

平成 25 年度
我が国循環産業海外展開事業化促進事業

「タイ王国北部地域におけるセメント工場
を核とした産業廃棄物再資源化による
3R システムの構築」
に係る業務報告書

平成 26 年 3 月



リマテック株式会社

【要約】

現在、アジアを中心とした途上国では、急速な経済発展による廃棄物の増加、多様化に対し、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は廃棄物処理場の不適切な運営、不法投棄の横行など、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循環産業の技術や制度を向上させてきており、その結果として我が国の循環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。このような先進的な我が国の循環産業を、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、我が国の経済活性化につなげることが必要である。

本事業では、タイ王国北部地域においてセメント工場を活用した資源循環事業を検討する。これにより、タイ王国行政機関が抱える問題を、事業として収益の上がる構造で技術導入することで解決し、一つの廃棄物ビジネスモデルとして確立することで、その 3R システムをタイ国内他地域及び近隣諸国へ展開することを最終的に目指す。

昨年度の現地調査を鑑み、タイにおいて都市ゴミをセメントの原燃料として再資源化するために鍵となる技術が選別技術であると考え、本年度では日本で実績のある湿式分級装置を用いた実証試験を中心としたフィージビリティスタディ（FS）を実施することとした。本実証試験で導入した湿式分級装置は、破袋-風力選別-洗浄の機能を一台で有し、欧州の湿式分級機とは機能が全く異なり、食品加工残渣の排出量が多い日本で独自に開発された技術である。タイのサラブリー県の Ban Mo の都市ゴミおよび掘り起しゴミを対象として本装置を用いた実証試験を行った。試験の結果、本装置により都市ゴミおよび掘り起しゴミに含まれるプラスチックを 90%以上で回収できることが実証された。また、回収されたプラスチックの発熱量および塩素含有量を測定した結果、いずれもタイのセメント工場の RDF 受入基準を満たす値が得られた。

実証試験結果に基づき、事業性および環境負荷削減効果について評価を行った。なお事業対象地域は、現地パートナーの提案により、都市ゴミが大量に収集されているバンコク都の On Nut として評価した。733t/d の都市ゴミから 350t/d の RDF（Refuse Derived Fuel）を製造した場合、初年度の売り上げが約 3 億 4 千万円程度の事業規模になることが試算された。また IRR=14.0%、投資回収期間は 6 年 4 か月となり、これらの値は SCG の投資基準を満たす。上記条件下で事業を実施した場合の環境負荷削減効果については、温室効果ガス排出削減量 24 万 t-CO₂/年、化石燃料（石炭）消費削減量 12 万 t-石炭/年、合計埋立削減量 23 万 wet-t/年になると予測した。

現在は実証試験の結果をもとに、現地パートナーと都市ゴミのセメント再資源化事業に向けた事業計画を策定している。

【Summary】

Currently in developing nations centered on Asia there is concern about environmental pollution for the reason that the appropriate treatment of waste cannot keep pace with the increase and diversification of waste resulting from their rapid economic growth. In some developing countries, cases are being reported of inappropriate waste treatment such as the unsuitable management of waste treatment plants and widespread illegal dumping. On the other hand, up till now Japan has been improving its recycling industry technologies and systems with regard to waste treatment and recycling in response to the needs of the times, and as a result the Japanese recycling industry now maintains advanced technologies in environmental conservation and recycled resources. It is necessary for this advanced Japanese recycling industry to develop overseas focusing particularly on regions which are expected to see a rapid increase in waste, both to realize reductions in the environmental load on a global scale, as well as leading to reactivation of the Japanese economy.

In this project, we are investigating the establishment of a resource recycling business utilizing a cement plant in the northern region of the Kingdom of Thailand. By resolving the problems faced by the Kingdom of Thailand's administrative agencies through introducing technologies in a structure that will generate profit as a business, and establishing this as a waste business model, the ultimate objective will be to develop this 3R system to other regions within Thailand and to neighboring countries.

In consideration of the site investigation that was carried out in the previous fiscal year, it was believed that sorting technology would be the key for realizing the recycling of municipal solid waste (MSW) into raw materials and fuels for cement in Thailand. In the current fiscal year it was therefore determined to implement a feasibility study (FS) based on verification testing using wet classification technology that have been used extensively in Japan. The wet classifiers introduced in this verification testing incorporate bag-breaking, air sorting and washing functions in a single unit. These functions are completely different from those of European wet classifiers, since they utilize technologies developed uniquely in Japan, where large amounts of residual substances are emitted from food processing. Verification testing was carried out of MSW and landfill waste in Ban Mo district in Thailand's Saraburi Province using this equipment. As a result of the testing, it was verified that the equipment can be used to recover 90% or more of the plastics included in the MSW and landfill waste. Further, as a result of measuring the calorific value and chlorine content of the recovered plastics, all of the values obtained satisfied RDF (Refuse Derived Fuel) acceptance standards of Thailand's cement plant.

Based on the verification testing results, evaluation was carried out regarding the business feasibility and the environmental load reduction effect. With regard to the project target region, following a proposal by the local partner the evaluation was carried out using the On Nut area of Bangkok City, from which large amounts of MSW are collected. In the situation where 350t/d of RDF has been manufactured from 733t/d of MSW, it was provisionally calculated that the scope of business would realize sales of approximately 340 million yen in the initial fiscal year. In addition, the IRR would be 14.0% and the investment payback period would be 6 years and 4 months, both

of these values satisfying the investment standards of Siam Cement Group (SCG). Regarding the environmental load reduction effect in the case where the business is implemented under the conditions described above, it was estimated that the greenhouse gas emissions reduction would be 240,000 tons of CO₂/y, the fossil fuel (coal) consumption reduction would be 120,000 t-coal/y, and the total landfill reduction would be 230,000 wet-t/y.

Currently, based on the verification testing results, a business plan is being developed with the local partner (SCG business development team) towards the implementation of the cement recycling business of MSW.

目次

第1章 事業の目的・概要

第2章 対象地域における現状調査

2.1 調査項目

2.2 調査結果

第3章 事業採算性の評価およびそれに基づいた実現可能性の検討

3.1 評価手法

3.2 評価結果

3.3 想定されるリスクと対応策

第4章 環境負荷削減効果の評価

4.1 評価手法

4.2 評価結果

第5章 現地政府・企業との連携等の実施体制の構築

第6章 ワークショップ等

第7章 今後の事業展開

別添資料1 対象地域における現状調査（廃棄物管理の実態調査）

別添資料2 パイロット試験機の概要

別添資料3 MBT の特性について

別添資料4 環境負荷削減効果の計算根拠

別添資料5 地方自治体の廃棄物処理に関する調査書

別添資料6 実現可能性を向上する行政施策の提案

【第1章】事業の目的・概要

現在、アジアを中心とした途上国では、急速な経済発展による廃棄物の増加、多様化に対し、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は廃棄物処理場の不適切な運営、不法投棄の横行など、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循環産業の技術や制度を向上させてきており、その結果として我が国循環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。このような先進的な我が国循環産業を、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。

本事業では、タイ王国北部地域においてセメント工場を活用した資源循環事業（図1）を検討するにあたり、湿式分級技術を適用した「固形燃料化（以下 RDF）」の事業性の評価を行う。これにより、タイ王国天然資源環境省（以下 MNRE）の汚染管理局（以下 PCD）や地域環境事務所（以下 REO）などの環境政策を所管する行政機関が抱える問題を、事業として収益の上がる構造で技術導入することで解決し、一つの廃棄物ビジネスモデルとして確立することで、その3Rシステムをタイ国内他地域及び近隣諸国へ展開することを最終的に目指す。

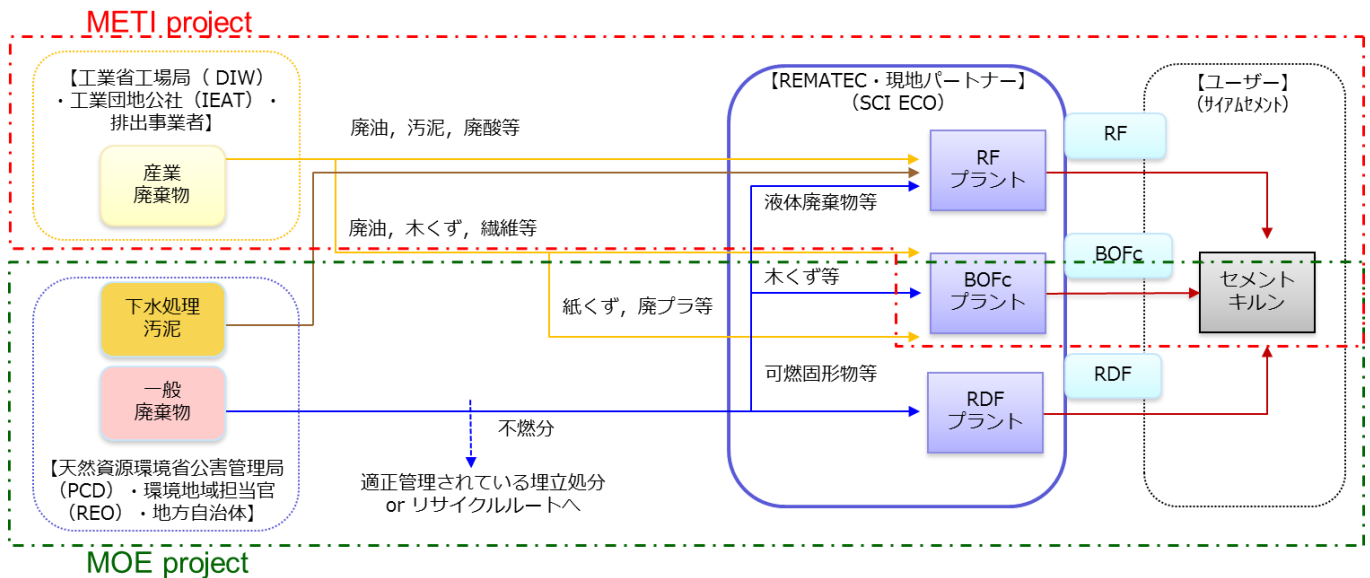


図1. タイにおけるセメント工場を活用した資源循環事業

【第2章】対象地域における現状調査

2.1 調査項目

(1) 廃棄物の組成・性状等調査の概要

タイ王国北部地域を対象として、雨季（5～10月）と乾季（11月～4月）の各1回、都市ごみや埋立処分場の掘り起こしごみなどの3種類のサンプルを入手し、サンプルの組成分析及び性状分析を実施する。なお「埋立処分場の掘り起こしごみ」についてはこれまで、無作為に投棄されていた為、資源価値の高い廃棄物が含まれている事、収集コストを削減できる等の可能性を考慮し、調査対象とした。

(2) パイロット試験の概要等

RDF のパイロット試験に向けて、生活系廃棄物をセメント原燃料化することが可能な0.4～8 t/日程度のRDF製造パイロット機械選別試験機を設計、建設、運転する。

- ① RDF製造実証試験機の仕様の検討。
- ② RDF製造実証試験機の基本設計及び各機器の配置計画の作成。
- ③ 基本設計及び各機器の配置計画に基づき、それぞれの機器の仕様書の作成。
- ④ 仕様書に基づき、日本国内にて装置を製作後、海上輸送により現地へ搬送。
- ⑤ 各機器の現地到着の後、SCI ECO社等協力のもと現地据付。
- ⑥ 現地据え付けたRDF製造実証試験機の試運転を実施。

2.2 調査結果

(1) 対象地域の廃棄物管理における現状調査

本論では実証試験を中心に議論を進めるため、対象地域の廃棄物管理における現状調査については別添1に詳細に記載する。

(2) 廃棄物の組成・性状等調査の結果

廃棄物の組成分析を実施するにあたり、Ban Moの機械・生物的処理（Mechanical-Biological waste treatment:MBT）施設にて8月末（タイでは雨季に相当）に組成分析を行った。組成分析の対象とした廃棄物は自治体から当施設に別々に収集されてくる都市ゴミ（Municipal solid waste:MSW）と施設に隣接する埋立処分場の掘り起こしゴミを対象とした。

①分析方法

偏りの少ない代表的なサンプルを得る為に、環整 95 号（一般廃棄物処理事業に対する指導に伴う留意事項について）に基づき四分法を用いたごみの分析を行った。分析は再委託先である株式会社アーシンの指導の下行った（写真 1）。分析方法については下記の通りである。

- i. MSW あるい掘り起しゴミを約 200kg 程度採取。
- ii. 大きなものは小さくし（困難なものとはあらかじめ取り出しておく^{※1}）、袋などの中身は取り出し、よく拡販して均一化する。
- iii. 試料を一点上部から落下させ円すい状に積み上げる。
- iv. 頂点から垂直に押し下げるように平らにする。
- v. 4 等分し相対する 2 つの部分が無作為に運び試料とする。
- vi. 1 回の操作で約半分になるので 4～5 回程度、上の操作を繰り返し、5～10kg の試料を得る。

