

平成 23 年度
環境研究総合推進費補助金 研究事業
総合研究報告書

アジア地域における廃電気電子機器の処理技術の類型化と
改善策の検討
(K2107, K22058, K2347)

平成 24 年 3 月

国立環境研究所	吉田 綾
	寺園 淳
	中島 謙一
日本貿易振興機構	
アジア経済研究所	小島 道一
	坂田 正三
	Vella Atienza
地球環境戦略研究機関	村上 (鈴木) 理映
京都大学大学院	松下 和夫

補助事業名 平成 23 年度
所 管 環境省環境研究総合推進費
国庫補助金 37,27,000 円
研究課題名 アジア地域における廃電気電子機器の処理技術の類型化と改善策の検討
研究期間 平成 21 年 4 月 1 日～平成 24 年 3 月 31 日
研究代表者名 吉田 綾（国立環境研究所）
研究分担者名 寺園 淳（ 同上 ）
中島謙一（ 同上 ）
小島道一（日本貿易振興機構アジア経済研究所）
坂田正三（ 同上 ）
Vella Atienza（ 同上 ）
村上（鈴木）理映（国立環境研究所、地球環境戦略研究機関）
松下和夫（京都大学大学院）

研究協力者名 金小瑛（京都大学大学院）
滝上英孝（国立環境研究所）
小口正弘（ 同上 ）
藤森 崇（ 同上 ）
横尾英史（ 同上 ）
久保田利恵子（ 同上 ）
阿草哲郎（愛媛大学）
江口哲史（ 同上 ）

委託先

平成 21 年度

- ・ハノイ工科大学
- ・フィリピン大学ディリマン校
- ・中国嘉興学院/浙江省長三角循環経済技術研究院

平成 22 年度

- ・ハノイ工科大学
- ・フィリピン大学ディリマン校
- ・バンドン工科大学
- ・南部持続的発展研究所（Southern Institute of Sustainable Development : SISD）

平成 23 年度

- ・南部持続的発展研究所

目次

第1章 研究課題の概要	1
第2章 廃電気電子機器のマテリアルフロー分析	11
2.1 廃電気電子機器の発生量推計の既往研究	11
2.2 韓国における使用済み電気・電子機器の発生量の推定	15
2.3 中古・廃電気電子機器の貿易量	24
2.4 ベトナム国境地域における E-waste の流通	37
第3章 アジア地域における E-waste リサイクル技術と環境影響	43
3.1 アジア地域における E-waste の解体・選別技術	43
3.2 アジア地域における E-waste 貴金属回収技術	57
3.3 フィリピンの E-waste リサイクル現場における環境・健康影響	67
第4章 アジア地域における E-waste リサイクルに関する法制度	81
4.1 ベトナムの有害廃棄物規制の新たな動き：資源環境相通達 12 号	81
4.2 フィリピンにおける E-waste リサイクルに関する法制度	90
4.3 インドネシアにおける E-waste リサイクルに関する法制度	93
4.4 中国における E-waste リサイクルに関する法制度	95
4.5 E-waste 管理制度：生産者の役割および補助金の観点から	97
4.6 施設の許可条件およびモニタリングの観点から	104
4.7 東南アジアおよび中国・インドの制度動向	112
第5章 インフォーマルセクターの社会・経済状況	119
5.1 ベトナムにおけるインフォーマルリサイクルの社会・経済状況	119
5.2 フィリピンにおけるインフォーマルリサイクルの社会・経済状況	123
5.3 インドネシアにおけるインフォーマルリサイクルの社会・経済状況	126
第6章 改善策の検討	129
6.1 有害性と資源性管理の観点から	129
6.2 社会法制度的な視点から	133
謝辞	137
研究発表一覧	139

第1章 研究課題の概要

・研究目的＝

アジア地域において E-waste の適正な資源循環システムを構築するためには、詳細なマテリアルフローと技術レベルの把握を基にした政策提言が求められているが、信頼性のある統計データ、現場の処理技術レベルや資源性・有害性を定量的データが不足しているため、国際技術協力や規制の強化、法の遵守意識向上にむけた具体的な対策に結びつかず、現場の環境の改善に至らないという課題がある。そこで本研究では、アジア3ヶ国程度の現地に於て、海外専門家との共同で現地調査や各種統計分析を実施することにより、信頼性のあるマテリアルフローの情報を提供し、E-waste 処理技術を資源性・有害性の観点から類型化する。さらに、類型化した各技術レベルに対して、より良い E-waste リサイクル処理技術を導入するためには、どのような国際技術協力や設備投資、管理・法規制が必要かなどの改善策を検討し、政策提言につなげることを目的とする。

・研究方法＝

1. 廃電気電子機器の発生・輸出状況とマテリアルフローの把握

日本・韓国を含む世界における E-waste の発生・中古品の輸出状況を貿易統計・文献等によって把握する。韓国における廃電気電子機器の発生状況について、保有や廃棄状況に関するアンケート調査結果から、使用年数ごとの残存率を算出した上で、ポピュレーションバランスモデルを用いて将来も含む排出台数を推計する。日本と韓国からの輸出状況について、日本においては貿易統計から単価区分法によって中古品輸出台数を算定する一方、韓国においては個別輸出申告書の記述内容を分析することによって算定する。これらの算定結果と関連の既往研究のレビューなどによって、アジア地域における中古品のマテリアルフローを把握する。

2. 処理技術の類型化と資源性・有害性評価

今年度はフィリピン、ベトナム、インドネシアのアジア地域3ヶ国において、技術レベルが異なる現場・施設を訪問して処理リサイクル工程を調査し、相違点・共通点を分析する。E-waste リサイクル技術の詳細な分析はフィリピンにおいて行い、貴金属の回収方法について把握する。また、有価金属の回収状況や残渣の発生、環境と健康への影響を調査するため、製品や残渣物、土壌、労働者の毛髪などのサンプルを収集し、それらに含まれる資源性・有害性金属量を分析するとともに、前年度までに収集したサンプルの分析結果をまとめる。それらの状況を資源回収および環境汚染の側面から解析し、類型化された技術レベルに応じた課題を論じる。

3. 現状改善策の検討と政策提言

アジア諸国におけるインフォーマルセクタによる回収やリサイクルについて、技術的な側面に加えて社会経済的な側面からも、現地調査によってその実態を把握する。各国・地域における E-waste の管理制度の導入状況をレビューし、その概要を整理する。各国・地域の技術レベル、法制度、社会経済状況などの特徴を踏まえた上で、環境負荷低減に向けた技術や適正な E-waste 管理システムを構築するためには、どのような情報共有や技術協力、管理制度や社会システム導入が必要かを検討する。具体的な事例として、フィリピンにおいて行政、NGO、研究者などの関係者を招いて、E-waste リサイクルにかかる情報共有と、改善策のあり方について議論する。

・結果と考察＝

1. 廃電気電子機器の発生・輸出状況と マテリアルフローの把握

(1) 韓国における発生状況

韓国において2000年から2020年までの8種類の使用済み電気電子機器の排出量を推計した結果、2010年においてエアコンは120万台、テレビは250万台、電子レンジは130万台、携帯電話は1,700万台、冷蔵庫は170万台、キムチ冷蔵庫は120万台、掃除機は200万台、洗濯機は140万台となった。

これを用いて、2010年における韓国の公式リサイクル制度による回収率を求めると、最も高いのは洗濯機の43%、低いのはエアコンの7%となった(図1)。エアコンはリサイクル目的の利用や輸出が行われている可能性が示唆される。日本では見えないフロー、EUでもWEEE各国法で回収されない使用済み電気電子機器に関心が集まるなか、韓国で排出量推計に基づく回収率を算定した意義は大きい。

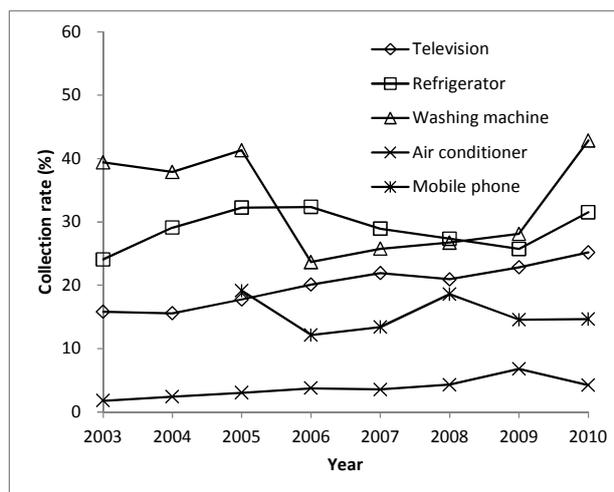


図1 2003年から2010年までの韓国における使用済み電気電子機器の回収率
(冷蔵庫はキムチ冷蔵庫を含む)

(2) 日本と韓国における中古品輸出状況

日本の中古電気電子機器輸出量については、2007年以前の輸出量については製品(新品・中古の全体)の輸出単価を分析し、2008年以降は中古の輸出統計品目を用いて、2006年～2011年の国別輸出量の推移をまとめた。中古CRTテレビの輸出量は、2006～2009年の4年間は年間220万台程度推移していたが、2010～2011年は増加した(附図1)。仕向け先は、香港への輸出量が2007年以降減少して2009年にほぼゼロになる一方、ベトナム・マカオへの輸出量が一時増加した。また、中古品の品目分類が設定されていない携帯電話について、単価1,000円で区分すると、2011年の中古携帯電話輸出量は中古品6.8万台となり、主に香港、アフガニスタンなどへ輸出されていることが分かった。

韓国からの中古品輸出量推定については、2005年から2011年までの個別の輸出申告書を調査し、物品状態に「中古」の表記のものと、「新品」の表記のうち品名と取引名にsecondhand, used, oldが記入されたものについて中古品とみなして、年度別国別の輸出台数・重量・金額を調べた。その結果、8品目(エアコン、パソコン用モニター、デスクトップパソコン、ノートパソコン、冷蔵庫、テレビ、洗濯機、携帯電話)のうち、台数ベースでは携帯電話、パソコン用モニター、テレビ、デスクトップパソコンの順に多かった。2011年の中古携帯電話輸出量は70万台(うち香港向けが62万台)、中古CRTテレビの輸出は35万台(うちフィリピン向けが34万台)であった。

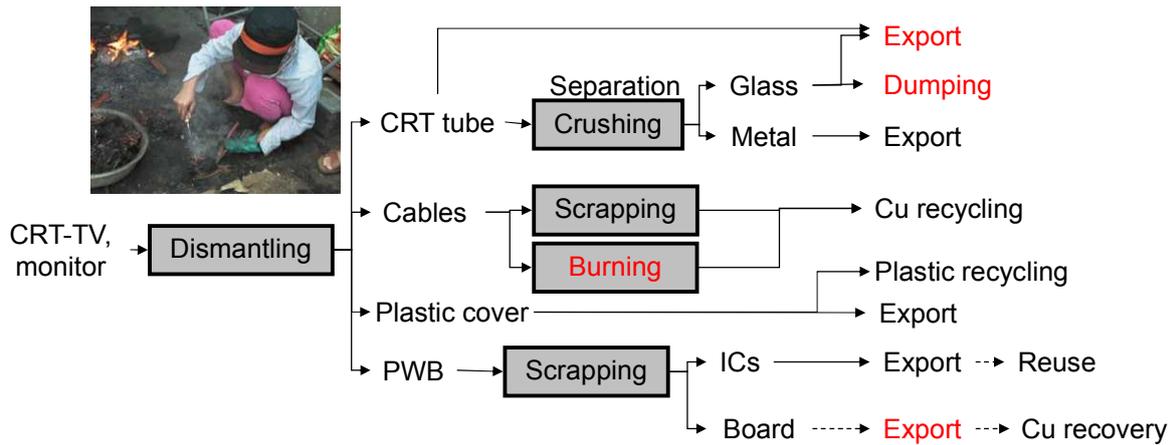
2. 処理技術の類型化と資源性・有害性評価

(1) ベトナム、フィリピン、インドネシアにおけるE-waste解体・リサイクルフロー

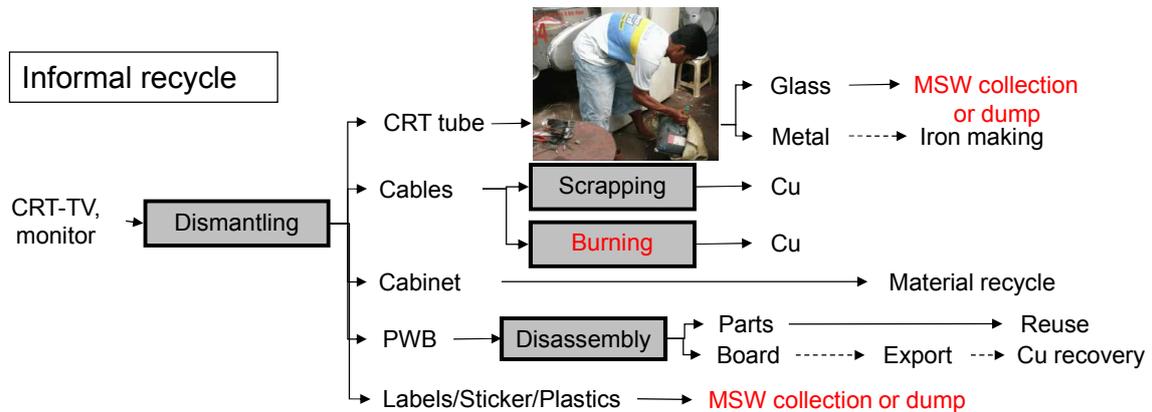
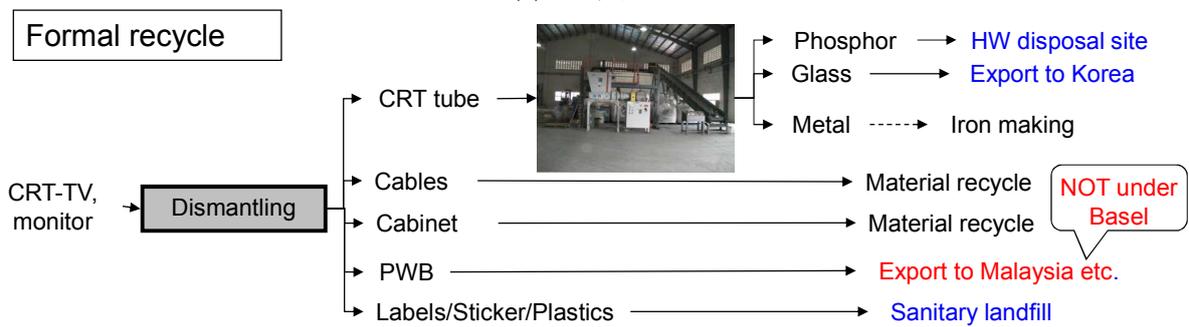
ベトナム・ハノイ近郊のリサイクル村、フィリピン・マニラ首都圏近郊のフォーマル・リサイクル企業およびインフォーマルリサイクル(Junkshop)、インドネシア・ベカシのフォーマル企業

などを訪問し、作業工程を調査し、解体・選別の素材・廃棄物の物質フローを把握した。

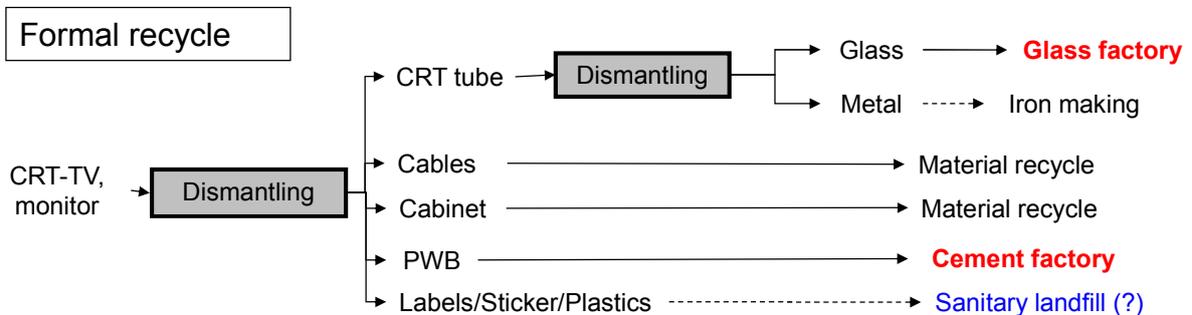
図2は、ブラウン管テレビの解体・リサイクルフローである。ベトナムでは、フォーマル企業による E-waste 解体・リサイクルは基本的に行われておらず、農村部においてインフォーマルな解体・選別が行われている。選別後の鉄・銅・プラスチックなどの素材は国内でも一部リサイクルが行われているが、基板やブラウン管などは中国へ輸出されている。フィリピンでは、フォーマル企業による処理も行われているが、処理費用がかかるため、Junkshop などのインフォーマルセクタにより大部分が解体処理されている。インドネシアのフォーマル企業では、ブラウン管ガラスを建設材料にしたり、基板をセメント工場に委託して焼却処理したりするなどの方法がとられている。いずれの国においても、インフォーマルな解体・リサイクルでは、被覆銅線の野焼きは最も簡単かつ早い銅の回収方法であるため、依然として行われている。残渣は、通常のごみとしてごみ収集に出されるか空き地に放置されている。基板など価値の高い素材・部品は別途売却され国内外に流通するが、多くは中国へ輸出されていることが分かった。



(1) ベトナム



(2) フィリピン

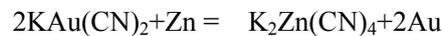
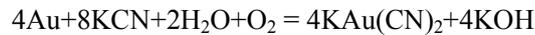


(3) インドネシア

図2 ベトナム、フィリピン、インドネシアにおけるブラウン管テレビの処理フロー

(2) フィリピン、インドネシアにおける E-waste からの貴金属回収・リサイクル技術

フィリピンの Bulacan 州 Meycauyan 市ではインフォーマルセクタがを用いた金回収プロセスが行われている。この原理としては、金・銀が NaCN、Ca(CN)₂、KCN 等の青化液によく溶け、また、この金銀溶解液からは金属亜鉛等の沈殿剤により金銀が沈殿回収できる事に基づいている。



工場副産物である Au メッキの Cu 製導電材料のターミナル (Ni, Sn も一部被覆) を模擬原料として用いて、金回収方法の詳細を附図 2 のように把握した。今回は原料 986g から 20K の Au を 6.4g (Au として 5.33g) を回収したとともに、他の原料や廃棄物の物質収支も把握した。

一方、インドネシアでは HNO₃ を用いた分銀技術を利用しており、分銀後の残滓にすずを加えて加熱する事により金の抽出・濃化を行っている (附図 3)。

上記の施設では、環境への有害物質の拡散・作業者の労働環境の確保についての対策が十分でなく (例えば、NaOH の揮発、鉛の揮発、廃水・廃液の処理など)、環境・健康影響の両面からも適切な管理および対策の導入が求められる。また、フィリピンでは、青化剤 (NaCN) 等の有害性・有毒性の物質を扱っている事からこれらの薬品の適切な管理・規制も今後の課題となると考えられた。

(3) 資源性・汚染性評価

2010 年にリサイクル現場で採取した土壌・ダストのサンプルの分析結果から、インフォーマルセクタの土壌では、Pb, Zn 濃度がフォーマルの土壌より有意に高く、場内ダストの金属濃度は周辺土壌より高かった (図 3)。インフォーマルの土壌や労働者の血液で Pb 濃度が高かったが、フォーマルの場内ダストや血液でも Pb や As, In が高い場合があり、ダストの管理が課題とみられた。

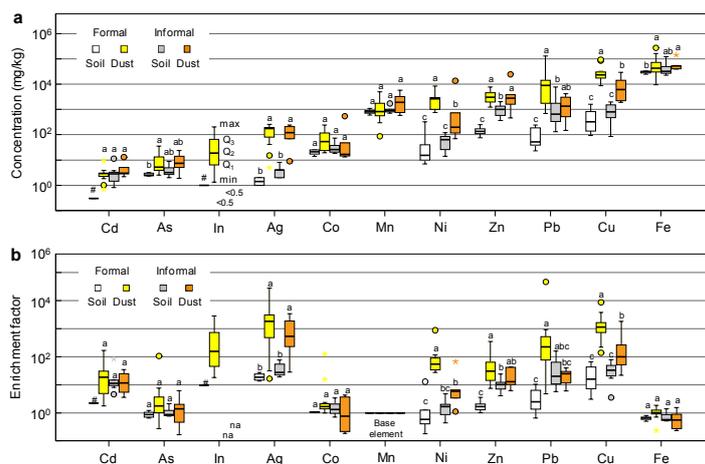


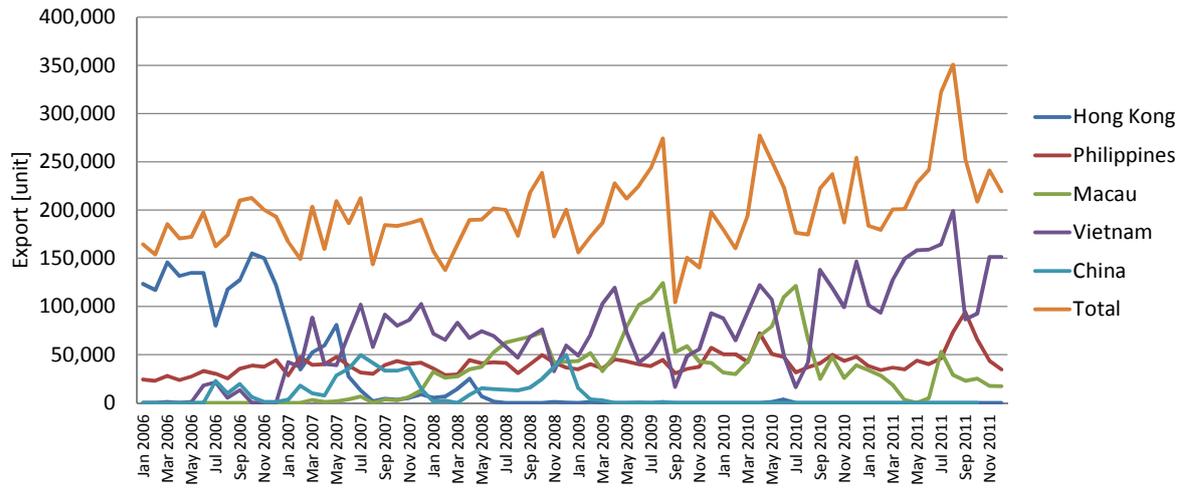
図3 フィリピンの e-waste リサイクル現場の場内ダスト及び土壌における 11 元素の含有濃度(a)と濃縮係数(b)

3. 改善策の検討と政策提言

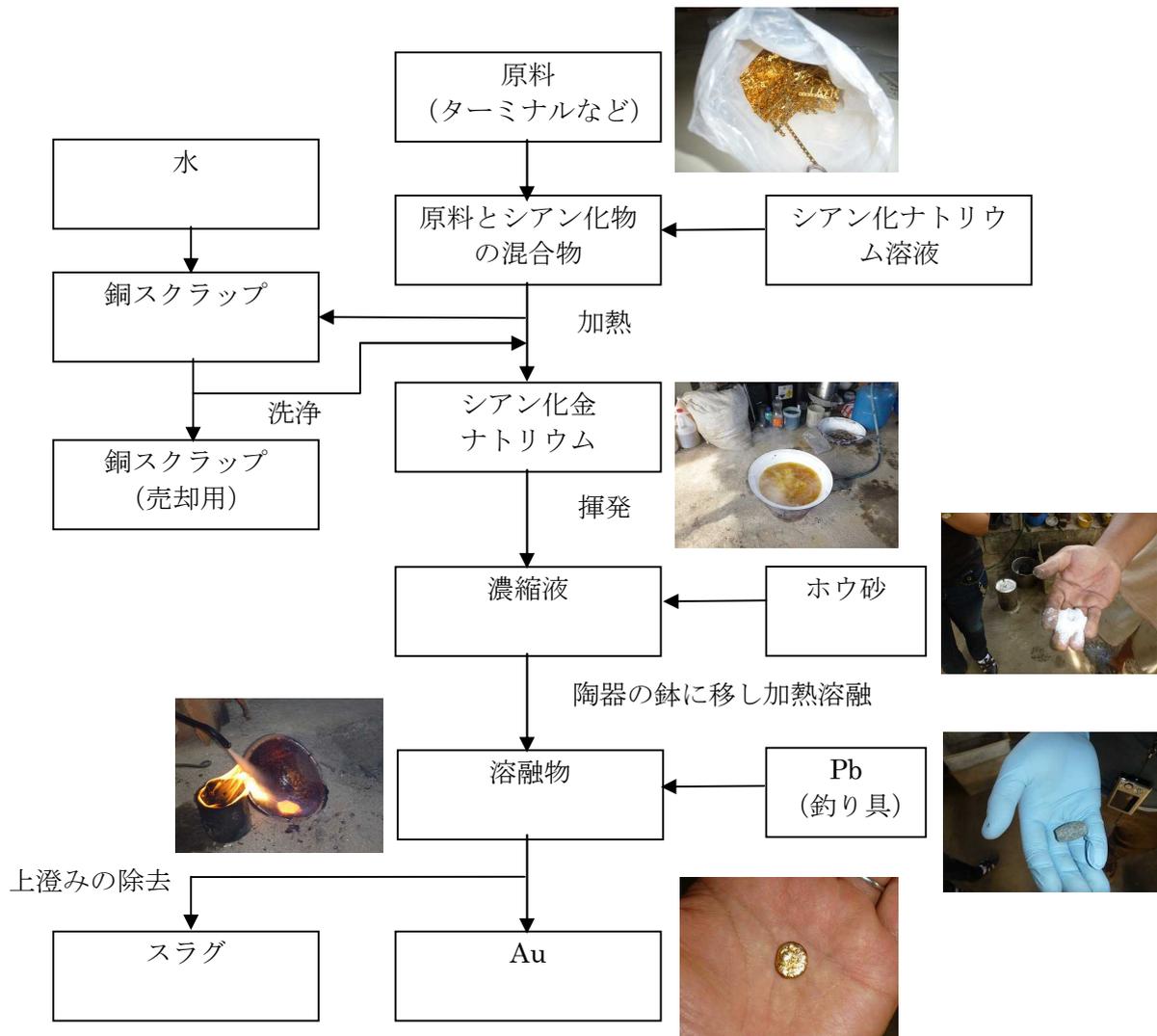
2012 年 1 月、フィリピン・ケソン市において「フィリピンにおける E-waste 問題啓発ワークショップ (第 8 回国立環境研 E-waste ワークショップ)」を開催し、インフォーマルリサイクルに対する改善策について関係者で議論した。政府が意識啓発や連携を図るために関係者を組織し、E-waste の収集、処理に関するイニシアティブを立ち上げること、また、マスクなどの労働衛生対策につながるモノの供給と、経済的・技術的な支援を行い、健康リスクや安全対策についてのインフォーマルセクタの意識向上を図ること、関連法規制の整備が求められることを提言した。

・結論＝

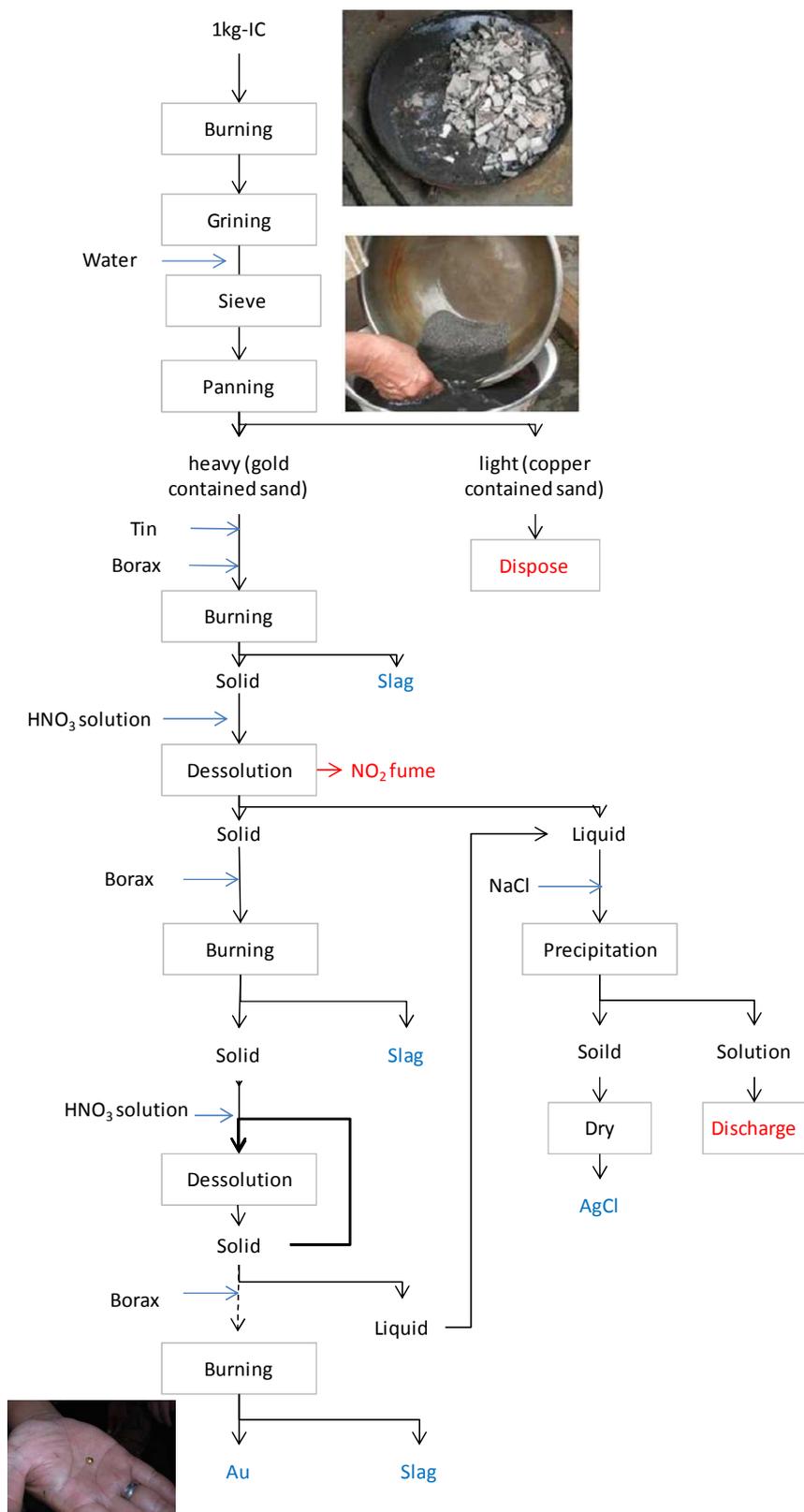
本研究は、アジア地域3ヶ国において、現地専門家と共同で技術レベルが異なる現場・施設を調査して、E-wasteの解体リサイクルプロセスと物質フローを調査し、処理リサイクル工程における有価性・有害性を把握する。また各国の法制度をレビューした上で、現地で必要な対策や改善策を検討することを目的とする。韓国における使用済み電気電子機器排出量を推計し、日本および韓国の中古品輸出台数を推定した。ベトナム、フィリピン、インドネシアにおけるE-wasteの解体処理・リサイクルの物質フローを把握した。フィリピンおよびインドネシアにおけるインフォーマルセクタによる貴金属回収方法を詳細に把握した。2010年にリサイクル現場で採取したサンプルの分析結果から、インフォーマルの土壌や労働者の血液でPb濃度が高かったが、フォーマルの場内ダストや血液でもPbやAs, Inが高い場合があり、ダストの管理が課題と考えられた。フィリピンにおいて利害関係者を招いたワークショップを開催し、インフォーマルリサイクルの改善に向けた意識啓発と連携のあり方を議論した。



附図1 日本からの中古ブラウン管テレビの仕向け先別輸出台数の推移



附図2 フィリピンのインフォーマルセクタにおける金回収プロセス (酸処理法)



附図3 インドネシアにおける硝酸を用いた金・銀回収プロセス

英語概要

- ・ 研究課題名 =

“Classification of e-waste recycling technology in Asian developing countries”

- ・ 研究代表者名及び所属 =

Aya Yoshida (National Institute for Environmental Studies)

- ・ 共同研究者名及び所属 =

Atsushi Terazono, Kenichi Nakajima (National Institute for Environmental Studies), Rie Murakami-Suzuki (National Institute for Environmental Studies, Institute for Global Environmental Strategies), Michikazu Kojima, Shozo Sakata, Vella Atienza (Institute of Developing Economies / Japan External Trade Organization), Kazuo Matsushita (Kyoto University)

- ・ 要旨 =

In this research, we investigate the e-waste recycling process and material flows in three Asian developing countries. Based on the classified information of the current level of the technologies, environmental impact and economy, we will discuss the countermeasures to the current issues of e-waste recycling. E-waste generation in South Korea was estimated by using population balance model and stock-flow model. The export amount of secondhand electrical and electronic equipment from Japan and South Korea was estimated by detail analysis of trade statistics. The detail recycling process at each recycling site was clarified by the field surveys in Indonesia, the Philippines and Vietnam. The informal gold and silver metal recovery processes were also clarified in Metro Manila the Philippines and Bandung city. In order to evaluate the hazards on workers, indoor air, indoor dust, exterior soils, the workers' hairs, bloods and urines was collected and analyzed. We found that the soil and blood of workers at informal recycling sites contained high level of lead. Also, high level of lead, arsenic and indium were found from some indoor dust and workers' blood at formal recycling sites. This indicates the importance of indoor dust control even at the formal recycling sites. We organized the workshop in the Philippines. Awareness raising and collaboration toward the improvement of informal recycling was discussed among various stakeholders.

- ・ キーワード (5 語以内) =

E-waste, material flow, end-of-life products, process flow, informal recycle

第2章 廃電気電子機器のマテリアルフロー分析

2.1 廃電気電子機器の発生量推計の既往研究

2.1.1 世界全体における発生量

世界規模での廃電気電子機器 (E-waste) の発生量については、UNEP の Schwarzer ら(2005)がいくつかの文献を参考にしながら、年間平均 20~50 百万トンとしてきたのが長く引用されてきた。近年は使用済みパソコンを中心として、世界全体の発生量を地域別に推定する試みがなされている。

例えば Müller ら(2009)は、使用済みパソコンの発生台数について、9 つの地域別の出荷台数に対して、地域ごとに異なる平均寿命などのパラメータを設定したガウス関数を廃棄関数として用いて推定した。その結果、2005 年において、北米では 36.7 百万台、EU では 20.8 百万台、東アジアでは 25.7 百万台、世界全体では 97.7 百万台と推計している。この数値を重量ベースに変換するために、仮にパソコンの単位重量を 10kg と単純化すると、世界全体で発生する 1 億台の使用済みパソコンは百万トンに相当する。

また、Yu ら(2010)も世界を 7 地域に分けて、それぞれの所有率、販売台数についてロジスティックモデルで将来推定を行い、地域別の寿命分布を仮定して、2030 年までの使用済みパソコンの発生台数を推定した。その結果、2005 年と 2010 年の発生量は (論文中に数値が示されていないために図の読みから) それぞれ、北米地域で 50 百万台、70 百万台程度、アジア太平洋地域 (日本・豪州・ニュージーランドを除く) で 10 百万台、30 百万台程度であるが、北米地域の伸びはその後鈍化するのに対して、アジア太平洋地域では著しく増加するとしている。そして世界全体では、途上国における発生台数は 2016 年から 2018 年にかけて先進国を超えた後で急増し、2030 年までに途上国合計では 400~700 百万台、先進国合計では 200~300 百万台に達するとしている (図 2.1.1)。

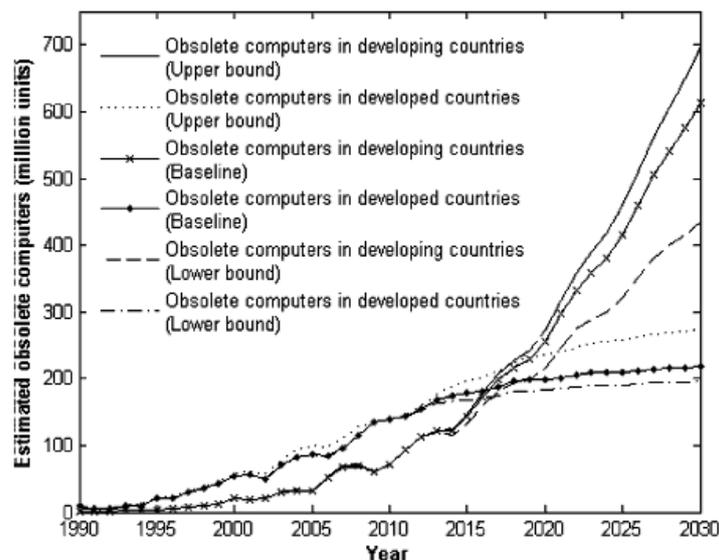


図 2.1.1 世界の先進国と途上国における使用済みパソコン発生量の将来推計 (Yu ら, 2010)

2005 年における Müller らと Yu らの結果を比較すると、後者がやや高いものの、仮定した平均寿命 (どちらも使用年数でなく廃棄までの期間とみられる) が例えば欧州で Müller らは 6.4 年、

Yu らは 4.4 年（西欧）～4.8 年（東欧）と差があることも一因と考えられる。しかし、より重要なのは、アジア太平洋地域を中心とした途上国・新興国におけるパソコンなどの E-waste 発生量の伸びであり、これらを適正に管理する枠組みを如何に構築するかが課題であろう。

2.1.2 欧米における発生量

2002 年より WEEE 指令を導入してきた欧州において、Huisman ら(2007) が WEEE 指令の課題をレビューした国連大学の報告書をまとめたが、その中で域内の E-waste (WEEE) の発生量を推定した。すなわち、域内各国の販売量と寿命から推定する方法が望ましいとしつつ、データ制約のために一人当たり GDP と一人当たり E-waste 発生量との間に相関関係が認められることを前提にして、人口と GDP の将来値を仮定することによって、EU27 カ国での発生量が 2005 年の 10.3 百万トンから 2020 年には約 12.3 百万トンに増加すると予測した。

米国においては、USEPA(2011)がパソコン、ディスプレイ、キーボード・マウス、プリンタ・複写機類、テレビ、携帯電話・携帯端末の 6 種類の E-waste について、年代・品目ごとの販売量・重量データ、および品目ごとに仮定した寿命（使用年数と退蔵期間）のデータを用いて、発生量（台数と重量）を求めた。その結果、2010 年において、重量ベースでパソコン 0.384 百万トン（原文では 423 百万ショートトン）など 6 品目合計 2.21 百万トン（同 2.44 百万ショートトン）、台数ベースでパソコン 51.9 百万台を含む 384 百万台と計算された。

これらの発生量推定を行った上で、Huisman ら(2007)は EU の WEEE 指令に基づく回収が行われた割合について、中型家電製品では 25%、大型家電製品では 40%に過ぎないため改善の余地があるとした。これらの指摘が回収率向上を含む EU の WEEE 指令改正に寄与したものと理解される。2012 年 1 月に欧州議会を通過した改正指令では、これまで年間一人当たり 4kg であった回収量が、2019 年には過去 3 年間に上市した機器の回収率を 65%に向上させることなどが求められる。なお、米国には全国規模の回収・リサイクルに関する規定はないが、USEPA(2011)によれば 2009 年前後で発生量の 25%程度がリサイクル目的で回収されていると推定した。

2.1.3 アジア地域の E-waste 発生量

アジア地域については、2005 年に日本国（環境省）とバーゼル条約事務局が立ち上げた「アジア太平洋地域における電気電子機器廃棄物の環境上適正な管理に関するバーゼル条約プログラム」において、方法論開発とともにアジア諸国の E-waste インベントリ調査が実施された結果が参考になる（Japan and SBC）。すなわち、方法論や対象などは統一されていないものの、カンボジア、マレーシア、タイ、ベトナムにおいて、将来を含めた国内の E-waste 発生量を 2007 年（マレーシアのみ 2009 年）にまとめたものである。その結果、一例として 2010 年の発生台数を示すと、カンボジアではパソコン 3.1 千台、テレビ 86.4 千台、エアコン 23.1 千台、冷蔵庫 12.5 千台、マレーシアではパソコン 7.43 百万台、テレビ 6.77 百万台、エアコン 2.38 百万台、携帯電話 7.95 百万台、冷蔵庫 1.05 百万台、洗濯機 586 千台、タイでは 2010 年にパソコン 1.24 百万台、テレビ 639 千台、携帯電話 27.4 百万台、冷蔵庫 236 千台、洗濯機 324 千台、エアコン 90 千台、またベトナムでは 2010 年にパソコン 1.07 百万台、テレビ 7.27 百万台、エアコン 641 千台、携帯電話 3.36 百万台、冷蔵庫 1.79 百万台、洗濯機 1.71 百万台などと推計している。

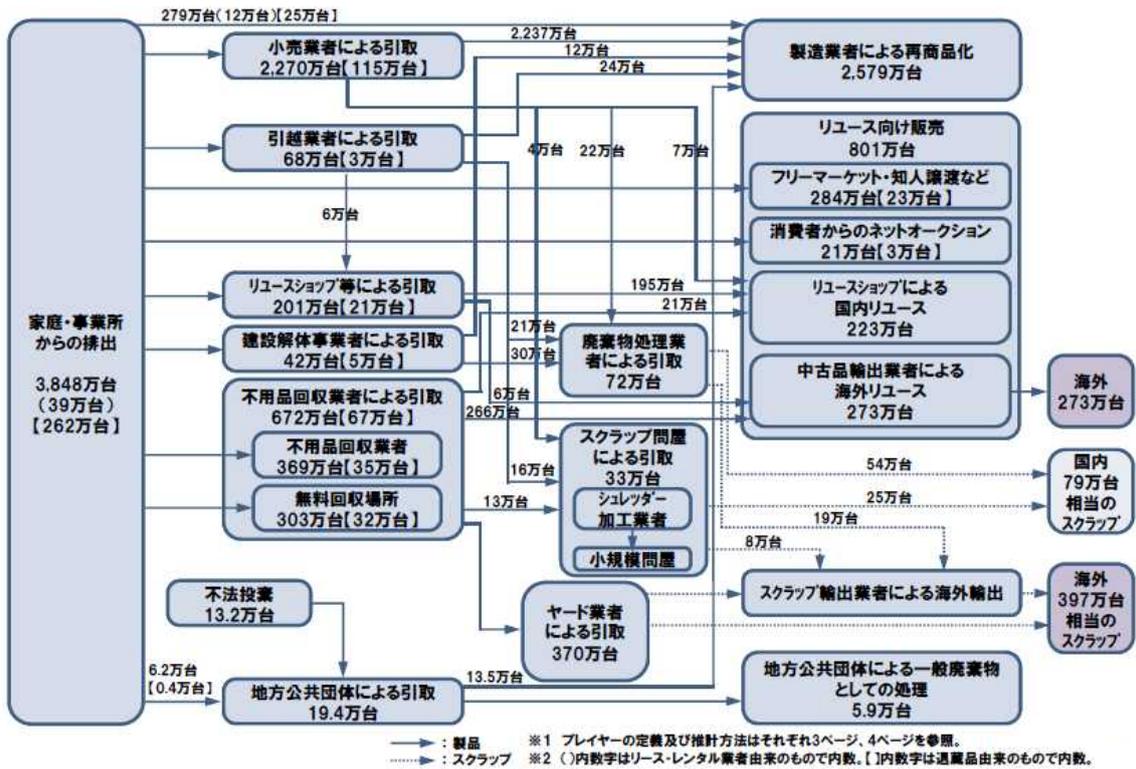
なお、ベトナムにおいては Nguyen ら(2009)がポピュレーションバランスモデルを用いた発生量の推計を行っており、2010 年にはパソコン、テレビ、エアコン、冷蔵庫、洗濯機の合計で 17.2

百万台（114千トン、個別品目の数値記載なし）としている。

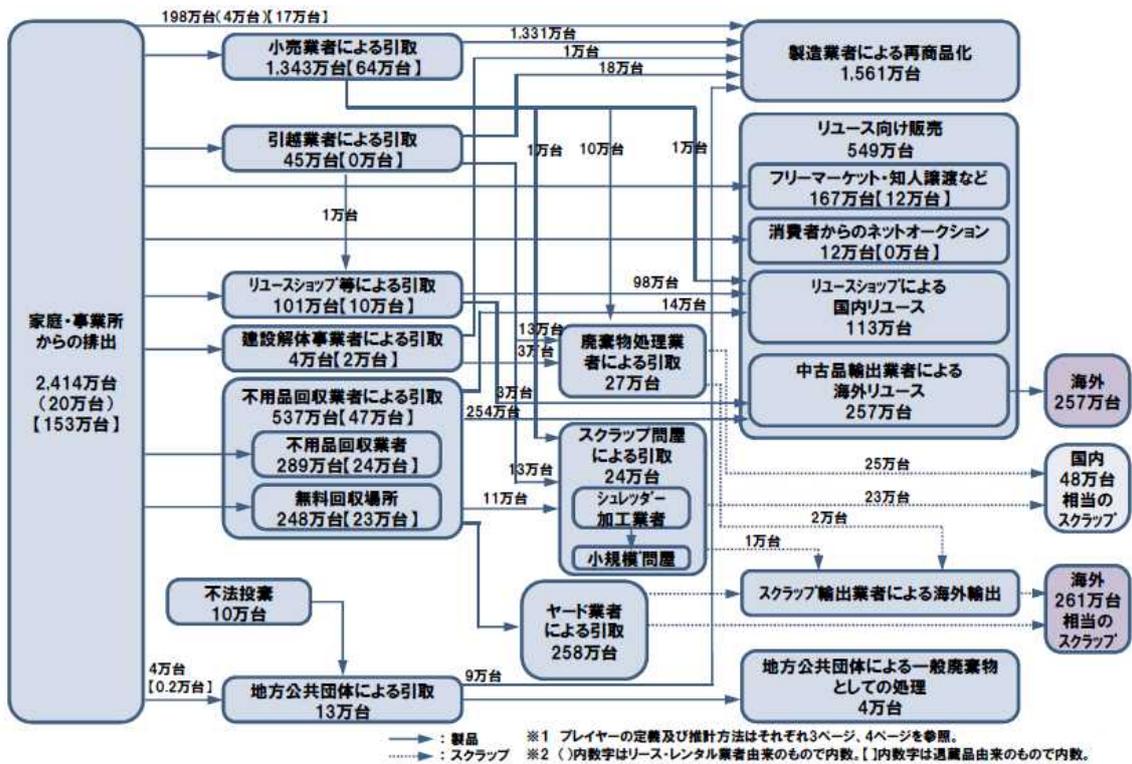
中国ではLiら(2006)が単純時間遅れモデルを用いて、2010年におけるE-waste発生量について、パソコン71.9百万台、カラーテレビ58.3百万台、エアコン12.4百万台、冷蔵庫9.67百万台、洗濯機11.6百万台とした。これらは5品目合計で164百万台に達し、中国では経済成長とともに発生量が急速に増加するとみられた。中国国家環境保護総局も2005年に年間のE-waste発生量について、パソコン、テレビ、洗濯機のいずれも5百万台、洗濯機4百万台と発表し、廃電器電子製品回収処理管理条例、すなわち中国における家電リサイクル法の施行が2011年1月より開始されることとなった。

日本においては、小口ら(2006)によって2003年度から2008年度までの電気・電子製品23品目の発生台数について、130百万台前後で推移するという推計などがなされてきた。使用済パソコンについては、Yoshidaら(2009)が2004年度に7.47百万台発生し、国内処理・再資源化、国内リユース、海外輸出の割合をそれぞれ37.1%、36.5%、26.4%と推計している。

また、環境省と経済産業省(2006)では、家電リサイクル法の施行状況を確認し、法改正の議論に供するために、2005年度における家電4品目の発生量とフローの推計が行われた。近年では、家電リサイクル法ルート以外のルートにおける処理状況の把握などのためにフローの精緻化が求められ、2011年には2010年度の状況について図2.1.2のように示している。ここでは、家電4品目の発生量は38.48百万台として、2005年度の22.87百万台から大幅な伸びを示している（環境省・経済産業省(2006)）。なかでもCRTテレビは、2005年度の8.99百万台から2010年度には24.14百万台へと増加が著しい。この原因として、2009年度から2011年度まで実施された家電エコポイント制度に加え、テレビの場合は2011年7月に地上波デジタル化が完了（東北3県は2012年3月に延期）したために、CRTテレビから液晶テレビなどへの買い替えが促進されたものと考えられる。家電製品などの使用済耐久消費財の発生量推計方法としては、ワイブル分布などが用いられることが多いが、買い替え促進政策による影響を含めた推計は容易ではないため、図2.1.2などの結果は目安として考えるのが妥当であろう。



(1) 家電4品目合計



(2) CRT テレビ

図 2.1.2 日本における 2010 年度の使用済家電の推計フロー (環境省, 経済産業省(2011))

2.2 韓国における使用済み電気・電子機器の発生量の推定

本研究では、韓国の世帯を対象に電気・電子機器の保有や廃棄状況についてアンケートを行い、電気・電子機器の使用年数分布を算出した上で、ポピュレーションバランスモデルを用いて、近い将来までの使用済み電気・電子機器の排出台数を推計した。推計対象は韓国の「環境保障性制度」¹の対象品目のうち、エアコン、テレビ、洗濯機、冷蔵庫、キムチ冷蔵庫、携帯電話と「環境保障性制度」の対象ではないが主要家電製品として保有率が高い電子レンジ、電気掃除機を加え計8品目を推計対象にした。

なお、本研究で言う「使用済み」とは製品が消費者から使用済みになってから再資源化や最終処分の対象となることを意味し、中古市場や個人的な取引等を通してリユースされる使用済み製品は含まない。したがって、「廃棄率」とは使用済みになる割合を意味する。

2.2.1 推計に必要なデータ

(1) アンケート調査

アンケート調査の主な理由は韓国の電気・電子機器の使用年数の分布を求めるためである。韓国の1000世帯を対象として、Webアンケート調査を実施（2010年2月11日～2月23日）し、保有している電気・電子機器の製造年（ないし購入年）を調査した。アンケート調査結果の詳細は平成21年度報告書に報告しており、本稿では省略する。

表 2.2.1 地域と世帯の同居人数によるアンケートの回答者の分布

世帯の同居人数	地域				合計
	特別市	広域市	道の市	道の郡	
1	43	49	89	19	200 (20.0%)
2	47	54	98	21	220 (22.2%)
3	45	51	93	20	209 (20.9%)
4	57	66	120	26	269 (27.0%)
5以上	22	25	45	10	102 (10.0%)
合計	214 (20.8%)	245(25.8%)	445 (43.8%)	96 (9.5%)	1000

特別市: Seoul; 広域市: Busan, Daegu, Incheon, Kwangju, Daejeon, and Ulsan;

道: Kyungi, Kangwon, Chungcheong, Cheonra, Kyungsang, and Jeju.

