

平成 26 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務

マレーシア国クアラルンプール首都圏等の
廃電気・電子機器廃棄物等の高品質な非鉄金属（銅）
回収リサイクル事業

報告書

平成 27 年 3 月

株式会社ウエスギ

株式会社佐野環境都市計画事務所

調査概要 サマリー

プロジェクト名：マレーシア国クアラルンプール首都圏等の廃電気・電子機器廃棄物等の高品質な非鉄金属（銅）回収リサイクル事業

事業者名：株式会社ウエスギ、株式会社佐野環境都市計画事務所

0. 事業の目的・概要

0-1. 事業背景・目的

マレーシア国（以下、「マ国」という。）では、E-Wasteに含まれる非鉄金属の回収品質の向上、また、処理工程で発生する廃プラ類のリサイクル利用が進まない等の課題がある。前者課題の解決では日本で培ってきた技術が利用可能であり、後者では、酸化分解や油化等の技術の応用展開が考えられる。本事業は、マ国において、E-Waste等に含有された非鉄金属を高品質で回収する事業を構築すると同時に、廃プラ類のリサイクル利用の可能性を探索することを目的とした基礎調査を実施する。

1. 海外展開計画案の策定（本事業の概要）

処理対象廃棄物

E-Waste（廃電気・電子機器廃棄物）等

利用技術・導入規模

E-Wasteの解体・選別作業の後、振動とエアーを利用した乾式選別と比重選別の技術等の組合せにより、効率的に高品質の銅を中心とした非鉄金属を回収（4t/day）し、処理工程で発生する廃プラスチック類をリサイクル利用（2t/day）する。

事業内容

家庭や事業所、あるいは製造工場等から排出される E-Waste を収集して、その中の被覆電線や伸銅品等に含有される非鉄金属を品質劣化を極力抑えた手法を導入して回収すると同時に、処理工程で発生する廃プラスチック類を埋立処理することなく有効活用できるリサイクル技術を導入した事業を実施する。

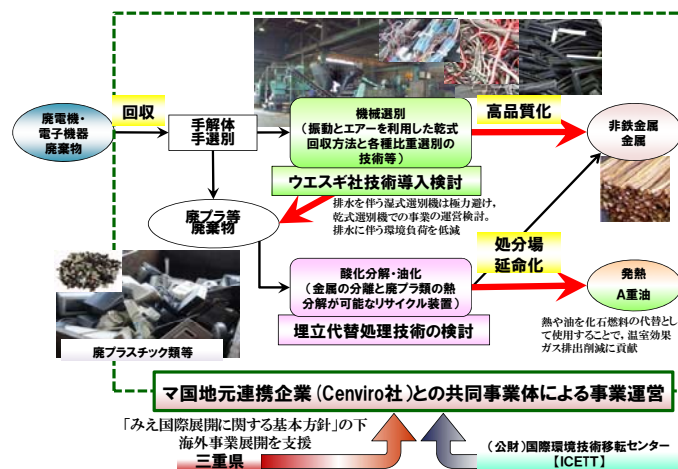


図1. 事業計画概要

事業体制

マ国で環境事業を精力的に展開する Cenviro 社（旧：UEM Environment 社）の協力を要請する。基本的に、ウエスギ社と Cenviro 社との共同事業で調整する。

また、事業を創出する際に必要な情報等は、三重県や（公財）国際環境技術移転センターの支援を頂く（図 1 参照）。

2. 対象地域における現状調査

文献調査から本事業計画を取り巻く課題を整理し、現地調査にて、当該課題を中心にさらに詳細を確認することで、本事業計画策定を進めた。

具体的には、マ国の E-Waste 政策、E-Waste 排出量・処理量、E-Waste の廃棄物処理・有価売却等の全体的な流れ、E-Waste の処理フロー、処理技術を確認、整理した。

マ国の E-Waste は事業から排出されるものと、一般家庭から排出されるものの 2 つに分けることができる。事業から排出されるものは、法律の下、回収、適正処理が行われている。一方、一般家庭からのものは、法律の下での回収がほとんど行われておらず、処理実態に不明な点が多い。一般家庭からの E-Waste に関して現在法律の枠組みが作成されつつあるが、実際の運用までに時間を要する見込みとなっている。このような状況から、現在の E-Waste 回収、処理・リサイクルは事業から排出される E-Waste 中心に行われており、その回収量確保に処理施設間で競争が生じている。

マ国での一般的な E-Waste の処理フロー及び処理技術は、最初に手解体が行われ、その後の処理過程において支障の生ずるものを取り除いたり、有価物を抽出する。続いて、機械による破碎が行われ、細かくされた後、選別される。その後、高付加価値品の回収のため、化学的処理や精錬が行われる場合もある。ウエスギ社のように高度選別技術により、高付加価値品を取り出す方法は他のマ国既存施設ではほとんどない。被覆電線を主な対象物としている施設もほとんどなく、他の処理施設と競合しない。ウエスギ社のような高度選別技術が「Full Recovery 施設」に該当するかどうかマ国・環境局に今後詳細確認する必要がある。

3. 現地政府・企業等との連携構築

「5. 実現可能性の評価」以降で記述するが、今後の当該事業展開に向けて、**事業連携予定の Cenviro 社はカウンターパートとなる予定であり、今後も連携を深めていく。**

また、マ国・環境局とは、**本事業展開に際し（実証試験段階等で）、本事業の技術の許認可等に係る詳細について適宜確認するとともに、本事業の進捗について、継続的に情報を共有化していくこと**で了承を得ている（ワークショップ等への参加も了承を得た）。

4. 現地関係者合同ワークショップ等の開催

※ 基礎調査のため、該当なし。

5. 実現可能性の評価

(1) 事業採算性

本事業連携予定の Genviro 社に確認しながら、事業計画案を作成するとともに、当該計画案に基づき事業採算性を分析した。本事業の実現可能性については、回収量、買い取り価格によっては、収益性が高い事業となることが明らかとなった。また、銅のナゲット販売から得られる収益は、銅の国際市場価格の変動に影響を受けるところが多分にあるため、当該変動を常に注視しながら収益性を考えていくことが重要な事業と言える。

現時点での Genviro 社における E-Waste 回収量は年間に 40 t 弱であり、E-Waste 回収量に対する、本事業対象物（被覆電線）のリサイクル割合は 3.4%（1.3 t/年）と少ない。現在、本事業対象物は付随的な回収であり、既存顧客を多数持つ Genviro 社の回収ネットワークを活用すれば、ベンチスケールで想定した回収量（50 t/年）を確保することが期待できる。

本事業を実現していくためには、今回調査では詳細まで検討できなかった最適な買い取り価格の設定検討と、安定的な回収量確保のための詳細な回収戦略及び回収ネットワーク構築検討が次のステップとして求められる。

(2) 環境負荷削減効果

被覆材（廃棄物）の処理に係る環境負荷低減

本事業で主な処理・リサイクル対象である、被覆電線（ハーネス）は、非鉄金属（主に銅）をリサイクルするに当たって被覆材がリサイクル不可なものとして排出され、それらは、廃棄物として処理されることになる。被覆電線（ハーネス）の約 4 割が廃棄物として処理され、その一部のみが再生されているにすぎず、大部分が埋立てや焼却処理されているのが現状である。

汎用の被覆材料はポリ塩化ビニルであり、ポリ塩化ビニルには安定剤として通常鉛化合物が使用されており、この鉛化合物が埋立てにより溶出し環境を汚染する可能性がある。

また、焼却時にハロゲン物質を含む場合、燃烧時に有毒ガスが発生する可能性がある。被覆材料となるポリ塩化ビニルやポリエチレンはハロゲンが含まれており、燃烧時に有毒ガス（ダイオキシン）が発生し、環境に負荷を与える可能性がある。

本事業では、ポリ塩化ビニルを含む被覆材を埋立てや焼却処理の方法ではない、新技術を使用した適正処理ルートの構築を検討しており、被覆材の廃棄物としての処理に係る環境負荷低減が見込まれる。

具体的に導入する技術として、パナソニック株式会社とパナソニックエコテクノロジーセンター株式会社が、家電リサイクル工場から発生するシュレッダーダストの中の有機物を、酸化チタンの触媒反応を用いて処理する設備を開発した装置を活用することを想定している。本装置では、自己反応熱により処理が進むため、外部から補助燃料を添加する必要がないため、結果的に CO₂ を削減できる。使用電源を考慮して、プラスチック 4 トンを処理した場合の CO₂ 発生量は、焼却炉を使用したケースに比較して 1/4 程度になり、75%程度の CO₂ 削減効果を見込むことが出来ることが分かった。

本事業で考える銅線ナゲット事業における銅線の処理量は 4 トン/日であり、廃プラスチック

ック類は、1.6 トン/日程度発生する。その結果、稼働日数を 25 日/月と仮定すると、CO2 の削減効果は、29 トン/月に相当する。

排水処理に係る環境負荷低減

本事業では、排水を伴う湿式選別機は極力避け、乾式選別機での事業の運営を予定している。排水を伴う湿式選別機では、排水処理に伴う排水の漏洩や地下浸透による環境負荷が考えられる他、湿式選別した後の湿った非鉄金属の乾燥に際し、乾燥のためのエネルギー（光熱費）を使用している。このエネルギーが削減されることで、温室効果ガス排出削減に貢献できる。

湿式選別機から排出される排水は 15 t/日であり、乾燥のために使用されるエネルギーは 7.7kwh であり、31.6kg/日の温室効果ガス排出削減が予想される。

(3) 社会的受容性

本事業をマ国で推進していくためには、本事業対象物（リサイクル対象物）の回収量の安定確保及び本事業技術（ウエスギ社技術）の優位性（経済的&環境負荷低減の観点）の確保の2点が重要となる。これら2つの観点から本事業の社会的受容性について、現状認識をした上で、分析、評価を示した。

本事業対象物（リサイクル対象物）の回収量の安定確保のためには、E-Waste 全体での正規ルートによる回収量増加が将来的には望ましい。そういった点で、一般家庭由来の E-Waste 回収量増加のために、政府機関による関連政策に留意していく他、非正規ルートと比較し、どのような良い条件を回収時に設定・工夫することで、一般家庭由来の E-Waste を正規ルートの流れに変えていけるか、検討していきたい。また、政府機関と連携する観点から、当該検討結果を政府に提案、共有化し、政策に反映していくことが考えられる。

本事業での E-Waste 処理技術は、マ国での E-Waste の一般的な処理技術（主な処理対象物も異なる）と異なり、他施設と競合しないという点で受容性は高いと考えられる。ただし、本事業で用いる E-Waste 処理技術で許可取得（「Full-Recovery」施設の許可が望ましい）が可能かどうか、確認する必要がある。

現況では本事業でのリサイクル対象物である被覆電線（ハーネス）は特に付加価値を付与されることなく、ほとんど処理されていない。処理されたとしても、リサイクル不可品の被覆材の適正処理は確保されておらず、環境負荷が生じている可能性が高い。本事業で被覆電線（ハーネス）をリサイクルすることで得られる高品質な非鉄金属は世界水準を満たしており、かつ、環境負荷低減に貢献するという点で、本事業の導入はマ国国内リサイクル事業の創出という視点から大きな意義がある。

本事業をマ国で本格稼働するためには、事業主体の設立後、回収スキームの確立や確実な当該施設の運転方法の確立等で2年程度は必要と考えている。また、一般家庭からの E-Waste 回収施策検討に関しては、本事業を稼働しつつ現況を把握し、政府の施策検討を注視しながら、現実的な案を提案するとなると、本事業が軌道にのる最低でも3～4年後をみておいた方が良いと想定する。

(4) 実現可能性の評価

「5(1) 事業採算性」を参照。

6. 海外展開計画案の見直し

前述の「事業採算性の検討」に記した事業計画案を事業連携相手予定の Genviro 社に説明し、本事業を実現させていくための課題等や今後の事業検討の進め方を協議した。

また、前述した事業の段階設定では、ベンチ事業やパイロット事業を想定しており、当該事業における本技術の許認可に係る確認をマ国・環境局と行った。

【事業計画案課題】

事業計画案は、Genviro 社にもヒアリングをしながら、できる限り実現性のある設定で策定した。さらに実現可能な事業にしていくには、より現実的で詳細な事業設定が求められており、今後も Genviro 社と連絡を取り合いながら事業計画案をより現実的なものにしていく予定である。

本事業を実現可能にする上で最も重要な点は、回収量の確保となる。回収量確保の課題認識は Genviro 社とも共有認識化しており、回収量の確保には具体的に以下の課題がある。

(課題 1) Genviro 社では、主に有害廃棄物に係る回収ノウハウを持ち、当該回収には長け、顧客も十分持っている。しかし、E-Waste (特に本事業対象物の被覆電線) の回収については、回収対象として主なターゲットにしてこなかった経緯があり、どの程度既存顧客から本事業対象物を回収できるが未知数なところがある。

(課題 2) 本事業の対象物回収では買い取りを想定しているが、どの程度の価格帯で買い取れば、競争力を持ったかたちで買い取ることができ、回収量を増やせるか相場感覚を把握できていない。

【課題等を踏まえた今後の事業展開】

前述の課題を踏まえた、今後の事業展開を以下に示す。

前述の事業計画案に記したように、まずは、具体的な事業及び事業検討の第 1 段階として、ベンチスケール事業を実施する。

ベンチスケール事業に当っては、下表を想定し、Genviro 社に本技術 (スケールダウンしたもの) を導入して、具体的に事業検討を行う。

表 1. ベンチスケール事業 設備・人員設定

【設備・人員明細】 金額単:百万円

設備概要			ベンチスケール	
	処理能力	t/day	0.4 t	
	t/year	100 t		
敷地面積	m ²	250 m ²		
		投資額	年間償却費	
設備投資	建屋	25	0.8	
	機械設備	5	0.4	
	計	30	1.2	

人員及び 人件費		人件費@	人数	人件費
		ウエスキ社人員派遣	7	0.5人
	現地作業員	0.65	2人	1.3
	計		3人	4.8

Cenviro 社との体制は業務提携とし、前述した回収量確保に係る課題を解決すべく、ウエスキ社と Cenviro 社とは下表の役割のもと、事業ならびに本格事業開始に向けた検討を行っていく。

特に、回収量確保に関しては、Cenviro 社の既存顧客に対し、ヒアリングに赴く等ウエスキ社と Cenviro 社と協力して回収戦略詳細検討を進めていく計画である。

表 2. ベンチスケール事業における役割分担

ウエスキ社	Cenviro社
<ul style="list-style-type: none"> ・ 機械(0.4t/日)のKL(Cenviro社)への導入、設置 or ・ 当該技術の現地(三重県)での説明 ・ 処理運用ノウハウの提供 ・ 回収戦略詳細検討(回収先、回収単価、回収推定量) ・ ベンチスケール事業収支の検証 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機械設置のためのスペース(建屋)の提供 ・ 処理運用に伴う、人員、電気代等の提供 or ・ 当該技術の現地(三重県)訪問、技術理解 ・ 対象物(被覆電線等)の回収 ・ 回収戦略詳細検討(回収先、回収単価、回収推定量)への協力 ・ ベンチスケール事業収支の検証への協力

以上

Summary

Project : High quality nonferrous metal recycling business on E-Waste in the Greater Kuala Lumpur area, Malaysia

O. Purpose and Overview of this research

O – 1. Background and Purpose

In Malaysia, the following concerns exist in E-Waste recycling.

- Improvement of quality of non-ferrous metal produced in the E-Waste recycling process.
- Recycling of waste plastic generated in the E-Waste recycling process.

These concerns can be solved by using Japanese technologies. Especially the second concern can be solved by thermal decomposition technology.

This research is conducted to make a business plan for “High quality Nonferrous Metal recycling Business on E-Waste in Malaysia” and to find out the better way to recycle waste plastic which is usually disposed in landfill.

1. Overseas business development plans (Overview of this project)

Treatment object

E-Waste

Technologies introduced

- Copper nuggets recycling technology (Combination of vibration, air and gravity dry type sorting technologies):4t/day
- Thermal decomposition technology for waste plastic produced by the E-Waste recycling process: 2t/day

About business plan

In the business, E-Waste especially electric wires mainly from industries, and also from household are collected. Then, in the process of treatment of E-Waste, copper nuggets are produced by using the technology which can keep quality of non-ferrous metal. And waste plastic which is usually disposed in landfill is recycled by technology that can recycle waste plastic.

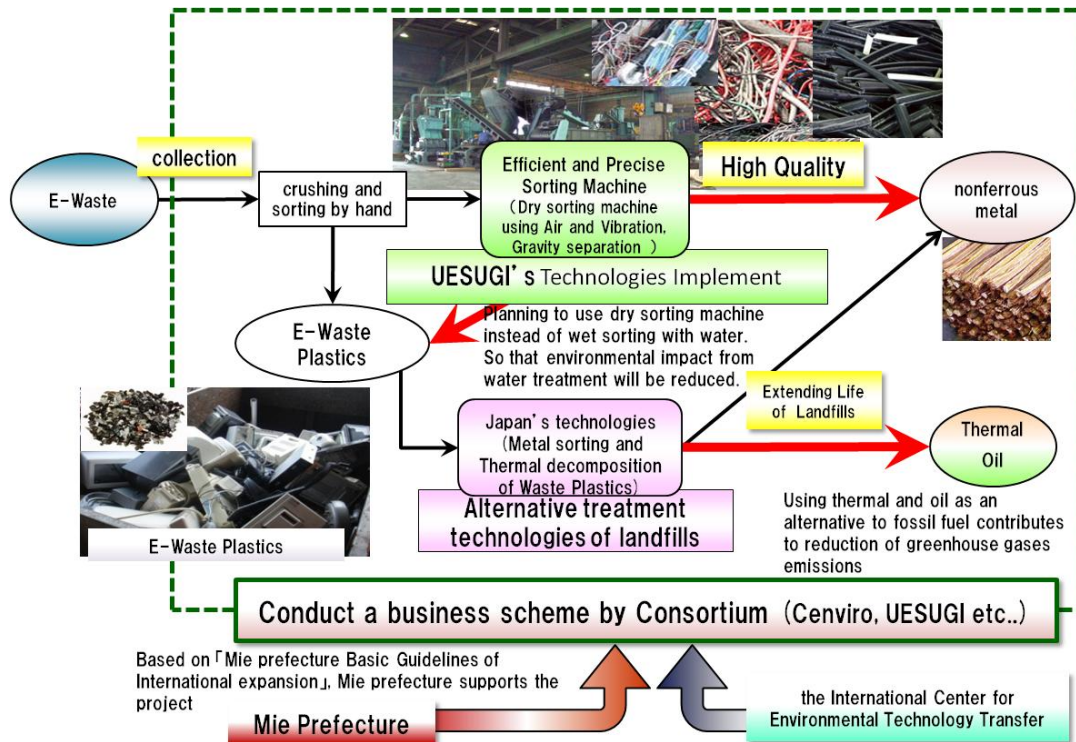


Fig1. Business Plan Overview

Business Structure

Cooperation of Cenviro Company which has been energetically developing environmental business in Malaysia is planned in the research. Basically, creating consortium with Uesugi and Cenviro is expected in the near future.

In the business plan, Mie-prefecture and the International Center for Environmental Technology Transfer (ICETT) also cooperate through providing the information necessary in the business plan.

2. Current situation research in the target areas

In the literature survey, issues surrounding the business plan are organized. By field survey, it is confirmed further details around the issues. And the results are reflected to the business plan.

Specifically, E-Waste policy, E-Waste emissions, the overall flow of E-Waste, valuable sale of E-Waste, the process flow of E-Waste, the processing technologies are researched.

E-Waste can be divided into those that are discharged from industries, what is discharged from households. Those discharged from industries are properly collected and treated under the law. On the other hand, none of those from households are treated under the law. And processing status is unclear.

Although the framework of legislation is being created for E-Waste from households,

it will take time until the actual operation.

Under these circumstances, currently, E-Waste collection, treatment and recycling are done mainly in the E-Waste discharged from industries. And competition of collection of E-Waste from industries has been occurred between processing facilities.

In general E-Waste processing flow and processing techniques, initially manual disassembly is performed. And to extract the valuable materials, materials that become interfere in the subsequent process are removed. Subsequently, crushing by mechanical is carried out. After being finely, sorting is performed. Then, for recovery of high-value products, sometimes chemical treatment or smelting is carried out.

It cannot be found such an advanced sorting technology that produce high quality non-ferrous metal like the technology of Uesugi in other existing facilities at Malaysia. Because it cannot also be found full recovery facilities in which main recycling target are the coated wires (our main target of collection), it does not conflict with other treatment facilities. It means there is room for expansion of business in Malaysia.

It is necessary to confirm at Department of Environment in Malaysia whether advanced sorting techniques such as Uesugi Company are categorized as "Full Recovery facility" or not.

3. Cooperation built with local government and companies

That describes in "5. Evaluation of feasibility" and later, towards the future of the business, Cenviro is expected to be counterpart, and to deepen cooperation in the future.

Upon this business (bench scale and pilot scale, etc.), appropriate details relating to licensing, etc. of this project technology will be confirmed at Department of Environment. And it will continue to share the ongoing information with DOE (Participation from DOE in the workshop is also planned).

4. Local officials Joint Workshop

For basic research, not applicable.

5. Evaluation of feasibility

(1) Business profitability

While checking in Cenviro, business plan was made and the business profitability was analyzed on the basis of the plan. Depending on the collection amount and purchase price, it was found that profitability could be a higher business. Revenues derived from the sale of the nugget copper are affected by fluctuations in the international market price of copper. It is an important to consider the profitability of the business while always watches the fluctuations.

The amount of E-Waste collected in Genviro is about 40t per year. The percentage of coated wire (our main target of collection) collected is small, 3.4 % (1.3t/year). Currently, our main target (coated wire) is an incidental collection in Genviro. By utilizing Genviro's collection network with a large number of existing customers, it can be expected to ensure the amount of collection of assuming a bench scale (50t / year).

In order to realize this project, following researches that could not be examined the detail in this time are needed as next step.

- Making detailed collection strategy and collection network for the stable collection amount.
- Reviewing of optimal purchase price.

(2) Environmental load reduction

Environmental load reduction in accordance with the processing of the coating material (waste)

Coated wires (harness) that are main target of our business contain coating materials. And these materials are non-recyclable and usually dispose as waste. About 40% of the coated wire (harness) is treated as waste, only a part of which is recycled, and at present, the majorities go to landfill or incineration. Generic coating material is polyvinyl chloride. Lead compounds are usually used as stabilizers in poly vinyl chloride, and these lead compounds are likely to pollute the environment through elution with landfill.

When containing halogen substances, there is a possibility that the toxic gases could be generated during combustion. Polyvinyl chloride or polyethylene (coating materials) contains halogen. And toxic gases (dioxin) are generated during combustion, and these toxic gases may give the burden on the environment.

In this project, coating materials that contain Polyvinyl chloride will be treated by environmentally sound technology. So that decreasing of environmental impacts on the dispose of coating material is expected

Technology introduced is to treat the organic matter in the shredder dust generated from the home appliance recycling factory by using a catalytic reaction of titanium oxide.

