

# 使用済小型家電からのレアメタルの回収 及び適正処理に関する研究会

とりまとめ

(案)

平成23年3月

## 目次

1 . 研究会設置の経緯	・ ・ ・ ・ ・ 1
(1) 小型家電とレアメタルを取り巻く状況と研究会設置の経緯	・ ・ ・ ・ ・ 1
(2) 研究会での検討の進め方	・ ・ ・ ・ ・ 1
(3) 小型家電の現状	・ ・ ・ ・ ・ 7
2 . モデル事業の結果	・ ・ ・ ・ ・ 9
(1) 使用済小型家電の回収状況	・ ・ ・ ・ ・ 1 2
(2) 既存制度との整合性	・ ・ ・ ・ ・ 1 9
3 . 使用済小型家電からのレアメタル回収に係る検討	・ ・ ・ ・ ・ 2 3
(1) 使用済小型家電に含まれるレアメタル及びそれらを含有する部位・部品	・ ・ ・ 2 3
(2) レアメタル回収の現状について	・ ・ ・ ・ ・ 3 0
(3) 既存レアメタル回収システムの使用済小型家電への適用可能性について	・ ・ ・ 3 6
4 . 使用済小型家電のリサイクルにおける環境管理の検討	・ ・ ・ ・ ・ 4 0
(1) 使用済小型家電における有害物質等の含有状況等	・ ・ ・ ・ ・ 4 0
(2) 使用済小型家電に含まれる有害物質に関連する知見と政策の動き	・ 5 0
(3) 使用済小型家電のリサイクルにおける環境管理手法	・ ・ ・ ・ ・ 5 4
5 . リサイクルシステムの検討	・ ・ ・ ・ ・ 6 4
(1) リサイクルシステムの目的・必要性	・ ・ ・ ・ ・ 6 4
(2) 対象鉱種・対象品目の考え方	・ ・ ・ ・ ・ 6 9
(3) リサイクルシステムの経済性評価	・ ・ ・ ・ ・ 7 0
(4) リサイクルシステムの構築に向けた現状と課題	・ ・ ・ ・ ・ 7 8
(5) リサイクルシステムの種類の整理	・ ・ ・ ・ ・ 8 1
6 . 今後の検討に向けた論点整理等	・ ・ ・ ・ ・ 8 9
(1) 研究会で明らかになった事項	・ ・ ・ ・ ・ 8 9
(2) 今後の検討に向けての論点整理	・ ・ ・ ・ ・ 9 0
(3) 留意点	・ ・ ・ ・ ・ 9 2

使用済小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会 メンバー

座長	細田 衛士	慶應義塾大学 経済学部教授
座長代理	中村 崇	東北大学 多元物質科学研究所教授
	浅井 一宏	日本鉱業協会 技術部次長
	井上 勝利	佐賀大学 名誉教授
	大木 達也	産業技術総合研究所環境管理技術研究部門 リサイクル基盤技術研究グループ 研究グループ長
	大和田秀二	早稲田大学理工学術院教授
	貴田 晶子	国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センター 特別客員研究員
	小林 幹男	石油天然ガス・金属鉱物資源機構 特別顧問
	酒井 伸一	京都大学 環境保全センター教授
	佐々木五郎	全国都市清掃会議 専務理事
	佐竹 一基	電子情報技術産業協会環境戦略連絡会 代表
	下井 康史	新潟大学大学院実務法学研究科教授
	白鳥 寿一	東北大学大学院 環境科学研究科教授
	新熊 隆嘉	関西大学 経済学部教授
	寺園 淳	国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センター 国際資源循環研究室長
	中島 賢一	早稲田大学 環境総合研究センター客員研究員
	原田 幸明	物質・材料研究機構 元素戦略センター長
	村上 進亮	東京大学大学院 工学系研究科 講師

## ワーキンググループメンバー

### ■レアメタルワーキンググループ

座長	中村 崇	東北大学 多元物質科学研究所教授
	浅井 一宏	日本鉱業協会 技術部兼環境保安部次長
	井上 勝利	佐賀大学 名誉教授
	大木 達也	産業技術総合研究所環境管理技術研究部門 リサイクル基盤技術研究グループ 研究グループ長
	大和田秀二	早稲田大学 理工学術院教授
	小林 幹男	石油天然ガス・金属鉱物資源機構 特別顧問
	佐竹 一基	電子情報技術産業協会環境戦略連絡会 代表
	中島 賢一	早稲田大学 環境総合研究センター客員研究員
	原田 幸明	物質・材料研究機構 元素戦略センター長

### ■環境管理ワーキンググループ

座長	酒井 伸一	京都大学 環境保全センター教授
	貴田 晶子	国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センター 特別客員研究員
	白鳥 寿一	東北大学大学院 環境科学研究科教授
	寺園 淳	国立環境研究所 国際資源循環研究室長
	中島 謙一	国立環境研究所 国際資源循環研究室 NIES 特別研究員
	山本 玲子	物質・材料研究機構 生体材料センター 金属生体材料グループ グループリーダー

### ■リサイクルシステムワーキンググループ

座長	細田 衛士	慶應義塾大学経済学部教授
	酒井 伸一	京都大学環境保全センター教授
	佐々木五郎	全国都市清掃会議専務理事
	佐竹 一基	電子情報技術産業協会環境戦略連絡会代表
	下井 康史	新潟大学大学院実務法学研究科教授
	白鳥 寿一	東北大学大学院環境科学研究科教授
	新熊 隆嘉	関西大学経済学部教授
	中島 賢一	早稲田大学環境総合研究センター客員研究員
	中村 崇	東北大学 多元物質科学研究所教授
	村上 進亮	東京大学大学院工学系研究科講師

## 1. 研究会設置の経緯

### (1) 小型家電とレアメタルを取り巻く状況と研究会設置の経緯

近年、高機能化と普及が著しい電気電子機器については、家電4品目（テレビ、エアコン、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機）とパソコンを除き、各種リサイクル法の対象ではなく、使用済製品は有用金属（資源価値の高いベースメタル、貴金属、レアメタル）を多く含んでいるにも関わらず市町村で資源として十分に回収されていないのが現状である。特に電気電子機器に小型化や高機能化等の目的で利用されているレアメタルについては、その産出にかかる地域偏在性や、急激な価格変動による供給リスクがあることから、安定供給の確保が必要とされている。

このような状況のなか、近年、使用済製品が鉱石に見立てられて「都市鉱山」とも呼ばれるなど、資源の有効利用等への関心が高まっていることを背景として、使用済小型家電からレアメタルや貴金属のリサイクルに取り組む自治体や企業が出始めている。しかし、こうした取組は始まったばかりであり、レアメタルの抽出技術の研究開発については着手されたものの、使用済製品の効率的・効果的な回収方法や製品中でレアメタルと同時に利用されている有害物質の適正処理方法等は検討途上にある。

以上の背景を踏まえ、適正かつ効果的なレアメタルのリサイクルシステムの構築を目指すべく、使用済小型家電の回収活動で先行している自治体等と連携し、幾つかの地域で実際に多種多様な使用済小型家電を様々な方法で回収することにより、効率的・効果的な回収方法の検討を行うとともに、回収された使用済小型家電についてレアメタルの含有実態の把握等を実施し、また使用済小型家電のリサイクルに係る有害性の評価及び適正処理等について検討を行うことを目的として、環境省及び経済産業省は平成20年12月に「使用済小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会」（研究会）を環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部長及び経済産業省大臣官房審議官（産業技術・環境担当）の研究会として設置し、検討を開始した。

### (2) 研究会での検討の進め方

研究会の検討事項は以下のとおりである。

- ①使用済小型家電の回収モデル事業の実施方法と効率的回収方法
- ②使用済小型家電におけるレアメタル含有実態の把握及びリサイクル手法
- ③使用済小型家電のリサイクルにおける有害性の評価及び適正処理手法