※¹ 縮分の途中で、目につく大きな廃棄物(とくに毛布、タイヤ、木竹等破碎しにくいものは、あらかじめ別にとり出しておき、最後にそれを細断して試料に加えた。



写真 1. 四分法によるごみ組成分析の様子

②分析結果

Ban Mo の MSW, 掘り起しごみおよびバンコク都の都市ゴミの四分法による組成分析結果を表 1 に示す。

表 1. 四分法によるごみ組成分析結果

組成	MSW1 (wt%)	MSW2 (wt%)	掘り起し 1 (wt%)	掘り起し 2 (wt%)
紙	10.5	4.4	6.8	0
段ボール	2.8	16.5	0	0
プラスチック	25.4	34.5	47.8	74.2
繊維	7.4	0.9	3.3	3.2
木くず	4.4	6.3	21.9	1.7
有機ゴミ	49.1	35.9	1.4	17.2
皮、ゴム	0.2	0	0	2.0
金属	0.2	0.6	3.4	0.9
ガラス	0	0.4	5.8	0.3
土砂	0	0.6	9.5	0.4
その他	0	0	0	0
合計	100	100	100	100

表 1 からわかるようにセメントの代替燃料として好ましい（高カロリー成分）プラスチックは予想以上に含まれていることが判明した。紙や段ボールなど 4,000kcal/kg 程度の発熱量が期待されるものを含めると RDF としての利用が期待できるものの全体に占める割合は、MSW に関しては 40~50%程度であり、掘り起しごみに関しては 60%近い値となっている。

ゴミ組成の傾向として、MSW は家庭から排出される有機ゴミとその包装容器（プラスチック）が多く、一方、掘り起しゴミ中に含まれるプラスチック量が多くなっていたのは、測定に供したサンプルが 5 年程度経過したサンプルであったため有機ゴミが分解し、全体に占める相対的な割合が増したためであると考えられる。発熱量の高いプラスチックが多く含まれる掘り起しゴミは燃料源として有利になると考えられるが、プラスチック自体の劣化による発熱量への影響を考慮する必要があると考えられ、組成分析だけでなく燃料としての評価（低位発熱量、塩素含有量等）を行った。結果に関しては次項にて記載する。

(3) パイロット試験の結果

①実証試験の概要

昨年度の現地調査の結果からタイで都市ごみをセメント再資源化するために鍵となる技術は有機ごみとプラスチックを選別するための技術であると考えられた。そこで日本国内で実績のある湿式分級機を選定し、本装置を用いた実証試験を Ban Mo にて実施することとした。なお実証試験機の概要（RDF 製造実証試験機の仕様の検討など）に関しては別添 2 にて詳細に記載している。

今回実証試験で選別機として湿式分級機を選定した理由は下記の通りである。

1. 都市ごみからプラスチック、有機ゴミを簡単に選別することが可能である。
2. 付着した有機ゴミを水で洗い流すことにより燃料としての価値を上げることが可能となる。

本実証試験を行うにあたり、湿式分級機の評価基準として下記の回収率を定義した。

$$\text{回収率 (\%)} = \frac{\text{分離したプラスチック量 (A)}}{\text{都市ゴミ or 掘り起しゴミに含まれるプラスチック量}}$$

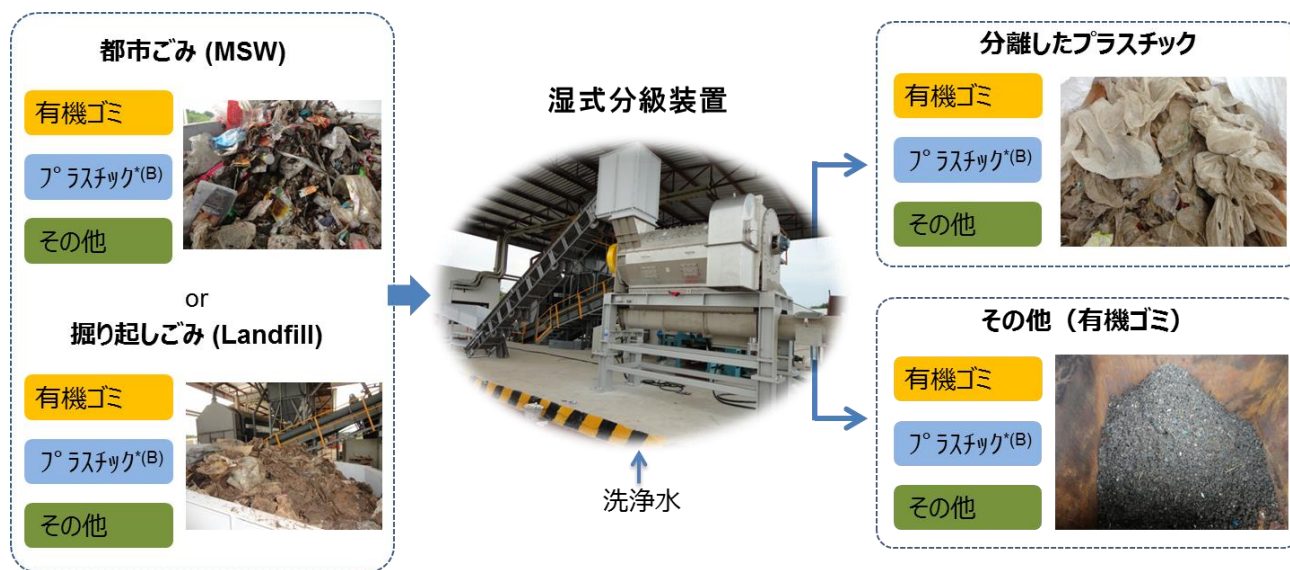


図 2. 湿式分級装置によるプラスチックの回収

②実証試験の結果

1) 湿式分級装置により分級されたゴミの組成分析

Ban Mo の MSW および掘り起しごみをサンプルとして実施した実証試験の結果を図 2 に示す。

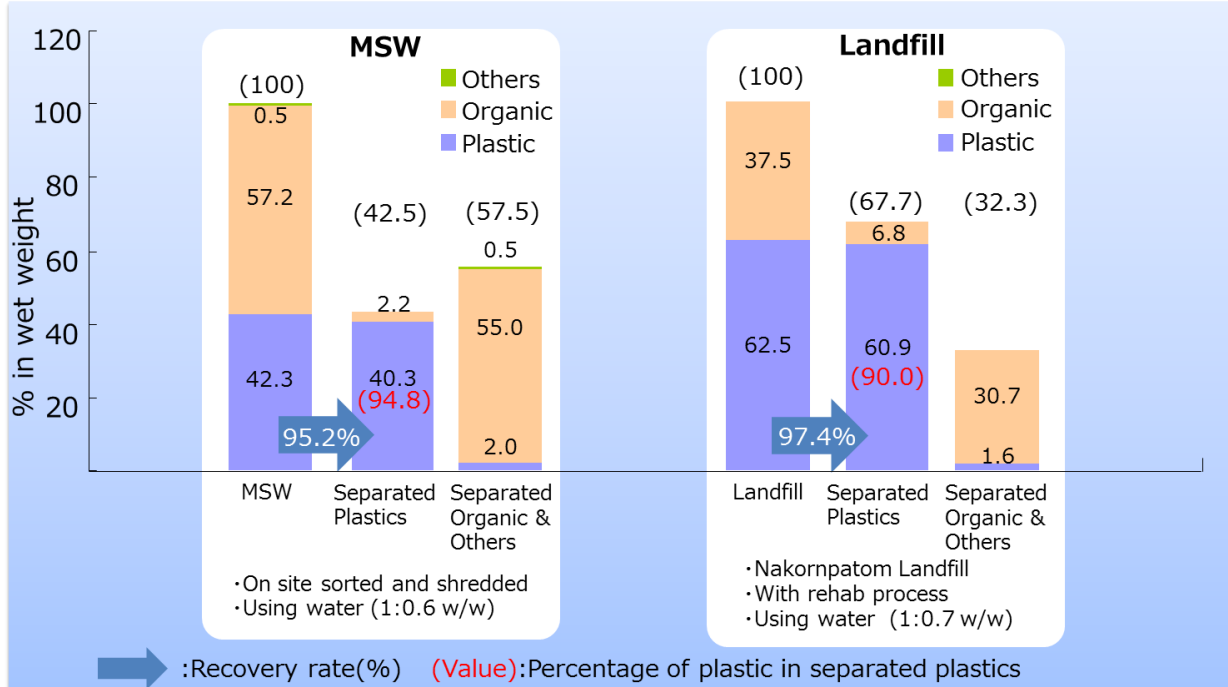


図 3. 湿式分級機を用いた MSW および掘り起しごみからのプラスチックの回収率

図 3 が示すとおり湿式分級によるプラスチックの回収率は MSW、掘り起しごみともに 95%以上（青矢印）であった。また分離したプラスチック画分に含まれるプラスチックの純度も MSW、掘り起しごみともに 90%以上（赤字）と非常に高い値を示した。

なお、タイ北部地域のピサヌロークではドイツの GTZ 社の技術を導入して建設された MBT 施設が稼働している。この MBT 施設は都市ゴミクをトロンメル等で選別し、選別された有機ゴミはコンポストとして、プラスチックは RDF としての利用を検討している（写真 2 参照）。



写真 2. ピサヌロークに存在する MBT 施設

本事業とは対象地区、事業規模などが異なるので単純に比較することは困難だが、参考までに GTZ の MBT 施設と本事業との比較を行った（表 2）。

表 2. GTZ と本事業の比較

	GTZ	湿式分級
処理方法	バッチ式	連続式
処理量	2,000t/年	240,900t/年
埋立削減量	1,280t/年(64%減)	24,060t/y (90%減)
プラスチック含量	80.0%	94.8%
発熱量	8,807kcal/kg	10,200kcal/kg
重金属含量	基準値を満たす*	測定中

前述したように、両技術を単純に比較することは困難であるが、一つ言えることは本実証試験で採用した湿式分級機は GTZ の選別装置に比べて、プラスチックの回収率および純度において優れている。これに関しては欧州と日本の都市ゴミの処理の仕方における文化・考え方の違いも影響していると考えられるが、RDF として都市ごみをセメントリサイクルするという観点から考えた時、本技術の方がより効率の良い手法であると考えられる。欧州の MBT 施設との詳細な技術比較に関しては別添 3 に記載する。

2) 湿式分級装置により分級されたプラスチック画分の発熱量及び塩素含有量の測定
前項の方法により選別した MSW 及び掘り起しゴミは SCI ECO 社にて発熱量と含有塩素濃度を測定した。

表 3. 分級されたゴミの発熱量及び塩素含有量





	MSW①	MSW②	Land fill①	Land fill②
総発熱量 (kcal/kg)	6,420	10,250	5,340	8,400
塩素含有 量 (mg/kg)	1,500	480	2,000	520
分析前の プラスチ ック形状				

表 3 に分級後の総発熱量と塩素含有量及び分級されたプラスチックゴミの形状を示す。測定したサンプルのプラスチックと有機ゴミの組成比は図 2 に示した分級後の組成比とほぼ等しいものと考えられる。すなわち、MSW の組成比はプラスチック画分 94.8%、有機ゴミ画分 5.2%、Land fill では、プラスチック画分 90.0%、有機ゴミ画分 10.0%である。

総発熱量を比較すると、MSW では 6,000kcal/kg～10,000kcal/kg、Land fill においては 5,000kcal/kg～8,000kcal/kg と同一のサンプル間においても顕著な差異が認められた。一方、MSW と Landfill の比較では、MSW において発熱量の高くなる傾向が認められた。また、分析前のプラスチック形状（表 2）を比較すると MSW のプラスチックサンプルは白色等の廃棄前に近い色を呈していると推測されるのに対し、Land fill のプラスチックゴミは総じて黒色を呈し、地中埋設時での変色と考えられる。

塩素含有量の比較では、MSW において、480～1,500mg/kg、Landfill では 520～2,000mg/kg の変異が認められた。Landfill のサンプルにおいて僅かに塩素含有量の高くなる傾向が認められた。

同一サンプル間の変異は大きいものの、MSW と Landfill を比較し、MSW において発熱量が高く、塩素含有量が低くなる傾向が認められた。Land fill サンプルにおける発熱量の低下は前述の通り、プラスチックゴミが地表面の紫外線、土中の微生物、湿分、ガス等による経年劣化（高分子ポリマーの切断：低分子化）に起因するものと考えられた。このことから、プラスチックの燃料としての「価値」という観点では MSW の方が有利になる可能性が示唆された。