In this technology, since it is processed by the self-reaction heat progresses, there is no need to add an auxiliary fuel from the outside. So, it is possible to eventually reduce CO₂.

CO₂ emissions in the case of processing of plastic (4t) become about 1/4, compared to the case of using the incinerator. And it expects a 75% of CO₂ reduction.

The amount of coated wire that might be treated in our business is 4t per day. And

coating materials (waste plastics) might be generated 1.6t per day. When the number of operating days sets as the 25days / month, the amount of reduction of CO2 becomes 29 tons / month.

Environmental load reduction in accordance with the waste water treatment

In our business, wet type sorting technologies in which water treatment is necessary are avoided and dry type sorting technologies are used. In wet type sorting technologies in which water treatment is necessary, the environmental impact of leakage or underground seepage of waste water due to the waste water treatment will be occurred. And when wet non-ferrous metals are dried after wet separation, energy for dry is utilized. If the energy is reduced, it is possible to contribute to the greenhouse effect gas emissions.

The amount of water that is generated in wet type sorting machine is 15t per day and the amount of energy to dry wet non-ferrous metals is 7.7kwh. Reduction of greenhouse gas emissions of 31.6kg / day is expected.

(3) Social acceptability

To promote our business plan, it is important to secure the amount of our recycle target (coated wires) collected and to clarify superiority of the technology in terms of economic and environmental impact reduction. From these two points, the social acceptability of the business plan was analyzed and evaluated while recognizing current situation.

To secure the amount of our recycle target (coated wires) collected, increasing of the collection amount of entire E-Waste by regular recycling route is desirable in the future. With such point, to increase the amount of household E-Waste, E-Waste related policies will be continued to be watched. Moreover, to change the route of household E-Waste from non-regular route to regular route, the better collection condition will be considered.

Also, from the viewpoint of cooperation with government agencies, the result of the consideration will be proposed and shared with them and be reflected in the E-Waste policies.

Because the technology in the business is different from regular E-Waste recycling technology in Malaysia, acceptability will be high in terms of competitiveness of the technologies. But it is necessary to confirm whether the technology in the business have to obtain Full Recovery license or not at first.

In the current situation, most of the coated wires (our recycle target) have not been recycled into added value materials. Even if the coated wires are processed, non recyclable materials (waste plastics) are not be able to recycle, environmental impact

might has likely occurred.

High quality non-ferrous materials that are produced in the business could meet global quality. And the technology in the business can contribute to reduction of environmental burden. In these points, this business introduction in Malaysia might have a great meaning in terms of creating recycling business in Malaysia.

After business structure is created, it will take two years to start up in terms of establishment of collection scheme and stable operation system. And it will take three or four years to propose a result of consideration about the appropriate way to increase the amount of household E-Waste, when considering operation of the business and progress of policy making in the government.

(4) Feasibility of evaluation

See " 5. Evaluation of feasibility (1) Business profitability"

6. Review of overseas expansion plan

Our business plan was explained to Cenviro (our expected business partner) and discussed concerns and next step in the business plan.

And in our business plan, bench scale and pilot scale are planned as business stage. The necessity of license in each stage about the technology was confirmed at Department of Environment.

【Business plan concerning】

While also interviewed Cenviro, business plan was tried to be created in realistic plan. To be more realistic business plan, it is necessary to more clarify the factors related to the business plan. While keep in touch with Cenviro, the business plan is needed to be more realistic one.

The most important point to make the business plan more realistic is enough collection amount of the recycle target (covered wires). Cenviro also recognized the concern. The followings are the concrete concerns on enough collection amount of the recycle target (covered wires).

(Concern 1)

Cenviro has know-how on hazardous waste collection and is good at this collection and has many costumers. But, E-Waste (especially our targeted materials (covered wires)) has not been collection target in Cenviro. So, it is uncertain that how much amount of our targeted materials (covered wires) can be collected from existing customers.

(Concern 2)

In our business plan, purchasing of E-Waste is prerequisite. It is uncertain the

competitive purchasing price to increase the amount of E-Waste collected.

【 Next step of our business plan considered concerns 】

Considering concerns mentioned above, next step of our business plan is following. First of all, bench scale plan is going to be conducted as first step of concrete feasibility study.

In the bench scale plan, condition of treatment facility and personnel are set as the following table. And treatment facility (one-tenth scale of actual one) is going to be introduced at Cenviro .

Table1. Condition of treatment facility and personnel

【Investment ・Staff】		Unit Price : M yen		
Treatment facility Outline			Bench scale	
	Treated E-waste amount	t/day	0.4 t	
		t/year	100 t	
	Site area	m ²	250 m ²	
			Investment Amount	depreciation/year
Capital investment	Building	25	0.8	
	Plant	5	0.4	
	計	30	1.2	
Staff organization and costs		Personnel cost	Number	Personnel cost
	Advisor from UESUGI	7	0.5	3.5
	Staff	0.65	2	1.3
	total		2.5	4.8

Business structure in Cenviro and Uesugi is business alliance. To solve the concern related to stable collection amount of E-Waste (especially covered wire), based on the table that shows a plan of each role to conduct the bench scale phase. After using a result of the verification, business plan will be developed.

Especially, about stable collection of E-Waste, Uesugi will cooperate with Cenviro to do hearing to existing customers of Cenviro and promote collection strategy further.

Table2. Plan of each role to conduct the bench scale plan

UESUGI's Role (Plan)	Cenviro's Role (Plan)
<ul style="list-style-type: none"> Implement the plant (Bench Scale Machine) Or <ul style="list-style-type: none"> Explaining the technology on site in Japan. 	<ul style="list-style-type: none"> Provide a space (building) for setting the machine Provide staff and running cost for the machine Or <ul style="list-style-type: none"> Visiting Japan to Understand the recycling technology
<ul style="list-style-type: none"> Provide staff and know-how for running the machine appropriately Plan concrete collection scheme (exact collection target, competitive purchasing price, estimation of the collecting amount) Verify the bench scale 	<ul style="list-style-type: none"> Collect electric wire (⇒ subsidy will be used) Support for planning concrete collection scheme (exact collection target, competitive purchasing price, estimation of the collecting amount) Support for verifying the bench scale

目次

1. 調査の概要	1
1-1. 調査の背景及び目的	1
1-2. 調査の内容	1
1-3. 調査の実施体制	3
2. 社会情勢等	5
2-1. マ国の基礎情報	5
2-2. マ国の民族構成と政治状況	8
2-3. 経済状況	9
2-4. 社会経済計画の制度	9
2-5. 賃金	10
2-6. クアラルンプール首都圏	11
3. 事業計画概要	13
3-1. 事業計画の立案	13
3-2. 事業計画の目的の明確化	13
3-3. コンセプトと事業領域の設定	14
3-4. 事業スキーム	15
3-5. 事業概要の想定（仮説の設定）	16
3-6. 事業化のステップ	17
4. マレーシアの E-Waste 処理・リサイクルに係る現状調査（文献調査）	18
4-1. E-Waste 政策	18
4-2. E-Waste の排出量及び処理量	23
4-3. E-Waste のマテリアルバランス	26
4-4. E-Waste の流れ	29
4-5. E-Waste 処理フロー、処理技術	30
5. 現地調査まとめ	31
5-1. 調査（ヒアリング）対象	31
5-2. 現状整理結果	32
5-3. 現状整理結果まとめ（本事業計画策定にあたっての留意事項）	37
6. 環境負荷低減効果	38
6-1. 被覆材（廃棄物）の処理に係る環境負荷低減	38
6-2. 排水処理に係る環境負荷低減	43
7. 社会的受容性	44
7-1. 現状認識	44
7-2. 現状認識からの分析・評価	45
8. 事業採算性の検討	47
8-1. 事業採算性の検討	50
8-2. 事業の採算性の分析結果（実現可能性の評価）	55

9. 海外展開計画案の見直し.....	57
9-1. 事業計画案課題.....	57
9-2. 一般家庭からの E-Waste への対策.....	57
9-3. 本技術の許認可に係る確認.....	58
9-4. 課題等を踏まえた今後の事業展開.....	59
9-5. 現地政府・企業等との連携構築.....	60
参考資料 一覧.....	61

1. 調査の概要

1-1. 調査の背景及び目的

経済成長や人口増加に伴って世界規模で廃棄物の発生量が増加し、その質も多様化していることから、適正な廃棄物処理が世界的な課題となっている。この傾向は、経済成長が著しいアジアをはじめとした途上国で特に顕著であり、廃棄物の急増・多様化に加え、廃棄物処理体制も未整備・未成熟であることから、廃棄物の不適正な処理に伴う環境汚染が懸念されている。

一方、我が国は、これまで廃棄物処理やリサイクルに係る社会的要請に応じるため、廃棄物処理・リサイクルに関する技術を向上させてきたところである。その結果、我が国の廃棄物処理・リサイクルに係る循環産業は環境保全及び資源循環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循環産業を、廃棄物問題を抱える国々に対して海外展開し、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。

本業務は、「平成 26 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務 (I.事業環境基礎調査)」として、マレーシア国 (以下、「マ国」という。) クアラルンプール首都圏等の廃電気・電子機器廃棄物 (以下、「E-Waste」という。) を主な対象とし、高品質な非鉄金属 (銅) 回収リサイクル事業の展開可能性を調査する。

現地において、E-Waste の回収・リサイクル体制は整備されつつあるが、回収後のリサイクル技術に関しては、湿式回収 (銅と被覆物を水の浮力を利用して分別する回収方法) が中心であるために回収金属の表面が酸化されていることや、選別が精緻化されていないために回収物の純度が下がることから、回収金属の市場価値が低下している点が課題となっている。また、リサイクル工程から排出される排水や廃棄物の適正処理が推進されなければ環境負荷が生じるという点も懸念されている。

このような状況を踏まえ、本業務はマ国における E-Waste のリサイクル技術の現状を踏まえ、現地企業との連携の下、マ国 E-Waste リサイクル技術高度化 (高品質化) 事業の導入及び運営のための事業環境を検討する。検討に際しては、選別後に発生する、塩ビを含む廃プラスチック類等、現在、直接埋立処理されている廃棄物の適正処理方法・ルート of 構築検討まで想定して行う。適正処理方法の検討に際しては、新技術の導入も視野に入れる。

1-2. 調査の内容

上記の高品質な非鉄金属 (銅) 回収リサイクル事業の展開可能性を検討するため、以下の内容に沿って調査を行った。

(1) 海外展開計画案の策定

マ国 (主にクアラルンプール首都圏) における、E-Waste を主な対象とした、高品質な非鉄金属 (銅) 回収リサイクル事業について、導入規模を仮に設定した上で、事業計画案を作成する。また事業計画案には、事業規模、事業運営計画、事業展開スキーム、事業実施体制、事業化スケジュール案等を含めた。

(2) 対象地域における現状調査

事業の実現可能性を評価するために必要と考えられる以下の調査を文献並びに現地で実施した。

【調査項目】

- ① E-Waste のリサイクル技術の現状調査（文献調査および現地調査を通じて、過去の施策等の状況や E-Waste リサイクル技術の現状と課題等を把握）

〔重要な調査項目〕

E-Waste 等の回収量、その中に含まれる非鉄金属含有量

E-Waste の収集運搬費用、有価物あるいは廃棄物としての中間処理費用

日本で稼働している施設を導入することを想定し、環境負荷低減効果を事前に評価

- ② 選別（中間処理）後に発生する、塩ビを含む廃プラスチック類等、現在、直接埋立処理されている廃棄物の処理状況や課題等
- ③ 処理運営費等の経費（処理運営費、処理工程で排出される廃棄物の処理費、その他プラント固定費等の経費等）
- ④ 非鉄金属等の品質、売却価格等収益（処理受託量、受託費、回収された非鉄金属等の品質、売却価格等の収益等）

現地調査は、マ国（クアラルンプールを想定）への渡航による調査を以下の通り 2 回行った。

- ・ 第 1 回現地プレ調査： 2014 年 10 月 26 日～30 日
- ・ 第 2 回現地調査： 2015 年 2 月 3 日～2 月 6 日

(3) 現地政府・企業等との連携構築

E-Waste からの高品質な非鉄金属（銅）の回収リサイクル技術の導入に向けて、現地政府・企業等と連携を深めた。これにあたっては、日本国内自治体等と協力することとし、連携構築のための現地調査は、(2) に記載の現地調査と一括して実施した。

(4) 実現可能性の評価

上記 (1) から (3) の調査結果に基づき、本事業について以下の通り、実現可能性の評価を行った。

① 事業採算性

事業採算性評価を評価する上で必要な情報（E-Waste 等の回収量やその有価物あるいは廃棄物としての価格、回収物に含有される銅をはじめとした非鉄金属類の含有量、収集運搬費用、中間処理後の廃棄物処理費用および発生する廃プラスチック類の市場価格、設備敷地面積やその取得費用、設備装置の導入及び運用費用、現地人件費等）をもとに、採算性についての評価を行った。

② 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等について、事業導入前、導入後を比較し評価

した。

③ 社会的受容性

E-Waste が売買されている状況下で、一般市民に対する E-Waste の回収・リサイクル体制の啓発活動が重要であり、また、買い取りルートに劣らない回収条件の設定等が期待されている。事業の社会的受容性を考察するため、消費者への周知効果（リサイクル意識の向上等）や既存の E-Waste の買取ルート及び輸出状況の確認、並びに本事業における持続性可能な回収条件等の検討を行った。

④ 実現可能性の評価

現地調査、事業採算性の評価等を通じて得られた本事業の実現可能性について考察した。なお、本事業は、非鉄金属の国際市場価格の変動影響を多分に受けるため、評価にあたっては、世界経済の動向や政治情勢を考慮することとした。

（５）海外展開計画案の見直し

事業の実現可能性を高めるための課題等を整理し、実現可能性を改善させることにつながる現地の行政施策（分別収集の制度、廃棄物譲渡価格への介入、施設整備への補助金等）や課題解決策について検討し、提案をまとめた。さらに（１）から（４）及び（５）の上記を踏まえて、（１）の事業計画案を見直してまとめた。

1-3. 調査の実施体制

本調査の実施体制は、株式会社ウエスギと株式会社佐野環境都市計画事務所の共同体制とした。高品質な非鉄金属（銅）回収リサイクル技術に係る助言や提案を株式会社ウエスギが担当し、当該リサイクルの事業化検討に係る整理を株式会社佐野環境都市計画事務所が担当した。（図 1-1 参照）。

上記の共同体制に基づく、詳細な実施体制の編成理由及び特徴を以下に示した。

<リサイクル技術に係る助言や提案>

株式会社ウエスギは、産業廃棄物処理業の他に、銅を中心とした非鉄金属リサイクルと鉄を中心とした金属リサイクル事業の経験を有している。特に、銅リサイクル事業では、株式会社ウエスギが長年培ってきた技術を有し、高品質（高純度）の銅回収が可能であり、また被覆チップの回収でも高い資源化率を達成している。

上記のような当該リサイクル技術に係る経験や知識に基づき、株式会社ウエスギは、リサイクル技術に係る助言や提言を行う。

<リサイクル技術の導入及び事業化検討>

株式会社佐野環境都市計画事務所は、廃棄物、リサイクル関連の諸法律の制定に携わった経験を有する。さらに、リサイクル事業を中心とした新規事業の創出や既存事業の見直し等について、企業や行政への支援を行ってきた。

上記のような、リサイクル事業化検討に係る経験や知識に基づき、株式会社佐野環境都市

計画事務所は、リサイクル技術の導入及び事業化検討を行う。

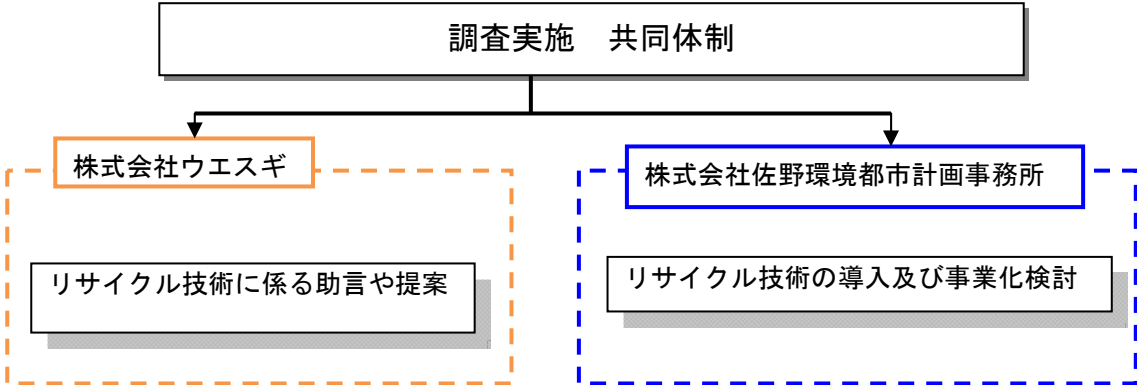


図 1-1 調査の実施体制

2. 社会情勢等

以下では、具体的な調査に先立ち、マ国の基礎情報ならびに当該事業検討に関連する社会情勢を整理した。

2-1. マ国の基礎情報

(1) 国土

マ国の国土は、半島（西マレーシア）11州、東マレーシア2州の合計13の州と3つの連邦直轄地（首都、ラブアン島およびプトラジャヤ）から構成される。国土面積は約33万km²であり、日本の面積の約9割である。

- ✓ 連邦政府直轄地
 - ・ 首都クアラルンプール
 - ・ ラブアン島（国際オフショア金融センター）
 - ・ プトラジャヤ（連邦政府行政地区）
- ✓ 13の州（スルタンのいる州(9)といない州(4、ペナン、マラッカ、サバ、サラワク)がある。)

(2) 気候

マ国の気候は熱帯性気候（年間を通じ25～32℃）であり、高温多湿で年間を通じ降水量も多い。半島東海岸ではアジア季節風の影響を受け、10月～2月の雨期、3月～4月の高温多湿期、5月～9月の乾季に分かれる。平均気温は年間を通してほぼ26度程度であるが、年間降雨量は地域によって違いがあり、クアラルンプールやペナン島では2,200～2,500mm程度である。

(3) 人口

マ国の人口は2,995万人（2013年マ国統計局）である。

州ごとの人口は以下のとおりであり、首都のクアラルンプールがあるセランゴール州が546万人（参考：福岡県の人口が約500万人）と最も多く、続いてジョホール州（335万人）、サバ州（321万人）となっている。

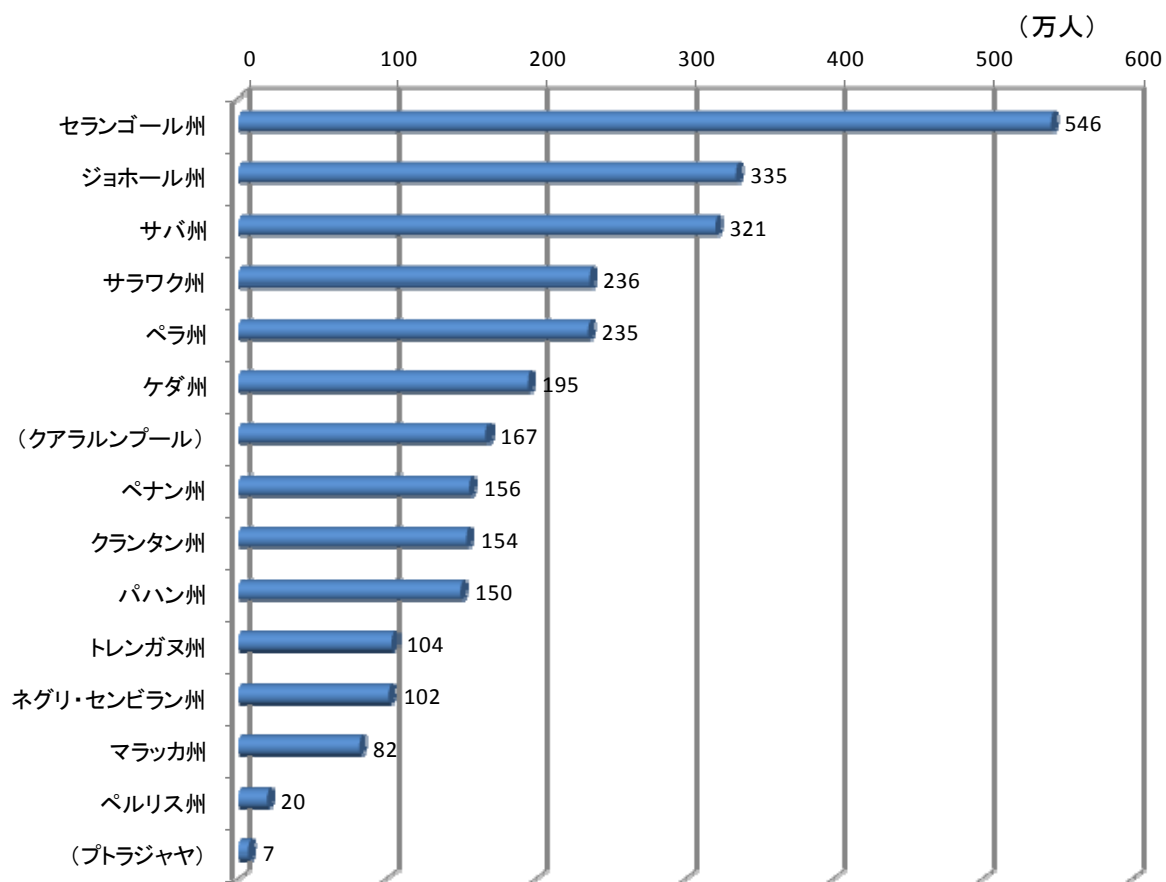


図 2-1 州ごとの人口

(出典) マレーシア統計局 2010 年国勢調査より作成

表2-1 州ごとの人口と面積

州名		人口（百万人）	面積 (km ²)
スランゴール州	Selangor	5.46	7,930
ジョホール州	Johor	3.35	19,016
サバ州	Sabah	3.21	73,902
サラワク州	Sarawak	2.47	124,450
ペラ州	Perak	2.35	21,022
ケダ州	Kedah	1.95	9,425
クアラルンプール（連邦直轄領）	W. P. Kuala Lumpur	1.67	243
ペナン州	Pulau Pinang	1.56	1,031
クランタン州	Kelantan	1.54	15,105
パハン州	Pahang	1.50	35,965
トレンガヌ州	Terengganu	1.04	12,956
ネグリ・センビラン州	Negeri Sembilan	1.02	6,657
マラッカ州	Melaka	0.82	1,652
ペルリス州	Perlis	0.23	795
ラブアン（連邦直轄領）	W. P. Labuan	0.09	92
プトラジャヤ（連邦直轄領）	W. P. Putrajaya	0.07	49

（出典）マレーシア国統計庁，“POPULATION DISTRIBUTION AND BASIC DEMOGRAPHIC CHARACTERISTIC REPORT 2010”，“YEAR BOOK OF STATISTICS MALAYSIA 2010”を元に作成