検討事項①にあるように、本研究会では「使用済小型家電の回収モデル事業」を実施している。モデル事業とは、使用済小型家電の回収活動で先行している自治

体等と連携し、使用済小型家電の効果的・効率的な回収方法、回収された使用済小型家電についてレアメタルの含有実態の把握等、並びに使用済小型家電のリサイクルに係る有害性の評価及び適正処理等について検討を行うものである。

さらに、専門的な見地から集中して議論を行うため、レアメタルワーキンググループ（平成 20 年 12 月設置）と、環境管理ワーキンググループ（平成 20 年 12 月設置）、リサイクルシステムワーキンググループ（平成 22 年 5 月設置）が設置された。それぞれの検討項目は以下のとおりである。

#### 【レアメタルワーキンググループ】

- ・ 小型家電に含有される（あるいは回収可能な）レアメタルの情報整理
- ・ 対象となる小型家電の品目、あるいは特定の部品・部位の情報整理
- ・ レアメタルのリサイクル、回収技術等の現状整理
- ・ 使用済小型家電の中間処理方法及び分析・試験等の検討
- ・ 分析・試験等結果の評価

#### 【環境管理ワーキンググループ】

- ・ 小型家電のリサイクルにおいて管理対象となりうる有害物質の整理
- ・ 小型家電のリサイクルにおける環境（有害物質）管理技術の整理
- ・ 小型家電のリサイクルにおけるリスクアセスメント、シナリオ評価等手法の整理

#### 【リサイクルシステムワーキンググループ】

- ・ 経済性の評価
- ・ リサイクルシステムの構築に向けた課題の整理
- ・ リサイクルシステムのあり方等

研究会及び各ワーキンググループでの検討状況は以下のとおりである。

#### 【平成 20 年度】

平成 20 年 12 月 2 日：第 1 回研究会

- ・ 使用済小型家電回収の現状と課題整理
- ・ モデル事業計画の審議

平成 21 年 1 月 21 日：第 1 回環境管理・レアメタル合同ワーキンググループ

- ・ レアメタルのリサイクルの現状整理
- ・ レアメタル回収技術の開発動向の整理
- ・ レアメタル回収における適正処理の現状整理

平成 21 年 2 月 13 日：第 2 回研究会

- ・使用済小型家電回収の課題整理
- ・モデル事業及び取組事例の報告
- ・平成 20 年度研究会とりまとめイメージの確認

平成 21 年 3 月 4 日：第 2 回環境管理・レアメタル合同ワーキンググループ

- ・モデル事業の報告
- ・レアメタル回収の課題整理
- ・環境（有害物質）管理の課題整理
- ・平成 21 年度以降の検討事項の確認

平成 21 年 3 月 24 日：第 3 回研究会

- ・使用済小型家電回収の課題整理
- ・モデル事業及び取組事例の報告
- ・平成 20 年度研究会とりまとめイメージの確認

#### 【平成 21 年度】

平成 21 年 10 月 29 日：第 4 回研究会

- ・平成 21 年度の研究会における検討の進め方
- ・自治体による小型家電回収の取組事例

平成 21 年 12 月 11 日：第 3 回環境管理ワーキンググループ

- ・現状の廃小型家電処理のリスクに関する情報収集について
- ・リサイクル施設でのリスクイベント評価と適正管理技術の考え方について

平成 21 年 12 月 15 日：第 3 回レアメタルワーキンググループ

- ・使用済小型家電に含まれるレアメタル及びそれらを含む部位・部品について
- ・レアメタル回収の現状について
- ・既存レアメタル回収システムの使用済小型家電への適用可能性について

平成 22 年 3 月 1 日：第 4 回レアメタルワーキンググループ

- ・レアメタルワーキンググループの検討結果について
- ・次年度の検討事項（案）について

平成 22 年 3 月 2 日：第 4 回環境管理ワーキンググループ

- ・環境管理ワーキンググループの検討結果について

- ・平成 22 年度の検討事項（案）について

平成 22 年 3 月 9 日：第 5 回研究会

- ・使用済小型家電の回収について
- ・使用済小型家電からのレアメタルの回収について
- ・使用済小型家電からのレアメタルの回収における環境管理について
- ・システムの経済性について
- ・次年度の予定について
- ・本年度のとりまとめ（案）について

【平成 22 年度】

平成 22 年 5 月 12 日：第 6 回研究会

- ・平成 21 年度の研究会の報告
- ・平成 22 年度の研究会における検討の進め方
- ・リサイクルシステムの経済性評価と各段階における課題について

平成 22 年 6 月 1 日：第 1 回リサイクルシステムワーキンググループ

- ・リサイクルシステムの経済性評価の途中報告
- ・ヒアリング（自治体、中間処理業者）

平成 22 年 6 月 11 日：第 5 回環境管理ワーキンググループ

- ・平成 21 年度の環境管理ワーキンググループの報告
- ・平成 22 年度の環境管理ワーキンググループの検討内容について

平成 22 年 6 月 16 日：第 2 回リサイクルシステムワーキンググループ

- ・リサイクルシステムの経済性評価の途中報告
- ・ヒアリング（製錬事業者、貴金属メーカー、レアメタルユーザー）

平成 22 年 6 月 30 日：第 3 回リサイクルシステムワーキンググループ

- ・中間とりまとめ（案）について

平成 22 年 7 月 27 日：第 4 回リサイクルシステムワーキンググループ

- ・中間とりまとめについて

平成 22 年 9 月 10 日：第 7 回研究会

- ・リサイクルシステムワーキンググループ中間とりまとめについて



- ・レアメタルワーキンググループ及び環境管理ワーキンググループの検討状況について
- ・今後の検討の進め方について

平成 22 年 10 月 25 日：第 5 回レアメタルワーキンググループ

- ・平成 21 年度の検討状況及び平成 22 年度の検討内容について
- ・レアメタルワーキンググループの検討内容について
- ・7 地域のモデル事業の概要

平成 22 年 11 月 2 日：第 5 回リサイクルシステムワーキンググループ

- ・リサイクルシステムの目的・必要性の整理
- ・対象鉱種・対象品目の選定
- ・次回ワーキンググループの検討事項

平成 22 年 11 月 19 日：第 6 回環境管理ワーキンググループ

- ・これまでの検討経緯について
- ・海外の規制動向等について
- ・小型家電に含まれる金属等に関するハザード情報等について
- ・使用済小型家電等の処理実態や海外流出について
- ・レアメタルの回収に伴う環境影響の可能性について
- ・今年度分析調査の進捗状況について

平成 22 年 11 月 22 日：第 6 回リサイクルシステムワーキンググループ

- ・環境管理ワーキンググループの検討状況について
- ・社会的仕組みのオプションについて

平成 22 年 12 月 6 日：第 6 回レアメタルワーキンググループ

- ・前回ワーキンググループにおける主な意見について
- ・レアメタルワーキンググループの検討内容について
- ・モデル事業の中間報告

平成 22 年 12 月 20 日：第 7 回リサイクルシステムワーキンググループ

- ・レアメタルワーキンググループの検討状況について
- ・リサイクルシステムのオプションの評価について

平成 23 年 2 月 7 日：第 7 回レアメタルワーキンググループ

- ・第 6 回ワーキンググループにおける主な意見について
- ・レアメタルワーキンググループの検討結果について
- ・検討結果の考察について

平成 23 年 2 月 28 日：第 7 回環境管理ワーキンググループ

- ・第 6 回環境管理ワーキンググループの主な意見
- ・環境管理ワーキンググループのとりまとめについて

平成 23 年 3 月 8 日：第 8 回リサイクルシステムワーキンググループ

- ・前回ワーキングにおける主な意見について
- ・研究会とりまとめ（案）について

平成 23 年 3 月 24 日：第 8 回研究会

- ・研究会とりまとめ（案）について

本とりまとめは、以上の検討結果について整理したものである。

### (3) 小型家電の現状

#### ①小型家電の製造段階の特徴

本研究会では、家庭で使用する電気電子機器のうち、法に基づくりサイクルの制度を有せず、比較的小型のものを「小型家電」と呼ぶ。「小型家電」には多種多様な製品が存在し、また、品目と同様、製造業者も多数存在している。