【第3章】事業採算性の評価およびそれに基づいた実現可能性の検討

3.1 評価手法

生活系廃棄物の現状と課題（処理コスト、品質、行政施策システム、運搬等）に関する情報と既存の知見をもとに、処理能力モデルを想定し、事業採算性（投資回収年、装置規模、処理費、IRR等）を評価する。日本国内において本事業の収益は廃棄物処理費とRDFの燃料販売費から構成される（図4）。そのためタイ国内での廃棄物処理費・RDF販売費と燃料生産に係るコスト（設備費、人件費、運搬費）等を算出することで本事業の採算性を評価することが可能となる。

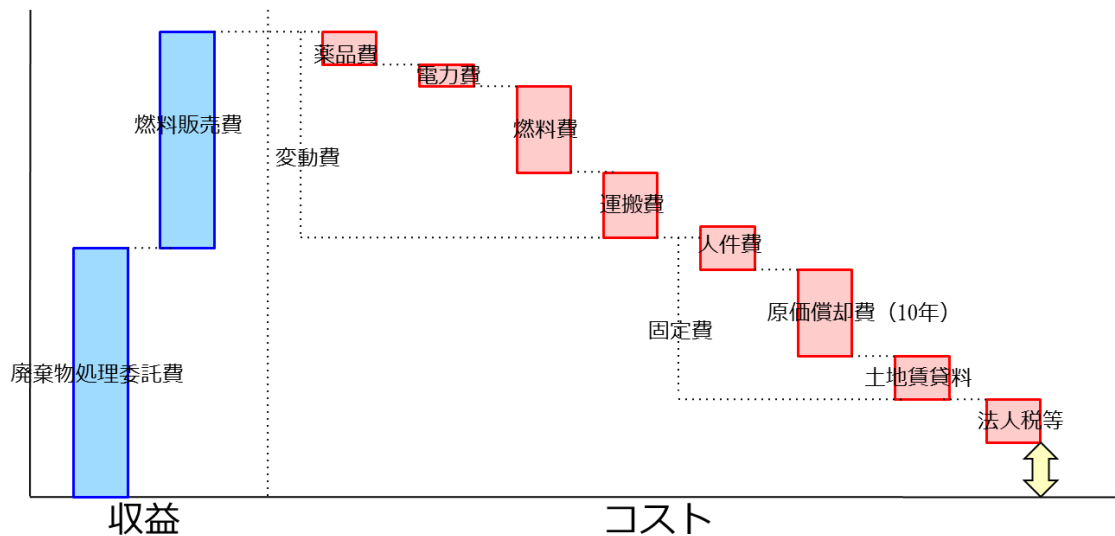


図4. 本事業における収益構造

事業採算性が確保されたとしても、本事業の社会的受容性を考慮した上で実現可能性を検討する必要がある。そのため事業対象地区として選定したバンコク都（理由については後述）の生活系廃棄物の現状・課題・焼却炉に対するマインドの変化等を調査した上で、本事業の実現可能性を検討する。また事業を継続させていくために想定されるリスクとその対策についても検証を行う。

3.2 評価結果

本事業化対象地域としてセメント工場が集積するタイ北部のサラブリー県を候補地として検討していたが、選別技術に関する実証試験の結果に対し、サイアムセメントグループ（以下、SCG）より高い評価が得られたこともあり、SCG からバンコク都の都市ごみのセメントリサイクル事業の提案を受けた。当初の計画では事業対象地区をセメント工場近傍のタイ北部地域と設定していたが、実際の事業化に際して、いかにして都市ゴミを収集するかという大きな課題を解決できていなかった。一方、バンコク都の場合、既に都市ゴミが大量に収集されているため上記の課題はクリアとなり、バンコク都を対象とした場合は早期の事業化が可能と判断し、以降ではバンコク都を事業対象地区として事業性評価および環境負荷削減効果の分析を行った。

(1) タイで排出される生活系廃棄物

バンコク都からは以下の廃棄物が排出される。

- ・家庭や商業施設からの一般廃棄物（MSW）
- ・病院からの感染性廃棄物
- ・水路ごみ
- ・建設廃棄物

本プロジェクトにおいては上記 MSW を対象としたプラスチック選別処理を行う。

Bangkok STATE OF THE ENVIRONMENT 2012 によると、バンコク都からは 9,700t/day の MSW が排出される。これらはバンコク近郊にある 3 箇所の集積所に集められ、収集の過程や集積所の選別工程にてビン・カンなどの有価物が回収される。残ったものは大半が埋立処理されており、唯一 On-nut 処理場でのみコンポスト化が行われている。

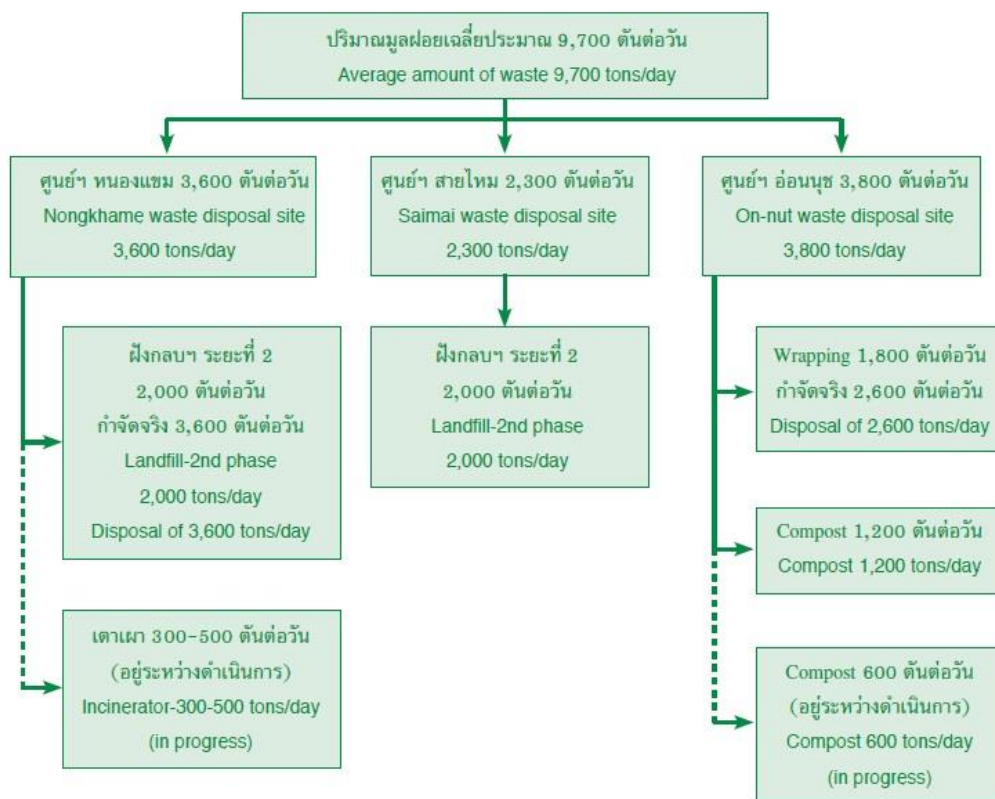


図 5. バンコク都の MSW 処理状況
出典：Bangkok STATE OF THE ENVIRONMENT

バンコク都とサラブรี県から排出される MSW をそれぞれ分析したところ、その組成に大きな変化は見られなかった (data not shown)。2. 対象地域における現状調査「(1) 廃棄物の組成・性状等調査」にて示した通り、MSW におけるプラスチック含有割合は概ね 40%程度となっている。

(2) タイにおける生活系廃棄物処理の課題

バンコク都はリサイクル率の目標値を定めているものの、処理の実態が追いついていないについては不透明な部分がある。図 6 はバンコク都から排出される MSW の予測値と実績値を表したグラフである。タイの経済成長に対してごみの排出量は一定の水準を保っており、都民レベルでのリサイクルに対する試みが一定の成果を挙げていることが伺える。



図 6. バンコク都から排出される MSW の推移

出典：Bangkok STATE OF THE ENVIRONMENT

補足：仏歴 2555 年は西暦 2012 年、棒グラフは実績値、線グラフは予測値

しかしながら、一方で埋立処分場の残余年数には限りがあり、また新しい処分場の開設に伴う近隣住民の理解も年々厳しくなっていることから、バンコク都はリサイクル率向上に対する一層の努力や、新しい技術の導入を求めている。

(3) 焼却炉に対するマインドの変化

2011 年の洪水被害以降、人々のマインドに変化が見られる。タイでは従来焼却炉に対する根強い拒否感があり、特に廃棄物向けの焼却炉建設は住民の理解、許認可の取得共に、事実上不可能に近い状態であった。

ところが、2011 年の洪水を機に災害廃棄物を含む適切な処理手段に対する理解が広まるようになり、2014 年の現在においてはバンコク近郊で 600t/day 級の焼却炉を建設するプロジェクトが進行している。当該プロジェクトは中国系企業によって主導されている。この成否はバンコク都のごみ処理の方向性に影響を与えると予想され、動向が注目される。

(4) バンkok都の都市ゴミ再資源化ビジネスモデル

現在、バンkok都では9,700t/日の都市ゴミが排出されている。弊社のタイ側パートナー企業である Eurowaste 社はバンkok都から1,200t/日の都市ゴミを On Nut で受け入れ、そのうちの40%をコンポストにし、残りの60%を埋立処分(Reject A と呼ぶ)している(図7)。SCGはReject A から高カロリー成分(プラスチック)を取り出し、セメントの原燃料として都市ゴミを再資源化する計画を立てている。残った有機物残渣は再び元の処理会社に引き取られ、コンポスト化された後にタイの農家へ販売される。この他、総量の10%程度は小石や金属くずが混ざっていると見積もられ、これらは埋立処理あるいは有価物となる。

湿式分級による簡便な分別技術を On Nut に導入することで、タイにおいて収益性の確保が可能な都市ゴミ再資源化事業の確立を目的として(図7)本モデルの事業性評価を行った。

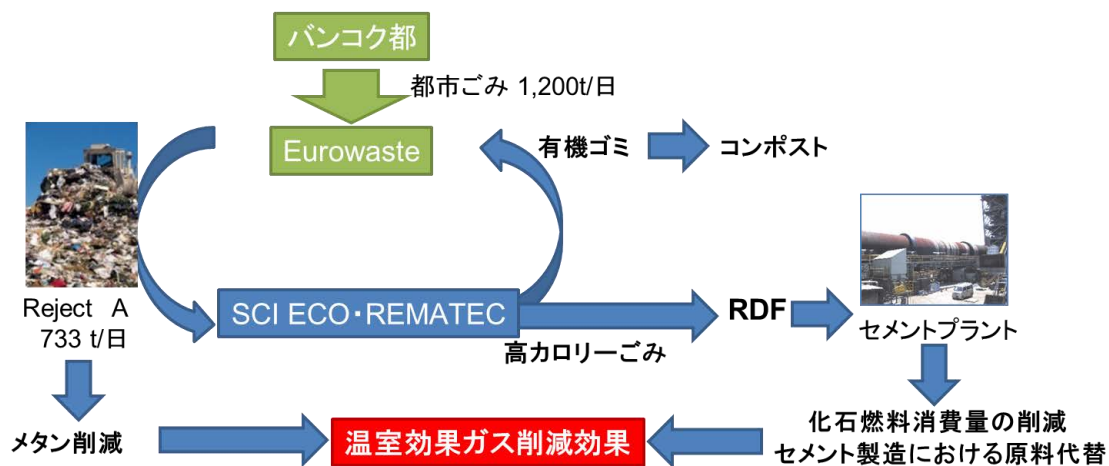


図7. バンkok都における都市ゴミ再資源化

(5) 事業性評価

本件の事業性を評価するに当たっては、収入源を MSW 処理料と RDF 売却益とし、その他の前提条件は表 4 にまとめた。

表 4. 事業性評価の前提条件

事業性評価の前提	
MSW 年間処理量	24.1 万トン
MSW 処理単価	Data not shown
RDF 年間製造量	10.6 万トン
RDF 熱量	5,000 Mcal/t
RDF 熱量単価	Data not shown
工場作業員	40 名
物価上昇率	2.0%
初期投資	7.8 億円
減価償却期間	10 年

評価に際しては売上高、利益率、IRR、投資回収期間といった点に注目し、また事業経営の観点から収益構造、コスト構造も検証した。

表 5. 事業性評価結果

事業性評価結果	
初年度売上	336 百万円
初年度売上総利益率	12.6%
利益構造	
MSW 処理	29.2%
RDF 売上	70.8%
IRR	14.0%
投資回収期間	6 年 4 ヶ月

表 5 に示す通り、本事業は初年度で 3 億円以上の売上高を見込み、売上総利益率は 12.6% であった。売り上げのうち 7 割以上は RDF の販売益で占められており、RDF 製造量と処理単価の事業に与える影響度合いが非常に高いことが明らかになった。事業の継続性、および将来における拡大を見込む上での重要なファクターと言える。10 年目の IRR は 14.0% を見込んでおり、また初期投資の回収期間は 6 年 4 ヶ月と予想される。いずれもリサイクル事業を開始するに際しては良好な水準であり、早期の立ち上げが望まれる。

