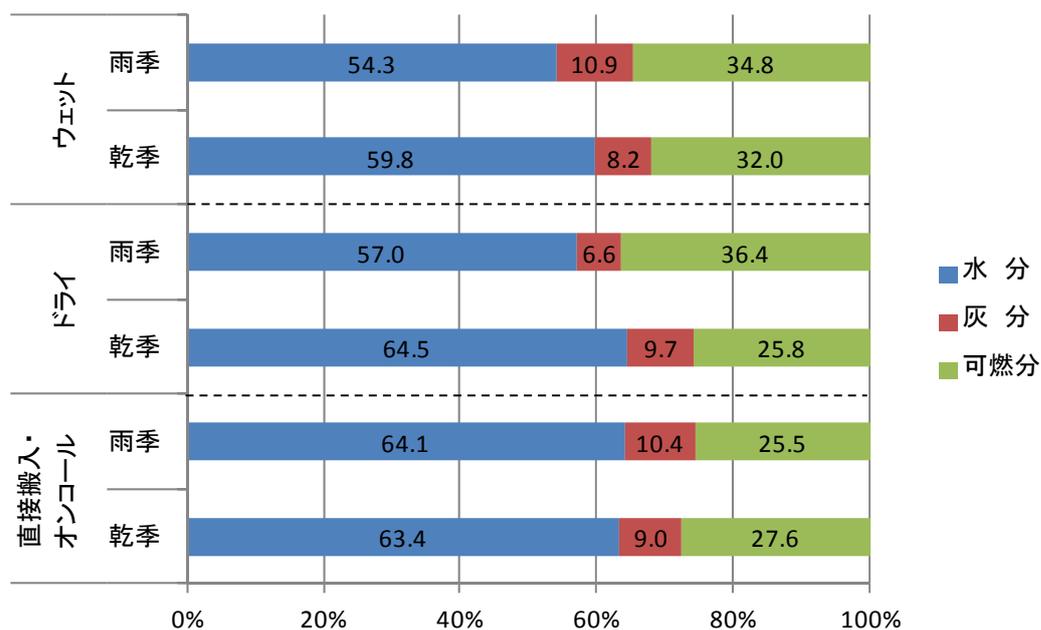


図 4.4-3 ごみの三成分分析結果

#### 4.4.4 元素分析

雨季及び乾季の元素分析結果（湿潤ベース）を表 4.4-3 に示す。調査期間中に降雨のあった乾季調査では、収集ごみである「ウェットごみ」と「ドライごみ」の炭素の割合が雨季調査に比較して低い値となっている。

表 4.4-3 元素分析結果（湿潤ベース）

季	試料	炭素(%)	水素(%)	窒素(%)	酸素(%)	塩素(%)	硫黄(%)
雨季	ウェット	19.7	3.0	0.54	11.4	0.16	0.04
	ドライ	19.7	2.9	0.49	13.0	0.28	0.05
	直接搬入・オンコール	13.9	2.0	0.39	8.9	0.21	0.05
乾季	ウェット	17.7	3.0	0.4	10.6	0.21	0.03
	ドライ	14.3	2.0	0.4	8.5	0.67	0.03
	直接搬入・オンコール	16.5	2.9	0.3	7.7	0.22	0.02

#### 4.4.5 発熱量

発熱量については、収集ごみ（ウェットごみ、ドライごみ）では乾季調査の方が低い傾向を示しており、直接搬入・オンコールごみでは乾季調査の方が高い傾向を示していた。低位発熱量についても高位発熱量と同様の傾向を示していた。これは、雨季調査として行った9月の試料採取時には降雨が無く、乾季調査として行った11月の試料採取時には調査期間中に降雨があったため、分析対象試料に水分が多く含まれていたことが原因と考えられる。

文献によると、一般的なごみ焼却炉の自然限界の目安として900 kcal/kg<sup>1</sup>という基準値があり、雨季・乾季の調査結果はいずれもこれを超えており、焼却処理を行うことは可能なごみ質であると判断される。ただし、調査時期や選別方法によっては発熱量が低くなる可能性があるため、熱回収・発電効率の向上のためには、水分の削減や厨芥類を分別し別処理するなどの工夫が必要である。

#### 4.4.6 有機物量

雨季・乾季の有機物量分析結果を表4.4-4に示す。雨季調査における有機物量の分析は、ヤンゴンでは分別収集（ウェット、ドライ）が実施されていることから、分別収集されたごみ全体を対象に有機物量の分析を行った。しかし、雨季調査の物理組成に示したとおり、本来有機系ごみのみを対象とする「ウェットごみ」の中にもプラスチック類や金属類等のその他のごみが含まれていたため、全蒸発残留物（TS）が45.0%と高く、強熱減量（VTS）も36.6%と高い値を示した。

このため、乾季調査では厨芥類のみを対象として有機物量の分析を行ったところ、全蒸発残留物（TS）は3試料ともに約19%、強熱減量（VTS）は14~16%程度であった。

表 4.4-4 ごみ量に対する有機物量分析結果

季	試料	CODcr(%)	全蒸発残留物 TS(%)	強熱残留物 IR(%)	強熱減量 VTS(%)
雨季	ウェット	17.4%	45.0%	8.4%	36.6%
	ドライ	23.4%	40.2%	5.3%	34.9%
	直接搬入・オンコール	16.2%	34.8%	9.0%	25.8%
乾季	ウェット（厨芥のみ）	16.8%	19.8%	3.3%	16.5%
	ドライ（厨芥のみ）	18.6%	19.2%	4.1%	15.1%
	直接搬入・オンコール （厨芥のみ）	14.4%	19.2%	4.3%	14.9%

#### 4.4.7 バイオガス発生量の試算

4.4.6 項の有機物量分析結果を基に、「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2006 改訂版」（以下、「設計要領」という。）を参考に、「ウェットごみ」中の厨芥類の有機物量からバイオガス発生量を推定した。なお、雨季調査における有機物量は、分析試料中にプラスチック類やゴム類などが含まれていたため、バイオガス発生量推計に適さないものと判断し、乾季調査において厨芥類を対象に分析した有機物量を基に試算を行った。

設計要領によると、生ごみのメタン発酵におけるバイオガス発生量は表4.4-5に示すとおりである。また、生ごみの減量化率は蒸発残留物（TS）に対して60~80%とされている。

<sup>1</sup>石川禎昭「流動床式ごみ焼却炉設計の実務—増補改訂版」（1994年、工業出版社）

表 4.4-5 メタン発酵によるバイオガス発生量

項目	VTS	CODcr
メタン発生量	0.35～0.55 m <sup>3</sup> N/kg-分解 VTS	0.35 m <sup>3</sup> N/kg-分解 CODcr
有機物分解率	75～80%	70～75%
メタン濃度	50～65%	

出典：公益社団法人全国都市清掃会議「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2006 改訂版」（2006 年）

乾季調査における「ウェットごみ（厨芥のみ）」の VTS 濃度は 16.5%、CODcr 濃度は 16.8% であり、メタンガス発生量を 0.55 m<sup>3</sup>N/kg-分解 VTS または 0.35 m<sup>3</sup>N/kg-分解 COD<sub>Cr</sub>、VTS 分解率を 80%、COD 分解率を 75%、メタンガス濃度を 50% とすれば、生ごみ 1t 当たりのバイオガス発生量は以下のとおり推計される。

<VTS からの試算>

$$1,000\text{kg} \times 16.5\% \times 0.55 \text{ m}^3\text{N/kg-分解 VTS} \times 80\% \div 50\% = 145.2 \text{ Nm}^3/\text{t}$$

<COD<sub>Cr</sub> からの試算>

$$1,000\text{kg} \times 16.8\% \times 0.35 \text{ m}^3\text{N/kg-分解 CODcr} \times 75\% \div 50\% = 88.2 \text{ Nm}^3/\text{t}$$

試算結果に示すように、採用する推計方法によってバイオガス発生量に大きな違いが生じるが、VTS に基づく試算では 145.2 Nm<sup>3</sup>/t と推計され、日本における高効率原燃料回収施設の基準<sup>2</sup>となる 150 Nm<sup>3</sup>/t に近い値となり、バイオガス発電のポテンシャルはあるものと考えられる。

但し、これは乾季調査における 1 試料の分析結果に基づく推計であり、バイオガス発電の実現可能性を評価するためには、より多様な発生源からの試料について継続的なごみ質分析を行う必要がある。

#### 4.4.8 考察のまとめ

今回の調査では、ごみ質の季節変動を把握するため、雨季と乾季の 2 季におけるごみ質調査を実施した。ヤンゴン市の気象データを踏まえて雨季及び乾季の調査時期を設定したものの、実際には雨季調査（9 月下旬）時には降雨が無く、乾季調査（11 月下旬）時には調査期間中に降雨があった。このため単位容積重量、水分率、発熱量等の分析結果において、当初想定していた雨季・乾季の季節傾向とは反対の結果になったものの、本調査において降雨時と非降雨時のごみ質の変動を把握することができたと考えられる。

物理組成及び元素組成分析結果からは、調査対象とした「ウェットごみ」、「ドライごみ」、「直接搬入・オンコールごみ」の 3 試料に大きな違いはなく、ヤンゴン市で 2012 年 4 月より開始した 2 分別については、現状では十分に機能していないことが窺え、また、「直接搬入・オンコールごみ」についても都市ごみ（「ウェットごみ」及び「ドライごみ」）と顕著な差は見られなかった。

物理組成については、厨芥類が約 40～50% を占め、紙類や木・竹・わら類を合わせた有機系ごみが約 75% であり、途上国において一般的なごみ組成であると言える。

<sup>2</sup> 環境省「循環型社会形成推進交付金交付取扱要領」

発熱量については、いずれも一般的なごみ焼却炉の自燃限界の目安である 900 kcal/kg を上回っており、焼却処理を行うことは可能なごみ質であると判断される。

# 第5章 廃棄物処理方式の概略検討

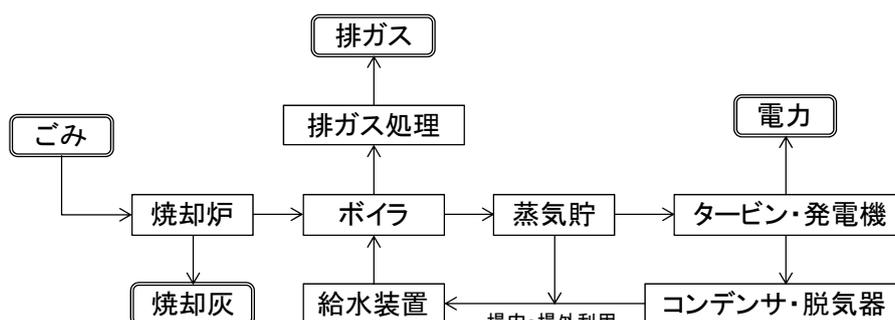
## 5.1 廃棄物処理方式代替案の概要

### 5.1.1 焼却発電

ごみの焼却処理は、最終処分場用地に限られる中でのごみの減量・減容化、水質汚濁、悪臭の防止、病原菌の駆除などごみの安定化を目的に行われる。焼却によりごみに含まれる有機物が燃焼し、残渣として主灰および飛灰が排出される。これらの灰は最終処分されるが、灰の量は一般に重量ベースで投入ごみの1割程度であり、悪臭も少なく、腐敗が進行しないなどの利点がある。

運転の方式には、連続運転を行う連続炉、1日のうち特定の時間だけ運転するバッチ炉があるが、炉の立ち上げ・休止時に運転が不安定となるため、日本では大規模な炉には連続炉が採用されることが多い。焼却炉の方式はストーカ炉、流動床炉、回転式燃焼炉に区分される。ストーカ炉は金属・煉瓦製の格子状にごみを置き、空気を送風してごみの乾燥および燃焼を行う方式で、現在の焼却炉の主流となっている。流動床炉は高温にした砂に空気を吹き込むことで流動させ、ごみを投入した後直ちに燃焼するが、燃焼制御が難しいという課題がある。また、ダイオキシン対策のため、燃焼時には炉内は800℃以上の状態を保ち、発生したガスの温度を下げた後バグフィルターにより除去する等の処理が行われている。