小型家電の素材構成は、個々の機器毎の差異は大きく、品目によっては製品開発に伴う年代変化も著しい。このため素材構成や含有量等はその製品の製造時期により確実に変化するという認識が必要である。

#### ②小型家電の流通段階の特徴

主に家庭向けに出荷され、広く普及している。購入者による持ち帰りが多いが、一部通販等の販路も存在している。

#### ③小型家電の消費・排出段階の特徴

表 1-1 に示すとおり、小型家電は広く普及してきており、1人あたり複数の所有などもあるため、世帯あたりの保有台数は増加傾向である。平均使用年数は比較的短期間であり、使用済みとなる時期は早いと考えられる。しかしながら、小型であるため、家庭内に退蔵される傾向があり、また、販売業者による下取りや中古利用も考えられ、排出頻度は大きくないと考えられる。

表 1-1 小型家電の普及状況

品目	世帯普及率 %				100世帯当り保有台数				平均使用年数		
	2005.3	2006.3	2007.3	2008.3	2005.3	2006.3	2007.3	2008.3	2005年度	2006年度	2007年度
携帯電話	82.0	85.3	88.0	90.5	179.7	194.6	203.9	208.8	2.6	2.7	2.9
DVD	49.0	61.1	65.1	71.7	70.1	90.8	97.5	108.5	4.3	4.4	4.5
デジタルカメラ	46.2	53.7	58.9	66.0	55.6	66.8	74.7	85.7	3.2	3.5	3.7
ビデオカメラ	39.6	40.2	41.2	41.4	44.4	43.9	45.2	44.8	6.5	6.0	7.0
ファクシミリ	49.7	56.7	57.7	59.0	51.2	58.7	59.4	60.6	-	-	-

出典：「家電産業ハンドブック 2008（財団法人家電製品協会）」より作成

#### ④小型家電の回収・リサイクル段階の特徴

図 1-1 に示すとおり、使用済小型家電の多くは「一般廃棄物」として回収され、回収されたもののほとんどが最終的に埋立処分となる。その過程で、過半数の市町村ではリサイクルとして鉄・アルミ等を回収しているが、レアメタル等を含め非鉄金属の回収を行う市町村は僅かである。このように現状では市町村の収集・処分の面

からは処理困難性は低いが、市町村の非鉄金属リサイクルの面からの困難性は高いと言える。

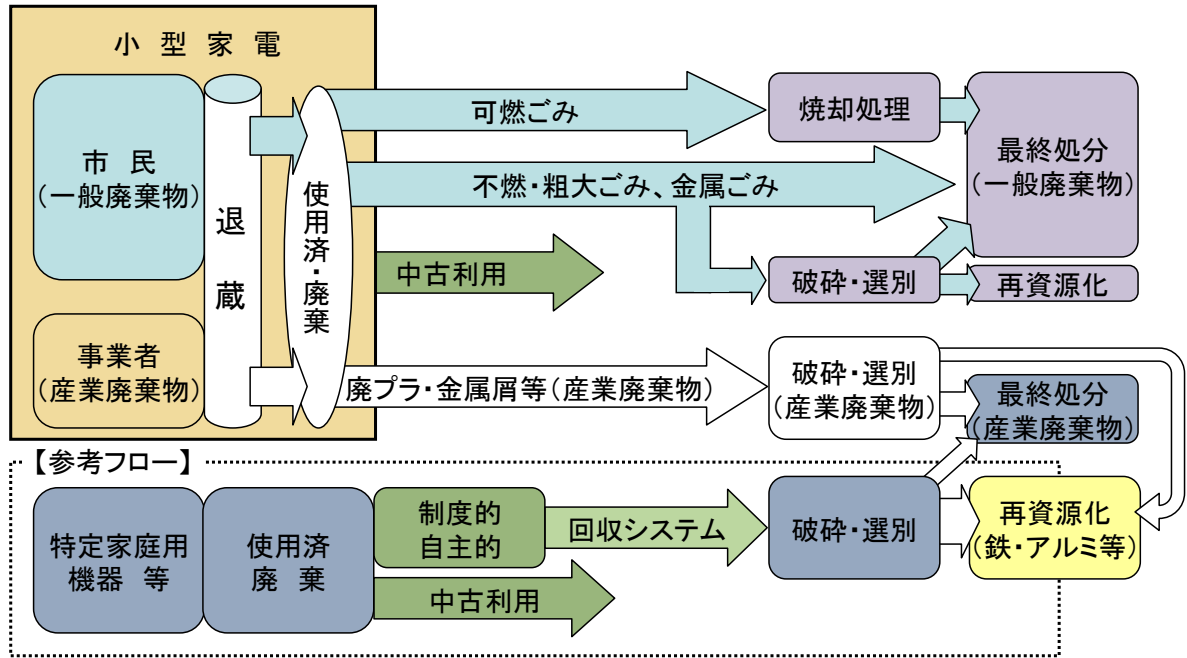


図 1-1 使用済小型家電の処理実態

## 2. モデル事業の結果

現状、使用済小型家電については、廃棄されるもののうち多くが一般廃棄物として市町村により処理されるため、ベースメタル等一部の資源の回収が行われている場合もあるものの、レアメタルを始めとする小型家電に含まれる有用金属の大部分が回収されないまま、埋立処分されていると考えられる。

このため、研究会においては、適正かつ効率的なレアメタルのリサイクルシステムの構築を目指すべく、使用済小型家電の回収活動で先行している自治体等と連携し全国7地域で実際に使用済小型家電を幾つかの方法で回収することにより、効果的・効率的な回収方法の検討を行うとともに、回収された使用済小型家電について、レアメタルの含有実態等の把握や使用済小型家電のリサイクルに係る有害性の評価及び適正処理等について検討を行った。

モデル事業の実施地域は以下のとおりである。

平成20年度：秋田県、茨城県、福岡県の計3地域

平成21年度：平成20年度実施の3地域に加え、東京都（江東区・八王子市）、  
名古屋市・津島市、京都市、水俣市の計7地域

平成22年度：平成21年度と同じ計7地域

モデル事業における回収方式は以下のとおりである。

ボックス回収	回収ボックス（回収箱）を様々な地点に常設し、排出者が使用済小型家電を直接投入する方式
ピックアップ回収	従来の一般廃棄物の分別区分にそって回収し、回収した一般廃棄物から使用済小型家電を選別する方式
ステーション回収	ステーション（ごみ排出場所）ごとに定期的に行っている資源物回収に併せて、使用済小型家電回収コンテナ等を設置し、使用済小型家電を回収する方式
集団回収・市民参加型回収	既に資源物の集団回収を行っている市民団体が、使用済小型家電を回収する方式
イベント回収	地域のイベントにおいて回収ボックス等を設置し、参加者が持参した使用済小型家電を回収する方式