コスト構造に目を移すと、23.7%を占める電力消費代が目立つ。タイの電力代は ASEAN の中でも特に高額で、先進国に近い水準の費用が必要となり、また将来における値上がりも予想される。その反面、人件費は 11.4%と低く、総コストの抑制に貢献している。ただし最低賃金の水準は近年増加傾向が著しく、事業継続に際して留意すべき点となっている。

(図8 タイの最低賃金推移 参照)

他にはフォークリフトなどの機器レンタル費用が17.4%とやや高額であり、将来においては自社購入も含めて対応策の検討が必要となりそうである。



図8. タイの最低賃金推移

(出典：Bank of Thailand のデータより TRADINGECONOMICS 作成)

賃金上昇は日系企業だけでなく、世界各国の現地企業が注視している

3.3 想定されるリスクと対応策

事業を開始するに当たっては、潜在的リスクの洗い出しと対応策の検討を行った（表 6 想定されるリスクと対応策）。懸念される最大のリスクは工場内機器の故障や事故による稼働率の低下であり、特に初期においては入念な対応策が求められる。

表 6. 想定されるリスクと対応策

想定されるリスクと対応策				
売上減少				
リスク	内容	可能性	影響度	対応策
MSW 減少	バンコクから排出される都市ごみが減少する	小	中	初期の実績をもってバンコク都から引き受ける MSW の割合を高めていく
RDF 単価減	セメント会社の RDF 買取単価が値下げされる	小	大	初期想定は十分に低い。将来、石炭価格と連動した値付けを長期契約に盛り込む
稼働率低下	故障・事故の発生により工場の稼働率が下がる	大	大	日本より専門家を派遣し、現地管理職・作業員の教育に努める。PDCA サイクルの実施を浸透させる
コスト増加				
リスク	内容	可能性	影響度	対応策
賃上げ	政府が最低賃金の上昇を決定する	中	小	総コストへの寄与度は低い。生産規模の拡大によりカバーする
電気代上昇	電気料金の値上げが行われる	中	中	生産規模を拡大する中で影響度の軽減する
その他物価上昇	年率 2~4%程度の物価上昇が見込まれる	大	中	RDF 販売、MSW 処理の価格改定時期に物価を考慮する条項を盛り込む

【第4章】環境負荷削減効果の評価

4.1 評価手法

環境負荷低減効果（最終処分量の削減、化石燃料使用量の削減、温室効果ガス発生量の削減等）について、想定する RDF 生産量に必要なエネルギー等を考慮し試算する。

4.2 評価結果

(1) 環境負荷低減効果の試算概要

従来のごみ処理プロセスフロー（全量オープンダンプ）と本事業のごみ処理プロセスフローにおける環境負荷を試算し、両者を比較することにより、本事業の環境負荷低減効果（最終処分量の削減、化石燃料使用量の削減、CO₂・メタンガス発生量の削減等）を評価する。試算の簡略化のために、輸送・移動に伴う環境負荷は両者で同等と仮定する。下記に記載する環境負荷削減効果の計算根拠については別添資料4に示す。

試算に際しての前提条件（一般廃棄物収集可能量、ごみ組成）を表7に示す。また、RDF 製造プラントの稼働条件は329d/年、16h/dとする。

表7. 環境負荷低減効果の試算の前提条件

項目		数値		出典
バンコク都の一般廃棄物収集可能量		733	wet-t/d	Eurowaste より提供
ごみ組成	有機物割合	57.2	%	四分法による測定結果
	プラスチック・紙・木材・繊維割合	42.0	%	
	その他割合	0.5	%	

(2) ごみ処理プロセスフロー

① 従来のごみ処理プロセスフロー

従来のごみ処理プロセスフローを図 9 に示す。収集した都市ごみは、全量をオープンダンピングする。

本プロセスフローにおける温室効果ガス排出活動としては、「都市ごみのオープンダンピング」及び「セメント製造における燃料（石炭）利用」が想定される。「セメント製造における燃料（石炭）利用」はプロセスフローには含まれないが、本事業との比較のために、本事業で製造・セメント燃料利用される RDF と等量の石炭をセメント燃料利用した場合の環境負荷を見込む。

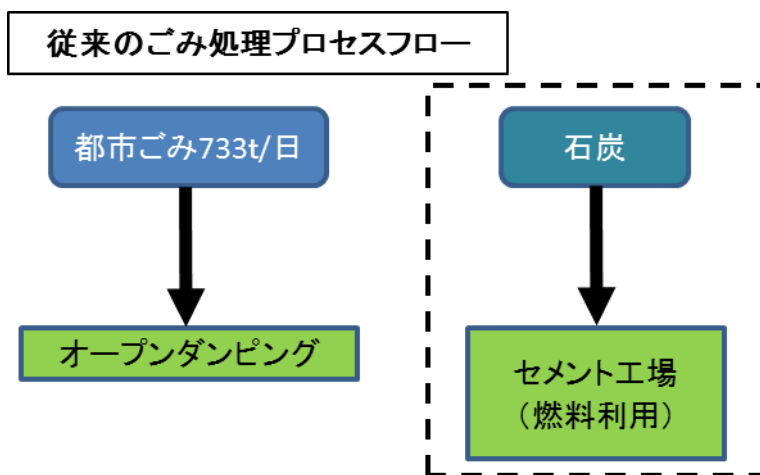


図 9. 従来のごみ処理プロセスフローの概要

② 本事業のごみ処理プロセスフロー

本事業のごみ処理プロセスフローを図 10 に示す。収集した都市ごみから磁選等により金属・ビン等の有価物を取り除いた後、破碎・機械選別によりプラスチック等の高カロリーごみと有機物に選別する。高カロリーごみは RDF 化し、セメント製造における燃料として利用する。有機物はコンポスト化する。回収された有価物、RDF 化された高カロリーごみ、及びコンポスト化された有機物の合計量が、本事業導入に伴う埋立削減量に相当する。

本プロセスフローにおける温室効果ガス排出活動としては、「RDF 製造における電力・燃料利用」、「セメント製造における燃料（RDF）利用」、「コンポスト製造における電力・燃料利用」が想定される。

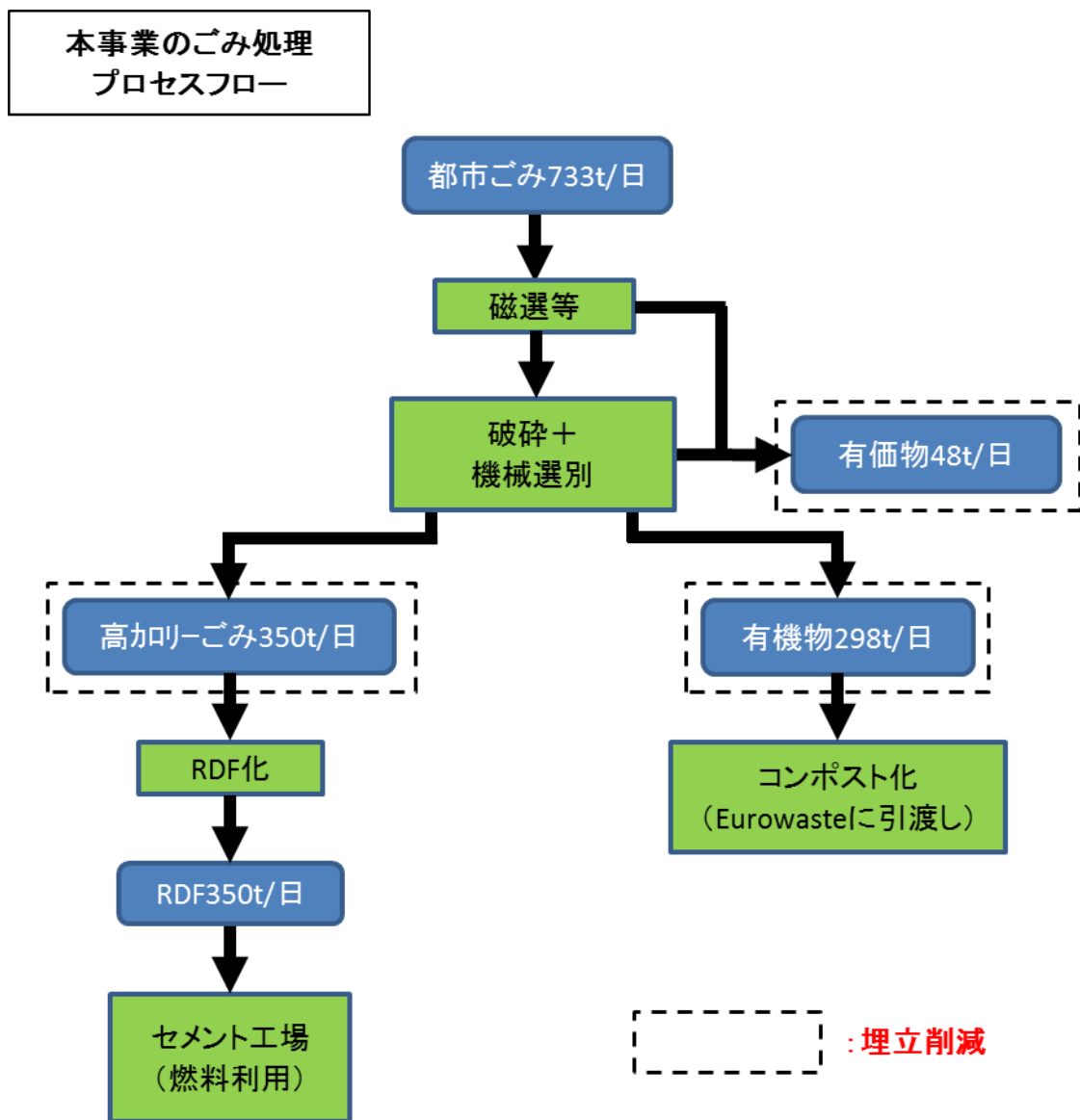


図 10. 本事業のごみ処理プロセスフローの概要

(3) 環境負荷の試算及び本事業の環境負荷低減効果の評価

① 従来のごみ処理プロセスフローにおける環境負荷

a. 都市ごみのオープンダンピング

都市ごみのオープンダンピングにおいては、有機物（厨芥類）、紙、繊維、木材等の廃棄物中の有機成分の嫌気性分解に伴いメタンガスが発生する。

都市ごみのオープンダンピングに伴う環境負荷の試算結果を表 8 に示す。温室効果ガスの排出量は CO₂ 換算で 184,158t/年と試算された。なお、試算の簡略化のために、有機成分の嫌気性分解に伴うメタンガスの発生は、埋立を行った年度に起こるものと仮定した。

表 8. 都市ごみのオープンダンピングに伴う環境負荷

項目		数値		出典
一般廃棄物受入量		733	wet-t/d	バンコク都の一般廃棄物収集可能量
ごみ組成 [%]	有機物割合	44.6	%	四分法による測定結果 (有機物=厨芥類とみなす)
	紙割合	7.4	%	
	繊維割合	4.1	%	
	木材割合	8.7	%	
ごみ組成 [dry-t/d]	有機物量	82	dry-t/d	固形分割合は温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル ver.3.2 より、有機物 0.25、紙 0.80、繊維 0.80、木材 0.55
	紙量	43	dry-t/d	
	繊維量	24	dry-t/d	
	木材量	35	dry-t/d	
メタンガス排出原単位	厨芥類	0.145	t-CH ₄ /dry-t	温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル ver.3.2 より
	紙くず	0.136		
	繊維くず	0.150		
	木くず	0.151		
温室効果ガス排出量		184,158	t-CO ₂ /年	

b. セメント製造における燃料（石炭）利用

セメント製造においては、セメント焼成炉の燃料として石炭を燃焼させることにより、温室効果ガス（CO₂、CH₄、N₂O）が発生する。本事業との比較のために、本事業で製造・セメント燃料利用される RDF と等量の石炭をセメント燃料利用した場合の環境負荷を見込む。

セメント製造における燃料（石炭）利用に伴う環境負荷の試算結果を表 9 に示す。温室効果ガスの排出量は CO₂ 換算で 269,959t/年と試算された。また、RDF で代替する場合と比較して、115,282t/年の化石燃料（石炭）を消費する。