括弧は人口センサス（NSO、2005）の割合。

(2) 出荷台数

本研究で用いる出荷台数（国内生産台数—輸出台数+輸入台数）は国の機関である統計庁の「鉱工業統計調査報告書」及び「産業生産年報」、電気電子製品メーカーの業界団体である韓国電子情報通信産業振興会の「電子電気工業統計」、世界貿易統計を参照し整備した。

¹ 製品の設計及び生産段階において有害物質の使用制限と適正な再活用を促す制度（電気・電子製品及び自動車の資源循環に関する法律に基づき2008年1月1日より施行）

「鉱工業統計調査報告書」は鉱業及び製造業を行っている事業所のうち、従業員が5人以上の事業所全てを対象に出荷台数などを調査し、その結果を毎年報告している。

「産業生産年報」は製造メーカーが20ヶ所以上になる品目に関してはその品目における総生産額の87%を占める製造メーカーを出荷額が大きい順で抽出し標本調査を行っている。その他の品目については「鉱工業統計調査報告書」と同様に全数調査を行っている。しかし、標本調査に基づく品目の出荷台数と輸出台数は報告されないため、限られた品目の出荷台数と輸出台数しか得られない。

韓国電子情報通信産業振興会の「電子電気工業統計」調査は会員事業所の出荷台数、輸出台数、輸入台数などを報告していたが、2002年以降はそれらの情報は報告していない。

輸出入台数は「電子電気工業統計」以外にも世界貿易統計（www.gtis.com）を参照した。

品目バウンダリの確認は「鉱業・製造業動向調査品目解説集」（統計庁）、「産業及び品目分類表—鉱業及び製造業部門」（統計庁）、「HS 品目別輸出入通関便覧」（韓国関税貿易開発院）を参照した。推計対象8品目とその品目の説明は表2.2.2に示す。

表 2.2.2 推計対象とその説明

対象機器	品目の範囲
TV	カラー、白黒、ビデオ付き、 プロジェクション TV、薄型(LCD,PDP)
洗濯機	家庭用、脱水機は含まない
冷蔵庫	家庭用
キムチ冷蔵庫	家庭用
エアコン	窓形、壁掛け形、床置き形、 天井形は含まない
電気掃除機	家庭用
電子レンジ	.
携帯電話	Carphone,PCS,CDMA 式

(3) 保有台数

保有台数の予測はロジスティック関数を用いた田崎ら(2001)の式を参考にして行った。

$$N_t = N_{max} / [1 - A \cdot \exp\{-B(t - t_0)\}] \quad (1)$$

ここで N_t は t 年末までの保有率、 N_{max} は最大保有率、 t_0 は基準年、 $t_{1/2}$ は保有率が N_{max} の半分となる年である。統計値（韓国電力取引所、2006）の保有率を参考にしながら、統計値と(1)式による保有率の差の二乗和が最小になるようにパラメータ A と B を推計した。保有台数は各年の保有率にその年の全国総世帯数（NSO、2005）をかけて求めた。図 2.2.1 は韓国電力取引所の保有率を示した。

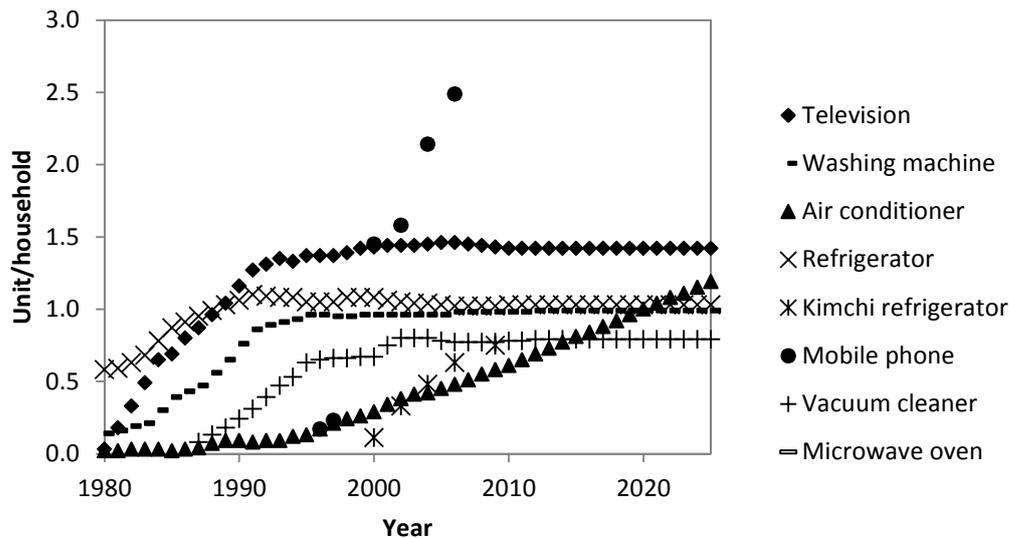


図 2.2.1 韓国における 8 品目の電気電子機器の世帯当たりの保有台数 (台/世帯)

KPE (2009) の保有率において、保有率の成長が現在まで続いているように見えるエアコンや携帯電話と、将来予測のデータがないキムチ冷蔵庫の場合は、韓国電子新聞(2010年2月10日)、ROA (2011) や Lee (2009) などの文献に基づき、 N_{\max} をシナリオで設定した。

表 2.2.3 保有率の計算に用いたパラメータ A、B と N_{\max}

品目	A	B	N_{\max} (台数/世帯)
エアコン	-62.45	0.14	1.27
キムチ冷蔵庫	-77.29	0.49	0.76
電子レンジ	-70.99	0.31	0.80
携帯電話	-75.55	0.33	3.30
冷蔵庫	-1.37	0.34	1.03
テレビジョン	-10.33	0.36	1.42
掃除機	-51.94	0.29	0.85
洗濯機	-12.50	0.33	0.99

2.2.2 推計方法

今回の世帯アンケートから得られた製造年度別の製品の残存率を用いて、ポピュレーションバランスモデルで韓国における使用済み電気・電子機器の排出台数を推計する。

推計方法は田崎ら(2001)と小口ら(2006)に基づいており、ここでは大まかな手順を説明しておく。

- ① アンケートから得られる製造年別の保有台数を元に、 i 年前に出荷された製品の調査時点における全国の保有台数 N_i を求める。
- ② □で求めた N_i を i 年前の出荷台数 P_i で除し、 i 年前に出荷された製品の調査時点における残存割合を求める。
- ③ N_i/P_i のばらつきを取り除くため、前後年度との平均値を求め、平滑化する。

- ④ N_i/P_i を N_i/P_i の最近 3 年間の平均残存割合の平均値で基準化を行う。
- ⑤ ここまで求めた残存割合は一年ごとの離散値であり、連続関数であるワイブル分布 $W_t(y)$ によって解析することを考えると、この違いを考慮する必要がある。 $t-i$ 年の初めに出荷された製品と $t-i$ 年度末に出荷された製品の間には一年の差が出るので、平均して $y=i+0.5$ 年にする。
- ⑥ t 年における i 年前に出荷された製品の残存割合を $R_t(y)$ にすると、 $1-R_t(y)$ は、使用済みになった製品の割合 $f_t(i)$ の累積分布関数である $F_t(y)$ と一致する。これを不信頼度を求めるワイブル分布の式を用いて定式化すると、(3)の式になる。

$$F_t(y) = 1 - R_t(y) \tag{2}$$

$$W(y) = 1 - \exp\left[-\left\{y/\bar{y}\right\}^b \cdot \left\{\Gamma(1+1/b)\right\}^b\right] = 1 - R_t(y) \tag{3}$$

\bar{y} は平均使用年数、 b は分布の幅の狭さを表すパラメータ、 Γ はガンマ関数である。

\bar{y} と b は(2)と(3)を最小 2 乗法によって近似すれば、求められる。

- ⑦ t 年における使用済み台数 G_t は i 年前の出荷台数に t 年末までに使用済みとなる割合 $f_t(i)$ を乗じて、求めることができる。なお、ある年中に出荷された製品はその年中には使用済みにならない、すなわち、 $f_t(0)$ は 0 にみなす。

$$G_t = \sum \{f_t(i) \cdot P_i\} \tag{4}$$

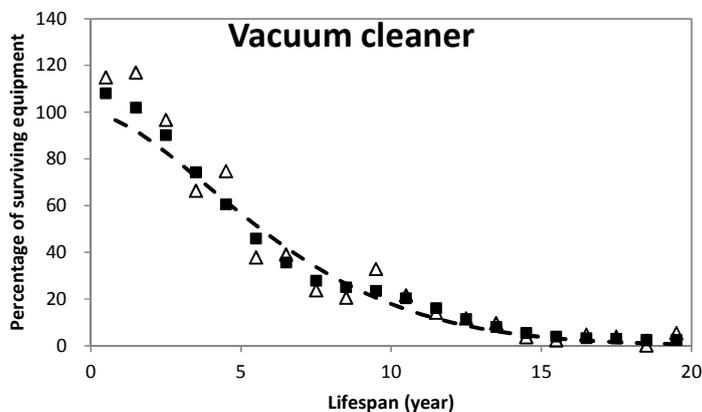
t 年中の保有台数の増加分、 $N_t - N_{t-1}$ は、 t 年の出荷台数 P_t から t 年度の使用済み台数 G_t を差し引いた分と一致するので、(5)式が成立する。

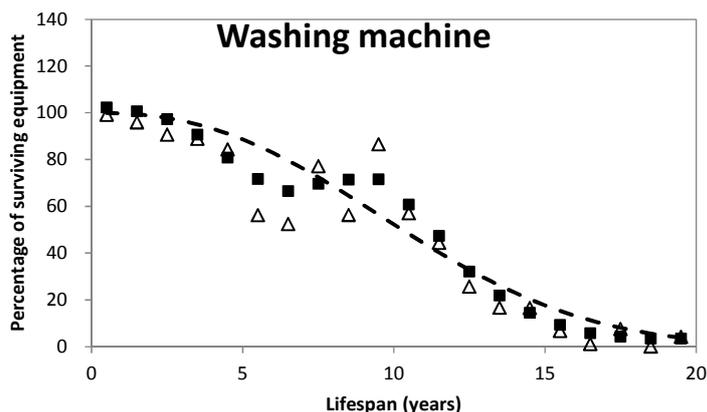
$$P_t = N_t - N_{t-1} + G_t \tag{5}$$

- ⑧ 使用済み台数の将来予測値は、保有台数の将来予測値を用いて、(5)式から出荷台数を求め、これを(4)式に代入し求める。保有台数の将来予測の手順は後述する。

2.2.3 使用年数分布のパラメータ算定結果

アンケートを通して韓国一般家庭 1000 世帯から得た保有電気・電子機器の製造年（ないし購入年）を用いて電気・電子機器の使用年数分布を求めた。その例として電気掃除機と洗濯機における使用年数分布のグラフを図 2.2.2 に示す。また使用年数分布から得られた電気・電子機器の平均使用年数 (y_{av}) と使用年数分布の形状 (b) パラメータは表 4 に示す。





△ Raw data ■ Smoothed and standardized data - - - Regression curve

図 2.2.2 電気掃除機と洗濯機の使用年数分布の例

表 2.2.4 韓国における 8 品目の電子機器の使用年数分布のパラメータと R2 (単位：千台)

品目	Yav	b	R2
エアコン	8.91	1.55	0.85
TV	9.30	1.49	0.95
洗濯機	10.60	2.43	0.93
冷蔵庫	9.42	2.12	0.94
キムチ冷蔵庫	7.62	1.83	0.90
電子レンジ	9.95	1.76	0.91
電気掃除機	6.38	1.60	0.97
携帯電話	3.40	2.07	0.92

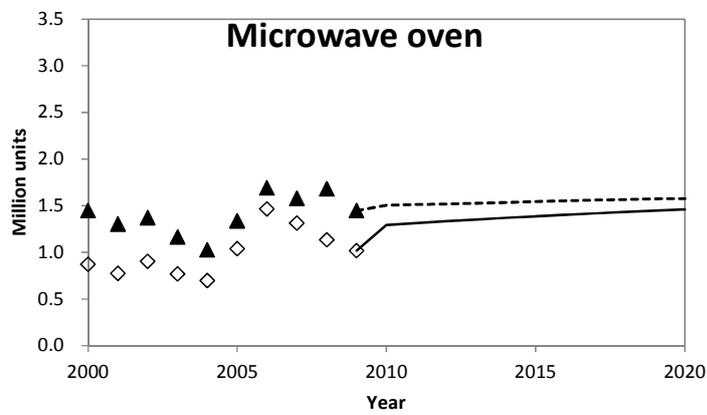
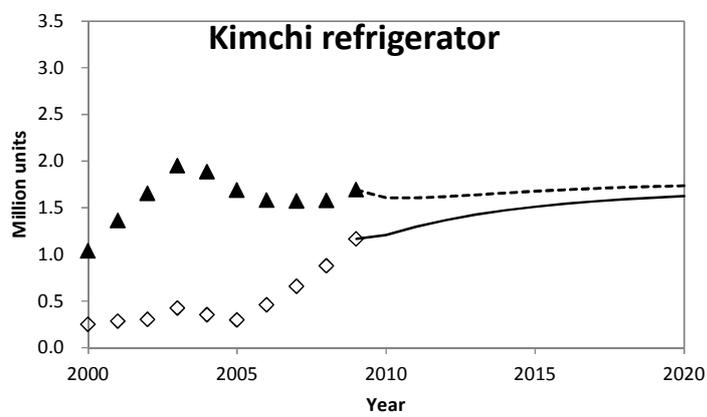
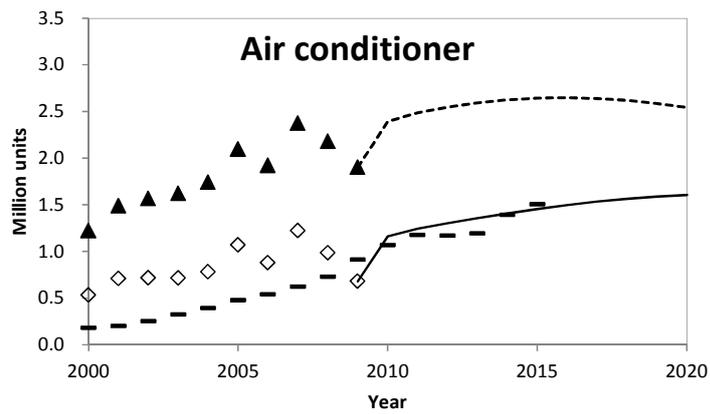
韓国のエアコンの平均使用年数は日本の 12.7 年 (小口、2006) より約 3.8 年も短い。その理由はエアコンにおける日本と韓国の保有率 (世帯当たり保有台数) や普及率の相違によるものだと考えられる。すなわち、韓国におけるエアコンの保有率は 0.5 台で、世帯普及率は 45% (KPE、2006) であるのに対して、2006 年における日本のエアコンの保有率は 2.6 台、世帯普及率は 88% (ESRI) である。韓国でのエアコンは図 2.2.1 からも読みとれるように、保有率および普及率は現在まで成長中であり、世帯の保有しているエアコンの平均使用年数は日本より短い。

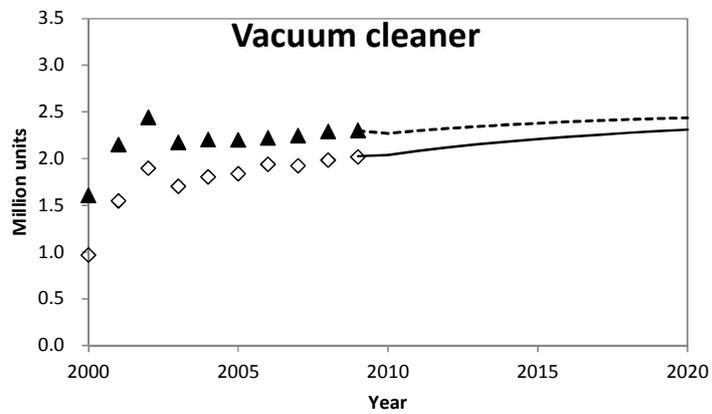
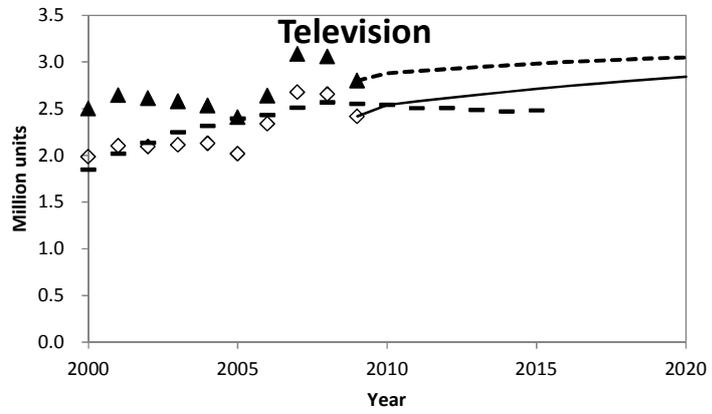
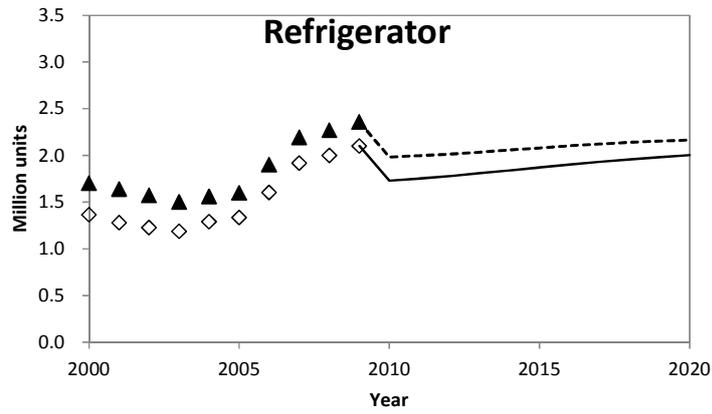
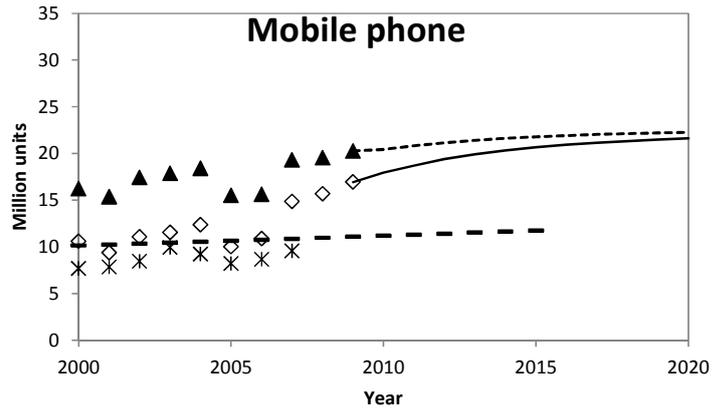
携帯電話の場合は、Jang(2010)の使用年数の 2.4 年より 1.1 年長い。これは本研究の携帯電話の平均使用年数は退職携帯電話も調査対象に入れた、廃棄までの平均保有年数を意味するのに対して、Jang(2010)は退職携帯電話を含まず、平均使用年数、つまり買い替えまでの期間を意味するからだと考えられる。

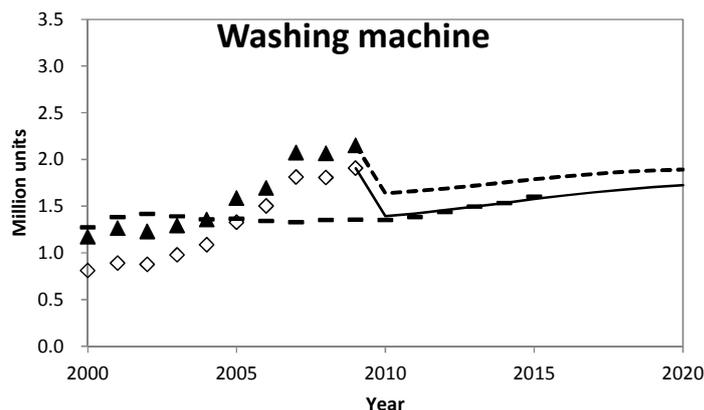
2.2.4 使用済み台数の推計結果

韓国の 8 品目の電気・電子機器における 2000 年から 2020 年までの使用済み台数の推計結果を示し

た。データのある範囲で KEI(2009)と Jang(2011)のデータもあわせて示した。







▲ Shipment (statistics) --- Shipment (predicted) ◇ Waste estimated - - - KEI(2009) * Jang(2010)

図 2.2.3 韓国の 8 品目の電子・電気機器の使用済み台数の推計結果

エアコンにおいて 2008 年以前の KEI と本研究の推計結果の相違が見えるが、この理由として、KEI (2009) が KEI (2009) は一定の使用年数を推計期間全体に採用したのに対し、本研究ではマスマランスに基づき各年に異なる平均使用年数が採用された影響が考えられる。携帯電話に関しては、Jang (2011) は使用済みになる携帯電話の中で、一定の割合が退蔵になり、退蔵携帯電話は実際に廃棄されないという前提に基づき、携帯電話の使用済み台数を推計したのに対して、本研究では退蔵携帯電話も廃棄されるという前提に基づいている。しかし、退蔵携帯電話もいつかは廃棄されると思われるので、Jang(2011)は過小の可能性が考えられる。テレビの場合、KEI (2009) の将来予測は 2008 年の生産台数が維持されるという前提に基づいているが、本研究は数式(5)により計算され、保有率に増加傾向がある限り生産台数も増加する。その理由で、KEI (2009) は 2009 年以降使用済み台数が減少傾向にある一方、本研究は少し増加傾向にあると考えられる。

2.2.5 使用済み台数に基づいた回収率

本研究で推計した韓国における電気・電子機器の使用済み台数に基づき、韓国のリサイクル制度による回収率を推計した。韓国のリサイクル制度による回収量の実績は韓国環境公団の資料 (KECO, 2010)を用いた。韓国は使用済み電気・電子機器の回収を電気・電子機器の生産者だけではなく、地方自治体も行っており、地方自治体は独自処理か、生産者への譲渡かを選べる。韓国環境公団の回収量は主に電気・電子機器の生産者による回収量であり、地方自治体の回収量の全ては含んでいない。

韓国環境公団の冷蔵庫の回収実績はキムチ冷蔵庫と冷蔵庫の合計値になっていることから、本研究のキムチ冷蔵庫と冷蔵庫の推計使用済み台数を合計し、回収率を計算した。結果は図 2.2.4 に示す。

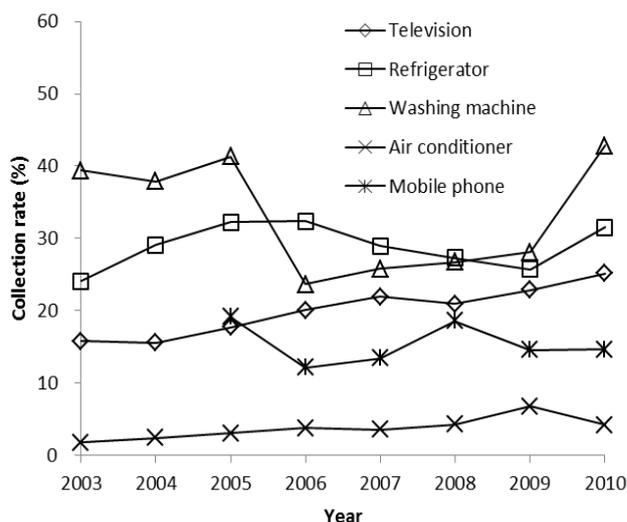


図 2.2.4 韓国の電気・電子機器における推計使用済み台数に基づいた回収率

推計結果によると、2003年～2010年におけるエアコンの回収率は2%～7%、携帯電話は13%～19%、テレビは17%～25%、冷蔵庫は24%～32%、洗濯機は24%～43%を示した。推計対象の中で回収率が一番低い品目はエアコンである一方、洗濯機と冷蔵庫の回収率が高いことが分かった。Jang(2010)とKEI(2009)の使用済み台数に基づき回収率を計算した結果、携帯電話は30%、冷蔵庫は23%～53%と計算され、他の品目においては本研究の推計回収率と概ね一致した。Jang(2010)とKEI(2009)は使用済み携帯電話の中で退職携帯電話は実際に排出しないという前提に基づいているため、使用済み台数が過小推計された可能性があり、回収率が高く計算されたと思われる。また、冷蔵庫の場合は、KEI(2009)はキムチ冷蔵庫と冷蔵庫に対して同じ使用年数分布を用いたため、冷蔵庫より寿命が短いキムチ冷蔵庫の使用済み台数が過小評価された可能性により、回収率が高くなっていると考えられる。回収率の変動に関する分析は、本研究では扱わないが、今後の研究課題としてあげられる。

2.2.6 今後の課題

本稿では、電気・電子機器の保有状況について韓国の一般世帯を対象としたWebアンケート調査を行った。そこから得られた情報や統計データに基づき、韓国における電気・電子機器8品目の使用済み台数を推計した。今後の課題として、使用済み電気・電子機器の中古輸出量や国内リサイクル量などを含めた、全体的な使用済み電気・電子機器のフローの解明が必要であろう。

2.3 中古・廃電気電子機器の貿易量

2.3.1 中古・廃電気電子機器の貿易量に関する既往研究

Miller ら(2012)は中古電気電子機器 (UEEE または SEEE などと称されることが多い)・廃電気電子機器 (E-waste) の貿易量の推定方法についてレビューを行い、次の方法を示している。すなわち、代理指標データ、施行データ、事業者データ、貿易統計、ならびにマスバランスを用いる方法である。以下に、これらの方法について具体的にレビューを行う。

(1) 代理指標を用いる方法

代理指標データを用いる方法としては、Lepawsky ら(2010)は E-waste の貿易量を推定するには E-waste の定義の不明確さや不適正な貿易が反映されないために困難であるとして、使用済バッテリーおよび蓄電池を代理指標として推定と図示を行った。バッテリーによる代理指標は必ずしも適切とは考えられないが、2001 年から 2006 年にかけて、北米、欧州、アジアの域内の貿易が多いとしながら、北米・欧州・中東からアジアへの域間の越境移動が増加していることを示した。また、一人当たり GDP が小さい地域への越境移動が多いことで、汚染回避仮説が支持されることを示唆したのも興味深い。

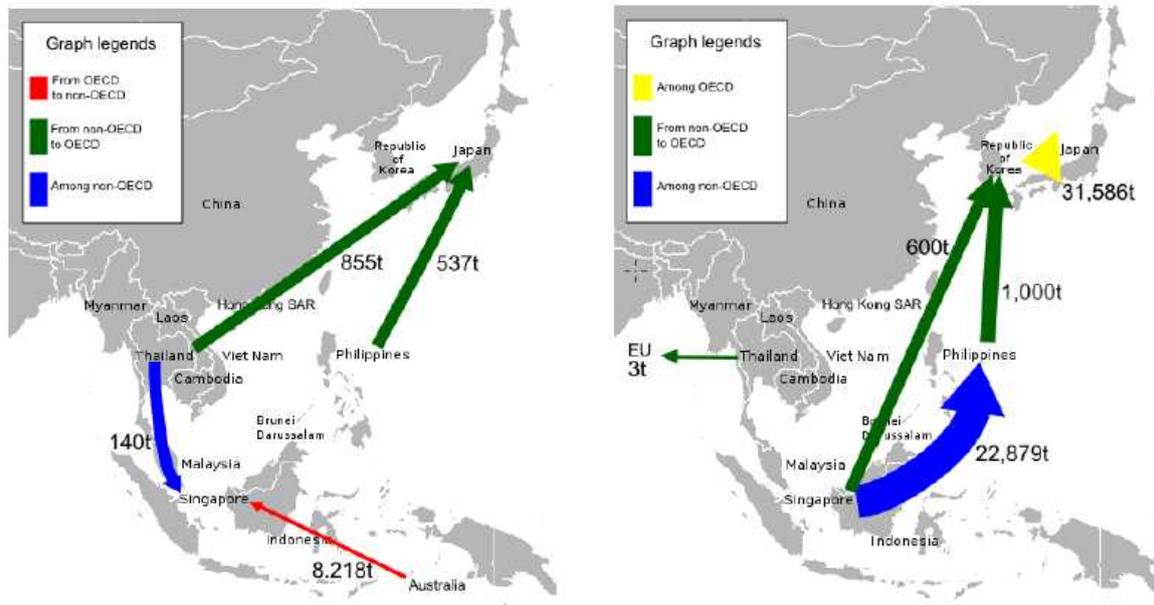
(2) 施行データによる方法

次に、施行データとしては、Miller ら(2012)は行政による報告データと水際取締りデータを挙げている。行政による報告データは、USEPA が廃 CRT の輸出に対して研究者に調査権限を与えているものと、カリフォルニア州有毒物質規制局 (CA DTSC) が州の輸出業者に報告を求めているものがあるようであるが、数値の検証や更新はあまり行われていないとされている。

また、バーゼル条約では、第 13 条で加盟国に対して前年の有害廃棄物等の輸出入量を事務局に報告することを求めており、報告データの中に electric scrap や printed circuit board などの記載がある数値を計算することが可能である。これによって、日本の環境省は 2004 年から 2006 年までのアジア地域における E-waste の越境移動量を計算して、使用済バッテリーなどの結果とあわせて、2010 年から 2011 年にかけて行われたバーゼル条約 CLI (Swiss-Indonesian Country-led Initiative) 非公式会合などの場で図 2.3.1 のように発表している (Ministry of the Environment, Japan (2011))。これによれば、日本が E-waste の主要な輸入国であり、フィリピンから基板を、タイなどから電子スクラップを輸入しているとされている。一方、バーゼル条約における報告の書式から E-waste の定義が困難であり、E-waste が CRT や Copper scrap などとして越境移動する場合にこれらが含まれていない可能性や、さらにはバーゼル条約に基づかない E-waste の貿易が含まれないといった課題がある。加えて、輸出と輸入の報告値が一致しないこと、報告データの更新が頻繁に行われていないことなども課題として挙げられる。

水際取締りデータに関連して、EU における「環境法の実施と施行に関する EU ネットワーク (European Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law; IMPEL)」の下の「廃棄物の越境移動 (Transfrontier Shipment of Waste; TFS)」ワーキンググループによる活動がよく知られている。Joas ら(2011)は、2008 年 10 月から 2011 年 2 月にかけて実施した IMPEL-TFS 施行アクション II プロジェクトの報告書をまとめ、期間中に発見した違反の中で、廃棄物種類としては古紙、金属スクラップ、廃プラスチック、WEEE (E-waste) の順に多かったとしている。また、世界税関機構アジア大洋州地域情報連絡事務所 (WCO RILO) が香港での取締りデータをま

とめているとしている (Miller ら(2012))。日本・中国間でも廃棄物輸出入関係省庁ワーキンググループにおいて、中国における違法輸入取締り件数などについて情報交換が行われている。しかしながら、これらの取締りデータは一般に公表されることが少ない上に、全体の貿易量を表すものではない。



(1) 輸入統計ベース (2) 輸出統計ベース
 図 2.3.1 アジアにおける E-waste の越境移動 (2004~2006 年の数値)
 (Ministry of the Environment, Japan (2011))

(3) 事業者データによる方法

また、事業者データについては、International Association of Electronics Recyclers (IAER)や Institute of Scrap Recycling Industries (ISRI)といった米国を拠点とした業界団体が輸出業者に対して任意の調査を行っているものや、輸入業者に対してバングラデッシュなどで独自の調査を行っているものが紹介されている。ただし、Miller ら(2012)によれば、回答の件数や内容に限界があるために、検証は困難であるとしている。

(4) 貿易統計の利用

世界共通で用いられている 6 桁の HS コード (Harmonized Commodity Description and Coding System) では、電気電子機器の新品と中古品の区分はなされていない (Miller ら(2009))。そのため、6 桁を超える部分を用いて中古品を区別している日本など一部の国においては貿易統計を直接利用できるが、それ以外の国では一般に、中古電気電子機器の貿易量を直接把握することは一般に困難である。すなわち、中古電気電子機器の貿易量を推定するためには、次のような何らかのデータ加工を行わなければならない。1 つは、当該品目における税関別・相手国別・月次といった詳細な貿易統計データから単価算定などの加工を行い、低単価の貿易量を中古品とみなす方法 (単価区分法と称す) である。もう 1 つは、貿易統計における輸出申告書や詳細なデータベースを調査して、書類の記述などから中古品とみられる貿易量を割り出す方法 (記述区分法と称す)

などである。

Kahhat ら(2009)は米国からペルーへの中古パソコンの越境移動に注目し、ペルーにおける輸入データベースの詳細分析を行って記述区分法を適用し、中古のデスクトップ(原文では非携帯用)、ノート型(携帯用)のパソコンの輸入量を把握した。すなわち、ペルーで国税庁税関局によって管理・公表されているデータベースにある、当該機器の特徴、輸出入港、状態(新品・中古、動作の可否)、量、重量、CIF 価格といった情報を総合的に解析することで、中古パソコンの輸入量を把握したものである。その結果、輸入されたノート型パソコン全体の中で中古品の占める割合は2004年の59%から2007年の39%まで低下しており、新品パソコンの低価格化が影響していると述べている。

ドイツの調査機関 Ökopol の Sander ら(2010)は、ドイツ連邦環境庁の委託を受けて、ハンブルク港での輸出データの詳細調査によって、2008年における国外への中古電気電子機器の輸出量を分析した。すなわち、全国版の税関システム ATLAS と、ハンブルク港独自で1,000EUR未満の少額貨物まで記録されている ZAPP システムを利用して、アジア・アフリカ諸国向けのように単価が低い商品コードの輸出の抽出に加えて、単価で区分できない場合に申告書のキーワード(old または used の記載があれば中古)がある場合に中古品輸出とみなす方法を実施した。これは、単価区分法と記述区分法の組合せと考えられる。結果については、中古品輸出量の合計値は示されず、テレビの場合は全体の重量比89%が中古品としてナイジェリア向けに輸出されていることや、中古テレビの輸出単価はたかだか2.97EURであることなどを示した。

Fuse ら(2011)は、2008年以降に改定された日本の輸出統計品目分類を利用して、新品と中古品に区分された製品群 I (CRT テレビ、液晶テレビ、プラズマテレビ、エアコン、冷蔵庫、洗濯機)と区分されていない製品群 II (電子レンジ、掃除機)のそれぞれに対して、2007年の日本からの中古家電の輸出台数を推定している。新品と中古品の区分方法に関しては、製品群 I で輸出台数のうち新品または中古品が大多数(90%超)であると特定された港湾については製品群 I・II の双方で新品輸出港・中古品輸出港とみなした上で、それ以外の新品・中古品混在の輸出港において輸出単価の全国平均値より高いか低いかによって区分を行った。この方法は、新品と中古品を分ける単価の設定が困難であるためにやや複雑な手順をとっているが、概念的には単価区分法の一環とみなせる。その結果、CRT テレビ270万台、液晶テレビ13万台、プラズマテレビ4.6万台、エアコン140万台、洗濯機27万台、洗濯機25万台、電子レンジ14万台、掃除機120万台と推定した。

(5) マスバランス

マスバランスを用いる方法とは、国内の使用済み電気電子機器のフロー全体から、国内でのリサイクル・処理などのフローを求め、消去法によって中古電気電子機器などによる輸出量を推定するものである。

Yoshida ら(2009)はこの方法で、2000、2001、2004年における使用済みパソコンの輸出量を推定し、全体の発生量のうち輸出に至るフローはそれぞれ8%、8%、26%であると推定した。

(6) まとめ

以上のように、中古電気電子機器の貿易量の推定方法としては多様な方法が試みられている。最もよく用いられているのは貿易統計(中古品品目の利用、単価区分法、記述区分法)であるが、

マスバランスや施行データを用いる方法も併用し、それぞれの推定精度の向上を図るのが望ましいと考えられる。

寺園(2008)と Terazono ら(2012)は日本の家電 4 品目のフロー推定を行いながら、貿易統計とマスバランスによる結果を比較した(図 2.3.2)。すなわち、貿易統計は相手先がわかる長所がある一方、少額貨物が計上されないなど過小評価の恐れがある可能性が短所であるとした。そのため、可能であればマスバランスを用いる方法が望ましいが、データ収集が容易ではないことを指摘している。

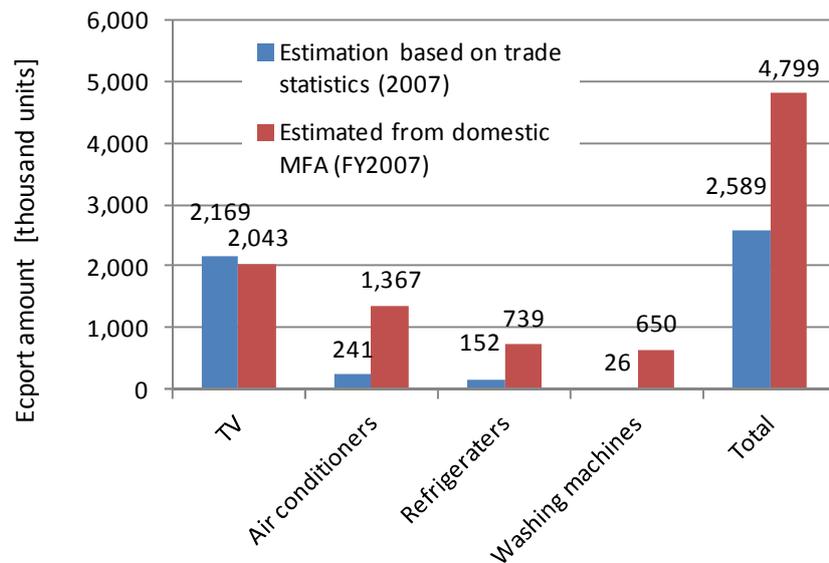


図 2.3.2 貿易統計(単価区分法)とマスバランス(国内 MFA)を用いる方法による中古家電輸出力推定結果の比較(Terazono ら(2012))

2.3.2 日本における中古品輸出状況

エアコン、冷蔵庫、洗濯機、パソコン、携帯電話、モニタ、ならびにテレビといった電気電子機器について、2004年以降、日本で用いられている輸出統計品目分類を表2.3.1に示している。

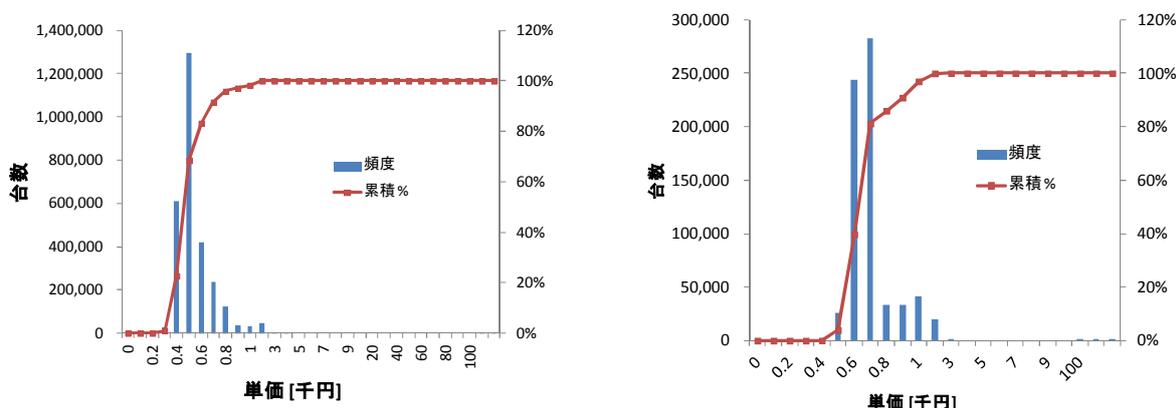
表 2.3.1 日本における電気電子機器の輸出統計品目分類

品目	種類	2004年1月～ 2006年12月	2007年1月～ 2007年12月	2008年1月～ 2012年3月現在	備考
エアコン	壁掛け用・窓用	841510.000	841510.000	841510.100 (新品) 841510.900 (中古)	
冷蔵庫	冷凍冷蔵庫	841810.000	841810.000	841810.100 (新品) 841810.900 (中古)	
	家庭用冷蔵庫(圧縮式)	841821.000	841821.000	841821.100 (新品) 841821.900 (中古)	
	同(圧縮式以外)	841822.000 841829.000	841829.000	841829.100 (新品) 841829.900 (中古)	
洗濯機	全自動	845011.000	845011.000	845011.100 (新品) 845011.900 (中古)	洗濯容量 10kg 以下
	二槽式	845012.000	845012.000	845012.100 (新品) 845012.900 (中古)	
	その他	845019.000	845019.000	845019.100 (新品) 845019.900 (中古)	
パソコン	ノート	847130.000	847130.000	847130.000	
	一体型パソコン	847141.100 847141.900	847141.100 847141.900	847141.100 847141.900	
	デスクトップパソコン	847149.000	847149.000	847149.000	
携帯電話		852520.500 852520.600	851712.000	851712.000	
モニタ	CRT モニタ (パソコン用)	847160.220	852841.000 847160.220	852841.100 (新品) 852841.900 (中古)	
	CRT モニタ (パソコン以外用)	不明	852849.000	852849.100 (新品) 852849.900 (中古)	
	CRT 以外モニタ (パソコン用)	847160.210	852851.000 847160.210 (液晶)	852851.100 (新品) 852851.900 (中古)	
	CRT 以外モニタ (パソコン以外用)	不明	852859.000	852859.100 (新品) 852859.900 (中古)	
テレビ	カラー(液晶)	852812.190	852872.100	852872.110 (新品) 852872.190 (中古)	
	カラー(プラズマ)	852812.190	852872.200	852872.210 (新品) 852872.290 (中古)	
	カラー(CRT)	852812.110	852872.900	852872.910 (新品) 852872.990 (中古)	
	白黒	852813.100	852873.000	852873.100 (新品) 852873.900 (中古)	

注：品目と種類は、わかりやすさのために一部は作成者による解釈も含めて示している。

このような日本の輸出統計品目分類は、2.3.1(4)で示した世界共通 HS コードと初めの 6 桁が共通している。日本においては、3 桁を加えて合計 9 桁のコードを用いているが、これを利用して、2008 年 1 月からエアコン、冷蔵庫、テレビ、洗濯機、およびモニタについて、中古品の輸出統計品目分類が設定された。

念のため日本の貿易統計にある輸出品別国別税関別月次データを利用して、単価区分法を用いて輸出単価を調べてヒストグラムを作成した。図 2.3.3 に 2011 年の CRT テレビ (カラー) とパソコン用 CRT モニタの例を示す。これによれば、テレビ、パソコン用モニタで単価はそれぞれ 300 円～3,000 円、400 円～3,000 円の範囲に含まれており、中古品と考えられる安価品は貿易統計上もすべて中古品の品目に計上されていることが確認された。



(1) CRT テレビ (カラー ; 852872.910)

(2) パソコン用 CRT モニタ (852872.990)

図 2.3.3 2011 年における中古 CRT テレビと中古パソコン用 CRT モニタの輸出単価

2011 年の CRT テレビ輸出台数は 283 万台であり、仕向け先はベトナム、フィリピン、マカオ、タイ、カンボジアの順に 163 万台 (57.8%)、58.6 万台 (20.7%)、25.3 万台 (9.0%)、23.3 万台 (8.2%)、9.3 万台 (3.3%) であった。一方、同じ 2011 年のパソコン用 CRT モニタの輸出台数は 68.1 万台であり、仕向け先はベトナムが 66.6 万台と 97.8%を占めていた。

図 2.3.4 には、2006 年から 2011 年における CRT テレビの輸出台数の仕向け先別推移を示す。輸出台数は 2006 年の 219 万台から 2011 年の 283 万台まで、年間 200 万台ながら漸増傾向にある。この間、2009 年 9 月には経済産業省・環境省の連名で発表された事務連絡「使用済みブラウン管式テレビの輸出時における中古品判断基準」が実施された際に一時的な落ち込みがあったものの、その直前の駆け込み輸出と 2011 年 7 月の地上デジタル放送移行完了 (東北 3 県は 2012 年 3 月) の前後で輸出台数が伸びる傾向にあった。

仕向け先については、2006 年まで香港が大半を占めていたが、2006 年の香港における輸入規制強化と 2007 年の国内での周知により、2007 年以降はベトナム、フィリピン、マカオが主たる仕向け先となっている。

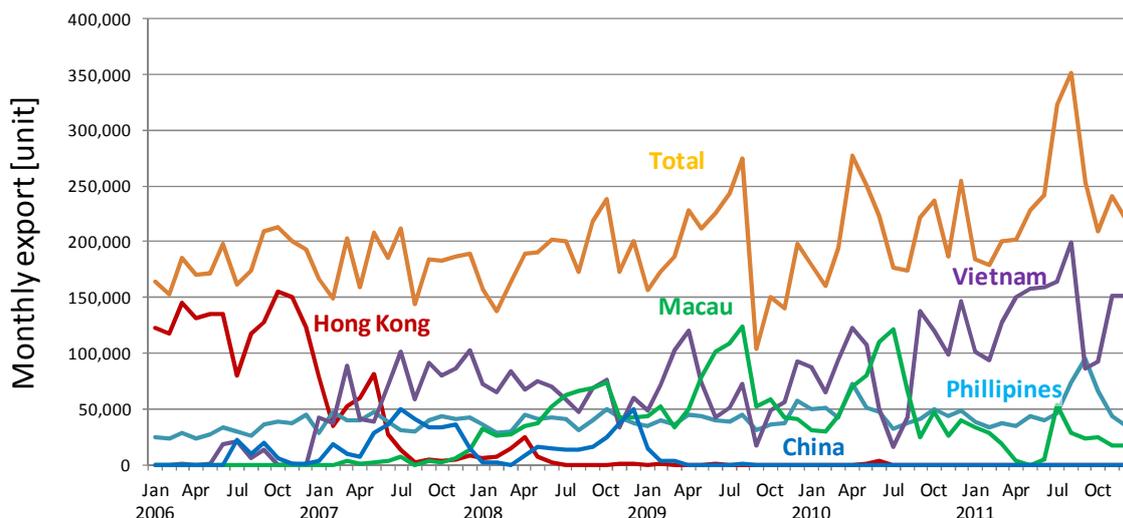


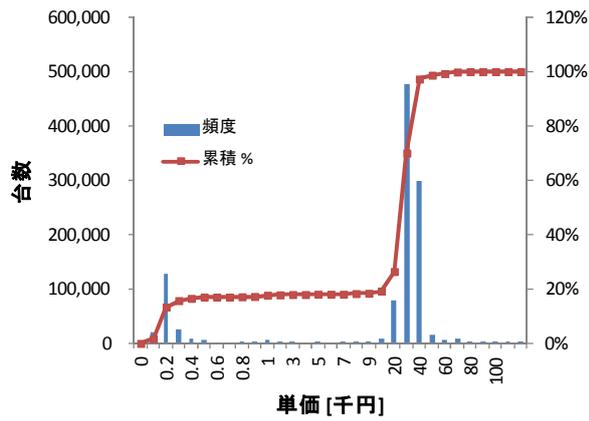
図 2.3.4 中古 CRT テレビの輸出台数の仕向け先別推移
(2006 年～2007 年：単価区分法、2008 年～2011 年：貿易統計の中古品品目利用)

また、中古品の品目分類が設定されていない携帯電話について、単価区分法を適用した。単価区分法を用いる場合、当該品目に対して新品と中古品を区別する単価の設定が課題になるが、ヒストグラムは単価の分布がわかるので有用である。図 2.3.5 に示すように、携帯電話の場合は輸出単価が安価品と高価品に明確に分かれた。

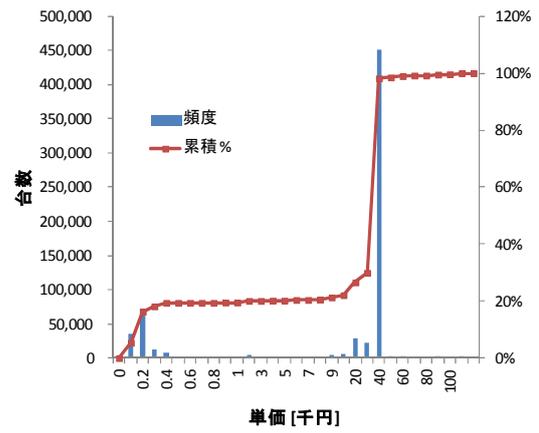
よって、単価 1,000 円で区分すると、表 2.3.2 に示すように輸出台数（新品、中古）は 2008 年から 2011 年まで順に、110 万台（90.2 万台、19.4 万台）、66.0 万台（53.2 万台、12.7 万台）、16.2 万台（8.1 万台、8.2 万台）、13.5 万台（6.7 万台、6.8 万台）となった。2008 年から輸出台数が減少しているが、特に新品で減少が著しい。

仕向け先は新品・中古品で異なっており、新品は香港・米国・タイなど、中古品は香港・アフガニスタン・イランなどとなっている。いずれの仕向け先に対しても輸出台数は減少傾向にあるが、対米国輸出について 2008 年には 69.2 万台あったのが 2011 年には 6,700 台まで減少しているのが大きい。図 2.3.6 には、仕向け先別の輸出単価の特徴をヒストグラムで示している。これによれば、対米国は 1 万円～4 万円と新品の携帯電話が輸出されているのに対して、対アフガニスタンは 100 円～200 円の中古品、対香港は 100 円～300 円の中古品と 2 万円～9 万円の新品の両方になっており、単価の傾向が理解できる。