（４）民族

マ国の民族は、マレー系を中心とするマレー人60%、華人系23%、インド系7%、その他10%からなる。それぞれの民族が自分の文化・宗教を守りつつも、互いに他の民族のそれを認め合うことで共存が成り立っている。

（５）言語

マ国では主にマレー語（国語）、英語、中国語、タミール語が使用されている。ただし、初等教育では中国系が使う中国語や、インド系が使用しているタミール語も教育言語として認められている（この場合でもマレー語は必修）。中等教育以降は、私立学校を除き、マレー語が教育言語となっている。また、マハティール氏が首相時代に推進した東方政策（ルック・イースト政策）により、マ国における日本語教育は、積極的に行われてきている。

（６）宗教

マ国では、イスラム教（60.4%）が公式宗教であると憲法に定められているが、他に仏教（19.2%）、キリスト教（9.1%）、ヒンドゥー教（6.3%）、儒教・道教やその他の原住民信仰等（2.6%）がある。

2-2. マ国の民族構成と政治状況

先述のとおり、マ国の人口は 2,995 万人（2013 年マレーシア統計局）、民族構成は、マレー人 60%、華人 23%、インド人 7%、その他 10%（2013 年）からなり（宗教は、イスラム教（連邦の宗教）（61%）、仏教（20%）、儒教・道教（1.0%）、ヒンドゥー教（6.0%）、キリスト教（9.0%）、その他）、多民族国家といわれている。今後も人口増加が見込まれ、2040 年には 3,856 万人まで増加する見通しがマレーシア統計局より発表されている。

国家の特徴としては、マ国建国時にマレー人の優先的な地位を前提としつつ、マレー人、華人、インド人の 3 民族が平和裏に、そして永続的に共存していくことを保証する制度ができあがっていることがある。具体的には、以下の 2 つの仕組みが挙げられる。

<3 民族間の利害調整>

3 民族間の利害調整を行うため、議会制民主主義を前提とした政党の形成、以下の 3 つの民族政党の連合組織である現在の与党連合、国民戦線（BN：Barisan Nasional）を作り、そこで 3 民族間の利害を調整している。

- ・ マレー人エリートを中核とする統一マレー国民組織（UMNO：United Malay National Organisation）
- ・ マレーシア華人協会（MCA：Malaysian Chinese Association）
- ・ マレーシア・インド人会議（MIC：Malaysian Indian Congress）
- ・

<「マレー人の特別な地位」の保証>

憲法で「マレー人の特別な地位」を保証しており、これによって、先住人種としてのマレー人の特権的な地位を認め、そのかわりに、華人やインド人には移民の地位から正統な市民としての権利が与えられている。マレー人優遇政策（ブミプトラ政策と称される）は、単なる政策ではなく、マ国憲法で明文化されたマ国の国の在り方そのものということになる。

マ国は多民族の融和に成功した好例として挙げられるが、過去にはいくつかの深刻な民族紛争（主にマレー人対華人）を経験している。特に 1969 年の起きた大規模な人種暴動を機に、その背景にあるマレー人の経済格差を是正し、マレー人の社会的経済的地位の向上を目指す「新経済政策（New Economic Policy：NEP）1971～1990 年」が策定された。その後同主旨で以下のような政策が策定されている。

- ・ 国家開発政策（NDP：National Development Policy）1991～2000 年
- ・ 国家ビジョン政策（NVP：National Vision Policy）2001～2010 年
- ・ 新経済モデル（NEM：New Economic Model）2011～2020 年

非マレー民族の既存資産に触れず、国全体の経済成長で得られた底上げ増分を民族間利害調整の財源にしてきたため、ブミプトラ政策には国全体の経済成長が非常に重要となってきた。1997 年のアジア通貨危機の影響から、ブミプトラ政策の名の下で、汚職が蔓延するという状況が生じ、有能な非マレー民族の国外流出も起きたりしている。

そのような状況を是正するべく、2009 年にナジブ首相は就任直後にブミプトラ政策を見直

し、経済自由化に着手している。ところが、2013年5月の下院総選挙の結果を受けて、ナジブ政権では一転してブミプトラ政策や保護主義政策を強める動きを見せている。

このような動きが、本事業にも直接、間接的に影響してくると予想され、今後も政治状況を把握していくことが重要と考えられる。

2-3. 経済状況

2013年の名目 GDP 総額は 7,876 億 1,100 万 RM (2,499 億 6,300 万ドル) であり、一人当たり GDP (名目) は 10,547 ドルであった。

2014年の実質 GDP 成長率について、2013年を上回る 5.0~5.5%と見通している。経済を牽引するサービス業を中心に、主要産業の成長率は2013年よりも拡大が見込まれている。また、2013年と同様に、民間需要が国内経済を主導する構図が続くかたちとなっている。

表 2-2 マ国の主要経済指標の推移

項目	単位	2011年	2012年	2013年	2014年*4
実質 GDP 成長率*1	%	5.1	5.6	4.7	6.1
鉱工業生産*2	%	1.2	4.5	3.4	5.0
消費者物価上昇率*1	%	3.2	1.7	2.1	3.2
失業率	%	3.1	3.0	3.1	2.9
輸出伸び率*1	%	15.1	0.1	0.4	5.0
輸入伸び率*1	%	14.5	5.2	4.9	3.1
主要政策金利*3	%	2.92	3.00	3.00	3.10
為替レート対ドル	RM	3.1	3.1	3.2	3.2

(出典) JETRO マレーシア主要経済統計

*1: 各年データは、前年(同期)比

*2: 鉱工業生産指数上昇率。各年データは前年(同期)比

*3: 期末

*4: 2014年1月~10月までの平均を算出

2-4. 社会経済計画の制度

マ国の現在の社会経済開発は、ビジョン 2020 及びマ国計画に沿って行われている。ビジョン 2020 は、2020 年までにマ国があらゆる側面(経済、政治、社会、精神的、心理的、文化)において完全に先進国の仲間入りをすることを目標とした、30 年にわたる展望を示したものである。マ国計画は連邦政府首相府経済企画院が策定する五カ年計画で、現在は十回目にあたる第十次計画が実行中である。

マ国計画は、マクロ経済の成長目標を設定し、公的部門の開発計画の規模と配分について設定する。また、該当部門に対して方向性を示すもので、それが民間部門の投資決定に誘導的な役割を果たしている。現行の第十次マ国計画では、「ワン・マレーシア：国民第一、今こそ実行 (1Malaysia: People First, Performance Now)」の理念に沿って高所得と社会的公平性を阻害しない高い生産性を実現する経済を目標に掲げている。第十次計画が立脚する 10 の理念は以下のとおりである。

- 1) 内発的かつ外向きに
- 2) 民族多様性の国際的活用
- 3) 専門化を通じた高所得国への転換
- 4) 生産力先導型の成長とイノベーションの発揮
- 5) 有能な人材の育成、誘引、保持
- 6) 機会均等の確保と弱者の保護
- 7) 集中的成長とインクルーシブな（＝全ての人が恩恵を受ける）開発
- 8) 効果的で円滑な連携の支援
- 9) 環境資源の価値評価
- 10) 競争力の高い団体としての政府

廃棄物政策に係る記述としては、「第九次マレーシア計画(2006年～2010年)」において、2020年までにリサイクル率を22%にすることや、有害廃棄物の再生利用を進めることが目標として掲げられている。さらに「第十次マレーシア計画(2011年～2015年)」では、資源回収施設を建設する予定であることが明記されている。

同時に、マ国の経済成長を導くものとして新経済モデル（NEM: New Economic Model）があり、その最終目標は「2020年までにマ国経済を質の高い成長（持続可能かつインクルーシブ）を通じて高所得経済へと転換させる」こととなっている。

2-5. 賃金

JETROによるアンケート調査「在アジア・オセアニア日系企業実態調査(2013年度調査)」によると、マ国の賃金ベースアップ率は5.4%であり、ワーカー（一般工職）月額基本給はクアラルンプールで429米ドルであった。他のASEAN諸国と比較し、シンガポールを除いては、マ国で賃金が最も高く、中国と同程度の賃金水準となっている。

本事業計画策定に際しては、上記賃金水準を考慮する必要がある。

ASEANでベースアップ率が高かったのは、インドネシア(24.7%)、ミャンマー(12.8%)、ベトナム(12.1%)、カンボジア(9.0%)、ラオス(8.3%)、タイ(6.4%)、マレーシア(5.4%)、フィリピン(5.0%)、シンガポール(3.8%)の順となっている。

マ国における賃金のベースアップ率は、他のASEAN諸国と比較し低い水準に留まっており、今後賃金が急激に上昇するということはないが、既にアジア地域において賃金は高い水準にあるという認識が必要と言える。

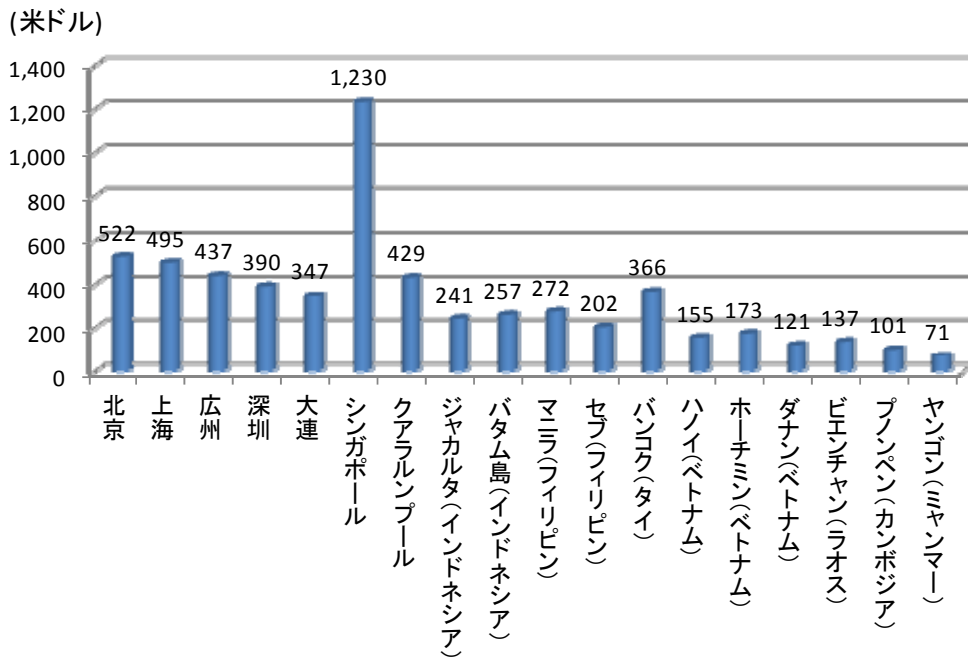


図 2-2 中国及びASEAN各国の主なワーカー（一般工職）月額基本給

2-6. クアラルンプール首都圏

クアラルンプール首都圏 (Kuala Lumpur Metropolitan Region: KLMR) とは、クラン・バレー調査 (1972年) にて最初に定義されたクラン・バレー地域全体およびクアラルンプール国際空港へとつながり幾つかの地区を指し、総面積は約4,000平方キロメートルである (クアラルンプール単独では243平方キロメートル)。

「クアラルンプール都市圏」(Kuala Lumpur Conurbation) や「大クアラルンプール」(Greater Kuala Lumpur) は、クアラルンプールとその周辺を大まかに指す場合に用いられる表現である。前者は第一次NPP (2005年) で用いられた表現でクアラルンプール中心部から45分圏内のエリアを指しており、ヌグリ・スンビラン州のポート・ディクソンにまで及ぶもので、従ってKLMRよりも広いエリアを指す。後者は、マ国の経済発展を牽引するものとして指定された12の国家重点経済分野 (NKEAs: National Key Economic Areas) のうち唯一の地域整備構想を示す際に用いられた表現で、クアラルンプールおよび周辺市 (併せて10市) を指し、総面積は2,793.27平方キロメートルとなっている。この構想は「大クアラルンプール」を10年かけて一流のグローバル都市に転換させることを目的としており、具体的には、2020年までに都市の経済成長 (GDP成長率) で世界20位以内となるとともに、‘最も住みやすい都市’ (アクセシビリティ、ビジネス環境、観光上の魅力、レクリエーション他のサービスによって決定) としても世界20位以内となることを目標としている。

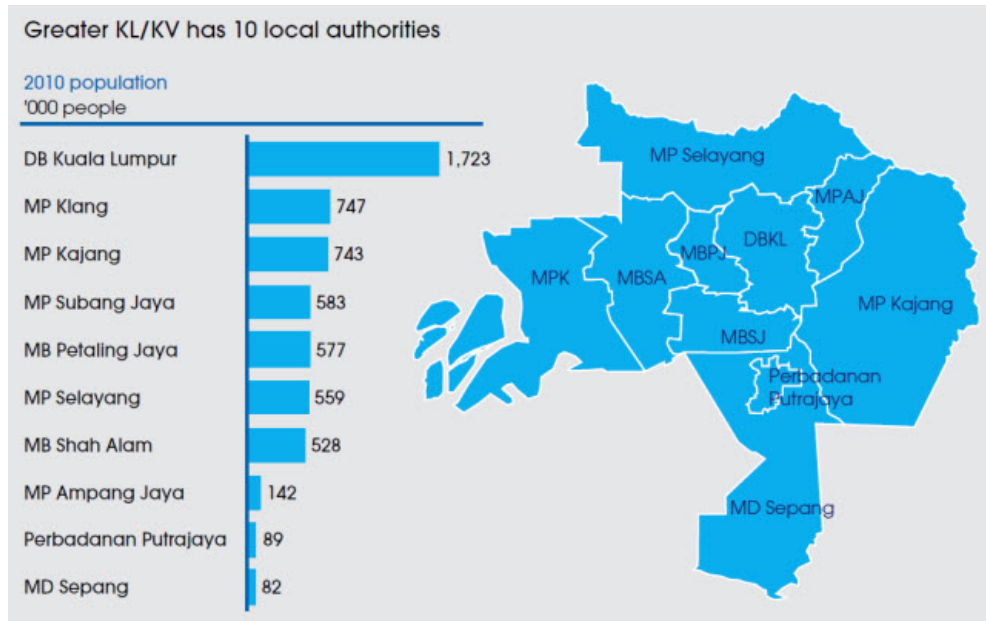


図 2-3 GKL の概要

(出典) PEMANDOU, ETP

3. 事業計画概要

3-1. 事業計画の立案

本調査実施にあたり具体的な調査前に、当該事業の考え方、概要、大まかな計画を以下に整理した。当該事業の具体的な事業計画案は、本調査結果を踏まえ策定した。

3-2. 事業計画の目的の明確化

事業計画の目的を明確化する意義は、①事業計画の中の優先課題をはっきりさせて、それを計画の中心において、その課題解決を確実なものにすること、②明確にした目的に対する分析方法、実行のスケジュール化を考えると、③計画策定および実施にかかるリードタイムや体制を目的に応じて考えること、等があげられる。

こうした視点に立って、まず、本事業における事業計画の立案を行うが、ウエスギ社の事業となる「リサイクル業や産業廃棄物処理業」を取巻く現在の事業背景を最初に考えてみる(図3-1参照)。

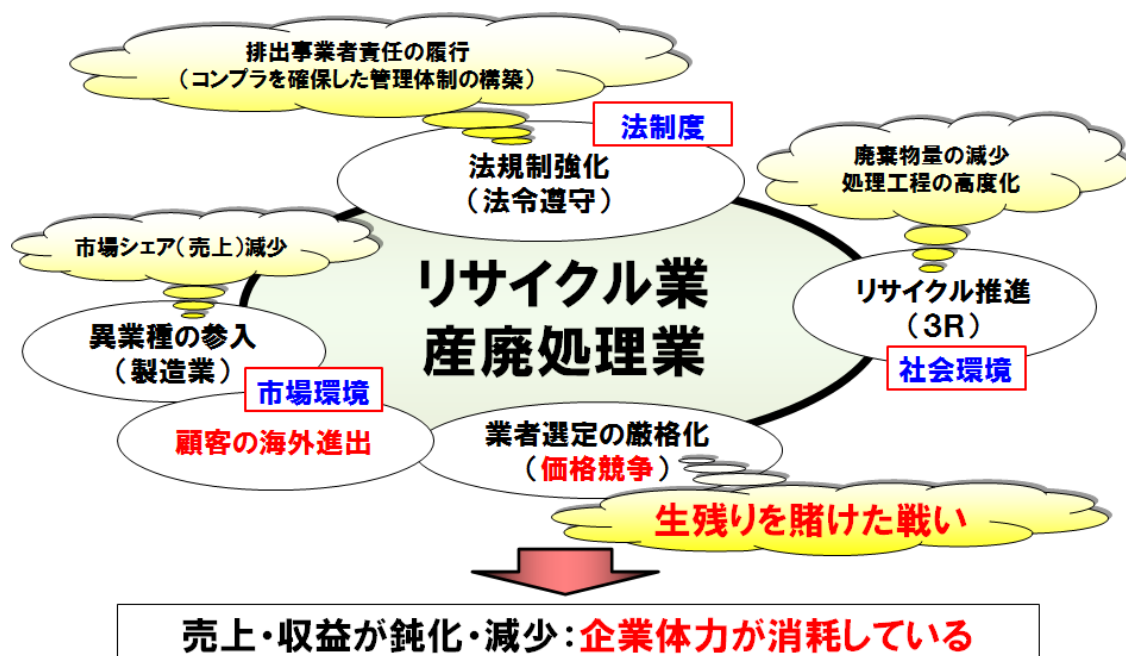


図3-1 リサイクル・産廃処理業界を取巻く現在の経営環境

リサイクル・産廃処理業界（以下、「本業界」という。）で事業を推進するには、適正処理を厳格に求める法制度の下、メーカーで製造時に発生した不要物や市場で使用済みになった製品廃棄物を適正に処理する意識や実施体制が備わっていることが大前提である。また、2000年頃に施行された循環基本法や各種リサイクル法により、廃棄物量が減少すると同時に、処理困難物を処理しなければならない等、本業界を取巻く社会環境にも厳しさが増している。さらに、その市場環境は、自社製品のリサイクル技術を所有する製造業が市場へ参入したり、何十年も続いた円高やグローバル化の流れに乗って顧客が海外進出してきたため、同業者間での価格競争も生じて、生き残りを賭けた戦いが毎日行われているのが現状である。その結果、特に中小企業が多い本業界の個別企業は、売上・収益の鈍化や減少に見舞われ、企業体

力も消耗している。

こうした状況下で事業を推進するウエスギ社も本業界と同様な課題を有しており、特に、今後、国内において極めて発展的に事業展開を実践することは難しい。そこで、今まで蓄積してきた技術やノウハウを武器として、環境問題や市場形成等に大きな課題は存在するが発展著しい国々での事業展開を考えることは、ウエスギ社にとって今後の飛躍の可能性を秘めた挑戦となる。つまり、本事業を検討することは、ウエスギ社にとっては、「経営ビジョンの变革」であり、「企業のミッションや経営方針を修正する」ことを意味する。また、本事業を推進する意味（目的）は、ウエスギ社が存在するリサイクル・産廃業界の海外進出を考えるための重要な挑戦とも考える。

3-3. コンセプトと事業領域の設定

事業のコンセプトは、最初に、ターゲットとする市場や顧客の現状分析を徹底分析することで可能となるが、現段階では、対象市場（マ国）における現状把握は、本調査で行うことになるため、調査終了後に、明確なコンセプトを設定することとする。

ただ、事業領域は、この事業が対象とするモノが限定されているため、最初から明確である。以下、事業対象を簡単に述べた後、本事業の領域を記す。

(1) 事業対象

本事業がターゲットにする具体的な非鉄金属は「銅」と「銅の合金」になる。後者は「伸銅品」とも呼ばれることが一般的だが、この「伸銅品」は、銅および銅に亜鉛を加えた黄銅（「しんちゅう」とも呼ばれた）、「すず」および「りん」を加えたりん青銅、ニッケルおよび亜鉛を加えた洋白などの銅合金を溶解、鑄造、圧延、引抜き、鍛造などの熱間または冷間の塑性加工によって板、条、管、棒、線などの形状に加工した製品の総称と定義される。なお、本検討では、銅との合金を伸銅品と呼ぶことにする。

また、本事業において、銅や伸銅品は、図3-2に示す「被覆電線」や自動車の車内配線等で使用される「ワイヤーハーネス」に使用されるプラスチック類が廃棄物として発生する。この廃プラスチック類（以下、「廃プラ類」という。）について環境負荷を低減させた手法を用いて処理することも本テーマの課題となる。

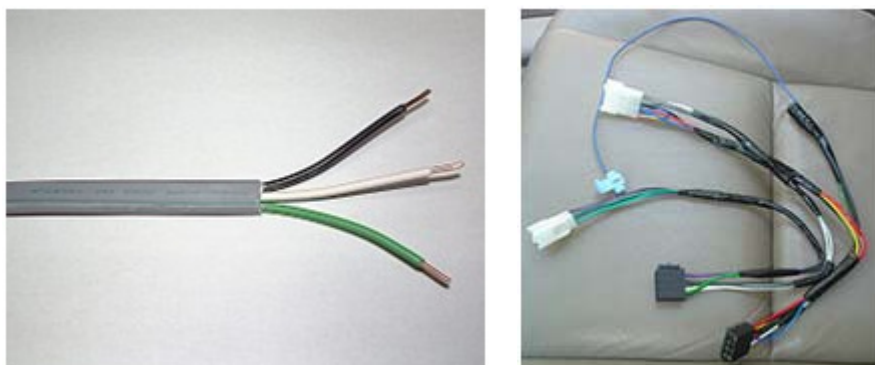


図3-2 被覆電線（左）ワイヤーハーネス（右）（ウィキペディアより）

以上のように本事業が主に対象とする物質は、銅や伸銅品等の非鉄金属類、および、その回収で発生する廃プラ類である。

(2) 事業領域

本事業は、オフィスや家庭から排出される不要になった「PC・事務機器・携帯電話」や使用済み家電製品等、あるいは、電機製品や自動車等を製品化する際に発生する「被覆線廃材・電線くず」や「ワイヤーハーネスくず」等に含まれる「銅や伸銅品」を解体・選別を通じて回収し、回収時に発生する廃プラ類を埋立処理するのではなく「油化技術」や「酸化分解技術」を用いて、環境負荷低減化を図る事業も実施する。

ここで、被覆線やワイヤーハーネス等から銅・伸銅品と廃プラ類を分けるために、「ナゲット処理」と呼ばれる機械分別処理が行われる。この処理は、被覆電線等を切断、粉碎した後、比重選別を行って、銅線が破碎された粒状の製品（ナゲット、図3-3左写真参照）と被覆材（廃プラ類）を分離する手法である。比重選別は、粉碎した電線を細かい網目のネット上で振動と風力を利用して分離する特殊な方法で、100%近い精度で銅ナゲットと廃プラ類を分離することが可能になる。