表 9. セメント製造における燃料（石炭）利用に伴う環境負荷

項目		数値		出典
RDF	消費量	350	t/d	生産した RDF を全量消費
	平均熱量	5,000	kcal/kg	
石炭	消費量	350	t-石炭/d	本事業において RDF で代替される石炭消費量
		115,282	t-石炭/年	
	平均熱量	5,000	kcal/kg	
温室効果ガス 排出原単位	CO ₂	2.33	kg-CO ₂ /kg-石炭	温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル ver.3.2 より
	CH ₄	0.0003	kg-CH ₄ /kg-石炭	
	N ₂ O	0.00002	kg-N ₂ O/kg-石炭	
温室効果ガス排出量		269,959	t-CO ₂ /年	

c. 全体

a 及び b より、従来のごみ処理プロセスフローにおける環境負荷は表 10 のようにまとめられる。

表 10 従来のごみ処理プロセスフローにおける環境負荷

項目	数値	
温室効果ガス排出量	454,117	t-CO ₂ /年
化石燃料（石炭）消費量	115,282	t-石炭/年

② 本事業のごみ処理プロセスフローにおける環境負荷

a. RDF 製造における電力・燃料利用

RDF 製造においては、受入バンカー、磁選機、破碎機、ディスクスクリーン、風力選別機、コンベアー、ホッパー、湿式分級機、投入装置、梱包機等の運転のための電力・燃料の利用により、温室効果ガス（CO₂、CH₄、N₂O）が発生する。実証試験の結果より、RDF 製造にはトン当たり 49.1kwh の電力を消費すると推測される。

RDF 製造における電力・燃料利用に伴う環境負荷の試算結果を表 11 に示す。温室効果ガスの排出量は CO₂ 換算で 2,895t/年と試算された。

表 11. RDF 製造における電力・燃料利用に伴う環境負荷

項目		数値		出典
RDF 生産量		350	t/d	高カロリーごみ回収量
RDF 製造における消費電力	トン当たり	49.1	kwh/t	実証試験の結果より RDF 製造トン当たりの消費電力を算出
	1 日当たり	17,211	kwh/d	
	年間	5,662,477	kwh/年	
電力消費による CO ₂ 排出原単位		0.00051	t -CO ₂ /kwh	IGES グリッド排出係数 (2010 年、タイ、コンバインド・マージン)
温室効果ガス排出量		2,895	t-CO ₂ /年	

b. セメント製造における燃料 (RDF) 利用

セメント製造においては、セメント焼成炉の燃料として RDF を燃焼させることにより、温室効果ガス (CO₂、CH₄、N₂O) が発生する。

セメント製造における燃料(RDF)利用に伴う環境負荷の試算結果を表 12 に示す。なお、本事業で製造される RDF においては、廃プラスチック等の高カロリーごみはその成分のほとんどを占めているため、温室効果ガス排出原単位としては、廃プラスチック類を燃料として使用した時のものを採用した。温室効果ガスの排出量は CO₂ 換算で 196,379t/年と試算された。

表 12. セメント製造における燃料 (RDF) 利用に伴う環境負荷

項目		数値		出典
RDF 消費量		350	t/d	生産した RDF を全量消費
		115,282	t/年	
温室効果ガス排出原単位	CO ₂	2.77	t-CO ₂ /dry-t-廃プラ	温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル ver.3.2 より *固体分割合 0.612 (四分法による測定結果)
	CH ₄	0.00036	t-CH ₄ /dry-t-廃プラ	
	N ₂ O	0.000019	t-N ₂ O/dry-t-廃プラ	
温室効果ガス排出量		196,379	t-CO ₂ /年	

c. コンポスト製造における電力・燃料利用

コンポスト製造においては、電力・燃料の利用により、温室効果ガス (CO₂、CH₄、N₂O) が発生する。また、コンポストの使用に伴う温室効果ガスの発生の可能性が考慮されるが、発生量はコンポストの利用状況により異なり、また従来の肥料利用に伴う発生量と大差ないと考えられるため、今回の試算には含めていない。

また、コンポストの使用に伴う温室効果ガスの発生については、コンポストの利

用状況が不明確であるため、考慮していない。

コンポスト製造における電力・燃料利用に伴う環境負荷の試算結果を表13に示す。温室効果ガスの排出量はCO₂換算で14,643t/年と試算された。

表13. コンポスト製造における電力・燃料利用に伴う環境負荷

項目		数値		出典
コンポスト生産量		298	wet-t/d	有機物回収量
コンポスト製造における消費電力	トン当たり	293	kwh/wet-t	さまざまな有機性廃棄物を対象とする堆肥化施設・メタン発酵施設に関する調査分析、北海道大学廃棄物処分工学研究室、2011.3
	1日当たり	87,048	kwh/d	
	年間	28,638,792	kwh/年	
電力消費によるCO ₂ 排出原単位		0.00051	t-CO ₂ /kwh	IGES グリッド排出係数(2010年、タイ、コンバインド・マージン)
温室効果ガス排出量		14,643	t-CO ₂ /年	

d. 全体

a～cより、本事業のごみ処理プロセスフローにおける環境負荷は表14のようにまとめられる。合計埋立削減量は、回収された有価物、RDF化された高カロリーごみ、及びコンポスト化された有機物の合計量に相当する。

表14. 本事業のごみ処理プロセスフローにおける環境負荷

項目	数値	
温室効果ガス排出量	213,917	t-CO ₂ /年
合計埋立削減量	228,984	wet-t/年

③ 本事業の環境負荷低減効果の評価

本事業の環境負荷低減効果の評価結果を表15に示す。温室効果ガス排出削減量は、従来のごみ処理プロセスフローと本事業のごみ処理プロセスフローにおける温室効果ガス排出量の差に相当する。

本事業の導入に伴い、温室効果ガス排出量の削減、化石燃料(石炭)消費量の削減、埋立量の削減が見込まれ、環境負荷の低減に効果があると考えられる。

表15 本事業の環境負荷低減効果

項目	数値	
温室効果ガス排出削減量	240,200	t-CO ₂ /年
化石燃料(石炭)消費削減量	115,282	t-石炭/年
合計埋立削減量	228,984	wet-t/年

【第6章】現地政府・企業との連携等の実施体制の構築

前年度の事業では現地政府・企業との関係構築に最も労力を費やした。現時点で構築している FS 実施体制を図 11 に示す。

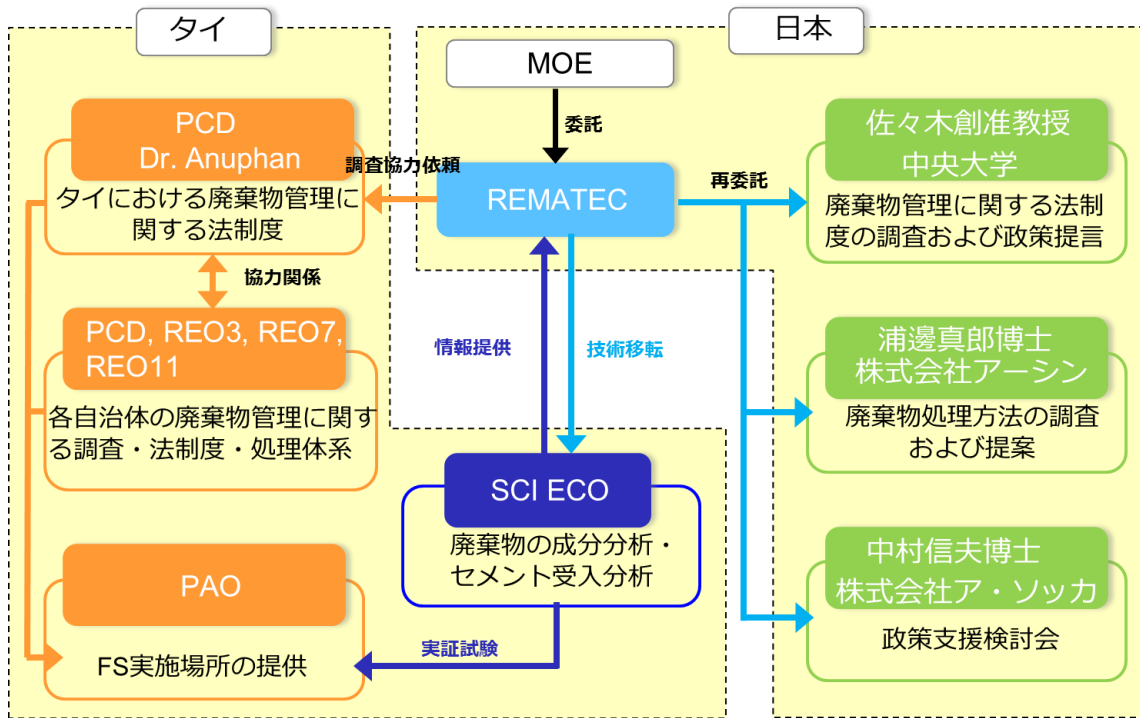


図 11. FS 実施体制

申請時点では、タイ行政機関の窓口としてナレスワン大学の Dr.チャルーンが役割を担っていた。しかし、Dr.チャルーンが抱えている他の業務との兼ね合いから、現在の実施体制から外れている。その代り、PCD の廃棄物管理部長である Dr.アヌパンが直接の窓口として本事業をサポートしてくれている状況である。

PCD からは本事業に対しての高い評価を頂いており、情報開示に関しても積極的に対応して頂き、現在、別添資料 5 で示した PCD が管理する「地方自治体の廃棄物処理に関する調査書」についてデータが整理され次第、開示して頂く予定である。

【第6章】ワークショップ等

本事業の進捗および実証試験に向けた実施計画の報告とあわせて、日本の環境技術を組み合わせたセメント工場を核とした都市ごみリサイクルのシステム提案を行った（図12）。日本からは炭化装置および焼却炉メーカーも参加し、活発な意見交換を行った。

- ・開催日：2013年7月15日
- ・開催場所：バンコク都内PCDオフィス
- ・タイ側参加者：PCD 局長 Mr.ウィチアング、PCD 副局長 Ms.スニー、PCD 廃棄物管理部部長 Dr.アヌパン、REO3 所長 Mr.デーシャ、REO3 所員 Mr.チャティ、REO7 所長、Ms.ジャルパー、REO3 所員 下村氏（JICA シニアボランティア）

本ワークショップ終了後、昨年度のワークショップ開催時に引き続きPCDから技術的支援だけでなく廃棄物管理に関する日本側の協力に関して要請があった。また本事業へのタイ行政機関の協力に関して改めて確認を行った。本ワークショップの様子を写真3に示す。



写真3. ワークショップの様子

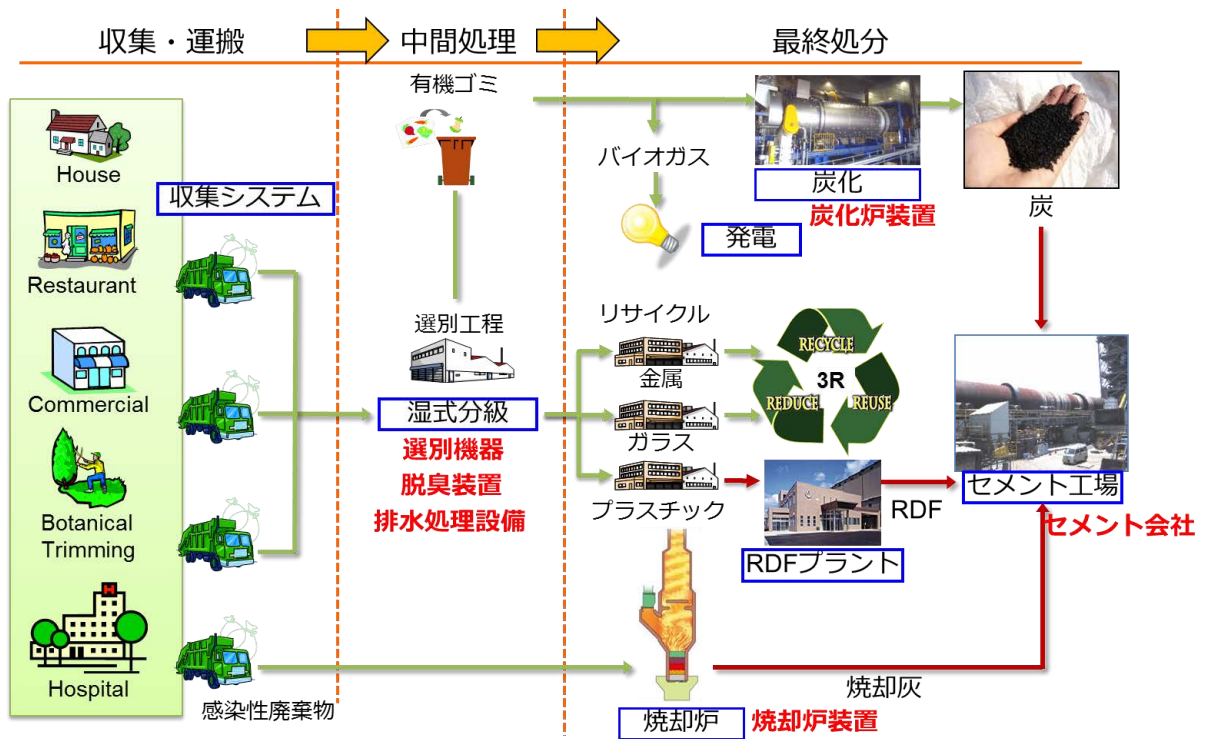


図 12. 日本の環境技術を組み合わせたセメント工場を核とした都市ゴミリサイクル

また本年度の事業成果報告の場として 2014 年度 1 月 31 日にバンコク都にてワークショップを開催する予定であったが、タイの政情不安のため開催日を延期としている。