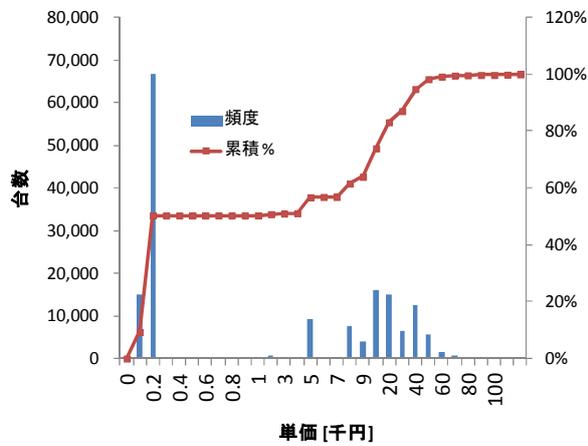
以上のように、携帯電話の輸出台数は近年減少傾向ではあるが、携帯電話は貴金属やレアメタルを有する小型電気電子機器として、国内でも新たな制度に基づく回収が検討されている。貿易統計に現れない輸出の把握や、海外でのリユース・リサイクル状況の確認とも合わせて、資源保全と不適正輸出防止の観点から、今後も輸出動向には注意する必要がある。



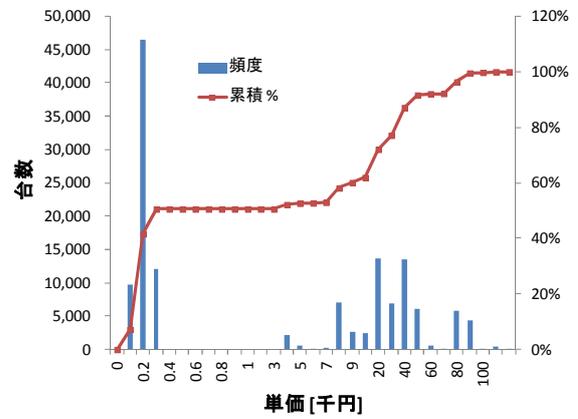
(1) 2008年



(2) 2009年



(3) 2010年



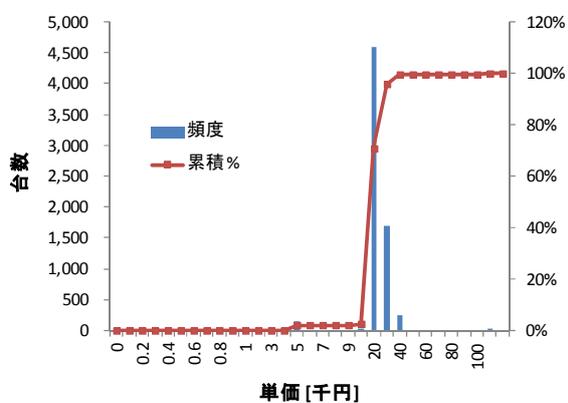
(4) 2011年

図 2.3.5 日本からの携帯電話の輸出単価

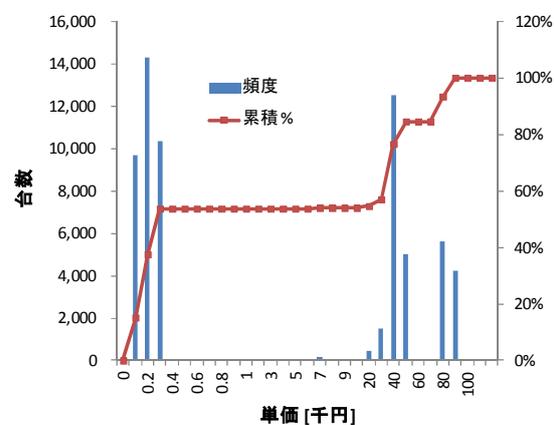
表 2.3.2 日本からの携帯電話の輸出台数（単価区分法）

	仕向け先	2008	2009	2010	2011
新品	香港	71,299	26,301	20,296	29,525
	タイ	11,951	20,109	1,762	8,744
	米国	691,708	453,968	13,523	6,745
	英国	55,298	2,259	2,095	5,303
	オランダ	13,352	5,196	15,420	4,800
	中国	4,967	1,736	1,342	3,669
	韓国	2,019	5,638	1,069	713
	シンガポール	2,355	1,996	10,225	187
	その他	49,263	14,382	14,858	7,092
		小計	902,212	531,585	80,590

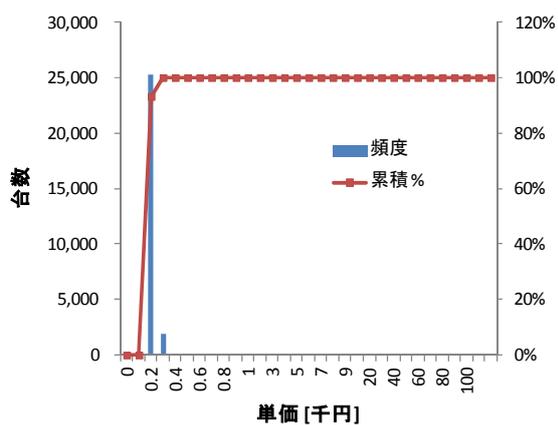
中古品	香港	121,353	42,344	46,406	34,244
	アフガニスタン	42,091	31,227	35,397	27,158
	イラン	14,417	5,085	0	6,900
	シンガポール	0	50,000	0	0
	中国	13,825	0	0	0
	パキスタン	1,172	0	0	0
	韓国	500	0	0	0
	タジキスタン	317	0	0	0
	小計	193,675	128,656	81,803	68,302
合計	1,095,887	660,241	162,393	135,080	



(1) 米国



(2) 香港



(3) アフガニスタン

図 2.3.6 2011 年における日本からの携帯電話の輸出単価（仕向け先別）

2.3.3 韓国における中古電気電子機器の貿易量

(1) 研究方法

韓国における中古電気電子機器の輸出量を把握するために、2.3.1(4)における記述区分法を用いることとした。すなわち、輸出申告書の記入項目の「㉔物品状態」に中古（O）と表記された申告書と、㉔物品状態に新品（N）と表記されたものの中で、「㉖品名」と「㉗取引名」に secondhand, used, old が記入された輸出申告書を抽出し、年度別の輸出台数・重量・総額、年度別相手国別の輸出台数・重量・総額を調べた。調査は8品目の電気製品（エアコン、パソコンモニタ、デスクトップパソコン、ノートパソコン、冷蔵庫、テレビ、洗濯機、携帯電話）を対象にし、2005年から2011年までの7年間について行った。

(2) 結果

8品目の中古電気電子機器の輸出量を相手地域別に調べた結果、年により約87%～97%がアジア地域に輸出されていることがわかった。（図2.3.7参照、国の地域区分は日本の経済産業省の区分を採用）

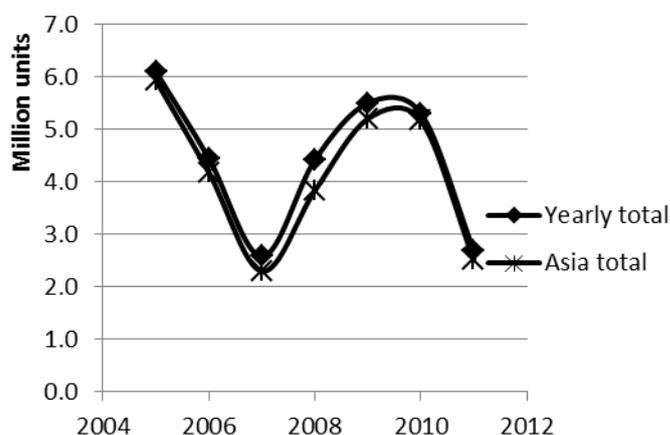


図 2.3.7 8品目の中古電気・電子機器におけるアジア地域への輸出台数（2005年～2011年）

年によって輸出台数の大きさの順序は異なるが、表2.3.3に示すように、8品目のうち、台数ベースでは携帯電話、パソコンモニタ、テレビ、デスクトップパソコンの輸出が多かった。2011年の携帯電話は69.6万台のうち、日本と同様に香港向けが多く61.8万台であった。2011年のCRTテレビ輸出は34.9万台のうち、フィリピン向けが33.7万台であった。

表 2.3.3 各年における品目別中古輸出の割合（台数ベース）

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Airconditioner	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Computer monitor	28%	28%	28%	32%	24%	30%	47%
Desktop computer	2%	9%	17%	5%	3%	4%	9%
Mobile phone	26%	58%	34%	50%	63%	54%	26%
Notebook computer	0%	0%	0%	1%	1%	1%	2%

Refrigerator	0%	0%	2%	1%	1%	1%	3%
TV	43%	5%	18%	12%	8%	10%	13%
Washing machine	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

パソコンモニタの中古輸出が多い理由の一つは、パソコンモニタに限って中古輸出をリサイクルとして認める韓国国内のリサイクル制度が影響していると考えられる（Chungら, 2008）。生産者のリサイクル協会によると、拡大生産者責任制度（2003年より実施）の設計当時、モニタのリサイクル施設が韓国国内に少なく、中古輸出をリサイクルとして認めたことが定着してしまったという（2012年、聞き取り調査より）。図2.3.8は使用済み台数に基づいた中古輸出の割合を示したが、パソコンモニタの中古輸出の割合が一番大きく、2011年においては使用済みパソコンモニタの半分程度が輸出されたと推計された。

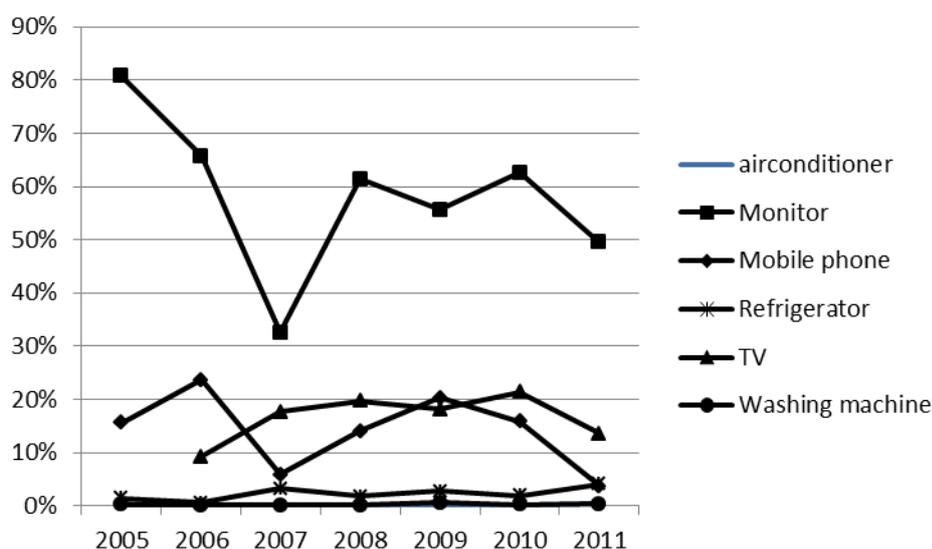
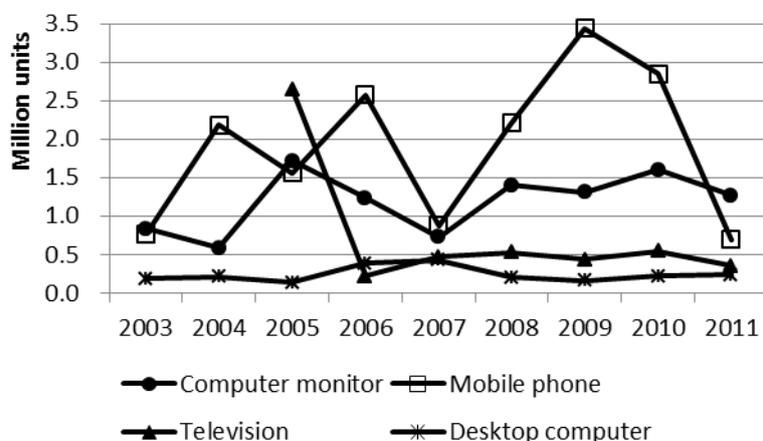
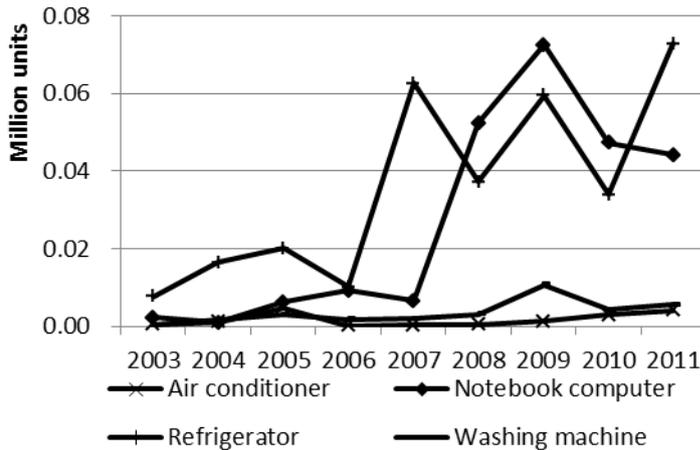


図 2.3.8 6品目における使用済み台数対比中古輸出の割合（台数ベース）

8品目における各年の中古輸出货量（台数ベース）を図2.3.9に示す。数量の多い品目（上）と少ない品目（下）を分けて示した。



(1) パソコンモニタ、携帯電話、テレビ、デスクトップパソコン



(2) エアコン、ノートパソコン、冷蔵庫、洗濯機

図 2.3.9 8 品目における中古電気電子機器の輸出量（2003 年～2011 年）

中古テレビの輸出は 2006 年から激減した。これは CRT テレビの中国への輸出の激減によるものである。2005 年における CRT テレビの中古輸出量は約 2,643 千台で、その年の新品・中古テレビ合計の輸出量（2,646 千台）のほとんどを占めていた。中古 CRT テレビの中の 92%が中国に輸出されていたが、2006 年に入って CRT テレビの中古輸出量は 210 千台に激減し、中国への輸出も激減した。中国においては、2002 年からテレビを含む中古電気電子機器の輸入規制が強化されていたが、韓国において 2006 年から中国向け中古テレビ輸出量の減少が顕在化した理由については、今後調査する必要がある。

携帯電話は 2007 年と 2011 年においてその中古輸出量が激減した。その理由は、携帯電話の輸出先の 76%～97%（2005 年～2011 年にかけて）が集中している香港への輸出量が前年度より激減したことにあるが、それでも 2011 年には 61.9 万台と日本からの輸出台数の 3.4 万台の 18 倍にも達する。図 2.3.10 はアジア地域における携帯電話の輸出先を示した。

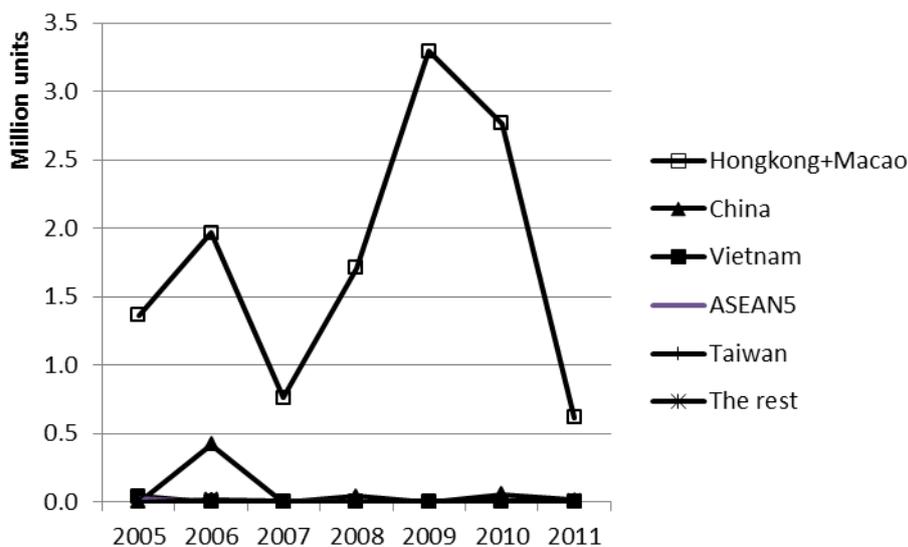


図 2.3.10 携帯電話のにおけるアジア地域での輸出先

図 2.3.11 に示すようにパソコンモニタの輸出先は 100 ヶ国（2011 年時点）以上で多様ではあるが、地域別にみると、2005 年から 2011 年にかけてその輸出量（台数ベース）の 95%以上をアジアが占めている。輸出先の特徴としては、香港や ASEAN5 への輸出が減少しつつある一方で、ベトナムへの輸出やアジアのその他の国への輸出が多くなる傾向が見える。

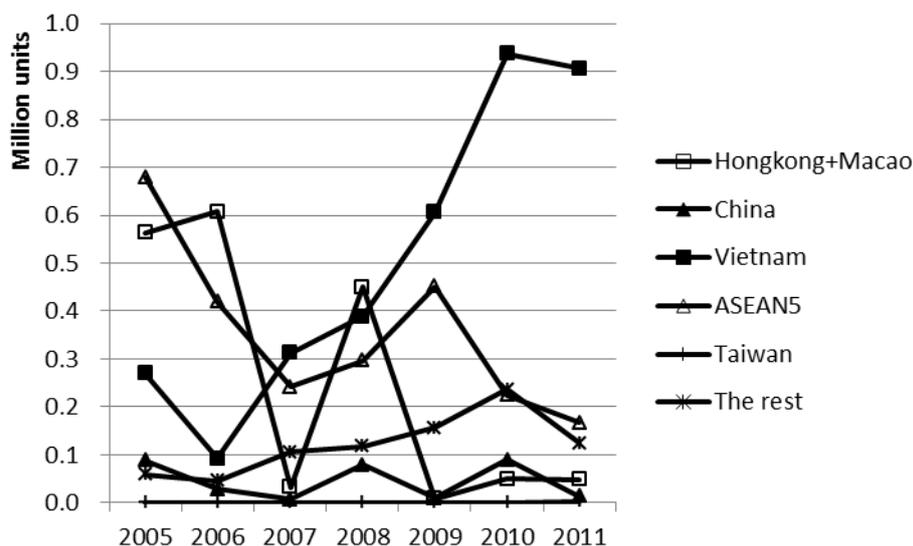


図 2.3.11 パソコンモニタのアジア地域での輸出先

注：ASEAN5＝マレーシア、タイ、インドネシア、フィリピン、シンガポール

(3) まとめ

記述区分法を用いて、韓国における中古電気電子機器の輸出状況の概略を把握した。年による変動は大きいですが、韓国国内の発生量に対する輸出の比はパソコンモニタで大きく、テレビ、携帯電話などについても小さくない。また、香港における中古携帯電話輸入と、日本を大きく上回る韓国からの供給については、今後とも注目すべきである。

中古電気電子機器の輸出については、輸出量、単価、相手国など変化を今後詳細に分析し、相手国でのリユースのみならずリサイクルの可能性も含めて検討する必要がある。そして、輸出国としての韓国のリサイクル・輸出規制などの国内政策、相手国での輸入規制の変化、ならびに世界やアジア地域における電気電子機器の時系列の需要変化、資源価格の変化などが与える影響についても目を向ける必要がある。

2.4 ベトナム国境地域における E-waste の流通

2.4.1 ベトナム・中国国境地域における E-waste の流通

ベトナムは毎年 150 万トンのスクラップを 60 の港から輸入しており、モンカイが唯一の再生資源の輸出港となっている。中国へ輸出される E-waste および再生資源には以下のものが含まれる。

<E-waste>

- 鉛蓄電池
- ブラウン管 PC モニタ
- 基板
- ブラウン管テレビ
- その他少量の電気電子製品（未解体）

<再生資源>

- プラスチック
- ぼろ切れ、古着
- ゴム
- 段ボール

E-waste の約 90%は再輸出目的で輸入されたもの、鉛蓄電池は 100%再輸出目的で輸入されたもの、ゴム、段ボール、ぼろ切れ・古着、ゴムなどの再生資源は 100%国内で回収されたものである。これらの輸出入は中国・ベトナムの両国で違法とされているため、中国への運搬・荷揚げは夜間に行われている。昼間はコンテナから卸してボートへ積込む作業を行い、船を中国の港の近くでスタンバイさせ、夜になるのを待っている。

ハノイ工科大の現地調査によると、年間 3~10 万トンの E-waste や鉛蓄電池がモンカイ経由で輸出されていると考えられ、そのうち、8 割が TV や PC モニタ、2 割が基板である。

モンカイ（Mong Cai）が E-waste の越境移動に適している理由には 4 つあり、(1)モンカイには海と川両方の港があり内陸都市間および国境の移動に便利であること、(2)モンカイはハイフォン市に最も近く、ハイフォン向け貨物のほとんどが再輸出目的で輸入されていること、(3)モンカイは経済開放区として特殊な規定があり、輸出入規制が他の港に比べてオープンに行われていること、(4)Lao Cai など他の中国国境と比べて、輸送費用が安いことがあげられる。

ベトナム地方政府は E-waste の中国輸出を黙殺している。その理由には、(1)ベトナムではリサイクルできない、または処理費用が高くつく廃棄物の量を（輸出により）減らすことができるため、(2)（ベトナム国内での）インフォーマルリサイクルによる人体・環境への影響を抑えることができるため、(3) 輸出産業の利益・雇用創出 の 3 つが考えられる。



写真 2.4.1 モンカイからの輸出の様子（2011 年 2 月）

2.4.2 ベトナム・ラオス国境地域における E-waste の流通

ラオスでは、首都ビエンチャンを除けばリサイクル産業はベトナムほど発達しておらず、多くのスクラップ類は越境し隣国でリサイクルされている。中古・廃家電もその多くがベトナム、中国へ輸出されている。ベトナムへ運ばれる主要ルートのひとつは、アジア開発銀行が主導して開発が進む、いわゆる「東西回廊」であり、ラオス第2の都市サワナケットとベトナム第3の都市ダナンを結ぶルートである。

ベトナムとラオスとの国境であるラオバオ（ベトナム側）・デンサワン（ラオス側）国境は、両国間の（越境貿易額についていえば）最大の国境であり、この国境を通して中古・廃家電もベトナムに輸出されている。2011年7月調査の際は、ラオス側のデンサワンからサワナケットにかけての国道上に、e-wasteに限らず、スクラップを扱うジャンクショップは全く観察されなかった。その一方、ベトナム側では、国境の町ラオバオのあるフオンホア県内の国道上には、e-wasteを解体している業者も含め数多くのジャンクショップが観察された。ラオスからベトナムに中古・廃家電を持ち込むのはベトナム人である。ブラウン管TVやアンプなどがバイクでラオス側からベトナム側に運ばれる様子が観察できた。

両国間では、正規の輸出入として行われる「少額貿易」以外に、ラオスのサワナケット県セポーン郡の住民とベトナムのフオンホア県の住民については1日1人200万ドンまでの持込を無税とするという協定がある（白石[2010: 190]）。フオンホア県の住民がその制度を利用して、ラオス側で中古・廃家電を調達し、小口でベトナムに持ち込んでいるものと考えられる。

ベトナムに輸入された中古・廃家電はフオンホア県内の小規模なインフォーマル業者によって解体されるほか、近隣最大の都市ドンハーやホーチミンまで運ばれるという。フオンホア県では、主に手解体でプラスチック、金属類、基板などに分別する過程までが行われている。CRTは投棄されている。



写真 2.4.2 フオンホア県の家電解体業者



写真 2.4.3 CRT は投棄

第2章 参考文献

2.1

- 小口正弘, 亀屋隆志, 田崎智宏, 玉井伸明, 谷川昇 (2006) 電気・電子製品 23 品目の使用年数分布と使用済み台数の推計. 廃棄物学会論文誌. 17(1): 50-60
- 環境省・経済産業省 (2006) 特定家庭用機器の排出・引取り・処理に係るフローに関する実態調査結果 (中央環境審議会小委員会, 産業構造審議会WG 合同会合資料 (2006年12月11日))
<http://www.env.go.jp/council/03haiki/y0311-05.html>
- 環境省・経済産業省 (2011) 使用済家電のフロー推計について (中央環境審議会小委員会, 産業構造審議会WG 合同会合資料 (2011年12月19日))
<http://www.env.go.jp/council/03haiki/y0311-20.html>
- Government of Japan and the Secretariat of the Basel Convention: The Basel Convention Partnership on the Environmentally Sound Management of E-waste for Asia-Pacific Region
http://www.env.go.jp/en/recycle/asian_net/Project_N_Research/Asia_E-waste_Project.html
- Huisman J., et al. (2007) 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment. -Study No. 07010401/2006/442493/ETU/G4
- Li J., Tian B., Liu T., Liu H., Wen X., Honda S. (2006) Status quo of e-waste management in mainland China. J Mater Cycles Waste Manag. 8: 13-20
- Müller E., Schluep M., Widmer R., Gottschalk F., Böni H. (2009) Assessment of e-waste flows: a probabilistic approach to quantify e-waste based on world ICT and development indicators. R'09 World Congress, Davos
- Nguyen D-Q., Yamasue E., Okumura H., Ishihara K.N. (2009) Use and disposal of large home electronic appliances in Vietnam. J Mater Cycles Waste Manag. 11: 358-366
- Schwarzer S., De Bono A., Giuliani G., Kluser S., Peduzzi P. (2005) E-waste, the hidden side of IT equipment's manufacturing and use. UNEP Environment Alert Bulletin
- U.S. EPA, Office of Resource Conservation and Recovery (2011) Electronics Waste Management in the United States Through 2009. May 2011. EPA 530-R-11-002
- Yoshida A., Tasaki T., Terazono A. (2009) Material flow analysis of used personal computers in Japan. Waste Management. 29: 1602-1614
- Yu J., Williams E., Ju M., Yang Y. (2010) Forecasting Global Generation of Obsolete Personal Computers. Environ. Sci. Technol. 44: 3232-3237

2.2

- 小口正弘, 亀屋隆志, 田崎智弘, 玉井伸明, 谷川昇 (2006) 電気・電子製品 23 品目の使用年数分布と使用済み台数の推計. 廃棄物学会論文誌. 17 (1): 50-60
- (財) 家電製品協会 (1993) 廃家電製品発生量の予測調査研究報告書
- 韓国関税貿易開発院 (各年度) HS 品目別輸出入通関便覧
- 韓国電気取引所 (各年度) 家電機器の普及率及び家庭用電力の消費パターン調査
- 韓国電子情報通信産業振興会 (各年度) 電子電気工業統計
- 韓国電力取引所 (各年度) 家電機器の普及率及び家庭用電力の消費パターンに関する調査

世界貿易統計：www.gtis.com

田崎智弘, 小口正弘, 亀屋降志, 浦野紘平 (2001) 使用済み耐久消費財の発生台数の予測方法. 廃棄物学会論文誌. 12 (2): 49-58

電気・電子製品及び自動車の資源循環に関する法律 (一部改正 2008.2.29)

韓国統計庁 (2005) 人口センサス http://kosis.kr/abroad/abroad_01List.jsp?parentId=A
(last accessed August 24.2011).

韓国統計庁 (各年度) 鉱工業統計調査報告書

韓国統計庁 (各年度) 産業生産年報

韓国統計庁 (各年度) 鉱業・製造業動向調査品目解説集

韓国統計庁 (各年度) 産業及び品目分類表—鉱業及び製造業部門

ESRI (Social Research Institute, Cabinet Office) (2011) Penetration rate of consumer`s durables.

<http://www.esri.cao.go.jp/jp/stat/shouhi/shouhi.html>. (last accessed March 14.2012)

KEI (Korea Environment Institute), 2009. Research on improvement of recycling policy of waste of electrical and electronic equipment (in Korean).

KECO (Korea Environment Corporation) 2010: Collection achievement of WEEE (in Korean).

Lee, H.W., (2009) Analysis of the current state of the mobile internet market, Telecommunications Technology Association Journal 126,15. (in Korean).

Lee, H.G. (2008) Has the assembled PC market started to change? In Digitaltimes, 2 September (in Korean): http://www.dt.co.kr/contents.html?article_no=2008090202010251718002 (last accessed March 14.2012)

Jang, Y.C., Kim, M.C., 2010. Management of used & end-of-life mobile phones in Korea: A Review. Resour. Conserv. Recy. 55,11-19.

ROA Holdings (2011) Korean mobile market dynamics and forecast 2011-2015.

2.3

韓国電子産業環境協会・韓国関税貿易開発院 (2006) 中古電気製品の輸出実態調査

寺園淳 (2008) 日本からアジア各国へ向かう使用済み電気電子機器：ごみか資源か. 科学, 78, 768-772

Chung S.W., Yoshida F. (2008) A study of the WEEE recycling and export in Korea. J Mater Cycles Waste Manag. 19(4): 235-243

Joas A., Gressmann A. (2011) IMPEL-TFS Enforcement Actions II, Final Project Report October 2008 – February 2011.

http://impel.eu/wp-content/uploads/2011/06/IMPEL-TFS-EA-II-Project-_Final-report-adopted-v1-4.pdf

Fuse M., Yamasue E., Reck B. K., Graedel T.E., (2011) Regional development or resource preservation? A perspective from Japanese appliance exports. Ecological Economics. 70: 788-797

Kahhat R., Williams E. (2009) Product or waste? Importation and end-of-life precossing of computers in Peru. Environ Sci Technol. 43: 6010-6016

Lepawsky J., McNabb C. (2010) Mapping international flows of electronic waste. The Canadian Geographer. 54(2): 177-195

Miller T.R., Gregory J., Duan H., Kirchain R., Linnel J. (2012) Characterizing transboundary flows of used

electronics: Summary report. Boston, MA

<http://msl.mit.edu/index.php?id=35>

Ministry of the Environment, Japan (2011) Analysis of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Other Wastes in Asia (Second Edition)

http://www.env.go.jp/en/recycle/asian_net/Project_N_Research/Trend_of_Transboundary_Movement_in_Asia.html

Sander K., Stephanie S. (2010) Transboundary shipment of waste electrical and electronic equipment/ electronic scrap –Optimization of material flows and control. UBA-FB001331/E

Terazono A., Yoshida A. (2012) Current flows of electronic waste, future tasks, and possible solutions (Chapter 7). In: K. Hieronymi, R. Kahhat, E. Williams. E-Waste Management, From Waste to Resource. Routledge (New York) (published May 2012) 137-163

Yoshida A., Tasaki T., Terazono A. (2009) Material flow analysis of used personal computers in Japan. Waste Management. 29: 1602–1614

2.4

白石昌也 (2010) 「東西回廊ーラオバオ＝デンサワン国境ゲートー」石田正美編『メコン地域 国境経済を見る』アジア経済研究所

第3章 アジア地域における E-waste リサイクル技術と環境影響

3.1 アジア地域における E-waste リサイクル技術の類型化

3.1.1 ベトナムにおける E-waste 解体・選別技術

(1) フォーマルリサイクル

ベトナムでは E-waste の回収・処理業者としての登録制度はなく、E-waste（正確には E-waste のなかの有害物質）は有害廃棄物処理業者として登録を受けた業者が行うことになっている。本研究では、ベトナムのハノイ、ハイフォン、ホーチミンの E-waste を含む有害廃棄物を回収・処理している企業を訪問し、処理工程等を調査した。

ハノイの廃棄物処理企業では、ブラウン管テレビを手動の破砕機で破砕・解体し、金属部品とガラスに選別、その後、ガラスを細かく粉砕し、土・セメントなどに混ぜて固化処理していた。パソコンなどの電気電子機器は手分解の後、プラスチック、基板など素材ごとに選別して他へ売却していた。

ハイフォンの企業は、リードフレーム（回路配線）などの金属を含有する産業廃棄物を焼却処理（簡易な炉）、その後、銅精錬して銅を回収している。貴金属回収技術の導入に意欲があり、開発に投資しているということであった。

ホーチミンの企業は、大学の研究者が技術開発に関わっており、欧米豪の技術を取り入れて、蛍光灯を含む 19 種類の有害廃棄物の適正処理が可能であり、基板については、近く破砕・物理選別処理に投資を検討しているということであった。左の写真は同社の密閉式の焼却施設(300kg/d)である。

ベトナムのフォーマル企業による使用済み電子電気機器の処理は、テレビ・パソコンの解体が試験的に行われているのみであり、先進国の大手メーカーの工場やオフィスなどから排出される産業系廃棄物に限られている。解体後の基板から金・銀などを回収するフォーマル企業はまだ存在しない状況であり、技術も開発途上の段階であるといえる。



写真 3.1.1 ブラウン管の粉砕



写真 3.1.2 焼却炉

(2) 南部の「フォーマルな」 e-waste 処理業者の現状について

E-waste の処理の実態を把握すべく、「フォーマルな」、すなわち回収・処理業者として登録している業者の実態に関する質問表調査を行った。ただし、そのため、調査対象は有害廃棄物処理業者全般となった。

(以下、南部持続的発展研究所 (SISD) の調査抜粋)

調査対象としたのは、ベトナムにおいて 2000 年代に入り最も都市化・工業化が進んだ 3 省・市 (ホーチミン市および隣接するドンナイ省、ビンズオン省) の業者である。同地域には、2011 年末現在 44 社の有害廃棄物回収・処理業者が登録されている (ホーチミン市 26 社、ドンナイ省 10 社、ビンズオン省 8 社)。そのほとんどは民間企業であり、残りは各省の環境公社 (HCMC Urban Environmental Company 社など) と外資との合弁 (Holcim Vietnam Cement 社など) である。外資 100% の企業は現在までのところ設立されていなし。

本調査では、44 社中 29 社 (66%) から質問票への回答を得ることができた。回答を得られなかったのは、ホーチミン市の廃棄物回収公社である HCMC Urban Environmental Company 社と台湾資本との合弁である Thye Ming 社を除けば、全て小規模・零細規模の業者である。本調査では、同地区の主要な業者のほとんどから回答が得られたと考えてよい。

まず特筆すべき事実は、同地区で e-waste の処理を行っている企業の数は極めて少ないことである (最も多いのは廃油、廃潤滑油、溶剤の処理業者)。調査対象の業者で「使用済み電機電子製品からの廃棄物」あるいは「工場発生の e-waste」を扱っていると回答したのは 9 社であるが、その中の 2 社は運搬のみを行っている業者である。残りの 7 社のなかでも、1 社は廃油の回収のみを行っていると回答しており、おそらく電機機械類 (たとえば変圧器など) からの廃油・潤滑油の回収を行う業者であり、e-waste の処理業者とはいえないであろう。残り 6 社のうち、鉛バッテリーを処理している業者が 4 社 (ドンナイ省 2 社、ビンズオン省 2 社)、電球を処理していると回答した企業が 5 社 (ドンナイ省 2 社、ビンズオン省 3 社)、有害廃棄物を含む電機・電子製品からの廃棄物を処理している業者が 1 社 (ホーチミン市) である。

つまり、e-waste 由来の有害廃棄物を処理する業者は非常に限られており、家電製品や電機・電子メーカーの工場発生の有害廃棄物を処理する業者は、(調査の範囲内では) 1 社 (Vietnam-Australia Environmental Joint Stock Company: VINAUSEN 社) のみということになる。廃棄された電機・電子製品のほとんどはインフォーマルな解体業者へ引き取られ、解体・破碎され、基板などは中国人バイヤーに売られ、中国に輸出されていると考えられる。工場発生の e-waste は、有価物については精錬業者などでリサイクルされるが、有害物質を含む部分や、精錬業者から排出されるはずの有害廃棄物は、この 1 社により処理されているか、他地域へ移送され処理されているか (あるいは不法投棄されているか) であると考えられる。同社は電気・電子製品由来の有害廃棄物を年間 88 トン処理していると回答しているが、そこから金属類を回収してはならず、焼却を行い、残滓を保管しているのみという回答であった。また、基板は別途他業者 (不明。中国人バイヤーの可能性あり) に販売しているとの回答であった。

バッテリー処理業者はすべて、焼却炉による鉛の回収を行っている。回答が得られた業者の中で最大のキャパシティを持つ Viet Xanh 社 (ビンズオン省) で年間 4 万トンの鉛バッテリーを処理している。電球を処理する業者としては、Binh Duong Water Supply and Drainage, Environment 社 (ビンズオン省) が最大で、年間 5 万トン进行处理していると回答している (ただし、5 社中 3 社が無回答)。処理方法に関しては詳しく回答した企業はなかった。

表 3.1.1 ホーチミン市、ドンナイ省、ビンズオン省の有害廃棄物運搬・処理登録業者リスト

	企業名	調査対象
I Ho Chi Minh City		
1	Vietnam – Australia Environmental Joint Stock Company	✓
2	Green Environmental Commercial Services and Manufacturing Co., Ltd.	
3	Thành Lập Environmental Treatment – Commerce Co., Ltd.	
4	Quốc Việt Science and Environmental Technologies Co., Ltd.	✓
5	HCMC Urban Environmental Company	
6	Đại Phúc Manufacturing and Commerce Joint Stock Company	✓
7	Ngọc Tân Kiên Commerce & Manufacturing Co., Ltd VEPA	
8	PETROLIMEX Shipbuilding and Commerce Co., Ltd.	✓
9	Tùng Nguyên Manufacturing and Commerce Private Enterprise	✓
10	Petrolimex Sài Gòn Engineering and Commercial Services Enterprises	✓
11	Minh Tấn Petrol Commerce and Transportation Company	✓
12	Toàn Thắng Lợi Co., Ltd.	✓
13	Trung Nam private enterprise	
14	Dương Dung Manufacturing and Commerce Co., Ltd.	✓
15	Tương Lai Xanh Commerce, Services, Environmental Treatment Company	✓
16	Thành Duy Commerce and Services Co., Ltd.	✓
17	Lâm Phát Commerce, Import and Export, Transportation Enterprise	✓
18	Hải Thông MTV Commerce, Import and Export Co., Ltd.	✓
19	Thảo Nguyên Sáng Commerce and Environmental Treatment Co., Ltd.	✓
20	Việt Hà Commerce Co., Ltd.	✓
21	Tường Quân Waste Transportation Services Enterprise	✓
22	Tươi Sáng Environment Co., Ltd.	✓
23	Holcim Việt Nam Cement Co., Ltd.	✓
24	Trúc Xanh Manufacturing, Commerce, Service Co., Ltd.	✓
25	Biển Xanh Environment, CNKT, Commerce and Services Co., Ltd.	✓
26	Mêkong Investment and Transportation Joint stock Company	✓
II Dong Nai		
27	Tân Phát Tài private enterprise	✓
28	Cù Lao Xanh Co., Ltd.	
29	Tài Tiên Co., Ltd.	✓
30	Đại Lam Sơn Co., Ltd.	✓
31	Sonadezi Services Joint Stock Company	✓
32	Đồng Nai Services and Urban Environment Co., Ltd.	✓
33	Thanh Tùng 2 private enterprise	
34	Liên Thông Xanh Co., Ltd.	
35	Bá Phát Co., Ltd.	
36	Tân Thiên Nhiên Co., Ltd.	
III Binh Duong		
37	Thái Thành Commerce and Environmental Treatment Co., Ltd.	✓
38	Việt Xanh Manufacturing, Commerce, Environmental Services Co., Ltd.	✓
39	Mỹ Nga private enterprise	
40	Bình Dương Water Supply and Drainage, Environment Co., Ltd.	✓
41	Đại Phát Tài Commerce and Services Co., Ltd.	
42	Thye Ming Co., Ltd.	
43	Tiên Thi Manufacturing and Commerce Co., Ltd.	
44	Hải Hà Commerce and Services Co., Ltd.	

(3) インフォーマルリサイクル

ベトナムのリサイクル村などにおけるインフォーマルセクターの解体・選別工程を図に示す。基本的に、手解体して、銅、鉄、アルミ、プラスチック、ブラウン管（CRT）、電子回路（金属部品）、IC チップ（貴金属回収用）、基板などの素材・部品ごとに手選別する²。電線からの被覆プラスチックは、手作業による被覆の剥離も見られたが、野焼きも依然として行われている。モーターを丸ごと火にくべて、銅線を取り出しやすくして銅を回収している様子も見られた。ハノイ近郊の Hung Yen 省 Cam Xa で大量の E-waste が集積した一家では、プラスチックの機械破碎、湿式選別も行っていた。布マスク・手袋をはめた作業員がドライバーを用いて、部品を取り外していた。

CRT テレビは解体後、基板、CRT、プラスチック筐体、電源ユニット、電線・スピーカー、その他に分別し、電源ユニットや電線・スピーカーは銅のリサイクル業者に売却、プラスチックはプラスチックリサイクル業者に売却し、ブラウン管ガラスは、マザーボードは電線や電子部品を取り除いた後、輸出業者に売却され、その他残渣は、野焼きするか、ごみ回収システムに出して処分されている。

銅、鉄、アルミ、プラスチックは、国内のリサイクル業者に売却されるが、処理が困難なブラウン管や基板、破碎済みプラスチックは輸出されている。輸出先は主に中国である。

破損したブラウン管のガラスについては、買取価格が 500VND/kg（約 2 円/kg）と非常に低く、輸出の費用もかかることから、一部、国内で建設材料等に使われているが、空き地等に投棄（処分）されるものもある。

冷蔵庫やエアコンの冷媒は、リユースするか、大気中に放出されている。洗濯機の塩水の処分方法は不明である。電線は依然、野焼きにより銅が回収されている。

ハイフォン・Trang Minh 村では、基板から金回収リサイクルが行われているという報道があった³が、本研究の現地調査では実態を確認することはできなかった。

ホーチミン市トゥドック（Thu Duc）区には、電子機器の IC チップから金や銀、プラチナ、パラジウムといった貴金属を抽出する業者が 3 軒ある。10 年前は 30 軒以上の業者があったが、経験と複雑な技術を要する割には利益が少なくなってしまうため、多くの業者が廃業した。つまり、貴金属抽出は、（抽出技術がないから）ベトナムで行われていないのではなく、すでに衰退産業となってしまったのである。利益が少なくなった理由は、①IC チップの金の含有量が少なくなってきたため、また、金を多く含むロシア製の IC チップが市場に出回らなくなってきたため、②2000 年代に入り中国のバイヤーがプリント基板を大量に買い付け始めたことにより、IC チップの値段が上がったためである。

金、銀の抽出には重層（soda）、ホウ砂（borax）、塩化ナトリウム（NaCl）、炭酸カルシウム（CaCO₃）、そして硝酸（HNO₃）を使う。パラジウムの抽出にはさらに亜鉛（Zn）を加える。プラチナの抽出にはまず、表面にプラチナが使われている銅を含む製品（たとえばリレー（継電器）など）を見つけてくる必要がある。そして、硝酸を使って銅と分離させる。化学薬品はホーチミン

² Institute for Environmental Science and Technology of Hanoi University of Technology (2011)

“Classification of E-waste Processing Technology in Vietnam” (A report prepared for NIES)

³ テレビ朝日「すてきな宇宙船地球号」[第 535 回] 7 月 27 日 23 : 00～23 : 30 放送

「我が家にテレビが来た日 ～海を渡った中古家電の運命～」

<http://www.tv-asahi.co.jp/earth/contents/osarai/0545/>

市5区のキムビエン（Kim Bien）市場で誰でも入手可能である。



写真 3.1.3 手解体の様子



写真 3.1.4 野焼きの様子



写真 3.1.5 金を回収する E-waste 原料⁴



写真 3.1.6 貴金属抽出に使う道具

⁴ この盥 1 杯で 1,250 ドル分の金を抽出

3.1.2 フィリピンにおける E-waste 解体・選別技術

(1) フォーマルリサイクル

フィリピンでは有害廃棄物リサイクルに関して、処理・貯蔵・処分施設 (Treatment, Storage, and Disposal Facility, TSD) に関する許可・登録制度が整備されている。E-waste を処理している主要な TSD を付録にリストアップした。本研究では、いくつか代表的な TSD を訪問し、詳細な処理加工の工程・要素技術および労働安全状況を調査した。

マニラ近郊の Cavite にある TSD 企業は、密閉型の CRT テレビの自動破碎選別施設を有しており、手解体でプラスチック筐体を外した後、電子銃やシャドーマスクなどを取り外していない状態の CRT をベルトコンベヤに載せる。まず、ハンマークラッシャーで破碎した後、磁力選別機で鉄を回収し、最後に蛍光体を回収していた。パネル/ファンネルガラスは分割されていないため、混ざった状態で、密閉梱包され、韓国へ輸出されている。蛍光体は地元の有害廃棄物処理施設に引きわたされ処理 (埋立処分) されている。鉄やプラスチックなどは、他社に売却されている。基板は貴金属含有量に応じた品位ごとに分別され、それぞれマレーシア、シンガポールへ (非有害廃棄物として) 輸出されている。

従業員は、作業着、マスク、手袋を着用して作業を行っていた。ヘルメットは着用していなかった。同社は CRT テレビ・PC モニタ以外に、事業所で使用されたパソコン、コピー機、照明器具などの E-waste の解体分別も行っており、解体には電動工具を使用している。マウスやリモコン、HDD、照明器具のバルンサーなどはそのままの状態 he 社に売却されており、解体は売却先が指定した最低限の解体しか行わない方針がとられていた。



写真 3.1.7 CRT テレビの処理施設



写真 3.1.8 CRT の粉碎

Laguna にある TSD では、IC 付の基板をそのまま破碎し (ただし貴金属部分多いものは除く)、その後、ガス化溶融 (Molecular Gasification Reactor, MGR) において熱分解していた (フィリピンでは焼却処理が禁止されている)。一次燃焼の温度は 300~800°C (燃料は LPG) であり、二次燃焼の温度は 1300°C であり、ダイオキシンは発生しないということであった。最終的に、チャーとメタルアロイが生成され、メタルアロイは EU の精錬所へ輸出される。金・銀・パラジウムを回収するためには EU へ輸出しさらに精錬しなければならないためである。同社はシアンを剥離剤に用いた貴金属溶解及び電解抽出を行う設備も有している (貴金属を溶かした溶液→電気→金属粉末) が、施設の稼働率は低いように見えた。

フィリピンでは、ブラウン管の大型破碎選別施設や熱分解、電気分解などの複雑なプロセスを導入している企業もあるが、多くは主に簡単な手解体・手選別を行うのみである。基板などはコスト等の面からか、ヨーロッパ、日本、シンガポール、マレーシアなどへ輸出されるケースが多い。

(2) ショッピングモールでの E-waste 回収

マニラ市街地のある Junkshop では、ある大手ショッピングモールと独占契約を結び、回収イベントで回収された E-waste を解体処理していた。ショッピングモールの基準（制服を着る、正確な測りをつかう、定期的に価格表を出す、スリッパ・半ズボン不可など）を満たしている優良な Junkshop ということであったが、処理施設と呼べるようなものは何もなく、ショッピングモールの管理者が現場を見学した様子はなさそうであった。

作業員は通常の服装で、マスク、手袋などは着用せず、ドライバーやハンマー、ペンチなどの道具で解体処理を行っていた。ブラウン管モニタは、プラスチック管体を手作業ではずし、取り外したブラウン管は、袋に入れてハンマーで叩き割り、銅を含む電子銃やシャドーマスクなどの鉄のみ回収していた。割れたブラウン管ガラスは、行政の都市ごみ回収に出すということであった。ごみ処理サービスに年間 3000 ペソ支払っている（排出量に関係ない）。被覆電線は、以前は野焼きしていたが、バラングイ（地域の管理行政）に禁止されたため、水を入れたドラム缶に入れて煮て、被覆を剥離しやすくしているということであった。別の解体業者は依然として、川の近くで、夜間に野焼きしている。

基板は、ペンチで基板を割りながら、メモリ、CPU や EPROM などの IC 部品を取り外していた。これらはマニラ北部の Bulacan に集まっている一方、残りの基板（板）は中国へ行っている。リサイクル不可能なものには、発泡プラスチック、熱硬化性プラスチック、ガラス繊維、ガラス、断熱ウレタンなどがあつた。

(3) インフォーマルリサイクル現場の調査

フィリピンにおける E-waste のインフォーマルリサイクル現場は、電気修理店やコンピューターショップなどのショップ、再生資源を取り扱うジャンクショップ、一般世帯によるバックヤードリサイクルの 3 つに分けられる。

22 年度の委託調査⁵では、マニラ首都圏、セブ首都圏、ミンダナオ島カガヤン デ オロ市のショップ 4 箇所、ジャンクショップ 16 箇所、バックヤードリサイクル 4 箇所を訪問し、作業員数や取扱量・販売量、作業工程などを調査した。

ジャンクショップは 10～60 歳までの作業員を 1 日辺りの 5 ドル以下の賃金で 2～10 人雇っている。基板からの貴金属回収を行う作業員については、14 ドル程度の賃金が支払われている。バックヤードリサイクルは、7～10 人程度の作業員で、周囲の 10～200 世帯が同じ作業を行っている場合が多い。

ジャンクショップの初期投資は 450～4500 ドルである。主に材料（E-waste）の調達資金と考えられる、1 日あたり操業資金は 20～680 ドルで、利益率は 9～130% である。

⁵ Ballesteros, Florencio C. JR et al. (2011) “Classification of E-waste Processing Technology in the Philippines 2010 (A report prepared for NIES)

TSD（フォーマル企業）が産業系の E-waste を大量に取り扱っているのと比べて、インフォーマルリサイクラーは、家庭などからの廃家電等を取り扱っており、作業工程としては主に解体および選別を行っている。インフォーマルリサイクラーで選別された、鉄、銅、アルミなどは地元の大きなジャンクショップあるいは精錬所に売られている。基板や IC 部品は別の中間取扱業者や輸出業者に売られている。状態の良いものは、修理店などで修理用部品としてリユースされる。

表 3.1.2 再生資源価格

再生資源	価格 (米ドル/kg)
銅	7.5
アルミ	1.4
鉄 (黒)	0.27
鉄	0.34
プラスチック	0.36
基板 (TV)	0.73
基板 (PC)	6.40