また、被覆線等に含有する銅線等が太い場合は、ナゲット処理を行わずに、被覆材をはがした後に、銅線として回収することもある（図3-3右写真参照）。



図3-3 銅ナゲット（左）と銅線（右）

本事業は、使用済み家電製品等、あるいは、工業製品化する際に発生する「被覆線廃材・電線くず」や「ワイヤーハーネスくず」等を解体選別して「銅や伸銅品」を回収する事業と廃プラ類を「油化技術」や「酸化分解技術」を用いて、環境負荷低減化を図る事業検討を含む事業領域を対象とする。

3-4. 事業スキーム

前項で述べた事業概要を実現するため、その事業主体が必要なる。本検討は、マ国で環境事業を精力的に展開する Cenviro 社（旧 UEM Environment 社）の協力を要請する。また、事業を創出する際に必要な情報等は、三重県や（公財）国際環境技術移転センターの支援を頂く。

ここで、現段階では、本事業における事業主体の構成やその出資比率などに関する内容は

決定していないが、基本的に、ウエスギ社と Cenviro 社を中心として共同事業を進める方向で調整することがベストシナリオと考える。

また、その事業スキームにおいて、廃電機・電子機器廃棄物（「E-Waste」とも言う）の回収スキームは、基本的 Cenviro 社が主体的に実施する。本事業は、回収後の E-Waste を解体・選別した後、ナゲット処理して高品質な非鉄金属を回収することが中心的な事業であって、同時に廃プラ類の利活用も検討する。

本事業スキームは、図 3-4 に示す点線の範囲になる。

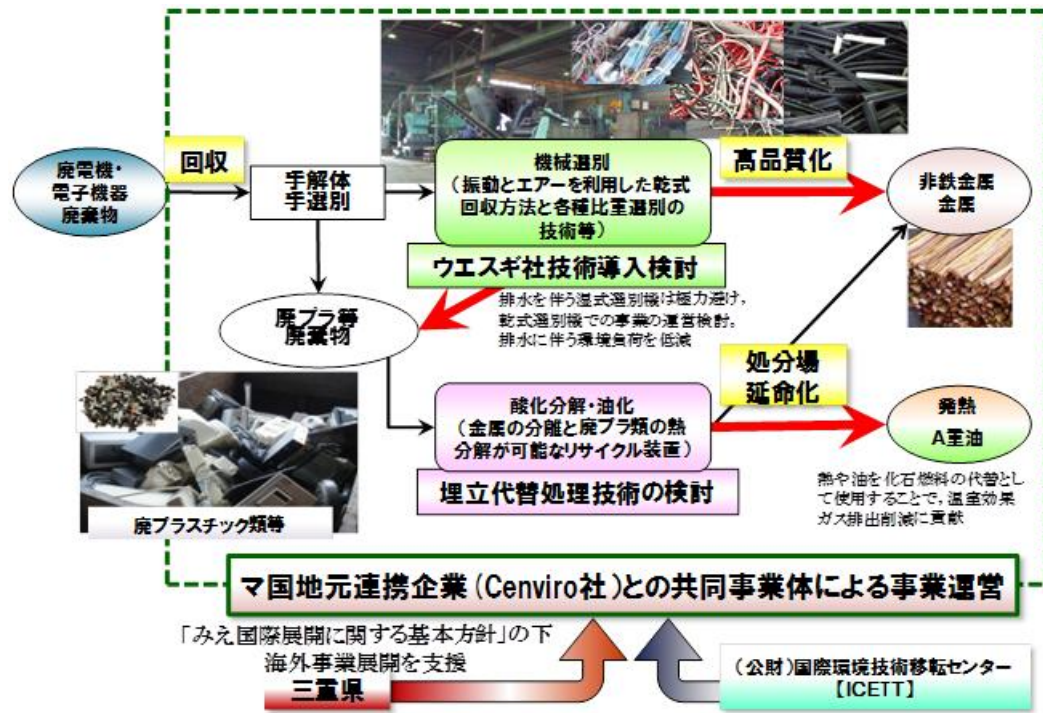


図 3-4 本事業のスキーム概略

3-5. 事業概要の想定（仮説の設定）

本事業は、マ国クアラルンプール首都圏等の廃電気・電子機器廃棄物等から高品質な非鉄金属（銅）を回収リサイクルする事業を事業化することにある。本調査で行う基礎調査結果を加味した後に事業計画を策定することになるが、現実的な事業規模等を想定しないと具体的な調査が行えない。そこで、ウエスギ社が日本国内で長年実績を培って来た設備・装置を前提として、事業概要について仮説を設定して進める。

現在、ウエスギ社で行っているナゲット処理における設備・装置を想定した時、下記の事業規模を基本的ユニットとすると国内で培った技術やノウハウを効率よく移転することができる。そこで、本事業の最少ユニットを以下に設定した。

〔本事業の最少ユニットの設定〕

E-Waste の解体・選別作業の後、ナゲット回収技術(振動とエアールを利用した乾式選別と比重選別の技術等の組合せ)を導入して、

- ① 効率的に高品質の銅・伸銅品を中心とした非鉄金属を 4t/day 回収
- ② 処理工程で発生する廃プラスチック類を 2t/day リサイクル活用する事業を実施する。

3-6. 事業化のステップ

本事業をより堅実に展開していくために事業化ステップを明確にしておく。この作業は、事業展開をシナリオ化することで、計画が総花的・飛躍的なものになっていないかをチェックすると同時に、基本計画、事業性評価を通じて、無理のないスケジュールが立てられているかを確認することを意味する。

図3-5に本事業で想定した事業化ステップを示す。

事業化開始(スタート)以前の準備段階は、短期間になる方がベターであるが、事業主体の設立後、設備・施設等の工事が入ると少なくとも2年程度は必要と考える。本事業は、マ国側の回収スキームの確立に依存する事業形態であるため、本事業が軌道に乗るには最低でも3~4年後とみておいた方が良く想定する。

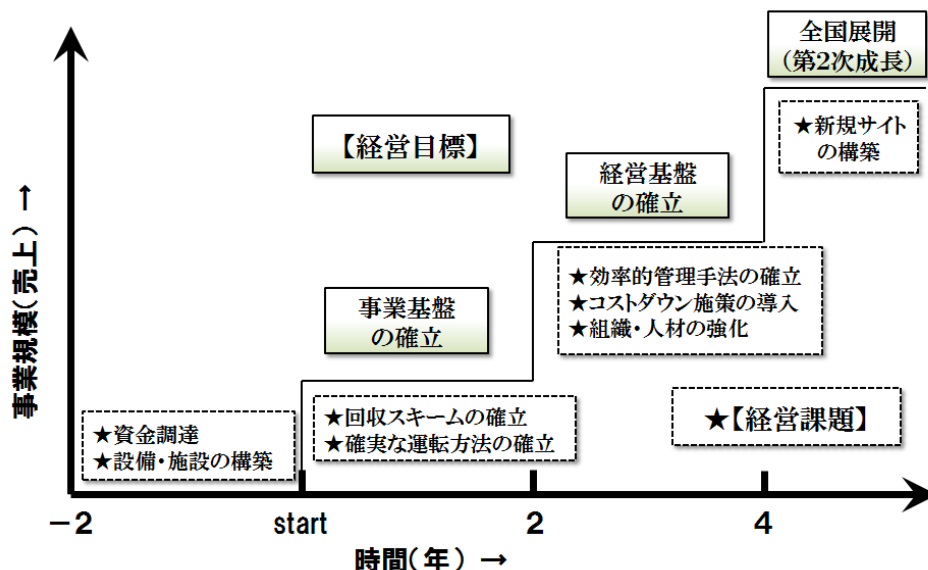


図3-5 事業化ステップ

前述の調査の内容に基づき調査し、当該調査結果を精査することにより最終的な事業目標や実施計画等の事業計画案ならびに海外展開計画案の策定を行った。

4. マレーシアの E-Waste 処理・リサイクルに係る現状調査（文献調査）

以下では、本事業検討に際し、先ずは文献からマレーシアの E-Waste 処理・リサイクルに係る現状を把握、整理した。当該文献調査から本事業計画を取り巻く課題を整理し、現地調査にて、当該課題を中心にさらに詳細を確認することで、本事業計画策定を進めることとした。

4-1. E-Waste 政策

以下では、マレーシア（以下、「マ国」という。）の廃電気電子機器（以下、「E-Waste」という。）に係る政策について整理した。当該政策が本事業計画に影響すると考えられるため、本事業計画策定に際し当該政策のどういった点を考慮すべきか等加味しながら、整理を行った。

マ国においては、日本の家電リサイクル法（特定家庭用機器再商品化法）のような E-Waste に係る個別法は存在せず、「Environmental Quality Act (1974 年制定)」(以下、「EQA」という。) という産業廃棄物・リサイクルに係る基本法に基づき制定された「Environmental Quality (Scheduled Waste) Regulations (1989 年制定、2005 年及び 2007 年に改定)」(以下、「EQR」という。) と呼ばれる規則の中で、E-Waste は指定廃棄物 (Scheduled Waste) として分類され、規定されている。つまり、マ国において E-Waste は特別な管理が必要となる廃棄物として扱われている。

1989 年の EQR 制定時には、指定廃棄物の分類として E-Waste は存在しなかったが、2005 年の改定時に、「SW110 電気・電子機器廃棄物」の分類が追加された。定義の詳細は以下のとおり。

<SW110 電気・電子機器廃棄物の定義>

蓄電池、水銀スイッチ、CRT ガラス、活性化ガラス、PCB コンデンサを含むもの。またはカドミウム、水銀、鉛、ニッケル、クロム、銅、リチウム、銀、マンガン、PCB を含むもの

具体的な E-Waste の種類は、マ国天然資源環境省環境局 (Department of Environment) (以下、「DOE」という。) によるガイドライン「Guidelines for the classification of used electrical and electronic equipment in Malaysia」の中で、以下のようになっている。

テレビ、エアコン、コンピュータ、冷蔵庫、洗濯機、ビデオレコーダー、ペンダントライト・蛍光灯、電話、フォトスタット複写機、ファクシミリ、電子レンジ、ラジオ、プリンター、オーディオアンプ、CRT、ケーブル、携帯電話、マザーボード、ハードディスク、プリント基板、重金属付着金属、リードフレーム、エッチング済みウェハー、インクカートリッジ、IC 基盤、輸入 E-Waste、部分リカバリ施設での産物

指定廃棄物の収集運搬、処分には、それぞれ許可が必要であり、EQA 及び EQR 等（主な

関連規則は表 4-1 参照) の規則にて関係者 (排出事業者、収集運搬業者、処分業者) の責務が規定されている。関係者ごとの規定詳細は以下のとおりであり、指定廃棄物に該当する E-Waste に関しては、これら規定の下、適正処理する仕組みが既に構築されていると言える。

<p><排出事業者></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ すべての排出事業者は、指定廃棄物の保管、自社敷地内での処理、材料・製品の回収あるいは特定施設での処理、材料・製品の回収、処分を適切に行わなければならない。 ✓ 指定廃棄物の移動や輸送は、環境局長が策定したガイドラインに従って梱包し、ラベル表示し輸送しなければならない。 	
<p>排出時の報告</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 指定廃棄物を新たに排出したその日から 30 日以内に、指定廃棄物の排出を環境局長に報告することを義務付け (報告は報告様式に従って、事業者の情報 (名称、所在地) の他、製造情報として毎月使用する原材料や化学物質 (名称、量)、廃棄物の情報 (分類、名称、排出源、組成、一月当たりの発生量 (t)) を署名付きで報告)
<p>保管</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 当該指定廃棄物の保管に耐え、環境中への流出や漏洩を防止できる丈夫な容器に保管することを義務付け、又、容器は投入や取出し時以外は密閉できるものとする ✓ 容器には指定廃棄物が排出された日付、排出者の名前、住所、電話番号をラベル表示 ✓ 混合反応性のある (混合すると発熱や有害ガス発生等がある) 指定廃棄物は別々の容器に保管し、他の廃棄物の保管場所と離れた場所に保管 ✓ 保管場所は、流出や漏洩防止のために環境局長が規定したガイドラインに基づき設計、建設、維持管理される場所とする ✓ 保管は排出された時から 180 日以内、20t 以内 (20t を超える場合、書面にて局長へ許可申請が可能) まで行うことができる
<p>収集運搬業者への廃棄物情報の提供</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 指定廃棄物の処理委託を行う際には、指定廃棄物ごとに規定された様式に基づき指定廃棄物の分類、排出源、廃棄物の引火点、沸点、室温における状態、危険性、取扱い方法、流出や漏洩が発生した際の注意点等安全上重要な情報を、許可を受けた運搬業者に提供することを義務付け
<p>収集運搬業者の事故時の対応</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 指定廃棄物の運搬中に事故が起きた場合、一義的には収集運搬業者の責任において除去、清掃が行われるが、排出事業者も技術的な専門知識、汚染除去の支援を行うことを義務付け
<p>帳簿の作成</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 様式に従い指定廃棄物の分類、種類、発生、処理・処分、材料や製品の回収量、方法、施設名 (場所) を記録し 3 年間保管することを義務付け

<p><収集運搬業者></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 指定廃棄物の運搬を行うためには、特定輸送機関を利用して業務を行う許可を得なければならない。 ✓ 許可取得のためには、業務内容や取扱う廃棄物の詳細等をまとめた書類を環境局長に提出。 	
指定廃棄物の取扱い	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 排出事業者から提供を受けた廃棄物情報を携行し、表示どおりの取扱いを行う ✓ 指定廃棄物の取扱い、運搬、保管に携わる従業員にトレーニングを実施し、廃棄物情報提供の目的や内容を十分に周知する
運搬ルートへの留意	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 運搬ルートは人口密集地、水源地、その他環境影響を受けやすい地域をなるべく避けて選定する
収集運搬業者の事故時の対応	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 指定廃棄物の運搬中に事故が起きた場合には、環境局長への迅速な通報、流出した物質の除去・清掃、流出による環境影響の調査を実施することを義務付け

<p><処分業者></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 指定廃棄物の処理・処分、材料や製品の回収を行うためには、特定施設を利用して業務を行う許可を得なければならない。 ✓ 施設の建設、操業行為に係る計画の概要、図面、取引や受け入れる廃棄物の詳細等をまとめた書類を環境局長に提出。この時、対象となる指定廃棄物の種類や処理方法により「Full Recovery」の許可か「Partial Recovery」の許可か決定される。 ✓ 一般的には破碎・選別工程のみでは「Partial Recovery」に該当し、湿式精錬等金属回収設備が伴うと「Full Recovery」の要件を満たすとされている。 ✓ 2014年7月現在、「Full Recovery」の許可取得施設が10施設、「Partial Recovery」の許可取得施設が106施設ある（Department of Environment、天然資源環境省の環境局ホームページ） <p>https://eswis.doe.gov.my/contractor/contractor_list.php?s_STATUS=R&s_KATEGORI=Kemudahan+Pemerolehan+Penuh+Luar+Tapak&s_KOD_BT[]=SW110 を参照した）。</p>	
--	--

表 4 - 1 EQA に基づく、指定廃棄物の収集運搬、処分、許可等に係る規則等一覧

規則名称	概要
Environmental Quality (Prescribed Premises) (Scheduled Wastes Treatment And Disposal Facilities) Regulations 1989 - P.U (A) 141/89 指定廃棄物の処分、当該施設に係る環境規則	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1989年制定 ・ 特定施設 (処理・処分施設) 保有者 (業者) 許可取得の手続き ・ 報告義務 (指定廃棄物の保管, 処理, 処分, リサイクル量等) 等
Environmental Quality (Prescribed Premises) (Schedules Wastes Treatment And Disposal Facilities) Order 1989 - P.U (. A) 140/89 指定廃棄物の処分、当該施設に係る環境命令	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1989年制定 ・ 特定施設の種類の種類 (6 施設) ・ 許可取得の義務 等
Environmental Quality (Prescribed Conveyance) (Schedu led Wastes) Order 2005 - P.U (. A) 293/2005 指定廃棄物の収集運搬に係る命令	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2005年制定 ・ 運搬行為の定義
Environmental Quality (Licensing) Regulations 1977 - (P.U (. A) 198/77) 指定廃棄物の処理の許可に係る規則	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1977年制定 ・ 指定廃棄物処理施設操業の許可 ・ 許可申請様式 等

出典) 資源環境対策 2008 年 4 月号 (Vol. 44 No. 4) 93P「開発途上国の有害廃棄物管理法制度 第 8 回: マレーシア(1) / 大野 正人他」

指定廃棄物には、EQR にてマニフェスト制度の規定が設けられており、排出事業者、収集運搬業者、処分業者は、当該規定に基づくマニフェストの記載、保存や環境局長への提出が求められている。また、2006 年 1 月から電子マニフェストも導入されており、オンラインでの情報登録も可能となっている。

マニフェスト制度の詳細は以下のとおり。

- ✓ 排出事業者、収集運搬業者、処分業者は、第 6 表に基づく様式または環境局長が指定する様式に基づき必要な情報を提出しなければならない。
- ✓ 排出事業者は第 6 表のパート I を記入し、6 部のコピーを収集運搬業者に手渡す。パート I には排出事業者自身の情報 (担当者名、連絡先等)、指定廃棄物の種類 (第 1 表に定める名称、コード、性状)、使用容器、量 (t および m³)、最終処分先名称と住所、単位当たりの処理費用を搬出日とともに記載して署名する。
- ✓ 収集運搬業者は排出事業者から渡された 6 部のコピーのパート II を記入した後、2 部のコピーを排出事業者に戻却する。排出事業者は返却された 2 部のコピーのうち 1 部を指定廃棄物が搬出された日から 30 日以内に環境局長に提出しなければならない。
- ✓ 収集運搬業者は指定廃棄物を受け取ってから 10 日以内に処分業者に搬入し、その際 4 部のコピーを手渡す。

- ✓ 処分業者は収集運搬業者から渡された4部のコピーのパートⅢを記入した後、1部を自ら保管し、残りの3部を指定廃棄物が搬入されてから20日以内に排出事業者、収集運搬業者、環境局長にそれぞれ提出しなければならない。
- ✓ 仮に、排出事業者がマニフェスト票を収集運搬業者に手渡してから30日以内に処分業者からマニフェスト票を受け取らなかった場合、即座に環境局長に受取りが遅延している旨、報告しなければならない。さらに遅延の理由を調査し、その結果についても局長に報告しなければならない。
- ✓ 排出事業者、収集運搬業者、処分業者は、記入済みのマニフェスト票は処分業者が運搬業者から搬入を受けた日から数えて3年間保管しなければならない。

上記のような、E-Wasteに係る法規制は、事業から排出されるものにおいて主に機能してきており、一般家庭から排出されるE-Wasteに関しては、事実上運用されていない状態となってきた。というのも、マ国において、特に一般家庭から排出されるE-Wasteは、有価で取り引きされており、廃棄物として処理委託されない場合が多いため、一般家庭排出のE-Wasteの法規制が機能していないという状態が現実となっている。売却されたE-Wasteのその後のフローに関しては、有価物抽出後の有害物質や残渣について不適正処理がなされ、環境負荷が増大しているとの報告もあり、このような状況を課題として、マ国のDOEでは、一般家庭由来のE-Wasteの規制案を2008年に作成したが、最終的に本規制が具体化されることはなかった¹。

現在では、一般家庭由来のE-Wasteの回収体制構築のための回収パイロット・プロジェクトや製造業者等による自主取り組み等が実施され、体制構築検討が進みつつあるが、一般市民からのE-Waste回収促進には未だ認知度が低い等の課題もあり²、これら課題解決に向けた検討が求められている。

¹ 株式会社サステイナブルシステムデザイン研究所 2014年3月 経済産業省平成25年度インフラ・システム輸出促進調査等委託費（アジアリサイクルビジネス展開可能性調査事業）「マレーシアにおける廃電気・電子機器リサイクル事業に関する実施可能性調査」

² Department of Environment Malaysia & EX-Corporation, Japan 2009 The E-Waste Inventory Project in Malaysia

4-2. E-Waste の排出量及び処理量

事業計画策定に際し、処理受託量に大いに関係する E-Waste の排出量及び処理量の現状を把握することは重要なことから、以下 E-Waste の排出量及び処理量を整理した。

マ国統計庁発行の環境統計全書 2013 によると、指定廃棄物に該当する E-Waste の処理量は、下表のとおりであり、2010 年がピークで約 27 万 4 千トン処理されており、それ以降は減少傾向で、2012 年には約 16 万 2 千トンの処理量になっている。

表 4 - 2 E-Waste (指定廃棄物に該当) の処理量

2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
190868.3 t	196808.6 t	274582.8 t	181754.5 t	162237.7 t

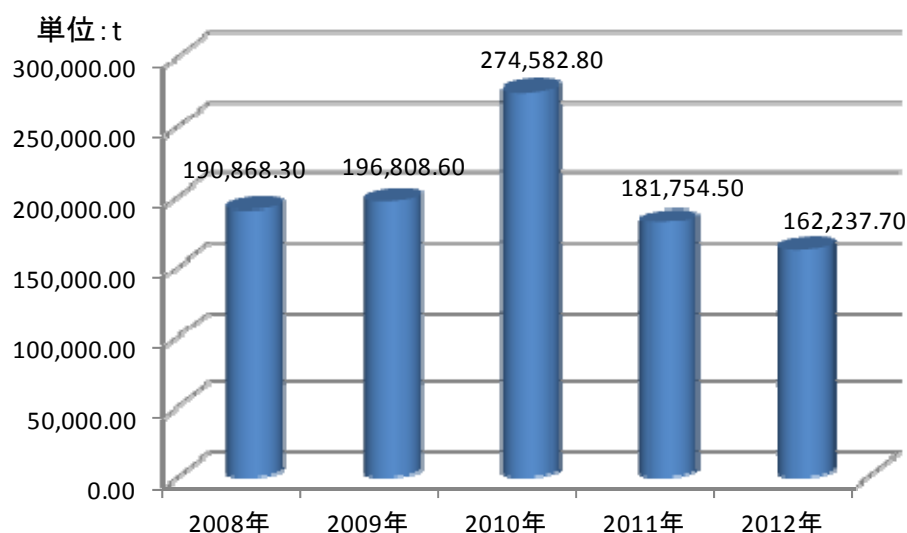


図 4 - 1 E-Waste (指定廃棄物に該当) の排出量

上記は、主に事業から排出される指定廃棄物に該当する E-Waste の処理量だが、前述のとおり、E-Waste は、一般家庭から排出されるものもあり、それらを含めると、2008 年には約 70 万トンとの推計もある³。当該推計から分かるように、E-Waste の排出量のうち、一般家庭からの排出が多くを占め、本事業化を推進するに当たっては、一般家庭からの E-Waste の回収も検討し、回収量を増加させ、事業化に必要な安定的な回収量を確保することが重要と考えられる。

一般家庭からの排出も含めた E-Waste の排出量は、年々増加傾向にあり 2020 年には約 110 万トン排出されると推計されている (表 4 - 3、図 4 - 2 参照)。特に、今後使用済みパソコンの排出量の増加が予測されており、こういった E-Waste の種類ごとの排出量も、リサイクル技術等検討の観点から本事業計画策定の際に、考慮に入れることが重要となる。