ごみ焼却では大量の熱が発生するため、その熱活用のために温水等の場内・場外利用が行われてきた。この技術を応用した焼却発電は焼却炉で発生した熱をボイラで回収し、高圧蒸気によりタービンで発電を行うものである(図5.1-1)。循環型社会の実現のためにはリデュース(発生抑制)、リユース(再使用)、リサイクル(再生利用)の後に適正処分が求められており、素材や原料としてのリサイクルだけでなく、サーマルリサイクル(熱回収)の活用が望まれている。焼却発電は、ごみからエネルギーを回収するサーマルリサイクルの代表的な技術である。



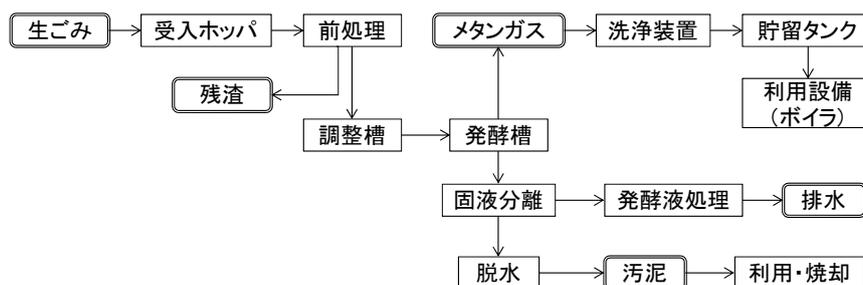
出典：田中 勝ほか『ごみハンドブック』(2008年)を参考に調査団作図

図 5.1-1 ごみ焼却発電の処理フロー

### 5.1.2 バイオガス化

バイオガス化では、生ごみ等に含まれる有機物を嫌気条件におくことで、メタン菌の作用によりメタンガスを生産する。バイオガス化の方式は湿式と乾式に区分され、湿式では前工程で水を投入し、水分を9割近くにして発酵を効率化する。一方、乾式では7割以下の水分で発酵を行い、後工程の汚水処理を簡易なものとする。

一般的なバイオガス化プラントのフローは図 5.1-2 に示すとおりである。まず生ごみ等に含まれる不純物を取り除くための前処理（破碎や選別）が行われ、発酵に適した有機物が次工程へと送られる。調整槽で固形分濃度を調整した後、発酵槽では数日～数十日間かけてガスが生産される。発生したガスは不純物の除去等の品質調整が行われ、消化液は固液分離により汚泥と排水に分けて処理が行われる。なお、発酵時の槽内温度は微生物の活動を活性化させるために一般に 30℃以上にまで加温されるが、病原体を死滅させることを目的に 50～70℃以上の衛生化処理（高温発酵）が行われることもある。



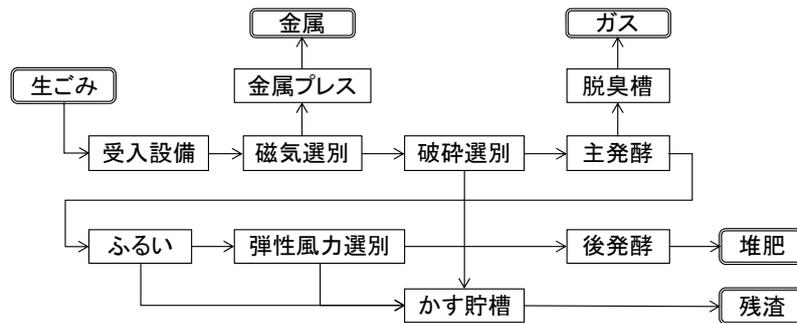
出典：田中 勝ほか『ごみハンドブック』（2008 年）を参考に調査団作図

図 5.1-2 バイオガス化の処理フロー

### 5.1.3 堆肥化

堆肥化（コンポスト化）は、生ごみ等に含まれる有機物を分解し炭素分などの成分を調整するとともに、高温状態により細菌や害虫を駆除、臭気を緩和し、農地での利用に適した品質とするものである。堆肥化技術は、通気の有無や攪拌の方式により分類される。堆肥化原料を積み上げるだけで通気を行わない嫌気法は、低コストであるが堆肥の生産までに数ヶ月以上を要することもある。一方、加圧や吸引による強制的な通気を行う好気法では、堆肥化の速度が早いが通気設備の設置や通気のためのエネルギーを要する。また、攪拌を行わない堆積方式と、機械による攪拌を行う攪拌方式に区分することもできる。攪拌方式にはヤードに野積みされた原料を重機などにより切り返して攪拌する開放型と、ロータリーキルンや多段式の発酵槽内で堆肥を生産する密閉型がある。

一般的な都市ごみ堆肥化施設の処理フローは図 5.1-3 のとおりである。方式にもよるが、ごみを一定量ストックし後工程に供給する受入設備のほか、発酵効率を向上するための破碎工程、紙、プラスチック、金属、ガラスなどの不純物を取り除く選別工程などが含まれ、残渣は焼却処理等が行われる。本調査では比較的 low コストで導入することができる開放型攪拌方式の設備とし、各種選別工程にて回収される残渣は焼却処理を行うと仮定し検討を行った。



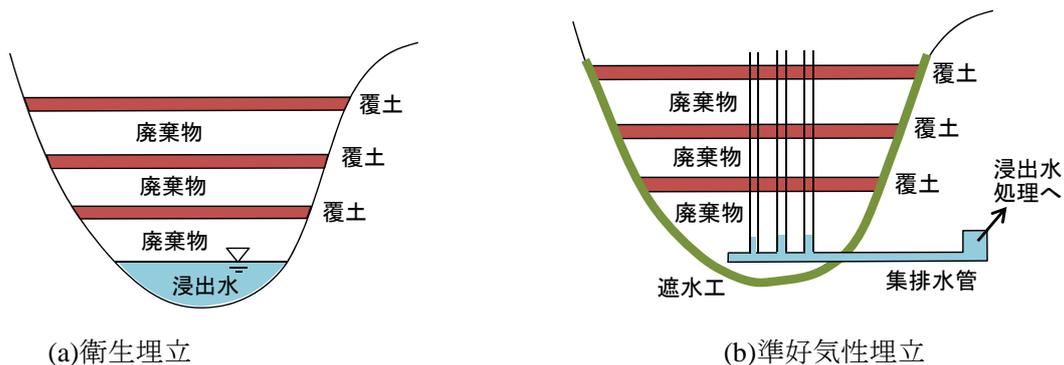
出典：藤田賢二『コンポスト化技術』（1993年）を参考に調査団作図

図 5.1-3 堆肥化の処理フロー

### 5.1.4 衛生埋立

一般廃棄物処分場の方式としては、主に発展途上国において実施されている単純投棄によるオープンダンプ方式、即日覆土を行う衛生埋立（図 5.1-4 (a)）、浸出水集水管の上端を大気に解放することで好気性分解を促進する準好気性埋立（図 5.1-4 (b)）などが実用化されている。これらの処分場方式に応じ、埋立処分場には廃棄物を貯留する埋立地のほか、汚水の漏出を防止する遮水工、浸出水の集排水・処理施設、モニタリング設備、埋立ガスの排気・処理設備などが設置されている。埋立処分場は、適切な設備整備や管理が行われなかった場合には水質・土壌の汚濁、悪臭、地球温暖化ガスの排出源となり、迷惑施設としてその立地の困難さを抱えている。また、経済成長や都市の拡大に伴いごみ量が増加すれば、埋立処分場の不足が懸念される。従って、発展途上国においても焼却や各種中間処理の推進による埋立処分量の削減、および衛生的な埋立処分場の整備が求められている。

本調査では、日本で標準的に行われている準好気性埋立を導入することを想定し、コストおよび社会・環境面の検討を行った。



出典：調査団作図

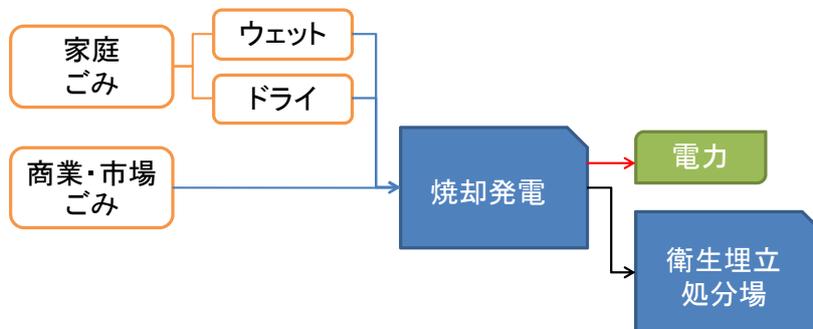
図 5.1-4 埋立処分場の方式

### 5.1.5 廃棄物処理方式代替案の検討

上記に示した処理方式を組み合わせ、以下の4ケースの代替案を想定した。

### (1) ケース 1：全量焼却発電

搬入される廃棄物を全量焼却処理する方法である。中間処理施設を焼却施設のみにするこ  
によって施設の効率化を図るとともに、焼却に伴う熱を利用して発電することも可能となる。また、  
焼却に伴い排出される焼却灰を埋め立てるために、衛生埋立処分場も併せて整備する。

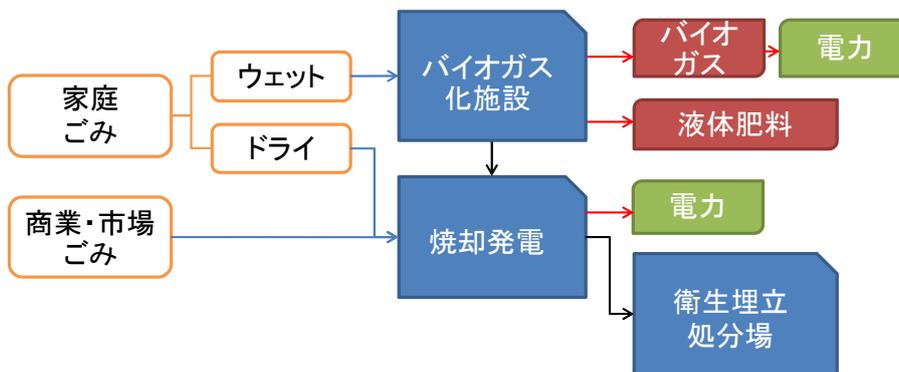


出典：調査団作図

図 5.1-5 全量焼却発電の処理フロー（ケース 1）

### (2) ケース 2：焼却発電＋バイオガス化

分別して搬入される廃棄物について、「ウェットごみ」はバイオガス化施設で処理を行い、「ド  
ライごみ」及び「商業・市場ごみ」は焼却施設で処理する方法である。分別した廃棄物をそれぞ  
れの特성에 応じた処理方法で処理するもので、バイオガス化施設では発生したバイオガスで発電  
を行う。また、焼却施設においても焼却に伴う熱で発電を行うことができる。ケース 1 と同様に  
処理残差は衛生埋立処分場に搬入するものとする。

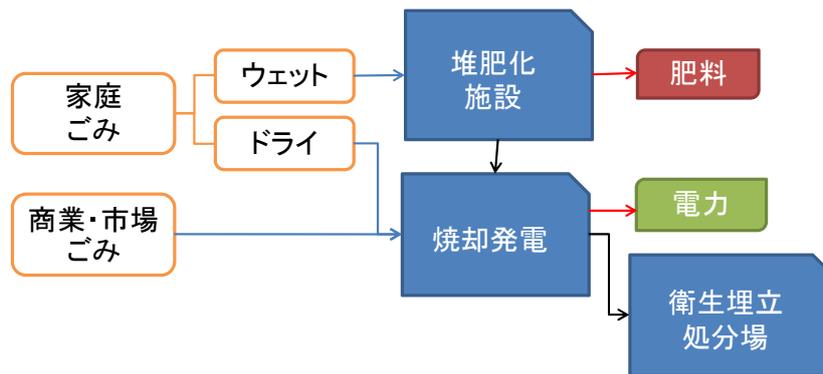


出典：調査団作図

図 5.1-6 焼却発電＋バイオガス化の処理フロー（ケース 2）

### (3) ケース 3：焼却発電＋堆肥化

分別して搬入される廃棄物について、「ウェットごみ」は堆肥化施設で処理を行い、「ドライご  
み」及び「商業・市場ごみ」は焼却施設で処理する方法である。分別した廃棄物をそれぞれの特  
性に 応じた処理方法で処理するもので、堆肥化施設では堆肥を製造し、売却を行う。また、焼却  
施設においても焼却に伴う熱で発電を行うことができる。ケース 1 と同様に処理残差は衛生埋立  
処分場に搬入するものとする。