各モデル事業実施地域で採用した回収方式とその具体的内容を表2-1に示す。

表 2-1 各モデル事業実施地域で採用した回収方式

モデル事業実施地域	ボックス回収	ピックアップ回収	ステーション回収	集団回収・市民参加型回収
秋田県 (全域にて実施)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・145 箇所 (約 7,500 人/箇所)</li> <li>・回収頻度：月 1～2 回</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○大館市</li> <li>・不燃ごみを月 1 回排出</li> <li>・粗大ごみを 2 ヶ月に 1 回 (奇数月) 排出</li> <li>・持ち込みについては随時受付</li> <li>○潟上市</li> <li>・不燃ごみを週 1 回排出</li> </ul>	—	—
茨城県 (日立市、高萩市、北茨城市)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・51 箇所 (約 5,300 人/箇所)</li> <li>・回収頻度：月 2 回程度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○日立市・高萩市</li> <li>・粗大ごみ (小) を月に 1 回排出</li> <li>・持ち込みについては随時受付</li> <li>○北茨城市</li> <li>・持ち込みについてのみ、随時受付</li> </ul>	—	—
福岡県 (大牟田市、筑後市、大木町)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・36 箇所 (約 3,500 人/箇所)</li> <li>・回収頻度：月 1～2 回 (大牟田市のみ)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・不燃ごみを隔週で排出</li> <li>・持ち込みについては随時受付 (大牟田市のみ)</li> </ul>	ステーションに小型家電回収コンテナを設置し、回収を実施 (筑後市 120 箇所、大木町 50 箇所)	—
東京都 (江東区・八王子市)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・江東区 71 箇所 (約 6,500 人/箇所)</li> <li>・八王子市 52 箇所 (約 11,100 人/箇所)</li> <li>・回収頻度：月 2 回</li> </ul>	—	—	資源集団回収を行っている町会・自治会及び地域子ども会が回収 (八王子市のみ)
名古屋市・津島市	<ul style="list-style-type: none"> <li>・名古屋市 10 箇所 (約 226,000 人/箇所)</li> <li>・津島市 4 箇所 (約 16,300 人/箇所)</li> <li>・回収頻度：週 1 回程度</li> </ul>	—	ステーションにて専用袋にて回収を実施 (津島市のみ：20 町内)	リサイクルステーションにて対面式回収
京都市	<ul style="list-style-type: none"> <li>・50 箇所 (約 29,300 人/箇所)</li> <li>・回収頻度：月 1～2 回</li> </ul>	—	—	—
水俣市	<ul style="list-style-type: none"> <li>・5 箇所 (約 5,400 人/箇所)</li> <li>・回収頻度：月 2 回</li> </ul>	—	ステーションに小型家電回収コンテナを設置し、回収を実施 (71 箇所)	—

各モデル事業実施地域において回収対象とした品目を表 2-2 に示す。

表 2-2 各モデル事業実施地域において回収対象とした品目

品目	モデル事業実施地域						
	秋田県	茨城県	福岡県	東京都 (江東区・ 八王子市)	名古屋市・ 津島市	京都市	水俣市
1. 携帯電話	○	○	○	○	○	○	○
2. デジタルカメラ	○	○	○	○	○	○	○
3. ビデオカメラ	○	○	○	○	○	○	○
4. 携帯音楽プレーヤー	○	○	○	○	○	○	
5. ポータブルMDプレーヤー	○						○
6. ポータブルCDプレーヤー	○						○
7. 電子手帳	○	○			○	○	
8. 電子辞書	○		○	○	○	○	○
9. 電卓	○	○	○	○	○	○	
10. 携帯液晶テレビ	○		○	○		○	○
11. ポータブルラジオ	○		○	○	○	○	
12. 携帯映像プレーヤー	○		○	○	○	○	
13. DVDプレーヤー・レコーダー(ポータブルを除く)	○				○		
14. オーディオ	○				○		
15. ビデオデッキ	○				○		
16. ポータブルゲーム機	○						○
17. キーホルダーゲーム機	○						○
18. 家庭用ゲーム機	○	○	○	○	○	○	○
19. ゲームソフト(CD-ROM等除く)	○					○	○
20. ゲームコントローラー	○						○
21. カーナビ・カーDVD	○	○		○	○		○
22. カーオーディオ	○						○
23. 電話機等	○						○
24. ハードディスクドライブ(外付け・内蔵)	○		○		○	○	
25. ワークプロ	○	○			○		
26. 電子レンジ	○				○		
27. ICレコーダー	○					○	
28. 電磁調理器(IH調理器)	○				○		
29. その他電気調理器	○				○		
30. おもちゃ	○				○		
31. 電動歯ブラシ	○				○		
32. 電動シェーバー	○				○		
33. ヘアードライヤー	○				○		
34. ACアダプター・ケーブル・延長コード	○	○	○	○	○		
35. リモコン	○		○		○		○
36. 電話子機	○						○
37. メモリー類	○					○	
38. モデム	○						○
39. パソコン付属品	○	○			○	○	
40. その他	○	○	○	○	○		

※ 「○」：回収対象品目

※ 秋田県は品目を限定せずに回収を実施しているため、全品目「○」と表現している。

### (1) 使用済小型家電の回収状況

各モデル事業実施地域における使用済小型家電の回収結果を表 2-3 に示す。三年間で合計 332,782 個 (120,245kg) の小型家電を回収した。なお、イベント回収は定常的な回収方式でないため、ここでは集計結果に加えていない。

表 2-3 各モデル事業実施地域における使用済小型家電の回収結果

モデル事業実施地域	ボックス回収		ピックアップ回収		ステーション回収		集団回収・市民参加型回収		合計 回収個数 (回収重量)
	回収個数 (回収重量)	期間 箇所	回収個数 (回収重量)	期間	回収個数 (回収重量)	期間	回収個数 (回収重量)	期間	
秋田県	44,217 個 (23,194kg)	548 日間 145 箇所	28,601 個 (27,494kg)	523 日間	—	—	—	—	73,889 個 (50,833kg)
茨城県	27,577 個 (5,778kg)	637 日間 51 箇所	62,976 個 (21,066kg)	645 日間	—	—	—	—	91,835 個 (26,895kg)
福岡県	26,606 個 (4,072kg)	650 日間 36 箇所	16,950 個 (2,274kg)	650 日間	16,585 個 (2,961kg)	筑後市 407 日間 大木町 438 日間	-	-	61,848 個 (9,781kg)
東京都 (江東区・八王子市)	32,336 個 (6,288kg)	江東区 340 日間 八王子市 330 日間 江東区 70 箇所 八王子市 52 箇所	—	—	—	—	536 個 (139kg)	92 日間	33,304 個 (6,496kg)
名古屋市・津島市	9,676 個 (4,138kg)	名古屋市 348 日間 津島市 336 日間 名古屋市 10 箇所 津島市 4 箇所	—	—	1,718 個 (1,743kg)	津島市 336 日間	13,383 個 (11,943kg)	名古屋市 348 日間 津島市 336 日間	25,821 個 (17,854kg)
京都市	1,5903 個 (2,052kg)	367 日間 50 箇所	—	—	—	—	—	—	16,270 個 (2,102kg)
水俣市	1,158 個 (266kg)	321 日間 5 箇所	—	—	1,256 個 (340kg)	326 日間	—	—	3,061 個 (611kg)
合計	157,473 個 (45,789kg)	—	108,527 個 (50,834kg)	—	20,095 個 (5,182kg)	—	46,687 個 (18,440kg)	—	332,782 個 (120,245kg)

※ 「—」は、「実施せず」を示す。

※ ボックスの箇所数は平成 22 年度のもの。



ここで、既存統計の出荷量を用いて平均使用年数に基づき小型家電が排出されると仮定することで求めた台数を潜在的回収可能台数とする。潜在的回収可能台数の考え方は図 2-1 のとおりである。

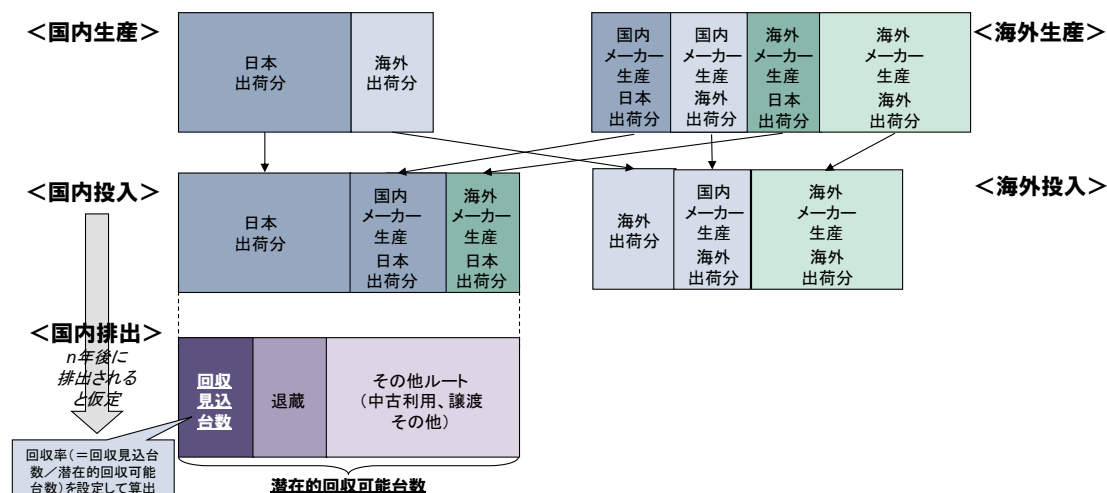


図 2-1 潜在的回収可能台数の考え方

モデル事業における回収データ及び統計データに基づき、比較的金属含有濃度の高い一部の品目について、モデル事業の回収実績の全国拡大値及び潜在的回収可能台数を推計した結果を表 2-4 に示す。モデル事業回収実績全国拡大値の潜在的回収可能台数に占める割合は平均 5.2%であった。