解体作業は手作業で行われている。道具はドライバーやナイフ、ハンマーなどの一般的な道具で、防護用品（手袋やマスク）なども十分でないことが多い。

ブラウン管は、そのままの状態、大きなジャンクショップや地元のバイヤーに買い取られており、最終的に国外に輸出されるものもあるという。破損したブラウン管は、鉄などの金属を回収し、ガラスをゴミ収集に出される場合もあるが、回収を拒否される場合もあり、その際は敷地内の空き地などに埋められている。

インフォーマルリサイクラーにとって野焼きは最も簡単かつ早い方法であるため、被覆銅線の野焼きが依然として行われている。携帯電話の基板や IC 部品は付加価値の高いものとして認識されているため、選別されて別に流通している。一部はトレーダーを通じて国外へ輸出されている。

残渣は、通常のごみとしてゴミ収集に出されるか空き地に放置されている。

エアコンや冷蔵庫の冷媒は大気中に放出されている。断熱ウレタンや一部プラスチックなどは通常のごみ収集に出されている。

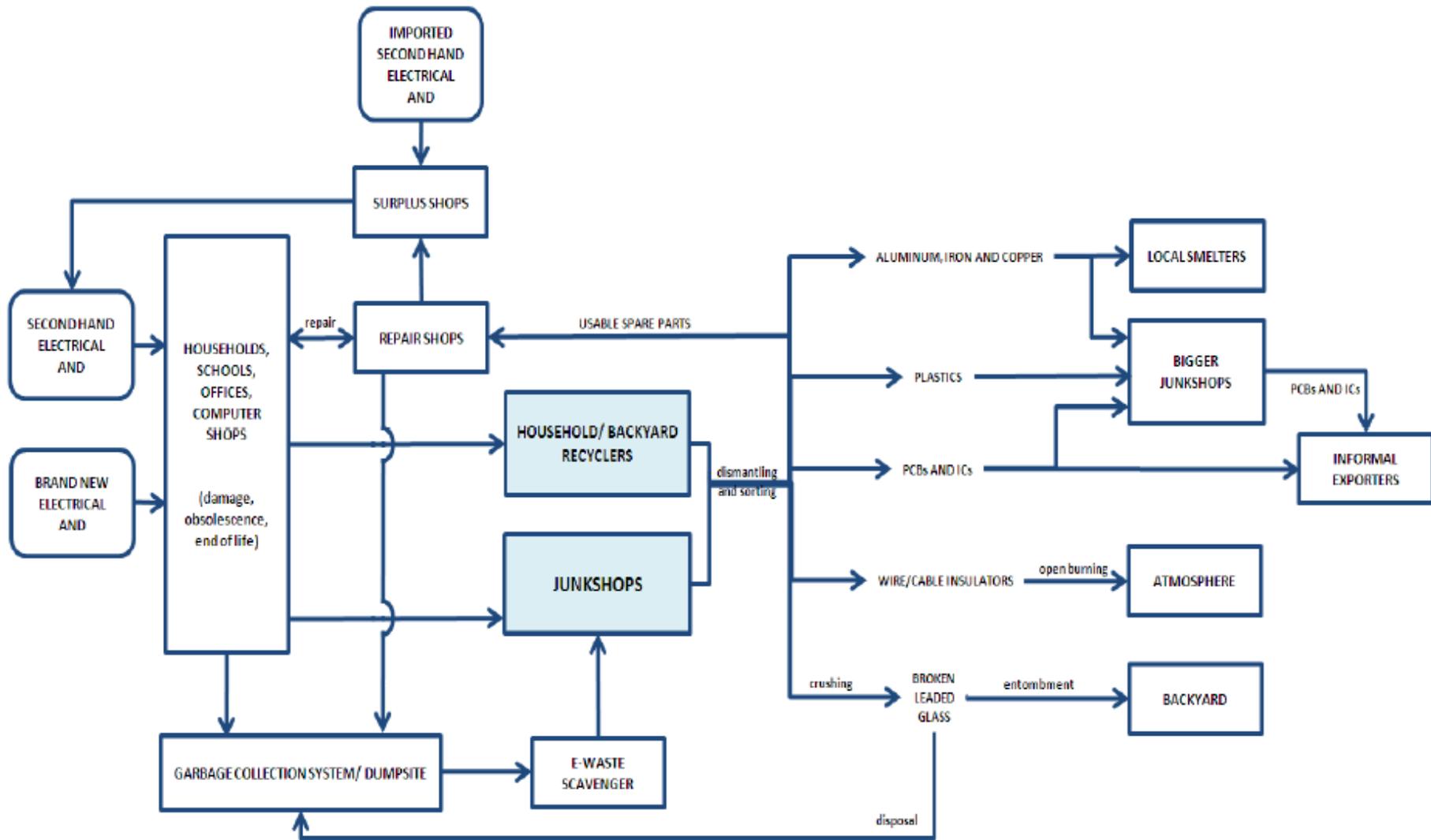


図 3.1.1 フィリピンにおけるインフォーマルリサイクルのフロー

3.1.3 インドネシアにおける E-waste 解体・選別技術

(1) フォーマルリサイクル

ジャワ島の Bekasi 市近郊のフォーマル企業では、主に日系企業のオフィスや工場から排出された E-waste を処理しており、サーバーやエアコン、ブラウン管テレビ、液晶テレビ、プリンター、ケーブル、鉛はんだなど年間 60 トンの E-waste を処理している。

E-waste は手解体して、ディスプレイ (CRT/LCD)、基板、電子部品、プラスチック、使えないものに分別する。その後、作業員がさらにガラス、鉄、銅、すず、基板、プラスチックなどの素材に他社に分別し、一部のものについては破砕、加熱溶解などの加工を行う。プラスチック破砕物、鉄くず、アルミインゴット、銅インゴット、すずインゴット、基板破砕物を、他社に売却または処理を委託している。大きなライン設備はないが、銅線の被覆ストリッパーやプラスチックや基板を破砕する破砕機、ハンダを溶かしてインゴットにする小型炉、開発中の基板処理設備などがある。

一番大きな屋根のある半開放型の建屋内では、作業員がデジタルカメラなどの小型電気電子機器を解体したり、基板を 200 度程度の電熱器の上に乗せてハンダを溶かして、IC 部品などの部品を取り外す作業を行っていた。作業員はマスクをつけて作業しており、換気設備も取り付けられているが、排ガス処理設備などは取り付けられておらず、排気はそのまま外に放出されている。このほか、すずハンダなどを加熱溶解してインゴットにする施設を有している。

基板は破砕後にセメント産業に処理費 5~10 万ルピア/t (460~930 円) を払って焼却処分している。ブラウン管ガラスは 1t あたり 100~150 万ルピア (9300~14000 円)、蛍光灯のガラス (水銀含む) は 1t あたり 20 万ルピア (1850 円) をガラス製造業者支払って処分している。



写真 3.1.9 ハンダを温めて部品を回収する様子



写真 3.1.10 銅線の被覆ストリッパー

(2) インフォーマルリサイクル

一般的な解体選別を行うインフォーマルセクターを訪問調査することはできなかった。バンドン市内の中古家電を販売する業者等をヒアリングしたところ、現地の処理方法としては、ブラウン管テレビは手解体した後、ブラウン管ガラスは粉砕し、建設材料にするか、大きな製錬所に引き渡して鉛を回収するということであった。お墓の墓石の代わりに粉砕したブラウン管ガラスを敷き詰めるという話も聞いた。残渣は一般廃棄物のごみ収集か投棄するということであった。

3.1.4 中国における E-waste 解体・選別技術

(1) フォーマルリサイクル

政府に認可された家電リサイクル企業を訪問し、処理プロセス、残渣等の廃棄状況を調査した。

山東省のある政府認可リサイクル工場では、ブラウン管（CRT）テレビは、プラスチック筐体を外し、基板、ブラウン管、補強バンド・ネックに分類する。ブラウン管のパネル・ファンネル分割は加熱したニクロム線をあててヒートショックで分割する機械が使われていた。ガラスは、洗浄後、CRT 製造メーカーに引き渡されている。蛍光粉、ラベル・ステッカーやダストは、有害廃棄物処分業者に委託して処理している。基板は基板を専門に扱う企業に引渡している。破碎したプラスチックと鉄類はリサイクル業者に売却されている。



写真 3.1.11 使用済み家電の保管状況



写真 3.1.12 CRT テレビの手解体



写真 3.1.13 P/F 分割



写真 3.1.14 冷蔵庫冷媒回収機

フロン回収の装置で回収したフロンは保管されており、ある程度たまった後、他の施設に委託して（焼却）処理するということがあった。冷蔵庫の全破碎設備破碎機の導入を検討中であったが、躊躇していた。ドイツからの設備を導入するには数千万円かかり、自社のみが導入し他社が導入しなかった場合はコストアップにより他社との競争に勝てなくなる不安があるため、処理基準が明確に規定されていないうちは、設備コストを出来る限り抑えようという考えがあるようであった。現状では人がバーナーで解体し、ウレタンを取り出している。ウレタンは焼却処理施設で焼却処分されている⁶。フロン回収方法についてガイドラインが無いため、どこまで対応すれば

⁶ フロンの焼却費用は1万～2万円/t、ウレタンの焼却コストは3000～4000元/t。

良いか分からない状況にあるということであった。エアコンの室内機・室外機取り外しの際のフロン回収方法が分からないため、現状では多くが放出されている状態にあると考えられる。埋立処分されるものには PCB ガラス繊維、CRT ガラス洗浄後の残渣、ダスト、その他リサイクルできない物、蛍光粉などがある⁷。

江蘇省の政府認可リサイクル工場では、家庭系の家電 4 品目・パソコン、市内の銀行支店から出る OA 機器、PC、ATM 機器などの処理も行っていた。まずこれらの機械を解体、選別し、電子部品・基板を取り外す。このうち高品位のものは湿式の貴金属回収施設で剥離・電解・精錬を行う。比較的はがれやすいメッキはシアンを、浸出させる必要があるものには王水を用いるということであった。同社によればシアンを取り扱いは厳しくなっており、扱える企業は限られているということであった。低品位のものは乾式ロータリーキルンで焼却・熱分解して、銅を回収する。焼却後の残渣は地元の精錬業者に売却している。他にも炉を有している中国企業はいくつかあるが、排ガス処理設備を持っていても実際には基準を守っていないケースもあり、これらの企業との価格競争に負けているということであった。現在処理している廃家電のうち 3/4 がブラウン管 TV ということであるが、回収時に TV のコイルが既に抜かれている場合もあるということであった。

(2)インフォーマルリサイクル

広東省汕頭市貴嶼鎮は、面積 52km²、人口 13.9 万人の農村地域であるが、家内工業的な E-waste リサイクルで一躍有名な地域となった。貴嶼鎮政府の発表によると、毎年貴嶼で解体処理される E-waste の量は、基板 100 万トン、部品 300 万トンであり、2008 年の E-waste および廃プラスチックの回収・解体処理加工による売上高は 20 億元（鎮全体の工業総生産額の 9 割）、納税額は 1600 数万にのぼると言われている。携帯電話やパソコン類の E-waste 部品が多く、テレビや冷蔵庫などはほとんど見られない。

貴嶼鎮の全地域において E-waste の解体加工を行っている村は 21 あり、300 の企業、5500 個人営業主、従事している作業員は 6 万人いたが、昨今の金融危機により、出稼ぎ人口が 2 万人減ったため 4 万人になった（2009 年 12 月時点⁸）。解体作業を行う出稼ぎ農民工の賃金は、1 日あたり 50 元程度である。

貴嶼鎮は 2005 年に国家発展改革委員会など 6 の政府部門から廃・中古家電回収利用の循環経済モデル地域に認定され、モデル事業としての実施計画などが検討されており、汚水処理施設（処理能力 3 万トン/日）、ごみ焼却発電施設（600 トン/日）、ごみ無害化埋立処分場の建設なども含まれている。また集中処理施設の建設に加えて、居住区域を設けて集中して居住させた。

また、貴嶼鎮において年間の売上高が数千から数億元に達する大規模企業 10 社の育成措置を実施した。鎮政府は大規模企業の投資、施設拡張を推進し、清潔生産模範企業として地域の経済貿易局に推薦するなどの支援を行ったり、華南理工大学、北京化工大学、中国科学院広州地球化学研究所等の研究機関と企業との共同研究事業を推進し、新しい技術、設備、プロセスの導入・普及を進めた。これにより改善された処理方法には以下のものがある。

⁷ 危険廃棄物の埋立処分費用は 2000 元/t である。

⁸ 貴嶼鎮人民政府が発表している 2009 年 12 月 18 日付の資料

- (1) 電線焼却 → 被覆剥離
- (2) 廃プラスチックを燃やした臭いで種類ごとに分別 → 比重選別
- (3) 基板を炉で加熱 → 局部加熱により部品の剥離回収
- (4) 解体後の基板、細い電線、残渣などの簡易焼却
→ 粉碎機で粉碎後、水や風力選別で金属・プラスチック等を分別

また、現地ヒアリングでは、過去にはコンデンサーが川に捨てられ、川が臭くなる状況であった。昔の農民はコンデンサーにタンタルが入っていることを知らなかったためであるが、今では知っているなので、捨てなくなった。温州の企業でタンタルを回収できる企業があるため、現在は温州へ運ばれているということである。

貴嶼鎮政府は、不適正リサイクル業者に対する取り締まりを強化し、2009年に21回の行動キャンペーンを実施し、酸で金属を抽出していた工場58棟（面積にして5.3万m²）を取り壊し、プラスチックくずの焼却40棟を取り締まったという。

2009年12月における本研究の現地調査からも、基板のインフォーマルリサイクルが行われていた川辺の小屋の撤去の取り締まりの効果、大規模な銅製錬と貴金属を回収する工場が建設されるなどインフラ面で改善は認められた。しかしながら、地方政府が案内しない一部の地域では、従来の基板加熱用の煙突などが依然見うけられ、基板破碎くずの投棄現場や残渣の自然発火や野焼き現場も見られたことから、場所を移転して従来の処理方法が継続されている可能性もある。



写真 3.1.15 野焼きの様子

3.2 E-waste からの貴金属回収技術

3.2.1 フィリピンにおける E-waste からの貴金属回収技術

(1) 施設の概要

フィリピンの Bulacan 州 Meycauyan 市では、インフォーマルの e-waste リサイクル業者による Au, Ag などの貴金属回収が盛んに行われている。今年度は 2012 年 1 月に、Au 回収施設（2009 年度調査とは異なる）のリサイクル状況を視察するとともに、工場副産物である Au メッキの Cu 製導電材料のターミナル（Ni, Sn も一部被覆）を模擬原料として用いて、Au 回収プロセスの把握を試みた。図 3.2.1 が同施設内での作業の一例である。

本施設は 30 年以上操業しており、商業・住宅地域と隣接している。周囲の事業所・住宅とはフェンスで仕切られており、道路と反対側が空き地となっていた。

本施設では、主として工場副産物である e-waste を購入し、解体している。解体した部品は、通常、材料を利用するジャンクショップに売却される。また、本施設は有害廃棄物の運搬も行っている。さらに、貴金属、特に Au と Ag の回収のための製錬プロセスを行っている。しかしながら、本施設内の貴金属回収は通常、どこかで発生した原材料を持ち込む部外者によって行われているとされる。施設のオーナーが本施設内で集まったターミナルや IC から貴金属を抽出する場合もあるが、少量を製錬しても利益が出ないために、供給された原料が過剰な場合に限られる。



(1) 基板解体



(2) Au 回収（酸処理法）

図 3.2.1 訪問したインフォーマルリサイクル施設での作業

(2) 労働者の社会経済状況

施設内の作業者の 80%は男性であり、運搬・解体などの力仕事を行っていた。女性はケーブルの切断・被覆剥離、小さい金属部品の選別などを行っている。この他に、季節労働者や処理する e-waste が多いときのみの期間限定労働者がいるとされている。製錬作業者は、パート労働者と同様に仕事のあるときのみ呼ばれている。

一般の労働者の給料は週当たり \$47 であり、季節労働者は同じく男性で \$35、女性で \$25 となっている。製錬作業者は有害な労働条件にあるため、特別な手当も支給されている。給料とは別に、一日 8 時間の労働時間の中で食事と軽食も与えられているという。労働者の平均年齢は 33 歳であり、最年少で 15 歳、最高齢で 56 歳である。

ほとんどの労働者は市内に居住しており、最終学歴は小学校である。なかには高卒者もいるが、

大卒者はいなかった。労働者の 90%は既婚者で、4～5 名の家族を支えていた。

(3) 一般的な健康リスク

本施設での e-waste 取扱いによって、労働者に対して次のような健康リスクが考えられる。解体の際には金属ダストを摂取している。バッテリーや他の装置の取扱いにあたっては、腐食性の液体や蒸気に曝露される。貴金属の抽出、特に製錬プロセスでは、有害な蒸気に曝露されている。ほとんどの労働者は上下に長袖の服装としているが、シアンや Pb のような有害物質を扱うときでさえ、マスクや手袋のような保護具は通常使用していない。

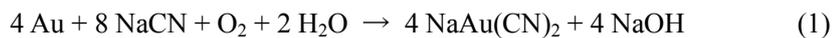
労働者の半数が経験している最も共通の健康問題は、時折の咳と風邪であった。労働者の 40%が喫煙者であり、この全員を含めて 70%が飲酒を行っているといわれていた。金属回収を行う間、若干の労働者が皮膚にアレルギーで目に見える障害を負っているとされた。

(4) Au 回収プロセス (酸処理法)

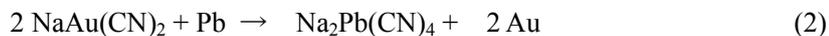
訪問した本施設で用いられていた Au 回収プロセスについて、酸処理法 (現地では chemical process) と称する。訪問時に用いられていた方法を図 3.2.2 のように示し、以下に説明する。この方法を用いられる対象は、ターミナル、基板や宝飾品である。

予め水 1L に対して、シアン化ナトリウム粉 50g と剥離剤 (アサヒリップ S-1、m-ニトロベンゼンスルホン酸ナトリウムと 15%炭酸ナトリウム) 75g でシアン化ナトリウム溶液を作成し、これに原料を漬ける。シアン化ナトリウムは Au を溶解し、剥離剤はベースメタルから Niなどを剥がすのに用いられる。Au は Ni 塗膜の上にメッキされていたため、Ni とともに Au もベースメタルから剥離した。

その後、原料とシアン化物の混合物は、Au の除去が促進されるよう、加熱と攪拌が行われた (式 (1))。固体の Cu は溶液から分離され、シアン化物のすべての微量元素が除去されるよう水で洗浄する。一方、洗浄液はシアン化金溶液と混ぜる。



次いで、シアン化金溶液を加熱して揮発させ、最終的な溶液濃度が非常に濃くなった後で、ホウ砂を添加して混合する。でき上がったペーストは、陶器の鉢かろつぽに移し、加熱・熔融する。金属 Au を得るために Pb (棒状の釣り具) を熔融物に添加する (式(2))。Au 以外の材料は上澄みとして廃棄され、回収された Au は別の容器で冷却・固形化する。



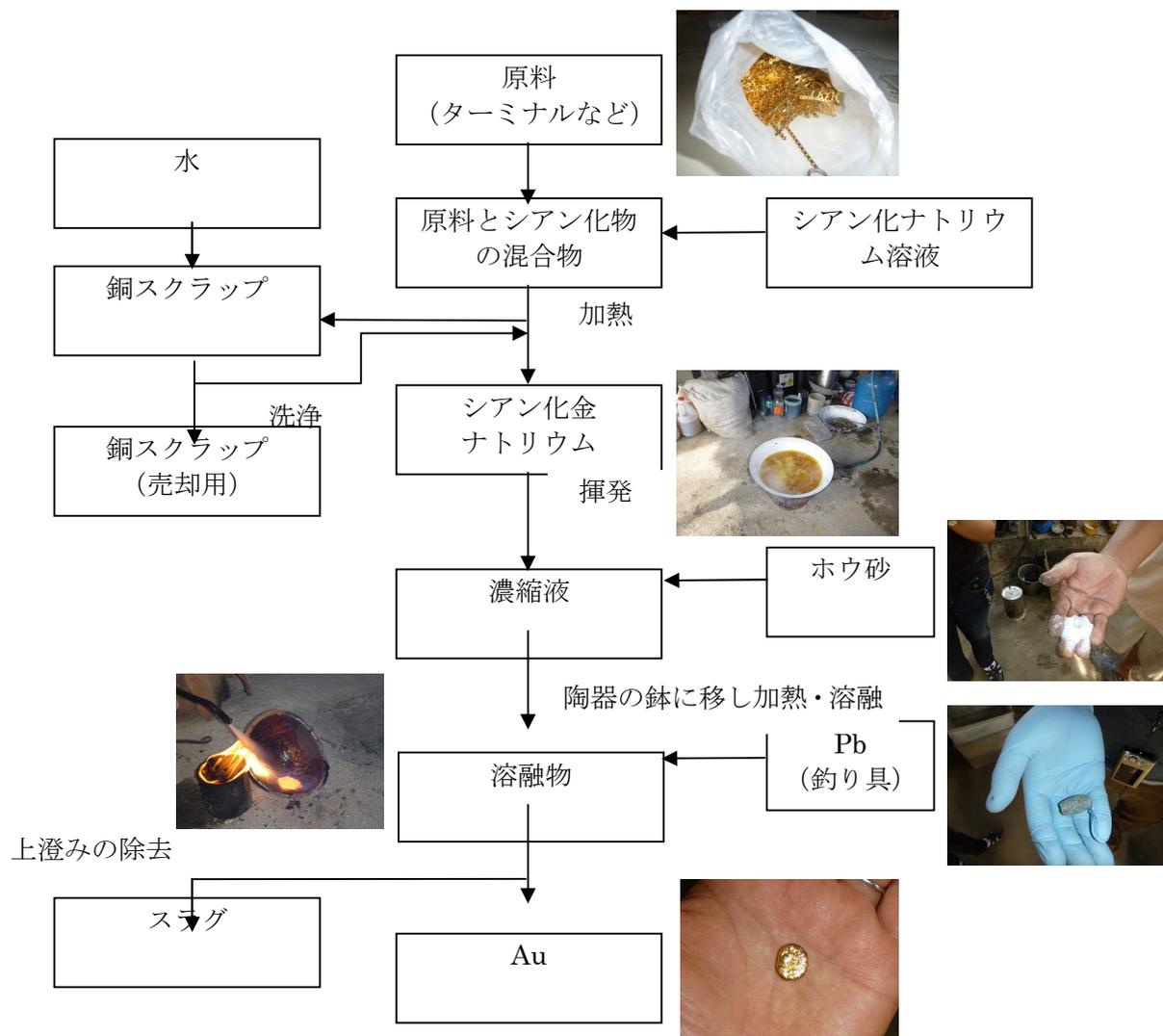


図 3.2.2 フィリピンのインフォーマル施設における金回収プロセス（酸処理法）

(5) Au 回収プロセス（加熱処理法）

IC（チップ）に対しては、加熱処理法（現地では Sunog IC process; Sunog はフィリピン語で燃焼の意）と称する別の方法を用いる。加熱処理法は図 3.2.3 に示すように、物理化学操作の組合せである。

まず、IC を人の居住地から離れた屋外で野焼きし、燃えた残渣を製錬プロセスの場所へ運ぶ。残渣をボールミルで粉砕し、粉状にする。このステップを 1~3 時間少量の水を加えながら続け、IC ペーストを得る。IC ペーストは、現地で Sambwa プロセスと呼ばれる、金属・非金属の比重分離プロセスに供される。すなわち、IC ペーストはボールミルから鍋状容器に移し、水を加えて比重によって IC 混合物から上澄みのカーボン粉を分離する。除去したカーボン粉は、コンクリート製容器に入れ、最終的には認証処理施設（TSD）で処理される。

残ったミックスメタルにはホウ砂を加え、陶器の鉢に移して加熱・熔融する。その後、Pb を添加して、式(2)によって Au を分離し、Au 以外の不純物を上澄みとして除去する。加熱時間はこの時の混合物の量によるが、1~3 時間とされる。回収した Au は別の容器で冷却・固形化される。

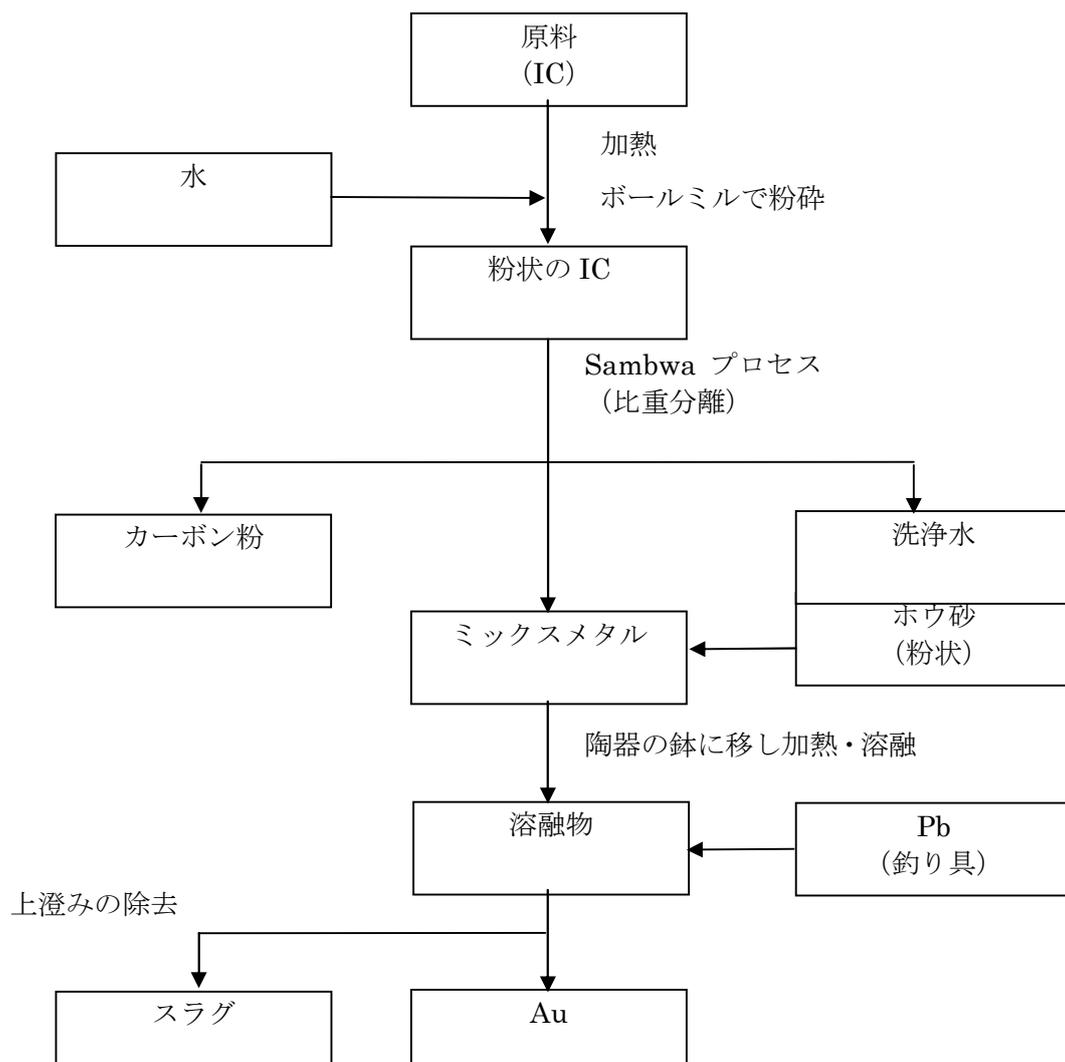


図 3.2.3 フィリピンのインフォーマル施設における金回収プロセス
(加熱処理法、Sunog IC process)

(6) 物質収支

物質収支に関して、用いる試薬や得られる産物 (Au) の量は、原料の質と量に大きく影響することに注意すべきである。今回の訪問時には、Au メッキの Cu 製導電材料のターミナル (Ni, Sn も一部被覆) を模擬原料として試行したが、以下のように物質収支を把握した。すなわち、原料 986g に対して、0.25L のシアン化溶液、1.75L の水とともに、274g のホウ砂と 228g の Pb (棒状の釣り具) が必要であった。本試行の結果、20K 程度といわれる Au を 6.4g (Au として 5.33g、全体の 5.4%) を回収した。

また、この際の原料・産物 (Au 塊)・残渣 (ホウ砂由来と Pb 由来の 2 種類のスラグ) を国内に持ち帰って、金属含有量を分析した。原料と残渣は酸溶解、産物は王水溶解、残渣はミル粉碎後に酸分解・王水溶解を行って分析試料溶液を得て、ICP 発光分析 (Na は原子吸光光度法) によって定量分析を実施した。結果を表 3.1.1 に示す。これによれば、今回の原料においては、Au、Cu でそれぞれ 0.92%、89.1%、産物においては Au が 85.2%であった。添加剤の Pb の含有量は分析していないが、スラグに多く残存しているとともに、産物の Au 塊への移行もみられた。

表 3.2.1 Au 回収プロセスの試行における原料・産物・残渣の分析結果 (mg/kg)

項目	原料	原料 (シアン化 Na溶液処理後)	産物 (Au塊)	スラグ A (ホウ砂由来)	スラグ B (鉛由来)
Au	9,200	1,500	852,000	20	40
Cu	891,000	867,000	93,800	2,400	29,300
Sn	71,100	67,700	< 10	4,300	24,700
Ni	13,800	13,400	20	1,200	74,200
Pb	< 10	20	29,200	124,000	514,000
B	< 10	< 10	40	61,800	11,200
Na	< 10	< 10	16	135,000	15,500
Si	90	90	80	136,000	36,300
Al	< 10	< 10	< 10	39,400	9,100
Ca	< 10	< 10	< 10	11,300	3,100

加熱処理法においては、原料の IC 5kg から、携帯電話の IC の場合は 4g 程度、コンピュータの IC の場合は 2g 程度の産物が得られるという。この数値については変動が大きいので注意が必要である。また、ホウ砂や Pb といった添加剤についても、その必要量は原料の質・量に依存するため算定は困難である。

2つの方法から得られる Au の純度は大きく変動し、2~22K とされている。同様に、Au の量についても原料によって変動が大きい。また、産物の Au 塊は同じ場所において、さらにホウ砂と Pb の添加と不純物の除去によって製錬を続けることで、純度を上げて 24K 程度にすることもできるという。

(7) 残渣・排ガス・排水

上記の2つの方法とも、残渣と排ガス・排水を発生させる。酸処理法では、Au メッキを除去した後に Cu スクラップが得られるが、これらは袋に入れてジャンクショップに売却され、その後は海外輸出のためにさらに貿易業者に売却される。一方、加熱処理法では、比重分離の過程で大量のカーボン粉が発生するが、タンクに保管された後、運搬されて処理業者によって処分される。2つの方法ともスラグが発生するが、これらは通常炉床に残し、量がたまたら埋め立てられる。陶器の鉢には若干の貴金属が残っているため、量がたまるまで施設内に保存してから、さらなる Au 回収に用いられる。このような回収作業は数カ月単位で実施され、回収率も通常は非常に低い。加熱処理法で残った粉状の粘土についても、カーボン粉とともに最終処分される。

排ガスについても、原料とシアン化物の混合物の加熱や、Au とシアン化溶液の揮発の過程で、水蒸気が直接発生する。この蒸気にはシアンと NO₂ が含まれるため有害であるが、施設内には安全装置や排気ファンが備わっていなかった。加熱処理法の比重分離後のミックスメタルに対しても、加熱によって水蒸気が発生する。他にも排ガスが発生するが、それらの組成については明確ではない。

排水について、酸処理法ではシアンを含む排水が、加熱処理法では化学物質はほぼ含まないものの比重分離で排水が発生し、用水路や腐敗槽に放流されたり、地上にまかれたりされているようである。

3.2.2 インドネシアにおける E-waste からの貴金属回収技術

(1) バンドン近郊における基板・IC 部品からの金・銀回収

バンドン郊外における金・銀の回収プロセスを図 3.2.4 に示す。

まず、IC 部品を刀や斧を用いて基板から手作業で取り外す。取り外した部品を、バーナーで焼いて、樹脂成分を熱分解させることで、搭載部品や金属部品と半導体のボンディングワイヤ（金）の分離を容易にしていると考えられる。リサイクラーの中には、基板ごとバーナーで焼いて炭化させ、IC 部品を取り外しやすくする場合もある。燃焼時間は 2-4 時間程度であるが、空気圧縮機を用いて加熱した場合は 1 時間程度の燃焼で良い。燃料にはガソリンを使用している。熱分解により、金属酸化物や一酸化炭素（CO）が大気に放出されていることが考えられる。

熱分解して白っぽくなった IC はすり鉢等で細かく粉砕する。篩を使って、微粒子と粗い粒子を分け、篩に残った粗い粒子は再び粉砕する。一部のリサイクラーは機械粉砕しており、より大量に粉砕することが可能である。篩の上に残った銅は、別途回収・保管され、その他金属回収業者に売却される。

細かく砕いた物を洗面器に入れて水を加え、容器を傾斜させながら水と軽い破砕物を流す。金や銀を含んだ重い物は底に残る（Panning process）。軽い破砕物と水は直接下水に放流される。

硝酸を加えて銀を溶かし、金を残す（酸分銀法）。硝酸を加えて、繰り返し溶かす作業を繰り返す。硝酸を加えて、さらにバーナーで加熱して反応を促す場合もある。このとき、オレンジ色の煙（NO₂）が発生する。検知管を用いて調べたところ、NO₂の大気中の濃度は 5ppm 未満であった。

銀を溶解した溶液に食塩（NaCl）を加え、ペットボトルに移し替えて数日おくと、銀は塩化銀として析出する。上澄み液は下水等に放流し、沈殿物は自然乾燥させる。自然乾燥させた銀はジュエリーショップ等にそのまま売ることができる。

残った固形物とほう砂を一緒に陶器の皿に入れてバーナーで加熱して溶かす。途中ですずを加え、すずが溶けて全体が沸騰するまで加熱し続けると、不純物（金属）を吸収したほう砂酸化物が slake bond を形成する。一方すずは slake をくっつけて、熔融温度を下げた精錬プロセスを促進する作用がある。

サーモメーターで測定したところ、燃焼温度は 500 度程度であった。

攪拌（Mixing）が終わると、Tin slake が上層、金銀が下層の二層分かれる。上部分のすず層を皿の外に流し出して除去する。ほう砂を加えた加熱とすずの除去作業を繰り返すと、最終的に純度 95%程度の金を得られる。

作業員は手袋やマスクを着用しておらず、排ガス処理装置なども使用していない。比重選別（panning）後の廃水には重金属等も含まれていると考えられるが、現状では未処理で下水等への放流しており、関連規制に違反している可能性がある。

精錬で使用した皿と精錬過程で発生する Tin slake（すず残渣）は他のバイヤーに売られており、そこからさらに金が回収されている。

硝酸を用いたプロセスの他に、基板表面に金メッキされている金を剥離するために、過酸化水素を用いる方法も行われている。金含有量が少ないケースでは過酸化水素が用いられているようである。

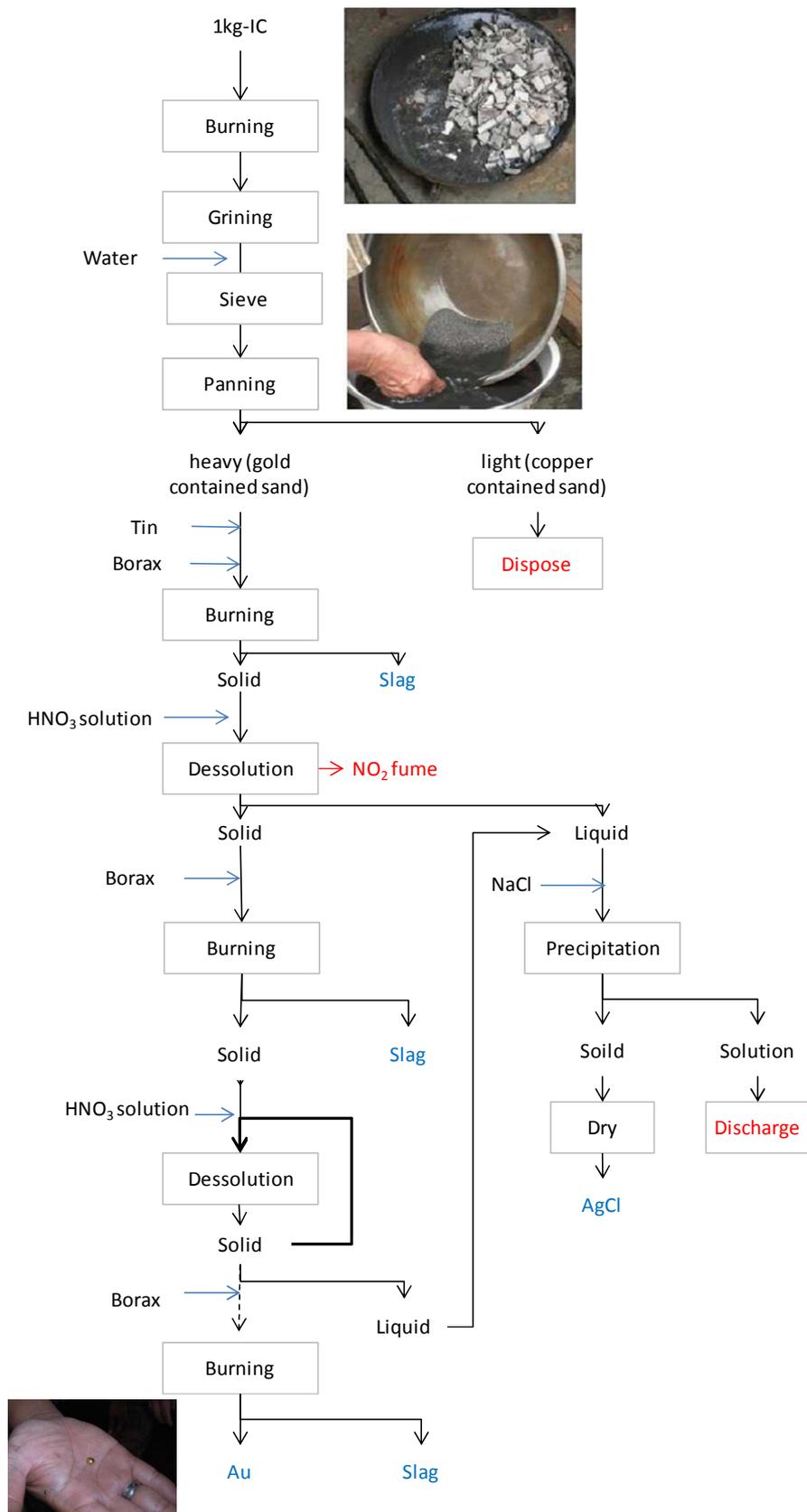


図 3.2.4 硝酸を用いた金・銀回収プロセス

(2) スラグからの金回収プロセス (図 3.2.5)

Tin, borax スラグを金属バー（おもり）が入った筒状の金属容器に入れて、水を加え、容器を回転させて粉碎・攪拌する。中身をバケツに取り出し 10 分間置くと、金属が沈殿する。茶色の沈降物をさらに Panning して、金を含む重いものとそれ以外に選別する。Panning の際、磁石を用いて鉄を回収する。最後に残ったものを、先ほどの金回収プロセスと同様、Borax をよく混ぜて加熱する。

木材を使って火力をアップするなどしており、サーモメーターを用いて測定したところ、500～800 度程度に達していた。硝酸を使ってさらに純度を高めることもあるという。また、金の含有量が少ないときには水銀を使うこともあるということであった。

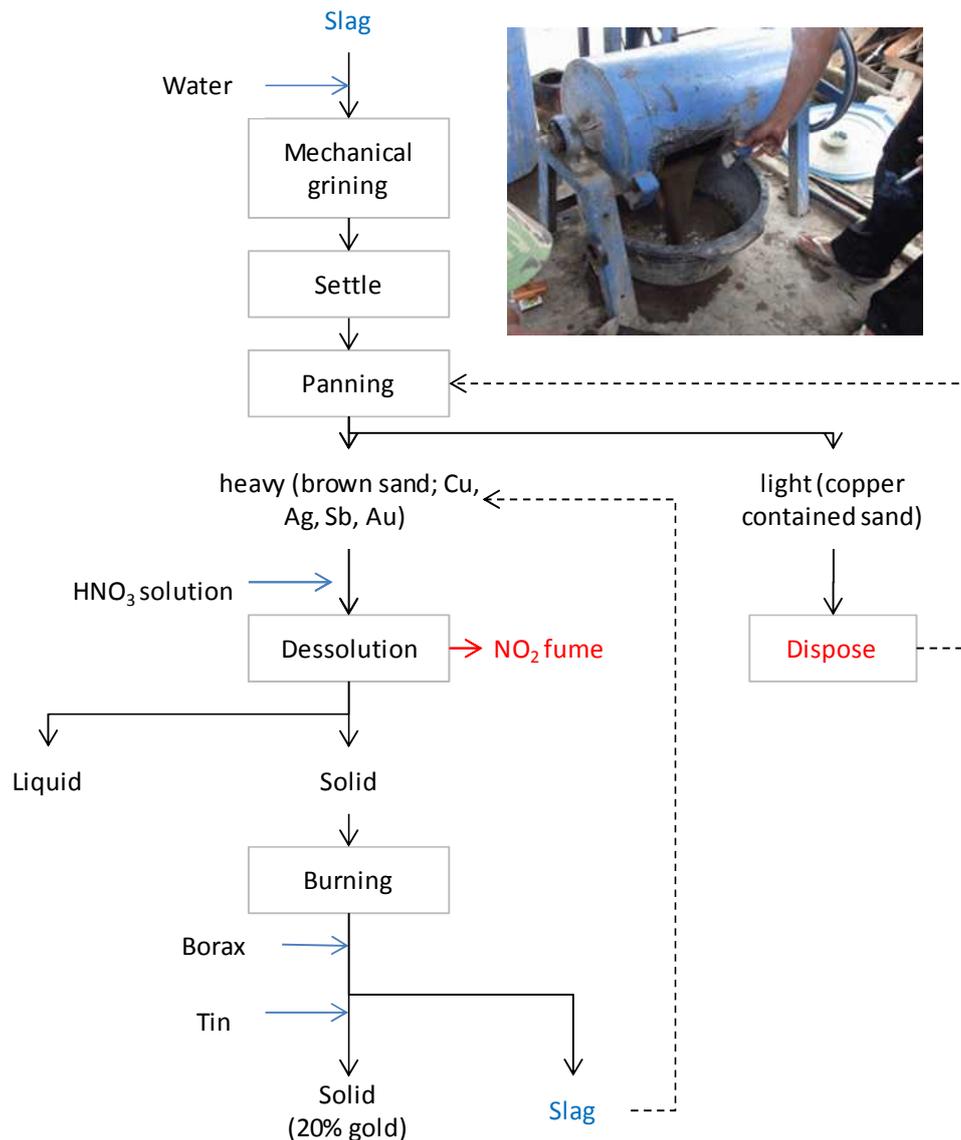


図 3.2.5 スラグからの金回収プロセス

(3) 水銀を用いた金回収プロセス（混汞法）（図 3.2.6）

鉱石と水銀、水をドラム型の破砕機に入れ、砂状にまで細かく砕く。水を流して底に残った金銀を含んだ砂を水銀とよく混ぜ、金が水銀とアマルガム（＝金銀が水銀と良く混ざる性質があり、この混ざった合金）を作ることを利用した方法である。

アマルガムを採取し、布を袋状にした中に入れて水銀を絞り出し、それを陶器の器に入れて加熱して残りの水銀を揮発させて金を残す。

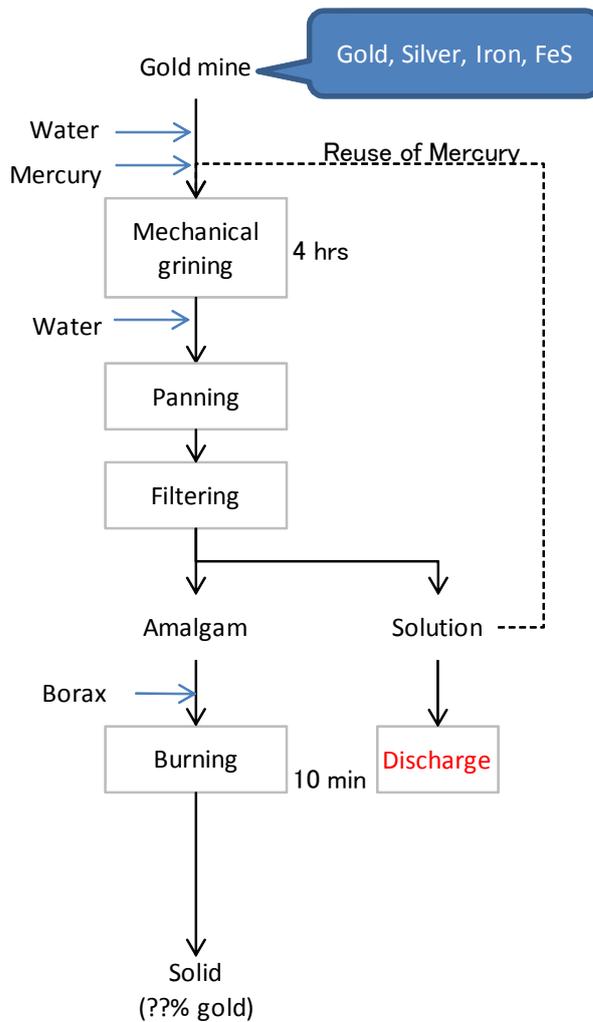


写真 破砕機の全景



写真 アマルガムを絞り取る様子

図 3.2.6 インドネシアにおける混汞法

(4) 基板からの金回収の経済性

1kg の IC から、金 1g、銀 4g、銅 300g が回収できるといわれており、仕入れ価格、売却価格、プロセスコストなどから試算すると、1kg-IC あたり、 $329,000 - 160,000 = 169,000$ Rp. (約 1560 円) の利益が出ると考えられる。

(Input) $150,000 + 10,000 = 160,000$

1kg-IC $\times 150,000$ Rp. = 150,000

Process cost (chemicals, gasoline etc) 10,000 Rp./kg

(Output) $30,000 + 5,000 + 9,000 = 329,000$

1g-Au $\times 300,000$ Rp/g = 300,000

4g-Ag $\times 5,000$ Rp/g = 20,000

300g-Cu $\times 30$ Rp/g = 9,000

金回収を行っているインフォーマルセクターは、主に家族経営で 1~2 人程度で作業しており、週に 1-2 回程度前述のプロセスを行い、金 6g/週を回収している。その他の日は基板などのマテリアルの回収に費やしている。規模の大きなところでは、1 週間に得られる金の量が 15g で、従業員数も 3~6 人いるところもある。

先代から金・銀回収していた家系もあり、昔はめがねや時計から金を回収していたが、1980 年頃から原料が E-waste に変わったという。

初期投資額は、100~150 万ルピア (約 1 万円) であり、ポンプや陶器の皿、バーナー、篩、材料購入費などが含まれる。

月収は概ね 200~250 万ルピア (約 2 万円) 程度、高い人では 400~500 万ルピア (4-5 万円) あり、フォーマル企業の作業員の給与 (手当含めて 1.5 万程度) より高いといえる。

スラグから金を回収しているところでは、週 2 袋 加工し、1 袋あたり 5-10g の金が回収できるという。1 袋あたりの価格は 30~100 万ルピア (3,000~9,200 円) である。スラグからの金回収は、基板よりも高効率に行われているといえる。

硝酸などプロセスで用いられる薬品は容易に手に入るということであり、インフォーマルな金回収業を抑制するためには、薬品等の規制も必要と考えられる。

3.3 フィリピンの E-waste リサイクル現場における環境・健康影響

3.3.1 環境・健康影響に関する既往研究

第2章で論じた廃電気電子機器 (e-waste) の発生や越境移動に伴い、不適正なリサイクルによって生じる環境汚染が国際的な社会問題となっている。e-waste には、Pb, Hg, Cd などの微量元素やポリ臭化ジフェニルエーテル (PBDE) などの有機臭素系難燃剤などの有害化学物質を多く含むものがある。国内・外からの e-waste が集積する途上国のリサイクル施設の中には、周辺環境の保全やヒトの健康を考慮しない不適切な作業やその過程で生じる廃棄物の投棄が行われているところもある。そのような不適正なリサイクル現場では、例えば、e-waste から Cu や Au などの有価金属を回収するために、王水 (硝酸と塩酸の混合液) や Hg アマルガムを用いた抽出、燃焼 (野焼き) などが行われている。このような作業環境では、有害物質が周辺環境に放出されるだけでなく、リサイクル労働者も直接あるいは間接的に有害物質に曝露していることが推察される (Schmidt C.W., 2002, 2006; Wong M.H. et al., 2007)。共同研究を行っている愛媛大学の研究グループでも、これまでにインドの Bangalore (Ha N.N. et al., 2009) やベトナム北部・レッドリバーデルタ (Tue N.M., et al., 2010a, 2010b)、ガーナの Accra (Asante K.A., et al., 2012) の e-waste リサイクル施設における有害化学物質の汚染実態について明らかにした。

このほか、アジアにおける e-waste による環境影響については、大気 (Chen A. et al., 2011; Wong M.H. et al., 2007)、土壌 (Wong M.H. et al., 2007; Leung A.Z.W. et al., 2006; Li J. et al., 2011; Tang X. et al., 2010; Lopez B.N. et al., 2011; Brigden K. et al., 2005)、水 (Brigden K. et al., 2005; Wong C.S.C. et al., 2007a)、底質 (Leung A.Z.W. et al., 2006; Brigden K. et al., 2005; Wong C.S.C. et al., 2007b)、ダスト (Li J. et al., 2011; Brigden K. et al., 2005; Leung A.Z.W. et al., 2008) を含め、様々な環境媒体中での有害金属による汚染が報告されている。