³ Department of Environment Malaysia & EX-Corporation, Japan 2009 The E-Waste Inventory Project in Malaysia

表4 - 3 事業及び一般家庭から排出されるE-Wasteの排出推計量

年	テレビ	冷蔵庫	エアコン	洗濯機	パソコン	合計量(t)
1981	0	0	0	0	0	0
1982	2,260	0	2	0	585	2,847
1983	6,922	0	32	0	1,739	8,693
1984	13,911	0	181	0	3,357	17,449
1985	23,020	0	638	1	5,282	28,941
1986	33,942	0	1,726	6	7,341	43,015
1987	46,299	0	3,909	22	9,374	59,604
1988	59,676	0	7,769	66	11,258	78,769
1989	73,649	4	13,903	169	12,917	100,642
1990	87,817	129,117	22,751	388	14,324	254,397
1991	101,829	132,696	34,383	815	15,490	285,213
1992	115,392	136,776	48,316	1,588	16,454	318,526
1993	128,292	141,647	63,287	2,891	17,911	354,028
1994	216,773	145,904	76,889	11,078	38,314	488,958
1995	230,034	149,799	86,246	14,182	39,470	519,731
1996	242,470	153,798	91,153	18,188	40,599	546,208
1997	252,635	157,904	94,179	22,772	41,909	569,399
1998	260,806	162,119	94,739	27,232	43,755	588,651
1999	266,281	166,446	99,612	30,702	46,524	609,565
2000	269,528	170,889	102,720	32,641	50,659	626,437
2001	271,386	175,451	106,363	33,208	56,412	642,820
2002	272,573	180,135	110,727	33,030	64,434	660,899
2003	274,048	184,943	115,942	32,632	74,924	682,489
2004	275,758	189,877	121,996	32,218	87,870	707,719
2005	276,884	89,083	128,630	31,828	103,224	629,649
2006	277,556	87,180	135,295	31,469	120,951	652,451
2007	277,934	103,759	141,214	31,147	140,922	694,976
2008	278,173	70,836	145,359	30,874	162,263	687,505
2009	228,000	11,766	146,201	31,195	190,119	607,281
2010	236,817	73,457	142,982	29,299	222,820	705,375
2011	206,739	60,990	139,516	29,710	256,981	693,936
2012	215,176	59,057	140,935	29,633	294,339	739,140
2013	231,750	60,889	145,559	29,497	328,479	796,174
2014	242,320	62,554	148,226	31,205	379,142	863,447
2015	261,837	64,100	146,878	33,153	418,897	924,865
2016	249,030	65,756	143,483	37,805	457,581	953,655
2017	215,387	67,465	140,810	49,818	500,212	973,692
2018	217,758	69,219	140,501	54,362	546,937	1,028,777
2019	220,712	71,019	142,402	59,847	592,359	1,086,339
2020	224,226	72,866	145,495	65,853	608,191	1,116,631

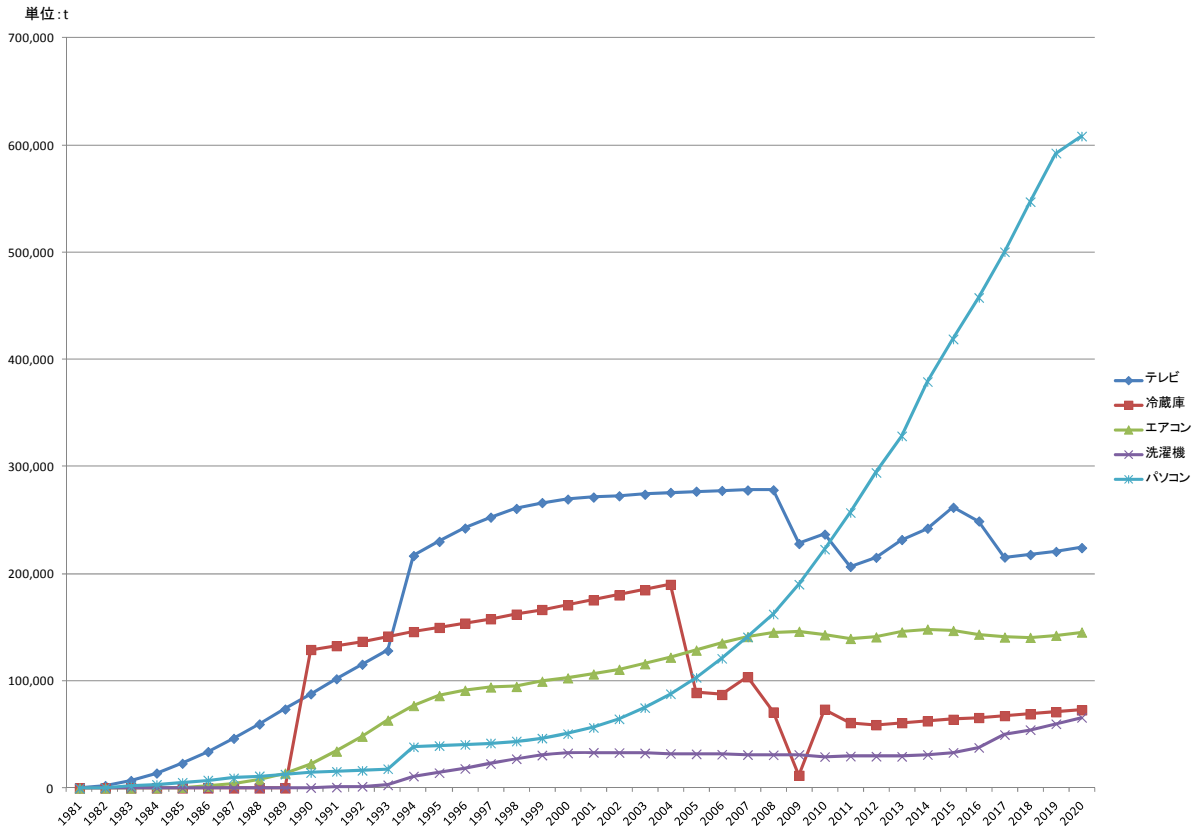


図4 - 2 事業及び一般家庭から排出されるE-Wasteの排出推計量

4-3. E-Waste のマテリアルバランス

E-Waste の種類ごとの鉄系金属及び非鉄金属のマテリアルバランスに関して、本事業で採算性の観点から特にターゲットとする E-Waste を検討する上で重要と考えられるため、以下に整理した。

CRT テレビ、フラットテレビ、冷蔵庫、洗濯機、エアコンについて、それぞれマテリアルバランスを示すデータは以下のとおり⁴。CR テレビを除き、鉄及び非鉄系金属の割合が約 4 割程度占めている。また、エアコンは、非鉄系金属の割合が他の種類と比較し多くを占めている。これら鉄系金属及び非鉄金属等がマ国において、実際にどの程度の割合で、こういった品質で実際にサイクルされているか、現状を把握することが重要となる。

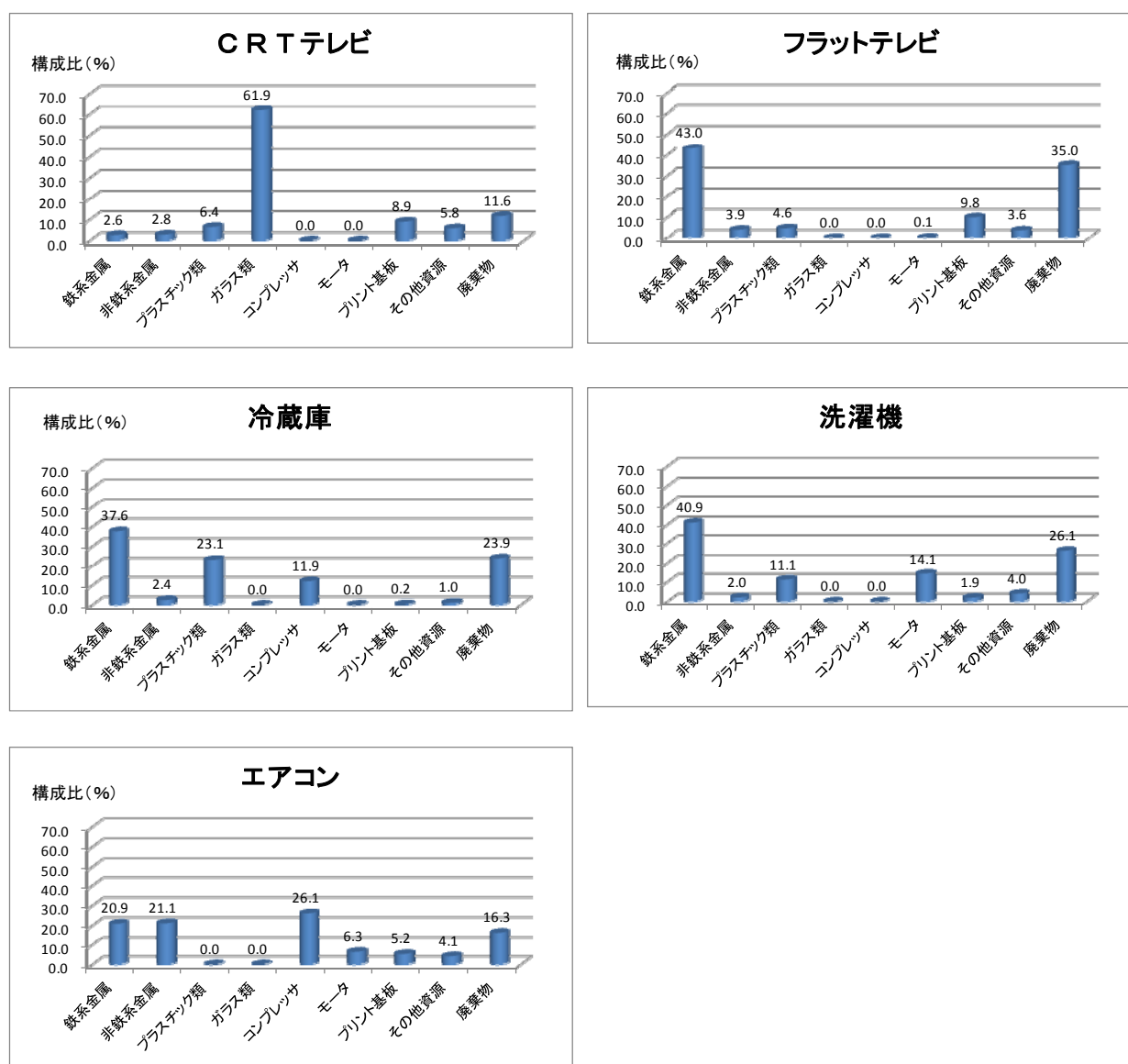


図 4 - 3 各 E-Waste のマテリアルバランス

⁴ 株式会社サステナブルシステムデザイン研究所 2014年3月 経済産業省平成25年度インフラ・システム輸出促進調査等委託費（アジアリサイクルビジネス展開可能性調査事業）「マレーシアにおける廃電気・電子機器リサイクル事業に関する実施可能性調査」

参考までに、日本における各部品のリサイクル状況は以下のとおり⁵。

<p>コンプレッサー</p>
<p>潤滑油に起因する輸送中のトラブル等のため中国が未解体の状態での輸入を規制しているため、シェルとコアを分離して油を抜く作業が必須となっている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・輸出の場合は、ケーシングとコアを分離して油を抜いて輸出される。 <p>国内でコンプレッサーを再資源化している例では、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・油を抜いて、そのまま、高炉に投入するケース ・シェルを切断し、鉄と銅をそれぞれ製鉄所、銅精錬所に売却するケース ・一部の家電リサイクル施設では油を抜いた後で破砕機による常温破砕を行い、破砕片の銅と鉄を選別して製鉄所、銅精錬所に売却している。
<p>モーター</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・そのままの状態中国へ輸出するケース ・手解体でケーシングと銅コイルを分離し、銅コイルを銅精錬所に売却するケース ・特殊な破砕機にそのままモーターを投入し破砕しその後各種機械（風選、磁選、篩選、渦電流選）による選別を行い鉄と銅に分離し国内の製鉄所、銅精錬所に売却するケースが見られる。
<p>コード類、消磁コイル等銅類、基板類</p>
<p>家電ハーネスと呼ばれるコード類は雑多な被覆材が使われているため、被覆材を再利用できるようにナゲット処理をして銅と被覆材を回収しようとする、手間が掛かってコストが嵩む。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・そのまま海外（中国等）に輸出されることが多くなっている。 ・ナゲット設備を持つ金属スクラップ処理・卸売事業者（ナゲット設備を持たない一般の金属スクラップ処理・卸売事業者はナゲット処理を行う事業者に販売するか、そのまま銅精錬所に販売）はこれらナゲット処理し、銅の純度を高め銅精錬所に販売する。 ・基板類はアルミ、プラスチックを手解体で除去後、コード線材、偏向ヨークとともに破砕して各種機械（風選・磁選・アルミ選）による選別を行い銅精錬所に金銀銅滓として売却される。 ・或いは他のものと一緒に焼却処理したあと、金銀銅滓として、金の含有量の評価によって銅精錬所に有償で販売されるかまたは逆有償物として引渡される。
<p>ミックスメタル</p>
<p>ミックスメタルは銅、ステンレス等金属種別に分離されれば、高価で売れるため、各事業者はコストの許容できる範囲で、手選別や装置導入などで細かい選別を実施し国内の精錬所に売却している事業者もあるが、おおよそ次のように流れている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・そのまま海外（中国等）に輸出されるケースが多く見られる。 ・自動車系のミックスメタルと一緒に重液比重選別でアルミを除去して、銅の濃度を銅精錬

⁵ 財団法人 機械システム振興協会 委託先 財団法人 クリーン・ジャパン・センター 平成 21 年 3 月 「銅系非鉄金属スクラップの高度分離・選別技術に関する調査研究」

所が引き取れるレベルまで濃縮しているケースもある。

- ・手選別で選別された銅は国内精錬業者等に売却される。
- ・近年ソーター式選別機を使ってミックスメタルのそれぞれの金属片を分離して回収率を上げようとする動きも見られる。

4-4. E-Waste の流れ

事業計画策定に際し、E-Waste の排出量の把握のみならず、排出された E-Waste がどのような流れで、処理又は売却等されているのか把握することは、処理受託量確保のために重要と考えられるため、以下に整理した。

マ国における E-Waste は、前述のように、事業から排出されるものと、一般家庭から排出されるものの2つに主に分けることができる。前者については、指定廃棄物に係る規定の下、適正処理及び再資源化の仕組みが構築、運用されている。一方、後者の一般家庭からの排出に関しては、事実上、回収の仕組みが余り機能しておらず、製造業者、市民団体・NPO や自治体による回収の取り組みがなされるに留まり、全体に占める回収量は少ない。それと比較し、前述のように、一般家庭から排出される E-Waste の多くは、スクラップ業者等の街頭買取り商等により有価で買い取りされ、その後のフローが不明な場合がほとんどとなっている⁶。このように、一般家庭から排出される E-Waste に関しては、指定廃棄物の処理に係る許可を持つ処理業者が処理に係わる割合が、現在のところ低くなっている。当該割合を高めていくためには、回収の仕組みをさらに構築、強化していく方策が必要と考えられる。

また、事業から排出される E-Waste においても、E-Waste 全体、使用済み製品としての排出と比較し、E-Waste の部品としての排出による指定廃棄物としての処理が多いとも言われている⁷。

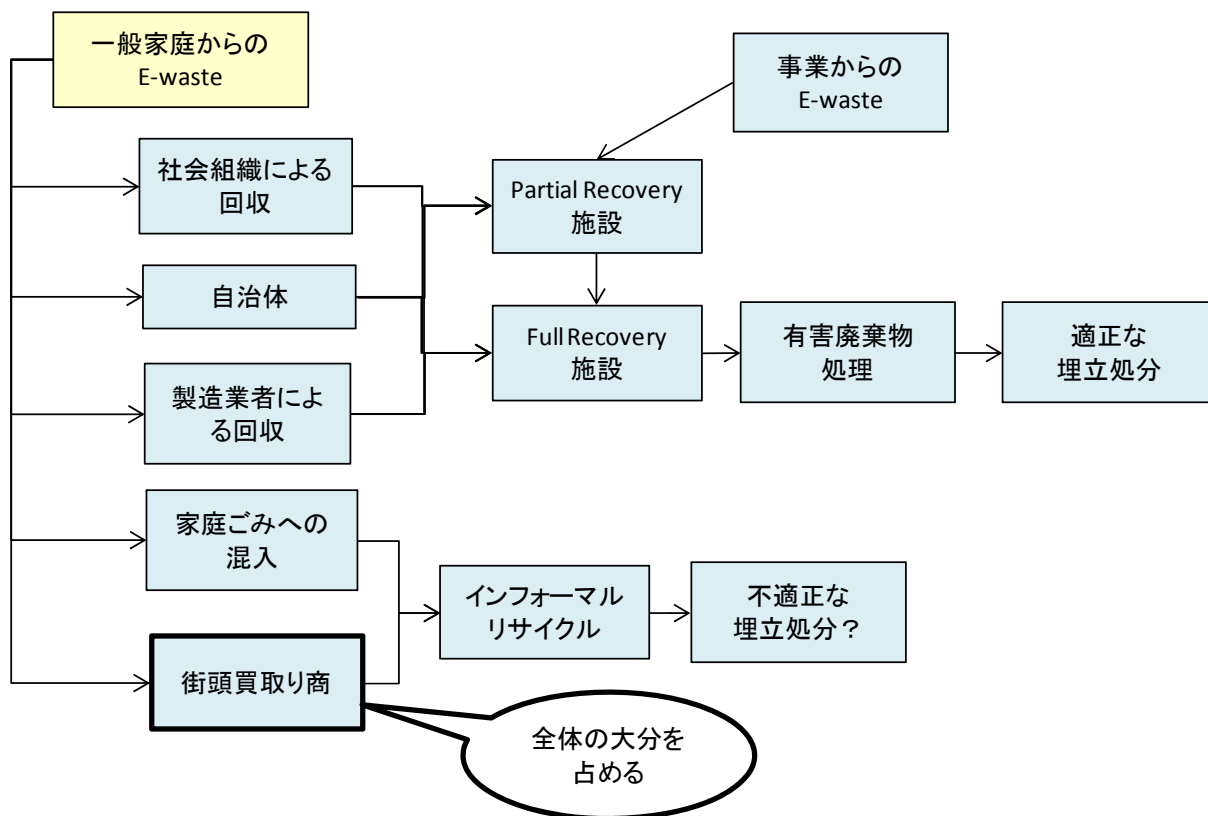


図 4 - 4 マ国 E-Waste のフローの概要

⁶ Department of Environment Malaysia & EX-Corporation, Japan 2009 The E-Waste Inventory Project in Malaysia

⁷ //

4-5. E-Waste 処理フロー、処理技術

本事業においては、高品質の非鉄金属回収技術導入が本事業の要の一つであることから、本事業における新規技術導入の検討、課題の整理等のため、マ国の E-Waste の処理フロー、処理技術の現状を以下に整理した。

マ国における E-Waste の処理フロー概要は下図のとおりであり、最初に手解体が行われ、その後の処理過程において支障の生ずるものを取り除いたり、有価物を抽出する。続いて、機械による破砕が行われ、細かくされた後、選別される。これら機械の過程を経るのは、プラスチック類、基板類、CRT、金属、電線等が挙げられる。ここまでの処理は、Partial Recovery 施設や Full Recovery 施設で行われ、その後、高付加価値品の回収のため、Full Recovery 施設において、化学的処理や精錬が行われる場合もある。

マ国においては、上記のように、高付加価値、高品質な金属や非鉄金属等の回収の技術は、化学的処理や精錬に限られており、また、当該技術は先進的なものではないと指摘されている⁸。今後は、機械選別等による技術で、高付加価値品の回収の可能性を検討することが求められている。

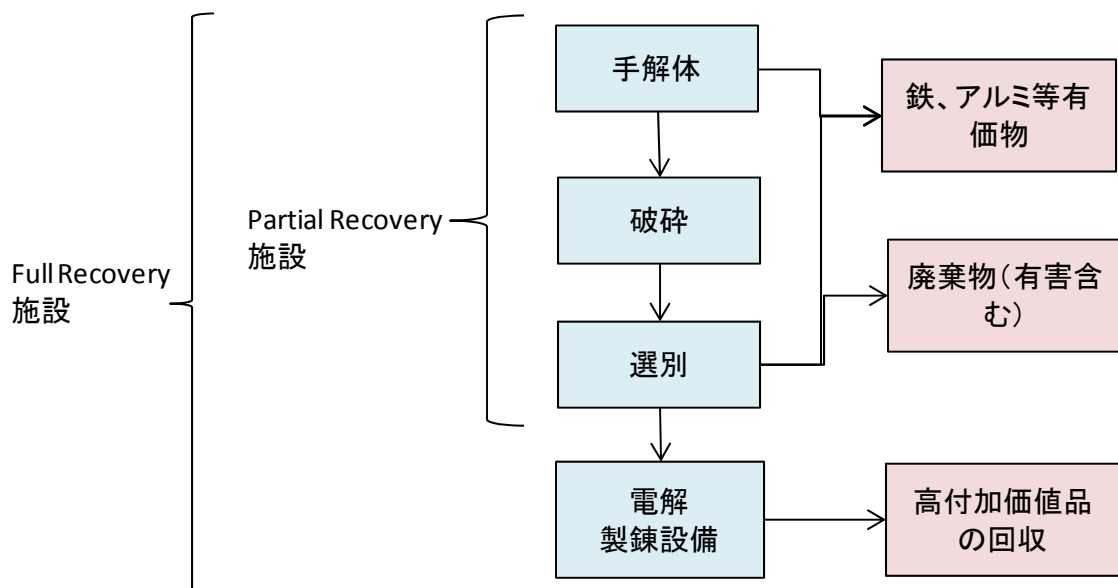


図 4 - 5 マ国における E-Waste の処理フロー概要

また、前述した E-Waste のフローにおいて、特に一般家庭から排出されるものにおいて、スクラップ等街頭買い取り商による回収が多くを占めるとしたが、これら業者による回収後のフローは、調査不能で不透明ところがあり、最終的には不適正処理がされている可能性も考えられる。このような状況からも、一般家庭から排出される E-Waste の適正処理・再資源化体制の構築が求められるとともに、高品質な金属や非鉄金属等の回収の技術の検討が今後重要と考えられる。

⁸ Md Rezaul Hasan Shumon, and S Ahmed Sustainable WEE management in Malaysia: present scenarios and future perspectives 2nd International Conference on Mechanical Engineering Research (ICMER2013) IOP Publishing IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 50 (2013) 012066

5. 現地調査まとめ

文献調査等を踏まえ、本事業計画策定に影響すると思われる E-Waste 関連の政策や E-Waste リサイクル事業及び技術の現状をマ国現地のリサイクル企業や政府等の関係者にヒアリングし、把握した。以下に、現況把握結果を示した。