表 2-4 モデル事業の回収実績の全国拡大値と潜在的回収可能台数

品目	モデル事業 回収実績 全国拡大値* 千個/年 (a)	潜在的回収 可能台数 千個/年 (b)	比率 (a / b)
携帯電話	2,568	49,637	5.2%
ゲーム機 (小型以外)	349	2,446	14.3%
ゲーム機 (小型)	619	7,853	7.9%
ポータブル CD・MDプレーヤー	101	961	10.5%
ポータブルデジタルオーディオプレーヤー	382	6,003	6.4%
デジタルカメラ	272	9,424	2.9%
カーナビ	28	2,829	1.0%
ビデオカメラ	88	1,587	5.5%
DVDプレーヤー	59	5,932	1.0%
合計 (9 品目)	4,465	86,672	5.2%

※：H20～22 年度のモデル事業における地域・年度ごとの回収台数原単位を日本の人口にて拡大推計することで求めた台数

各モデル事業実施地域における潜在的回収可能台数を算出し、回収率を推計した結果を表 2-5 に示す。

表 2-5 各モデル事業実施地域における回収率

品目	秋田県	茨城県	福岡県	東京都（江東区・八王子市）	名古屋市・津島市	京都市	水俣市
携帯電話	3.2%	6.0%	20.4%	3.5%	4.7%	0.5%	11.6%
ゲーム機（小型以外）	33.2%	12.9%	—	—	12.3%	0.3%	18.0%
ゲーム機（小型）	0.6%		34.3%	2.2%			12.0%
ポータブルCD・MDプレーヤー	4.9%	8.0%	24.2%	7.0%	9.6%	0.8%	58.0%
ポータブルデジタルオーディオプレーヤー							—
デジタルカメラ	2.4%	4.1%	7.6%	3.4%	6.7%	0.4%	4.5%
カーナビ	0.4%	3.5%	—	0.3%	0.1%	—	1.6%
ビデオカメラ	7.7%	2.9%	10.3%	2.1%	19.3%	0.5%	15.9%
DVDプレーヤー	2.3%	—	1.6%	0.4%	3.7%	—	—
合計	3.8%	6.2%	17.9%	3.2%	6.3%	0.5%	9.7%

※ 回収率＝各モデル事業実施地域における回収台数／各モデル地域における潜在的回収可能台数

各モデル事業実施地域における回収台数：

各モデル事業実施地域の年度別の回収台数原単位に回収対象人口を乗じて算出

各モデル事業実施地域における潜在的回収可能台数：

日本全体の潜在的回収可能台数から回収対象人口割合にて算出

表 2-5 に示すとおり、各モデル事業実施地域における回収率はばらばらであるが、これは様々な要因によるものと考えられる。以下、効果的・効率的な回収方法等についてモデル事業の結果から検証する。

## ①効果的・効率的な回収方法

### 1) モデル事業実施地域毎の検討

モデル事業における小型家電の回収状況をモデル事業実施地域毎に量的傾向、回収品目の傾向、従来のごみ分別区分の影響について検討を行った。結果を表 2-6 に示す。

表 2-6 モデル事業実施地域毎のモデル事業の結果

	小型家電に係る従来の回収方式	モデル事業における回収方式	回収状況の特徴		
			量的傾向 ( )は平成 22 年度実績(単位は個/千人・月)	回収品目の傾向	従来のごみ分別区分の影響
秋田県	不燃ごみ、家庭ごみ、資源化物、粗大ごみ	ボックス、ピックアップ	平成 20～22 年度ではボックス回収への排出は減少傾向、ピックアップ回収は一時減少したものの平成 22 年度にかけて増加 (ボックス 2.66、ピックアップ 23.74)	ボックス回収では小型の機器、ピックアップ回収では比較的大型の機器が回収	有料の指定袋等にて不燃ごみ・粗大ごみとして排出されていた小型家電がピックアップ回収に排出されており、従来の分別区分への使用済小型家電の排出が一定程度定着
茨城県	粗大ごみ (小)	ボックス、ピックアップ	平成 20～22 年度にかけてボックス回収、ピックアップ回収ともに着実に回収台数が増加 (ボックス 6.73、ピックアップ回収 14.94)	ボックス回収、ピックアップ回収とも同様の傾向。加えてピックアップ回収には比較的大きな機器が排出 ピックアップ対象ごみが大量に持ち込まれた場合、作業が間に合わなかった事例あり	粗大ごみ (小) としての廃棄が定着しており、ピックアップ回収への排出が多い状況にある
福岡県	燃えないごみ、大型ごみ、小型不燃ごみ	ボックス、ピックアップ、ステーション	大牟田市は平成 20～22 年度にかけてボックス回収ピックアップ回収を合計した回収個数は大きな変化なし (ボックス回収 8.75、ピックアップ回収 5.08) 筑後市 (14.76)、大木町は平成 21～22 年度 (23.43) にかけて回収個数はそれぞれ微増、微減あったが他の地域に比べて回収効率が高い	回収方式によらず携帯電話、リモコン、電卓、小型ゲーム機が多く、同様の傾向	筑後市・大木町では従来から細かな分別区分 (筑後市 15 分別、大木町 21 分別) を設定しているため、ステーション回収にも柔軟に対応し、排出量が多い
東京都 (江東区・八王子市)	燃やさないごみ、不燃ごみ	ボックス、集団回収・市民参加型	平成 21 年度～22 年度にかけて回収個数は微増 (江東区: 4.02、八王子市: 1.81) 人口が多く、人口密度も高いが一定の回収効率を確保	回収方式によらず携帯電話、ポータブル音楽プレーヤー、電卓、デジタルカメラが多く、同様の傾向	特段の特徴は見られない

	小型家電に係る従来の回収方式	モデル事業における回収方式	回収状況の特徴		
			量的傾向 ( )は平成22年度実績(単位は個/千人・月)	回収品目の傾向	従来のごみ分別区分の影響
名古屋市・津島市	不燃ごみ	ボックス、ステーション、集団回収・市民参加型	平成21～22年度にかけて回収個数は若干微減(名古屋市:ボックス回収0.22、集団回収・市民参加型回収0.44/津島市:ボックス回収4.67、ステーション回収19.99、集団回収・市民参加型回収0.22) ボックス設置密度が低く、回収効率が若干低調。ステーション回収の効率が低い	回収方式によらず ACアダプター・ケーブル・延長コード、パソコン付属品が多く、同様の傾向	名古屋市では特段の特徴は見られない。津島市では資源回収の意識が高く、ステーション回収への排出が選択される傾向にある
京都市	家庭ごみ、粗大ごみ(ガラクタ類)	ボックス、ごみ組成調査(参考)、郵便	平成21～22年度にかけて回収台数は微増(0.95) ボックス設置密度が低く、回収効率が若干低調	ボックス回収では携帯電話・PHS、ゲームソフト、ポータブル音楽プレーヤーが、ピックアップ回収では、パソコン、家庭用ゲーム機、ポータブル式ラジオが多い	特段の特徴はみられない
水俣市	破碎・埋立ごみ	ボックス、ステーション	平成21～22年度にかけて回収台数は、ボックス回収では微増、ステーション回収では微減したものの、両方式を合わせた回収個数は同程度(ボックス回収4.24、ステーション回収15.30)、人口が少ないが、ステーション回収にて一定の回収効率を確保。ボックス回収は補足的位置づけ。	回収方式によらず、携帯電話、リモコン、電話機、電話機子機が多く、同様の傾向	22分別を設定しているため、市民の資源回収に対する意識も高く、ステーション回収にも柔軟に対応
地域横断的な評価	不燃ごみ、粗大ごみが多いが、粗大ごみ(小)等、従来から小型家電が比較的集まりやすい分別区分を有する地域もある	—	全体として、ステーション回収への排出が多い傾向にある。また、人口規模の大きな市町村ではボックス設置数が少ない影響もあり、回収台数が低調	回収方式による、回収品目の大きな差異はみられないが、ボックス回収、ピックアップ回収を行う地域では、ピックアップ回収の方が比較的大型の機器が排出される傾向にある	従来から小型家電が比較的集まりやすい分別区分を有する地域は当該分別区分への排出が定着している 従来から細かな分別区分を設定している地域は、ステーション回収にもスムーズに対応し、回収効率は高い