Chen A et al.(2001)による近年のレビューでは、e-waste リサイクル工場の近傍で、胎盤の Pb 濃度 (Guo Y et al., 2010)、尿中の重金属濃度 (Wang H. et al., 2011)、頭髮の Cu, Pb (Wang T. et al., 2009)、臍帯血と新生児の胎便での Pb 濃度上昇 (Li Y. et al., 2008) が確認されている。環境中の媒体としては、中国南部の e-waste リサイクル村ではダストの重金属濃度が最も高いとされている。さらに、ヒトの血液中 Pb 濃度とダストの Pb 濃度の間に強い関係があるとされている (Lanphear B.P. et al., 1997)。このように、e-waste ダストの金属はヒトの健康に深刻な影響を与えている (Leung A.Z.W. et al., 2006)。加えて、有害な重金属のみならず貴金属・レアメタルも環境中に放出されており、インドの e-waste リサイクル現場の土壌、大気、ヒトの毛髪から Ag や In が検出されている (Ha et al., 2009)。中国とインドの e-waste リサイクル現場では、Ag が土壌、水、底質から検出されている (Brigden K. et al., 2005; Wong C.S.C. et al., 2007b)。

また、e-waste リサイクル施設は、フォーマルとインフォーマルの2種類に分かれている (Chi et al., 2011)。フォーマルでは通常、当該国内での登録・許可がなされて運営され、事業所などからの e-waste を引き取っている。一般にはマスクなどの保護具を含めて環境規制を遵守し、解体・リサイクルなどの取扱いが比較的大規模になされている。一方で、インフォーマルは通常、少人数の作業者によって運営され、家庭や国外を含めてあらゆる手段で有価物となる e-waste を回収し、零細規模で解体・リサイクルが行われている。一般には環境配慮がなされずに、前述の酸抽出や野焼き、残渣の投棄などが行われている。途上国においては e-waste に関する法規制が未整備のために違法性は問いにくい、例えばフィリピンの場合は有害廃棄物リサイクルの処理・貯蔵・処分施設 (TSD) に関する許可・登録制度に基づいて、フォーマルとインフォーマルの区分が可能である。

前年度までの本研究や 3.2 においても、フィリピンに e-waste リサイクル施設が存在し、不適正な処理が行われていることを指摘した。しかしながら、これまでにフィリピンの e-waste リサイクル施設における有害化学物質の汚染実態について調査した研究は皆無である。また、フォーマルとインフォーマルの施設を対比して、環境・健康影響を調査した例はほとんどみられない。以上のことから、フィリピンをフィールドとして、環境への影響、ヒトの健康リスクを評価するために、途上国における e-waste 関連の汚染実態の解明を以下の節で試みる。

3.3.2 フィリピンの e-waste リサイクル現場における土壌・ダストの調査 (Fujimori T. et al., 2012)

(1) 方法

2010 年から、我々はフィリピンの e-waste リサイクル施設の有害物質汚染について調査を開始した。3.3.2 と 3.3.3 においては、同年 2 月と 8 月にサンプリングした調査の結果を示す。場所は、図 3.3.1 に示すような Caloocan 市を含むマニラ首都圏と、Cavite 州、Laguna 州である。フォーマルリサイクル施設は Cavite、Laguna の各 1 カ所、インフォーマルの現場は Caloocan と Cavite の計 3 カ所である。フォーマル施設は 2001 年に設立され、インフォーマルは近年運営されているという。表層の土壌はシャベルを用いて、深さ数 cm、直径 30cm 程度をサンプリングした。表層のダストは、清浄な箒で静かに掃いてサンプリングし、各々のサンプリング区画は各建物内や屋外のコンクリート床面上で選定された。土壌とダストはボールミルと凍結ミルで粉碎され、元素分析のために 150 μm 未満になるようふるいにかけた。

以上のようにサンプリングした粉状の土壌とダストのサンプルに対して、Ag, As, Cd, Co, Cu, Fe, In, Mn, Ni, Pb, Zn の分析を行った。サンプルは HNO₃ と HCl を用いて加熱分解した後、8 元素(Ag, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn)に対しては ICP-AES を用いて、3 元素(As, Cd, In)に対しては ICP-MS を用いて分析した。

濃縮係数(Enrichment factor; *Ef*)を次式によって定義した。

$$Ef = \frac{(C/Mn)_{\text{sample}}}{(C/Mn)_{\text{crust}}} \quad (1)$$

ここで、C は土壌・ダスト中の元素濃度である。濃縮係数とは、平均の地殻存在量 (Wedepohl, 1995) に対する濃度レベルを表しており、ここではベースメタルとして Mn を用いた。

また、我々は平均日摂取量 (ADD, U.S.EPA, 1997)、ハザード比 (hazard quotient; HQ)、ハザードインデックス (hazard index ; HI) を次式のように求めた。

$$ADD = \frac{C \times \text{IngR} \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (2)$$

$$HQ = \frac{ADD}{RfD} \quad (3)$$

$$HI = \sum_i HQ_i (i, \text{element}) \quad (4)$$

ここで、経口参照量 (RfD, U.S.EPA, 2011) はリスクに至らないヒトの日曝露レベルを表している。HQ の数値が 1 以下の時は、負の健康影響が生じるとは考えにくい。ここでは、他のベンチマークに基づき HQ が有害リスクを表しているとして、例えば ≤ 1 (極小)、> 1-5 (低)、> 5-10 (中程度)、> 10 (高)となる。本研究では、HI の数値が式(4)で HQ 値の合計であることから、総合的な健康リスク評価のベンチマークにこの HI 値を適用することとした。

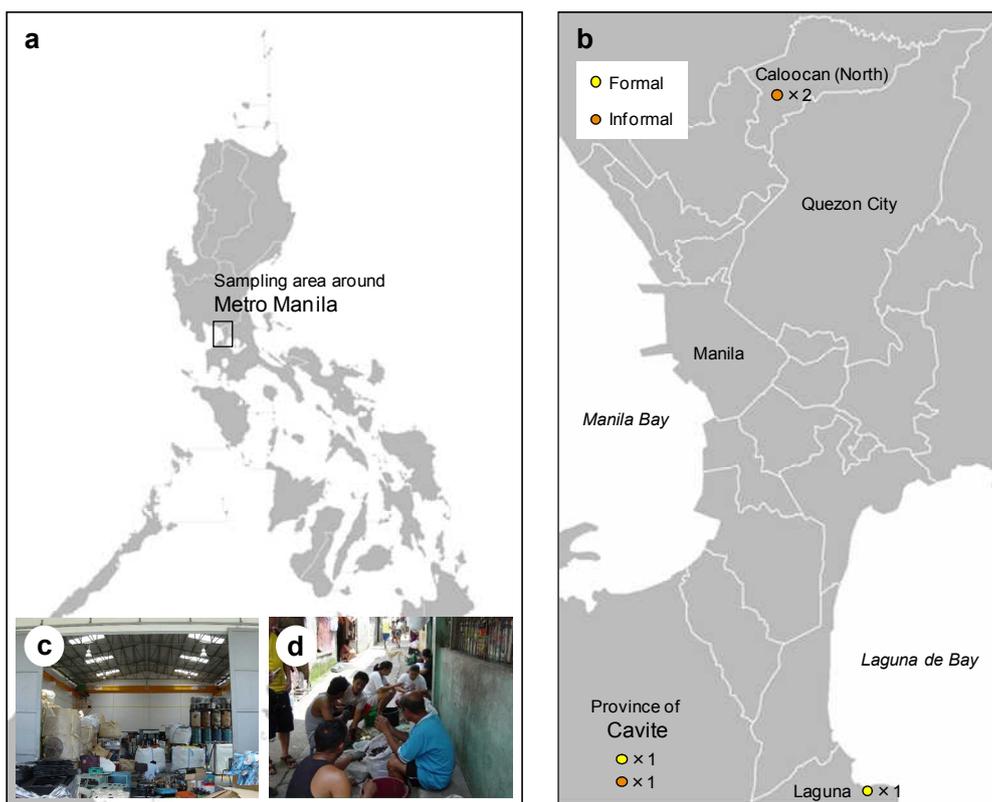


図 3.3.1 フィリピンのサンプリング地域

- a フィリピン
- b マニラ首都圏のサンプリング地域
- c フォーマルリサイクル現場の代表例
- d インフォーマルリサイクル現場の代表例

(2) 土壌・ダストの金属濃度についての結果と考察

E-waste リサイクル現場のフォーマル土壌、インフォーマル土壌、フォーマルダスト、およびインフォーマルダストの4種類の表層サンプルにおける金属濃度について、議論する。参考として、オランダの土壌ガイドライン (VROM, 2011)、ならびに中国の Guiyu (Wong M.H. et al., 2007; Leung A.Z.W. et al., 2006; Li J. et al., 2011)、台州 (Tang X. et al., 2010)、インドの Bangalore (Ha N.N. et al., 2009)、ニューデリー (Brigden K. et al., 2005)、香港 (Lopez B.N. et al., 2011) における先行研究を用いた。先行研究に基づくアジアの e-waste リサイクル現場を比較するために、フィリピンと他のアジア諸国間の表層サンプルにおける類似の代表的な金属濃度レベルを指摘するものとして「アジア域内の類似性」という用語を用いる。この用語は、他のアジア諸国での表層サンプルの代表的な金属濃度が、フィリピンにおける濃度範囲に含まれる場合に用いる。

まず、フォーマル土壌について、図 3.3.2 からはすべてのサンプルの中で最も低い金属濃度であることが示されている。これはおそらく表層の土壌が作業環境からは分離された庭などであったことによる。フォーマル土壌における Cd, As, Co, Ni, Zn, Pb, Fe の濃度からは、図 3.3.2b で示すように濃縮係数の幾何平均はほぼ 1 であり、濃縮はないことが示唆された。これは、コントロール現場であるフィリピン大学の土壌レベルとも対応している。Cu 濃度の幾何平均は、最適とされる

土壌(VROM, 2001)の9.4倍であった。Ag, Cd, Co, Cu, In, Mn, Ni, Pb, Znのレベルは、台州やBangaloreのフォーマル系の土壌と類似していた。表 3.2.1 に示すように、(i) フォーマルの土壌は平均的な自然の近くと類似した金属含有量(Cd, As, Co, Mn, Ni, Zn, Pb, Fe)を有すること、(ii) e-waste リサイクル施設からはAg(おそらく In も)の濃縮とCuによる汚染があること、(iii) フィリピン、中国(Tang X. et al., 2010) およびインド (Ha N.N. et al., 2009) で金属組成が共通していることがいえる。

次に、インフォーマルの土壌について、図 3.3.2a に示すように、フォーマルの土壌と比較してAs, Ag, Co, Mn, Ni, Cu, Fe では統計的に有意な差はなかった。In はインフォーマルのいかなる現場でも検出されなかった(<0.5mg/kg)。Pb と Zn ではフォーマルの土壌と比較して有意に高い濃度($p < 0.05$)がみられたが、インフォーマルの土壌における e-waste リサイクル現場からの特定元素の汚染であることが示唆される。図 3.3.2b での Cd (幾何平均 11), Pb (26), Zn (9.6)の高い濃縮係数を確認したが、Cd, Pb, Zn で最適とされる土壌の数値(VROM, 2001)のそれぞれ 3.1 (1.0–14)倍、9.4 (1.5–92)倍、6.4 (2.6–14)倍の高さであった。Guiyu のプリンタローラ投棄場 (Leung A.Z.W. et al., 2006) や放棄された作業場 (Li J. et al., 2011)、台州における家庭規模のリサイクル作業場 (Tang X., et al., 2010)、Bangalore における e-waste リサイクル現場 (Ha N.N. et al., 2009)、香港における e-waste 解体現場 (Lopez B.N. et al., 2011) といった先行研究と比較し、本結果はアジア諸国でのインフォーマルの土壌の中で Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn で類似の濃度であった。加えて、Pb と Zn の濃度は、Guiyu (Wong M.H. et al., 2007; Li J. et al., 2011) と香港 (Lopez B.N. et al., 2011) における e-waste の野焼き現場と類似であった。Guiyu で酸抽出を行っていた放棄作業場の土壌 (Li J. et al., 2011) は、As, Cu, Ni において、本研究で見つかったインフォーマルの土壌の最大濃度よりも高かった。本研究でのインフォーマル現場では酸抽出は実施されていなかったため、リサイクル活動の違いが金属汚染に影響した可能性がある。したがって、解体や投棄のような e-waste リサイクル・処理現場からのインフォーマルの土壌を含めた場合、次のことが観察された。(i) As, Co, Mn, Ni, Fe はインフォーマルの土壌内で近くと同様の組成であった。(ii) Ag の濃縮と Cd, Cu, Pb, Zn による汚染が特定された。(iii) フィリピン、中国 (Leung A.Z.W. et al., 2006; Li J. et al., 2011; Tang X., et al., 2010)、インド (Ha N.N. et al., 2009)、香港 (Lopez B.N. et al., 2011) でのインフォーマルの土壌においては、特定の金属 (Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn) の濃度にアジア域内の類似性がみられた。

さらに、フォーマルのダストについては、図 3.3.2a に示すように、As, In, Ag, Ni, Zn, Pb, Cu, Fe において4種のサンプルの中で最大の濃度を有していた。Cd はインフォーマルの土壌とダストで同様であった。図 3.3.2a に示すように、Ni と Cu はそれぞれ幾何平均 2,100 (760–8,400) mg/kg、26,000 (8,700–94,000) mg/kg であり、インフォーマルのダストより有意に高かった($p < 0.05$)。Ag の濃度は平均で 95 (5.0–250) mg/kg であった一方、Pb は 6,200 (690–130,000) mg/kg、Zn は 3,000 (1,300–7,700) mg/kg であった。フォーマルのダストの金属濃度はインフォーマルのダストと類似していたが、フォーマル・インフォーマルの土壌より高かった (図 3.3.2a)。合計7つのフォーマルダストのサンプルでは、検出限界を上回る In 濃度がみられたが、これは In がフィリピンのフォーマルダストでみられる特定のレアメタルであることを示唆している。フォーマルダストは土壌のアクション値 (VROM, 2001) と比較して、Ni, Cu, Pb, Zn のそれぞれで 10 (3.6–40)倍、137 (46–495)倍、12 (1.3–245)倍、4.2 (1.8–11)倍高くなっていた。フォーマルのダストにおいては、濃縮係数の幾何平均値をみると、Ag, Cu, In, Pb のそれぞれで 1,000 倍、1,100 倍、190 倍、220 倍であった。フォーマルダストの As と Fe はフォーマルの土壌より有意に高濃度であったが、サンプル間の濃縮係数をみると有意差は認められなかった。フォーマルダストの As と Fe は、Co と Mn と同様に、主として平均的な地殻様土壌から得られた可能性がある。フォーマルダストから得られた知見は以下

のとおりである。すなわち、表 3.3.1 にまとめているように、(i) 深刻な金属汚染(Ni, Cu, Pb, Zn)と中程度の汚染(Cd)があること、(ii) 極めて高い金属濃縮があること(Ag, In)、そして(iii) 地殻由来の元素 (As, Co, Fe, Mn)があることである。

最後に、インフォーマルのダストについては、図 3.3.2a に示すように、フォーマルのダストと統計的に同程度の金属濃度(In, Ni, Cu を除く)であった。これより、インフォーマルとフォーマルのダストにおける特徴的な金属組成を表 3.3.1 に示す。Pb と Zn はインフォーマルダストに最もよくみられる汚染物質であり、最大の濃度で存在していた。In はインフォーマルダストでは 0.5 mg/kg を超えて存在することはなかった。インフォーマルダストはフォーマルより Ni (幾何平均 380 mg/kg)と Cu (6,300) で低い濃度であったが、フォーマル・インフォーマルの土壌よりは高濃度であり(図 3.3.2a)、アクション値 (VROM, 2001) よりそれぞれ 1.8 倍、33 倍であった。ここで、同様の作業を行っているインフォーマル現場と本研究のダスト中金属濃度を比較する。比較対象は、Guiyu の基板リサイクル作業場 (PCBRW; Tang X. et al., 2010)、同作業場が並んでいる路上 (Street B-1; Leung A.O.W. et al., 2006)、選別・はんだ回収の作業場 (SSRW; Brigden K. et al., 2005)、プリンタ解体作業場 (PDW; Brigden K. et al., 2005)、ならびに New Delhi における基板と関連素材の選別作業場 (CCSW; Brigden K. et al., 2005)、狭い路上のリサイクル作業場 (Street N; Brigden K. et al., 2005) である。マニラ首都圏周辺のインフォーマルダストは、Ag, As, Cd, Pb で Guiyu の PDW、New Delhi の CCSW と同程度の濃度であり、Guiyu の SSRW より低かった。加えて、インフォーマル現場の Cd (13 mg/kg)と Pb (4,100)の最大値は、Guiyu の PCBRW や Street B-1 の平均値を下回っていた。中国のインフォーマル現場の Ag, As, Cd, Pb を除いて、表 3.3.1 はインフォーマルダスト (土壌汚染がない場合) の金属濃度がフィリピン、中国、インド間のアジア域内類似性を有していることを示している。

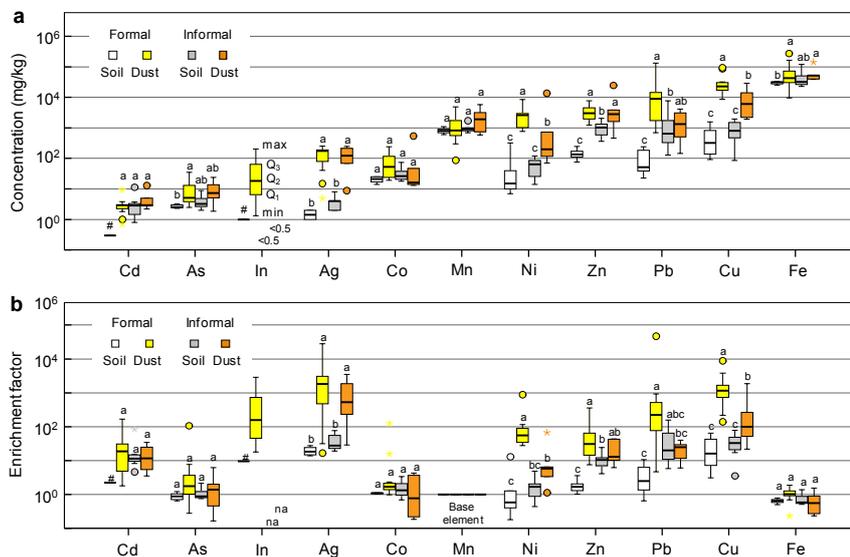


図 3.3.2 フィリピンの e-waste リサイクル現場のダスト及び土壌における 11 元素の含有濃度(a)と濃縮係数(b)

表 3.3.1 4種の表層土壌・ダストの金属の特徴分類とアジア域内の類似性比較

	Formal soil	Informal soil	Formal dust	Informal dust
Crust-derived metals	As ^b , Cd, Co ^a , Fe ^b , Mn ^a , Ni ^c , Pb ^c , Zn ^c	As ^{ab} , Co ^a , Fe ^{ab} , Mn ^a , Ni ^c , (In?)	As ^a , Co ^a , Fe ^a , Mn ^a	As ^{ab} , Co ^a , Fe ^a , Mn ^a , (In?)
Enrichment metals	Ag ^b , (In?)	Ag ^b	Ag ^a , In	Ag ^a
Polluted metals	Cu ^c	Cd ^a , Cu ^c , Pb ^b , Zn ^b	Cd ^a , Cu ^a , Ni ^a , Pb ^a , Zn ^a	Cd ^a , Cu ^b , Ni ^b , Pb ^{ab} , Zn ^a
Intra-Asian similarity*	Philippines, China, India	Philippines, China, India, Hong Kong	Philippines	Philippines, China, India**

Concentrations are ordered by a > b > c according to statistical difference ($p < 0.05$).

*See text for a description of this term.

**Without Ag, As, Cd, and Pb from PCBRW, Street B-1, and SSRW in China (ref. Table S8).

(3) 表層サンプルの金属の有害性評価

非発がんリスクの評価を行って、本研究を e-waste リサイクル現場からの土壌・ダストを同様に摂取するシナリオを有する先行研究 (Leung A.O.W. et al., 2006) と比較するために、式(3) (4)を用いて有害性に関する指標 (HQ、HI) を計算した。このプロセスを通じて、表層の土壌・ダストの「潜在的な」有害リスクを議論する。

Cu で若干汚染されたフォーマルの土壌 (表 3.3.1) は、図 3.3.3 で示すように HI 値が最低であった (中央値と最大値<1.0) ことから、成人と子供に対するリスクは小さかったものと考えられた。成人と子供に対するフォーマルダストの HI 中央値は、それぞれ 4.6 (中程度)、37 (「高」リスクの 3.7 倍) と計算された (図 3.3.3a)。フォーマルダストの HI 最大値は、図 3.3.3a から成人に対して 61、子供に対して 490 であり、極めてリスクが高いと指摘された。フォーマルダストの Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn の HQ の合計値から比較可能な HI 値を計算すると、中国の Guiyu における PCBRW と並ぶ Street B-1 のダストと同程度であった。また、フォーマルダストの Co, Ni, Zn の HQ 値は、PCBRW のダストと同程度であった。フォーマルダストにおける Pb の HQ の平均値は PCBRW のダストより低かったものの、Cu の HQ の平均値は PCBRW と Street B-1 よりそれぞれ 4.0、5.3 倍程度高い値であった。これより、フィリピンのフォーマルダストは Cu が特有の有害金属であると考えられる。

図 3.3.3b からは、Pb と Cu がそれぞれ 75%、17%と HI 値に対して主たる寄与元素であることが示されている。フォーマルダストは In が濃縮されているが、本研究では In の経口 RfD は確認されなかった。In は透明導電性フィルム (酸化インジウムスズ, ITO) として薄型パネルや太陽電池パネルに用いられており、半導体の中には InAs や InP を含むものもある。近年の研究 (Homma T. et al., 2003; Lison D., 2009) では、ITO への曝露は肺疾患と関連する疑いがあり、InAs や InP が発がん性を有する可能性もある。加えて、In はインドのリサイクル作業員の毛髪からも検出されている (Ha N.N. et al., 2009)。以上より、ハイテク産業の e-waste の端材などから発生するフォーマルダストを摂取することは、健康リスクの可能性が示唆される。

インフォーマルのダストと土壌の HI 値については、図 3.3.3b にあるように Pb の HQ 値が主た

る寄与であったが、両者に相違はみられなかった（図 3.3.3a）。しかしながら、インフォーマルのダストとフォーマルの土壌の間には有意差($p < 0.005$)がみられた。フォーマルの土壌と比較すると、図 3.3.3a に示すようにインフォーマルの土壌の HI 値はほぼ有意な差($p = 0.053$)がみられた。HI 値はインフォーマルの表層サンプルの間で有意差はなかったものの、インフォーマルダストの Cu の HQ 中央値はインフォーマル土壌のそれよりも 8.1 倍高くなっていた($p < 0.005$)。すべての表層サンプルの中で、HI 値への寄与は Cu の HQ が最も大きく、インフォーマルダストでは 25%となっていた。表 3.3.2 に示すように、インフォーマルダストの Co, Cu, Ni, Zn の平均の HQ 値は、中国の PCBRW のそれ (Leung A.O.W. et al., 2006) と同程度となっていた一方、Cd と Pb の HQ 値は PCBRW と Street B-1 (Leung A.O.W. et al., 2006) よりも低くなっていた。

これらより強調できることは、インフォーマルリサイクル現場のダスト (HI 中央値>10, 最大値 32) や土壌 (HI 中央値=3.3, 最大値 30) の摂取によって子供に対して潜在的な健康リスクが認められることである。子供においては、式(2)で計算しているように、摂取率と低体重のために平均日摂取量 (ADD) が成人よりも高くなる。本研究のインフォーマルの e-waste リサイクル現場では、子供たちも生活のために親と一緒に、あるいは自分たちで働いていた。先行研究では、子供の e-waste 労働者の血液が Pb によって汚染され (Huo X., 2007)、家庭も比較対照より金属濃度が高かったとされている (Brigden K., 2005)。さらに、e-waste リサイクル現場近傍で胎児だった場合には母親からの重金属汚染の可能性も指摘されている (Li Y., 2008)。

表 3.3.2 本研究および中国での比較可能な研究 (Leung A.O.W. et al., 2006) における、子供に対する HI と HQ

City, country	Area, matrix	Average HQs						HI = \sum HQs (Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn)	
		Cd	Co	Cu	Ni	Pb	Zn	Average	Max
Around Manila, Philippines, this study	Formal sites, soil	0.0038	0.28	0.16	0.011	0.39	0.0054	0.58	1.22
	Formal sites, dust	0.013	0.17	10.7	1.78	74.3	0.15	87.0	488
	Informal sites, soil	0.039	0.047	0.31	0.039	7.57	0.045	8.03	29.3
	Informal sites, dust	0.044	0.35	3.2	1.59	6.44	0.26	11.6	29.8
Guiyu, China [13]	PCBRW, dust	0.34	0.014	2.67	0.96	402	0.19	406	772
	Street B-1, dust	0.18	0.012	1.97	0.19	82.6	0.10	85.2	502
	Street B-2, dust	0.072	0.0046	0.23	0.057	3.60	0.023	4.05	9.61
	School yard, dust	0.069	0.0041	0.15	0.032	2.31	0.028	2.75	4.32
	Street L, dust	0.097	0.0072	0.52	0.065	0.83	0.020	1.82	6.73
	Street G, dust	0.054	0.0027	0.019	0.016	0.25	0.023	0.42	1.93
	SU, dust	0.061	0.0057	0.013	0.012	0.22	0.0083	0.40	0.70

HI は同じ曝露シナリオにおける Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn の合計を計算している比較可能である。太字は 1.0 以上の数値。

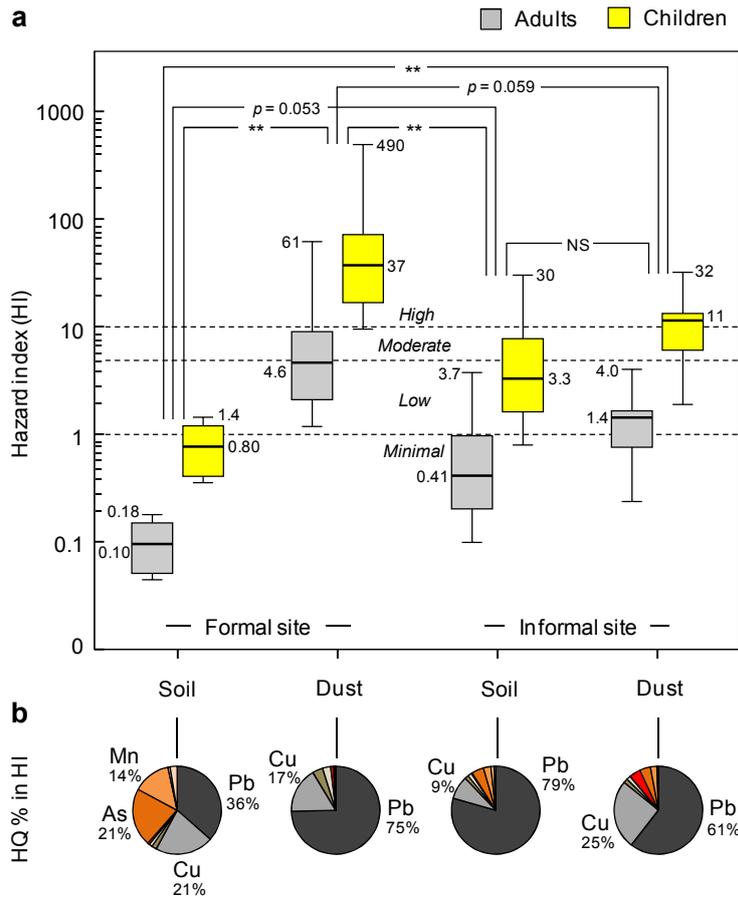


図 3.3.3a 成人と子供に対するハザードインデックス (HI)

同図 b HI に対する HQ の元素比をパイチャートで示したもの

9 元素(Ag, As, Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn)のハザード比 (HQ) は、経口参照量 (RfD) を含めて U.S.EPA の曝露係数ハンドブック (U.S.EPA, 1997) における摂取シナリオ (USEPA 2011; JECFA 1993) に基づいて合計したもの。**は $p < 0.005$ での有意差を示す。記載の数値は HI の中央値と最大値。NS は非有意。

(4) まとめ

本研究では、フィリピンのマニラ首都圏の周辺にあるフォーマルとインフォーマルの e-waste リサイクル現場において、表層の土壌とダストの 11 元素(Ag, As, Cd, Co, Cu, Fe, In, Mn, Ni, Pb, Zn) の濃度を求めた。調査の結果、e-waste リサイクル現場のダストの方が、土壌と比較して金属元素濃度が高いことがわかった。加えて、フォーマルとインフォーマルの現場では、金属汚染の状況が異なっていた。フィリピン、中国、インド、香港における e-waste リサイクル現場を比較した結果、地理的には離れていても表層の土壌・ダストは類似の濃度であることがわかった。ただし、フォーマルのダストの比較は行っていないため、フィリピン以外のフォーマルダストの調査は今後の課題である。フォーマルの業者では、作業服、マスク、メガネなどの保護具が用いられているが、フォーマルのダストで最も有害な金属 (特に Pb, Cu) に対する徹底した対策が必要かもしれない。一方、インフォーマルの e-waste リサイクル現場において、土壌・ダストを子供が摂取することによる健康リスクも高いといえる。

本研究では、表層の土壌・ダストの経口摂取による非発がん健康リスクを比較評価したが、今後は平均日摂取量に対する食物・水による寄与や、金属の生体内取り込み可能性、ならびに複数元素による有害性なども検討する必要がある。

3.2.3 フィリピンの e-waste リサイクル労働者における微量元素曝露

本節では、フィリピンの e-waste リサイクル施設の作業従事者から採取した毛髪および血液の微量元素濃度を測定し、ヒトの微量元素曝露の実態について調査した結果について報告する。

(1) 試料と方法

2010年2月および8月に、フィリピンの e-waste に関するフォーマルリサイクル施設(FA, FB, FCの3施設)、インフォーマルリサイクル施設(IFA, IFB, IFC, IFD, IFJの5施設)、そしてそれらの対照地域(REFの1地域)で調査を実施した。被験者に研究内容を説明し、インフォームドコンセントを得た後、毛髪(n=40)と血液(n=44)を採取した。なおインフォーマルリサイクル施設(IFJ)において、子ども(10歳以下)の血液も採取することができた。得られた試料は、愛媛大学沿岸環境科学研究センターの生物環境試料バンク(es-BANK)(Tanabe, 2006)に分析まで-25℃で保存した。

毛髪は、0.3%ポリオキシエチレンラウリルエーテルで超音波洗浄し、80℃で12時間乾燥後、粉砕した。毛髪・血液ともに、硝酸でマイクロ波加熱分解(ETHOS, Milestone)した後、分解溶液を超純水で希釈した。希釈溶液中の微量元素(Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Ga, As, Se, Rb, Sr, Mo, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Cs, Ba, Tl, Pb, Bi)を、誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS; Agilent 7500cx, Agilent Technologies)で、Hgを還元気化原子吸光光度計(CV-AAS; Model HG-450, Hiranuma Sangyo Co.)で定量した。以上の微量元素分析は既法(Ha N.N. et al., 2009)に従った。

(2) 結果と考察

e-waste リサイクル施設と対照地域間でヒト毛髪および血液中微量元素濃度を比較したところ、多くの微量元素(Al, Cr, Mn, As, Se, Ag, Cd, In, Sn, Pb)が対照地域よりもリサイクル施設で有意に高値を示した。またこの傾向は、血液よりも微量元素濃度の高い毛髪で顕著であった。以上のことから、リサイクル作業労働者は e-waste のリサイクルの過程で直接あるいは間接的に微量元素に曝露していることが推察された。

次に、e-waste リサイクル施設と対照地域間のヒト毛髪および血液中微量元素濃度の差について詳細に検討したところ、各リサイクル施設の作業形態・取り扱っている e-waste の品目に依存した微量元素曝露の実態が明らかとなった。すなわち、e-waste から Ag の抽出・精錬を主に実施しているインフォーマルリサイクル施設(IFAとIFB)では、労働者の毛髪から高濃度の Ag(最大値、16.7 μg/g 乾重当たり)が検出された。主に e-waste を解体しているインフォーマルリサイクル施設(IFJ)の労働者の毛髪および血液中 Cd 濃度は、他の地点よりも有意に高値を示した。Pb は全体的にリサイクル施設の労働者で高いことがわかった。特に、インフォーマルリサイクル施設(IFJ + IFC + IFD)において、数名の労働者の血中 Pb 濃度は高血圧(Silbergeld et al., 2000)やヘム合成阻害(ATSDR, 2007)の閾値(それぞれ 10 μg/dl)を超過しており(図 3.3.4)、インフォーマルリサイクル施設労働者における Pb による健康リスクが懸念された。興味深いことに、毛髪中 In および Sn 濃度はフォーマルリサイクル施設(FAとFB)で有意に高く(図 3.3.5)、また両元素の間には有意な正の相関関係が認められた。これらリサイクル施設ではソーラーパネルも処理して

いるが、この製品には In と Sn の化合物が使われている。フォーマルリサイクル施設 (FA と FB) の労働者の毛髪で見られた高濃度の In と Sn は、太陽光パネルのリサイクル作業に由来することが示唆された。

一部のインフォーマルリサイクル施設 (IFJ) では、成人だけでなく、子どももリサイクル作業に従事していた。そこで、成人と子どもの血中微量元素濃度を比較したところ、子どもよりも成人で Fe や Zn、Se、Rb、Cs が高く、一方、成人よりも子どもで Cu や Sb がそれぞれ有意に高い値を示した。このことは、両者の間のリサイクル作業の違いや微量元素の代謝能力の差などに起因すると考えられる。

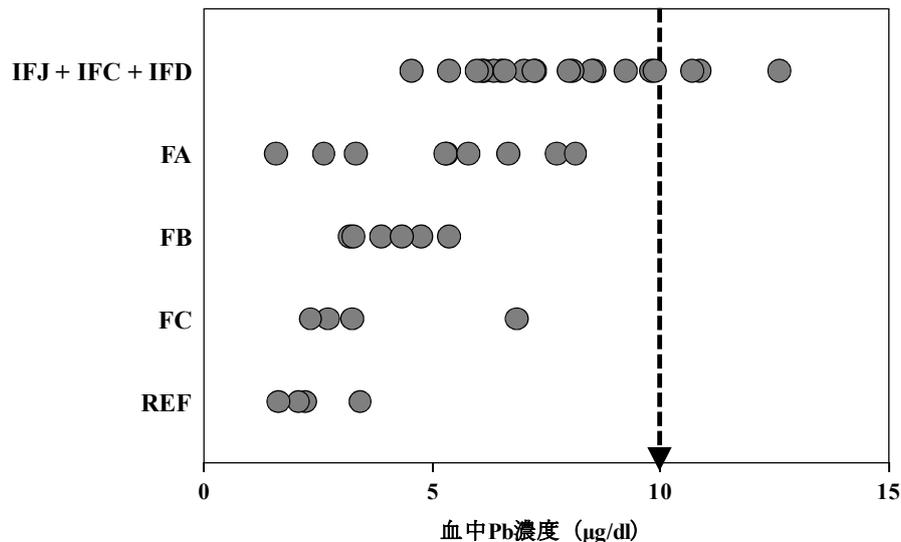


図 3.3.4 e-waste リサイクル施設と対照地域のヒト血液中 Pb 濃度
破線は高血圧 (Silbergeld et al., 2000) およびヘム合成阻害 (ATSDR, 2007) の閾値を示す

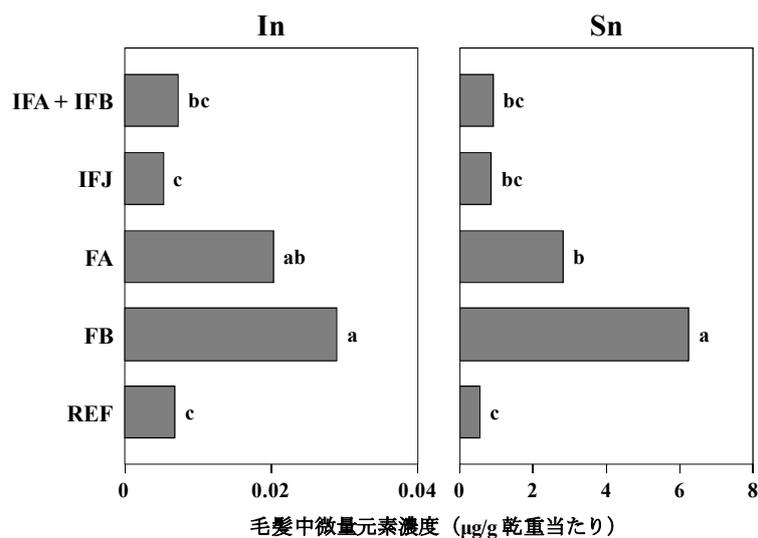


図 3.3.5 e-waste リサイクル施設と対照地域のヒト毛髪中微量元素濃度 (平均値)
異なる文字 (a, b, c) は $p < 0.05$ で有意差があることを示す

(3) まとめ

フィリピンの e-waste リサイクル施設労働者は高濃度の微量元素に曝露していること、またその曝露パターンはリサイクルの状況によって異なることが明らかになった。今後は、労働者・子どもへの微量元素の曝露経路を明らかにするとともに、その健康リスクを評価することが必要であると考えられる。

第3章 参考文献

3.1

- Institute for Environmental Science and Technology of Hanoi University of Technology (2011) “Classification of E-waste Processing Technology in Vietnam” (A report prepared for NIES)
- Ballesteros, Florencio C. JR et al. (2011) “Classification of E-waste Processing Technology in the Philippines 2010 (A report prepared for NIES)
- Sukandar (2011) “Classification of Electronic Waste Processing Technology in Indonesia (Case of Bandung City and Its Surroundings)” (A report prepared for NIES)

3.2&3.3

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2007) ToxGuide™ for Lead.
- Asante, K.A., Agusa, T., Biney, C.A., Agyekum, W.A., Bello, M., Otsuka, M., Itai, T., Takahashi, S., Tanabe, S., (2012) Multi-trace element levels and arsenic speciation in urine of e-waste recycling workers from Agbogbloshie, Accra in Ghana. *Science of the Total Environment* 424, 63-73.
- Brigden, K., Labunska, I., Santillo, D., Allsopp, M. (2005) Recycling of electronic wastes in China and India: Workplace and environmental contamination; Technical Note 09/2005 (Section 1); Greenpeace International, Greenpeace Research Laboratories, Department of Biological Sciences, University of Exeter: Exeter EX4 4PS, UK.
- Chen, A., Dietrich, K.N., Huo, X., Ho, S-M., (2011) Developmental neurotoxicants in e-waste: An emerging health concern. *Environ. Health Perspect.* 119, 431-438.
- Chi, X., Streicher-Porte, M., Wang, M.Y.L., Reuter, M.A., (2011) Informal electronic waste recycling: A sector review with special focus on China. *Waste Manage.* 31, 731-742.
- Fujimori, T., Takigami, H., Agusa, T., Eguchi, A., Bekki, K., Yoshida, A., Terazono, A., Ballesteros Jr, F.C., Impact of metals in surface matrices from formal and informal electronic-waste recycling around Metro Manila, the Philippines, and intra-Asian comparison. *Journal of Hazardous Materials*, in press.
- Guo, Y., Huo, X., Li, Y., Wu, K., Liu, J., Huang, J., Zheng, G., Xiao, Q., Yang, H., Wang, Y., Chen, A., Xu, X., (2010) Monitoring of lead, cadmium, chromium and nickel in placenta from an e-waste recycling town in China. *Sci. Total Environ.* 408, 3113-3117.
- Ha, N.N., Agusa, T., Ramu, K., Tu, N.P.C., Murata, S., Bulbule, K.A., Parthasaraty, P., Takahashi, S., Subramanian, A., Tanabe, S., (2009) Contamination by trace elements at e-waste recycling sites in Bangalore, India. *Chemosphere* 76, 9-15.
- Homma, T., Ueno, T., Sekizawa, K., Tanaka, A., Hirata, M., (2003) Interstitial pneumonia developed in a worker dealing with particles containing indium-tin oxide. *J. Occup. Health* 45, 137-139.
- JECFA. (1993) Evaluation of certain food additives and contaminants: 41st report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives; Technical Reports Series No. 837, World Health Organization, Geneva.
- Lanphear, B. P., Roghmann, K. J., (1997) Pathways of lead exposure in urban children. *Environ. Res.* 74, 67-73.
- Leung, A., Cai, Z.W., Wong, M.H., (2006) Environmental contamination from electronic waste recycling at Guiyu, southeast China. *J. Mater. Cycles Waste Manage.* 8, 21-33

- Li, J., Duan, H., Shi, P., (2011) Heavy metal contamination of surface soil in electronic waste dismantling area: Site investigation and source-apportionment analysis. *Waste Manage. Res.* 29, 727-738.
- Li, Y., Xu, X., Wu, K., Chen, G., Liu, J., Chen, S., Gu, C., Zhang, B., Zheng, L., Zheng, M., Huo, X., (2008) Monitoring of lead load and its effect on neonatal behavioral neurological assessment scores in Guiyu, an electronic waste recycling town in China. *J. Environ. Monit.* 10, 1233-1238.
- Lison, D., Laloy, J., Corazzari, I., Muller, J., Rabolli, V., Panin, N., Huaux, F., Fenoglio, I., Fubini, B., (2009) Sintered indium-tin-oxide (ITO) particles: A new pneumotoxic entity. *Toxicol. Sci.* 108, 472-481.
- Lopez, B.N., Man, Y.B., Zhao, Y.G., Zheng, J.S., Leung, A.O.W., Yao, J., Wong, M.H. (2011) Major pollutants in soils of abandoned agricultural land contaminated by e-waste activities in Hong Kong. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 61, 101-114.
- Schmidt, C.W., (2002) e-junk explosion. *Environmental Health Perspectives* 110, A188-A194.
- Schmidt, C.W., (2006) Unfair trade: e-waste in Africa. *Environmental Health Perspectives* 114, A232-A235.
- Silbergeld, E., Nash, D., (2000) Lead and human health: is this mine exhausted ? *Progress in Environmental Science* 2, 53-68.
- Tang, X., Shen, C., Shi, D., Cheema, S.A., Khan, M.I., Zhang, C., Chen, Y., (2010) Heavy metal and persistent organic compound contamination in soil from Wenling: An emerging e-waste recycling city in Taizhou area, China. *J. Hazard. Mater.* 173, 653-660.
- Tanabe, S., (2006) Environmental Specimen Bank in Ehime University (es-BANK), Japan for global monitoring. *Journal of Environmental Monitoring* 8, 782-790.
- Tue, N.M., Sudaryanto, A., Minh, T.B., Isobe, T., Takahashi, S., Viet, P.H., Tanabe, S., (2010a) Accumulation of polychlorinated biphenyls and brominated flame retardants in breast milk from women living in Vietnamese e-waste recycling sites. *Science of the Total Environment* 408, 2155-2162.
- Tue, N.M., Suzuki, G., Takahashi, S., Isobe, T., Trang, P.T.K., Viet, P.H., Tanabe, S., (2010b) Evaluation of dioxin-like activities in settled house dust from vietnamese e-waste recycling sites: Relevance of polychlorinated/brominated dibenzo- p -dioxin/furans and dioxin-like PCBs. *Environmental Science and Technology* 44, 9195-9200.
- U.S. EPA. (1997) *Exposure Factors Handbook*; Office of Research and Development: Washington, DC,.
- U.S. EPA. (2011) *Integrated Risk Information System (IRIS)*; <http://www.epa.gov/iris/>.
- VROM. (2001) *The New Dutch List. Intervention values and target values: Soil quality standards*; Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment, Department of Soil Protection: The Hague, Netherlands.
- Wang, H., Han, M., Yang, S., Chen, Y., Liu, Q., Ke, S., (2011) Urinary heavy metal levels and relevant factors among people exposed to e-waste dismantling. *Environ. Int.* 37, 80-85.
- Wang, T., Fu, J., Wang, Y., Liao, C., Tao, Y., Jiang, G., (2009) Use of scalp hair as indicator of human exposure to heavy metals in an electronic waste recycling area. *Environ. Pollut.* 157, 2445-2451.
- Wedepohl, K.H., (1995) The composition of the continental crust. *Geochim. Cosmochim. Acta* 59, 1217-1232.
- Wong, C.S.C., Duzgoren-Aydin, N., Aydin, A., Wong, M.H., (2007a) Evidence of excessive releases of metals from primitive e-waste processing in Guiyu, China. *Environ. Pollut.* 148, 62-72.
- Wong, C.S.C., Wu, S.C., Duzgoren-Aydin, N.S., Aydin, A., Wong, M.H., (2007b) Trace metal

contamination of sediments in an e-waste processing village in China. *Environ. Pollut.* 145, 434-442.
Wong, M.H., Wu, S.C., Deng, W.J., Yu, X.Z., Luo, Q., Leung, A.O.W., Wong, C.S.C., Luksemburg, W.J.,
Wong, A.S., (2007) Export of toxic chemicals - A review of the case of uncontrolled electronic-waste
recycling. *Environmental Pollution* 149, 131-140.