【第7章】今後の事業展開

第3章で行った事業性評価は、SCGの担当者と協力して得られた結果である。その評価結果に関しては、SCGの投資基準であるEBITDA/初期投資および投資回収期間も試算上は満たしており、弊社との合弁会社設立を前提とした都市ゴミ再資源事業化に向けた話し合いを進めている（図13）。

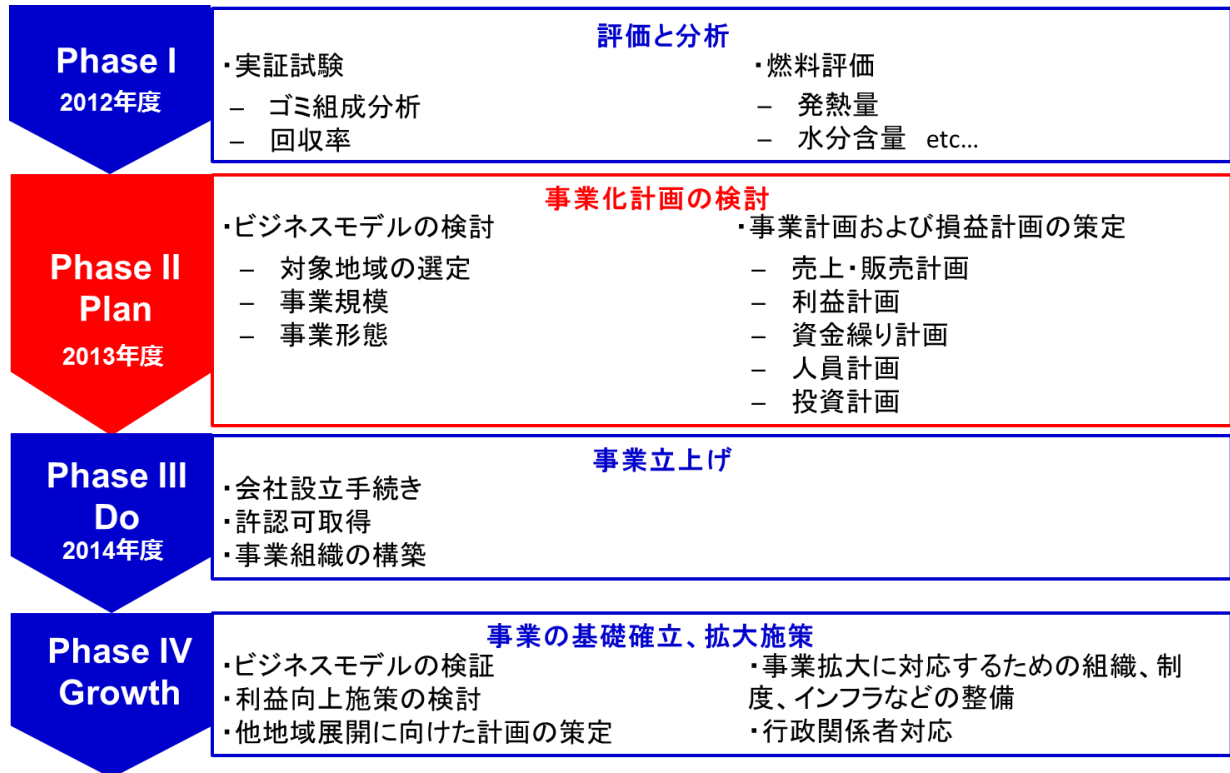


図13. バンコク都の都市ゴミ事業化に向けた取り組み－事業フェーズ－

「環境ビジネス」には、単に技術やノウハウに優れるだけではなく、諸条件を融合しつつ整備統合して高い価値を生み出すための「マネジメント体系とそれに基づく仕組み作り」が必要である。これまで静脈産業に関わる日本の企業がアジアでの事業展開が困難である一つの原因がそれに関係している。我々は、単に技術を提供するだけでなく行政と協力した「仕組み作り」を目指し、PCD局長を始めとしたタイの環境政策における”キーマン”との協力関係を構築することに努めてきた。

日本におけるセメント原燃料としての廃棄物の有効利用には、廃棄物管理に関する法制度の整備が必要不可欠であった。タイ王国に関しても同様であり、本事業を進めていく上で廃棄物管理における制度的な課題（規則・制度の整備、監督・実施機関の未整備）を解決していく必要がある。「環境ビジネス」は、21世紀の成長産業といわれる。この領域は、わが国の産業が成長発展の過程で基礎から最先端に及ぶノウハウを多く蓄積してきた得意分野である。熾烈化する競争の中で、中進国や発展途上国を援助しつつ、わが国の産業が

健全に優位性を保てるマネジメント力の育成が求められている。従来のビジネスとは異なり、複合技術を用いて高い付加価値創造を行う業際的な環境ビジネスの展開では克服すべき要素が多々ある。そのためにも前述したように、技術やノウハウに優れるだけでなく、「仕組み作り」が重要となってくる。現在、PCDではClean and green cityプロジェクトに象徴されるように廃棄物処理を取り組むべき最優先課題としている。そこで本事業では技術的なアプローチだけでなくタイ行政に対する政策支援を行うため、国内の有識者および環境省様の協力の下、政策支援検討会を実施している。政策支援検討会の実施内容および実現可能性を向上する行政施策の具体的内容については別添資料6に詳細に記載している。

以上

別添資料 1

対象地域における現状調査
(廃棄物管理の実態調査)

【対象地域における現状調査（廃棄物管理の実態調査）】

調査結果

サラブリ県を含む自治体の廃棄物管理の調査

サラブリ県における廃棄物管理の現状

サラブリ県における一般廃棄物発生量・収集体制

サラブリ県の人口は約 566,032 人であり、一日当たりの一般廃棄物発生量は約 594 トンである。サラブリ県内の各地域における一般廃棄物の発生量を図 1-1 に示す。

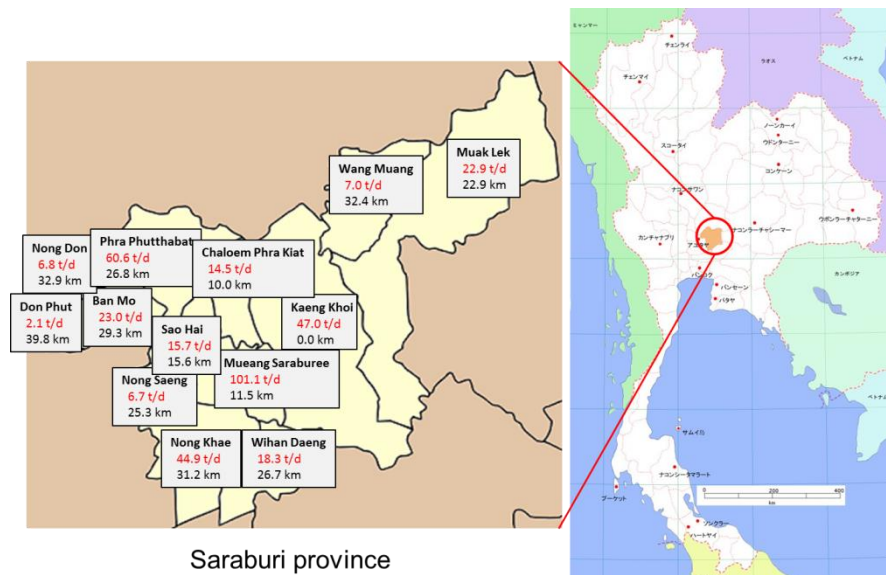


図 1-1. サラブリ県における一般廃棄物発生量

左：サラブリ県の各地域の廃棄物発生量（赤字）とセメント工場からの距離（黒字）

右：タイにおけるサラブリ県の位置
（出所）PCD 提供データより作成

タイにおける一般廃棄物の処理責任主体は地方公共団体とされており、サラブリ県の場合、自治市（เทศบาล เท่ซาบวร์น）3ヶ所、タンボン自治体（ตำบล）3ヶ所と県自治体（อําเภอ ออ์บอ์ทอ์）77ヶ所が処理責任主体となる。本項では、タイ側から情報提供や視察の協力が得られた代表的な事例について報告する。

【サラブリ自治市】

サラブリ自治市はサラブリ県の県庁所在地であり、人口は同県最大の 67,858 人である。サラブリ自治市が保有する処分場は、2003 年まではオープンダンピングであったが、旧科学技術環境省（現、天然資源環境省）の環境保全基金を利用して衛生埋立場を新設した。埋立場の面積は 110 ライ（176,000 m²）で 5 つの区画があり、現在 3 つが埋め立て完了している。衛生埋立場は、防水シートやメタンガスのガス抜き、浸出水の管理パイプは設置されている。問題点として浸出水の処理が機能しておらず、現在、改善中である。

現在、サラブリ自治市と 3 つの県自治体（オーボートー）から、60 トン／日を毎日受け入れている。計量はトラックスケールで管理している。サラブリ自治市と衛生埋立場が立地している県自治体以外の 2 つの県自治体からは、500 バーツ／トンの埋立費を徴収している。60 トン／日埋立量のうち、サラブリ自治市では 4 回／日収集し、埋立量は 55 トン／日である。サラブリ市は 29 コミュニティがあり、登録人口 67,858 人であるが、地方出稼ぎ労働者も居住しているため、おおよそ 2 倍の 12 万人程度と推計している。現在、同処分場では、コンポストプラント（2 ライン）、分別プラント（2 ライン）を建設中である。建設資金は市中銀行からサラブリ自治市が独自に借り入れた。同処分場ではウエストピッカーが紙、プラスチック容器包装、段ボールなどの有価物回収作業しており、分別プラントが完成後、当初は 10 人程度を分別プラントにて雇用する予定であり、軌道に乗れば雇用者を増やす予定である。現地の様子を写真 1-1 に示す。



トラックスケール



建設中の分別プラント



防水シートとガス抜きパイプ　ウエストピッカーによる資源回収
写真 1-1. Mueang Saraburi 処分場

【プラプッタバート自治市】

プラプッタバート自治市 (Mueang Phra Phutthabat) は、サラブリー県の北部に位置し、面積は29平方キロメートルで人口は4万9,572人、世帯数は1万1,246世帯である。同市の廃棄物収集と運搬は、週7日、午前5時から午後3時にかけて実施している。収集車7台あり、それぞれの定期路線を運行している。車両の詳細は、処理能力が12立方メートルのダンプ車が3台、10立方メートルのパッカー車が2台、5立方メートルのコンテナ車が2台、このほか、木の枝などを回収する処理能力10立方メートルの運搬車も1台を保有している。通常、廃棄物収集車の1日の稼働回数は3回であり、運転手は12人、廃棄物の回収作業員は24人である。

表 1-1. プラプッタバート自治市の廃棄物収集車両と種類

車両番号	車両登録番号	車種	処理能力 (立方メートル)	使用年数	車両の状況	1日の駆動回数
4	82-8073	パッカー車	10.0	4.5	良好	3
9	82-7410	パッカー車	10.0	5	良好	3
10	82-7411	ダンプ車	10.0	5	良好	3
12	83-9825	ダンプ車	12.0	4	良好	3
13	83-3465	ダンプ車	12.0	3	良好	3
14	82-3466	ダンプ車	12.0	3	良好	3
5	82-7409	コンテナ車	5.0	5	良好	3
-	83-5846	コンテナ車	5.0	3	良好	8
11	82-9583	運搬車	10.0	4	良好	8

(出所) サラブリー県プラプッタバート自治市公共・環境局提供資料
備考：常用車両の代替車両として導入。ただ実際には廃棄物の収集・運搬には用いられず、運転手や乗組員の交代に用いられている

同市が所有する処分場はオープンダンプングであり、その様子を写真 1-2 に示す。同処分場の面積は約 40,000m² で、現在も拡張が行われており、プラプッタバート自治市から 40t/日、その他 4 つの自治市から合計 10t/日の廃棄物を受け入れている。他の自治市からは、受入量に関係無く、5,000THB/月を徴収している。なお、周辺地域から臭気に対する苦情のため、毎週金曜日に消臭剤の散布を行っているが、根本的な解決に至っていない。