## 2) 回収方式毎の検討

効果的・効率的な回収方法に関して、平成 20～22 年度のモデル事業結果等を踏まえ、以下の観点から分析を行った。分析にあたっては、モデル事業実施地域にて個別に実施したアンケート調査等を参考とした。

- アクセスの容易性（アクセスのよい場所や要件）
- 物理的・心理的排出のし易さ（当該回収方式の選択に至った動機等）
- 盗難等のトラブルの可能性

結果を整理すると表 2-7 のとおりである。

表 2-7 回収方式毎の検討結果

	アクセスの容易性	物理的・心理的 排出のし易さ	盗難等のトラブル の可能性
ボックス回収	店舗、公共施設での回収量が多い 駅、学校、企業での回収量は比較的少ない 施設内にて人目に付きやすい場所の回収量が多い	常時排出可能であるため、排出はし易いとの評価がある一方、セキュリティ面への配慮が必須	人目の届かない所で、異物の混入、盗難、ボックスの破損等の事例が報告
ピックアップ回収・ステーション回収	通常のごみの収集時にも利用している排出場所であり、アクセスは容易である	通常のごみの収集時にも利用している排出場所であり、大きな障害なし	有人の場合、盗難等のトラブルの可能性は低い ただし、無人の場合は盗難等の可能性がある
イベント回収	イベントは、車や電車での来場が可能な場所にて開催されるため、アクセスは容易である。	盗難などの心配なし（有人の場合） イベント時に限定されるため排出し易さに課題	有人の場合、盗難等のトラブルの可能性は低い ただし、無人の場合は盗難等の可能性がある
回収方式横断的な評価	ピックアップ回収、ステーション回収、イベント回収は、アクセスは容易である。一方、ボックスは設置場所によってアクセスの容易性に差が見られる（店舗、公共施設は比較的アクセスが容易であると考えられる）。	ボックス回収だけでなく、無人のピックアップ回収、ステーション回収、イベント回収ではセキュリティ面への配慮が必須となる。	ボックス回収は稀にトラブル事例が報告され、注意が必要。また、ピックアップ回収、ステーション回収、イベント回収では有人の場合、トラブルの可能性は低い、無人の場合、トラブルの可能性が等ることに留意が必要。

## 3) 総括

これまでのモデル事業の実施状況から把握された回収方式毎の特徴や地域特性等を踏まえ、効果的・効率的な回収手法について以下のとおり整理した。

## ○大規模都市

平成 21 年度からモデル事業を実施した都市部の地域（東京都、名古屋市・津島市、京都市）では、ボックス回収を中心とした回収が実施された。全地域を網羅したボックス配置ができなかったため、他地域に比べると回収量は少ない結果となっており、一定の回収台数を確保するためにはボックス設置密度の向上が必要となる。

一方、イベント回収については、数多くの異なる性格のイベントへの出展がなされ、効率的な回収が行われた事例も報告されており、都市部における効率的な回収方式としての可能性が示唆された。なお、都市部でのピックアップ回収については、ピックアップ対象ごみの量が非常に多くなり、ピックアップ作業を行うことが困難である可能性があること、また、ステーション回収については、新たに小型家電に係る分別区分を追加することにより発生するコストが大きなものとなる可能性があるため、都市部においては両方式による効率的な回収の実施は困難な可能性があると考えられる。

以上より、都市部については、ボックス設置密度の検討を十分に行うことを条件にボックス回収を行い、補足的イベント回収を行うことが適した回収方式の組合せであると考えられる。

## ○中規模都市

モデル事業の開始当初から回収を実施している地域（秋田県、茨城県、福岡県）については、ボックス回収とピックアップ回収の組合せにより、一定の回収台数を確保している。これは、市民が常時排出することが可能であるボックス回収と従来のごみ分別区分への排出が市民に定着していることを上手く活用したピックアップ回収の両方式の組み合わせが効果的であることを示唆している。これらの地域はいずれも中小規模都市であり、地域特性も類似しており、この組合せが当該地域つまり、中小規模都市に適した回収方式の組合せであると考えられる。

## ○分別収集先進地域

福岡県（筑後市、大木町）や水俣市等、従来から細かな収集区分を設定している地域では、ステーション回収にて効率的に回収を行うことができた。これは、細かな分別排出が市民に定着している地域では、新たな小型家電に係る分別区分が追加されたことにもスムーズに対応することができるためと考えられる。以上より、分別収集先進地域では、ステーション回収が有力な回収方式と考えられる。

## <効果的・効率的な回収方式の組合せ>

○ 大規模都市                   : ボックス回収+ イベント回収

- 中小規模都市 : ボックス回収+ ピックアップ回収
- 分別収集先進地域: ステーション回収

なお、上記の回収方式の組合せは、7地域におけるモデル事業の結果から得られた一例であり、使用済小型家電の回収にあたっては、地域のこれまでの回収方法や地域の特徴等に留意の上、回収方式を検討することが望まれる。

## ②市民とのコミュニケーション手法

これまでのモデル事業における市民とのコミュニケーション手法の検討の成果として、回収方式にかかわらず、地域等の広報媒体の活用が効果的であることが示唆された。また、回収方式毎に効果的と考えられる周知方法は以下のとおりである。

- ・ボックス回収については、ボックスを見かけることで小型家電回収の取組を認識する市民も見られるため、単にボックスを設置するだけでなく、のぼりやポスター等を活用して、使用済小型家電回収を実施していることを周知することが効果的と考えられる。
- ・ピックアップ回収・ステーション回収にて使用済小型家電を回収する際に、指導員等が立ち会う場合は、市民がステーション等に排出する際にちらし等を配布する等、排出現場における周知が効果的と考えられる。
- ・イベントにて使用済小型家電を回収することで、イベント来場者に使用済小型家電回収を実施していることを周知することができる。このため、イベント回収は、周知方法のひとつとしても位置づけられる。

### (2) 既存制度との整合性

使用済小型家電の回収は廃棄物の処理及び清掃に関する法律（以下「廃棄物処理法」という。）の規定に従う必要がある。一般市民から廃棄されたものは「一般廃棄物」として、その処理の責任は基本的に市町村にある。

一般廃棄物については、以下のような規制がある。

- ・回収～収集・運搬～保管  
業として行うためには、原則として市町村長の許可が必要であり、収集、運搬、保管の処理基準を遵守する必要がある。
- ・処理（再資源化）  
業として行うためには、原則として市町村長の許可が必要であり、同様に処理基準がある。また、一定規模以上の処理が可能な施設を設置するためには、都道府県知事の許可が必要となる。