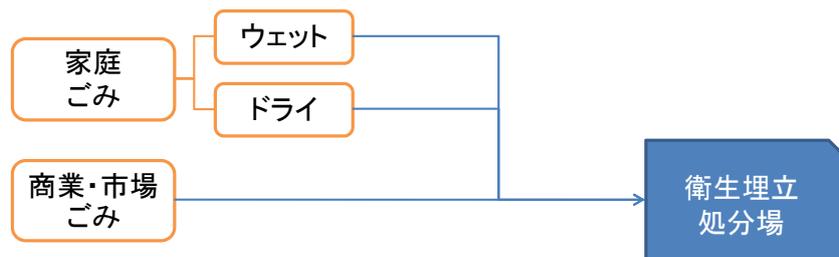


出典：調査団作図

図 5.1-7 焼却発電+堆肥化の処理フロー（ケース 3）

#### (4) ケース 4：全量衛生埋立処理

搬入される廃棄物をこれまでと同様に全量埋立処理を行う方法である。処分場は新設し、環境に影響を与えない衛生埋立処分場を想定する。



出典：調査団作図

図 5.1-8 全量衛生埋立処理の処理フロー（ケース 4）

## 5.2 概算コスト

### 5.2.1 概算コストの算出方法

各検討ケースにおける概算コストは、初めにそれぞれ日本における建設費・維持管理費を算出した後、購買力平価（PPP）を用いてミャンマーにおける建設費・維持管理費に換算する。なお、ミャンマーにおける現地貨への換算は「第6章 事業化・資金調達に係る予備的検討」にて行うこととし、ここでは日本における建設費・維持管理費を示す。

#### (1) 焼却施設

<建設費>

焼却施設の建設費は、環境省の「廃棄物処理技術情報 一般廃棄物処理実態調査結果（平成22年度調査結果）」および「廃棄物処理施設整備事業データブック 2011」より、過去の施設建設事例（焼却発電のみ）を抽出し近似式を作成して推計を行った。

$$\text{建設費[千円]}=190001*\text{処理能力}[t]^0.7314 \text{ (相関係数 } R^2=0.6505)$$

<用役費・電力費>

「メタン発酵情報資料集 2008」のケースより近似式を作成して推計を行った。

$$\text{用役費[百万円]}=0.2208*\text{処理能力}[t]+6.3333 \quad \text{電力費(百万円)}=0.4889*\text{処理能力}[t]+31.773$$

<補修費>

「メタン発酵情報資料集 2008」のケースを参考に15年間で建設費の40%と設定した。

#### (2) バイオガス化施設

<建設費>

バイオガス化施設の建設費は「メタン発酵情報資料集 2008」のケースより近似式を作成して推計を行った。

$$\text{建設費(百万円)}=182.85*\text{施設規模}[t]^0.6574$$

<用益費・電力費>

バイオガス化施設及び焼却施設用役費・電力費は、「メタン発酵情報資料集 2008」のケースより近似式を作成し、焼却施設とバイオガス化施設をあわせて算出した。

$$\text{用役費[百万円]}=0.2943*\text{両施設の処理能力}[t]+6.709 \quad \text{電力費(百万円)}=0.474*\text{両施設の処理能力}[t]+36.96$$

#### <補修費>

「メタン発酵情報資料集 2008」のケースを参考に両施設をともに 15 年間で建設費の 40%と設定した。

### (3) 堆肥化施設

#### <建設費・維持管理費>

堆肥化施設の建設費及び維持管理費は、『バイオマス利活用情報技術データベース』((社)地域資源環境センター)より都市ごみを原料に含む攪拌方式・開放型を抽出し、近似式を作成して推計を行った。

$$\text{建設費(総事業費)[千円]}=17402*\text{搬入日量[t/day]}+60067$$

$$\text{維持管理費[千円/年]}=867.26*\text{搬入日量[t/day]}+1298.2$$

### (4) 最終処分場

最終処分場の建設費・維持管理費は、「環境安全な廃棄物埋立処分場の建設と管理」(田中信壽著:技報堂出版)に記載の試算式より算出した。

## 5.2.2 各ケースにおける施設規模の検討

### (1) 規模の算出方法

#### 1) 焼却施設

焼却施設の施設規模は、以下の計算式より求めた。

$$\text{施設規模(t/日)}=\text{日処理量 (t/日)}\div\text{年間実稼働率 (\%)}\div\text{調整稼働率 (\%)}$$

ここで、各係数は以下のとおりとした。

$$\text{年間実稼働率: }365\text{日}-85\text{日(点検補修等で稼働停止する日数)}=280\text{日}$$

$$280\text{日}/365\text{日}=\text{約 }77\%$$

$$\text{調整稼働率: }96\% \text{ (日本の設計要領より)}$$

#### 2) バイオガス化施設

バイオガス化施設の施設規模は、以下の計算式より求めた。

$$\text{施設規模(t/日)}=\text{日処理量 (t/日)}\div\text{稼働率 (\%)}$$

ここで、各係数は以下のとおりとした。

$$\text{稼働率: }84\% \text{ (メタン発酵情報資料集 2008 を参考に設定)}$$

### 3) 堆肥化施設

堆肥化施設の施設規模は、以下の計算式より求めた。

$$\text{施設規模(t/日)} = \text{日処理量 (t/日)} \div \text{稼働率 (\%)}$$

ここで、各係数は以下のとおりとした。

稼働率：80%（日本の実績より推定）

### 4) 最終処分場

最終処分場の施設規模は、「環境安全な廃棄物埋立処分場の建設と管理」（田中信壽著：技報堂出版）より、年間の埋立量と事業期間、単位体積重量および覆土の容積を勘案して算出した。

#### (2) 各ケースにおける施設規模

各ケースにおける施設規模の算定にあたり対象とする廃棄物は、Htain Bin 最終処分場に搬入される 850t/日とした。また、事業期間は 15 年間を基本として計算した。

Htain Bin 最終処分場に搬入される廃棄物の都市ごみと直接搬入ごみの割合は PCCD のデータより案分し、それぞれの廃棄物における厨芥類とそれ以外の割合は、今回実施したごみ組成分析の結果より設定した。

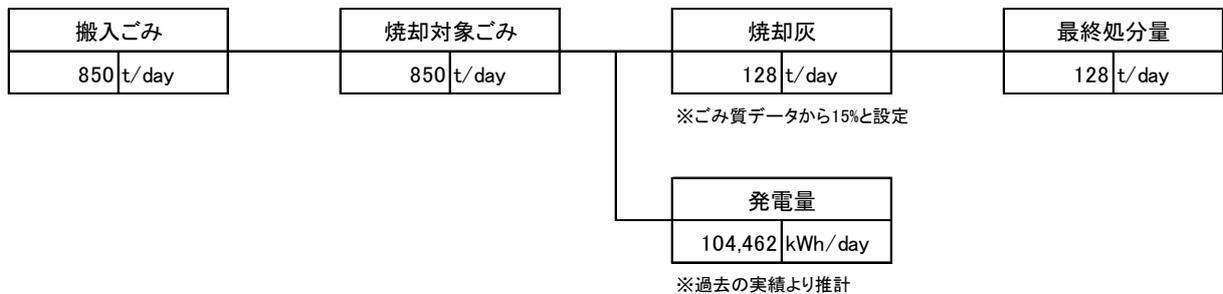
ごみ受入量	850 t/day	—	直接搬入ごみ	307 t/day	—	直接搬入ごみ	厨芥類	138 t/day
			都市ごみ	543 t/day			厨芥類以外	169 t/day
						都市ごみ	厨芥類	239 t/day
							厨芥類以外	304 t/day

出典：調査団作成

図 5.2-1 Htain Bin 最終処分場に搬入される廃棄物の割合

#### 1) ケース 1：全量焼却発電

ケース 1 におけるマテリアルフローは以下に示すとおりである。



出典：調査団作成

図 5.2-2 ケース 1 におけるマテリアルフロー

上記マテリアルフローより、ケース 1 における各施設の規模は前述の計算方法より以下のとおりとなる。

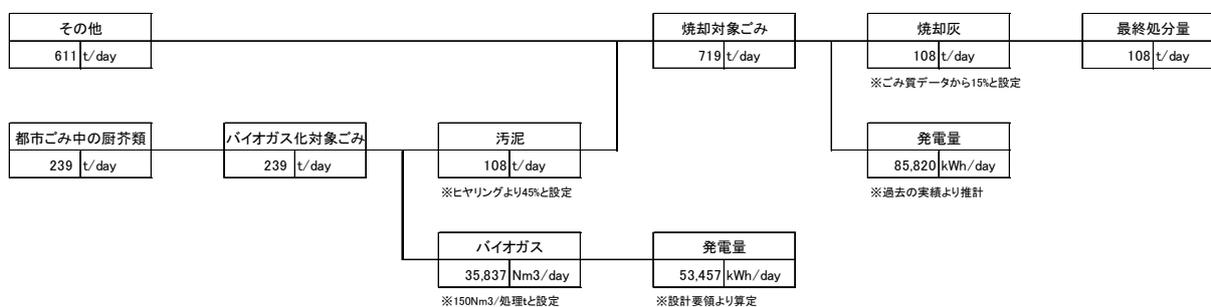
表 5.2-1 ケース 1 における施設規模

施設名	規模	備考
焼却施設	1,160t/day	10t 未満切り上げ
最終処分場	492,750m <sup>3</sup>	15 年間埋立（覆土含む）

出典：調査団作成

## 2) ケース 2：焼却発電＋バイオガス化

ケース 2 におけるマテリアルフローは以下に示すとおりである。



出典：調査団作成

図 5.2-3 ケース 2 におけるマテリアルフロー

上記マテリアルフローより、ケース 2 における各施設の規模は前述の計算方法より以下のとおりとなる。

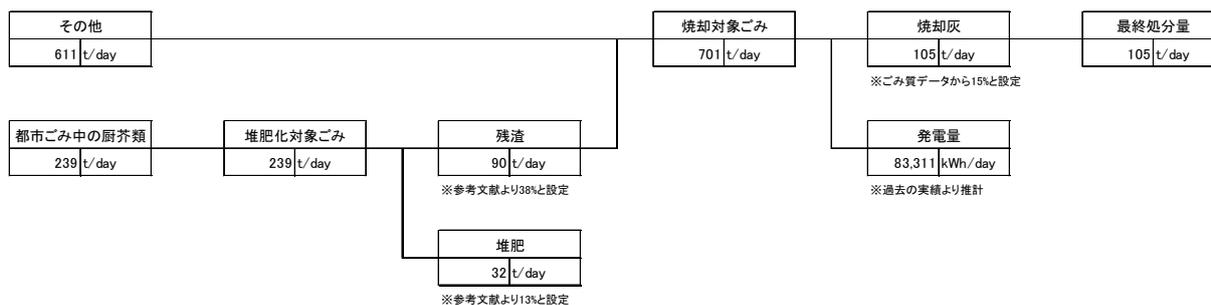
表 5.2-2 ケース 2 における施設規模

施設名	規模	備考
焼却施設	980t/day	10t 未満切り上げ
バイオガス化施設	290t/day	10t 未満切り上げ
最終処分場	416,581m <sup>3</sup>	15 年間埋立（覆土含む）

出典：調査団作成

## 3) ケース 3：焼却発電＋堆肥化

ケース 3 におけるマテリアルフローは以下に示すとおりである。



出典：調査団作成

図 5.2-4 ケース 3 におけるマテリアルフロー

上記マテリアルフローより、ケース 3 における各施設の規模は前述の計算方法より以下のとおりとなる。

表 5.2-3 ケース 3 における施設規模

施設名	規模	備考
焼却施設	960t/day	10t 未満切り上げ
堆肥化施設	300t/day	10t 未満切り上げ
最終処分場	406,331m <sup>3</sup>	15 年間埋立（覆土含む）