現状整理に当たっては、本事業計画策定に影響すると思われる、回収量・排出量（どの程度集まってくるのか）、E-Waste の流れ（どのようなところから、どのようなかたちで集まってくるのか）、E-Waste の処理フローや処理技術（どういった技術を使い、どの程度リサイクルされているのか）の観点から、文献調査で得た仮説を基に現状を把握し、課題を整理した。

5-1. 調査（ヒアリング）対象

以下のマ国現地の E-Waste リサイクル企業や政府等の関係者にヒアリングを行った。

表5 - 1 現地調査ヒアリング先概要

	ヒアリング先名称	ヒアリング先概要
E-Waste リサイクル企業	Cenviro Sdn. Bhd.(UEM Environment Sdn. Bhd.から2014年10月末に社名変更した)	有害廃棄物処理を行うクオリティアラム社 (Kualiti Kitar Alam) を子会社に持ち、リユース・リサイクルプログラムの開発を通じて、環境に配慮したソリューションを顧客に提供するコンサルタント会社。 本事業において、ウエスギ社との事業提携先の候補の一つ。
	Jaring Metal Industries Sdn Bh	E-Waste (SW110) の「Full Recovery」の許可を取得し、鉄、非鉄金属を中心としたリサイクル事業を行っている。
	マ国に進出している日系企業 A 社	マ国現地企業と事業提携せず、単独でマ国での事業に進出。 E-Waste (SW110) の「Full Recovery」の許可を取得し、鉄、非鉄金属を中心としたリサイクル事業を行っている。
政府関係	PPSPPA (Solid Waste Management and Public Cleansing Corporation) 廃棄物管理・公共清掃公社	一般廃棄物の収集・運搬業務の実務管理を主に行っている（実際の収集・運搬は、民間企業3社に委託され実施）。
	DOE (Department of Environment) Ministry of Natural Resources & Environment マ国 環境局	E-waste (SW110) に係る施策の策定、運用、管理等を行っている。

5-2. 現状整理結果

(1) 回収量・排出量

<仮説>

- ・ 事業から排出されるものと、一般家庭から排出されるものの2つに主に分けることができる。
- ・ 前者については、指定廃棄物に係る規定の下、適正処理及び再資源化の仕組みが構築、運用されている。
- ・ 一方、後者の一般家庭からの排出に関しては、事実上、回収の仕組みが余り機能しておらず、製造業者、市民団体・NPOや自治体による回収の取り組みがなされるに留まり、全体に占める回収量は少ない。
- ・ 一般市民からの E-Waste 回収促進には認知度が低い等の課題もある。
- ・ 2014年8月にマ国環境局から、一般家庭から排出される E-Waste を対象とした法律の枠組み案（マ国の現状に則したかたちでの拡大生産者責任（EPR）制度の導入を含めた E-Waste 管理に関する法制度化の検討）が出されており、本格的な検討を開始したところで、将来的に一般家庭から排出される E-Waste の回収量増加が期待される。

<現状調査結果>

【排出量・回収量・回収対象】

本事業を成り立たせる上で安定した回収量の確保が重要であり、マ国全体での E-Waste の排出量が多ければ、それに比例して本事業での回収量の確保が容易になると考えられる。その点から、事業から排出される E-Waste ばかりではなく、一般家庭から排出されるものも本事業の対象とすることを想定した。文献等調査では、一般家庭から排出される E-Waste の回収が難しい状況との結果となったが、現況はどうか、近い将来はどうか、以下把握した結果を示す。

【結果概要及び課題】

PPSPPA によると、以下のような現状とのことで、こういった状況を鑑みると、一般家庭からの E-Waste を定常的にある程度の量回収するのは、現時点及び近い将来において困難であり、本事業における回収対象品は、一般家庭からの E-Waste に係る法制化に注意を払いつつも、事業から排出されるものに絞ってまずは事業計画案を作成することが重要と考えられる。しかしながら、一般家庭からの E-Waste を回収する工夫や条件設定も、平行して検討することが求められると考える。

- ・ 一般家庭からの E-Waste も指定廃棄物に該当し、許可を持った業者にて適正処理がなされなければならないが、ほとんどがインフォーマルセクターにて取り扱われており、自治体等を通じた回収ルートへの流れは非常に少ない。
- ・ 一般家庭からリサイクル目的で排出される E-Waste はほとんどなく（一般廃棄物全体の 1.1% 以下）、回収できていないのが現状（自治体では週に1回、リサイクル可能品を

回収する日を設定して回収している)。

- ・ しかしながら、インフォーマルセクターのみでの取り扱いでは、不適正処理による不法投棄（ダンピング）が絶えないことから、そういった点で、適正な業許可を持った業者にて適正処理・リサイクルするルートを一般家庭から出る E-Waste についても、構築していく必要性はある。
- ・ 一般家庭からの E-Waste の法規制は未だ案の段階であり、具体化はこれからになる。

マ国環境局において、さらに E-Waste の法規制案や回収状況の詳細について把握した。詳細現状は以下のとおりとなった。

一般家庭からの E-Waste の回収・リサイクルの体制構築に努力しており、一部の地域で回収体制が構築され始めたところだが、本格的な運用はこれからといったところであった。一般家庭からの E-Waste の回収量に係る統計的データも未だ整備されておらず、今後調査を重ねていくところであり、不明な点が未だ多い状況。

一般家庭からの E-Waste の法規制に関しては、法律の枠組みを詰めているところであり、最終化まではされていなかった。また、JICA を通じて、当該法律の枠組みに基づいた、ガイドラインを作成予定で、政策として実際に運用されるまでに、3年くらいは掛かる見込みとのことであった。

以上の状況から鑑みても、将来は一般家庭から排出される E-Waste の回収が期待されるが、現在や近い将来において、一般家庭からの E-Waste の回収に依存する事業を構築するのは、回収量確保の補償が難しいため、収益性の面でリスクが高いと考えられる。

- ・ 一般家庭からの E-Waste の法制化については、法律の枠組み案の最終化を図っているところであるが、未だ、フィックスはされていない状況。当該法律枠組み案に係る関係者（ステークホルダー）がたくさんいるため、全ての関係者からコンセンサスを得るのは難しく（特に商工会議所）、時間が掛っている。
- ・ 当該法律枠組み案に基づいた、具体的なガイドラインは、JICA を通じて作成する予定（5～6のガイドラインを作成予定）→この作成には最低 1.5 年は掛かる予定。
- ・ 排出事業者から処理料金をもらい、メーカーは、収集運搬及び処理に係る費用を基金にプールさせておく仕組みである。
- ・ 一般家庭からの E-Waste マテリアルフローが明確に把握されておらず、1年間にどの程度の量、どういった状態（売却、処理委託）で、どのような流れで排出されているか、つかめていないので、そういった部分の確認も行っていく予定（インベントリ調査実施予定）。
- ・ 事業から出る E-Waste (SW110) の統計データは以下のとおり。

2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
134,035.7t	163,339.80t	152,722.04t	78,278.05t	52,978.13t

- ・ 現在は「E-Waste Alam alliance」のプログラムの下、6区の州（ペラ、セランゴール、

KLとプトラジャヤ、マラッカ、ジョホール) で一般家庭からの E-Waste の回収が行われている。北部は、Shanpoornam Metal で、中央部は Jaring Metal Industries で、南部は(マラッカにある) Meriahtek (M) Sdn. Bhd.に一般家庭からの E-Waste を扱う Full Recovery 施設がある。

(2) E-Waste の流れ

<仮説>

- ・ 一般家庭から排出される E-Waste の多くは、スクラップ業者等の街頭の買取り商等により有価で買い取りされ、その後のフローが不明な場合がほとんど。
- ・ 事業から排出される E-Waste においても、E-Waste 全体、使用済み製品としての排出と比較し、E-Waste の部品としての排出による指定廃棄物としての処理が多いとも言われている。

<現状調査結果>

【E-Waste の回収状態】

E-Waste の再資源化というと、日本国における回収状態(使用済みテレビや冷蔵庫等対象5品目としての回収)を想像しがちだが、マ国においては、どういった状態での回収が多いのか、一般的なのか、どういった E-Waste が E-Waste として回収されているのか、また、有価での回収か処理料金を受けての回収か、以下に現況を把握した結果を示す。

【結果概要及び課題】

「Full Recovery」の許可を取得し、E-Waste (SW110) のリサイクルを行っているような処理業者では、既に当該施設でリサイクルしやすい状態となっているような、部品の状態のものを対象として回収していることが多く、工場等の事業から排出される部品や端材等を、有価で買い取る場合が一般的となっている。また、回収先(買い取り先)として、工場等の事業所からのものが多いのは、街頭の買取り商等インフォーマルセクターからの買い取りでは、コンプライアンス上リスクが高いという理由が挙げられていた。

「Partial Recovery」の許可を取得している処理業者では、回収した E-Waste を手解体、手選別した上で、「Full Recovery」施設等に売却するのが一般的となっている。

コンプライアンス上保証された E-Waste (SW110) を定常的な量確保することに、マ国現地の E-Waste リサイクル処理業者も苦慮しており、買い取り価格をいかに設定するかが、回収量確保には重要な要素になってくる。買い取り相場をさらにヒアリングしていくとともに、買い取り価格に応じた回収量を推計し、損益分岐点を検討する等、事業計画案について実現可能性を検討していく必要がある。また、回収の領域は現地、地元のつながりが強い、特有な領域であることから、Cenviro 社といった現地、地元根付いたマ国現地企業に任せる事業分野と考えられる。

今回の現状調査では、本事業で主な回収対象である、被覆電線(ハーネス)の回収状況について、ヒアリング先で主な回収対象としていなかったため、余り把握することができなかつ

た。今後は被覆電線（ハーネス）の回収状況詳細の把握が必要となる。

（3）E-Waste の処理フローや処理技術

〈仮説〉

- ・ 「Full Recovery」施設での高付加価値、高品質な金属や非鉄金属等の回収技術は、化学的処理や精錬に限られている。

〈現状調査結果〉

【E-Waste 処理技術】

マ国における「Full Recovery」施設での一般的なリサイクル技術及びリサイクル品の品質を把握するとともに、本事業での処理技術（選別機械（振動とエアーを利用した乾式回収方法と各種比重選別の技術等の組み合わせ）により、効率的に高品質の金属及び非鉄金属を回収）がマ国において、他社と比較し、どういった優位性があるか等の観点から、以下に現況を把握した結果を示す。

【結果概要及び課題】

マ国では、国（環境局）の方針で、「Full-Recovery」の施設を増やし、「Partial Recovery」施設の許可はこれまでに十分出しているため、もうこれ以上施設数の観点から許可を出したくないとの意向があり、取得が難しくなると予想されている。「Full-Recovery」施設の正式な定義は存在しないが、処理対象物の形状を変えることができる施設という考え方がある。また、「Full-Recovery」の施設で回収する金属については基本的に 85%以上の純度まで確保しなければならず、金については 90%以上とされている。回収する際の金属の状態はインゴットでも粉状でも可能だが、液状は不可とされている⁹。

ウエスギ社の技術が「Full-Recovery」施設に該当するか、今後確認していく必要がある。下表は参考までに Recovery 施設の数で、2015 年 1 月現在「Full Recovery」の許可取得施設が 11 施設、「Partial Recovery」の許可取得施設が 110 施設ある。

表 5 - 2 Recovery 施設の数

年	2013	2012	2011	2010
Recovery 施設の数	150	153	158	153

※ 出典：DOE Malaysia reports による

「Full-Recovery」施設では、電解、熔融、精錬の処理技術で金属や非鉄金属等を回収している。品質については、世界水準に達しておらず ASEAN 圏内で流通しているとのこと。世界水準を満たす精錬を行える施設はマ国国内にはないため、ASEAN 圏内で質の低い（世界水準を保証できない）精錬品として売却していかざるを得ない状況にある。世界水準を満た

⁹ 経済産業省「平成 22 年度 インフラ・システム輸出促進調査等委託費（都市間（秋田県－マレーシア・ペナン州）連携による循環型都市協力推進事業）報告書」平成 24 年 2 月

品質を確保するためには、マ国以外で再度加工し、世界水準を満たす製品にし直す必要がある。

このような状況であり、選別技術によって高品質の金属及び非鉄金属を回収する工程や技術は、マ国において一般的になっておらず、そういった意味でウエスギ社の技術は優位性があると考えられる。また、リサイクル品の品質においても、ウエスギ社技術のものは世界水準を満たしており、優位に働くと考えられる。ただし、リサイクル品の需要がマ国国内にあるかどうか検討する必要がある、他国に輸出する場合は、輸出に 10%の課税が掛かるため、事業として採算が合うか検討する必要性が出てくる。

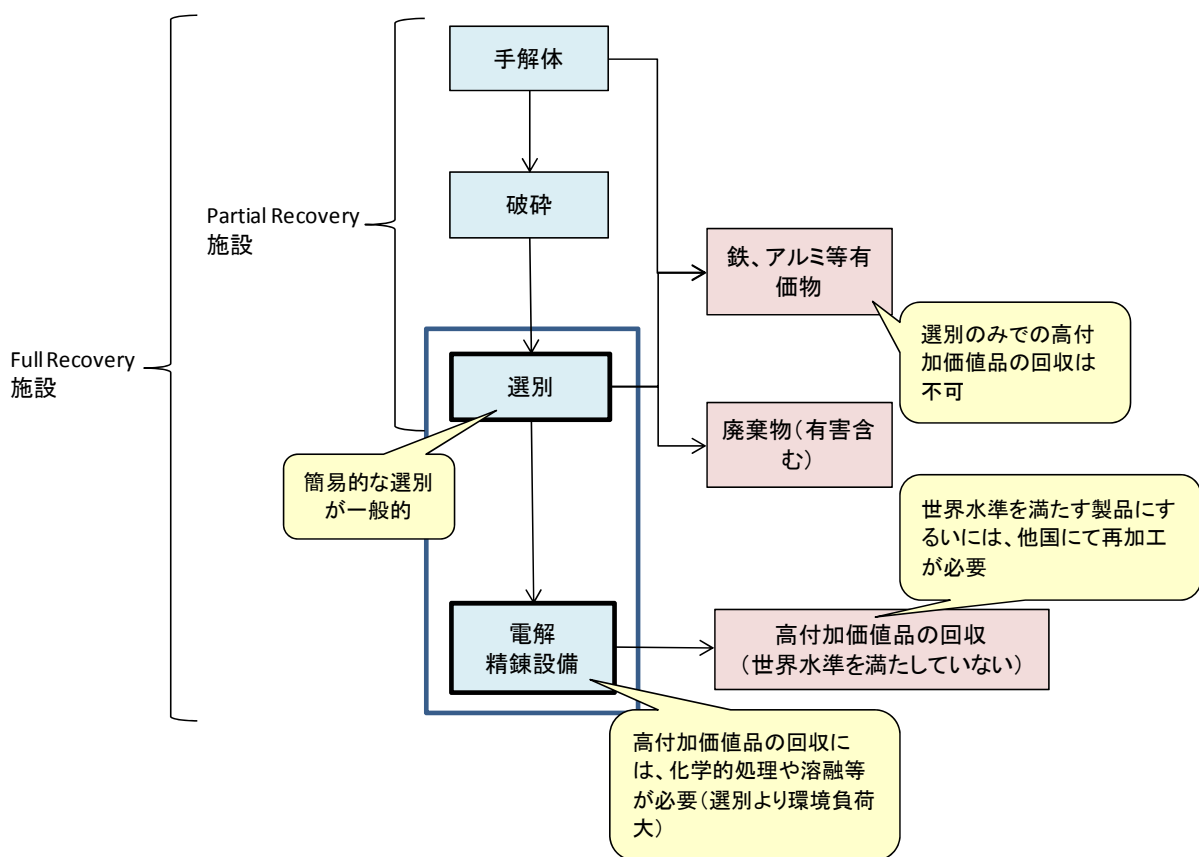


図 5-1 マ国における E-Waste の処理フローや処理技術 概要

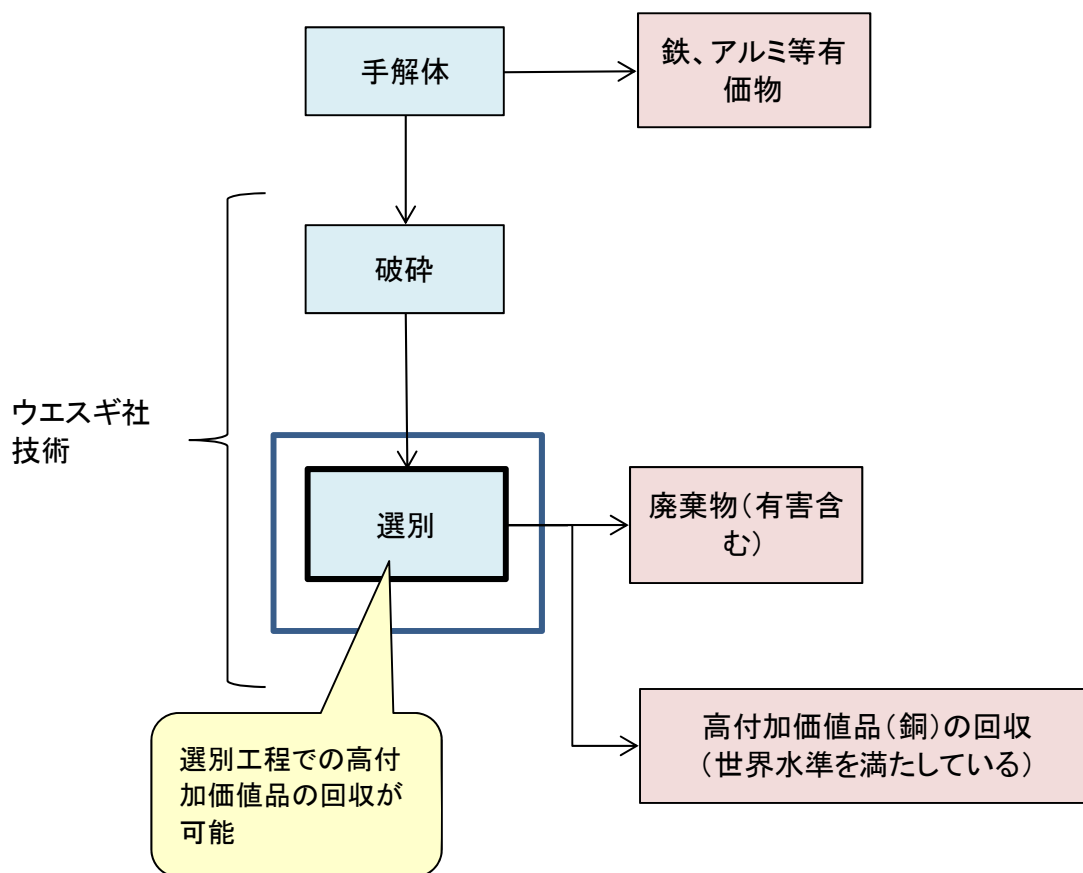


図5-2 ウエスギ社技術導入によるE-Wasteの処理フロー 概要

5-3. 現状整理結果まとめ（本事業計画策定にあたっての留意事項）

上記の現状調査結果概要及び課題を踏まえ、本事業計画策定にあたっての留意事項を以下にまとめた。

- ✓ 回収対象は、工場等の事業から排出されるものを主とする。回収対象である被覆電線（ハーネス）類等の排出状況詳細把握をさらに進める。
- ✓ 回収に当っては、マ国現地のリサイクル企業のノウハウを有効活用し（マ国現地リサイクル企業との提携を検討する）、最適な買い取り価格を見極めながら行う。
- ✓ ウエスギ社技術が「Full-Recovery」施設に該当するか確認する（マ国・環境局での確認結果は「海外展開案の見直し」で示す）とともに、リサイクル品の需要の見込みを検討する。

6. 環境負荷低減効果

6-1. 被覆材（廃棄物）の処理に係る環境負荷低減

本事業で主な処理・リサイクル対象である、被覆電線（ハーネス）は、非鉄金属（主に銅）をリサイクルするに当たって被覆材がリサイクル不可なものとして排出され、それらは、廃棄物として処理されることになる。被覆電線（ハーネス）の約4割が廃棄物として処理され、その一部のみが再生されているにすぎず、大部分が埋立てや焼却処理されているのが現状である。

汎用の被覆材料はポリ塩化ビニルであり、ポリ塩化ビニルには安定剤として通常鉛化合物が使用されており、この鉛化合物が埋立てにより溶出し環境を汚染する可能性がある。

また、焼却時にハロゲン物質を含む場合、燃焼時に有毒ガスが発生する可能性がある。被覆材料となるポリ塩化ビニルやポリエチレンは下表のようにハロゲンが含まれており、燃焼時に有毒ガスが発生し、環境に負荷を与える可能性がある¹⁰。

表6-1 一般的な電線被覆材料

	ポリ塩化ビニル	ポリエチレン
難燃性	極めて高い、自己消火性	低い、可燃性 難燃性付与のためにはハロゲン系難燃剤を添加
環境への影響	ポリマー自体にハロゲン元素（塩素）を含むため燃焼時に有毒ガスが発生する可能性がある	ハロゲン系難燃剤が添加されている場合、燃焼時に有毒ガスが発生する可能性がある

電線・ケーブルを用いて燃焼時の発生ガス測定を行った事例によると、塩化ビニルを被覆材として使用している電線・ケーブルからはいずれの燃焼温度においても明確にダイオキシンの発生が認められるという結果が出ている¹¹。

表6-2 電線・ケーブルの燃焼によるダイオキシン発生測定結果 単位：ng-teq/g

ケーブルタイプ	測定温度		
	600℃	800℃	1,000℃
600V CVT	8.7	1.4	2.0
CVV	28.0	1.5	1.5

本事業では、ポリ塩化ビニルを含む被覆材を埋立てや焼却処理の方法ではない、新技術を使用した適正処理ルートの構築を検討しており、被覆材の廃棄物としての処理に係る環境負荷低減が見込まれる。

¹⁰ 平成11年7月古河電工時報第104号 山田仁、西口雅己「環境適合電線の開発」

¹¹ 平成12年3月 社団法人日本アルミニウム協会「EM電線・光ファイバのデータベース整備」研究成果報告書

具体的に導入する技術としては、パナソニック株式会社とパナソニックエコテクノロジーセンター株式会社が、家電リサイクル工場から発生するシュレッダーダストの中の有機物を、酸化チタンの触媒反応を用いて処理する設備を開発した装置を活用することを想定している。本装置に使用される技術は、両社が、家電の解体工程から出てくるシュレッダーダストに含まれる「銅・鉄などの金属片」を樹脂やゴム類との混合物から、樹脂の選別で資源化を推進するとともに、選別後の残渣を触媒で有機物を無害ガス化し、塩化ビニルで被覆された銅や、鉄などの金属を取り出す技術であり、2008年から実用化に向けて検証に取り組んできたものである^{12, 13}。