また、以下のとおり、広域認定制度、再生利用認定制度、再生利用指定制度等の特例制度も定められており、一部の電気電子機器がその適用を受けている。

表 2-8 広域認定制度の概要

広域認定制度	
制度の概要	製品等が廃棄物になったもので、当該廃棄物の処理を当該製品の製造、加工、販売等の事業を行う者が広域的に行うことによって廃棄物の減量その他適正な処理の確保に資すると認められる廃棄物に対し、広域的な処理に限って環境大臣が認定する制度。
対象廃棄物区分	一般廃棄物 産業廃棄物
根拠規定	法第9条の9 法第15条の4の3
認定・指定者	環境大臣
不要となる許可	収集運搬業・処分業
対象物	廃スプリングマットレス、廃パソコン、 廃密閉型蓄電池、廃開放型鉛蓄電池、廃 二輪自動車、廃FRP船、廃消火器、廃 火薬類、廃印刷機、廃携帯電話用装置 品目限定無し
認定・指定実績	81件（66件）（平成22年3月末） 189件（平成22年7月末）

表 2-9 再生利用認定制度の概要

再生利用認定制度	
制度の概要	生活環境の保全上支障がない等の一定の要件に該当する再生利用に限って環境大臣が認定する制度。
対象廃棄物区分	一般廃棄物 産業廃棄物
根拠規定	法第9条の8 法第15条の4の2
認定・指定者	環境大臣
不要となる許可	収集運搬業・処分業・施設設置
対象物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃ゴム製品（タイヤ等）</li> <li>・ 廃プラスチック類</li> <li>・ 廃肉骨粉</li> <li>・ 廃木材</li> <li>・ 金属を含む廃棄物</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃ゴム製品（タイヤ等）</li> <li>・ 廃プラスチック類</li> <li>・ 廃肉骨粉</li> <li>・ 汚泥（掘削汚泥、半導体製造汚泥）</li> <li>・ 金属を含む廃棄物</li> </ul>
認定・指定実績	63件（平成22年3月末） 48件（平成22年7月末）

表 2-10 再生利用指定制度の概要

再生利用指定制度	
制度の概要	再生利用されることが確実であると市町村長、都道府県知事が認めた廃棄物のみの処理を業として行う者を市町村長、都道府県知事が指定する制度。
対象廃棄物区分	一般廃棄物 産業廃棄物
根拠規定	法第7条第1項但書、第7条第6項但書、規則第2条第2号、第2条の3第2号 法第14条第1項但書、第14条第6項但書、規則第9条第2号、第10条の3第2号
認定・指定者	市町村長 都道府県知事
不要となる許可	収集運搬業・処分業
対象物	市町村長告示により指定 都道府県知事告示により指定 指定例：汚泥、廃プラ、木くず等
認定・指定実績	84市町（平成18年度調査） 551件（平成18年3月末）



モデル事業にて実施された収集・運搬、保管、越境移動等については、廃棄物処理法上の規制や手続きを遵守して行う必要がある。秋田県では、効果的・効率的な使用済小型家電の収集・運搬を行うことを目的に、図 2-2 に示すとおり、既存の一般廃棄物の収集システムを活用して収集・運搬した上で、集約した回収物を広域的に業者が収集・運搬するハブ&スポークによる収集を実施している。

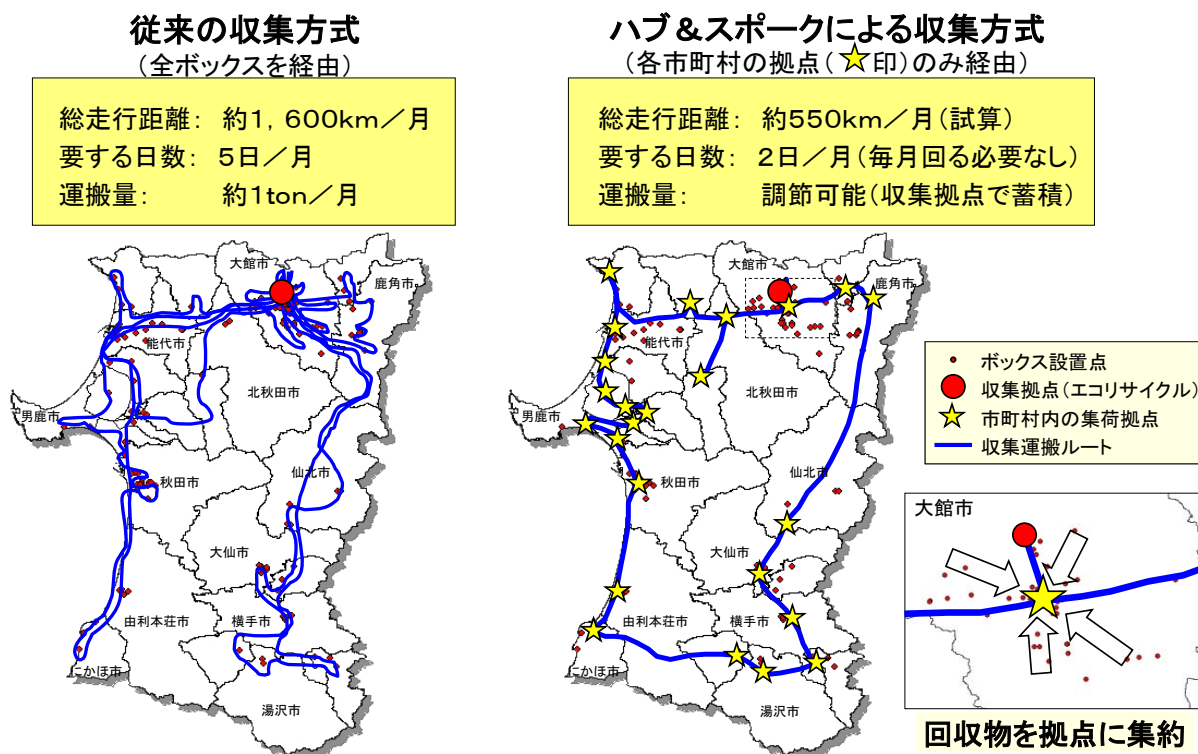


図 2-2 ハブ&スポークによる収集 (秋田県)

なお、回収した使用済小型家電からレアメタルをリサイクルするには、適切な技術を有する中間処理業者や非鉄製錬業者との連携が必要であるが、そのような事業者が区域内に存在しない場合、市町村の区域を越えた移動が必要となる。一般廃棄物の処理に関し関係を有する他の市町村の一般廃棄物処理計画との調和が求められているため、市町村の区域を越えて一般廃棄物を移動する場合、関係市町村間での調整が煩雑になる。また、中間処理段階及び製錬段階で発生する残渣も一般廃棄物となるため、その処理についても同様の問題が生じる。なお、個別リサイクル法の対象製品では、残渣はリサイクル実施者の産業廃棄物として取り扱われることになり、このような問題は生じていない。

また、既存制度との整合性に関し、モデル事業を実施した自治体にアンケートを行ったところ、「廃棄物処理法の再生利用に関する3つの制度(再生利用指定制度、

広域認定制度、再生利用認定制度) について、モデル事業との整合性を検討したが、活用することができなかった」、「広域的な収集運搬が不可欠であることから、業の許可を不要とする制度や緩和措置を講ずるべき」、「回収量を一定量確保するためには、広域的な収集運搬体制の構築が不可欠であるが、回収対象となる小型家電については廃棄物処理法上の広域認定を受ける等、広域的な収集運搬が容易になるような仕組みが必要」といった意見が見られた。

### 3. 使用済小型家電からのレアメタル回収に係る検討

(1) 使用済小型家電に含まれるレアメタル及びそれらを含有する部位・部品

#### ①使用済小型家電のレアメタル含有量と資源ポテンシャルの把握

##### 1) 調査結果のポイント

7つのモデル地域で収集された使用済小型家電について、所要の数のサンプリングを行いデータ解析・評価事業者（複数の分析事業者）で一括集約し含有量等分析調査等を実施し有効な鉱種の検討等を行った。その概要は以下のとおりである。