出典：調査団作成

#### 4) ケース 4：全量衛生埋立処理

ケース 4 におけるマテリアルフローは以下に示すとおりである。



出典：調査団作成

図 5.2-5 ケース 4 におけるマテリアルフロー

上記マテリアルフローより、ケース 4 における各施設の規模は前述の計算方法より以下のとおりとなる。

表 5.2-4 ケース 4 における施設規模

施設名	規模	備考
最終処分場	7,278,841m <sup>3</sup>	15 年間埋立（覆土含む）

出典：調査団作成

### 5.2.3 算出結果

#### (1) ケース 1：全量焼却発電

設定した施設規模をもとに算出した、ケース 1 の建設費及び維持管理費を以下に示す。

表 5.2-5 ケース 1 における建設費及び維持管理費

	15 年コスト総計	建設費	15 年維持管理費	維持管理費※
	億円/15 年	億円	億円/15 年	億円/年
焼却施設	593	331	262	17.4
最終処分場	49	27	23	1.5
合計	642	358	284	19.0

※維持管理費には、電力費、用益費、補修費が含まれる。また、最終処分場については、埋め立て終了後の浸出水処理に係る費用も見込んでいる。

出典：調査団作成

#### (2) ケース 2：焼却発電＋バイオガス化

設定した施設規模をもとに算出した、ケース 2 の建設費及び維持管理費を以下に示す。

表 5.2-6 ケース 2 における建設費及び維持管理費

	15 年コスト総計	建設費	15 年維持管理費	維持管理費※
	億円/15 年	億円	億円/15 年	億円/年
焼却施設	669	293	300	20.0
バイオガス化施設		76		
処分場	43	23	20	1.3
合計	712	392	320	21.4

※維持管理費には、電力費、用益費、補修費が含まれる。また、最終処分場については、埋め立て終了後の浸出水処理に係る費用も見込んでいる。

出典：調査団作成

#### (3) ケース 3：焼却発電＋堆肥化

設定した施設規模をもとに算出した、ケース 3 の建設費及び維持管理費を以下に示す。

表 5.2-7 ケース 3 における建設費及び維持管理費

	15 年コスト総計	建設費	15 年維持管理費	維持管理費※
	億円/15 年	億円	億円/15 年	億円/年
焼却施設	556	288	267	17.8
堆肥化施設	73	42	31	2.1
最終処分場	43	23	20	1.3
合計	672	353	318	21.2

※維持管理費には、電力費、用益費、補修費が含まれる。また、最終処分場については、埋め立て終了後の浸出水処理に係る費用も見込んでいる。

出典：調査団作成

(4) ケース 4：全量衛生埋立処理

設定した施設規模をもとに算出した、ケース 4 の建設費及び維持管理費を以下に示す。

表 5.2-8 ケース 4 における建設費及び維持管理費

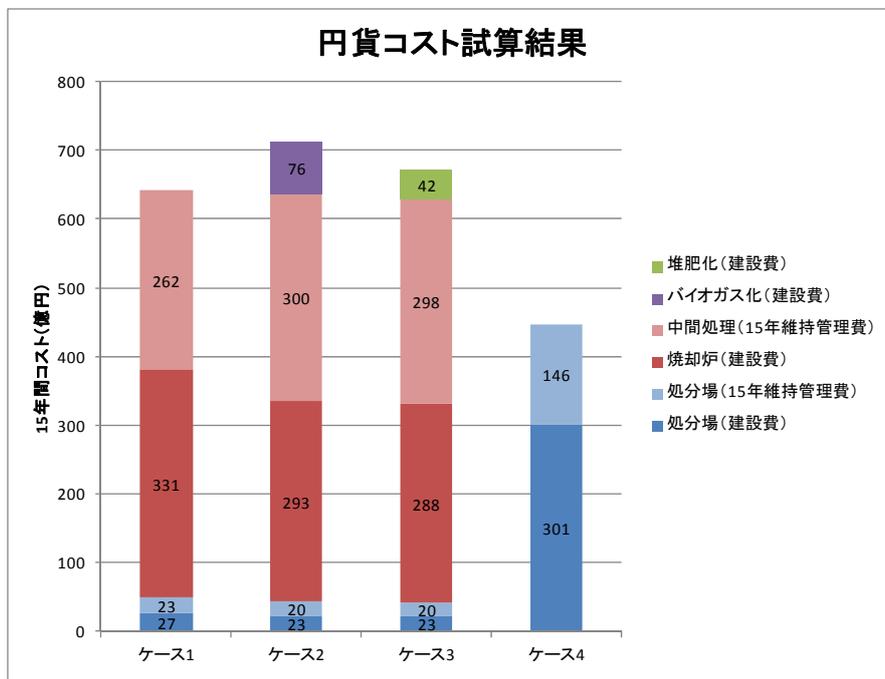
	15 年コスト総計	建設費	15 年維持管理費	維持管理費※
	億円/15 年	億円	億円/15 年	億円/年
最終処分場	447	301	146	9.7
合計	447	301	146	9.7

※維持管理費には、電力費、用益費、補修費が含まれる。また、最終処分場については、埋め立て終了後の浸出水処理に係る費用も見込んでいる。

出典：調査団作成

ケース 1～4 の試算結果を図 5.2-6 に示す。15 年間の総事業費が最も多いのがケース 2 の「焼却発電＋バイオガス化」で 712 億円となった。次に総事業費が多いのがケース 3 の「焼却発電＋堆肥化施設」で 672 億円となっている。3 番目はケース 1 の「全量焼却発電」で 642 億円となり、もっとも総事業費が小さいのがケース 4 の「全量埋立処理」で 447 億円となっている。

ケース 2 と 3 では、焼却施設と最終処分場の建設コストはケース 1 より安価であるが、中間処理施設を 2 施設作ることで建設費の総額が高くなっている。また、維持管理費についても、中間処理施設が 2 施設あることからケース 1 より高額となっている。ケース 4 についても施設建設費は約 300 億程度であるが、維持管理費が他のケースの半額程度となっている。



出典：調査団作成

図 5.2-6 円貨コスト試算結果 (ケース 1～4)

## 5.3 環境負荷

### 5.3.1 温室効果ガス排出量

各検討ケースにおける温室効果ガス排出量を算出した。算出にあたっては、JICA が提供している気候変動対策支援ツール／緩和策 試行版 (Ver. 1.0 2011年6月)<sup>1</sup>を利用した。なお、本調査では概算の数値を示したものであり、今後 CDM 事業などで温室効果ガスの詳細な排出量を算定する場合には、別途検討が必要である。

#### (1) 適用セクター

今回の検討ケースにおいて適用されるセクター・サブセクターは、それぞれの事業の特性を考慮して以下のとおりとする。

表 5.3-1 検討ケースにおける適用セクター・サブセクター

検討ケース	セクター	サブセクター
ケース 1：全量焼却発電	下水道・都市衛生	23.廃棄物の中間処理
ケース 2：焼却発電＋バイオガス化	下水道・都市衛生	23.廃棄物の中間処理
ケース 3：焼却発電＋堆肥化	下水道・都市衛生	23.廃棄物の中間処理
ケース 4：全量衛生埋立処理	下水道・都市衛生	22.廃棄物の埋立処分

#### (2) 計算方法

以下に GHG 算出の計算方法を示す。なお、ここでは概要のみを示すものとし、詳細な計算方法は出典元による。

#### <廃棄物の中間処理>

##### ■事業実施による GHG 排出削減量

廃棄物の中間処理（コンポスト化、ガス化、嫌気性消化、焼却を伴わない RDF 化処理又は熱処理、焼却）による GHG 排出削減量は、LFG 中のメタンが大気へ放出している状態（ベースライン）の排出量と、廃棄物の適正処理後（プロジェクト）の排出量の差分により求める。

$$ER_y = BE_y - PE_y \text{ (t-CO}_2\text{/y)}$$

$ER_y$  : y 年の事業実施による GHG 排出削減量 (t-CO<sub>2</sub>/y)

$BE_y$  : y 年の廃棄物の中間処理しない状態の GHG 排出量(t-CO<sub>2</sub>/y) (ベースライン排出量)

$PE_y$  : y 年の廃棄物の中間処理した状態の GHG 排出量(t-CO<sub>2</sub>/y) (プロジェクト排出量)

##### ■ベースライン排出量の算定

ベースライン排出量は、新たな廃棄物を埋立処分した際に発生するメタンによる GHG 排出量と、(事業実施後に発電・熱供給する場合は) 発電及び熱供給分のエネルギーを従来の方で生産し

<sup>1</sup> [http://www.jica.go.jp/about/direction/globalization/mitigation\\_j.html](http://www.jica.go.jp/about/direction/globalization/mitigation_j.html)

た場合の GHG 排出量の合計により算定する。

$$BE_y = MB_y - MD_{reg,y} + BE_{EN,y}$$

表 5.3-2 ベースライン排出量算定式（中間処理）の出入力項目

種類	項目	内容
出力	BE <sub>y</sub>	ベースライン排出量： 廃棄物が埋立処分され、処分場から発生するメタンが大気へ放出されている状態の GHG 排出量(t-CO2/y)
入力	MB <sub>y</sub>	事業実施前に処分場から発生するメタンによる GHG 排出量 (t-CO2/y)
	MD <sub>reg,y</sub>	事業実施前に国の規制や基準によりメタン分解燃焼による GHG 削減量(t-CO2/y)
	BE <sub>EN,y</sub>	事業実施後に得られる発電及び熱供給分のエネルギーを従来の方法で生産した場合の GHG 排出量(t-CO2/y)

■プロジェクト排出量の算定

事業実施後、廃棄物資源化施設における電気や燃料の消費による GHG 排出量を算定する。

$$PE_y = PE_{EC,y} + PE_{FC,y} + PE_{c,y} + PE_{a,y} + PE_{g,y} + PE_{ry} + PE_{i,y} + PE_{w,y}$$

表 5.3-3 プロジェクト排出量算定式（中間処理）の出入力項目

種類	項目	内容
出力	PE <sub>y</sub>	事業実施後における GHG 排出量(t-CO2/y)
入力	PE <sub>EC,y</sub>	事業実施後の電力消費による GHG 排出量 (t-CO2/y)
	PE <sub>FC,y</sub>	事業実施後の化石燃料消費による GHG 排出量 (t-CO2/y)
	PE <sub>c,y</sub> <sup>※</sup>	事業実施後のコンポスト化処理における GHG 排出量 (t-CO2/y) 事業実施後において、処理過程で発生した CH4 が回収・利用または破壊される場合は、本項目は無視する。
	PE <sub>a,y</sub> <sup>※</sup>	事業実施後の嫌気消化処理における GHG 排出量 (t-CO2/y) 事業実施後において、処理過程で発生した CH4 が回収・利用または破壊される場合は、本項目は無視する。
	PE <sub>g,y</sub> <sup>※</sup>	事業実施後のガス化処理における GHG 排出量 (t-CO2/y)
	PE <sub>ry</sub> <sup>※</sup>	事業実施後の固形燃料 (RDF) 化処理における GHG 排出量 (t-CO2/y)
	PE <sub>i,y</sub> <sup>※</sup>	事業実施後の焼却処理における GHG 排出量 (t-CO2/y)
	PE <sub>w,y</sub> <sup>※</sup>	事業実施後の排水処理における GHG 排出量 (t-CO2/y)

※：事業内容に該当する項目のみを算出する。該当しない項目は 0 とする。

■その他

①プロジェクトバウンダリー

GHG 推計の範囲は、廃棄物が中間処理及び埋立処分が行われるプロジェクト活動のサイト内とする。

②リーケージ

廃棄物利用におけるリーケージの可能性として、増加交通量に伴う排出量、焼却残さからの排出量、持続可能バイオマスのエンドユーザーからの排出量が考えられるが、これらの CO2 排出は事業規模に比して微小と判断されることが多いため、考慮しない。

## <廃棄物の埋立処分>

### ■事業実施による GHG 排出削減量

埋立状況改善による GHG 排出削減量は、LFG 中のメタンが大気へ放出している状態（ベースライン）の排出量と、事業実施後（プロジェクト）の排出量の差分により求める。

$$ER_y = BE_y - PE_y \text{ (t-CO}_2\text{/y)}$$

$ER_y$  : y 年の事業実施による GHG 排出削減量 (t-CO<sub>2</sub>/y)

$BE_y$  : y 年の事業実施前の GHG 排出量(t-CO<sub>2</sub>/y) (ベースライン排出量)

$PE_y$  : y 年の事業実施後の GHG 排出量(t-CO<sub>2</sub>/y) (プロジェクト排出量)