貴金属と文化研究会編著「おもしろサイエンス 貴金属の科学」日刊工業新聞社 2007年（菅野照
造監修）

第4章 アジア地域における E-waste リサイクルに関する法制度

4.1 ベトナムの有害廃棄物規制の新たな動き：資源環境相通達 12 号

4.1.1. 有害廃棄物管理規制の流れ

ベトナムでは、e-waste のみを対象とした規制はなく、e-waste の回収・管理・処理は有害廃棄物規制の範囲内で行われる。すなわち、e-waste の回収・管理・処理を行うためには、有害廃棄物運搬あるいは処理ライセンスを有していなければならない。ただし、e-waste 関連で規制の対象となるのは、中古家電そのものではなく、それらからは発生する有害物質を含む廃棄物（あるいは有害物質を含む部品のある機器）である（廃電池・バッテリーは規制の対象に含まれる）。

有害廃棄物の取り扱いに関しては、2005 年環境保護法公布（2006 年 7 月 1 日施行）以降、2 つの政令、すなわち資源環境相決定 23 号（23/3006/QD-BTNMT）および資源環境相通達 12 号（12/2006/TT-BTNMT）が 2006 年 12 月 26 日に公布された。前者は有害廃棄物のリストであり、後者は、有害廃棄物の記録書類作成、登録、許可発行、および管理コードに関する条件および手続を指導する通達である。また、2009 年 11 月 16 日には資源環境相通達 25 号：25/2009/TT-BTNMT として、「有害廃棄物の閾値に関する国家技術基準」（QCVN 07: 2009/BTNMT）が公布された。これをもって、有害廃棄物のリスト、廃棄物中の有害物質の閾値、そして有害物質取扱業者のライセンス取得に関する規制がそろったことになり、実際の有害廃棄物の回収・管理・処理に必要な規制が一通りそろった。

そして、2011 年 4 月 14 日には、先述の 23/3006/QD-TTg および 12/2006/TT-BTNMT に替わるより詳細な有害廃棄物管理に関する規制として、資源環境相通達 12 号「有害廃棄物管理に関する規定」（12/2011/TT-BTNMT）が公布された（23/3006/QD-TTg および 12/2006/TT-BTNMT は 12/2011/TT-BTNMT の公布を持って失効となった）。同通達は、有害廃棄物管理に関しては、これまでで最も詳細かつ広範な規定が盛り込まれており、2005 年の新環境保護法が公布されて以来、最も重要な政令のひとつであるといつてよいであろう。同通達は、①有害廃棄物の規定・分類、②有害廃棄物管理取扱の条件、有害廃棄物発生者の登録および廃棄物取扱の許可に関する手続き、各種コード、③環境評価報告書の内容およびその許可の基準、から構成されている。つまり、2006 年の 2 つの政令よりも幅広い範囲の詳細な管理規則を示したものである（参考資料 1 参照）。

4.1.2. 資源環境相通達 12 号の内容

6 部および付録からなる同通達（通達の条項を参考資料として掲載）の第 I 部では、適用対象や用語の定義が示されている。第 II 部では、有害廃棄物管理業者（運搬・処理）に課せられる条件が示されている。本報告書の主要課題である「処理技術の類型化」という観点からは、第 II 部が同通達の最も重要な部分と考えられるため、以下に要約を載せる。

本通達に規定されている有害廃棄物管理取扱業者に認定されるための要件には以下の主要な内容を含む。

- (1) 法的要件
- (2) 物的・技術的要件
- (3) 人的要件
- (4) 管理関連要件
- (5) そのほかの要件

(1) 法的要件（同通達第 10 条）

法的要件とは、有害廃棄物管理を行う組織あるいは個人が所持していなければならないビジネス登録許可証や投資許可証に関する規定である。有害廃棄物運搬処理業者のビジネス登録はコード 3812（運搬）、3822（処理）である（10/2007/QD-TTg の規定による）。なお、（最低？）資本規制はない。

次に、処理業者は、資源環境省による環境インパクトアセスメントを受ける必要がある。回収・運搬業者は、適切な国家機関に対して環境保護誓約を行わねばならない。有害廃棄物処理施設は省人民委員会から書面による許可を得なければならない。

(2) 物的・技術的要件（第 11 条）

12 号通達には、物的・技術的要件として、①専門の容器、②保管施設、③一次保管場所・積み替え場所、④車輛、⑤処理システム・設備、⑥環境保護のための一般的な要求、⑦その他が示されている。（付録 7 に各項目の要件が細述されている。）とくに、⑤の処理システム・設備については、焼却炉（QCVN 30:2010/BTNMT）、セメントキルン（窯）からの排気（QCVN 23:2009/BTNMT）、固形化・安定化された生産品（QCVN 07:2009/BTNMT）については別途技術規格が示されており、そのほかにも、有害物質を入れるタンクやその設置場所や外壁、防火設備、警報機などの細かい規定が示されている。

また、④の車輛については、2012 年 1 月までに 50%の車輛に、同 6 月までに全ての車輛に GPS を搭載する、としている。

(3) 人的要件（第 12 条）

有害廃棄物処理施設では、化学あるいは環境分野で大学卒か同等の学位を持った管理者が最低でも 2 人いなければならない。車輛、機械の安全な操作の訓練を受けた者の操作チームがなければならない。捜査チームの長は中等レベルの技術の学位を持った者か監視責任者が兼任するかしなければならない。

有害廃棄物運搬業者では、化学あるいは環境分野で大学卒か同等の学位を持った管理者が最低でも 1 人いなければならない。車輛、機械の安全な操作の訓練を受けた運転手が一定人数いなければならない。

(4) 管理関連要件（第 13 条）

車輛・専用設備の安全操作規定がなければならない。

以下の計画がなければならない：①汚染管理・環境保護、②労働安全・衛生、③事故予防・対応、④毎年の訓練、⑤活動終了時の汚染処理・環境保護。

環境監査、有害廃棄物の処理工程の監査および処理効果の評価を行わなければならない。

工場、敷地内の車輛からも見えやすい場所に、工程、計画、決定などを分かりやすく示した表示や略図を書いた掲示板を設置しなければならない。

(5) その他の要件（第 14 条）

有害廃棄物処理業者は、一部の例外（廃棄物処理業者が排出者と同系列会社である場合や遠隔

地の場合など)を除いて有害廃棄物運搬業者を5社以上設立してはならない。

有害廃棄物運搬業者は1社につき(同系列の会社などは除いて)最大2社(人)の有害廃棄物取扱ライセンスを持った組織および個人者からしか独占運搬契約を受けることができない。

同通達第Ⅲ部は、有害廃棄物排出者の登録、および処理業者許可の給付に関する具体的な手続きを規定している。2006年の通達12号(12/2006/TT-BTNMT)に従って登録、許可給付された業者は、急登録、許可の期限終了前に指定の書類を提出の上再登録・許可を受けなければならない。

同通達第Ⅳ部、第Ⅴ部では、有害廃棄物発生者、運搬業者、処理業者、国家機関の責任についての規定が示されているが、ここにおいてマニフェストによる有害廃棄物管理を前提としたそれぞれの責任が示されている。また、同通達の付録3にはマニフェストの内容、記録、保管に関する規定の詳細およびマニフェストのフォームの雛形が記載されている。

同通達付録8の有害廃棄物のリストにある、e-wasteに直接関連した廃棄物は、「電機・電子製品から発生した廃棄物」(コード1902類)と「廃電池・バッテリー」(コード1906類)である。ECコード、バーゼルコードも併記してある。なお、2006年の資源環境相決定23号にある有害廃棄物リストからの変更はない。

表 4.1.1 有害廃棄物リストの中の E-waste

コード	廃棄物名	EC コード	Basel (A/B)	Basel (Y)
19 02	電機電子機器から発生する廃棄物	16 02		
19 02 01	PCB を含む変圧器、コンデンサーの廃棄物	16 02 09	A3181 B1110	Y10
19 02 02	PCB を含むあるいは感染した他の機器の廃棄物	16 02 10	A3180	Y10
19 02 03	CFC、HCFC、HFC を含む機器の廃棄物	16 02 11	A3150	Y45
19 02 04	アスベストを含む機器の廃棄物	16 02 12	A2050	Y36
19 02 05	有害成分を含む部品のある機器の廃棄物	16 02 13	A1030 A2010 A3180	Y10 Y29 Y31
19 02 06	廃棄された機器から分解された有害な部品	16 02 15	A1030 A2010 A3180	Y10 Y29 Y31
19 06	廃電池・バッテリー	16 06		
19 06 01	廃鉛電池・バッテリー	16 06 01	A1160 A1010	Y31
19 06 02	廃 Ni-Cd 電池	16 06 02	A1170 A1010	Y26
19 06 03	水銀を含む廃電池・バッテリー	16 06 03	A1170	Y29
19 06 04	廃電池・バッテリーの電解質(液)	16 06 06	A1180	Y31 Y34
19 06 05	その他の種類の電池・バッテリー			

(出所) 資源環境相通達12号(12/2011/TT-BTNMT)付録8より。

《参考資料》

資源環境相通達第 12 号「有害廃棄物管理に関する規定」(12/2011/TT-BTNMT: 2011 年 4 月 14 日付)

第 I 部：一般的規定

第 1 条：適用範囲

第 2 条：適用対象

第 3 条：用語の定義

第 4 条：有害廃棄物排出者の登録と有害廃棄物管理許可の給付・再発効の審査権

第 5 条：有害廃棄物の規定・分類

第 6 条：12/2006/TT-BTNMT の規定に従って給付された有害廃棄物排出者登録と有害廃棄物管理許可の使用

第 7 条：有害廃棄物の量を計算する時間と範囲

第 8 条：本通達を実現する組織、個人に対する証明記録、書類、サイン、権利の委譲に関する事項

第 II 部：有害廃棄物管理取扱の条件

第 9 条：有害廃棄物管理取扱条件の内容と要求の例

第 10 条：法的基礎に関する条件

第 11 条：物的・技術的基礎に関する条件

第 12 条：人的条件

第 13 条：管理に関連する条件

第 14 条：その他の条件

第 III 部：有害廃棄物排出者の登録および廃棄物取扱の許可に関する命令、手続き

第 1 節：有害廃棄物排出者の登録に関する命令、手続き

第 15 条：有害廃棄物排出者の登録

第 16 条：有害廃棄物排出者登録証（手帳）の給付

第 2 節：有害廃棄物管理許可証の給付・再公布の命令・手続きおよび関連した手続き

第 17 条：有害廃棄物管理取扱登録

第 18 条：有害廃棄物管理取扱許可証の給付

第 19 条：有害廃棄物管理取扱許可証の延長給付

第 20 条：有害廃棄物管理取扱許可証の調整給付

第 21 条：12/2006/TT-BTNMT の規定に従い給付された有害廃棄物管理許可証の延長の確認手続き

第 22 条：有害廃棄物管理許可証の再公布

第 23 条：資源環境省が審査・許可する有害廃棄物処理施設への投資プロジェクトに関する環境評価報告書の内容と許可のための要求を実現するための検査と確認

第 24 条：そのほかの事項

第 IV 部：各組織・個人の責任

第 25 条：有害廃棄物排出者の責任

第 26 条：有害廃棄物管理取扱業者の責任

第 27 条：12/2006/TT-BTNMT の規定に従い許可書を給付された有害廃棄物運搬業者の責任

第 28 条：12/2006/TT-BTNMT の規定に従い許可書を給付された有害廃棄物処理業者の責任

第 29 条：有害廃棄物を再使用（リサイクル：筆者注）する業者の責任

第 V 部：権限を有する国家機関の責任

第 30 条：環境総局の責任

第 31 条：省人民委員会あるいは省人民委員会から任命された資源環境局の責任

第 32 条：資源環境局あるいは資源環境局から任命された環境保護支局の責任

第 VI 部：施行条件

第 33 条：実行組織

第 34 条：施行効力

付録 1：有害廃棄物排出者登録フォーム雛形

付録 2：有害廃棄物取扱登録・管理許可フォーム雛形

付録 3：有害廃棄物マニフェスト

付録 4：有害廃棄物管理報告雛形

付録 5：バーゼル条約の決定に従った有害廃棄物の越境運搬

付録 6：有害廃棄物管理コード

付録 7：有害廃棄物取扱管理に関する技術要求

付録 8：有害廃棄物リスト

4.1.3 EPR 原則導入の動き

(1) 首相決定起草プロセス

2010年には、ベトナムのE-wasteリサイクルにとって重要な動きがあった。いくつかの工業製品に対してEPR原則を導入しようという動きである。2010年8月、「廃棄製品の回収・処理規定に関する首相決定」の第2草案が公表され、資源環境省が、国内業界団体や外資企業の団体（日本商工会、アメリカ商工会など）にパブリックコメントを求めた（この草案に関しては*ThoibaoKinhte Viet Nam*紙2010年8月9日付で報道されている）。この首相決定草案は、工業製品の生産者のみならず、輸入者に対してもその生産量および輸入量に対して一定の割合で、回収、処理の責任を負わせることを示したものである。資源環境省は、関係機関や団体のコメントを反映させて草案を修正し、10月、最終草案を首相府に提出している。

まず理解しておかねばならないことは、この草案が、その法制上の上位規定に当たる「法律」とその施行細則である「政府議定」に沿ったものであるという点である。EPR原則については、2005年環境保護法第67条および環境保護法の施行細則である2006年の政府議定80号の第18条、第21条にその規定がある。環境保護法や政府議定は大きな指針を示すものであり、今回の首相決定草案の内容は、あくまでもこのラインに沿った具体的な方策を示すものなのである。

たとえば、今回の草案の最大の特徴のひとつは、EPR原則の対象となる製品についてであろう。草案の適用を受けるのは表4.1.2に示す6つの製品群、すなわち、①バッテリーおよび電池、②電気・電子設備、③潤滑油、④化学物質、⑤チューブ、タイヤ、⑥車両である。化学薬品や潤滑油、タイヤチューブが回収・処理品目に挙げられているところが、規制実施の際の制度設計において問題となると考えられる（実際にパブリックコメントでの反対も多かったであろうと想像する）。しかし、これらの品目は、環境保護法第67条に既に記されている項目であり、法律とその下位に位置する政令の整合性という観点からは、全く問題のない内容なのである。同様に、生産者だけでなく輸入業者も回収・処理の責任範囲に含まれている点についても、政府議定80号第21条の規定に沿ったものである。

(2) 回収・処理方法の概要

草案には、回収・処理方法が大まかに記されている。それによれば、①最終消費者および許可を得て大量の廃棄物の回収を行う個人が、「回収ポイント」か回収・処理施設まで運び、②生産者及び輸入業者が、法律に従った回収・廃棄物処理を行い、③政府は、回収・処理を行う生産者・輸入業者に奨励策（優遇措置、補助）を取り、インフラ整備も行う、ということになっている。

生産者・輸入業者の責任は、①商品の情報を示すこと（決められた商標ラベルを張る、回収方法や回収地点などを製品に示す）、②前年にベトナム市場に出回った製品の量に応じて、製品の回収・処理を行うこと、③回収した製品の量が規定量に達しない場合は、「回収・処理費」を支払うこと、④回収ポイントを設置すること、⑤輸出する場合は、バーゼル条約やベトナムの国内法に従って行うこと、⑥生産量、販売量、回収・処理量報告すること、となっている。また、回収、処理業者（施設）は、有害廃棄物管理業の登録を行うこと、回収・処理量を報告すること、の責任を負うこととなっている。なお、最終消費者には、回収地点に使用済み製品を持ってこること、他の廃棄物に混ぜて勝手に廃棄しないこと、が求められている。

表 4.1.2 生産者・輸入業者が回収・処理責任を負う品目

廃棄される製品	回収・処理責任が発生する時点 ^{*)}	
	第2草案	最終草案
バッテリーおよび電池		
バッテリー各種	2014年	2013年
電池各種	2015年	2013年
電気・電子設備		
小型電球及びハロゲン電球	2015年	2013年
パソコン（デスクトップ・ノートパソコン）、モニター、CPU（パソコンのマイクロプロセッサ）	2015年	2014年
プリンター、ファックス、スキャナー	2015年	2014年
カメラ、ビデオカメラ		2014年
携帯電話	2016年	2014年
DVDプレーヤー、VCDプレーヤー、CDプレーヤー及びその他のディスク読み取りヘッド	2016年	2014年
コピー機	2016年	2015年
テレビ	2016年	2015年
エアコン、冷蔵庫、洗濯機	2018年	2015年
潤滑油、グリース		
潤滑油	2014年	2014年
工業、農業、水産業で使用される化学物質（使用期限切れ化学物質に適用）		
危険工業化学物質	2015年	2014年
医療分野における化学物質・化学物質からなる製品	2015年	2014年
獣医分野における化学物質・化学物質からなる製品	2015年	2014年
植物保護のための化学物質・化学物質からなる製品	2015年	2014年
水産業における化学物質・化学物質からなる製品	2015年	2014年
チューブ、タイヤ		
チューブ各種	2015年	2014年
タイヤ各種	2015年	2014年
交通車両		
オートバイ各種	2018年	2018年
自動車各種	2018年	2018年

注：*)責任が発生する時点は各年の1月1日

出所：「廃棄製品の回収・処理規定に関する首相決定」第2草案、最終草案より筆者作成。

生産者・輸入者の回収・処理量が規定量に達しない場合に支払う「回収・処理費」は以下のよう決定される。まず、前年の市場での販売量に当該製品ごとの係数（計数①）を乗じて、各企業の回収・処理規定量を決定する。そして、実際の回収・処理量がそれに満たない場合はその分に対して、各企業がその製品を市場で販売した際の（1トン当たりの）利益に応じて算出された係数（計数②）を乗じて、回収処理費が決定される。計数①は製品により0%～75%の幅で決定されることになっている。計数②については、草案には詳しく記されていない。徴収された回収・処理費は、当該地域の環境保護基金（中央直轄市の場合はベトナム環境保護基金）に納められ、廃棄物収集・処理の活動に対する補助の原資として使われる。

(3) 草案の変更事項

8月の第2草案と10月の最終草案を比較して、変更があった点について指摘したい。もっとも大きな変化は、その文量が少なくなり、内容も曖昧になったことである。14ページ20条に及ぶ第2草案は、最終草案では8ページ17条に減じられている。また、たとえば第2草案で「生産者、輸入者、サービス提供者、消費者、回収・処理業者」となっている同決定の適用範囲も、「廃棄される製品の回収・処理に関連する管理を行う政府機関および組織と個人」という緩やかな範囲に変更されている(第1条)。また、第2草案では「回収・処理費」の用途についても、回収・処理業者への直接補助やインフラ建設といった具体的な目的が記されているのに対し、最終草案では「回収・処理活動への補助」と簡潔に記されているのみである。

これは、さまざまなパブリックコメントを幅広く反映させるために起草チームが取った対処策であると考えられる。首相府から交付する首相決定のレベルではなく、資源環境相名で交付できる「指示」や「通達」により、今後より具体的な規定を作り上げていくのではないかと考えられる。

次に重要な変更は、第2草案にあった、最低取扱規定量という規定がなくなった点である。これは、回収・処理責任を負う企業の生産量・輸入量規模の下限を示したものであり、たとえば、バッテリーならば年間100個以下の生産量・輸入量の企業であれば回収・処理責任を負わないというものであった。しかし、この規定は最終草案からは外れている。ベトナムの大多数(98%以上)の企業が中小・零細企業であることから、責任を負わなくて済む企業が多くなるとこの決定の効果が減じてしまうことから、この規定が外されたのではないかと考えられる。

さらに大きな変更点は、実施開始時期が前倒しになったことである。表5.1.2にあるとおり、第2草案に比べ、最終草案の「回収・処理責任が発生する時点」は、(潤滑油と車両を除けば)1年~3年早くなっている(表5.1.2)。

(4) いくつかの問題点

ドラフトが首相府で1年以上止まったまま、現時点(2012年5月)でまだ公布されていない。ドラフトではバッテリーなどは2013年から回収を始めるということになっているが、おそらく今すぐ公布してもドラフトどおりの実現は難しいと考えられる。そのほか、実施における問題点がいくつか指摘できる。まず、上述したようなスケジュールの問題である。EPR実現のための急速な実施体制作りが求められるが、最終草案では首相決定がより曖昧なものになり、その下位の政令である「指示」や「通達」で罰則規定も含めた具体策を策定しなければならなくなった。また、回収・処理される品目が多岐にわたっており、最長でも2018年までにすべての品目を回収・処理する体制が整えられるかという懸念がある。まず2013年に最初に開始されるバッテリーや電池は、必ずしも回収・処理が容易なものとはいえない。また、潤滑油や化学薬品などの回収が困難なもの、自動車など、回収・処理に大型の設備投資や土地収用などの投資が必要なもの、一部の家電製品などに含まれるベトナムでは処理できない有害廃棄物の回収・処理を本決定にあるような生産者・輸入業者の負担のみで行うことは、大変な困難を伴うことが予想できる。「回収ポイント」運営の責任の所在も曖昧である。

また、本決定で想定されている回収システムの大きな特徴のひとつ、すなわち、責任回収量を満たせなかった企業が「回収・処理費」を払うというシステムへの懸念がある。まず、0%~75%

とされている品目ごとの回収規定の係数が何を根拠にどのように決まるのかが明らかにされていない。また、規定に達しない場合にその量に応じて支払う「回収・処理費」を決める係数が、製品販売の利益に応じて決まるということになっているが、すべての企業のすべての対象製品に対して係数を決定することは、非常に時間がかかるだろう。そのため、この決定に恣意性が入ったり、不透明な決定がなされたりする可能性は高い。

それだけでなく、本決定のような形の「回収・処理費」システムは、環境保護の目的に逆行する結果を生む危険性もはらむ。まず、回収規定量が前年の市場流通量に応じて決められるという点や同一品目には同一の係数が適用されるという点は、製造業者の「環境にやさしい」あるいは「長持ちする」製品を製造しようというインセンティブを削ぐ結果となりかねない。また、「回収・処理費」が低い場合は、回収努力をせずに「回収・処理費」を払って**すませる**企業が増えるかもしれない。

さらに、根本的な問題のひとつは、「処理」の具体的な規定がない点である。どこまで行えば「処理」したことになるのかがこの決定では明確ではない。同様に、回収についても、自社の製造した（輸入した）製品のみが対象となるのか、あるいは他者の製品も回収対象となるのかについても記述されていない。

4.2 フィリピンにおける E-waste 管理に関する法制度

フィリピンでは、有害物質の含まれている E-waste は、有害廃棄物とみなされており、「危険物質と有害・放射性廃棄物法 RA6969(Toxic Substances and Hazardous and Nuclear Wastes Control Act of 1990)」に基づいて管理されている。E-waste は鉛などの有害物質を含んでいるとみなされており、収集や解体についても、同法に基づく認可が必要である。認可に関する細かな手続きを定めているのは、環境天然資源省の省令 DAO2004-36 である。有害物質にあたるかどうかの基準も、DAO2004-36 で定められている。E-waste に関連するものとしては、表 5.2.1 の有害物質がリストアップされている。

表 4.2.1 E-waste に関連する有害廃棄物の分類

分類	説明	廃棄物番号
Lead compounds	Includes all waste with a total Pb concentration >5 mg/l based on analysis of an extract	D405
Mercury and mercury compounds	Includes all waste with a total Hg concentration >0.2 mg/l based on analysis of an extract. These also includes organomercury compounds	D407
Ozone depleting substances	Waste chlorofluoro carbons (CFC) and halons. Recovered coolant contaminating chlorofluoro carbons (CFCs) or halons.	L402
PCB Wastes	Wastes contaminated with PCB and waste products containing PCB.	L406

注：数値基準、TCLP による溶出基準。

出所：DAO2004-36 より作成。

同法にもとづき、E-waste の収集や処理を認可されている企業は、41 社あり、そのうち、E-waste の収集・運搬のみの許可を持っているところが 13 社、処理・貯蔵・処分の認可を受けている。収集・運搬業者は、簡易な解体も行っている（Ballesteros ほか(2010)）による。2011 年 1 月末の有害廃棄物の処置・貯蔵・処分の許可業者リストによると、26 社許可を受けている。

表 4.2.2 有害廃棄物処理・貯蔵・処分業者の地理的分布

	処理・貯蔵・処分許可業者	うち E-waste 関連の許可業者
National Capital Region	19	3
Southern Tagalog	44	16
Central Luzon	26	4
Bicol Region	3	0
Ilocos Region	3	0
Visayas	20	1
Mindanao	13	2
合計	128	26

注：2011年1月末時点の天然資源環境省環境管理局の再生した許可業者リストによる

有害廃棄物および E-waste に関し、処理・貯蔵・処分の許可を受けている業者の数、および、その地域的な分布は、表 5.2.2 のとおりである。E-waste に関する許可業者は、マニラおよびその周辺 (National Capital Region, Southern Tagalog, Central Luzon) に、あわせて 23 社が立地している。地域的に偏在しているといえる。

収集・運搬を行うものには、次のようなことが義務付けられている (DAO2004-36 第 3 章一部のみ抜粋)。

- ・登録された排出者および登録された TSD 施設により登録されている種類の有害廃棄物のみ収集・運搬すること
- ・排出者からマニフェストの書式とともに、有害廃棄物を収集すること
- ・収集する有害廃棄物は、適切に梱包され、ラベリングされていること
- ・運搬するルートは、人口の密集地や集水域、その他の環境上影響を受けやすい地域を避けること

処理・保管・処分を行うものは、次のようなことを行うことが義務付けられている (DAO2004-36 第 6 章)。

- ・公害管理担当者/環境担当者を置くこと
- ・廃棄物受け入れ基準およびマニフェスト・システムを遵守すること
- ・質的にも量的にも処理能力を超えて廃棄物を受け入れないように廃棄物受け入れ手続きを定めること
- ・有害廃棄物の処理、リサイクル、回収後の分析結果を含む残渣の管理計画の提出
- ・四半期ごとの処理・保管・処分施設の検査
- ・緊急時対応計画の準備と実施
- ・緊急時対応計画や不適切な処理や運搬、化学品や容器の使用に関する従業員への訓練の実施
- ・四半期ごとのオペレーションに関する活動報告書の提出

有害廃棄物の処理に関する認可を受けるには、環境アセスメントを行い、環境適合証明証書 (Environmental Compliance Certificate: ECC) を受ける必要がある。環境適合証明書では、水質汚濁や大気汚染の防止に関する法律に従うことなどが明記されている。

2001 年 1 月に公布された固形廃棄物エコ管理法 RA9003 (Ecological Solid Waste Management Act) は、家庭発生の廃棄物や非有害産業廃棄物を対象とした法律である。家庭発生の E-waste は、同法の特別廃棄物とされている (第 3 条(g))。事業省発生の E-waste も特別廃棄物とされている (第 3 条 pp)。特別廃棄物の収集・処分に関しては、地方政府 (Local Government Unit) の責任とされている (第 10 条)。しかし、現在のところ、地方政府では、特別廃棄物の収集に取り組んでいないところはない。

家庭から排出されている E-waste や事業所から有害廃棄物処理・処分の許可業者に引きわされていない E-waste は、ジャックショップに買い取られたり、町中の Waste Picker が回収し、解体さ

れたりしているとみられている。また、解体業者が集積している地区も存在していることが国立環境研究所およびフィリピン大学の調査であきらかになっている。

また、**Waste Market** と呼ばれるモールなどが実施する再生資源の回収イベントが行われている。駐車場の一部などで、複数のリサイクル業者が再生資源の買い取りを行うイベントである。古紙や廃プラスチックなどとともに、**E-waste** も回収されている。参加するリサイクル業者は、認可を受けているところが参加している場合もあるが、認可業者だけでは、回収しきれず、認可を受けていない業者が買い取っている場合もあるという。

E-waste の解体・処理から発生する有害廃棄物については、認可を受けた有害廃棄物処分場で処理する必要がある。有害廃棄物処分場は、**E-waste** の収集や解体と同様に危険物質と有害・放射性廃棄物法に基づき管理されている。

4.3 インドネシアにおける E-waste 管理に関する法制度

インドネシアでは、家庭、産業の双方で発生した E-waste の収集や解体、リサイクルを包括的に定めた法律は制定されていない。E-waste は有害物質を含んでいるものが多く、有害廃棄物の一部とみなされている。

環境に関する基本法であった環境管理法は、2009 年に改正され、環境保護・管理法となった。第 21 条で有害廃棄物が定義され、第 59 条で有害廃棄物の基本的な規制の枠組みについて規定されている。有害廃棄物の排出者が有害廃棄物を管理すること、排出者が管理できない場合には委託を行ってもよいこと、有害廃棄物の収集運搬、リユース・リサイクル・処理処分にあたっては、環境大臣（State Ministry of Environment）からライセンスを取得し、有害廃棄物の貯蔵保管にあたっては、自治体の長（Governors or the Regents/Mayors within their authority）からライセンスを受けることなどが規定されている。また、禁止されている行為を規定した第 69 条で、廃棄物を輸入し環境中に放出することを禁止し、また、有害廃棄物をインドネシアの領域に持ち込むことを禁止している。

2008 年に制定された廃棄物管理法では、E-waste を含めさまざまな使用済み製品や使用済み容器包装を生産者等に引き取りを行わせることができる条項が含まれている。施行規則となる政令が準備されているところである。

電子・電気製品を製造している工場で発生した不良品、オフスペック品の収集・運搬や処理については、1999 年政令第 18 号 Pengelolaan Limbah Bahan Berbahayadan Beracun（危険・有毒廃棄物の管理）と 1999 年政令第 85 号（1999 年 18 号の政令改正）にもとづき、環境省の許可が必要である。また、有害廃棄物の処理を行う企業は、環境アセスメントを実施しなければならないこととなっている（後述）。

1995 年環境影響評価長官令第 2 号（No. Kep-02/BAPEDAL/091995）は、有害廃棄物のマニフェスト・システムについて定めている。マニフェストは、B3 廃棄物ドキュメント（Dokumen Limbah B3）と称されており、発生、運搬、利用、処理・処分の段階の間で移動を行う場合に、記入を必要とするものとなっている。

また、有害・危険廃棄物管理の許可手続きおよびモニタリングに関する環境大臣令 2009 年第 30 号（Regarding Procedure of Permit and Monitoring Hazardous and Toxic Waste Management）は、再生利用される有害・危険廃棄物の排出者や収集・運搬業者を対象にしたものである。再生利用目的で有害廃棄物の収集・運搬を行う者は、特定の市・県の中で活動する場合には、市長・県知事の許可を得る必要がある。特定の州で活動する場合には州知事の許可を、複数の州で活動を行う場合には、州知事および中央政府からの許可が必要とされる。

現在のところ、E-waste に関する許可業者は、複数あるが、リストは公表されていない。ブカシの Mukti Mandiri 社、チレボンの TLI 社などがある。

冷媒のレトロフィットおよびリサイクルに関する環境大臣令（2007 年第 2 号 Regarding Technical Guidelines and Requirements of Competence for Retrofit and Recycling in Refrigeration）では、冷媒を置換する場合と、冷媒をリサイクルする場合の義務や政府の役割について定めている。安全に冷媒を利用するための要件を定めた工業規格（SNI 06-6500-2000）や 炭化水素系冷媒の安全基準を定め工業規格（SNI 06-6501.1-2000）に従うことなどが求められている。

有害廃棄物の輸出入については、バーゼル条約を 1993 年に批准している。1997 年の環境管理

法では、有害廃棄物の輸入を禁止した。ただし、廃鉛バッテリーについては、5年間は輸入禁止を猶予し、2002年に輸入が完全に禁止された。2005年には、バーゼル条約 BAN 改正を批准している。

環境保護・管理法（2009年第32号）では、環境アセスメントの対象となっている事業については、環境アセスメントにもとづく環境許可（Environment Permit）が営業許可や事業許可の前提となっている（同法第40条など）。有害廃棄物の処理・処分施設については、環境アセスメント（AMDAL：インドネシア語の環境影響評価の略称）の対象となっていることが定められている。環境大臣令 No.3/2000 環境影響評価を義務付けるビジネスやアクティビティのタイプに、有害廃棄物の処理・処分施設がリストアップされている。ただし、使用済みの潤滑油の回収などの小規模ビジネスは、除外されている。

Hazardous and Toxic Materials

Collection, utilization, processing and/or land-filling of the waste of hazardous and toxic materials (B3) as main activities

Size: All activities which are in the nature of providing services to and which are commercial and permanent in nature as well as managing various kinds B3 waste (not including small-scale activities like the collection of used lubricant, foul oil and slop oil as well as the utilization of tin and flux solder)

既存工場が新しい処理設備を導入する際も環境アセスメントを行う必要がある。

環境アセスメントの枠組みは、環境影響評価に関する政令（No.27/1999）で定められている。環境アセスメントは、ビジネスやアクティビティを始める者が行うこととなっている。ビジネスやアクティビティによる環境影響を分析するとともに、その影響に対応するための環境管理計画（RKL）と環境モニタリング計画（RPL）を含めたものとされている。環境影響評価書は、中央あるいは州レベルで設置さえる審査委員会で検討される。2つ以上の州にまたがる活動は、中央の審査委員会で審査されることとなっている。E-wasteの収集は、複数の州にまたがるのが一般的と考えられるため、中央の審査委員会にかけられることとなっている。また、環境影響評価を実施するガイドラインとして、環境大臣令 No.8/2006 が公布されている。

4.4 中国における E-waste 管理に関する法制度

(1) 固体廃棄物汚染環境汚染防止法（固体法）

固形廃棄物に関しては、「固形廃棄物環境汚染防治法」（以下、固体法）が 1996 年に施行されており、これが中国における廃棄物に関する基本法となっている。同法は固形廃棄物による環境汚染の防止、人体の健康の保護を目的とし、固形廃棄物を有効利用・無害化処理することによって固形廃棄物の発生を抑制するという原則を掲げている。

このほか、2003 年 1 月から施行された「クリーナープロダクション（清潔生産）促進法」と「循環経済促進法」（2009 年 1 月施行）も省エネとリサイクルに関連した規定を定めている。

(2) 廃電器電子製品回収処理管理条例（国務院令第 551 号）の概要

「廃棄電器電子製品回収処理管理条例（国務院令第 551 号）」が 2011 年 1 月 1 日に施行され、併せて、環境保護部から「廃棄電器電子製品処理資格許可管理弁法」も施行された。廃棄電器電子製品を処理する企業は市レベルの環境保護部門に申請し、書類審査と現場検査を受けて許可証を取得する必要がある。

同条例は、E-waste の解体リサイクル過程の、環境負荷の低減、有害物質の除去、最終処分量の削減などを目的としており、修理・再製造および修理・再製造後に中古品としてリユースする活動などは規定外としている（第 2 条）。対象とする品目は、別途「目録」で定めるとされており（第 3 条）、テレビ、冷蔵庫、洗濯機、エアコンおよびパソコンの 5 品目が対象になっている。

国が E-waste を多様なルートで回収、集中処理する制度を構築し（第 5 条）、廃電器電子製品の処理基金を設立し、廃電器電子製品の回収処理費用の補助金として利用する（第 7 条）。E-waste の処理について資格許可制度を実施（第 6 条）し、各地域の環境保護部門が E-waste 処理業者の資格について審査・許可証する。国が禁止した廃電器電子製品の処理技術や処理方法を採用することは禁止されている（第 15 条）。E-waste の処理資格を有しないものが、無断で廃電器電子製品の処理活動を行った場合、工商行政管理機関が「無許可経営取締弁法」の規定に基づいて処罰される。営業停止、閉鎖、不法所得の没収命令、さらに 5 万元以上 50 万元以下の罰金が課される（第 26 条）。

(3) 「廃棄電器電子製品処理汚染控制技術規範」（HJ527-2010）

「廃電器電子製品回収処理管理条例」、「電子廃棄物環境汚染防止管理弁法」を実施するため、環境保護部は、「廃棄電器電子製品処理汚染控制技術規範」（HJ527-2010）を策定し、2010 年 4 月 1 日より実施している。

同規範では、E-waste の回収・運搬・保管、解体などについて、技術的な要求基準を示している。使用済み電気電子製品を直接埋立や戸外や簡易な反射炉での焼却、酸を使用した単純な処理は禁止されている。

細かい技術要求を明示している部品・素材には、基板、ブラウン管、廃プラスチック、廃ワイヤー・ケーブル、冷蔵庫・コンプレッサーの断熱材、LCD パネル、モーター・トランスがあり、解体処理などを行う施設の設備要件や残渣・排水・排ガス処理施設の設置、排出基準などについて言及している。

ブラウン管については、真空解除した後、パネル・ファンネルを分割（分割しない場合は鉛ガラスとして処理）し、蛍光粉を回収し適正処理資格のある事業者へ搬送しなければならないとし

ている。ブラウン管ガラスの洗浄方法では、乾燥または水を使用した方法が挙げられており、それぞれの洗浄工程において遵守すべき排ガス・排水に関する基準や噪音防止基準を示している。一方、回収したガラスくず等をその後どのような方法で再資源化すべきかについては明示されていない。

基板の処理方法として、熱分解、乾式または湿式の破碎・分離処理する場合における排ガス処理施設の設置や粉塵拡散防止施設、粉塵除去装置、噪音装置などの設置を必須とし、排ガス・排水の排出基準の遵守や汚泥を有害廃棄物として処理しなければならないとしている。化学処理する場合は、オートメーション化した密閉性の高い施設であり、化学薬液の流出を防止する安全装置や廃水処理施設を備えていなければならないとしている。

4.5 E-waste 管理制度：生産者の役割および補助金の観点から

4.5.1 各アクターの役割

各国の管理制度は、生産者が回収・リサイクルシステムを整備する制度と、政府が回収・リサイクルシステムを管理する制度に分類できる。前者に当たるのは、日本の家電4品目及びパソコン、欧州諸国の、韓国の生産者責任制度であり、後者にあたるのは、以前の韓国の預置金制度、台湾、中国、タイである。

生産者が回収・リサイクルシステムを整備する制度では、消費者から回収する主体や場所の配置にも生産者が責任を負う。大型家電は、販売店が消費者宅に搬送する商慣行と、新品搬入とE-waste 排出が同時である場合は、販売店による回収が効率的と考えられ、日本（家電）と韓国では、この商慣行を前提としていた。相違点は、韓国では生産者の責任でE-waste が無償回収されているのに比べ、日本（家電）は、生産者が全国一律で提示した「リサイクル料金」と、販売店が各自定めた「収集運搬料金」を、消費者がE-waste 排出時に支払う点である。韓国の生産者責任制度では、政府が生産者に課す回収義務量が引き上げられれば、生産者が買い取りのためにさらなる費用負担をする必要がでてくる。そして生産者責任制度の前に導入されていた預置金制度は、生産者が政府にデポジットを納入し、回収やリサイクルの実績に応じて政府が生産者にリファンドすることで、生産者に回収やリサイクルへの取り組みを促す制度であったが、生産者は預置金のリファンドをあきらめ、リサイクルにあまり取り組まなかった。また欧州諸国では、消費者からのE-waste 回収に責任を負う法律上のアクターは国により異なる上に⁹、実態は各国国内法で定められた通りにはなっていない（Van Rosem et al. 2006, Manomaivibool and Vassanadumrongdee 2011）。

消費者において使用済み製品排出と新品購入にタイムラグがある製品については、生産者による直接回収も考えられる。たとえば日本では、大半のPCの購入者が自ら持ち帰っている（国立環境研究所ほか 2007）。購入時の廃棄品の回収は難しいことから、宅配便などを利用して、生産者が消費者から直接使用済みパソコンを回収する方法がとられている。生産者による直接回収は、経由するアクターが少ないため、不適正なルートへの流出可能性が減るメリットがあり、欧州諸国の携帯電話の回収でも一部行われている。

自治体の負担軽減を目指し、制度で大型の品目だけを対象とする日本の家電リサイクル法の場合は、自治体は基本的には回収に関与しない（環境省・経済産業省 1998）。しかし多様な小型の品目も対象となる制度では、販売店がそれら全てを回収することは難しく、消費者にとっても自治体ゴミ集積所での回収の方が便利な場合もある。そこで韓国や欧州諸国では、生産者が自治体に委託し、自治体のゴミ集積所に回収ボックスを設置する等の方法が採られており、日本で現在検討されている小型家電の回収・リサイクル制度においても、消費者からの主たる回収主体には、自治体が想定されている（中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会 2012）。

このように、大型から小型まで多様な品目を対象とする制度では、回収の利便性を考慮し、販売店と併せて、自治体の既存の回収機能を活用するなど、複数のアクターが回収を行う仕組みも有効と考えられる。ただし、制度外にE-waste が持ち出され、結果的に不適正処理に結びつくことがないよう、回収場所の施設や有人化など、自治体との連携と役割分担を明確にした適切な管理が必要である。

⁹自治体、販売店、生産者、自治体と販売店、生産者と販売店など、様々なパターンがある。

一方、政府が回収・リサイクルシステムを管理する制度を導入する国では、生産者が運営する制度を導入する国に比べ、中古品業者、回収業者、補修業者、部品組立業者など様々なアクターが、積極的に E-waste を回収している特徴がある。これらの国では、生産者は、政府が管理するシステムに必要な資金を支払うことが求められているが、実際の回収やリサイクルに関与することは義務付けられていない¹⁰。

台湾の E-waste は、指定回収拠点に入った時点で「制度内」とみなされるが、補助金はリサイクルプラントにのみ支給される。台湾では E-waste が有価であるにもかかわらず、大型家電の排出時には、販売店は、各自設定した収集運搬費用を消費者から徴収するのが一般的である¹¹。自治体は、一般廃棄物の回収・処理責任に基づき E-waste を分別回収するが、指定回収拠点への引き渡しは義務ではない。したがって、販売店や自治体から、指定回収拠点以外のアクターに E-waste を引き渡されるケースも少なくないと考えられる。

中国では、E-waste は、指定回収業者によって消費者宅で回収された時点から制度内と位置づけられる（買い替え促進規則第 11 条）。消費者は、自分で選択した指定回収業者に回収を依頼する。指定回収業者は、政府認可のリサイクルプラントに E-waste を買い取ってもらうことが想定されている。指定回収業者になり得るアクターには、生産者、販売店の他にも修理業者などが想定されている（廃棄電器電子製品回収処理管理条例 11 条）。

タイの草案では、中国同様に、指定回収拠点が消費者や回収業者などから E-waste を買い取り、リサイクルプラントにそれを販売することが想定されており、E-waste は、指定回収拠点に入った時点で制度内とみなされる。指定回収拠点になり得るアクターは、地方政府自体、中古品業者、補修業者（ジャンクショップ含む）、地域組織など、幅広く想定されている。なおタイでは、将来的には、生産者が運営する制度に移行することも視野に入れられている（PCD MNRE Thailand 2006, 2010）。

¹⁰生産者の関与を否定しているわけではない。実際に、台湾の認可リサイクルプラントの中には、製造業者が共同で出資して設立しているものもある。ただし、ヒアリングによれば、出資したにとどまっており、技術面や運営面等での関与は一切ないとのことである。

¹¹およそ 500～800 台湾元（1500～2400 円）（1 台湾元＝3 円）。（2010 年 11 月財団法人環境資源研究発展基金会研究員へのヒアリング）。

表 4.5.1 各国の E-waste 管理制度の概要

国		日本 (PC) (2003～)	日本 (家電4品目) (2001～)	欧州諸国 (2003～)	韓国 (生産者責任制度) (2003～)	韓国 (預置金制度) (1992～2002)
制度導入背景		資源有効利用		自治体の処理負担軽減		EPRの導入
回収段階での管理方法		個体		重量	重量	
適正管理	許認可 (基準)	既存	○	○	○	○
		新規導入		○	○	
資源回収率		○	○	○	○	
制度内回収	インセンティブ		(別制度)			○
	制度外への制御	○	○	○ 回収すべき量	○ 回収すべき量	○
	フローのモニタリング	○	○		○	
対象品目		デスクトップPC、ノートPC、モニター	テレビ、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機・乾燥機、エアコン	大型家電(大)、冷蔵庫・冷凍庫、大型家電(中)、小型家電、情報通信機器、モニター、消費者家電、テレビ、照明設備、電気工具、玩具・レジャースポーツ用品、医療用機器、電気制御設備、自動販売機	2003～テレビ、洗濯機、冷蔵庫・冷凍庫、エアコン、パソコン・モニター 2005～オーディオ機器、携帯電話 2006～プリンター、コピー機、FAX	1992～テレビ、洗濯機 1993～冷蔵庫・冷凍庫 1997～エアコン
生産者の産業構造		大手メーカー多数	大手メーカー多数	大手メーカー数社、海外大手メーカーから輸入	大手メーカー数社の寡占	大手メーカー数社の寡占
導入した制度		生産者が回収・リサイクルシステムを整備				

国		台湾 (1998～)	中国 (2011～)	タイ (draft)	
制度導入背景		不適正な資源回収に由来する環境負荷低減			
回収段階での管理方法		個体			
適正管理	許認可 (基準)	既存			
		新規導入	○	○	
資源回収率		○			
制度内回収	インセンティブ	○	○ (別制度も)	○	
	制度外への制御		○	○ 回収すべき量	
	フローのモニタリング	○	○	○	
対象品目		テレビ、冷蔵庫、洗濯機、エアコン、ノートPC、マザーボード、ハードディスク、アダプター、機枠、モニター、プリンター、扇風機	テレビ、冷蔵庫、洗濯機、エアコン、PC	テレビ、PC、ノートPC、エアコン、冷蔵庫、プリンター、FAX、デジタルカメラ、ビデオカメラ、ポータブルメディアプレーヤー、携帯電話、トランシーバー、蛍光管、電池	
生産者の産業構造		OEM、ODM、中小メーカー、部品組立業	大手メーカー数社、OEM、ODM、中小メーカー、部品組立業	OEM、ODM、中小メーカー、部品組立業	
導入した制度		政府が回収・リサイクルシステムを管理			

資料：筆者作成

4.5.2 制度導入の背景と目的

廃棄物自体の削減、自治体の処理負担軽減や資源有効利用、そして制度改定自体を目指す日本、

欧州諸国、韓国では、生産者が回収・リサイクルシステムを整備する制度が導入されている¹²。これらの国では、E-waste の管理に主導的役割を担うことが可能な生産者が、法規制で定められた目標達成に向けて回収・リサイクルスキームを構築している。「適正管理」は、これまでの廃棄物管理政策によって、既にある程度達成されており、新たに導入する E-waste の管理については、「制度内回収」を目的とする施策に重点が置かれているといえる。

一方、不適正処理による資源回収に由来する環境負荷低減を目指す台湾、中国、タイでは、E-waste へのニーズが高く、積極的に E-waste を回収するアクターが多数存在するため、環境に配慮しないルートに向かう可能性も高い。また、OEM または ODM、中古品業者、部品組立業者や補修業者が多く、E-waste に対する責任の所在を明らかにすることが難しいので、生産者ではなく「政府が運営する制度」が導入または検討されていると言える。このような状況下では、管理制度の前提となる「適正管理」を目的とする施策と併せて、「制度内回収」を目的とする施策が導入されていると言える。

大半の国では、「回収した E-waste のうち資源回収すべき割合」が規定され、韓国と欧州諸国では、それに加えて生産者が「回収すべき E-waste の量」も規定されている。また、対象品目と制度導入の背景及び産業構造との関連性が明確なのは、日本と台湾である。日本では、埋立処分場逼迫の緩和と自治体負担軽減を目指し、買替え時に販売店が回収しうる大型家電を対象とした。台湾では、パソコン完成品メーカーよりもパソコン部品メーカーが多いため、また、部品を買い集めてコンピュータを組み立てる小規模事業者が少ないために、対象品目にパソコン部品が含まれていると考えられる。

4.5.3 制度外への流出を抑制するインセンティブ

また E-waste は、不要物とされる一方で、制度内外及び国内外で、中古品、中古部品、再生可能資源などの一定のニーズが存在する。したがって、より多くの E-waste が管理制度内に入り、かつ適正に管理されるためには、何らかのインセンティブやチェック機能が必要である。そこで、まず E-waste を制度内で処理されるための仕組みについて述べる。

生産者が回収・リサイクルシステムを整備する制度では、消費者に制度内への E-waste の引き渡しを促すインセンティブは設定されておらず、消費者が E-waste 排出時に費用を支払うケースもある（例：日本の家電リサイクル法）。したがって、制度外のアクターが無料回収または買い取りを行った E-waste が、制度外に向かう可能性を含んでいる。ただし、韓国のように、生産者が積極的に回収せざるを得ない「回収すべき E-waste の量」を法律で設定することにより、制度外への E-waste の流出が抑制される可能性がある。

一方政府が運営する制度では、生産者が政府に納入する費用や政府財源を原資として、消費者、指定回収拠点、認可リサイクルプラント等に対して、政府からの補助金が支給される（表 4.4.2）。消費者からの買取り金や補助金等のインセンティブは、消費者の手元を離れる段階から、E-waste を管理制度内に入れることが期待できよう。

また回収拠点となる回収業者は、消費者から E-waste を積極的に回収することが期待され、リサイクルプラントは、回収業者から買い取った E-waste を、一定の基準に基づいて適正にリサイ

¹² 韓国の前制度である預置金制度では、生産者が回収・リサイクルを行うことが期待されていたものの、生産者は積極的ではなく、回収・リサイクルは進まなかった。

クルすることが期待されている。政府は、回収拠点やリサイクルプラントが売却益を得ることを想定しながらも補助金を支給することで、より制度内へのインセンティブを高めようとする姿勢が伺える。なお中国では、リサイクル制度とは別に、経済効果を目的として、消費者に対して2011年12月までの期間限定で家電製品の買い替え時に、新品の販売価格の10%を(ただし上限¹³あり)補助する買替え促進政策を導入している。これが結果的に制度内での回収につながった可能性はある。

一方台湾では、2003年までは政府から補助金が支給されるのは回収拠点となる回収業者とリサイクルプラントの両方であったが、2004年以降はモニタリングコスト節約を目指し、リサイクルプラントだけに支給されることになった(Wen, Lin, and Lee 2009)。

表 4.5.2 各段階で支給される補助金 (2012年4月現在)

	消費者	回収拠点	リサイクルプラント
台湾	×	× (2004年以降廃止)	○ テレビ379.5元(1138円)、液晶テレビ303元(909円)、洗濯機346.5元(1039円)、635.5元(1906円)、エアコン500元(1500円) 機枠・マザーボード・HD・電源182元(546円)、機枠・マザーボード・HD157元(471円)、機枠・マザーボード・電源137元(411円)、機枠・マザーボード91元(273円)、モニター215元(645円)、液晶モニター303元(909円)、ノートPC303元(909円)、プリンター150元(450円)
中国	×	○ 品目及び距離により 20~50元(240~600円)	○ テレビ15元(180円)、冷蔵庫20元(240円)、洗濯機5元(60円)、パソコン15元(180円)
タイ	○ (回収拠点への搬入者も対象)	×	×

資料：各国の法規則等より筆者作成

注：為替相場は、1中国元=12円、1台湾元=3円

これらの国では、制度外のアクターが、環境に配慮するためのコストを費やさず、積極的にE-wasteを買い取っている場合もある。制度内で環境に配慮した場合の操業コストと、環境を考慮しないままの制度外での操業コストの差は、回収拠点でよりもリサイクルプラントの方が大きくなると考えられる¹⁴。そこでリサイクルプラントに補助金を集中させ、毎年生産者が政府に納入すべき金額と、リサイクルプラントに支給する補助金額を調整しているのは、台湾である。一方、消費者が排出する時点からE-wasteを制度内に入れることを重視しているのは、中国とタイである。また、中国の消費者への買い替え促進金は、リサイクル制度の回収拠点・リサイクルプラントへの補助金額よりも高額に設定されているため、E-wasteの制度内での回収につながったと考えられる。

ここで台湾での回収実績と補助金の詳しいデータを例として挙げる。台湾では、制度内の認可リサイクル業者に対してはリサイクルの実績に応じて、1台あたりに対して補助金を支給する。

¹³テレビ400元(4800円)、冷蔵庫300元(3600円)、洗濯機250元(3000円)、エアコン350元(4200円)、パソコン400元(4800円)と定められている(1中国元=12円)。

¹⁴台湾の制度内リサイクルプラントでは、集塵機に250万台湾元(約750万円)、フロンR-11とHFC141bの回収設備に1000万台湾元(約3000万円)という(1台湾元=3円)(村上(鈴木)2007)。

金額は、年の途中で変更されることもあり、家電製品の場合は、2002年の前期に改訂され、現状を保っているが、エアコンの補助金だけは2007年に引き上げられている。回収実績も2007年には増えているが、他の品目の回収実績も増加しているため、補助金の効果であるかは判断しにくい。また、パソコン関連製品については、ノートパソコンの補助金が2001年まで引き上げられたのちはそのままとされているが、パソコン本体やモニターは補助金額を2001年の後期に引き下げており、プリンターは2007年から引き下げている。しかしパソコン関連製品についても、回収実績との関連性が見出しにくい。

その理由として、補助金額以外に、解体後の再生資源の販売価格、制度外リサイクル業者の動向、制度内リサイクル業者の稼働率などが、制度内リサイクル業者の操業コストや回収実績に影響を与えていることが考えられる。補助金額は、制度内リサイクル業者が赤字にならない程度に決めるのが望ましい。赤字になれば、制度内リサイクル業者が立ちゆかなくなり、逆に、黒字が大きければ、資金を出している生産者や消費者に過剰な負担を強いていると言えるからである。

買い取り価格や操業コストが変わらないまま、解体後の再生資源の販売価格が上がった場合、補助金の金額がそのままであれば、リサイクル業者の利潤が増大することになる。そのような場合は、リサイクル業者への補助金は削減されることとなろう。制度外のリサイクル業者が、公害規制の執行強化などで減少し、買い取り量が減少すれば、補助金額を調整しなくても、制度内のリサイクル業者に E-waste がより集まってくる可能性がある。その反面、制度内リサイクル業者の数が増加して家電製品やパソコン関連製品の取り合いとなり、回収業者からの買い取り金額が上昇するなどの背景から、一台あたりの処理コストが上昇するような場合には、リサイクル業者への補助金が引き上げられる可能性もあろう。