本装置は、酸化チタン触媒を用いた有機物分解技術を、廃樹脂材の残渣の処理に応用展開し、大型処理設備化したことにあり、その設備の特長は以下の通りである。

- ① 触媒反応熱の活用により、加熱、補助燃料を不要とし、無害ガス化処理を連続運転
- ② ロータリーキルン型攪拌方式により、触媒とシュレッダーダストを効率的に攪拌し触媒反応を効率化
- ③ 中和・還元処理システムにより、樹脂に含有する塩素、窒素を無害化
- ④ 篩い機構により、シュレッダーダストの中の有価金属を連続回収
- ⑤ 温度・静圧自動制御システムにより、反応槽内の触媒反応を安定化

本装置は、酸化チタンを 500℃程度に加熱することにより、プラスチック類等の有機化合物を燃焼（焼却）することなく酸化分解して CO₂ と H₂O に分解する。この反応メカニズムを図 6-1 に示す。この酸化分解反応は、発熱反応であり、酸化分解初期に熱を加えて酸化分解反応が進行すると反応系に熱を供給し続ける必要がない、いわば省エネ反応装置である。

また、図 6-2 に示すように、プラスチック類が付着した金属や非鉄金属類を酸化チタン層に添加するだけで、有機物は無害のガスとして系外に放出されるため、金属や非鉄金属のみの回収が可能になり、極めてクリーンな廃棄物処理装置と考えることができる。

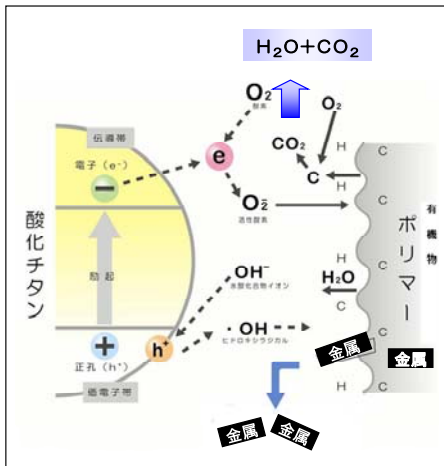
本装置は、酸化分解するプラスチック類として、ポリ塩化ビニルのような塩素化合物でも問題なく分解できる。それは、分解ガスに含有する塩酸等を図 6-3 に示す排ガス処理部にある消石灰溶液を排ガスに噴霧することにより、中和処理可能であるためである。

本装置は、ロータリーキルン部に酸化チタンが入っており、加熱された後、金属や非鉄金属を含む廃プラスチック類を添加することにより、廃プラスチック類のみ酸化分解して、金属や非鉄金属を回収する。

¹² パナソニック株式会社プレスリリース，2010年9月22日，触媒反応による有機物分解処理設備を本格稼働 有機物を無害ガス化 (<http://news.panasonic.com/press/news/official.data/data.dir/jn100922-4/jn100922-4.html>)

¹³ パナソニック、触媒反応を用いた処理設備など最新のリサイクル技術を公開 (http://kaden.watch.impress.co.jp/docs/news/20100927_395713.html)

熱触媒として「酸化チタン」を用い、混合プラスチック等の有機物を無害なガスに酸化・分解させる工法を開発



熱触媒反応メカニズム(概念)

- ・加熱した酸化チタン(TiO₂)がプラスチックを化学分解し、無害ガス化する
- ・プラスチックを連続投入することで反応熱が蓄積し、外部加熱なしで分解が進む
- ・混合プラスチックダストを投入することで、有機物はガス化し、無機物(金属)だけを回収できる

図 6-1 有機物の熱触媒反応メカニズム

処理物	処理前	処理後	
廃棄プラスチックダスト プラスチックのみの混合物			プラスチック類は 全てガス化
金属・樹脂混合物	混合プラスチックダスト 多種プラスチックに 金属類が混入		プラスチック類は 完全にガス化され 金属類が残留
	TV消磁コイル 塩化ビニルテープで 銅配線を被覆		塩化ビニルは ガス化除去され 銅線が残留
	TV偏向ヨーク 銅線に樹脂が コーティング		コーティングが ガス化除去され 銅線が残留

図 6-2 酸化触媒反応前後の様子

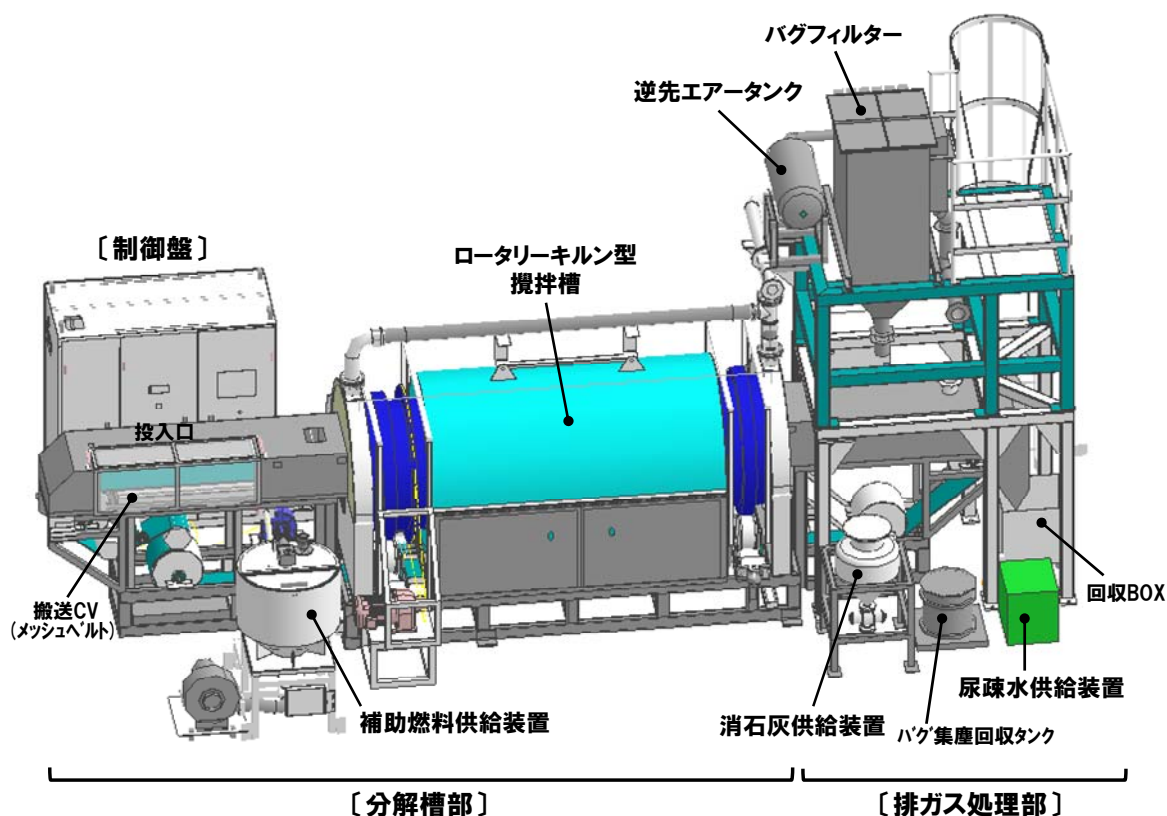


図 6-3 酸化分解装置全景

この装置を使用して算出した処理時の CO₂ 排出量を小型焼却炉と比較した結果を図 6-4 に示す。

この図から理解されるように、本装置では、自己反応熱により処理が進むため、外部から補助燃料を添加する必要がないため、結果的に CO₂ を削減できる。使用電源を考慮して、プラスチック 4 トンを処理した場合の CO₂ 発生量は、焼却炉を使用したケースと比較して 1/4 程度になり、75%程度の CO₂ 削減効果を見込むことが出来ることが分かった。

本事業で考える銅線ナゲット事業における銅線の処理量は 4 トン/日であり、廃プラスチック類は、1.6 トン/日程度発生する。その結果、稼働日数を 25 日/月と仮定すると、CO₂ の削減効果は、29 トン/月に相当する。

$$\frac{\text{CO}_2 \text{ 2.9 トン} \times \text{廃プラ類 1.6 トン} \times \text{25 日}}{\text{廃プラ類 4.0 トン}}$$

本試算結果は、現実の装置を運転することにより実測する必要がある。現在、本装置は、開発中の装置であり、実用機として市販されることを期待している。本報告書の作成時では、本装置は未だ市販されていないため、実証結果を得ることはできないが、今後の展開が楽しみである。

自己反応熱(自熱)で処理が進むため、外部からの加熱が不要。
また温度も焼却に対して低温(800→500℃)のため、CO₂が削減できる。

1ヶ月当たりの廃プラ(4.0 t)処理に必要なエネルギー・CO₂の比較

比較項目	開発設備(熱触媒)	従来設備(小型焼却炉)
補助燃料	不要	灯油使用量 1.6 kL CO ₂ 換算 4.0 t
電気使用量	電力量 2800 kWh CO ₂ 換算 1.1 t (毎日立上げをした場合)	電力量 70 kWh CO ₂ 換算 0.03t
トータル CO ₂ 排出量	1.1 t/月	4.0 t/月

図6-4 処理時のCO₂排出量の算出

6-2. 排水処理に係る環境負荷低減

本事業では、排水を伴う湿式選別機は極力避け、乾式選別機での事業の運営を予定している。排水を伴う湿式選別機では、排水処理に伴う排水の漏洩や地下浸透による環境負荷が考えられる他、湿式選別した後の湿った非鉄金属の乾燥に際し、乾燥のためのエネルギー（光熱費）を使用している。このエネルギーが削減されることで、温室効果ガス排出削減に貢献できる。

湿式選別機から排出される排水は 15 t/日であり、乾燥のために使用されるエネルギーは 7.7kwh であり、31.6kg/日の温室効果ガス排出削減が予想される。

7. 社会的受容性

本事業をマ国で推進していくためには、本事業対象物（リサイクル対象物）の回収量の安定確保及び本事業技術（ウエスギ社技術）の優位性（経済的&環境負荷低減の観点）の確保の2点が重要となる。以下では、これら2つの観点から本事業の社会的受容性について、現状認識をした上で、分析、評価を示した。

7-1. 現状認識

(1) 一般家庭由来の E-Waste の現状

文献調査によると、E-Waste の回収、リサイクルにおいて、工場等事業から排出されるものは、指定廃棄物の規定の下適正処理の仕組みが構築されている。一方、一般家庭から排出される E-Waste については、当該規定がほとんど機能しておらず、スクラップ業者等の街頭買取り商等による有価買い取りが多くを占め、その後のフローが不明な場合がほとんどとなっている¹⁴。また、一般住民の E-Waste 適正処理リサイクル認知度は低いとの課題も挙げられている¹⁵。

潜在的な E-Waste 排出量としては年々増加傾向にあるものの、一般家庭から排出される E-Waste の回収体制（指定廃棄物処理に係る許可有した処理施設での処理体制）が確立しておらず、法で規定された流れで E-Waste が処理されないため、指定廃棄物処理に係る許可を有した処理施設（以下、「指定廃棄物許可施設」という。）で回収される E-Waste の量は年々減少傾向にあり、いわば、指定廃棄物許可施設に対して E-Waste の回収量が不足している状況にあることが窺える。

マ国現地調査結果でも、一般家庭から排出される E-Waste の回収が進まない事実や法で規定されていないルートでの処理により、不法投棄等の不適正処理が今でも継続的に起こっている事例等が挙げられていた。また、一般住民に対する周知徹底を政府機関で様々に取り組んでいるが、紙媒体の広告等は余り効果が無く、一般住民のコミュニティーリーダーに直接会い、説明・説得していくことが非常に重要であるが、多くの自治区があり、全ての地区を一つ一つ直接巡るのは時間が掛かるため、周知徹底は長い道のりであるという状況も明らかとなった。

政府機関としては上記周知徹底の他、一般家庭由来の E-Waste の規制の仕組みの検討を試み、2008年には具体化できずに終わったが、昨年（2014年10月）から新たな規制案を検討しており、正規ルートでの E-Waste 回収量増加の観点から、この新たな規制案の具体化、実現化が期待される場所となっている。

(2) マ国での E-Waste 処理・リサイクルの現状

マ国で E-Waste は指定廃棄物 (SW110) に該当し、環境局から許可を取得した者のみ処理・リサイクルが可能で、許可は、「Partial Recovery」と「Full-Recovery」の2つに分類される。「Partial Recovery」施設は主に手解体、破碎、選別の工程で構成され、「Partial Recovery」

¹⁴ Department of Environment Malaysia & EX-Corporation, Japan 2009 The E-Waste Inventory Project in Malaysia

¹⁵ //

施設の許可はこれまでに十分出しており、もうこれ以上施設数の観点から許可を出したくないとの環境局の意向があり、今後取得が難しくなると予想されている。「Full-Recovery」施設とは処理対象物の形状を変えることができる施設という考え方があり、環境局としては「Full-Recovery」の施設を増やしたい意向ある。

ウエスギ社技術とマ国での E-Waste 処理・リサイクル技術の違いは以下が挙げられる。

- ・ 「Partial Recovery」施設における破砕、選別ではウエスギ社技術の破砕、選別技術とは異なり、簡易的なものに留まり、高品質な非鉄金属としてリサイクルすることはできない。
- ・ 高品質な非鉄金属としてリサイクルを行っている「Full-Recovery」施設での技術は、主に電解、溶融、精錬であり、ウエスギ社のような技術は採用していない。
- ・ 「Full-Recovery」施設でリサイクルされた非鉄金属は世界水準を満たしていないが、ウエスギ社技術でリサイクルされた非鉄金属は世界水準を満たしている。
- ・ ウエスギ社技術が対象としている被覆電線（ハーネス）を主に回収している「Full-Recovery」施設は少ない。

7-2. 現状認識からの分析・評価

本事業対象物（リサイクル対象物）の回収量の安定確保のためには、E-Waste 全体での正規ルートによる回収量増加が将来的には望ましい。そういった点で、一般家庭由来の E-Waste 回収量増加のために、政府機関による関連政策に留意していく他、非正規ルートと比較し、どのような良い条件を回収時に設定・工夫することで、一般家庭由来の E-Waste を正規ルートの流れに変えていけるか、検討していくことが求められると考えられる。

また、政府機関と連携する観点から、当該検討結果を政府に提案、共有化し、政策に反映していくことが考えられる。

本事業での E-Waste 処理技術は、マ国での E-Waste の一般的な処理技術（主な処理対象物も異なる）と異なり、他施設と競合しないという点で受容性は高いと考えられる。ただし、本事業で用いる E-Waste 処理技術で許可取得（「Full-Recovery」施設の許可が望ましい）が可能かどうか、マ国・環境局に確認する必要がある。

現況では本事業でのリサイクル対象物である被覆電線（ハーネス）は特に付加価値を付与されることなく、ほとんど処理されていない。処理されたとしても、リサイクル不可品の被覆材の適正処理は確保されておらず、環境負荷が生じている可能性が高い。本事業で被覆電線（ハーネス）をリサイクルすることで得られる高品質な非鉄金属は世界水準を満たしており、かつ、環境負荷低減に貢献するという点で、本事業の導入はマ国国内リサイクル事業の創出という視点から大きな意義がある。

本事業をマ国で本格稼働するためには、事業主体の設立後、回収スキームの確立や確実な当該施設の運転方法の確立等で2年程度は必要と考えている。また、一般家庭からの E-Waste 回収施策検討に関しては、本事業を稼働しつつ現況を把握し、政府の施策検討を注視しながら、現実的な案を提案するとなると、本事業が軌道にのる最低でも3～4年後をみておいた方が良いと想定する。

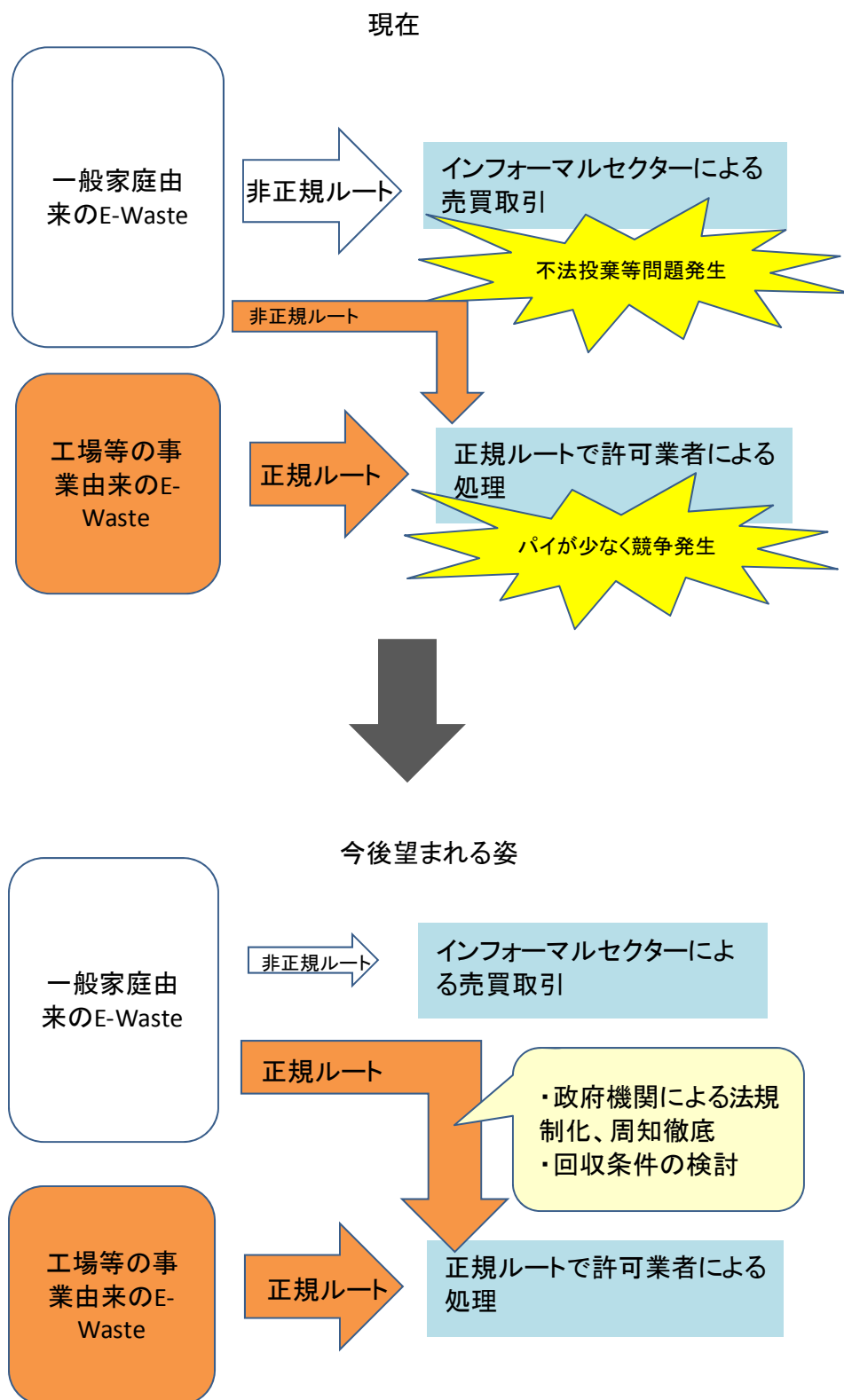


図 7 - 1 今後望まれる E-Waste 回収の姿

8. 事業採算性の検討

以下では、既述の文献及び現地調査を踏まえ、本事業の採算性検討を行った。本事業採算性検討に先立ち、事業体制として事業連携の優位性を確認するとともに、事業連携先から E-Waste 事業運営に係る現状調査を行い、当該採算性検討に反映させた。

<マ国現地処理・リサイクル企業との事業連携の可能性検討>

ウエスギ社単独でのマ国での事業運営は、以下のような理由から難しいことが予想される。

- ・ マ国における回収分野でのノウハウがない。
- ・ 許可取得に時間が掛かる。

そのため、マ国現地処理・リサイクル企業との事業連携の可能性について、ヒアリング対象先にヒアリングした結果を以下に示す。

既存の「Full-Recovery」施設の許可を持つ処理・リサイクル企業では、当該技術に特化したビジネス、回収を展開しており、本事業での主な回収対象である被覆電線（ハーネス）等の回収は現在行っておらず、これらを回収するためには、別途回収チャネルやノウハウが必要となり、新たに被覆電線等を回収、リサイクルするメリットを見出すのが難しい状況から、事業連携には消極的であった。

一方、「Full-Recovery」施設の許可を取得しておらず、現在主な処理方法は焼却で、E-Waste の処理は追加的なものという位置づけである Cenviro 社では、本事業にて導入しようとする技術は Cenviro 社にはない技術であり、技術導入には興味があるとのことであった。また、Cenviro 社では Kualit Alma 社等の子会社と連携し、様々な廃棄物の回収ノウハウを有していることから、本事業での主な回収対象である被覆電線（ハーネス）等の回収にも柔軟に対応できると考えられる。

以上のような状況から、Cenviro 社との事業連携を想定し事業計画案を作成することとした。事業計画案作成に当たって必要と思われる情報について Cenviro 社と連絡を取り、確認をしながら、事業計画案の作成、検討・評価を行った。

<E-Waste 事業運営に係る現状調査結果>

事業計画案の作成や評価に必要な以下のような情報を、Cenviro 社を通じて具体的に把握した。

- ・ E-Waste 回収量、うち売却量、売却価格
- ・ E-Waste 処理費、処理運営に係る流動費、固定費

以下に調査結果を示す。

表 8-1 E-Waste 事業運営に係る現状調査結果

※ 年間での数値を示す

E-wasteの回収量	回収量	単位	収益	単位	収益	単位	収益	単位
		38.63	t	93,882	MR	3,191,988	円	82,630

各リサイクル量	リサイクル量	単位	売却価格	単位	売却価格	単位
プラスチック	1.8	t	1.1	MR/kg	37.4	kg/円
金属	3.8	t	0.7	MR/kg	23.8	kg/円
銅ワイヤー(太い線)	0.3	t	3.5	MR/kg	119	kg/円
銅ワイヤー(細い線)	1	t	1.5	MR/kg	51	kg/円
合計	6.9	t				

	割合
回収量に対するリサイクル割合	17.9%
回収量に対するワイヤーリサイクル割合	3.4%

固定費	単位	固定費	単位	流動費	単位	流動費	単位
40	MR/t	1,360	円/t	225	MR/t	7,650	円/t

上記現状結果からの分析を以下に示す。

現時点でのCenviro社によるE-Waste回収量は年間に40 t弱と少なく、本事業での採算性の観点からは回収量確保の工夫（有価買い取りの選択肢を含め）、提案が必要となる。現在、Cenviro社では、E-Wasteの処理に対し収集運搬費及び処理料金を徴収しており（一部買い取っている場合もあるが）、処理運営に係る費用に対し、収益は十分得られているが、回収量が少ないため、事業全体から見ると十分な収益源にはなっていないことが窺える。また、文献¹⁶によると、Cenviro社子会社のKualiti Alma社の処理料金（収集輸送を含む）は、廃棄物の種類で異なるが平均的には1 t当たり500ドル前後といわれており、日本の水準と比べても高くなっていることも、E-Wasteの回収量が少ない要因ではないかと推測される。