### ■ベースライン排出量の算定

ベースライン排出量は、回収されず、大気へ放出されている LFG 中のメタン排出量と、事業実施後に得られる発電及び熱供給分のエネルギーを従来の方法で生産した場合の GHG 排出量の合計である。

$$BE_y = (MD_{PJ,y} - MD_{reg,y}) \times GWP_{CH4} + BE_{EN,y}$$

表 5.3-4 ベースライン排出量算定式（埋立処分）の出入力項目

種類	項目	内容
出力	$BE_y$	ベースライン排出量： LFG が回収されず CH <sub>4</sub> が大気へ放出されている状態の GHG 排出量(t-CO <sub>2</sub> /y)
入力	$MD_{PJ,y}$	事業実施後に回収され、排出抑制される CH <sub>4</sub> 量(t-CH <sub>4</sub> /y) (≒事業実施前に処分場から発生している CH <sub>4</sub> 量)
	$MD_{reg,y}$	事業実施前に国の規制等により分解燃焼されている CH <sub>4</sub> 量(t-CH <sub>4</sub> /y) 途上国ではほとんど規制がないため、0 とする。
	$GWP_{CH4}$	メタンの温暖化係数 (=21 t-CO <sub>2</sub> /t-CH <sub>4</sub> )
	$BE_{EN,y}$	事業実施後に得られる発電及び熱供給分のエネルギーを従来の方法で生産した場合の GHG 排出量(t-CO <sub>2</sub> /y)

### ■プロジェクト排出量の算定

事業実施後、LFG 回収・発電施設等における電気や燃料の消費による GHG 排出量を算定する。

$$PE_y = PE_{EC,y} + PE_{FC,y} + PE_{N2O,y} + PE_{CH4,y}$$

表 5.3-5 プロジェクト排出量算定式（埋立処分）の出入力項目

種類	項目	内容
出力	$PE_y$	事業実施後における GHG 排出量(t-CO <sub>2</sub> /y)
入力	$PE_{EC,y}$	事業実施後の電力消費による GHG 排出量 (t-CO <sub>2</sub> /y)
	$PE_{FC,i,y}$	事業実施後の化石燃料消費による GHG 排出量 (t-CO <sub>2</sub> /y)
	$PE_{N2O,y}$	事業実施後において埋立廃棄物から発生する N <sub>2</sub> O による GHG 排出量 (t-CO <sub>2</sub> /y)
	$PE_{CH4,y}$	事業実施後において埋立廃棄物から発生する CH <sub>4</sub> による GHG 排出量 (t-CO <sub>2</sub> /y)

## ■その他

### ①プロジェクトバウンダリー

GHG 推計の範囲は、ガスが回収・破壊/有効利用されるプロジェクト活動のサイト内とする。

### ②リーケージ

廃棄物管理に係るライフ・サイクル・アセスメント（LCA）を考慮した場合、設備更新に係る製品製造や資材輸送等に伴う GHG 排出がリーケージと考えられるが、事業実施後における GHG 排出削減効果に比し、軽微な影響であり、方法論「ACM0001」でもリーケージは考慮していないため、考慮しない。

## (3) 計算結果

計算結果を以下に示す。下表のとおり、GHG 排出削減量は「④全量衛生埋立」が最も小さく、他の3つのケースはほぼ同程度であった。

表 5.3-6 GHG 排出削減量 (t-CO2/年)

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
GHG 排出削減量	約 153,000	約 151,000	約 148,000	約 71,000

### 5.3.2 廃棄物埋立量

各検討ケースのマテリアルフローより、15年間を事業期間とした場合の廃棄物埋立量を、以下のとおり算出した。焼却施設を導入しているケース1～3は、中間処理による廃棄物埋立量の減量効果が大きく、全量埋立を行うケース4に比較して埋立量は10～15%になる。

表 5.3-7 各ケースにおける廃棄物埋立量

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
廃棄物埋立量	128 t/日	108 t/日	105 t/日	850 t/日

### 5.3.3 その他の環境影響

各検討ケースにおける温室効果ガス、埋立廃棄物量以外のその他の環境影響について、以下のとおり定性的評価を行った。

#### 【浸出水量】

ケース1、ケース2、ケース3では、焼却による埋立廃棄物の削減により浸出水量も減少することが期待される。加えて有機性廃棄物の直接埋立が無くなり BOD、窒素、リン等の水質項目の汚濁負荷が緩和されると期待される。

#### 【悪臭、害虫の発生】

ケース①、ケース2、ケース3では、焼却により廃棄物を熱処理するため、悪臭や害虫の発生を防止できる。また、ケース4においても衛生埋立を行うことにより最終処分場やその周辺地域での悪臭や害虫の発生が低減される。

#### 【自然地形の改変】

ケース①、ケース2、ケース3では、焼却による埋立廃棄物の削減により最終処分場用地の

縮小が可能となり、処分場用地のための自然地改変が抑制される。

【大気環境】

ケース 1、ケース 2、ケース 3 では、ダイオキシン等の大気汚染への影響が懸念されるが、集塵フィルターや高温焼却、排ガス急冷処理等の適切な排ガス処理設備を備えることで影響は最小化できる。

【リサイクル】

ケース 2、ケース 3 では、有機性廃棄物の有効利用により、リサイクル率が向上する。また、ケース 1、ケース 2、ケース 3 では、焼却による発熱の利用によりサーマルリサイクルが可能となる。

表 5.3-8 各ケースにおけるその他の環境影響

環境影響	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
浸出水量	○	○	○	×
悪臭、害虫の発生	○	○	○	△
自然地形の改変	○	○	○	×
大気環境	○	○	○	○
リサイクル	○	◎	◎	×

## 5.4 社会的受容性

各検討ケースの社会的受容性について、排出源分別の実行可能性やウェスト・ピッカーの生計への影響、安定的電力供給への貢献等について、定性的に評価した。

### 5.4.1 排出源分別

現在ヤンゴン市では、家庭から排出されるごみをウェットごみとドライごみの2分別にして排出するよう指導しているが、今回のごみ質調査結果からは十分な分別ができていない状況が確認された。今回の検討ケースでは、ケース1（全量焼却発電）及びケース4（全量衛生埋立）が排出源における分別を求めずに対応することが可能である。一方、ケース2（焼却発電＋バイオガス化）及びケース3（焼却発電＋堆肥化）は、排出源においてバイオガス化、堆肥化に資する有機系の廃棄物（厨芥類、草木等）を分別することが適正な施設の運営における前提となっている。

我が国においても、家庭系廃棄物の厨芥類の分別はいくつかの都市で実施されているが、その殆どは小規模な自治体であり、ヤンゴン市のように大規模な都市での実施事例はなく、大都市における厨芥類の分別実施の難しさがうかがえる。そのため、ヤンゴン市において有機系廃棄物の分別を前提としたケース2及びケース3の実現には市民の協力が不可欠であり、現状では分別意識の浸透していない状況を考えると、実現には多くの困難があるものと考えられる。

### 5.4.2 ウェスト・ピッカーの生計

既存の最終処分場には、埋立廃棄物から有価物を収集するウェスト・ピッカーが存在する。ケース1～3で検討している焼却施設を建設することにより、既存の資源回収システムに直接的な影響を与え、現地で活動しているウェスト・ピッカーの生計に影響を及ぼす可能性がある。

対応策として、ケース2やケース3のバイオガス化施設や堆肥化施設では、前処理施設として選別工程を設けることにより、選別要員としてウェスト・ピッカーを雇用することも可能と考えられる。なお、ケース4の全量埋立処理では基本的に現状と変わらないためウェスト・ピッカーの生計への影響は想定されない。

### 5.4.3 安定的電力供給への貢献

ヤンゴン市は慢性的な電力不足に悩まされており、電力需要に対する新たな電力供給は経済の発展を考えた場合に必要不可欠の問題である。今回の検討ケースでは、焼却施設の設置を想定しているケース1～3においては、焼却施設に併設する発電設備によって発電施設としての利用も可能である。我が国においてもこれまで1,000件を超える焼却発電施設の実績があり、100t/日を超える焼却施設では殆どの施設が発電設備を設けており、発電した電力によって施設内の電力を賄う自家消費を行い、余った電気を外部へ売電している。2011年3月の東日本大震災において、東京都内が電力不足に陥った時にも、23区内の焼却施設において発電した電力を外部へ供給するなど、電力供給のインフラ施設として機能している。

一方で、最終処分場において発生した埋立ガスを集めて発電するシステムも実験的に行われているが、ガスの発生が不規則であったり、当初想定したガス量が集まらなかったり、安定した発電設備としての実績はあまりない。

焼却施設の個々の発電能力はそれほど大きくないが、水力発電や火力発電を含めた多様な供給源を持つことにより、ヤンゴン市の安定的な電力供給に貢献することが可能であり、再生可能エネルギーの中でも安定して発生する廃棄物をエネルギー源とすることにより、安定した電力供給を行うことが可能な施設である。

#### 5.4.4 用地の確保

ヤンゴン市内で排出されたごみは、PCCD が管理する最終処分場で直接埋立されている。2012年9月時点で供与されている最終処分場は2か所であり、その他、小規模な暫定処分場が運用されている状況である。

一般に廃棄物処理施設は迷惑施設として認識され、用地の確保が困難な場合が多い。また、最終処分場は広大な土地が必要であり、近年開発が著しいヤンゴン市内では一定規模以上の土地の確保が困難な状況となっている。

焼却施設は廃棄物を減容化することにより最終処分場の敷地を狭小化することが可能である。ケース4では Htein Bin 最終処分場に搬入される廃棄物を全量埋立処分することとしているが、そのために必要な最終処分場の必要面積は埋立高さを10mとした場合に約110haと試算される。ケース1～3の場合には、焼却施設やバイオガス化施設などの中間処理施設を建設する土地が必要であるが、1,000t/日クラスの焼却施設でも5ha程度の敷地で建設可能である。焼却後の灰を埋め立てる最終処分場についても、6～7ha程度の敷地で建設することが可能であり、ケース4の約1/10程度に収めることも可能である。

このことから、焼却施設などの中間処理施設で廃棄物を減容化するケース1～3は、全量を直接埋立処理するケース4に比較して、用地の確保の観点からは優位となる。

#### 5.4.5 収集効率の向上

本調査では Htein Bin 処分場の敷地内に廃棄物処理施設を設置することを想定しているため、廃棄物を搬入する収集車両等に影響はない。

しかし、焼却施設は廃棄物の減容効果が高く、施設の設置場所によっては収集運搬のコストを低減することも可能である。焼却施設によって廃棄物を減容化することによって運搬効率が上がり、車両台数も低減できる。また、車両台数の減少により車から排出される排ガス量が減量するとともに、沿道における騒音、振動も軽減が可能となる。

表 5.4-1 ケース 1~4 における社会的受容性の比較

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
排出源での分別	○ 現状維持	× 分別が機能することが前提	× 分別が機能することが前提	○ 現状維持
ウェスト・ピッカーの生計への影響	△ 直接的な影響あり	△ 選別施設での雇用の可能性	△ 選別施設での雇用の可能性	○ 現状維持
安定的電力供給への貢献	○ 発電施設として貢献	○ 発電施設として貢献	○ 発電施設として貢献	× 発電なし
用地の確保	○ 全量埋立に比較して狭い敷地で処理可能	○ 全量埋立に比較して狭い敷地で処理可能	○ 全量埋立に比較して狭い敷地で処理可能	× 広大な敷地が必要
収集効率の向上 (収集コスト削減) (車両からの排気ガス減少)	○ 都市近郊に設置できれば効率向上	○ 都市近郊に設置できれば効率向上	○ 都市近郊に設置できれば効率向上	× 現状維持

## 5.5 廃棄物処理方式の比較検討結果

これまでの検討結果より、各ケースの処理方式について取りまとめる。

### 【ケース1（全量焼却発電処理）】

全量焼却発電処理を行うケース1は、建設費と維持管理費を含めた15年間の総事業費は4ケース中2番目に安価となる。

環境負荷の面では、GHG削減効果が4ケース中最も大きくなると試算された。廃棄物埋立量については、全量焼却処理を行うことから128t/dayと試算され、全量埋立と比較すると大幅に低減される。その他の環境影響についても、焼却による熱処理によって悪臭や害虫の発生抑制、施設設置に伴う土地改変エリアの狭小化など、他ケースに比較してメリットが多い。