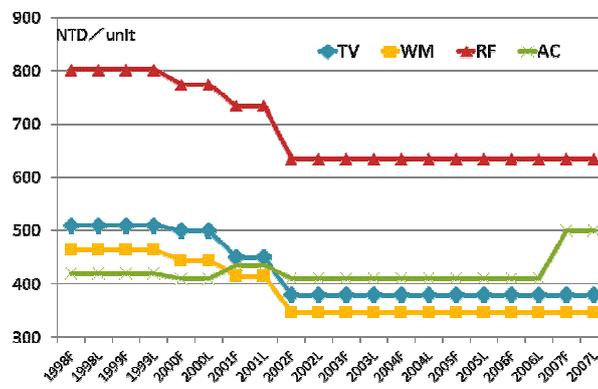


図 4.5.1 基管会制度内で支給される補助金（家電製品類）

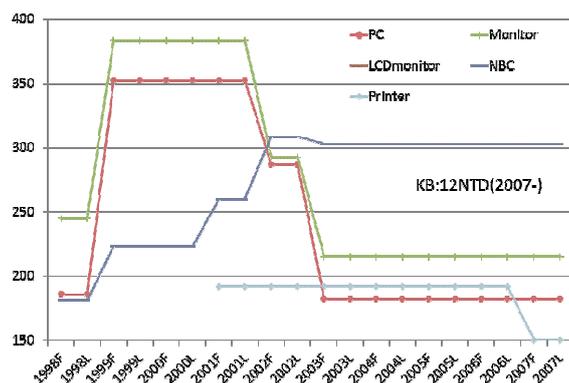


図 4.5.2 基管会制度内で支給される補助金（パソコン関連製品類）

これらのことから、基管会制度の補助金は、対象品目をリサイクルする業者のうち一定レベル以上の認可業者に対する優遇措置ともいえ、制度内の適正な認可業者による適正なリサイクルを増やすことが期待されていると考えられる。補助金は、制度内回収への動機づけとして最も重要ではあるものの、他の要因も制度内回収量に影響しており、制度内回収の拡大のためには、制度外リサイクル業者の取り締まり強化など、他の施策もあわせて実施することが望ましい。

4.6 施設の許可条件およびモニタリングの観点から

制度内の適正管理を目指す施策には、まず、関連主体への許認可、解体業者、収集運搬に携わる業者などに必要な許可の設定や、運営状況のモニタリング、リサイクルに関連する目標値の設定などがあげられる。

4.6.1 許認可とモニタリング

まず、収集運搬及び解体の工程における許認可の設定をみる。

表 4.6.1 各制度内での許認可

	日本PC	日本家電	欧州諸国	韓国 生産者責任制度
収集運搬の許認可	業の許可は必要	業の許可は不要	業の許可は原則必要だが一定条件を満たせば不要	業の許可は原則必要
解体の許認可	業の許可は不要だが環境大臣の認定が必要 (広域認定制度)	業の許可は不要だが環境大臣の認定が必要 (広域認定制度)	業の許可は原則必要だが一定条件を満たせば不要	業の許可必要

	韓国 預置金制度	台湾	中国
収集運搬の許認可	規定なし	業の許可は必要、さらに環境保護署の認可が必要	
解体の許認可	規定なし	家電・パソコン製品類の処理業の許可必要、さらに環境保護署の認可が必要	業の許可必要

出所：各国法規制より作成。

これらの事例から、制度内で回収及び収集運搬するための許認可は、許可が必要であったとしても求められる要件は多くはなく、比較的容易に取得することができる。とくに生産者が物理的責任をもつ日本、欧州諸国、現在の生産者責任制度の韓国では、制度をスムーズに運用するために、生産者の責任の下で、業の許可が不要となる場合もある。しかし、緩やかな許認可だけでは、制度外に流出する可能性は否定できない。実際に日本でも、フローを管理するシステムがあるにも関わらず、流出する事件が少なくなかった。許認可と併せて、フローを管理するシステムをモニタリングする仕組みも必要であろう。日本の家電リサイクル法では、家電リサイクル券でフローが管理されているにも関わらず、その施行状況のモニタリングが不十分であったことから起こったと考えられる（後述）。実態としては、日本や欧州では、生産者の責任の下で、販売店や物流業者が収集運搬を行っている。現在の韓国（生産者責任制度）では、収集運搬は生産者の責任の下で販売店が行うことが期待されているが、多くの E-waste が自治体に排出されることを踏まえて、生産者は自治体に回収を依頼し、その回収実績を買い上げるなどの措置を講じている。

解体に関しては従前の廃棄物処理に関する制度での業の許可が必要な場合が多く、もし許可が不要であっても何らかの認可要件が設定されており、制度内で活動するための業者の質は確保されているといえよう。

さらに、解体処理を行うリサイクルプラントについては、解体業の業の許認可だけでなく、

E-waste に特徴的な部分、とくに環境負荷に関わる部分について、規則が定められている場合がある。

表 4.6.2 解体段階に関する規則

	日本PC	日本家電	欧州諸国	韓国 生産者責任制度
ブラウン管	○	○方法も規定	○	○
フロン	○	○方法も規定	○	○
再生資源	○	○	○	○
備考		部品再利用も認める	部品再利用も認める	

	韓国 預置金制度	台湾	中国
ブラウン管	なし	○方法も規定	○方法も規定
フロン	なし	○方法も規定	○方法も規定
再生資源	なし	○	なし
備考		部品再利用は認めない。 再生資源の利用には業、取扱い再生可能資源、再生方法について「再生業」の許可が必要	部品再利用について言及

出所：各国法規制より作成。

ここでは、環境汚染につながる可能性が高い部分として、ブラウン管とフロンをみると、適正に処理すべき品目として取り上げられている制度と、その処理方法までも規定している制度がある。また、再生資源については、申請に基づいて再生資源であることを認めている¹⁵にとどまる制度と、再生方法を定める制度（台湾）がある。部品の再利用については、明確に認めている制度（日本家電、欧州諸国、韓国）、認めていない制度（台湾）に分かれている。

また、日本では、定められた規定の準拠を確認するため、生産者は、リサイクルプラントだけでなくフロン類破壊業者にも、実績を報告させるほか、立ち入り検査も行う。台湾では、実績に応じて補助金を支給するため、リサイクルプラントへの常時立ち入り検査を行っているが、それ以降のフローは自己申告書類の確認のみで、実際の確認はしていない。それ以外の制度では、いずれも基本的にリサイクルプラントの自己申告であり、厳格なチェックは行われていないため、規則はあっても、フロンの空中放出等を確認するすべがない。

再生資源の利用等についても、リサイクルプラント以降については、大半の制度でカバーされていない。唯一台湾では、E-waste 管理制度とは別に、定められた再生資源を取り扱う場合に「再生業」の認可が必要であり、E-waste に由来する再生資源も対象であるため、間接的に再生資源としての利用までがカバーされることになる。しかしあくまでも認可であり、自己申告による部分が多いため、適正な資源再生が行われず、輸出業者に転売されたり、製造された再生素材や製品の品質が低く、販路がないといった問題も指摘されている。

¹⁵ 項目として定められているものではなく、業者の申請したものを政府が再生資源として認めるの意である。認める際の明確な基準などはない。

4.6.2 リサイクルに関連する目標値の設定

次に、制度内での適正管理を目指す施策の2つ目として、資源回収や再資源化等の最低基準として設定された比率の設定をとりあげる。本稿で取り上げている制度のうち、その基準が政府によって設定されているのは、日本の家電及びパソコン、韓国の現行制度、欧州、台湾である。これらのうち、生産者が回収・リサイクルシステムを整備する制度では、この基準の達成義務が生産者に課されている。一方、政府が回収・リサイクルシステムを管理する制度（台湾のみ）では、この基準は、制度内で補助金を受領する条件として設定されている（村上 2007）。それぞれの制度での基準とされる「リサイクル率」とは、各々異なっている。

表 4.6.3 各制度における資源の回収や再資源化に関する基準の設定

	日本家電	日本PC	韓国	欧州諸国			台湾
名称	再資源化率	資源再利用率	再活用率	リカバリー率	リサイクル率	再使用(リユース)率	資源回収比率
計算方法	「有償または無償で譲渡できる状態にする重量」/「リサイクルプラントで処理された重量」	「中古再生部品としての再利用重量」+「資源(材料)としての再利用重量」(資源再利用量)/リサイクルプラントで処理した使用済みPC総重量(再資源化処理量)	「再活用された重量」/「各製品の平均重量」	各機器の平均重量のうち回収したもの	部品及び資源等の利用/各製品の平均重量		「資源回収された重量」/「リサイクルプラントで処理した重量」
基準	CRTTV55% LCDTV50% 冷蔵庫 60% 洗濯機 65% エアコン 70%	デスクトップPC: 50% ノートPC: 20% CRTモニター: 55% 液晶モニター: 55%	TV・PC 65% 冷蔵庫・オーディオ・携帯電話 70% 洗濯機・エアコン 80% プリンター・コピー機・FAX75%	冷蔵庫等 85% TV等モニター80% 照明具 75% 大型の設置機 85% 小型家電 75% 小型IT機器(PC携帯電話等)85%	冷蔵庫等 75% TV等モニター65% 照明具 50% 大型の設置機 75% 小型家電 50% 小型IT機器(PC携帯電話等)75%	5%(照明具のみなし)	全品目 70%
備考	「再資源化」には、国内の指定リサイクルプラントで、さらに「有償」または「無償」で譲渡できる中古部品や再生資源にした状態	「再利用」は、国内の指定リサイクルプラントで中古部品または再生資源として再利用できる状態にしたもの	「再活用」には中古部品、再生資源だけでなく、輸出・中古品販売も含む		再生資源	中古	「資源回収」は再生資源のみを指す

各国法律および規則等を参照して作成。

分母が「回収・処理したものの総重量」であるのは、日本の家電及びパソコン、台湾であり、他は、各製品の「平均重量」とされているが、とくに小型家電を含む場合、元々回収時に個数ではなく重量で記録されているため、実質的には総重量から算出することになると考えられる。

しかし分子が異なれば、算出される数値の意味も各々異なることになる。最も特徴的なのは、日本の家電リサイクルで設定されている「有償または無償で譲渡できる状態にすること」であり、リサイクルプラントは、定められた基準の重量は、再資源化業者に販売または無償提供しなければならない。そのため、リサイクルプラントは「(再生資源売却益) - (有償または無償で譲渡できる状態にするコスト)」をプラスにする努力(Design for Recycling)を促すことになる。生産者には、部品の点数を削減したり、再生しやすい素材を使用するなど、環境適合設計 (Design for Environment)を促す可能性がある。生産者は、1990年代から既に「家電製品アセスメントマニュアル」を発行し、その中で省資源化や再利用促進などに対応する評価項目を設定していたことが、DfEの促進に寄与したと言われている(家電製品協会 2011)。実際に日本では、2009年から4月から再商品化率が引き上げられた背景には、リサイクル技術の向上と資源価格の高騰があげられており、基準を引き上げてもおお、十分達成可能な実績をあげていることがわかる。

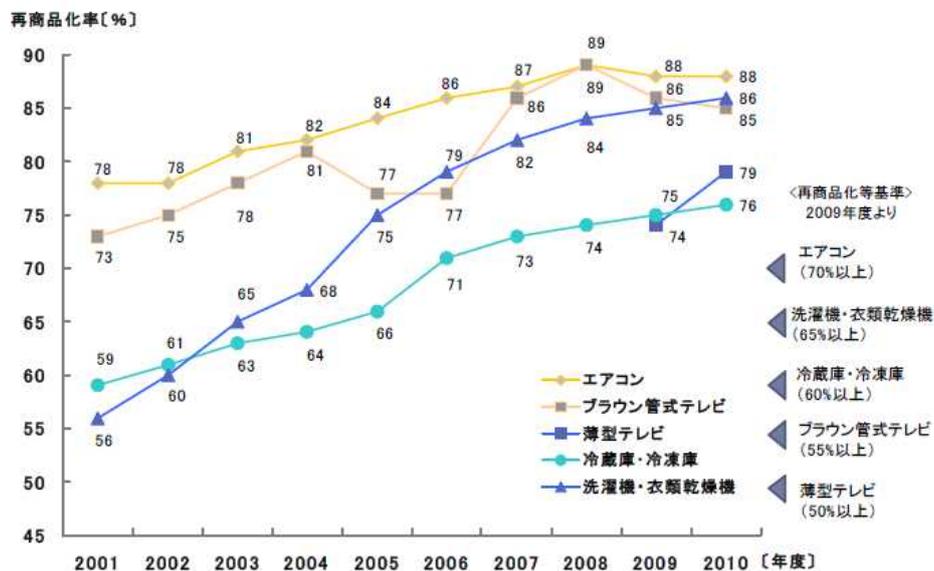


図 4.6.1 日本の家電リサイクル法の再商品化実績
出所：家電製品協会 2011,21p

日本のパソコンの「資源再利用率」は、金銭的な概念は含んでいないが、国内で再資源化または中古部品として利用する率を示している。定められた基準は満たしているが、大幅に資源再利用率が上昇しているわけではない。

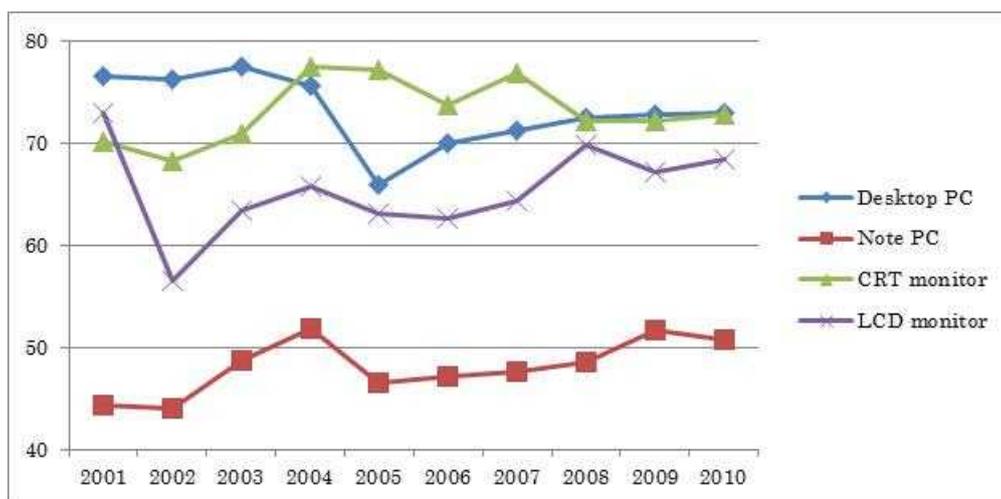


図4.6.2 パソコンの資源再利用率実績

出所：パソコン3R促進センターホームページより作成

再生された資源の価値が高まっている点は、家電にもパソコンにも共通して当てはまるにもかかわらず、徐々に向上する家電の再資源化率と比べて、パソコンの資源再利用率が変動していない。その理由は、家電のリサイクルには改善余地が大きかったために伸びが目立ち、パソコンは元々効率的なリサイクルが行われていたことが考えられる。家電のリサイクルでは、製造業者だけでなく、既存のリサイクル業による技術や効率の改善への寄与は少なくないと考えられよう。

一方、韓国、欧州諸国で設定されている基準は、金銭的な概念が含まれていない上に、いずれの基準も生産者の責任での輸出や中古品販売は、生産者の責任遂行とみなされ、韓国では「再活用された重量」(Jang 2010)、欧州諸国では「部品及び資源等の利用」として計上できることになっている。欧州諸国では、2016年をめどに基準が引き上げられることが確定したが、現行制度では、生産者自身がこれらをチェックする仕組みは設定されておらず、環境上不適正な輸出が生産者の実績としてカウントされる可能性がある。そのような状況を回避するためには、基準の引き上げだけでなく、輸出に関する法制度と併せて、とくに輸出される場合の条件等を明確にする必要もあろう。

なお、欧州諸国の基準は、個々の品目ではなく、製品群ごとに設定されている。これは、様々な品目を対象とする場合、同じ製品群の品目同士をカバーしあう意味で、現実的な基準¹⁶の設定方法と考えられる。

そして台湾では、補助金を受け取るための基準として「資源回収率」が設定されている (Hsu and Kuo 2005)。これは、金銭的な概念は含まれていないものの、国内で資源回収したものだけを対象としており、中古部品を含めることも認められていないという特徴がある。その理由は、台湾の製造業者が中古部品を組み合わせた「新品」が販売されることを恐れたためと言われている¹⁷。完成品だけでなく、半製品を取り扱う業者や、部品組み立て業などが多数存在する国では、注意すべき点と考えられよう。

なお、この資源回収率はリサイクルプラントに求められているもので、生産者には関係がないため、基準クリアの努力はリサイクルプラントによるものとなる。リサイクルプラントに対して、資源回収率のさらなる向上を促すのであれば、補助金の支給に工夫を行うことが考えられる。これについては、インセン

¹⁶ 欧州諸国では全ての品目を対象しているため、個々すべての品目に基準を設定することは現実的ではない。また、同じ製品群の中でも、再生資源にしやすいものに注力して実績をあげれば、しにくいものをカバーできるようにしておくことで、生産者が受け入れやすい仕組みとなっている。

¹⁷ 2006年に行った環境保護署担当者へのヒアリングによる。

タイプの節で述べる。

欧州のリカバリー率では、マテリアル・リサイクル、ケミカル・リサイクルだけではなく、エネルギー回収もリカバリーの一部と考えられている。また、逆有償でのリサイクルやエネルギー回収も含めることができる。

4.6.3 運営上のモニタリング

いずれの制度においても、カバーされているのは再資源化業者に引き渡すまでの段階であり、解体を行うリサイクルプラント以降のフローについては、定められていない。台湾では、再資源化業者に対して認可制度を導入しており、再資源化品の来源や用途も定めているものの、再資源化業者の申請による例外も認められやすく、どこまで再資源化を管理されているかは、疑問視されている¹⁸。制度内で適正な回収・リサイクルを促進するためには、先述の輸出だけでなく、再資源化にもこのような仕組みを導入し、当該回収・リサイクルシステムと連携させることが考えられる。

これらの適正管理を目指すための施策をフォローし、より効果的な制度内での回収を目指すためには、施行状況のモニタリングを行うことが必要となる。モニタリングを行わなければ、施策の効果が薄れてしまう可能性がある。ここで、各制度の運営上のモニタリング機能をまとめる（表 4.6.4）。

表 4.6.4 各制度における運営上のモニタリング機能

		日本 (家電)	日本 (PC)	韓国	欧州 諸国	台湾	中国	タイ (検討中)
消費者からの 回収	金銭	○(支払)	○(支払)	X	X	X	○(受領)	○(受領)
	E-waste	○	○	X	X	○(現×)	○	○
回収拠点(業者)	金銭	X	X	X	X	X	○(受領)	X
	E-waste	○	○	△(申告)	△(申告)	○(現△)	○	◎
解体業者 (リサイクルプラント)	金銭	X	X	X	X	○(受領)	○(受領)	X
	E-waste	◎	○	△(申告)	△(申告)	◎	◎	○

◎：立ち入り検査等，○：書類またはオンライン申告，△：自己申告，X：とくになし

金銭フローがあり個体管理の場合は、立ち入りも含めた監視機能があること、金銭フローがなく個体管理の場合は、監視機能はあるが申告に任せる部分もあること、そして金銭フローがなく重量管理の場合は、申告に任せていることがわかる。

モニタリングが適切に機能すれば、生産者に物理的責任がある国では、回収から解体までの責任が達成されたかどうかを証明できる。また、消費者から解体までのルートをカバーするマニフェストを導入すれば、生産者が金銭的責任だけを負う国でも、制度内で適正管理が行われたかどうかを証明できる。

しかし、モニタリングの仕組みがあっても、その仕組みを適正に遂行するのは難しいようである。たとえば日本の家電リサイクルでは、排出時にお金を払う消費者への説明責任としてきめ細かく作られたはずの家電リサイクル券は、指定引取場所までの到達が確認されていなかったため、販売業者から指定引取場所までの間に、制度外への流出が何件も発覚している。これは、マニフェストの導入だけでなく、実際のモニタリングも必要であることを証明していると言えよう。

同様に、韓国の電気電子機器リサイクルにも、EcoAs と呼ばれる制度が導入されている。消費者の排出段階から1台ずつ追跡する点は日本と同様であるが、排出者自身ではなく販売店や自治体が回収時に記入

¹⁸ 2011年に行った経済部工業局担当者へのヒアリングによる。

することになっているが、記入は義務ではない。責任をもつ生産者側にも生産者責任下に入ってきた段階で正確に全部記入する必要はないという認識がある。したがって、制度内での回収量の増加を目指す韓国で、EcoAs が果たす役割は不明である。

買い替え促進制度を併用した中国の場合は、消費者の買い換え時に補助金を支給する関係から、必要な手続きが煩雑である。1枚のマニフェストだけでさえ、日本で適正に運用されなかったことを考えると、多数の書類を必要とし、途中の行程を増やす仕組みを適正に運用するのは難しいであろう。

そして台湾では消費者から、これまで制度内での回収に関与していなかった販売業者を介した解体業者までのマニフェストシステムは、2011年7月の導入が決定されていたが、販売店の体制が整っていないという理由で延期されていた。しかし、2012年4月から再検討されることとなっており、実際に制度として運用されるまでには至っていない。

まず、許認可や解体に関わる基準等を導入することで、形の上で「適正な業者」が増えることになるのは、すべての制度に共通しており、E-wasteに関する付加的な規制条件も設定されている。そして許認可の条件としての規制遵守状況は、多くの制度で自己申告となっている。しかし、とくに環境負荷を及ぼしうる部分は、「コスト」を発生する部分であるため、リサイクルプラントの自己申告だけに頼るのは、環境負荷抑制策としては不十分であり、責任を持つ主体または制度を管理する政府による、立ち入り検査などのチェックが必要であると考えられる。また、再資源化に関しては、何らかの認定基準を導入するとともに、リサイクルプラント以降の用途や行先についても同様のチェックを行うことにより、安易な他業者への転売や輸出などの「再資源化」が行われていないか、確認することが望ましいであろう。

そして、モニタリングを形骸化させないためには、「最後までたどり着いたことをチェックする責任」や、「途中段階がどうなっているかをチェックする責任」を、生産者または政府等の主体がもち、自己申告と立ち入り検査等を組み合わせる仕組みが望ましいと言えよう。たとえば日本では、販売業者から回収拠点までの間に制度外流出を抑制するために、大量の使用済み家電を扱う量販店による定期的なチェックを行わせることになっている。

現行の様々な施策をより効果的なものにするためには、それらの施策と、その施行状況に対する排出、回収、解体などの各段階で自己申告と立ち入り検査などを組み合わせた複合的なモニタリングを行う必要があると考えられる。

また、制度に入らなかったもののフローについても可能な限り把握するための施策も考えられる。日本では、大量に中古品を取り扱う可能性がある量販店に対して、中古として回収したものに対して申告を義務付けている。この施策は、中古品を制度内に入れることができなくとも、不適正なフローに向かう可能性を抑制できる効果が期待できるであろう。

4.7 東南アジア諸国および中国・インドの制度動向

4.7.1 インドネシアにおける E-waste 管理に関する法制度

インドネシアにおける E-waste 管理には、2009 年に改定された環境保護・管理法および関連政令や環境大臣令に基づいて、有害廃棄物管理の枠組みで取り扱われてきた。有害物質を含む E-waste の解体や処理を行う業者は、政府の許可が必要となっている。

また、2008 年に制定された廃棄物管理法では、家庭から発生する使用済み製品の回収等を生産者に行わせる規定が入っており、E-waste も対象となると考えられる。施行のための細則が準備され、業界等との話し合いが行われている。使用済み製品回収のための法令の方向性としては、次のような点があげられている。

- ・リサイクルに関する義務を生産者に負わせる
- ・回収システム、デポジット・リファンドシステムの確立
- ・経済的インセンティブを考慮したコスト分担のしくみの確立
- ・蛍光灯、バッテリー等の分別収集システムの構築
- ・リユースできる素材、リサイクルできる素材などに関する基準の制定
- ・生産者への猶予期間を 10 年とする

コスト分担について詳しい情報は出てきていないが、消費者が排出時にコスト負担するということは、経済的インセンティブの観点から考えられないため、製造者の負担が考えられているとことを意味していると考えられる。10 年間と比較的長く猶予期間を取ることに関しては、産業界との対話の結果であるという。また、環境省の有害廃棄物担当部門によると、別途、有害廃棄物管理に関する政令を改正し、事業者から発生する E-waste についての回収責任についても生産者に課することが検討されているという。

4.7.2 マレーシアにおける E-waste 管理に関する法制度

マレーシアでは、2005 年の有害廃棄物管理規則の改正で、廃電子・電気製品を有害廃棄物のひとつとしてみなすことを規定した。有害廃棄物管理規則を所管している環境局は、e-waste の回収からリサイクルまでを生産者に負わせるという法案を作成し、2008 年 1 月には、企業等にドラフトを提示し、コメントを求めた。ドラフトでは、回収システムを特に規定しておらず、生産者に回収網の確立も行うことが求められている。生産者からは、課される責任が広範囲にわたっていること、回収目標が高いことなど、問題点の指摘を行われ、見直しが行われている。

回収は、都市ゴミの収集・運搬を行っている会社に任せるという考え方もあり、実際に環境局のホームページでは、廃電子・電気製品の廃棄に当たっては、都市ゴミの収集・運搬を行っている会社への連絡を呼びかけている。2007 年に制定された固形廃棄物・公共清掃法では、廃電子・電気製品だけでなく、さまざまな製品に対して、生産者や輸入業者に使用済み製品回収の責任を負わせることができる条項が盛り込まれており、住宅・地方政府省の固形廃棄物管理局で施行細則の準備が進められている。

また、国際協力機構（JICA）の協力により、ペナンでのパイロット回収の実施などにより、家庭から廃棄される廃電気・電子機器の収集、分別、輸送のモデルを構築する事業が行われている。

4.7.3 フィリピンにおける E-waste 管理に関する法制度

フィリピンにおける e-waste 管理に関する法制としては、解体や有害物質を含む部品のリサイクル・処分については、危険物質と有害・放射性廃棄物制御法 RA6969(Toxic Substances and Hazardous and Nuclear

Wastes Control Act of 1990) がある。収集については、固形廃棄物エコ管理法 RA9003(Ecological Solid Waste Management Act of 2000)の特別廃棄物にあたる。E-waste の収集、リサイクルに関する法令を別途作成することも数年前から政府内で検討されているが、これまでのところ、大きな進展はない。

4.7.4 タイにおける E-waste 管理に関する法制度

タイも 2005 年に e-waste のリサイクルに関する「使用済み製品由来の有害廃棄物管理促進法」の草案を発表し、細則を詰める作業を進められてきた。草案では、生産者や輸入業者からリサイクル費用を徴収し、E-waste の回収拠点での買い取りにまわすしくみとなっている。リサイクル費用の徴収をその他の環境保護のための費用徴収とまとめて法制化を目指していたが、2006 年 9 月にタクシン政権が倒れて以降、クーデターや選挙などにより数度の政権交代があり、政治的な混乱が続いている。その結果、e-waste リサイクルに関する法令について最終的な合意ができていない。2011 年 8 月に成立したインラック政権のもとで、制度設計そのものについても見直しを求められているという（2011 年 12 月にタイ公害管理局職員に行ったヒアリングに基づく。）

4.7.5 ベトナムにおける E-waste 管理に関する法制度

ベトナムでは、e-waste の回収・管理・処理は有害廃棄物規制の範囲内で行われることが想定されている。2005 年環境保護法公布以降、資源環境相決定 23 号と資源環境相通達 12 号という 2 つの政令が 2006 年に公布されていたが、この 2 つを統合し、さらに詳細な規制を盛り込んだ（新）資源環境相通達 12 号が 2011 年に公布された。同通達は、①有害廃棄物の規定・分類、②有害廃棄物管理取扱の条件、有害廃棄物発生者の登録および廃棄物取扱の許可に関する手続き、各種コード、③環境評価報告書の内容およびその許可の基準、から構成されている。

また、2005 年に改正された環境保護法で、生産者や輸入者に回収プログラムを実施させる規定が盛り込まれた。対象となっている製品は、①生産・経営・サービスに使用された放射線源、②乾電池・蓄電池、③民生用、工業用の電子・電気設備、④自然分解しない潤滑油、油脂、梱包材、⑤工業・農業・水産業用の薬品、化学物質、医薬品、⑥輸送機械、⑦タイヤ・チューブ、⑧政府首相が決定するその他の製品と多岐にわたっている。細則が十分に定まっておらず、完全に施行されているとは言えない状況である。

生産者に回収義務率を課し、それを満たせなければ罰金を徴収するしくみの細則が用意され、2010 年末には、首相府にすでにドラフトが送られている。首相府の最終的な承認待ちとなっている。

4.7.6 中国における E-waste 管理に関する法制度

「廃棄電器電子製品回収処理管理条例（国務院令第 551 号）」が 2011 年 1 月 1 日に施行され、併せて、環境保護部から「廃棄電器電子製品処理資格許可管理弁法」も施行された。廃棄電器電子製品を処理する企業は市レベルの環境保護部門に申請し、書類審査と現場検査を受けて許可証を取得する必要がある。

廃棄電器電子製品回収処理管理条例では、国が電器電子製品処理基金を設立し、電器電子製品生産者および輸入者等が廃棄電器電子製品処理基金にお金を納める義務がある（第 7 条）と規定されているが、現時点（2012 年 5 月）において、まだ具体的な費用の徴収方法などは明らかになっていない。

4.7.7 インドにおける E-waste 管理に関する法制度

インドの環境森林省は、2011 年 5 月 12 日に E-waste（管理・取扱い）規則（E-waste (Management and Handling) Rules, 2011）を公布した。2012 年 5 月 1 日に施行される予定となっている。これまで、E-waste

については、明示的には有害廃棄物として指定されていなかったが、その含有成分などから、有害廃棄物とみなされ、有害廃棄物（管理・取扱い）規則（Hazardous Waste（Management and Handling）Rules）が適用されてきた。E-waste の処理施設は、Hazardous Waste（Management and Handling）Rules に基づき、州の公害管理委員会等から認可を受ける必要があった。2010 年 9 月の時点での州別の施設数は、表のとおりである。また、2008 年には、E-waste の環境上適正な管理（ESM）に関するガイドラインが、環境森林省中央公害規制局から出されている。

表 4.7.1 E-waste の ESM 施設数（2010 年 9 月 23 日付）

州名	施設数
Andhra Pradesh	2
Karnataka	7
Gujarat	1
Maharashtra	3
Haryana	1
Rajasthan	1
Tamil Nadu	6
Uttar Pradesh	1
Uttarakhand	1
合計	23

出所：Central Pollution Control Board 資料より作成。

これまでの E-waste に関する取り組みは、基本的には、リサイクル施設の ESM 管理に焦点があてられていた。2012 年 5 月に施行される E-waste（管理・取扱い）規則では、製造段階での有害物質の使用の禁止、E-waste の回収・リサイクルのしくみを確立するための関係者の責任の明確化などを規定としたものとなっている。

使用を禁止される有害物質は、鉛、水銀、カドミウム、六価クロム、ポリ臭化ビフェニル、ポリ臭化ジフェニルエーテルの使用の禁止を禁止している（第 5 章）。カドミウムについては、均質材料中 0.01%、カドミウム以外の上記有害物質については、均質材料中 0.1%までは、使用可能としている。また、蛍光灯に用いる水銀など除外品目が Schedule II で指定されている。

E-waste（管理・取扱い）規則の第 2 章で、各関係者の責任がそれぞれ列挙されており、同規則が想定される回収・リサイクルルートが読み取れる形となっている（図参照）。

E-waste (管理・処理) 規則における E-wasteのフロー

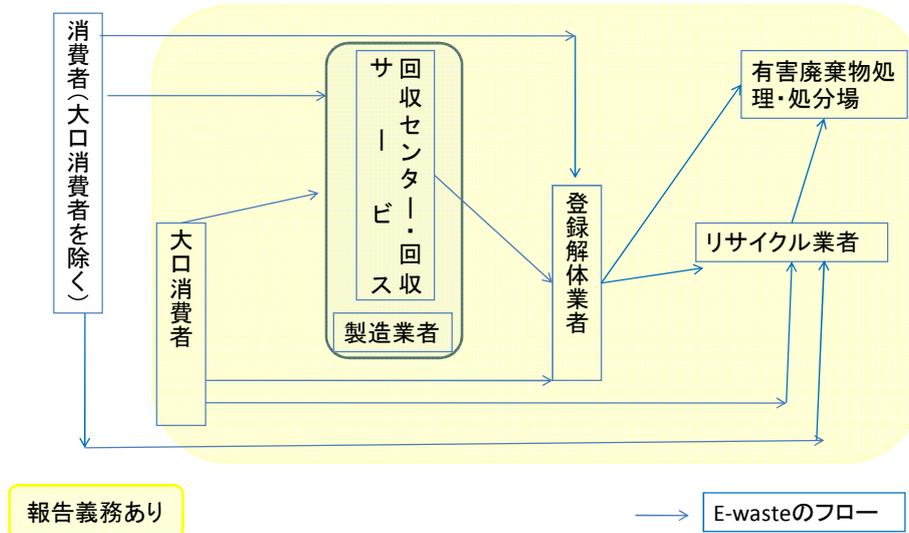


図 4.7.1 インドの E-waste Rules における E-waste の回収フロー

消費者（大口消費者も含む）は、E-waste を製造者が設立した回収センター、認可解体業者、認可リサイクル業者、あるいは製造業者の提供する回収サービスに引き渡さなければならない。大口消費者は、引き渡した E-waste についての記録を作成し、州の公害規制局に報告しなければならない。なお、大口消費者は、中央政府や地方政府の各部門、銀行、教育施設、国際機関、1948 年工場法や 1956 年会社法で規定されている企業を指すとしている（第 3 条（c））。

製造業者は、回収センターを設立するか、回収サービスを提供する必要がある。回収センターの設立や回収サービスの提供は、各社が独自に行ってもよいし、複数の業者がまとまって行うことも可能である。E-waste の解体業者とリサイクル業者は、州レベルの公害管理委員会からの認可を受ける必要がある。

大口消費者や製造業者、認可解体業者、認可リサイクル業者には、それぞれ、排出量、処理量などの報告義務が課せられている。

E-waste（管理・取扱い）規則の問題点として、次の 2 点があげられる。まず、生産者の責任の範囲について曖昧なところがあることである。生産者の責任の一つとして、E-waste の環境上適正な管理を行うためのコストをまかなうシステムの構築と、そのための資金の提供が規定されている（第 4 条（4））が、環境上適正な管理をどの程度行えばよいのかが不透明な点である。明示的には示されていないが、環境上適正な管理には、環境汚染を生じない処理プロセス以外にも、解体後のリサイクル率や回収率などが含まれる可能性がある。環境上適正な管理に関する具体的な項目や目標値が示されなければ、製造業者はどの程度の取り組みを行えばよいかわからず、十分な取組がなされない可能性がある。

2 つ目の問題は、第 2 条で、小規模事業者が同規則の適用対象から除外されていることである（第 2 条（b））。多くのインフォーマル・リサイクラーが小規模事業者と考えられ、小規模事業者により E-waste の回収やリサイクルが存続しても、同規則をもとに罰することはできないことになる。

表 4.7.2 東南アジア諸国および中国・インドの制度動向

	インドネシア	マレーシア	フィリピン	タイ	ベトナム	中国	インド
有害廃棄物規制における E-waste に関する規制	家庭系の収集：廃棄物処理法。解体・処理・処分および産業系の収集：危険・有害廃棄物管理政令。	指定廃棄物に関する環境規則。（収集は、固定廃棄物公共清掃管理法に基づく可能性あり。）	収集：RA9003（特別廃棄物） 解体・処理処分：RA6969	有害物質法、工場法	環境保護法	廃棄電器電子製品回収処理管理条例（国务院令第 551 号）	有害廃棄物（管理・処理）規則、E-waste（管理・処理）規則
上記規制の運用状況	有害廃棄物処理施設の許可制度	有害廃棄物処理施設の許可制度	TSD 施設の許可制度	廃棄物処理、リサイクル工場に許可制度	有害廃棄物処理施設の許可制度	廃棄電器電子製品処理資格許可制度	有害廃棄物処理施設の許可制度
E-waste に関する規制の整備段階	C	C→D	D	C→D	C	A（2011 年 1 月施行）	A(2012 年 5 月施行)
生産者責任	回収	回収	不明	費用負担	回収	費用負担	回収
	リサイクル	リサイクル			リサイクル		費用負担
回収・リサイクルの仕組みに関する政府の直接的関与	N/D	回収は都市ごみ収集運搬企業が行うことが検討されている。	N/D	✓ 費用徴収、再配分	N/D	✓ 費用徴収、再配分	N/D
回収義務率の設定	N/D	✓(当初案)	N/D	—	✓	—	N/D

A：施行、B：施行猶予期間、C：ドラフト公表、最終承認待ち、D：検討、E：計画なし

✓：あり、—：なし、N/D：情報なし

第4章 参考文献

4.5

Manomaivibool, P., Vassanadumrongdee, S. 2011. Extended producer responsibility in Thailand: Prospects for policies on waste electrical and electronic equipment. *Journal of Industrial Ecology*, Submitted for publication. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2011.00330.x

Ministry of Environmental Protection the People's Republic of China 2011. Regulation on the Administration of the Recovery and Disposal of Waste Electrical and Electronic Products (No.551 Order of the State Council of the People's Republic of China) english.mep.gov.cn/standards_reports/standards/Catalogue_Standards/201101/t20110113_199825.htm

Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment (PCD MNRE), Thailand. 2006. The draft Act on the Promotion of the Management of Hazardous Waste from Used Products.

Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment (PCD MNRE), Thailand. 2010. Final report: The study project on rules, procedures, and fees of Thailand's WEEE management, (executive summary). Report prepared by National Center of Excellence for Environmental and Hazardous Waste Management, Chulalongkorn University.

Van Rosem, C., Tojo, N. and Lindqvist, T.2006. Extended Producer Responsibility- an Examination of its Impact on Innovation and Greening Products. Report Commissioned by Greenpeace International, Friends of the Earth Europe and the European Environmental Bureau.

<http://www.greenpeace.org/international/press/reports/epr> Accessed January 2012.

Wen L, Lin C.H, Lee S.C. 2009. Review of recycling performance indicators: a study on collection rate in Taiwan. *Waste Management* 29(8):2248-2256.

環境省・経済産業省（1998）特定家庭用機器再商品化法（家電リサイクル法）

国立環境研究所、東京大学大学院、東京外国語大学（2007）『アジア地域における廃電気電子機器と廃プラスチックの資源循環システムの解析（平成18年度循環型社会形成推進科学研究費補助金K1823）』：52-68

中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会 小型電気電子機器リサイクル制度及び使用済み製品中の有用金属の再生利用に関する小委員会（2012）『小型電気電子機器リサイクル制度の在り方について（案）』

4.6

財団法人家電製品協会（2011）『家電リサイクル年次報告書 平成22年度版（第10期）』

経済産業省・環境省（2001）資源の有効な利用の促進に関する法律，パソコン3R促進センターホームページ（2012年4月13日）

http://www.pc3r.jp/association/recycle_result.html

村上（鈴木）理映（2007）「台湾の使用済み家電リサイクル政策：実態と課題」*廃棄物学会誌*，18（4），250-263

Hsu, E. and Kuo, C.M. 2005. Recycling rates of waste home appliances in Taiwan, *Waste Management*, 25（1），53-65.

Jang, Y.C. 2010. Waste electrical and electronic equipment (WEEE) management in Korea: generation,

collection, and recycling systems. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 12(4): 283-294.

Korea Ministry of Environment 2002. The Act on the Promotion of Saving and Recycling of Resources. (enacted 1992, wholly amended in 2002)

Korea Ministry of Environment 2007. The Act on Resource Recycling of Waste Electrical Electronic Equipment (WEEE) and End-of-life Vehicles (ELVs).

4.7

小島道一「アジア地域における拡大生産者責任の展開（２）」『産廃 NEXT』 2010 年夏号小島道一・吉田綾・佐々木創（2008）「発展途上国における EPR の適用とその課題ータイ・中国を中心に」小島道一編『アジアにおけるリサイクル』アジア経済研究所。

日本貿易振興機構アジア経済研究所(2007)『アジアにおける産業廃棄物・リサイクル政策情報提供事業報告書』〔経済産業省委託事業〕

中華人民共和國國務院令第 551 号（中文）

http://www.gov.cn/zwgk/2009-03/04/content_1250419.htm

廃棄電器電子製品処理資格許可管理弁法（中文）

http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/bl/201012/t20101217_198804.htm

Hilman, Masnellyarti (2012) “Policy of Waste Recycling in Indonesia”, presented at “International Seminar on Policy for Promoting Recycling Industry” held at Jakarta on January 29, 2012.

Ministry of Environment and Forests, India (2008) Guidelines for Environmentally Sound Management of E-waste

第5章 アジア地域におけるインフォーマルリサイクルの社会・経済状況

インフォーマルセクターの社会・経済状況を把握するため、E-waste の解体・選別を行う地域をフィールド調査をするとともに、一部の同意を得たインフォーマントに対し質問票を用いたインタビュー調査を行った。

5.1 ベトナムにおけるインフォーマルリサイクルの社会・経済状況

5.1.1 ホーチミン市内のインフォーマル業者

中古・廃家電を中心とした電機・電子製品・部品の回収・分別業者が数 10 軒集積していたホーチミン市中心部の Nhat Tao 地区は、2010 年に市政府による再開発地域の対象となり、業者のほとんどは廃業、移転を強いられている。ただし、現在は小規模な回収業者が数件細々と事業を続けている。2011 年 10 月および 2012 年 2 月調査時に回収されていた物の圧倒的多数はパソコンモニターであり、それらを解体し、ケーシングだけ新しくして新品のテレビを製造する業者が Nhat Tao 地区には確認できただけで 3 軒残っている。

パソコンモニターはトラックや（チャーターした）バスなどを使い郊外からも運ばれてきており、Nhat Tao 地区に買い付けに来る業者もいる。また、基板だけが袋詰めになって Nhat Tao 地区に運ばれてきている。Nhat Tao における解体業は衰退しているが、現在でも中古・廃家電売買の中継地としての機能は残っているようである。



写真 5.1.1 Nhat Tao 地区に運ばれてくるパソコンモニターや基板

その一方で、Nhat Tao 地区で増加しているのが、路上の中古携帯電話および携帯電話部品（主にバッテリー）売りである。2009 年の調査時にほんの 4~5 人いた程度であったが、2012 年 2 月調査時には、少なくとも 30 人以上が Vinh Vien 通りを中心に集まっている。売られているのは白黒モニターの古い年式の携帯電話が中心であるが、中国製と思われるスマートフォンも少数ながら売られていた。



写真 5.1.2 Nhat Tao 地区の路上中古携帯電話売り



写真 5.1.3 中国製と思われる iPhone のコピー製品あり (右上)

Nhat Tao 通りから移転した業者が集まっている地区の一つである Ao Doi 地区における業者への聞き取り(2011年10月)によると、同地区の電気電子製品の解体業者の数は減っていないが、利益は縮小しているという。銅をはじめとする金属類の価格が低下しており、その影響もあって、中国人バイヤーが買い付ける基板の価格も下がっているからである(1年で21,000ドン/kgから17,000ドン/kgに下落)。ただし、中国からのバイヤーの数は増えているという。そのひとつの要因は廃CD・DVD価格の情報である。基板価格下落の一方で、廃CD・DVDの価格は、1年で25,000ドン/kgから40,000ドン/kgまで急上昇しているという。

5.1.2 インフォーマルリサイクラーのインタビュー調査

(1) ホーチミン市内・解体選別業者

Ao Doi 地区のある E-waste 解体選別を営む一家をヒアリング調査した。40 代女性の L さんは、50 代の夫と 2 人の娘との 4 人家族である。自身は小学校卒で、夫は前期中等学校、上の娘は前期中等学校、下は後期中等学校（中退？）である。近隣の省の漁村から 6 年前に現在の居住地に引っ越してきた。現在の家は賃貸（金属メッキ屋根の一軒家）で、水道・電気・ガスが通っている。ブラウン管テレビ 1 台、モーターバイク 1 台、扇風機 1 台、携帯電話 1 台を保有している。

現在の仕事には 2002 年から従事している。開始資金の 30 百万ドンはすべて自己資金で、内訳は店舗賃料 3 百万ドン、道具 3 百万ドン、原料調達費 24 百万ドンである。それ以前は近隣省のマーケットで魚を販売していたが、市場が閉鎖になったため、知人からノウハウを得て現在のビジネスを始めた。ビジネスにあたり、許可証は取得しておらず、地方政府からの制限事項も特にない。

月あたり 30 トンの E-waste（モニター、デスクトップ PC、基板、プリンター、ビデオエアコン、洗濯機など）を解体し、プラスチック、基板、銅、アルミ、鉄などに選別し、それぞれ業者に販売している。電線の野焼きを行っている。売り上げは 500 百万ドン、10 百万ドンの利益がある。税金は支払っていない。

4 人のワーカーを雇用している。自らは、毎日 8-11 時・13-17 時の 7 時間労働、ワーカーは 7-11 時・13-17 時の 8 時間労働で、週 7 日働いている。指を切るなどの怪我はある。現在の問題は、原料（E-waste）が十分集まらないことである。トラックを購入したいと思っているが資金が必要と考えている。地方政府や NGO などからのサポートが必要かについての問いには、親戚・友人からのサポートがほしいという回答であった。5 年後の将来見通しについては「今と同じ」と回答しており、どれくらい長くかは分からないが将来にわたりビジネスを続けていくという回答であった。

(2) 貴金属回収業者

ホーチミン市トゥドック（Thu Duc）区で貴金属回収業を営んでいる 60 代男性をヒアリング調査した。T さんは、1985 年（約 25 年前）から E-waste から金を回収しており、32 年前から現在の場所に居住している。妻は 53 歳、息子 2 人の 4 人家族で、上の息子は家業を手伝っている。

現在の月収は、本人が 20~25 百万ドン、息子が 5 百万ドンで、家計全体では 30 百万ドンである。1 ヶ月の支出は 15 百万ドン、うち 12 百万ドンが食費である。借金はなく、毎月 10 百万ドン程度を貯蓄している。

住居は、木造のトール（金属メッキ）屋根の家で、2 室トイレ付き、水道、ガス、電気が通っている。ブラウン管テレビ、扇風機 4 台、アイロン 1 台、洗濯機 1 台、携帯電話 4 台、冷蔵庫 1 台、モーターバイク 2 台、パソコン（デスクトップ）1 台を保有している。本人は高卒、妻は小学校卒、上の息子は高卒、下の息子は大学に通っている。

開始資金は 100 百万ドン（薬品 5 百万ドン、道具 10 百万ドン、素材購入代 85 百万ドン）で、すべて貯金からまかかったという。前職は、Saigon military であり、金属回収からスタートし、売った先の方が金を回収しているのを見て習ったという（独学）。現在では、金や銀、プラチナ、パラジウムが回収できる。

基板が 80-100kg たまったら処理するため、月の作業回数は 2 回であり、前処理に 7-10 日ほど

かかる。作業者は自分と息子の2名で、ともに9-17時、週7日間労働である。月の売り上げは200万ドンで、月30万ドンの利益がある。政府からの許可証は得ておらず、地元の政府からの制限事項も特にない。税金は支払っていない。

これまで怪我をしたことはない。現在のビジネスに特に問題は感じておらず、5年後も同じ状態であり、その先の将来も今のビジネスを続けていくという回答であった。

(3) Hung Yen 省 Com Xa の解体業者

Hung Yen 省 Com Xa の2つの村 (Dau, Bui) には1万人弱の人々が暮らしている。2005年からE-wasteのリサイクルを行っており、現在(2011年1月)約400世帯がE-wasteリサイクルビジネスに従事している。Cam Xaのヘルスセンターで健康診断を受ける住民をインタビュー調査した。

Bさん(50代女性)は、同年代の夫と24歳の子供と暮らしている。産まれてからずっとBui村で育ってきた。自宅は、レンガの壁とタイル屋根の持ち家で、3部屋(ベッドルーム、リビング、ダイニングルーム)ある。電気が通っているが、炊事は木やわらで行い、水は井戸水を使っている。トイレは近所と共同である。家電製品は、ブラウン管テレビ1台、自転車1台、扇風機2台である。夫婦ともに教育は9年生(前期中等学校、義務教育の最終学年)で、子供も同様である。世帯月収は、2.5万ドン(夫婦20万ドン+子供50万ドン)であり、家計支出は月1万ドン(うち50~60万ドンが食費)である。貯金はなく、養豚や野菜栽培のために、10万ドン(金利年1.5%)の借金がある。もしお金があったらという問いには、冷蔵庫などの家電製品を購入したいと回答している。

日常は農作業や豚や鶏の世話をしており、3年前から空いた時間にE-wasteやプラスチックの選別作業をしている(月70~80kg程度)。きっかけは友人・親戚が同じ仕事をしていたからで、作業がある日は朝6時から午後5時まで週3-4日行う。日雇いで賃金は5万5000ドン/日(昼食込み)。作業現場へは自転車で通う。

怪我は、指などに傷ができる程度で深刻なもの(治療が必要になるほど)ではない。仕事上の問題などは特にない。どれくらい仕事を継続して行く意志があるかという問いには「健康次第」、「より良い仕事が見つかるまで」と回答している。研修を希望するかという質問には、怪我を避けるための研修を受けたいと回答している。

健康状態に関する質問には現在背部痛があるが、3ヶ月前に健康診断を受けたが問題なかった、と回答している。健康保険はない。仕事終わりには手を洗っている。シャワーは暑い季節は週6回、寒い季節は週3回浴びる。余暇の過ごし方については、テレビやビデオを見る、寝るという回答であった。

その他3人にも同じ質問票によりインタビューを行ったが、傾向としては似たような回答が得られた。

同地域において、日本とベトナムの研究者が健康影響調査を実施している影響からか、E-wasteリサイクルが健康に悪いという情報(知識)があることが回答から伺えた。農閑期の農民を雇用する30代のオーナーもインタビューすることができたが、利益などお金に関する質問には、質問者を警戒して、実際よりも低く答えようとする様子が見られた。

5.2 フィリピンにおけるインフォーマルリサイクルの社会・経済状況

ジャンクショップなどのオーナー4名、ワーカー9名に対し質問票（ワーカー用とオーナー用）を用いたインタビューを行った。うち一部のヒアリング内容を以下に示す。

(1)ジャンクショップ（オーナー）

Paranaque city のジャンクショップのオーナー、R さん（男性 45 歳）は、妻と 20 代の子供 3 人を含む 7 人家族である。4 年前から現在の場所に居住し、ジャンクショップを経営。両親ともに高卒、子供のうち一人は専門学校（Vocational school）、残り二人は高卒で、ジャンクショップを手伝っている（2500 ペソ+手当/月）。