写真 1-2. Mueang Phra Phutthabat 処分場

【ノンケー町】

ノンケー町は人口 13,222 人であり、今回の調査地の中では最も規模が小さい自治体である。同庁が 1994 年から運営している処分場はオープンダンピングである。当時の技術水準は満たしているが、現在は浸出水を処理しておらず、覆土だけであり不適正な処分場である（写真 1-3）。ただし、補助金がないため改善が困難である。



写真 1-3. ノンケー埋立場

同処分場の面積は 110 ライ (28,800 m²) であり、現在は、ノンケー町ともうひとつの県自治体を合わせて 20~23 トン/日を埋め立てている。他の地域からは 6,000 バーツ/月 (500 トン/月までが 150 バーツ/トン、それ以上が 100 バーツ/トンの埋立費) を徴収している。

住民からは廃棄物収集料金として 20 バーツ/世帯を徴収しているが、その徴収率については回答が得られていない。

2011 年までは、他に 6 つの県自治体からも受け入れていた。しかし、現在の県自治体では TPI セメントに回収した廃棄物をパッカー車でそのまま持ち込み、50 バーツ/トンで買い取ってもらっているという。ノンケー町では、パッカー車のメンテナンスが悪く、TPI セメントへの距離もありコストに見合わないため、オープンダンピングを継続している。TPI セメントでは、生ごみをコンポスト化し、残渣を年代替燃料として利用している。

サラブリー県における一般廃棄物管理政策の施策提案

【自治体職員の能力形成】

サラブリー自治市のように衛生理立場が整備され、行政の一般廃棄物管理能力がある自治体では、独自予算で MBT 処理施設の導入が進んでいることが現地調査で明らかになった。他方で、その他の小規模自治体では、依然としてオープンダンピングのままであり、予算制約のみならず、補助金への提案書も作成できないなど一般廃棄物管理能力が乏しく、自治体間の格差が拡大していると考えられる。

したがって、サラブリー自治市のような成功事例を共有するためのワークショップ等を通じて、一般廃棄物管理計画の作成や基礎データの収集方法など自治体職員の能力形成が不可欠と考えられる。

【廃棄物管理主体の広域化】

タイにおける一般廃棄物の処理責任主体は地方公共団体とされており、サラブリー県の場合、人口 55 万に対して 77 ヶ所も処理責任主体となっており、一般廃棄物の収集・処理体制が非効率になっている。

自治体ごとに衛生埋立地を整備することは現実的な解決策とは、上述した自治体職員の管理能力の観点からも現実的な政策とは考えられないため、PCD が推進している地域集中処理政策（cluster policy）を活用し、地域の中心的な自治体が衛生埋立処分地を整備し、そこで周辺の自治体管轄地域外の固形廃棄物を衛生埋立処分することが妥当と推察される。

さらに、地方公共団体の能力不足と廃棄物処分地の用地確保をめぐる係争の頻発を解決する方法として、PCD は廃棄物処理の民営化も打ち出しており、広域処理を進めることで、民間事業者の事業採算性の確保することが求められる。

【廃棄物管理の基礎データの収集と情報公開】

廃棄物管理の基礎資料となる発生量や処理状況の先行研究では、2012 年の組織改編により処理の実態解明が進んでいることは評価できるが、タイにおける都市ごみの発生量データについては、①特別市、②市レベルの大規模自治体以外では実測データに基づいておらず、信頼性に問題があることが指摘されている。タイの地方都市の処分場を現地調査すると、埋立場はオープンダンプングであり、またトラックスケールも整備されていないことが大半であり、一般廃棄物発生量ですら信頼性について疑義がある¹。

これに対して、後述するバンコク都では年次報告書で廃棄物発生量、処理体制、一般廃棄物収集料金徴収率、行政コストなどの基礎データを WEB で公開しており、これを利用して様々な民間企業との連携が進んでいる。

したがって、PCD が推進する官民連携（PPP：public-private partnership）による一般廃棄物管理体制の改善を進めるためには、廃棄物管理の基礎データの収集と情報公開が不可欠と考えられる²。

¹ 佐々木創、田中靖訓、林田稔、浦邊真郎、西村想、中村信夫、「タイにおける都市ごみ管理の現状」、第 24 回 廃棄物資源循環学会研究発表会、北海道大学、2013 年 11 月 2～4 日

² サラブリー県における一般廃棄物管理のコストデータなどは、本調査に対して PCD より提供することに環境省との間で合意ができていたが、反タクシン派のデモの影響による下院の解散なども影響したため、実現できていない。

チェンマイ県における廃棄物管理の現状

タイ北部チェンマイ県の東部に位置する Doi Saket には、天然資源環境省(MNRE)管轄下で建設・運営が行われていた都市ゴミ処理施設が存在する。この施設はタイにおける都市ごみ処理施設のモデル施設として、全国から施設見学者が訪れる最先端の処理施設である。そのためタイの最先端の都市ゴミ処理事情を把握するために SCG の協力の下、Doi Saket の施設見学を実施したので、チェンマイ県における廃棄物管理の現状に関しては Doi Saket を中心として以下に記載する。

チェンマイ県における一般廃棄物発生量・収集体制

Doi Saket は都市ごみ (municipal solid waste: MSW) の収集保管・選別・コンポスト・衛生埋立処分場・排水処理を有する複合施設である(写真 1-4, 総面積 16,000m²)。SCG の話では、多くの見学者が訪れるタイで最も最先端の処理施設とのことである。元々は県が国に予算を申請し、天然資源環境省(MNRE)管轄下で施設の建設・運営を行っていた(建設費: 465 ミリオン THB)。2005 年に建設を開始し、2009 年に MSW を受入開始するものの、わずか 1 年余りで破綻し、2011 年に SCG へ業務移管。契約内容の主な点は以下の通りである。

【契約内容】

- ・ 場所・設備に関しては SCIECO がオボトに対してリース料を支払う。
- ・ 施設運営は SCIECO が行う。
- ・ 有価物 (缶・ペットボトル・紙など) はオボトに無償で提供



写真 1-4. 施設全体図

【施設運営の仕組み】

4つのテッサバーン（ドーイサケット・サンサイ・サンカムヘン・メオン）からのMSWが当施設に集められている（セメントリサイクルに関する収集・処理スキームは図1-2参照。）。施設のキャパシティは最大300t/日だが、現在の収集量は60t/日となっている。

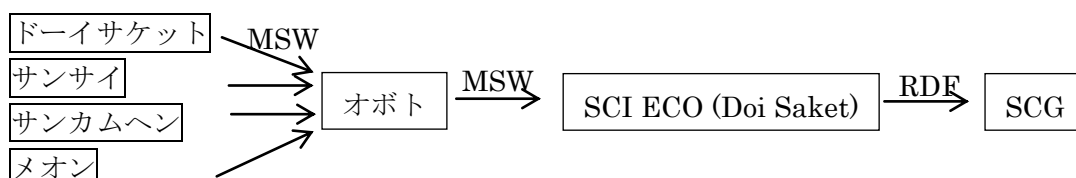


図 1-2. MSW の収集およびセメントリサイクル

チェンマイ県における一般廃棄物管理コスト構造

4つのテッサバーンからそれぞれオボトにMSWが収集し、集まったMSWをSCI ECOが選別し、高カロリーと有機ゴミに選別し、高カロリーはRDF（フラフの状態）としてSCGに販売し、有機ゴミはコンポスト化している。このときオボトはMSWを集めてきたテッサバーンに800B/t、処理を委託するSCI ECOに600B/tを支払っている。なおSCGによるとSCI ECOに支払われるtipping feeはタイの中で突出して高いとのことである（タイ国内におけるtipping feeは平均300B/t）。SCI ECOはDoi Saketに集まったMSWを選別しRDFとしてSCGに1,800B/t（輸送費はSCI ECO負担）で販売している。当施設の選別工程を写真XXXに示す。なお実際はPre-ShredderとTrommelの順番は逆となっている。処理工程に約20人の従業員が従事している。



写真 1-5. 選別工程

物質収支は下記の通りである。

RDF への変換率：30～40%

有価物の回収率：2～5%

埋立処分率：20～30%

コンポスト：5～10%

また RDF のセメント工場受入基準は 1. 水分含量 30%未満 2. コンタミ（土砂など）の混入を極力抑える 3. カロリー LHV で 4,000kcal/kg 以上となっている。

タイ最先端の処理施設に関わらず、周辺への臭気の影響で一か月前から操業停止となっている（2013 年 6 月に施設見学を実施）。また処理工程が多いにも関わらず上手く選別が出来ていない（処理フローはチェンマイ大学の教授が設計）。

チェンマイ県における一般廃棄物管理政策の施策提案

別添資料 6 で記載したように一般廃棄物管理政策の施策提案として広域処理を検討しているが、Doi Saket はタイでは非常に稀なケースとして 4 つのテッサバーンから都市ゴミを収集し広域処理を行っている。広域処理だからこそ、当施設を建設できたのだと考えられる。ただし、処理技術が未発達なため臭気等の問題から施設停止となっている。そのため Doi Saket に関しては、施策提案よりも技術的な提案の方が適切であると判断し、本項では既存施設の課題である選別工程に実証試験を行った湿式分級機の導入の可能性と期待される効果について見当する。

棟施設の規模から湿式分級機設置場所の制約はない。必要な水も排水処理した水を再利用することも可能である。必要とされる電源は現在 SCI ECO の協力の下、供給可能である。実際、今回の実証試験の結果を受けて現地パートナーである SCG から当施設への湿式分級機導入の打診を受けている。湿式分級導入により RDF 生産量増による収益増、生産工程の簡略化によるコスト削減など期待されるが、既存施設には手選別・磁選工程はあるものの上しく金属ごみを取り除かれていないため、破袋機が損傷する可能性が懸念される。湿式分級の装置指導だけでなく、基本的な手選別の仕方などローカルスタッフの教育も必要であると考えられる。ただ SCG の地域住民への教育により、排出される MSW は分別されているにも関わらず、テッサバーンからオボトへの収集の過程で MSW が混ざってしまうようである。施策提案も重要であるが、収集システムの改善提案あるいは自ら収集・運搬を行うことがタイで事業を行う上で重要になると考えられる。

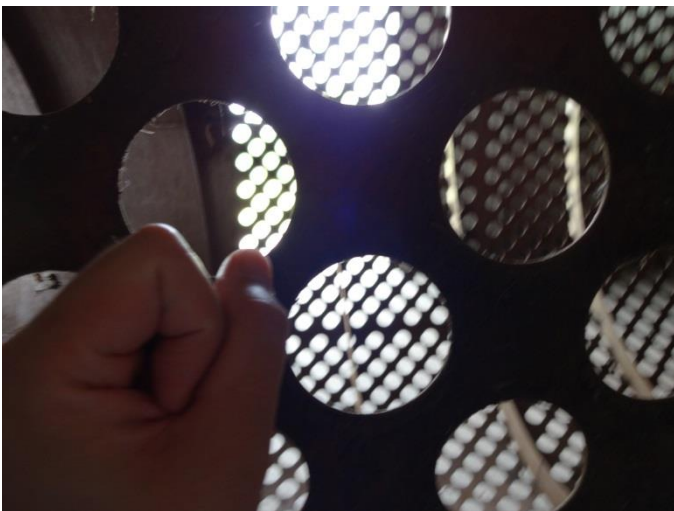


写真 1-6. Doi Saket の選別施設

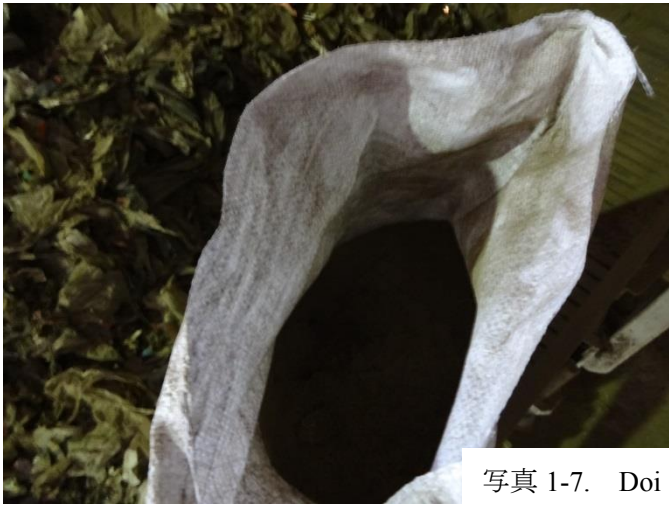
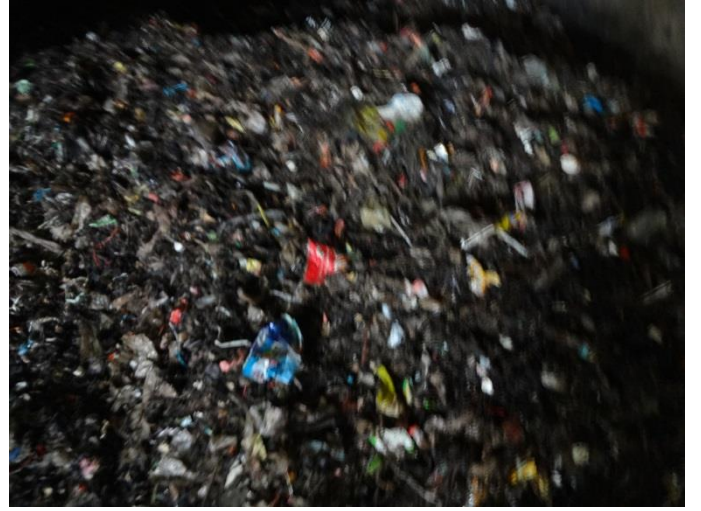