社会的受容性では、ウェスト・ピッカーの生計への影響で、既存のリサイクルシステムへ影響を与えることから、ウェスト・ピッカーへの対応を検討する必要がある。その他、分別や電力供給の面からは既存の処理方法と比較してメリットがある。

### 【ケース2（焼却発電＋バイオガス化）】

焼却発電施設とバイオガス化施設の2施設を建設するケース2では、総事業費は4ケース中最も高くなる。

環境負荷の面では、GHG削減効果は4ケース中2番目であるが、最も高いケース1とほぼ同程度の削減幅である。廃棄物埋立量についても、焼却処理の効果から108t/dayと試算され、全量埋立と比較して大幅な低減となる。その他の環境影響についても、ケース1と同様にメリットが多くある。

社会的受容性では、バイオガス化施設を導入することから、施設の適切な運転のためには発生段階での厨芥類の分別が必要となり、市民の協力が不可欠となる。また、ケース1と同様にウェスト・ピッカーの生計への影響があるが、中間処理施設での選別システムで雇用するなど、プロジェクトへの組み込みの可能性がある。その他、電力供給や用地の確保に関連して既存の処理方法と比較してメリットがある。

### 【ケース3（焼却発電＋堆肥化）】

焼却発電施設と堆肥化施設の2施設を建設するケース3では、総事業費は4ケース中2番目に高くなる。

環境負荷の面では、GHG削減効果は4ケース中3番目であるが、最も高いケース1とほぼ同程度の削減幅である。廃棄物埋立量についても、焼却処理の効果から105t/dayと試算され、最も削減幅が大きくなる。その他の環境影響についても、ケース1と同様にメリットが多くある。

社会的受容性では、堆肥化施設を導入することから、良質な堆肥の製造のためには発生段階での厨芥類の分別が必要となり、市民の協力が不可欠となる。また、ケース1と同様にウェスト・ピッカーの生計への影響があるが、堆肥化施設で雇用するなど、プロジェクトへの組み込みの可能性がある。その他、電力供給や用地の確保に関連して既存の処理方法と比較してメリットがある。

#### 【ケース4（全量埋立処理）】

全量埋立処理を行うケース4は、建設費と維持管理費を含めた15年間の総事業費は4ケース中最も安価となる。

環境負荷の面では、GHG削減効果が4ケース中最も小さくなると試算された。埋立廃棄物量は、中間処理を行わずに搬入された廃棄物をそのまま埋め立てることにより、現状と変わらずに4ケース中最も多くなる。その他の環境影響として、衛生埋立を行うことから、覆土等の効果により悪臭や害虫の発生はある程度抑制されるが、焼却施設を導入するケース1～3に比べると抑制効果は低い。また、施設設置に伴う土地改変エリアは、ケース1～3に比較して広大な面積が必要となり、周辺環境に与える影響は大きい。

社会的受容性では、既存の処理方法と大きく変わらないため、ウェスト・ピッカーの生計への影響は最小化されるが、覆土等の施工により活動に制限を与えることも考えられる。また、電力供給の面からは他のケースと比較してメリットがない。

# 第6章 事業化・資金調達に係る予備的検討

## 6.1 財務分析

### 6.1.1 財務分析の前提条件

第5章で整理した4つの処理方式（ケース1～4とする）を導入した場合、それぞれのケースの事業収支を検討した。財務分析は表6.1-1に示すODA等の一般的なソフトローンの前提条件に基づき実施した。

表 6.1-1 各処理方式の再先生評価に適用する共通の前提条件

項目	全ケースに適用する前提条件
処理量	850 トン/日 x365 日=310,250 トン/年
事業期間	30 年
事業準備・工事期間	4 年（設計、入札図書作成、業者選定などの準備期間と工事及び試運転期間）
減価償却	15 年、定額法
税金	法人税率：30%
借入金	事業費：100%、ただし、初期の管理費分のみ事業者負担
返済期間	30 年、ただし、据置期間 10 年間
金利	0.5%（LDC アンタイド）
算定価格	2012 年固定価格
割引率	6%（中央政府のプライムレート適用）
土地取得	YCDC 所有地、無償提供

### 6.1.2 事業収支の検討

事業収支の検討は、収入および支出項目の条件設定を変更し、どのような条件の場合に事業が成立するかについてのシミュレーションを基本的な財務的指標（NPV、IRR、B/C）に基づいて行う。

- ✓ 事業支出：第5章に示された概算工事費（CAPEX）及び維持管理費（OPEX）とする。但し、ケース4を始めとする処分場は15年の受け入れ容量で試算されているため、CAPEXは170%増として30年の事業期間に対応できる事業費とする。
- ✓ 事業収入：各処理方式により以下とする。
  - a. ケース4はごみ処理手数料のみである。
  - b. ケース1,2,3は上記aに売電収入を加える。
  - c. ケース3は上記a, bに堆肥販売収入を加える。

#### (1) 事業収支シミュレーション（その1）：現行の料金及び徴収率をベース

現在のごみ処理料金体系かつ料金徴収率に基づき各ケースの事業採算性を試算する。  
シミュレーション（その1）の条件を以下とする。

- ① ごみ処理手数料は現行の料金制度と料金徴収率（15～20%）からの計算価格を採用して、4,100Kyat/トンとする。
- ② 処理量はいずれのケースも平均850トン/日、年間365日稼働とする。
- ③ 売電収入はケース毎に発電量が異なるが、売電単価は現行の平均売電単価（34 Kyat/kWh）を

採用する。

- ④ 堆肥売上収入は堆肥生産量 32 トン/日、販売単価は現在の市場価格（30kg=500Kyat）から 20Kyat/kg とする(UAE などから輸入されている化学肥料は 500～560Kyat/kg で取引されているが、同国では化学肥料中心の市場となっており、堆肥に対する消費者サイドの需要は低い現状である)。
- ⑤ 支出項目の CAPEX/OPEX は第 3 章概略工事費を購買力平価（PPP）（4.8675Kyat/円<sup>1</sup>）で換算した現地貨とする。

表 6.1-2 に事業収支のシミュレーション（その 1）の条件を整理する。

表 6.1-2 事業収支のシミュレーション（その 1）条件

		ケース 1 (全量 焼却発電)	ケース 2 (焼却 発電+メタン)	ケース 3 (焼却 発電+堆肥化)	ケース 4 (全量 衛生埋立)
1. 収入項目					
ごみ処理手数料	単価 (Kyat/トン)	4,100			
売電	売電量 (kWh/日)	104,462	139,277	83,311	-
	単価 (Kyat/kWh)	34			-
堆肥	生産量 (トン/日)	-		32	-
	単価 (Kyat/kg)	-		20	-
2. 支出項目					
CAPEX	億 Kyat	1,835	1,986	1,796	2,491
OPEX	億 Kyat/年	92	104	103	47

### 算出結果

表 6.1-3 に算出結果を示す。いずれのケースも NPV がマイナスであり、B/C は 1.0 以下であることから事業の採算性は極めて低く、事業化は困難と評価される。

表 6.1-3 事業シミュレーション（その 1）の算出結果

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
現在価値 (NPV)	-1,360 億 Kyat	-1,494 億 Kyat	-1,475 億 Kyat	-1,197 億 Kyat
内部収益率 (IRR)	算出できず	算出できず	算出できず	算出できず
費用便益比 (B/C)	0.18	0.19	0.17	0.11
事業化評価	×	×	×	×

注) ×：実現性がない。

### (2) 事業収支シミュレーション（その 2）：現行の料金徴収率を 5 倍（100%）に増加した場合

CAPEX/OPEX は変更せずに、現在のごみ料金体系におけるごみ徴収率を最大限とした収入の想定に基づく各ケースの事業採算性を試算する。

シミュレーション（その 2）の条件を以下とする。

- ① 料金徴収率をほぼ 100%とした料金収入とし、ごみ処理手数料の徴収を現行の約 5 倍の 20,500 kyat/トンまでの都市廃棄物まで拡大できると想定する。
- ② 売電単価は現行の平均発電単価（34 Kyat/kWh）とする。
- ③ 堆肥は（その 1）と同様、生産量を 32 トン/日、販売単価を 20Kyat/kg とする。

<sup>1</sup> International Monetary Fund, World Economic Outlook Database, October 2012

④ 支出項目の CAPEX/OPEX は（その 1）と同額とする。

表 6.1-4 に事業収支のシミュレーション（その 2）の条件を整理する。

表 6.1-4 事業収支のシミュレーション（その 2）条件

		ケース 1 (全量 焼却発電)	ケース 2 (焼却 発電+メタン)	ケース 3 (焼却 発電+堆肥化)	ケース 4 (全量 衛生埋立)
1. 収入項目					
ごみ処理手数料	単価 (Kyat/トン)	20,500			
売電	売電量 (kWh/日)	104,462	139,277	83,311	-
	単価 (Kyat/kWh)	34			-
堆肥	生産量 (トン/日)	-	-	32	-
	単価 (Kyat/kg)	-	-	20	-
2. 支出項目					
CAPEX	億 Kyat	1,835	1,986	1,796	2,491
OPEX	億 Kyat/年	92	104	103	47

### 算出結果

表 6.1-5 に算出結果を示す。財務指標はシミュレーション（その 1）より良好であるが、いずれの場合も NPV はマイナスで、B/C は 1.0 以下であることから事業化の可能性は困難であると評価される。最も良い数値を示しているケース 4 でも事業化に向けては、更に収入を 5 割増加させることができるか、コストを約 5 割削減できるかによる。

表 6.1-5 事業シミュレーション（その 2）の算出結果

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
現在価値 (NPV)	-772 億 Kyat	-906 億 Kyat	-887 億 Kyat	-1,327 億 Kyat
内部収益率 (IRR)	算出できず	算出できず	算出できず	算出できず
費用便益比 (B/C)	0.53	0.51	0.50	0.34
事業化評価	×	×	×	×

注) ×：実現性がない。

### (3) 業収支シミュレーション（その 3）：現行の料金徴収率を 5 倍、コストを半減した場合

上記（その 2）のケースでも採算性が見込めないため、コスト面（CAPEX/OPEX）を大幅に縮減した場合の各ケースの事業採算性を試算する。

シミュレーション（その 3）の条件を以下とする。

- ① ごみ処理手数料を（その 2）と同様に現行の約 5 倍の 20,500kyat/トンとする。
- ② 売電単価は現行の平均発電単価（34 Kyat/kWh）とする。
- ③ 堆肥は（その 1）と同様、生産量を 32 トン/日、販売単価を 20Kyat/kg とする。
- ④ 支出項目の CAPEX/OPEX は（その 1）から 55%に縮減する。

表 6.1-6 に事業収支のシミュレーション（その 3）の条件を整理する。

表 6.1-6 事業収支のシミュレーション（その3）条件

		ケース1 (全量 焼却発電)	ケース2 (焼却 発電+メタン)	ケース3 (焼却 発電+堆肥化)	ケース4 (全量 衛生埋立)
1. 収入項目					
ごみ処理手数料	単価 (Kyat/トン)	20,500			
売電	売電量 (kWh/日)	104,462	139,277	83,311	-
	単価 (Kyat/kWh)	34			-
堆肥	生産量 (トン/日)	-		32	-
	単価 (Kyat/kg)	-		20	-
2. 支出項目					
CAPEX	百万 Kyat	その1の55%に縮減			
OPEX	百万 Kyat/年	その1の55%に縮減			

算出結果

表 6.1-7 に算出結果を示す。ケース4のみ事業化が可能と評価される。その他のケースは更にコストを削減するか、収入を約1割増加させることができない限り事業化は困難である。

表 6.1-7 事業シミュレーション（その3）の算出結果

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
現在価値 (NPV)	-10 億 Kyat	-6 億 Kyat	-74 億 Kyat	+9 億 Kyat
内部収益率 (IRR)	7%	9.6%	11.1%	5.6%
費用便益比 (B/C)	0.99	0.94	0.92	1.01
事業化評価	×	×	×	○