開業資金は 20 万ペソで、賃料、サイドカー付き自転車（運搬用）、電話、水道、秤、道具代などを含む。地元の議員からお金をかり、2 年間かけて返済した。ジャンクショップオーナーになるまえは、三輪車ドライバー、工場労働者、豚肉解体処理者の仕事をしていた。ジャンクショップを始めたきっかけは、廃品回収をしていた兄弟からの助言で、他人がやっているのを見よう見まねで始めた。現在は週 50 台程度の E-waste（ブラウン管テレビ、モニタ、デスクトップ PC、冷蔵庫、DVD、VCD など）をショッピングモール（回収イベント）で回収している。

DTI (Dept. of Trade and Industry)からの許可証 2 つ（business permit と city hall fire certificate）を取得している。許可証を得るのはそれなりに難しいということであり、 balan-gai（地元政府）にレンタル契約書や居住証明書などの書類を提示し、敷地の広さに応じた費用を支払わなければならない。野焼きは禁止されている。ビジネス許可証がない場合、1 万ペソの罰金を支払わなければならない。また、盗品を取り扱った場合など、許可証がないと不利になる（取り潰しになる）。

1 ヶ月あたりの売り上げは 10 万ペソで、利益は 1 万ペソである。税金は支払っている（許可証更新費用は 1200 ペソ/年）。2 人のワーカーを雇用している。賃金は 250 ペソ/日。労働時間は、6-18 時（本人）、9-17 時（ワーカー）で、週 7 日労働である。これまで怪我をしたことはなく、かすり傷程度である。

ビジネス上の問題は、盗品をしらない間に購入していたことである。現在のビジネスの将来展望は明るく、いつまでも（永久に）続けようと考えている。

どのようなサポートやトレーニングを必要としているかという問いには、技術的なサポート（その他ごみの廃棄の仕方）と回答している。どのような組織からサポートを得たいかについては、ジャンクショップ協会（地元政府と協力関係がある）と回答している。追加の資金が入った場合の使い道については、敷地を購入し大きくすると回答している。

(2)インフォーマル解体家族

Caloocan のある地区には、E-waste 解体業が集積している。J さんは 30 代女性、農村地域から出てきて、結婚して Caloocan の現住所に住んで 10 年になる。30 代の夫と 2 人の子供（7 歳、6 歳）の 4 人家族である。二人とも短大卒。亜鉛めっきされた屋根・れんが壁の家 1 室（トイレ付き）に住んでいる。電気、ガス、水道が通っている。家電製品は、ブラウン管テレビ 1 台、冷蔵庫 1 台、扇風機 2 台、アイロン 1 台、洗濯機 1 台、携帯電話 1 台、炊飯器 1 台がある。

月収は 6000~7000 ペソで、子供学費に 1600 ペソ/月かかる。子供達は働いていない。2000 ペソの借金があり（金利 20%）、ビジネス継続のための資金として使ったという。貯蓄はない。故

郷へ仕送りはしていない。もしお金（資金）があったら何に使うかという問いには、食べ物を買うと回答している。

現在の仕事は、回収した原料があればそれを解体して選別することで、2年くらい従事している（夫の家族の手伝い）。その前の仕事はファーストフード店で働いていた。仕事のノウハウは家族から得た。仕事時間は午後1時から、解体選別が終わるまでで、週3-4日働いている。怪我は切り傷程度である。現在の仕事に問題は抱えていない。現在の仕事でトレーニングを受けたいかという問いには、「どうやったらもっと儲かるか」について研修を受けたいと回答している。

病気はない（過去にもない）が、健康診断を受けたことがない。医療保険はない。食事の前や仕事の後の手洗いはしている。シャワーは毎日浴びている。余暇の過ごし方は、テレビ・ビデオを見る、読書である。その他の悩みでは、「お金」と回答している。

彼女の義父（夫の父親）56歳は、E-wasteの回収・解体を10年前から行っている。以前は役所に勤めていたが、退職後始めた。自身は大学卒、妻は専門学校卒。友人・知人・近隣住民からノウハウを得て始めた。初期資金（E-waste買取原資）は200ペソで、ジャンクショップから借りたという。政府からの許可は得ていない。税金も払っていない。地元政府からの要求は、野焼きをしないこと、ごみ（残渣）をあちこちに捨てないことである。もしお金があったらという問いには、ジャンクショップのE-waste買い取り資金に使うと回答している。

ケソン市内でE-waste回収し、解体選別を行っている。朝7時から作業が終わるまで、週3-4日働いている。1日の回収量は、パソコン10台、その他（テレビ、冷蔵庫、DVD、VCDプレーヤー）5台程度。銅やアルミなど素材毎に分けてジャンクショップへ売却する。

現在の悩みは収入が少ないこと。5年後の将来展望については今と同じ、永久的に現在の仕事を続けるとしている。サポートやトレーニングの希望はないとしつつも、仕事が健康に与える悪影響を懸念しており、NGOからの技術的サポートを期待すると回答している。

現在、関節炎がある（医療保険なし）。仕事後の手洗い、食事の手洗いは行っている。シャワーは毎日浴びている。余暇の過ごし方は、お酒を飲む、旅行する、子供と遊ぶであるが、暇がないとも回答している。その他現在抱える問題については「お金」と回答している。

同地域ではもう2人からインタビューを行っているが、いずれも20代（夫婦二人とも高卒）の世帯であり、生活のために前職から転職して、E-waste回収・解体に従事している様子がかいま見えた。

(3) 貴金属回収業者（ワーカー）

50代男性Rさん、妻50代と子供3人、うち2人とともに家族4人でLas Pinasに居住（約15年）。家は持ち家、レンガ壁・アルミ屋根で2室（トイレあり）、電気・水道・ガスが通っている。電気製品は、ブラウン管テレビ、ラジオ、冷蔵庫、アイロン、ノートパソコン、デスクトップパソコンが各1台、扇風機3台、携帯電話5台がある。本人は大学1年まで、妻は高卒、子供達は高卒で働いている。

前職はフィリピン航空で荷物を運び込む仕事。友人からの情報で今の仕事を始めた。金銀回収技術は、雇用主（オーナー）から習った。朝8時から夕方5時まで、週2日働く。日雇い。徒歩で仕事場まで通っている。月収は5000ペソ（本人のみ）。食費は2000ペソ/月と回答している（過

小報告か)。借金も貯蓄もない。もし資金があったら、スクラップ・ジャンクショップビジネス両方をやると回答している。

現在の仕事は E-waste の解体選別で、時々金銀回収を行う。金回収は Las Pinas で行うが、銀回収は Cavite で行う（近隣住民からのおいについて苦情が出るため）。怪我はしたことがない。現在の問題は、原料が少なくなってきたこと、それにより収入が減っていることである。好機が訪れるまでは現在の仕事をずっと続けていくと回答している。薬品を使った金銀回収についてトレーニングを受けたいと回答している。

健康面では、高血圧があるが治療は行っていない。医療保険はない。食事前の手洗い、仕事後の手洗いは行っている。シャワーは毎日 1-2 回浴びている。余暇はトランプや飲酒と回答している。現在抱えるその他の悩みについては「お金」と回答している。

以上の回答から、フィリピンではジャンクショップは非常に魅力的な産業となっていることが分かる。ワーカーも将来はオーナーになりたいと希望している。しかし、一方で、生活が困窮している人が、現金収入のために従事しており、健康保険もなく、健診も受けずに休みなく働いている実態がある。中には健康への影響を気にしている人もいる。

地元政府から野焼き、残渣投棄の禁止などの規制は行われているが、実際には行われており、ルールが守られていないことも分かった。

5.3 インドネシアにおけるインフォーマルリサイクルの社会・経済状況

(1) 郊外の貴金属回収業者（オーナー）

チチャム（Cicaheum）の貴金属回収業者 S さん 40 代男性、妻 30 代、娘 1 人はすでに独立しており、2 人で暮らしている。前の居住地では近隣住民からの苦情があったため、4 年前に郊外の Cicaheum へ引っ越してきた。新築二階建ての一軒屋は、レンガ壁どろ屋根で出来ており、3 部屋ある（トイレあり）。電気、ガスが通っており、水は井戸水を使用している。電気製品は、ブラウン管テレビ、冷蔵庫（2 ドア）、炊飯器、洗濯機、アイロンを各 1 台と携帯電話 2 台を保有している。

学歴は二人とも小学校卒で、娘は高卒である。娘はお嫁に行き現在別の街で専業主婦をしている。月収は 4 百万ルピア、1 ヶ月の支出は 1.5 百万ルピアである。

貴金属回収は 1979 年から行っている。親の代から貴金属回収を行っている。昔は時計・めがねなどを原材料としていたが、2000 年頃から E-waste を原料としている。開業資金は百万ルピア（すべて自己資金）で、道具や原材料購入費が含まれる。営業にあたり政府からの許可証は得ていない。売上高は 72 百万ルピア／年で、48 百万ルピア／年の利益がある。税金は支払っていない。従業員（ワーカー）を 1 名雇用している。月単位で雇用しており、賃金は 80 万ルピアである。労働時間は 10-17 時で、作業をするのは週 1 日のみである。その他の日にちは原材料を調達している。これまで仕事で怪我・事故はない。毎週 10kg の原料（基板、IC 部品）から、28g の金を回収している。

現在直面している問題は、原材料が限られていることである。ビジネスの将来性は明るいと考えており、今後も永久的に続けていくと回答している。何かサポートやトレーニングを希望するかという問いには、プロセスに関するトレーニングを希望すると回答している。もし追加で資金があったらどうするかという問いには、貯蓄すると回答している。

(2) バンドンの貴金属回収業者（オーナー）

バンドンで貴金属回収業を営む D さん 40 代男性は、40 代の妻と 16 歳の子供、義理の母の 4 人家族である。産まれてからずっとバンドンで暮らしている。自宅はレンガ壁・どろ屋根の一軒家で 3 室ある。電気、水道、ガスが通っている。夫婦二人とも高卒、子供も高校通学中。子供の教育費 30 万ルピア／月。電気製品は、ブラウン管テレビ、冷蔵庫、炊飯器、ミシン、洗濯機が各 1 台と携帯電話 4 台を保有している。世帯年収は 2 百万ルピアで、1 ヶ月の支出は百万ルピアである。

2005 年から現在の仕事に従事している。開業資金は 150 万ルピア、道具（ポンプ、どろボウル、バーナー、篩、すずハンダ）や IC 部品などの原材料購入資金である。開業資金は、E-waste の収集運搬などで稼いだ。以前はデパートで働いていたが、首になったため、現在の仕事を始めた。ノウハウ・知識は前職（韓国企業）から学んだ。政府からのライセンスは取得していない。

毎週 5~10kg の基板・IC を処理し、6g の金を回収している。売上高は 12 百万ルピア／年で、8.4 百万ルピアの利益がある。税金は払っていない。2 人ワーカーを雇用している。これまでの怪我・事故は、硝酸が飛び散ったことがある。

労働時間は朝 8 時から夕方 4 時まで、週 3 日を作業に残りの日にちは原材料を調達している。現在直面している問題は、資金と原材料の確保である。ビジネスの将来性はあると回答しており、

今後も永久的に続けるとしている。サポートやトレーニングについては、プロセスの強化に関するトレーニングを受けたいと希望している。もし追加資金があったらという問いには、ビジネスに投資すると回答している。

健康面では、これまで病気にかかったことはないと回答している。健康診断は一度も受けたことがなく、医療保険もない。食事前と作業後は手を洗っている。シャワーは週に3回入っている。余暇の過ごし方については、ショッピングと回答している。これは原材料調達を指している。その他の問題については、「お金」と回答しており、自宅修繕の費用が必要ということであった。

第6章 改善策の検討

6.1 有害性と資源性管理の観点から

6.1.1 既存の E-waste リサイクルに関するガイドライン

E-waste のリサイクルに関するガイドラインが、国際機関等からここ数年でいくつか発表されている（各ガイドラインの詳細は平成 21 年度報告書第 3 章 3.4 節を参照のこと）。

各ガイドラインにおけるブラウン管ガラスの取り扱いとプリント基板の取り扱いについての記述に焦点をあて、比較検討を行った¹⁹。

(1) ブラウン管ガラス（CRT）

BCRC-SEA は、CRT の解体段階で、ガラス以外のものを取り除くこと、蛍光剤の除去などが指摘されている。鉛の含有量に応じて、パネル、ファンネル、ネックの 3 種類にわけるとしている。2 次処理先としては、ガラス製造や鉛精錬所があげられている。また、電子銃部分のゲッタという部品にバリウムが含まれており、水分と接触しないように処分する必要があると述べている。

UNEP-IETC では、パネル、ファンネル分離について述べている。パネル、ファンネル分離の方法について、ニクロム線を使う方法、レーザーによる切断、ダイヤモンドの刃による切断、水ジェットによる切断などの方法が紹介されている。

R2 の認証のための要件では、CRT については、配慮を要する物質（R2 Focus Material）として、シュレッダーにかけるまえに、事前に取り除くこととされているが、パネル・ファンネル分離などの細かな説明はされていない。

e-Stewards は、CRT は蛍光剤等を完全に除去したのち、鉛ガラスとして再生するか、鉛精錬、総合的銅精錬、あるいは、その他の製錬施設でリサイクルするか、排水対策を行っている処分場での埋立の 3 つの方法で処理できるとしている。

中国の技術規範では、CRT を真空解除した後、パネル・ファンネルを分割（分割しない場合は鉛ガラスとして処理）し、蛍光粉を回収し適正処理資格のある事業者へ搬送しなければならないとしている。ブラウン管ガラスの洗浄方法では、乾燥または水を使用した方法が挙げられており、それぞれの洗浄工程において遵守すべき排ガス・排水に関する基準や噪音防止基準を示している。一方、回収したガラスくず等をその後どのような方法で再資源化すべきかについては明示されていない。

日本では、分離分割してカレット化し、ガラスまたはガラス製品の原料とするか、それと同等にできる方法での処理が求められている。

韓国はブラウン管についても液晶についてもその処理方法に関する言及がなされていない。

台湾では、ブラウン管は真空を解除、パネルとファンネルに分離したのち蛍光粉を回収して密閉容器に入れて保存することまでが定められている。一方液晶は、破壊せずに取り除く際は手袋で作業を行う上に、液晶パネルの取り扱いに気をつけることが記されており、蛍光管は適切な場所に保管することが定められている。

¹⁹ 解体、素材・部品ごとの分別を解体・選別プロセス、金属の精錬、プラスチックのペレット化、CRT ガラスカレットを用いたガラス製造といった工程を資源化プロセスとして整理する。

(2)基板

基板について、かなり踏み込んだ記述をしているのは、MPPI の携帯電話のマテリアルリカバリーとリサイクルに関するガイドラインである。乾式と湿式の特徴を説明したのち、湿式は、前工程で、手解体などによりプラスチック等を除去する必要があること、また、環境対策を行わず汚染を引き起こしている事実を指摘している。携帯電話を丸ごと乾式での製錬ののち、特定の物質を抽出するのに湿式を使うのがのぞましいとの立場をとっている。

e-Stewards では、鉛はんだや難燃剤を含んだプリント基板は、金属を最大限回収し、かつ、鉛、すず、水銀、カドミウム、ヒ素などを適切に管理できる銅精錬所、あるいは他の効果的で安全な技術のある施設で処理されるべきとしている。

R2 では、プリント基板を、配慮を要する物質として、シュレッダーにかける前に事前に取り除くこととしている。ただし、処理する認可を得た企業があれば、事前に基板を取り除かず、基板を他のものと一緒にシュレッダーをかけ、それを認可企業に引き渡してもよいと述べられている。

BCRC-SEA では、材料の資源化プロセスの技術については、詳しく触れられていない。解体段階で、プリント基板から IC チップなどを取る際に、鉛の汚染が発生することなどへの対策をとる必要性が指摘されている。

UNEP-IETC のマニュアルでは、基板の 2 次処理については、説明されていない、銅および貴金属のリカバリーを組み合わせる形での処理が想定されるが、2 次処理に関する部分では、基板について言及されていない。

中国の技術規範では、基板の処理方法として、熱分解、乾式または湿式の破碎・分離処理する場合における排ガス処理施設の設置や粉塵拡散防止施設、粉塵除去装置、噪音装置などの設置を必須とし、排ガス・排水の排出基準の遵守や汚泥を有害廃棄物として処理しなければならないとしている。化学処理する場合は、オートメーション化した密閉性の高い施設であり、化学薬液の流出を防止する安全装置や廃水処理施設を備えていなければならないとしている。

日本では、本体から分離して金属回収することが記載されているのみであり、韓国もパソコン及び携帯電話の基板からの金属回収、とされている。台湾では、基板を取り出してまず破碎することになっている。

以上のように、各ガイドラインで示されている内容は、その性格、対象製品などに違いがあるとともに、記述に関する濃淡がある。また、本研究で主たる分析対象としている基板や CRT の処理技術についても、基本的な技術オプションを十分に示しているとは言い難いものもある。

不適正なリサイクルにより、どのような汚染が発生するのか、健康被害の可能性があるのかについての記述も少ない。労働安全衛生や環境対策の行われていないインフォーマルな E-waste 処理の危険性を関係者に理解してもらい、それらの対策の実施を促すためにも、不適正な処理プロセスとその具体的なリスク（労働者の健康被害、環境汚染）についても情報提供する必要があると考えられる。

表 6.1.1 E-waste に関するガイドラインの概要

作成主体	対象セクター	対象電気製品	資源化プロセスの説明	
			ブラウン管	基板
BCRC-SEA	全般	冷蔵庫、エアコン、洗濯機、TV 音響機器、PC、蛍光灯	○	○
UNEP-IETC	全般（政策担当者も含む）	E-waste 全般	○	×
MPPI	全般（政策担当者も含む）	携帯	—	○
R2	リユース、解体（認証基準）	E-waste 全般	○	○
e-Stewards	リユース、解体等（認証基準）	E-waste 全般	○	○
中国・環境保護部	全般	PC、通信設備、AV・放送・テレビ設備、家電製品等、計量・観測・監視機器、電動工具、電線・ワイヤー	○	○
日本・環境省	解体	テレビ、冷蔵庫、洗濯機、エアコン	○	○
韓国・環境部	解体	テレビ、パソコン、冷蔵庫、オーディオ、携帯電話、洗濯機、エアコン、プリンター、コピー機、ファクシミリ	×	○
台湾・環境保護署	解体	テレビ、冷蔵庫、洗濯機、エアコン、扇風機、パソコン及び関連機器	○	○

注：○記述あり。×記述なし。（ただし、筆者らによる評価）

6.1.2 処理技術の改善に向けた提案

本研究の現地調査から、ベトナム、インドネシア、フィリピンのフォーマルリサイクル技術レベルは発展途上であり、家庭で発生した E-waste の多くが、インフォーマルセクターによって処理されていることが明らかになった。既存のフォーマル企業においても、環境上適正な管理の観点から適切な処理が行われているとは言い難い部分も見受けられた。フィリピンのリサイクル現場のダスト・土壌の分析結果から、フォーマルリサイクル企業における作業環境の安全の確保、粉じん対策や作業場の換気が必要であることが明らかになった。各国政府はフォーマル企業の技術向上・設備投資に積極的な支援を行う必要がある。

解体、素材・部品ごとの分別を「解体・選別プロセス」、金属の精錬、プラスチックのペレット化、CRT ガラスカレットを用いたガラス製造といった工程を「資源化プロセス」とすると、資源化プロセスをどこでどのように行うかについても考えておく必要がある。例えば基板の場合、現状では、バーゼル条約の手続きを経ずに輸出され、その多くが銅精錬の技術がある中国に最終的には集約する結果となっている。

国内に適切な銅精錬（乾式）施設・技術がない場合には、電解などの湿式処理の技術を有する企業の育成を検討する、もしくはバーゼル条約の手続きを経た適正な輸出が行われるように対策を検討する必要がある。

6.2 社会法制度的な視点から

多くの途上国では、E-waste の収集、解体、金属回収などを、インフォーマルセクターが行っている。環境上適正な管理を行えるような施設ができたとしても、公害防止投資を行わず、また、最低賃金も保証されていないインフォーマルセクターの方が競争力を持っている場合が少なくない。しかしながら、労働衛生、有害物質の環境中への排出などの点から考えると、インフォーマルセクターの活動について何らかの対策を考える必要がある。

本研究プロジェクトの一貫として、2012年1月にフィリピン・ケソン市で開催した第8回E-waste ワークショップ（フィリピンにおける E-waste 問題啓発ワークショップ）では、インフォーマル・リサイクルの現状やインフォーマル・リサイクルへの対処について、政府、NGO、研究者などで議論を行った。本節では、ワークショップでのインフォーマル・リサイクルへの対処に関する議論を中心に紹介するとともに、途上国における E-waste にかかわっているインフォーマルセクターへの対応について整理したい。

6.2.1 フィリピンにおける E-waste 問題啓発ワークショップにおける議論と考察

フィリピンの国家固形廃棄物管理委員会（NSWMC）は、日本の環境省、IGES などの支援を受けて、固形廃棄物分野のインフォーマルセクターに関する国家フレームワーク計画を 2009 年にまとめている。E-waste に関しても、3R の状況を概観した部分で触れられているが、具体的な施策を述べた部分では、E-waste の解体や金属回収などに関する対策について言及はされていない。具体的な施策として、埋立処分場からの有価物の回収を行っているウェースト・ピッカーの組織化、労働衛生対策などに焦点が当てられている。

E-waste の場合、インフォーマルセクターは収集だけでなく、解体や金属回収も行っており、これまでのインフォーマルセクターの範囲を拡大して考える必要がある。金属回収を行う部門は、化学的な知識がある程度必要であり、また、薬剤の購入、原材料となる基板などの買い取りのための資金などが必要である。学歴・専門知識、資本力などの点でウェースト・ピッカーとは異なる特徴があると考えられる。

実際に収集作業や小規模な解体を行っている人には、貧困層が多く、取り締まりの強化は、彼らの生計を揺るがす可能性が高い。ワークショップではインフォーマルセクターの生活基盤を支える必要性が盛んに指摘された。また、バックヤードなどにおける小規模な解体・金属回収は、人目につかないところで行われる場合もあり、取り締まることは難しい。このため、インフォーマルな E-waste の収集や解体などを単純に禁止しても、なかなか実効性を挙げられないと考えられる。E-waste の解体に関する健康リスクや化学物質に関する安全対策についてのインフォーマル・リサイクラーの意識向上を図る必要がある。また、マスクなどの労働衛生対策につながる器具・消耗品等を供給する必要がある。さらに、経済的、技術的な支援を行い解体・リサイクル施設の向上を支援していくことが求められる。

フィリピンでは、E-waste の回収ルートの一つとなっているのが、モール等で月に 1 回程度実施している再生資源回収イベントである。モールの担当者がインフォーマル・リサイクルについて認識できていないために、回収された E-waste の処理に関する許可を得ていないリサイクラー（ジャンクショップを含む）に流れてしまっている。モールの担当者の意識向上を図り、集めた E-waste を環境上適正な管理を行っているリサイクル施設に送るように働きかけることも必要である。また、多くのモールが同じ日に再生資源回収イベントを行うと、許可リサイクル業者が集めきれな

いという問題がある。再生資源回収イベントの開催日をずらすことも必要である。

法律面では、RA6969 を改正し、E-waste 対策をさらに進めることが考えられる。また、MRF（固形廃棄物エコ管理法でバラガイに設置することが求められている資源回収拠点）を E-waste の貯蔵施設として位置づけることが考えられる。収集システムや拡大生産者責任の導入、排出者責任の強化などを考えると、別途、E-waste のみを対象とした法令を制定するというオプションも考えられる。

6.2.2 インフォーマル・リサイクルへの対応

フィリピン以外のアジア諸国でも、インフォーマルセクターのリサイクルに関して取り組みを進めていく必要があり、上記の議論は参考にできると思われる。そのためには、下記のような取り組みを進めていくことが求められる。

① インフォーマルセクターの現状を把握する。収集、解体、金属回収を行っている部門をわけて、実態を把握する必要がある。

② 廃棄物処理やリサイクル関連の政策・計画などで、インフォーマルセクターを位置づけ、取り組み内容を定める。収集、解体、金属回収のそれぞれの段階で、どこまでインフォーマルセクターの関与を認めるのか、関与させる場合の条件をどのようにするのかについて検討する必要がある。

③ 既存の有害廃棄物関連法等を改正し、あるいは、新たな法律を制定し、E-waste の回収・リサイクルを適正に進めていく中で、収集、解体などについてインフォーマルセクターの役割を位置づける。適正なリサイクル業者の買い取り額を引き上げるような政策（補助金、拡大生産者責任の適用）を導入する。

④ インフォーマルセクターの組織化を促し、収集、解体、マテリアル・リサイクルのそれぞれの段階で、健康被害、環境汚染などを引き起こさないように、基本的なトレーニングを行うとともに、可能であれば、手袋・マスクなどの必要な器具や消耗品を提供・貸出を行う。

⑤ 不適正な金属回収業者に持ち込まれないように、E-waste の回収イベントの主催者や大規模事業者などが、E-waste の引き渡し先を許可業者とするように指導する。

⑥ 不適正な金属回収業者に対しては、公害対策を行うように指導し、必要に応じて、技術的な助言や公害防止投資への低利融資などを行う。

以上のような施策を行うことで、インフォーマルセクターにおける不適正な金属回収を抑制するとともに、収集・解体・金属回収、それぞれの段階でのインフォーマルセクターでの健康被害の抑制を進めていく必要がある。

第 6 章 参考文献

- 韓国環境部「電気・電子製品及び自動車の資源循環に関する法律」(2007年4月27日公布)第一法規仮訳(2008)
- 韓国環境部「電気・電子製品及び自動車の資源循環に関する法律施行令」(2007年12月28日韓国政府発表)、日本貿易振興機構ソウルセンター訳(2008)
- http://www.jetro.go.jp/jfile/report/05001497/05001497_001_BUP_0.pdf
- 韓国環境部「電気・電子製品及び自動車の資源循環に関する法律施行規則」(2007年12月28日韓国政府発表)、日本貿易振興機構ソウルセンター訳(2008)
- http://www.jetro.go.jp/jfile/report/05001497/05001497_001_BUP_1.pdf
- 台湾行政院環境保護署「廢電子電器暨廢資訊物品回收貯存清除處理方法及設施標準(2007)」
- <http://w3.epa.gov.tw/epalaw/search/LordiDispFull.aspx?ltype=16&lname=0205>
- 台湾行政院環境保護署「廢乾電池回收貯存清除處理方法及設施標準(2008)」
- <http://w3.epa.gov.tw/epalaw/search/LordiDispFull.aspx?ltype=16&lname=0140>
- 環境省「特定家庭用機器一般廃棄物及び特定家庭用機器産業廃棄物の再生又は処分の方法として環境大臣が定める方法」
- <http://www.env.go.jp/recycle/kaden/hoho.html>
- <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=10968>
- 中国・環境保護部公告2010年第1号「廢棄電器電子製品處理污染控制技術規範((HJ 527-2010))」
- http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201001/t20100111_184079.htm
- Ad Interim Project Group on ESM Criteria for the Partnership for Action on Computing Equipment, UNEP BASEL CONVENTION: Environmentally Sound Management Criteria Recommendations, UNEP, 2010
- Basel Action Network [2009] Performance Requirements Excerpted from e-Stewards Standard for Responsible Recycling and Reuse of Electronic Equipment, Version 1.0.
- http://e-stewards.org/wp-content/uploads/2010/02/e-StewardStandard_ExcerptedVersion.pdf
- <http://e-stewards.org/wp-content/uploads/2009/10/e-StewardsStandardGuidanceDocument.pdf>
- BCRC-SEA[2007a] Technical Guidelines on the Reduce, Reuse, Recycle(3R) of End-of-Life Electronic Products. <http://www.bcrc-sea.org/?content=publication&cat=2>
- Mobile Phone Partnership Initiative[2009] Guideline on Material Recovery and Recycling of End-of-Life Mobile Phones. <http://www.basel.int/industry/mppiwp/guid-info/guidmaterial.pdf>
- National Solid Waste Management Commission *National Framework Plan for the Informal Waste Sector in Solid Waste Management*, 2009.
- UNEP-IETC [2007a] E-waste: Volume 1 Inventory Assessment Manual.
- http://www.unep.or.jp/Ietc/Publications/spc/EWasteManual_Vol1.pdf
- UNEP-IETC [2007b] E-waste Volume II: E-waste Management Manual.
- http://www.unep.or.jp/Ietc/Publications/spc/EWasteManual_Vol1.pdf
- US-EPA [2008] Responsible Recycling (“R2”) Practices for Use in Accredited Certification Programs for Electronics Recyclers. <http://www.decideagree.com/R2%20Document.pdf>

謝辞

本研究を遂行するにあたり、廃電気電子機器リサイクル技術の類型化に関しては、ハノイ工科大学 Nguyen Duc Quang 講師・Huynh Trung Hai 准教授、フィリピン大学ディリマン校 Florencio C. Ballesteros 准教授、バンドン工科大学・Sukandar 准教授に調査を委託し、一部日本の研究者と共同で現地調査を実施した。

フィリピンにおける E-waste リサイクルの環境影響に関する調査では、国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センターライフサイクル物質管理研究室の滝上英孝室長、小口正弘氏、藤森崇氏、健康影響に関する調査では、愛媛大学の阿草哲郎氏、江口哲史氏に多大な貢献をいただいた。

「第 6～8 回国立環境研究所 E-waste ワークショップ」を開催し、アジア諸国・地域などから専門家を招へいし、有益な議論を行うことができた。

その他、訪問先の企業・行政などをはじめとする多くの関係者から、貴重な情報を提供いただいた。ここに記してお礼を申し上げる。

研究発表一覧

○誌上発表

- Kim SY., Oguchi M., Yoshida A., Terazono A. Estimating the amount of WEEE generated in South Korea by using the population balance model, *Waste Management* (Submitted)
- 村上（鈴木）理映, 村上進亮 (2012) 「おもちゃ」かつ「便利ツール」としての携帯電話と 3R. 廃棄物資源循環学会誌. 23 (3), 投稿中
- Fujimori T., Takigami H., Agusa T., Eguchi A., Bekki K., Yoshida A., Terazono A., Florencio C. Ballesteros Jr. (2012) Impact of Metals in Surface Matrices from Formal and Informal Electronic-Waste Recycling around Metro Manila, the Philippines, and intra-Asian Comparison, *Journal of Hazardous Materials*, 221-222(30), 139-146
- 寺園淳, 林誠一, 吉田綾, 村上進亮 (2011) 有害物質管理と資源回収の観点からの金属スクラップ（雑品）発生・輸出の実態解明. 廃棄物資源循環学会論文誌, 22 (2), 127-140
- Nakajima K., Takeda O., Miki T., Matsubae K., Nagasaka T. (2011) Thermodynamic Analysis for the Controllability of Elements in the Recycling Process of Metals. *Environmental Science and Technology*, 45 (11), 4929-4936
- 寺園淳, 吉田綾, 滝上英孝 (2011) 国際資源循環における有害性・資源性を持つ物質の管理. 環境研究, (162), 28-36
- 吉田綾 (2011) 地デジ化とブラウン管テレビの排出増加に伴う問題. 月刊自治研 2011 年 4 月号, 自治労システムズ 自治労出版センター, 12-16
- 小島道一 (2011) E-waste リサイクルに関する海外展開. 生活と環境 2011 年 5 月号, 56(5), 10-14
- 小島道一 (2010) 国際資源循環におけるトレーサビリティ問題の実態と取り組み, 廃棄物資源循環学会誌, 第 21 巻, 第 4 号, pp.239-244
- 寺園淳 (2010) 循環資源の越境移動の実態と中古家電・金属スクラップの事例にみる適正管理方策. 新世代法政策研究, 9 (28), 77-104
- 寺園淳, 林誠一, 吉田綾, 村上進亮 (2011) 有害物質管理と資源回収の観点からの金属スクラップ（雑品）発生・輸出の実態解明. 廃棄物資源循環学会論文誌, 22 (2), 127-140
- 中島謙一 (2010) 希少金属の循環利用のために. 電気協会報, 12, 14-19
- 吉田綾 (2010) 国際資源循環の観点から見た日本からの循環資源輸出の現状と課題. 新世代法政策研究, 9 (28), 165-176
- Atienza V. (2011). Benefits and Strategies to Improve the Condition of the Informal Sector in Waste Management, *Regional Development Dialogue (RDD)*, United Nations Centre for Regional Development (UNCRD), 31 (2): 62-83, Autumn 2010.
- Nakajima K., Takeda O., Miki T., Matsubae K., Nakamura S., Nagasaka T. (2010) Thermodynamic analysis of contamination by alloying elements in aluminum recycling. *Environ.Sci.Technol.*, 44 (14), 5594-5600
- 田崎智宏, 吉田綾 (2010) 電気電子製品のリユースの現状と課題. エネルギー・資源, 31 (5), 264-268
- Yoshida A. and A. Terazono: Reuse of secondhand TVs exported from Japan to the Philippines, *Waste Management*, 30 (2010) 1063-1072

Kojima, M., A. Yoshida and S. Sasaki Difficulties in Applying Extended Producer Responsibility Policies in Developing Countries: Case Studies in E-Waste Recycling in China and Thailand, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, .11(2009), 263-269

○書籍

Terazono A., Yoshida A. (2012) Chapter 7 Current International Flows of Electronic Waste, Future Tasks, and Possible Solutions. In: Klaus Hieronymi, Ramzy Kahhat, Eric Williams ed., E-Waste Management – From Waste to Resource, Routledge. (To Be Published 21st May 2012)

Yoshida A. (2012) Chapter 3 Economic Integration and Recycling in Asia: Recyclable waste and goods trade of mainland China. In: Michikazu Kojima and Etsuyo Michida ed., Economic Integration and Recycling in Asia, Institute of Developing Economies

Kojima M., Yoshida A., Sasaki S., Chung S.W. (2012) Chapter 8 Transboundary Movement of Hazardous Waste: Lessons from uncovered cases. In: Kojima M and Michida ed., Economic Integration and Recycling in Asia, Institute of Developing Economies

吉田綾 (2011) 4. 以旧換新と中国の家電リサイクル. 中国環境問題研究会編, 中国環境ハンドブック 2011-2012 年版, (株)蒼蒼社, 66-75

小島道一編『国際リサイクルをめぐる制度変容—アジアを中心に—』(研究双書 No.586) アジア経済研究所, 2010

坂田正三「第 4 章 ベトナムの再生資源の輸入規制と実態」, 小島道一編『国際リサイクルをめぐる制度変容—アジアを中心に—』(研究双書 No.586) アジア経済研究所, 2010

村上(鈴木)理映「第 6 章 台湾における有害廃棄物の管理政策と輸出入規制」, 小島道一編『国際リサイクルをめぐる制度変容—アジアを中心に—』(研究双書 No.586) アジア経済研究所, 2010

吉田綾「第 3 章 中国における廃棄物原料の輸入規制」, 小島道一編『国際リサイクルをめぐる制度変容—アジアを中心に—』(研究双書 No.586) アジア経済研究所, 2010

Atienza Vella. Sound Strategies to Improve the Condition of the Informal Sector in Waste Management (Chapter 5), in Kojima, ed. 3R Policies for Southeast and East Asia (ERIA Research Project 2009 No. 10), 2010.

Kojima M., Atienza V. Industrial Standards for Recycled Goods in Japan and Southeast Asian Countries (Chapter 8), in Kojima, ed. 3R Policies for Southeast and East Asia (ERIA Research Project 2009 No. 10), 2010.

吉田綾, 「第 9 章 中国における資源の循環利用」, 堀井伸浩編『中国の持続可能な成長—資源・環境制約の克服は可能か?』アジア経済研究所選書, 2010

○口頭発表

Agusa T., Takigami H., Eguchi A., Fujimori T., Bekki K., Yoshida A., Terazono A., Ballesteros F.C.J., Takahashi S., Iwata H., Tanabe S. (2012) Contamination by trace elements in e-waste recycling workers in the Philippines. Workshop for Knowledge Sharing on E-waste in the Philippines (The 8th NIES Workshop on E-waste), Abstracts of Workshop for Knowledge Sharing on E-waste in the Philippines (The 8th NIES Workshop on E-waste)

- Agusa T., Takigami H., Eguchi A., Fujimori T., Bekki K., Yoshida A., Terazono A., Ballesteros Jr.F.C., Takahashi S., Iwata H., Tanabe S. (2011) Human Exposure to Trace Elements from e-waste Recycling Sites in the Philippines. The Life Cycle of Metals: Improving Health, Environment and Human Security, Abstracts of The Life Cycle of Metals: Improving Health, Environment and Human Security, 8
- 阿草哲郎, 滝上英孝, 江口哲史, 藤森崇, 戸次加奈江, 吉田綾, 寺園淳, Florencio C. Ballesteros Jr., 高橋真, 田辺信介 (2011) フィリピンの e-waste リサイクル労働者における微量元素汚染. 第20回環境化学討論会, 第20回環境化学討論会講演要旨集, 860-861
- 阿草哲郎, 滝上英孝, 江口哲史, 藤森崇, 戸次加奈江, 吉田綾, 寺園淳, Florencio C. Ballesteros Jr., 高橋真, 岩田久人, 田辺信介 (2011) フィリピンの e-waste リサイクル労働者における微量元素曝露の実態. 第22回廃棄物資源循環学会研究発表会, 第22回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 2011, 539-540
- 藤森崇, 滝上英孝, 阿草哲郎, 江口哲史, 戸次加奈江, 吉田綾, 寺園淳, F.C. Ballesteros Jr. (2011) フィリピンの E-waste リサイクルサイトにおける重金属および希少金属の濃度レベル評価. 第20回環境化学討論会, 第20回環境化学討論会講演要旨集, 342-343
- 村上(鈴木)理映, 寺園淳, 吉田綾 (2011) E-waste 管理制度の比較分析—先進国の経験と途上国へのインプリケーション. 環境経済・政策学会 2011年大会, 環境経済・政策学会 2011年大会プログラム
- Takigami H., Fujimori T., Agusa T., Eguchi A., Bekki K., Yoshida A., Terazono A., Ballesteros Jr. F.C. (2011) Survey of metallic contamination at formal and informal E-waste recycling sites in the Philippines. 3R and Waste Management Workshop 2011, Abstracts of 3R and Waste Management Workshop 2011
- Terazono A., Yoshida A., Takigami H., Oguchi M., Fujimori T., Yokoo H. (2012) E-waste research at NIES. Workshop for Knowledge Sharing on E-waste in the Philippines (The 8th NIES Workshop on E-waste), Abstracts
- Terazono A. (2011) Good Practices on ESM. Workshop 2011 of the Asian Network for Prevention of Illegal Transboundary Movement of Hazardous Wastes in China, Agenda of Workshop 2011 of the Asian Network for Prevention of Illegal Transboundary Movement of Hazardous Wastes in China
- 寺園淳 (2011) 日本とアジア地域における E-waste, 金属スクラップなどの資源循環. エコ・リサイクル型ものづくりシンポジウム, なし
- Terazono A., Yoshida A., Takigami H. (2011) Classification and environmental effect of E-waste recycling in Asia. The Sixth International Conference on Waste Management and Technology, Program of The Sixth International Conference on Waste Management and Technology
- Terazono A., Yoshida A. (2011) Transboundary movement, recycling and management measures of E-waste in Asia. The Life Cycle of Metals: Improving Health, Environment and Human Security, Abstracts of The Life Cycle of Metals: Improving Health, Environment and Human Security, 7-8
- Terazono A., Yoshida A., Takigami H. (2011) Material flow, environmental effect and management measures of E-waste in Asia. ISWA World Congress 2011 World Congress of International Solid Waste Association, Proceedings of ISWA World Congress 2011 World Congress of International Solid Waste Association, 129-136
- Terazono A. (2011) Transboundary Movement of Wastes between China and Japan. The 4th China-Japan

- Inter-Ministerial Working Group on Import and Export of Waste, Agenda of The 4th China-Japan Inter-Ministerial Working Group on Import and Export of Waste
- Terazono A. (2011) Collection and Recycling of E-waste in Japan and Other Asia. Regional Workshop on the Public Private Partnership for E-Waste Collection, Agenda of Regional Workshop on the Public Private Partnership for E-Waste Collection
- 吉田綾, 藤森崇, 滝上英孝, 寺園淳 (2011) 東南アジアにおける廃電気電子機器処理の実態と資源性・汚染性評価. 平成 23 年度廃棄物資源循環学会研究討論会, 平成 23 年度廃棄物資源循環学会研究討論会講演集, 83
- Michikazu Kojima (2011) The Challenge and Strategy of EPR Concept in Developing Country. Tantangan dan Strategi Pengolaan Limbah Elektronik (E-waste) di Indonesia, organized by Bandung Institute of Technology.
- Michikazu Kojima(2011) Lessons from Collection System of WEEE/E-waste in Asia. Open Session on WEEE/E-waste Take-back System, organized by UNEP-IETC
- 大野肇, 松八重一代, 中島謙一, 長坂徹也 (2011) WIO-MFA モデルによる国際貿易に随伴する Cr, Ni フロー解析. 第 6 回日本 LCA 学会研究発表会, 同要旨集, 154-155
- 小島道一: 経済構造の変化と廃棄物リサイクルの課題. 国際開発学会第 11 回春季大会(2010), 222-223
- 小島道一: 国際資源循環におけるトレーサビリティの必要性. 第 21 回廃棄物資源循環学会研究発表会, 同予稿集 pp.135-136(2010)
- 寺園淳, 吉田綾, 鶴田順: 金属スクラップの輸出に関する適正管理方策. 環境経済・政策学会 2010 年大会, 同報告要旨集, 220-221 (2010)
- 寺園淳, 林誠一, 吉田綾: 有害物質管理・資源回収の観点からの金属スクラップの品目・組成調査. 第 21 回廃棄物資源循環学会研究発表会, 同予稿集, 143-144 (2010)
- 寺園淳 (2011) 循環資源の越境移動の実態と課題 –中古電気電子機器・金属スクラップ・PET ボトルの事例を中心として–. 九州と東アジアの都市をつなぐ資源循環の学際的検討フォーラム 第 2 回資源循環に関する研究交流会, なし
- 寺園淳 (2010) E-Scrap のアジアでの移動. 資源・素材 2010, 同講演資料, 139-142
- 寺園淳 (2010) 金属スクラップの輸出管理と資源回収の課題. 安全工学シンポジウム 2010, 同講演予稿集, 294-297
- 中島謙一, 南齋規介, 松八重一代, 中村慎一郎, 長坂徹也 (2011) WIO-MFA モデルを利用した金属の国際マテリアルフロー分析. 第 6 回日本 LCA 学会研究発表会, 同要旨集, 164-165
- 村上(鈴木)理映, 小島道一: 台湾の有害廃棄物管理の変遷と現状. 環境経済・政策学会 2010 年大会予稿集, 323-324 (2010)
- 吉田綾: 中国におけるリサイクルと廃棄物原料の輸入規制. 2010 年アジア経済専門講座「アジアにおけるリサイクル最新動向－国際リサイクルをめぐる制度変容と再生資源防疫－」 (2010)
- 吉田綾, 田崎智宏, 寺園淳: 中国都市部の一般世帯における家電等の保有・使用・廃棄状況. 第 21 回廃棄物資源循環学会研究発表会, 同予稿集, 171-172 (2010)
- 吉田綾: 途上国における廃電気電子機器リサイクルの環境影響とその対策. 国際開発学会第 11 回春季大会, 同予稿集, 220-221 (2010)
- Agusa T., Takigami H., Fujimori T., Bekki K., Eguchi A., Yoshida A., Terazono A., Ballesteros F. Jr.,

- Takahashi S., Tanabe S.: Contamination by metals in human, The 7th NIES Workshop on E-waste, Ibaraki, October 2010
- Atienza V.: Environmental Governance in the Context of 3R: Lessons from the Philippine Experience, Bandung Institute of Technology (ITB) Seminar, “Implementation of 3R: Lesson Learned from Asian Countries”, ITB, Bandung, Indonesia, 1 March 2010.
- Atienza V.: Upgrading the Material Recovery Processes of the Informal E-waste Recyclers, The 7th NIES Workshop on E-waste, Ibaraki, October 2010.
- Atienza V.: Shifting from Informal to Formal Recycling: An Analysis, Solid Waste Management Association of the Philippines (SWAPP) Conference 2010, “Promoting Sustainable Solid Waste Management in Asia”, Bayview Park Hotel, Manila, Philippines, 23-24 November 2010.
- Hiaki T., Nakajima K., Takeda O., Miki T., Matsubae K., Nakamura S., Nagasaka T. (2010) Visualization of element distribution by thermodynamic analysis on magnesium and aluminum alloy recycling. 9th Int.Conf.Ecobalance, Proceedings, 805-806
- Kim S.: Estimate of Electronic Waste Generation and its Implication in South Korea, The 7th NIES Workshop on E-waste, Ibaraki, October 2010
- Kojima M.: Extended Producer Responsibility and the Informal Sector, Solid Waste Management Association of the Philippines (SWAPP) Conference 2010, “Promoting Sustainable Solid Waste Management in Asia”, Bayview Park Hotel, Manila, Philippines, 23-24 November 2010
- Murakami-Suzuki R., Tojo N., Manobaivibool P., Terazono A., Murakami S.: Collection and Recycling Systems of Used Mobile Phone—Case Study of Japan and European Countries, The 7th NIES Workshop on E-waste, Ibaraki, October 2010
- Ohno H., Matsubae K., Nakajima K., Nagasaka T. (2010) Substance flow analysis on the alloying elements associated with steel materials based on WIO-MFA model. ISIE MFA-Conaccount Meet., Abstracts
- Ohno H., Matsubae K., Nakajima K., Nagasaka T. (2010) Substance flow analysis on the alloying elements associated with steel materials based on WIO MFA model. 9th Int.Conf.Ecobalance, Proceedings, 162-165
- Takeda O., Miki T., Nakajima K., Matsubae K., Nagasaka T. (2010) Thermodynamic evaluation for the controllability on recovery/removal of elements in some metallurgical processes. 9th Int.Conf.Ecobalance, Proceedings, 304-305
- Takigami H., Fujimori T., Agusa T., Eguchi A., Bekki K., Yoshida A., Terazono A., Ballesteros F. C. Jr.: Determination of heavy metals at formal and informal E-waste recycling sites in the Philippines, The 7th NIES Workshop on E-waste, Ibaraki, October 2010
- Terazono A. (2010) Current E-waste issues and future tasks in Asia. 2010 Gordon Res.Conf.Ind.Ecol., Program
- Terazono A.: Material Flow and Management Measures of E-waste, The 7th NIES Workshop on E-waste, Ibaraki, October 2010
- Terazono A., Yoshida A.: Mixed metal scrap in Japan and its export control. EcoBalance 2010, Proceedings
- Terazono A., Yoshida A.: International flows of secondhand electrical and electronic equipment in Asia. ISIE Asia-Pacific Meeting Proceedings, Tokyo, November 2010
- Terazono A., Yoshida A.: Examination and export control of scrap mixed metal in Japan. The 5th Int.

- Conf. Waste Manage. Technol. Proceedings, Beijing, December 2010
- Terazono A. (2010) Management of E-waste and mixed metal scrap: Current issues and future tasks. E-waste 2010 Workshop, Proceedings, 29
- Yoshida A.: Informal recycling of printed circuit boards in Asian countries, The 7th NIES Workshop on E-waste, Ibaraki, October 2010
- Yoshida A.: E-waste related research at NIES, Reg. Workshop on WEEE/E-waste Manage. UNPE/IETC, GEC, Osaka, July 2010
- Yoshida A., Terazono A.: Classification of E-waste Recycling Technology in Selected Asian Developing Countries, The 8th Expert Meeting on Solid Waste Management in Asia and Pacific Islands (SWAPI), Tokyo, February 2011, 454-459
- Yoshida A., Terazono A.: Classification of e-waste recycling technology in selected Asian developing countries. ISIE MFA-ConAccount Meeting, Abstracts 2010
- 金 小瑛, 寺園 淳, 吉田 綾, 村上 (鈴木) 理映: 韓国の使用済み電気・電子機器の排出量に関する考察と再活用義務実践の評価, 第 20 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 (2009 年 9 月 17-19 日, 名古屋), pp.171-172, 2009
- 小島道一: アジアにおける金属・家電リサイクル, 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構主催「世界の金属リサイクル事情」シンポジウム (2009 年 10 月 28 日東京)
- 村上 (鈴木) 理映、村上進亮、寺園淳: 使用済み携帯電話のリサイクル、リユースの現状と課題、第 19 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 (2009 年 9 月 17-19 日, 名古屋), pp.173-174, 2009
- 村上 (鈴木) 理映、鄭城尤: 途上国における E-waste 管理の課題—先進国からの示唆を目指して、環境経済・政策学会 2009 年大会予稿集 (2009 年 9 月 26-27 日、千葉) pp.272-273, 2009
- Atienza V. : Upgrading the Condition of the Informal Sector in Solid Waste Management: Experiences from Selected Cases in the Philippines, the 9th Asia Pacific NGO Environmental Conference (APNEC 2009) Towards a Sustainable Asia, (November 20-21, 2009, Kyoto Japan)
- Kojima M. : E-waste Recycling Regulation and International Recycling in Asia, 行政院環境保護署主催「資源回収国際研討会」(2009 年 10 月 20 日台北)
- Kojima M.: Policy Approach, E-waste Training Workshop for Asia and the Pacific, August, 2009, Hanoi
- Terazono A. and A. Yoshida: Transboundary movement of end-of-life electrical and electronic equipment for reuse and recycling, 2009 ISIE Conference 21-24 June, 2009 Lisbon, Portugal, 486
- Yoshida A., T. Tasaki and A. Terazono: Environmental Life-cycle Impacts and Benefits of Secondhand CRT TVs Exported from Japan to the Philippines, Proceedings of the 2009 IEEE International Symposium on Sustainable Systems & Technology (ISSST), May 18-20, 2009 Tempe, Arizona
- Yoshida A. and A. Terazono: A Comparison of End-of-Life Strategies for Used Personal Computer Recycling in a Developed and Developing Country, 2009 ISIE Conference 21-24 June, 2009 Lisbon, Portugal

知的所有権の取得状況

なし