写真 1-7. Doi Saket のコンポスト施設



写真 1-8. Doi Saket の排水施設

バンコク都における廃棄物管理の現状

バンコク都における一般廃棄物発生量・収集体制

バンコク都の人口は登録人口で 570 万人、外国人も含めた非登録人口は 400 万人とタイ最大の都市である。バンコク都における一般廃棄物の収集量は、2012 年で一日当たり 9,748 トンとなっている。2000 年に旧・国際協力銀行（JBIC）が実施した予測値よりも、現状の収集量は下回っており 3R 政策の効果が出ているとバンコク都では報告している（図 1-3）。



図 1-3. バンコク都における一般廃棄物収集量
 (出所) アジア大都市ネットワーク 2 1 『都市と地球の環境問題』 廃棄物分野におけるバンコク都ワークショップ、発表資料

バンコク都における一般廃棄物の組成は、食品廃棄物が 49%、次いでリサイクル困難なプラスチックが 21%となっている。ただし、同組成分析は中継基地で測定されており、中継基地への搬入前にリサイクル可能廃棄物は、有価物回収業者、収集作業員、ウエストピッカーにより市中ですでに回収されているため、実際の廃棄物組成とは異なることに留意が必要である（図 1-4）。

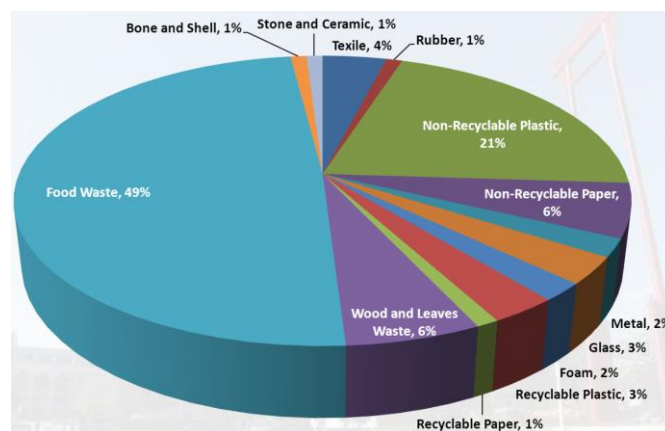


図 1-4. バンコク都収集中継基地における一般廃棄物組成

(出所) アジア大都市ネットワーク 2 1 『都市と地球の環境問題』
 廃棄物分野におけるバンコク都ワークショップ、発表資料

バンコク都における一般廃棄物の収集体制は、1,965 台の収集車で毎日夜間収集されている。収集作業員数は、運転手が 2,587 人、収集作業員 7,591 人である。バンコク都内で収集された廃棄物は Tharaeng、Nongkhaem、On-Nut の 3 か所の中継基地に一度集積する。ここまでの収集はバンコク都が独自に実施しており、中継基地の運営から埋立処理までは民間事業者へ委託している。

Tharaeng、Nongkhaem の中継基地からは、それぞれ 2,300 トン/日、3,600 トン/日の一般廃棄物は Nakhonpathom 県 Kumpangsansan 地区の衛生埋立場で全量埋め立てられている。他方、On-Nut 中継基地では 2,600 トン/日がラッピングされた後、Chachoengsao 県 Panomsarakham 地区の衛生埋立場で埋め立てられている。On-Nut 中継基地にはコンポストプラント 1-5)。



図 1-5. バンコク都における一般廃棄物収集・処理体制

(出所) アジア大都市ネットワーク 2 1 『都市と地球の環境問題』 廃棄物分野におけるバンコク都ワークショップ、発表資料

また、Nongkhaem 中継基地の隣接地に 300 トン/日の焼却施設が建設中であり、2016 年に稼働見込みである。建設用地の 12 エーカーはバンコク都より譲渡され、建設費は 9 億バーツ、20 年間の BOT 方式で中国企業 C&G Environmental Protection 社とマレーシア企業 PJT Technology 社の JV が受注している。バンコク都が焼却炉まで一般廃棄物を持ち込み、焼却処理に対して 970 バーツ/トンの処理委託費が支払われることになっている。同焼却炉はストーカー炉が 2 基あり、5MW の売電を予定している。

今後、バンコク都では2021年までに焼却施設を2,500トン/日まで増設する計画がある。

バンコク都における一般廃棄物管理コスト構造

2012年におけるバンコク都における一般廃棄物収集コストは、総額で1億6,700万ドルと報告されている。この詳細は現在では公開されていないが、1,486パーツ/トンの収集コストが要している。

これに対して、BMA Annual Report 2005で記載されていたデータから一般廃棄物管理コスト構造を分析すると、バンコク都における一般廃棄物収集コストは、2004年で17億9,791万パーツ、534パーツ/トンと報告されている(表1-2)。したがって、2004年から2012年の8年間で2.8倍も収集コストが増加していることになる。

表 1-2. バンコク都における一般廃棄物収集コスト

Fiscal Year	Staff Salary		Welfares		Fuel Costs		equipment costs		Truck Repair Costs		investment costs for Trucks		total costs	Waste Amount	Percent of increasing Waste Amount	collection costs (Baht/ton)
	Baht	Percent	Baht	Percent	Baht	Percent	Baht	Percent	Baht	Percent	Baht	Percent				
1998	577,635,056	44.78	175,631,248	13.61	174,836,833	13.55	16,605,274	1.29	101,190,686	7.84	244,127,335	18.92	1,290,026,432	2,847,790.00	6.31	452.99
1999	892,815,415	49.68	191,476,032	10.65	239,332,918	13.32	32,020,223	1.78	150,933,842	8.40	290,574,931	16.17	1,797,153,361	3,244,907.82	13.94	553.84
2000	784,570,166	51.11	192,075,492	12.51	215,941,233	14.07	30,110,468	1.96	173,284,984	11.29	139,023,390	9.06	1,535,005,733	3,212,169.00	-1.01	477.87
2001	723,223,016	42.07	253,216,821	14.73	297,250,698	17.29	9,667,836	0.56	340,113,710	19.78	95,708,041	5.57	1,719,180,122	3,353,697.00	4.41	512.62
2002	718,901,659	49.64	178,540,231	12.33	254,718,227	17.59	12,647,106	0.87	212,417,438	14.67	71,001,484	4.90	1,448,226,145	3,358,104.00	0.13	431.26
2003	749,326,467	54.03	181,081,843	13.06	253,720,353	18.29	10,749,589	0.78	157,334,951	11.34	34,675,800	2.50	1,386,889,003	3,412,738.00	1.63	406.39
2004	963,218,712	53.57	34,185,412	1.90	271,774,615	15.12	9,345,250	0.52	260,385,226	14.48	259,001,463	14.41	1,797,910,678	3,368,312.00	-1.30	533.77

(出所) BMA Annual Report 2005

一方で、バンコク都においても世帯ごとに一般廃棄物収集料金を徴収している。2011年(仏歴2554年)における徴収率は89.73%と高い一方で、徴収総額は4億3810万パーツとなっており、収集コストの8.3%しか賄っていないことになる。現在のバンコク都の収集料金は、1世帯1カ月20リットルまでの排出で20パーツであり、これを省令で定められた最高金額の40パーツに引き上げる予定である。

表 1-3. バンコク都における一般廃棄物収集料金収入

ปีงบประมาณ Fiscal Year	หลังการรับ ตามบัญชี ราษฎร (หลัง) Registered Households	หลังการรับ ที่ต้องจัดเก็บ ค่าธรรมเนียม (หลัง) Households to be collected (households)	หลังการรับ ที่น้อยกว่า (%) Difference (%)	หลังการรับ ที่จัดเก็บ ค่าธรรมเนียมได้ (หลัง) Households with collected fee (households)	คิดเป็น% ของหลังการรับ เมื่อเทียบกับ หลังการรับ ที่ต้องจัดเก็บ Percentage of Collected fee households	ค่าธรรมเนียม เก็บขยะ/ของ (บาท) Solid Waste Fee Collected (baht)	เงิน ค่าธรรมเนียม เปรียบเทียบกับ ปีงบประมาณ ที่ผ่านมา (%) Collected fee from Previous fiscal Year (%)
2550	2,120,868	1,529,978	27.86	1,334,134	87.20	399,879,381	5.92
2551	2,141,381	1,813,116	15.33	1,546,424	85.29	415,881,978	4.00
2552	2,256,146	1,858,764	17.61	1,613,044	86.78	419,074,668	0.77
2553	2,335,618	1,929,011	17.41	1,682,670	87.23	424,322,941	1.25
2554	2,421,993	2,012,754	16.90	1,806,070	89.73	438,108,291	3.25

(出所) Bangkok State of the Environment 2012

2012 年におけるバンコク都における一般廃棄物処理コストについては、データは得られていないため、BMA Annual Report 2005 のデータを活用すると、平均で 454 バーツ/トンの処理コストを要している。収集コストが 2.8 倍になっていることから、中継地から処分地までの運搬コストは確実に上がっており、処理コスト自体も増加していると推察される。

表 1-4. 2005 年のバンコク都における一般廃棄物処理コスト

Treatment/ Disposing Method	Awarded Company	Solid Waste Disposal Center	Location for Sanitary landfill	Budget (million Baht)	Costs (Baht/ Ton)	Term of Contract (Year)	Perfor- mance Duration
Sanitary Landfill by Compaction and plastic wrapping	Pairoj, Sompong Panich Partnership	On Nuch	Phanom-sarakham, Chachoengsao	3,546	512	10	Feb 14, 05 to Feb 13, 15
Sanitary Landfill	Wassadupan Thurakit Co., Ltd.	Sai Mai	Kamphaengsan, Nakornpathom	2,993	435	10	Jan 11, 05 to Jan 10, 15
Sanitary Landfill	Group 79 Co., Ltd.	Nong Kheam	Kamphaengsan, Nakornpathom	3,050	418	10	Jan 11, 05 to Jan 10, 15
Aerobic Fermentation	Eurowest Engineering Co., Ltd.	On Nuch	Phanom-sarakham, Chachoengsao	895	454	5	Jan 31, 05 to Jan 30, 10

(出所) BMA Annual Report 2005

バンコク都における一般廃棄物管理政策の施策提案

【収集料金の増額と徴収方法の見直し】

現在の収集料金では収集コストの 8.3%しか賄えておらず、現行のバンコク都の収集料金は、1 世帯 1 カ月 20 リットルまでの排出で 20 バーツを省令で定められた最高金額の 40 バーツに引き上げることは妥当と考えられる。

一方で、収集料金形態を日本の有料化制度の分類に当てはめれば、「排出量単純比例型」となるが、有料ゴミ袋の販売や指定ゴミ箱などの容積に応じた収集は行われておらず、排出者が自治体に直接料金を納入・または自治体職員が個別徴収しているため、排出者が廃棄物を削減する経済的インセンティブは働いてないと考えられ、収集方式の改善が必要である。

【収集体制の見直し】

現行の収集体制においても、生ごみは毎日収集、リサイクル可能廃棄物は日曜日収集、有害廃棄物は 1 日と 15 日の収集と、分別収集をバンコク都民に呼びかけているが、分別排出が根付いているとは言い難い。したがって、現状のように未分別の廃棄物は回収しないことや、分別収集体制に見合った車両の購入など収集体制の見直しが、収集料金の増額と徴収方法の見直しを合わせて必要と考えられる。

現行の収集コストは 1,486 バーツ／トンとなっており、現在建設中の焼却施設に対して焼 970 バーツ／トンの処理委託費が支払われることは、廃棄物の減容化の観点からも妥当性のある政策といえる。今後、バンコク都では 2021 年までに焼却施設を 2,500 トン／日まで増設する計画があり、これに日本の循環産業が参入していくこともバンコク都の一般廃棄物問題を改善する一助となる。

また、後述する通り、On-Nut 中継基地のコンポストプラントの処理フローは、本調査で検討してきた湿式分級設備で大幅なコスト改善が見込まれている。PPP 方式でコンポストプラントや RDF プラントの活用することも採算に見合う事業となりつつあり、さらなる検討を進める必要がある。