さらに、現時点でE-Waste回収量が少ない理由をCenviro社にヒアリングしたところ、以下のような理由が挙げられた。

- ・ E-Wasteのリサイクル施設は同地域複数存在し、競争が激しい
- ・ 現在、簡易的なE-Waste処理施設しか有しないため、他のリサイクル業者と比較して、有利な価格で排出事業者（顧客）と取り引きがしづらい。
- ・ 有害廃棄物の処理委託をする条件として、無料でE-Wasteの回収を排出事業者（顧客）が求めてくる

上記の理由からは、現時点でCenviro社でのE-Wasteの回収、処理は付随的なものであるが、今後、本事業（ウエスギ社技術）の導入、運営により、E-Wasteの回収量を増加させることは、能力的に可能であることが窺える。

¹⁶ 資源環境対策 2008年6月号大野正人、岡かおる、菊原 淳也「開発途上国の有害廃棄物管理法制度 第9回：マレーシア(2)」

特に、E-Waste回収量に対する、ワイヤーハーネスのリサイクル割合が3.4%と少なく、本事業で主な回収対象となる、被覆電線（ハーネス）の回収戦略を検討していく必要がある。

現時点でのプラスチックや金属の売却価格は日本での価格水準と同程度だが、ワイヤーハーネスの売却価格は、日本での価格水準と比較し低くなっており、本事業で高品質な非鉄金属（特に銅）にリサイクルすることで、現状より非鉄金属売却に対して収益が得られるようになると推測され、本事業導入による収益の増加が見込まれると考えられる。

8-1. 事業採算性の検討

(1) 事業の概要

ウエスギ社の技術（銅ナゲット回収技術）を導入・活用し、現在、その多くが売却、輸入され、不適正処理の可能性もある廃電気・電子機器廃棄物（主に被覆電線）をリサイクルし、高品質な非金属（銅）を回収、当該銅を販売する。

(2) 事業の対象

本事業では主に被覆電線を対象とする。工場等事業から排出されるものをまずは主な対象とする。一般家庭からの対象物は、E-Wasteに係る法制化に注意を払いつつ、一般家庭からの回収に係る工夫や条件設定を検討しながら、徐々に回収対象として量を増やしていく。

(3) 事業のエリア

事業のエリア（回収エリア）は、「大クアラルンプール」（Greater Kuala Lumpur）を基本とする。その他回収可能エリアが存在する場合、当該エリアも対象とする。

(4) 事業の段階設定

事業採算性の検討に当たっては、以下の3つの段階を設けた。

1	ベンチスケール段階	どの程度回収量を確保できるか未確定要素が大きいいため、実機の十分の一のスケールでの運用を行う。この段階において、当該技術のマ国での適応度、課題等や回収量の詳細推定（回収詳細戦略及び回収量推定の検討）を行う。
2	パイロットスケール段階	ベンチスケール段階での事業性、運用課題等の検証後、実機での事業立上げに向けて、実機の約二分の一での運用を行う。この段階において、ベンチスケール段階での課題解決を行うとともに、回収量を増加させる。
3	事業立上げ段階	実機スケールにて実際に事業を立ち上げる。

(5) 事業の体制

事業の体制は、事業の段階に合わせて図8-1のようなステップで進めることを想定した。

事業運営の役割は、Cenviro社から事業対象物の回収ノウハウを、ウエスギ社から高品質の銅回収技術のノウハウを提供する。

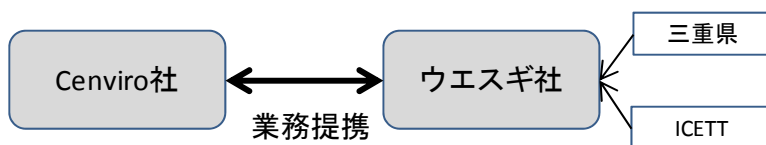


図 8 - 1 事業運営の役割

また、三重県及び（公財）国際環境技術移転センター（ICETT）からの事業推進支援を想定した。三重県では、「みえ国際展開に関する基本方針」（2013年9月）の下、三重県企業の海外事業展開を支援している。また、三重県と日本貿易振興機構（JETRO）は、両者の連携を一層強化し、県内の中小企業等に対してより効果的な支援を行うため、「中小企業等の海外展開支援に係る業務協力に関する覚書」を締結し、三重県企業への情報提供や、海外企業とのマッチング機会の創出及びフォローアップ、海外へ進出している企業への支援等で連携を進めることとしており、三重県を通じて、JETROからの支援も想定した。

（公財）国際環境技術移転センター（ICETT）は、諸外国の環境改善をめざし、地球環境の保全と世界経済の健全な発展に寄与するため、我が国の環境保全システムを円滑に移転していく機関として産・官・学の協力によって設立された。環境保全に関する技術の移転のために、これまで89カ国から2,000名以上の研修生を受入れ、幅広い海外ネットワークを構築してきている。このような知見や経験を基に、三重県内関連企業の海外展開プロジェクトの創出に寄与することを想定した。

ベンチスケール段階及びパイロットスケール段階においては、Cenviro社とウエスギ社との間で資本関係を結ばず、技術協力や業務提携を行う。



事業立上げ段階では、Cenviro 社とウエスギ社との間で資本関係を結ぶかたちで、ウエスギ社の Cenviro 社への資本参加や Cenviro 社とウエスギ社での SPC 設立を検討する。

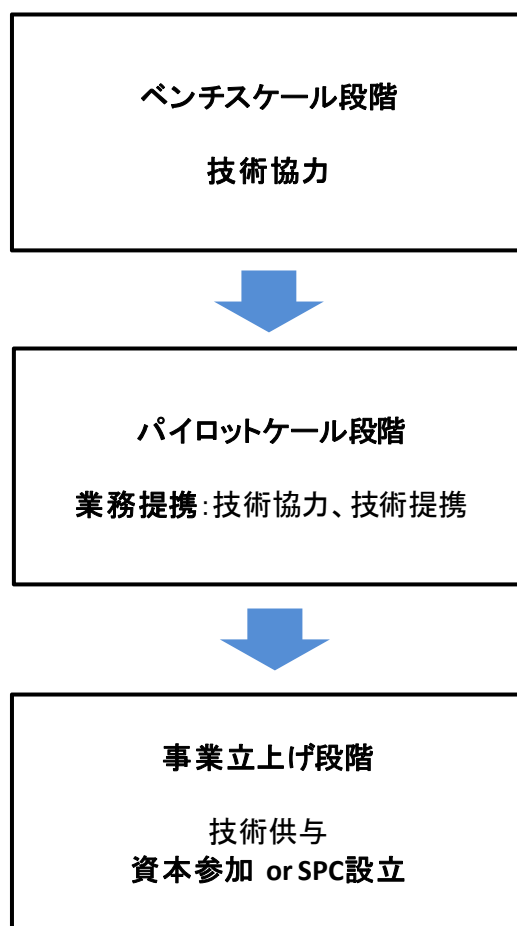
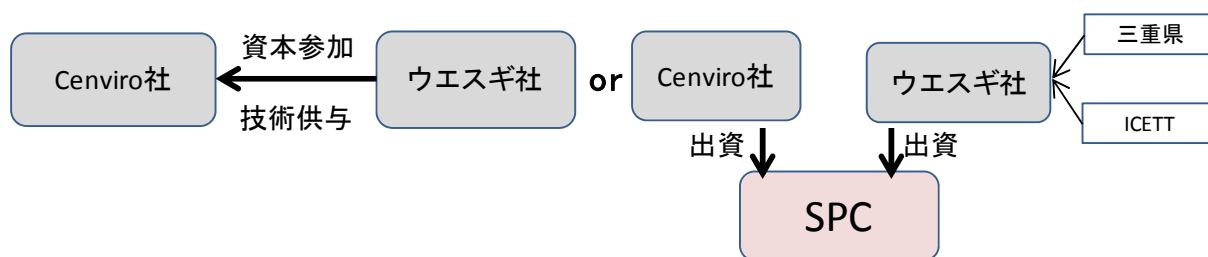
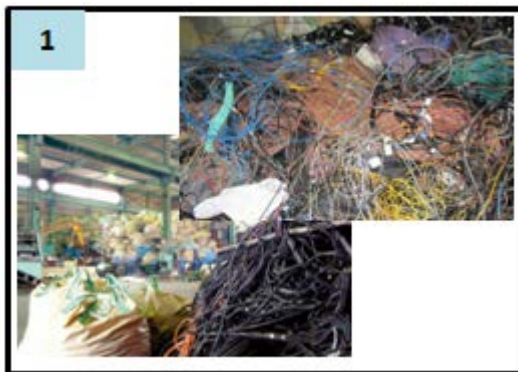


図 8 - 2 各段階における事業の体制

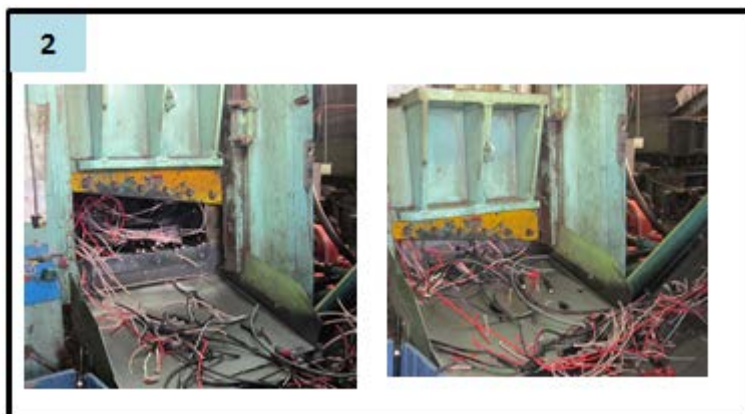
(6) 導入技術

ウエスギ社の銅ナゲット回収技術（振動とエアールを利用した乾式選別と比重選別の技術等の組合せ）を活用し、効率的に高品質の銅を中心とした非鉄金属を回収する。

詳細は下図のとおり。



対象物は上写真のような、電線、動力線、計装線、通信ケーブル、自動車配線、毛線などである。



電線類は適当な大きさに切断される。



切断後、破碎機で3～5 cmの大きさにする。



再度破砕機で粉砕され、振動とエアーを利用した乾式選別と比重選別によって、銅とその他プラスチック等に分別される。分別された銅は銅ナゲット(資源)として売却される。

(7) 施設の仕様及び人員の設定

各段階において、下表のように施設の仕様及び人員を設定した。

施設の仕様及びウエスギ社人員派遣費用はウエスギ社等からの日本の情報を参考とし、現地作業員費用は、JETROによるアンケート調査「在アジア・オセアニア日系企業実態調査(2013年度調査)」の中国及びASEAN各国の主なワーカー(一般工職)月額基本給を参考にした。

表8-2 施設の仕様及び人員の設定

【設備・人員明細】 金額単: 百万円

設備概要			ハンチスケール		パイロットスケール		事業立上げ期	
	処理能力	t/day	0.4 t		1.6 t		4 t	
	t/year	100 t		400 t		1000 t		
敷地面積	m ²	250 m ²		580 m ²		1000 m ²		
		投資額	年間償却費	投資額	年間償却費	投資額	年間償却費	
設備投資	建屋	25	0.8	58	1.9	100	3.2	
	機械設備	5	0.4	22	1.8	60	5	
	計	30	1.2	80	3.7	160	8.2	

人員及び 人件費			人数	人件費	人数	人件費	人数	人件費
	ウエスギ社人員派遣	人件費@	7	0.5人	3.5	0.5人	3.5	1人
現地作業員	0.65		2人	1.3	2人	1.3	3人	1.95
計			3人	4.8	3人	4.8	4人	8.95

(8) 費用の設定

施設運用に係る費用(変動費、固定費)は以下のように設定した。基本的に対象物を買取る前提である。

表 8-3 変動費の設定

項目	単価 (百万円/トン)	考え方
電気代	8,000	日本での運用代金を参考に、JETRO によるアンケート調査「在アジア・オセアニア日系企業実態調査(2013年度調査)」のマ国における電気代に換算
プラ等処理代	22,000	Cenviro 社アンケート情報を参考
電線等対象物買い取り代 (ベンチスケール段階)	150,000	Cenviro 社アンケート情報の電線等の売却価格を参考に設定。
電線等対象物買い取り代 (パイロットスケール段階)	200,000	回収量が増えるように、段階ごとに買い取り価格を上げて設定した。
電線等対象物買い取り代 (事業立上げ段階)	250,000	

表 8-4 固定費の設定

項目	考え方
減価償却費	建屋 31 年、機械設備 12 年。定額法で計算
人件費	人員の設定を参照
修繕費+管理費	減価償却費の 10%とした
間接経費	50 万円とした

8-2. 事業の採算性の分析結果(実現可能性の評価)

事業の採算性の分析結果は表 8-5 のとおりとなった。本事業の実現可能性については、回収量、買い取り価格によっては、収益性が高い事業となることが明らかとなった。また、銅のナゲット販売から得られる収益は、銅の国際市場価格の変動に影響を受けるところが多分にあるため、当該変動を常に注視しながら収益性を考えていくことが重要な事業と言える。

前述したように、現時点での Cenviro 社における E-Waste 回収量は年間に 40 t 弱であり、E-Waste 回収量に対する、本事業対象物(被覆電線)のリサイクル割合は 3.4% (1.3 t/年) と少ない。現在、本事業対象物は付随的な回収であり、既存顧客を多数持つ Cenviro 社の回収ネットワークを活用すれば、ベンチスケールで想定した回収量(50 t/年)を確保することが期待できる。

本事業を実現していくためには、今回調査では詳細まで検討できなかった最適な買い取り価格の設定検討と、安定的な回収量確保のための詳細な回収戦略及び回収ネットワーク構築

検討が次のステップとして求められると考えられる。

表 8-5 事業の採算性の分析結果

【損益試算(P/L)】

			ケース1 ベンチスケール	ケース2 パイロットスケール	ケース3 事業立上げ期			
前提 条件	処理量	t/day	0.2t	0.8t	3.2t			
		t/year	50t	200t	800t			
			単価(円)	金額(百万)	単価	金額(百万)	単価	金額(百万)
売上	ナゲット販売 (処理量の6割)		560,000	16.8	560,000	67.2	560,000	268.8
	計			16.8		67.2		268.8
変動費	電気代		8,000	0.4	8,000	1.6	8,000	6.4
	プラ等処理代 (処理量の4割)		22,000	0.4	22,000	1.8	22,000	7.0
	電線等買い取り代		150,000	7.5	200,000	40.0	250,000	200.0
	計			8.3		43.4		213.4
限界利益			50.6%	8.5	35.4%	23.8	20.6%	55.4
固定費	減価償却費			1.2		3.7		8.2
	人件費			4.8		4.8		9.0
	修繕費+管理費			0.1		0.4		0.8
	間接経費			0.5		0.5		0.5
計			39.3%	6.6	14.0%	9.4	6.9%	18.5
売上総利益			11.3%	1.9	21.4%	14.4	13.7%	37.0
営業利益			11.3%	1.9	21.4%	14.4	13.7%	37.0
損益分岐点売上			260,000	13.0	132,500	26.5	111,900	89.5
損益分岐点比率				77.4%		39.4%		33.3%
年間回収資金額				3.1		18.1		45.2
資金回収年数				9.7年		4.4年		3.5年

9. 海外展開計画案の見直し

前述の「事業採算性の検討」に記した事業計画案を事業連携相手予定の Cenviro 社に説明し、本事業を実現させていくための課題等や今後の事業検討の進め方を協議した。

また、前述した事業の段階設定では、ベンチ事業やパイロット事業を想定しており、当該事業における本技術の許認可に係る確認をマ国・環境局と行った。

9-1. 事業計画案課題

事業計画案は、Cenviro 社にもヒアリングをしながら、できる限り実現性のある設定で策定した。さらに実現可能な事業にしていくには、より現実的で詳細な事業設定が求められており、今後も Cenviro 社と連絡を取り合いながら事業計画案をより現実的なものにしていく予定である。

本事業を実現可能にする上で最も重要な点は、回収量の確保となる。回収量確保の課題認識は Cenviro 社とも共有認識化しており、回収量の確保には具体的に以下の課題がある。

- ・（課題1）Cenviro 社では、主に有害廃棄物に係る回収ノウハウを持ち、当該回収には長け、顧客も十分持っている。しかし、E-waste（特に本事業対象物の被覆電線）の回収については、回収対象として主なターゲットにしてこなかった経緯があり、どの程度既存顧客から本事業対象物を回収できるが未知数なところがある。
- ・（課題2）本事業の対象物回収では買い取りを想定しているが、どの程度の価格帯で買い取れば、競争力を持ったかたちで買い取ることができ、回収量を増やせるか相場感覚を把握できていない。
- ・（課題3）前述の政府機関（PPSPPA 及び DOE）によるヒアリング結果からも分かるように、一般家庭からの E-Waste を定常的にある程度の量回収するのは、現時点及び近い将来において困難であり、本事業において現時点で主な対象にできない。

9-2. 一般家庭からの E-Waste への対策

上記課題3で記したように、一般家庭からの E-Waste の回収、再資源化は一部運用が始まりつつある程度で、本格的な運用は今後3年以上掛かると考えられる。

今後、一般家庭からの E-Waste の回収、再資源化の仕組みを構築、定着させていくには、政策として、まずは、現在 DOE にて検討が進められている当該規制に係る法律枠組みを最終化させ、具体的なガイドライン作成を遅滞なく進めていくことが必要と考えられる。ただし、現在の法律枠組み案では、排出事業者から処理料金を徴収する案となっているが、当該処理料金徴収案が排出事業者の認識（現在有価で売却する場合も多くある）に馴染むものとなり、違和感なく運用できる案か、さらなる検討が求められることになるのではないかと予想される。

現在、「E-Waste Alam alliance」のプログラムの下、6区の州（ペラ、セランゴール、K

Lとプトラジャヤ、マラッカ、ジョホール) で一般家庭からの E-Waste の回収が行われており、当該プログラムの進捗を把握しつつ、本事業での対象物の回収の有無等も把握しながら、できる限りにおいて、一般家庭からの E-Waste の回収も本事業で継続的に検討していくことを予定している。

9-3. 本技術の許認可に係る確認

本事業では、事業検討に際し段階を設定している。ベンチ事業やパイロット事業のような実証段階においても、本技術に許認可が必要になるのかどうか等の確認をマ国・環境局と行った。確認結果は以下のとおり。

今後本事業を展開していくに当たっては、本技術に係る許認可等に関し、マ国・環境局とその都度詳細を確認していくこととしている。

〔施設の数〕

- ・ Full Recovery 施設は、31 施設で、Partial Recovery 施設は 118 存在する。

〔今後の許認可傾向〕

- ・ Full Recovery 施設に対し、許可を増やすかどうかについては、許可対象物のマーケットによる。例えば、対象物が以前より多く生産される傾向にある場合、廃棄も増加していくと予想されるので許可する。しかし、現在も処理施設が既に存在し、これ以上同様な施設を設置しても、対象物が集まらなくなってしまうという状況が明らかに予想される場合は、許可取得を DOE としてはお勧めしない。しかし、強制的に許可をしないということとはできないが、間接的には、許可を取得することを避けるようにアドバイスする。
- ・ どの程度のマーケットに対し、どのくらいの処理能力が十分なのか等については、特にガイドラインで基準があるわけではない。メーカーの協会等からの統計等の情報から判断している。

〔Full Recovery 施設の定義〕

- ・ Full Recovery 施設の定義は難しい。特に資料で定義されているわけではない。当該技術が Full Recovery 施設に該当するかどうかは、もう少し処理フローの詳細を確認しないと、判断ができない。

〔Full Recovery 施設の許可取得のプロセスと変更許可等〕

- ・ Full Recovery 施設の許可のプロセスは、はじめに環境影響評価 (E I A) を行い、それが終了した後に、施設を建設することになる。
- ・ ある対象物に対して、いったん許可を取得すれば、同じ対象物で施設を新たに追加するような場合には、その新しい施設に対して、新規に許可が必要ではなく、施設の変更等に関して、変更の申請を行っていくという考え方になっている。名義の変更についても、

同様の考え方である。

〔実証事業での許可取得〕

- ・ 実証事業での許可取得については、免除の申請を DOE の地方事務所に提出することになると思うので、まずは、施設を設置する DOE の地方事務所に相談した方が良い。

9-4. 課題等を踏まえた今後の事業展開

前述の課題を踏まえた、今後の事業展開を以下に示す。

前述の事業計画案に記したように、まずは、具体的な事業及び事業検討の第1段階として、ベンチスケール事業を実施する。

ベンチスケール事業に当っては、下表を想定し、Cenviro 社に本技術（スケールダウンしたもの）を導入して、具体的に事業検討を行う。

表9-1 ベンチスケール事業 設備・人員設定

【設備・人員明細】		金額単：百万円		
設備概要			ベンチスケール	
	処理能力	t/day	0.4 t	
		t/year	100 t	
	敷地面積	m ²	250 m ²	
			投資額	年間償却費
設備投資	建屋	25	0.8	
	機械設備	5	0.4	
	計	30	1.2	
人員及び 人件費		人件費@	人数	人件費
	ウエスキ社人員派遣	7	0.5人	3.5
	現地作業員	0.65	2人	1.3
	計		3人	4.8

Cenviro 社との体制は業務提携とし、前述した回収量確保に係る課題を解決すべく、ウエスキ社と Cenviro 社とは表9-2の役割分担のもと、事業ならびに本格事業開始に向けた検討を行っていく。

特に、回収量確保に関しては、Cenviro 社の既存顧客に対し、ヒアリングに赴く等ウエスキ社と Cenviro 社と協力して回収戦略詳細検討を進めていく計画である。

表 9-2 ベンチスケール事業における役割分担

ウエスギ社	Cenviro社
<ul style="list-style-type: none"> ・ 機械(0.4t/日)のKL(Cenviro社)への導入、設置 or ・ 当該技術の現地(三重県)での説明 ・ 処理運用ノウハウの提供 ・ 回収戦略詳細検討(回収先、回収単価、回収推定量) ・ ベンチスケール事業収支の検証 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機械設置のためのスペース(建屋)の提供 ・ 処理運用に伴う、人員、電気代等の提供 or ・ 当該技術の現地(三重県)訪問、技術理解 ・ 対象物(被覆電線等)の回収 ・ 回収戦略詳細検討(回収先、回収単価、回収推定量)への協力 ・ ベンチスケール事業収支の検証への協力

9-5. 現地政府・企業等との連携構築

前述の今後の事業展開に向けて、事業連携予定の Cenviro 社はカウンターパートとなる予定であり、今後も連携を深めていく。

また、マ国・環境局とは、本事業の技術の許認可等に係る詳細について適宜確認するとともに、本事業の展開進捗について、継続的に情報を共有化していくことで了承を得ている。