注) ×：実現性がない。 ○：実現性がある

(4) 事業収支シミュレーション（その4）：現行の料金体系を倍増し、徴収率を100%とした場合

ごみ処理手数料を現行料金制度の約2倍まで増加させた場合の事業収支を試算する。売電や堆肥及びコスト面については「その1」の場合と同様とする。

シミュレーション（その4）の条件を以下とする。

- ① 現行のごみ処理手数料を2倍に値上げする。ごみ処理費を現行処理費の約10倍の43,050kyat/トンまで拡大する。
- ② 売電単価は現行の平均発電単価（34 Kyat/kWh）とする。
- ③ 堆肥は（その1）と同様、生産量を32トン/日、販売単価を20Kyat/kgとする。
- ④ 支出項目のCAPEX/OPEXは（その1）と同額とする。

表 6.1-8 に事業収支のシミュレーション（その4）の条件を整理する。

表 6.1-8 事業収支のシミュレーション（その4）条件

		ケース1 (全量 焼却発電)	ケース2 (焼却 発電+メタン)	ケース3 (焼却 発電+堆肥化)	ケース4 (全量 衛生埋立)
1. 収入項目					
ごみ処理手数料	単価 (Kyat/トン)	43,050			
売電	売電量 (kWh/日)	104,462	139,277	83,311	-
	単価 (Kyat/kWh)	34			-
堆肥	生産量 (トン/日)	-		32	-
	単価 (Kyat/kg)	-		20	-
2. 支出項目					
CAPEX	億 Kyat	1,835	1,986	1,796	2,491
OPEX	億 Kyat/年	92	104	103	47

算出結果

表 6.1-9 に算出結果を示す。ケース1 とケース4 において事業化の可能性があるが、ケース2 と3 は事業化の可能性は困難であると評価される。

表 6.1-9 事業シミュレーション（その4）の算出結果

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
現在価値 (NPV)	+36 億 Kyat	-97 億 Kyat	-79 億 Kyat	+199 億 Kyat
内部収益率 (IRR)	4.8%	9.1%	8.7%	208.0%
費用便益比 (B/C)	1.02	0.95	0.96	1.15
事業化評価	○	×	×	○

注) ×：実現性がない。 ○：実現性がある

6.1.3 財務分析の結論

以上から、ごみ処理手数料及びコストに関する事業シミュレーション算出結果を要約すると表 6.1-10 の通りとなる。

表 6.1-10 ごみ処理手数料に基づく事業化の前提条件と評価結果

シミュレーション	(その1)	(その2)	(その3)	(その4)
事業化の前提条件				
ごみ処理手数料 (Kyat/トン)	4,100	20,500	20,500	43,050
コスト (CAPEX/OPEX)	100%	100%	55%	100%
事業化評価				
ケース1 (全量焼却発電)	×	×	×	○
ケース2 (焼却発電+メタン)	×	×	×	×
ケース3 (焼却発電+堆肥化)	×	×	×	×
ケース4 (全量衛生埋立)	×	×	○	○

注) ×：実現性がない。 ○：実現性がある

- ・ シミュレーション (その1)：現行の PCCD のごみ処理料金をベースに試算したケースであるが、いずれのケースも必要事業費の2割程度の収入しか見込めないため、事業化は極めて困難である。
- ・ シミュレーション (その2)：料金収入を大幅に増加させたため財務指数は「その1」より大幅

に改善されているが、ケース4（全量衛生埋立）の場合でも収入はコストの7割程度しかカバーできない。また、ケース1（全量焼却発電）の場合では収入はコストの5割程度しかカバーできないことから依然事業化には至らない。

- ・ シミュレーション（その3）：コストを一律4.5割縮減させたシミュレーションであるが、初めてケース4（全量衛生埋立）がプラス数値を示している。その他の3ケースの事業化は困難である。
- ・ シミュレーション（その4）：このシミュレーションは現行のごみ料金を約2倍に値上げして、かつ料金徴収率も100%にした場合の事業採算性を試算したものである。（その3）でケース4（全量衛生埋立）の事業化が期待できる結果となったのに加えて、ケース1（全量焼却発電）の事業化が可能であることを示唆している。しかし、ごみ料金を現行料金より2倍近く値上げすることに対して市民の合意が得られるかが事業化に当たっての課題である。また、ケース3（焼却発電+堆肥化）では、堆肥の販売価格によっては事業化が可能と推定される。例えば、現在想定している20Kyat/kgの10倍に相当する200Kyat/kg以上の価格で販売が可能であれば事業化は可能と試算される。しかし、堆肥の場合、価格・品質を始めとする市場での化学肥料との比較優位が課題である。

各シミュレーションの結果から、ケース1およびケース4が比較的良好な財務結果が得られているため、これらの事業化について具体的に検討することが望ましい。但し、いずれのケースも土地取得費が考慮されていないため、事業化に当たってはYCDCによる事業用地の提供が前提となる。

なお、売電価格を変化させるシミュレーションも想定されるが、他の省庁との協議が必要となることから今回の予備的検討からは除外した。

## 6.2 事業化に係る予備的検討

### 6.2.1 事業化検討に当たっての基本的認識

#### (1) ミャンマー国が持つリスク

ミャンマー国は、長年続いた軍事独裁政権から民主化（2008年新憲法可決、2011年現大統領就任）へと政策転換し、世界の市場経済への参入の模索を開始したばかりである。即ち、同国で事業化を検討するには、政治的にも経済的にも過渡期であるため内在するリスクを考慮する必要がある。アジア開発銀行（ADB）は、表 6.2-1 に示す通り、ミャンマー国における強み、制約、機会及びリスクの分析を行っている。

表 6.2-1 ミャンマー国の強み、制約、機会及びリスク

<b>強み (Strengths)</b> 1. 改革の強い意志 2. 外国投資に魅力となる安い労働力の提供可能となる豊富な若年層 3. 土地、ガスや鉱物資源等の豊富な天然資源 4. 豊富な農業資源 5. 観光開発の可能性	<b>制約 (Constraints)</b> 1. 脆弱なマクロ経済的管理及び市場経済の経験不足 2. 限定された財源 3. 未発達な金融セクター 4. 運輸、電気や情報通信等の不十分なインフラ整備 5. 低い教育と医療レベル 6. 限定された経済的多様化
<b>機会 (Opportunities)</b> 1. 戦略的な位置 2. 潜在的な再生可能エネルギー 3. 多分野への投資の可能性	<b>リスク (Risks)</b> 1. 経済改革と自由化におけるリスク 2. 気候変動におけるリスク 3. 経済活動による公害発生リスク 4. 国内民族紛争に係る内政緊張のリスク

出所: Myanmar in Transition, Opportunities and Challenges, August 2012, ADB

表 6.2-1 から、事業における資金調達を考えた場合、ミャンマー国の財源不足、市場経済化での事業経験不足、金融等の民間資投融资環境が未成熟といった制約が多く、現状では国内での資金調達には限界がある。また、外国の民間投資家や金融機関がミャンマーへの投資を検討した場合であっても、外国投資の自由化の不透明さ（投資リスク）、公害や環境に関する法制度や基準の未整備（環境影響リスク）、国内政治の不安定さ（政治的リスク）等のリスクが存在する。なお、国際協力銀行（JBIC）による対ミャンマー国リスクプレミアム率は 16.42%<sup>2</sup>である。

#### (2) 廃棄物事業と採算性

廃棄物事業では常に採算性の確保が課題となる。ヤンゴン市の都市廃棄物事業のキャッシュフローでは年度当初の予算の不足分を補う（2011年、約 27 億 Kyat がヤンゴン市政府から補填）方法が取られている。表 6.2-2 にヤンゴン市清掃局（PCCD）提供の廃棄物管理事業の財務収支を示す。特に、2008 年度以降、財務収支はマイナスで増加傾向にある。

<sup>2</sup> プレミアム料率は融資金額に対する up-front の料率。貸出期間 3 年、償還期間 10 年の政府（ソブリン）向け融資を前提。（参考値） 出所：<http://www.jbic.go.jp/ja/finance/export/oecd/country/index.html>

表 6.2-2 清掃局 (PCCD) による都市廃棄物処理サービス収支の推移 (百万 MMK)

年度	2002-03	2003-04	2004-05	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12
ごみ処理料金徴収金額	651	1110	1213	1453	1751	1873	2241	2257	2331
清掃局(PCCD)支出額	1027	1163	1248	1412	1703	2892	3917	3661	4726
収支バランス	-376	-53	-35	41	48	-1019	-1676	-1404	-2395

出所：PCCD 提供収支データに基づき調査団作表

財務収支面から見た廃棄物事業の形成は、国、州及び市政府からの補助金制度の整備、並びに、排出者負担原則 (PPP) の観点からの適正な廃棄物処理手数料の再設定と徴収率の改善が必要となる。

### 6.2.2 段階的な事業化の提案

これまでに検討した通り、現状のオープンダンピングという非衛生的な廃棄物処理を改善することには環境面、社会面で大きな便益が認められるものの、財務分析の結果、衛生埋立処分場単独であっても中間処理施設を併設する場合であっても、事業採算性の改善方策が大きな課題となることが明らかになった。

また、事業資金調達の間でも、ミャンマー国の財源不足、市場経済下での事業経験不足、金融等の民間投融资環境の未成熟といった制約が多く、現状では同国内での資金調達には限界がある。一方、外国の民間投資家や金融機関がミャンマー国への投資を検討した場合であっても、外国投資の自由化の不透明さ (投資リスク)、公害や環境、廃棄物管理に関する法制度や基準の未整備 (環境影響リスク)、国内政治の不安定さ (政治的リスク) 等のリスクが存在する。

今後のヤンゴン市の廃棄物管理の方向性やこれに基づく優先事業は、本来であれば「廃棄物管理基本計画 (マスタープラン)」において位置づけられるべきものであるが、ヤンゴン市では未だ廃棄物管理マスタープランが策定されていない。

このため本調査では、ごみ質分析結果よりヤンゴン市のごみ質は焼却発電が可能 (自然可能) と考えられること、3～5で検討した環境負荷・経済性・社会的受容性の観点から優れた処理方式は「全量衛生埋立」及び「全量焼却発電」と判断されることから、ヤンゴン市の廃棄物適正処理と循環型社会形成を推進するための事業化方策として、以下の2つの処理方式を段階的に導入する廃棄物処理事業の実施を目指すことを提案する。

- ① 第一段階：適正技術による都市廃棄物の適正処理事業 (衛生埋立処分場整備)
- ② 第二段階：高度技術による都市廃棄物の適正処理・資源化事業 (焼却発電施設整備)

なお、現在 JICA の支援で実施している「ヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査」において、「ヤンゴン市廃棄物管理基本構想」の検討が進められており、平成 25 度にこれが策定される見込みである。本事業の 2 年次調査では、この基本構想との整合を確認し、必要に応じ適宜事業化計画の変更を検討する予定である。

### 6.2.3 ヤンゴン市における都市廃棄物焼却発電の導入時期に関する考察

#### (1) 我が国における焼却発電施設の導入年

我が国では、第一次ごみ処理施設整備5箇年計画が策定された1963年よりごみ焼却炉に対する国庫補助が開始され、同年に大阪市の住吉清掃工場で初の全連続炉が建設された。その後、我が国で最初の焼却発電施設が1965年に大阪市の西淀清掃工場に建設された。

#### (2) アジア各国・都市における焼却発電施設の導入状況

アジア各国・都市における焼却発電施設の導入状況と、一人当たりGDP及びGRPの推計値は表6.2-3に示すとおりである。

表 6.2-3 アジア各国・都市における焼却発電施設の導入状況

国	都市	WtE 導入状況	GDP/人 (2010年)	GRP/人 (2008年)
シンガポール	シンガポール	導入済	43,865	42,365
タイ	バンコク	導入済	4,992	17,049
中国	上海	導入済	4,421	11,535
	香港	入札中		45,390
インドネシア	ジャカルタ	入札中	2,981	9,576
マレーシア	クアラルンプール	入札準備中	8,418	15,663
ベトナム	ハノイ	導入済 (実証施設)	1,174	6,462
	ホーチミン	検討中		7,632
ミャンマー	ヤンゴン	検討中	741	1,465

注：GDP/人は「World Economic Database」(出典 a)の2010年における統計値。

GRP/人は「Global city GDP rankings 2008-2025」(出典 b)によるGRPと、「Statistics Division of the United Nations Department of Economic and Social Affairs, the Demographic Yearbook 2011」(出典 c)による都市人口で算出。但し、クアラルンプールのGRP/人は「KDNK Mengikut Negeri dan Jenis Aktiviti Ekonomi, 2008」(出典 d)により、ハノイ及びジャカルタの人口はWikipediaによる。またヤンゴン市のGRP/人は(出典 e)による。

出典：a) <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2012/01/weodata/index.aspx>

b) <http://www.ukmediacentre.pwc.com/imagelibrary/downloadMedia.ashx?MediaDetailsID=1562>

c) <http://unstats.un.org/unsd/demographic/products/dyb/dyb2011/Table08.pdf>

d) [http://www.statistics.gov.my/portal/images/stories/files/LatestReleases/gdp/Jadual1\\_2008.pdf](http://www.statistics.gov.my/portal/images/stories/files/LatestReleases/gdp/Jadual1_2008.pdf)

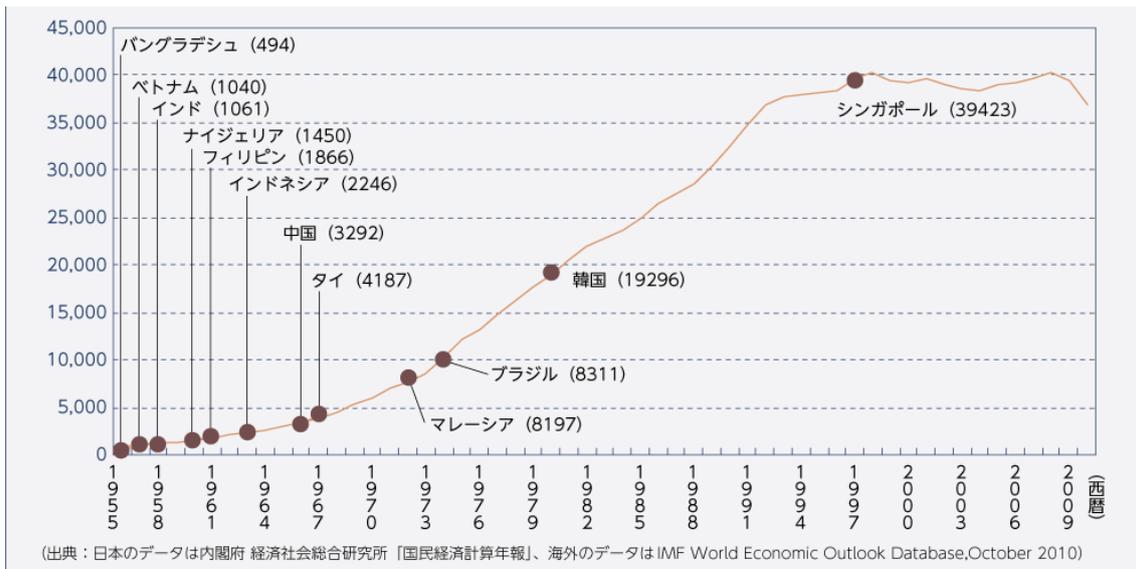
e) Planning Dep. Yangon Office, MNPED, Exchange rate: 856.5 (Oct.2012)

#### (3) 経済規模と焼却発電施設導入状況の関係性

当該国・都市において採用される廃棄物処理技術は、廃棄物の種類や発生量、土地の逼迫度、国及び自治体の財務状況、並びに、関連法制度及び助成制度の整備状況等の諸々の条件・環境により影響を受けるものと考えられ、一概に焼却発電施設の導入時期を特定することは難しい。

但し、図6.2-1に示すとおり、シンガポール、タイ、中国等の焼却発電施設を導入済みの各国のGDP/人は、日本で最初の焼却発電施設が導入された1965年頃のGDP/人を超えており、また、インドネシア、ベトナム等の焼却発電施設の導入準備中・検討中の各国のGDP/人は、日本の1960年頃のGDP/人と同水準にあるものと考えられる。

このことから、一人当たりGDPの成長予測を踏まえ、ミャンマー国における焼却発電施設の導入時期を考察することには一定の妥当性があるものと考えられる。



出典：環境省「平成 23 年版環境・循環型社会・生物多様性白書」

図 6.2-1 日本の一人当たり名目 GDP の推移と主要アジア・南米各国の比較

#### (4) ミャンマー国の経済成長予測

ミャンマー国の一人当たり名目 GDP (2010~2012 年) の推計値は、アジア開発銀行 (ADB)、国際連合 (UN)、国際通貨基金 (IMF) によるもの等があり、US\$741~US\$856 の範囲で推計されている。

アジア開発銀行 (ADB)<sup>3</sup>は、ミャンマー国において経済成長や貧困削減、人口増加等が持続するというシナリオに基づき、2030 年における一人当たり GDP が US\$2,000~US\$3,000 に達すると予測しており、2030 年には同国の経済規模は現在の 3 倍以上となり、「中所得国 (Middle-Income Countries)」に位置づけられるとしている。(但し、2030 年までの各年の予測は行われていない。)

この予測に基づけば、2030 年のミャンマー国の GDP/人は現在のインドネシアと同水準となり、また単純な線形予測を当てはめれば 2020 年の GDP/人は US\$1,375~US\$1,875 となり、現在のベトナムの水準を大きく超えることとなる。

#### 6.2.4 実現可能性の予備的評価

前述のとおり、ヤンゴン市で採用される適正な廃棄物処理技術は、諸々の条件・環境を勘案し選定すべきものであり、一概に焼却発電施設の導入時期を特定することは難しい。

しかしながら、ミャンマー国では 2011 年 3 月の民政移管以降、急速な外国企業進出と経済成長が見込まれており、特にミャンマー国の経済の中心地であるヤンゴン市では外国企業進出や各種開発事業計画の動きが活発に見られ、都市レベルで著しい経済成長が期待されると同時に、都市部の用地不足問題や廃棄物問題が深刻化する可能性がある。また、ヤンゴン市内の既存処分場の残余年数は約 5 年と推計されており、現時点で次期処分場の用地確保もできていない状況である。これらの状況を勘案すれば、ヤンゴン市において早期に焼却発電施設の導入が検討される可能性は十分に示唆される。

<sup>3</sup> ADB (2012) "Myanmar in Transition – Opportunities and Challenges"  
<http://www.adb.org/sites/default/files/pub/2012/myanmar-in-transition.pdf>

一方で、ミャンマー国並びにヤンゴン市の廃棄物管理の現状は、国レベルでは廃棄物管理に係る基本的な法制度や政府支援制度、環境基準等の法的枠組みが制度化されておらず、自治体レベルでは確実な収集運搬や料金徴収率の向上等の実務能力に係る課題が山積している。

本調査の2年次調査では、現地あるいは近隣アジア第3国のリソースを最大限活用したコスト削減の可能性を検討し、より詳細な事業費の検討を行う計画であるが、上記を勘案すれば、これと同時にミャンマー国政府に対して、我が国の焼却発電施設の技術的優位性を適切に評価し、その導入が促進されるような国レベルでの法制度整備（政府補助、売電価格優遇、環境基準等）への支援を実施することが望ましい。

またヤンゴン市（YCDC/PCCD）は現在、民間活用による包括的廃棄物処理事業に対する事業者公募を行っており、民活とODAの両にらみで廃棄物処理事業の事業化を進めたい意向である。廃棄物管理に係る基本計画が定まらない中で事業化を進めることのリスクも懸念されることから、ヤンゴン市に対して、廃棄物管理行政に係る技術指導、助言等の支援をタイムリーに実施することも重要である。また将来、廃棄物焼却技術を導入するに当たっては、実証事業として小規模焼却施設の導入・運営に係る技術経験を蓄積することも必要になると考えられる。

従って2年次調査においては、1年次調査で明らかとなった課題を踏まえて、事業化に向けた道筋（ロードマップ）を明確化し関係主体間で共有するとともに、事業実現に向けた各主体の役割を整理し、関係主体の合意形成を図るための方策を検討することが望ましい。

#### 6.2.5 今後の事業展開

前節での実現可能性検討を踏まえ、ミャンマー国における循環型社会形成支援並びに本邦静脈産業企業の海外展開促進のため、各主体の必要なアクションと、これを踏まえた2年次調査内容案を下表のとおり整理した。

表 6.2-4 各主体の必要アクションと2年次調査内容（案）

主体	必要なアクション	2年次調査内容（案）
事業者	現地リソースを最大限活用した事業費削減、現地パートナーの探索	事業費の削減のため、現地調達可能な資機材及び労働力を見極め、コア技術は本邦調達を活用することで、事業費積算の精緻化を図る。
ミャンマー国中央政府・ヤンゴン管区	廃棄物管理・循環型社会形成に関する法制度整備（事業に対する政府補助、環境基準の設定、売電価格優遇）	我が国における廃棄物管理に係る制度設計を紹介し、ミャンマー国における制度化に対する助言を行う。また、我が国の廃棄物適正処理施設の技術・環境面での優位性について理解を促す。
ヤンゴン市政府（YCDC）	廃棄物管理基本構想（JICA支援中の都市M/P調査で策定）に基づく、確実なごみ収集の実施、ごみ処理料金徴収率の向上、適正な処理料金体系の検討	ヤンゴン市汚染管理清掃局(PCCD)の廃棄物管理業務の改善のため、我が国自治体における廃棄物管理行政について紹介するとともに、改善方策の提言を行う。 なお、東京都が次年度よりJICA草の根技術協力事業を通じてヤンゴン市に対する廃棄物管理改善支援を行う予定であることから、本事業とも情報交換・連携を行っていききたい。

よって本事業の2年次調査では、以下に示す調査及び支援を行うことを提案する。

- 現地リソース調査に基づく事業費積算の精緻化と事業費縮減の可能性検討
- ミャンマー国政府及びヤンゴン市政府に対する、我が国の廃棄物管理制度・行政の紹介と改善助言
- ミャンマー国政府に対する、本邦廃棄物処理施設の技術・環境優位性の理解促進

## 第7章 関係者合同ワークショップの開催

本年次の調査結果をミャンマー側と共有するため、2013年2月14日に現地にてヤンゴン市及び環境省主催の合同ワークショップを開催した。開催概要は表7-1に示すとおりである。また、ワークショップの状況を図7-1に示す。

表 7-1 合同ワークショップ概要

時間	内容	対応者
13:00~13:15	開会あいさつ	ヤンゴン市長
13:15~13:45	本調査報告	日本工営
13:45~14:15	日本の焼却技術について	JFE エンジニアリング
14:15~14:30	休憩	
14:30~14:50	日本における廃棄物・リサイクル分野の経験及び国際協力	環境省（永島室長）
14:50~15:10	廃棄物管理・リサイクルに係る本邦研修報告	YCDC/PCCD（Aung 部長）
15:10~15:30	質疑応答	
15:30~15:45	閉会あいさつ	環境省（永島室長）

### 【参加者】

ヤンゴン市長、YCDC 各部局長及び関係職員、PCCD 職員、ヤンゴン配電公社、ミャンマーエンジニア協会々長及び関係者、ミャンマー商工会議所関係者、JICA ミャンマー事務所、JFE エンジニアリングミャンマー事務所、日本工営ヤンゴン事務所、マスコミ他

### 【報告概要】

現状のオープンダンピングによる安価な廃棄物処理料金や 20%程度の料金徴収率を前提とした場合は、①焼却発電単独施設、②堆肥化・焼却発電併設施設、③メタン発酵・焼却発電併設施設、④衛生埋立処分場のいずれの処理方式でも実現可能性は極めて低い。

一方、料金徴収率の改善や処理料金の値上げが行われれば、①ないし④の処理オプションについては実現可能性の芽が出てくる。今後の焼却発電等の導入を推進するためには、当面はオープンダンピングから衛生埋立への改善を行いつつ、日本の経験を参考にして、政策レベルでの廃棄物処理方針を定めていくことが望ましい。

### 【質疑】

会場からの質問として、料金徴収率改善の方法、財務分析における収入（売電、堆肥）項目の単価、廃棄物分別と処理との関連性、維持管理方法と一般的な施設供用年数、有機性廃棄物の処理方法としてのバイオガス化の可能性などがあった。

### 【総評】

ワークショップ終了後、PCCD 局長から「単なる廃棄物処理技術紹介にとどまらない、大変 Impressive なワークショップであった。この成果は、YCDC 内で共有する」との感想があった。



会場風景



ヤンゴン市長の開会の挨拶



調査結果のプレゼン



永島室長によるプレゼン



現地カウンターパートのプレゼン



ワークショップ参加者

図 7-1 合同ワークショップの状況