- ・平成 20～22 年度に実施した各機器、部位・部品のデータを集約
- ・各機器、部位・部品ごとの含有鉱種の種類及び含有量を分析
- ・小型家電からの回収対象とする可能性のある鉱種のピックアップ

まず、過去の調査結果も含めて、対象とした小型家電について以下の点等を確認した。

- ・対象機器についてはより小型化・集積化したものが増えている。
- ・デジタルプロセッサ等（ex IC 使用）による高度機能化が進んでいる。
- ・ユーザインターフェースとして表示装置（液晶）が様々な機種に増えている。
- ・有害物の使用の減少傾向が見られる（RoHS の影響等）
- ・機能の複合化が進んでいる。

さらに、平成 20～22 年度に実施した含有量調査による各機器（部位・部品ごと）のポテンシャルは以下のとおりである。

##### (デジタルカメラ)

基板は機器全体の約 20% の重量を占め、Ni、Ba、Ta の含有量が多く、次いで Cr、Co、Pd、Mn、Sb、Nd、W 等が多く検出された。

液晶は機器全体の 3% 程度の重量、Cr、Ni、Ba、Sb、In 等を含む。

##### (ビデオカメラ)

基板は機器全体の約 15% の重量を占め、Ni、Ba、Ta の含有量が多く、次いで Cr、Co、Pd、Mn、Sb、Nd 等が多く検出された。W についてはデジタルカメラよりも含有量は少なめの傾向がみられた。

液晶は機器全体の 2% 程度の重量、Cr、Ni、Ba、Sb、In 等が検出されたが対象となるサンプルによって個体差が大きい。

(携帯音楽プレーヤー)

基板は機器全体の10~15%の重量を占め、Ni、Ba、Taの含有量が多く、次いでCr、Mn、Sbが多く検出された。一部Nd、Wを多く含む結果も得られたが、対象となるサンプルによつての個体差が大きい。

液晶は機器全体の2%程度の重量、Cr、Ni、Ba、Sb、In等が検出されたが対象となるサンプルによつて個体差が大きい。

(携帯電話)

基板は機器全体の約20%の重量を占め、Ni、Ba、Ta、Ndの含有量が多く、次いでCr、Mn、Sbが多く検出された。一部Wを多く含む結果も得られたが、こちらも対象となるサンプルによつて個体差が大きい。

液晶はカメラ無しのもが機器全体の2~3%、カメラ有のもが6~9%の重量でカメラ機能が付いたものの方が割合が大きかった。一部の試料ではSbの含有量が比較的多く、その他はCr、Ni、Ba、In等が検出されている。こちらも対象となるサンプルによつての個体差が大きい。

(電子手帳・電子辞書)

基板は機器全体の15~18%の重量を占め、Ni、Ba、の含有量が多い。一部調査結果ではTaが高い数値を示している事例もある。

次いでCr、Mn、Sbが多く検出されたが対象となるサンプルによつて個体差が大きい。

液晶は機器全体の10%程度の重量で、Cr、In等が検出された。

(ビデオデッキ・DVDプレーヤー)

Ni、Cr、Taの含有量が高く、次いでW、Co、Ndが多く検出された。対象となるサンプルによつて個体差が大きい。

(カーナビ)

Ni、Cr、Taの含有量が多く、次いでW、Coが多く検出された。Pd、Ga、In、Nd等も含有されている。対象となるサンプルによつて個体差が大きい。

(電話機等)

Ni、Cr、Taの含有量が多く、次いでW、Coが多く検出された。Pd、Ga、In、Nd等も含有されている。対象となるサンプルによつて個体差が大きい。

(HDD)

Ni、Cr、Taの含有量が多く、W、Co、Mo、Pd、Ga、Nd、Dyも多く検出された。対象となるサンプル毎の個体差は比較的小さい。

(ゲーム機)

Ni、Cr、Taの含有量が多く、次いでW、Co、Nd、Laが多く検出された。対象となるサンプルによつての個体差が大きい。

(リモコン)

基板は機器全体の 17~18% の重量を占め、Ni、Ba の含有量が多い。

その他 Nd、Sb 等も検出されているが対象となるサンプルによつての個体差が大きい。

液晶は機器全体の 10% 程度の重量で、Cr、In、Sb 等が検出された。

(AC アダプター)

全体重量のうち約 70% を Fe、15~20% を Cu、1~2% を Zn が占める。基板重量は約 1% と低くそれ以外は樹脂部分に相当する。

金属部位からは Ti、Cr 等が検出されているが含有量はそれほど多くない。

樹脂・基板部分からは Sb、Pb が高濃度で検出されている。

## 2) 考察

### a) 分析結果の評価

今般の分析調査において、各品目及び特定部位・部品が含有する鉱種の傾向を明らかにした。品目ごとに含有量に差はあるが、どの品目にも Ni、Cr、Co、W、Ta、Nd が比較的多く含まれている。また、使用済小型家電全体での各レアメタルの分析結果にはいくつかの傾向はあるものの、個々の機器ごとの含有量の差異は大きく、品目によっては製品開発に伴う年代変化も著しい。組成、含有量等はその製品の製造時期により確実に変化していくという認識が必要である。

なお、当該分析は使用済小型家電 28 品目：268 検体のデータにより行った。

### b) リサイクル対象としての有効性

いくつかの鉱種が複数の小型家電にわたり一定の基準下で多く含有していることが判明した。前段で挙げられているほとんどの鉱種は現在実際に我が国の非鉄事業の乾式製錬でリサイクルされているものであり、還元されにくいという金属元素としての性質により一部適応できない鉱種があるものの、不純物の品位等一定の基準を満たせば我が国の製錬工程（炉）で受け入れることが可能であり、今回対象としたほとんどの製品、部位・部品とも有効なリサイクル対象となる。

また、今回の分析において磁石、液晶、素子、レンズ等、特定の部位・部品が固有の鉱種を含有する傾向が明確に把握できており、この中には金属元素の性質により上記乾式製錬の工程では回収できないもの（Ta、W、レアアース等）もあり、また各品目に含まれる個々の部品はわずかの量であるため、解体・分別の作業時に対象部品を選択的に回収する必要がある。これらの部品・鉱種はこのような対応により非常に有効なリサイクル対象となるポテンシャルを有している。

### c) ポテンシャル把握に必要なデータ取得等への提言

データの取得に関して始めに必要なことは対象となる品目や部位・部品の選定、確保である。今回の事業ではレアメタルリサイクルの促進を検討する上で必要な品目を選定し所要の部位・部品を選別することができ、その結果品目ごとの含有量の傾向を把握することができた。例えば、携帯電話には比較的多くWが含まれるがサンプルにより個体差が大きいこと、製品によっては年代変化が著しいこと、等の知見が得られており、これらの情報を生かしつつ今後データの取得が必要な対象を継続的に検討していく必要がある。

また、小型家電は総じて各鉱種とも含有量は非常に微量であり、資源確保のためには対象製品、部位・部品等を蓄積するという考え方も必要であることが見えてきた。

またその他にも、分析のみで機器、部位・部品を適切に評価するには限界があることも分かった。今後の仕組み作りにおいては、環境配慮設計(DfE)への情報収集とあわせて、対象鉱種に関する含有情報の開示や伝達の仕組みを検討することが望ましいと考える。

一方で、企業(技術)としての秘密に該当するもの等開示に馴染まない部分があるため、関係者間での実現の可能性を含めた慎重な検討が必要となる。

## ②使用済小型家電のレアメタルに係る分析方法の標準化の検討

### 1) 調査結果のポイント

今回実施した調査の概要は以下のとおりである。

- ・ 代表的な試料を得るための分析用試料のサンプリング
- ・ 分析のための試料調製
- ・ 目的に合わせた分析手法の選択

また、精度管理調査の概要は以下のとおりである。

- ・ 共通の均一試料を用い、共通の分析手法を用いた場合の分析機関による分析値の確認
- ・ 分析機関によりデータに差異がみられる鉱種のピックアップ
- ・ 分析値のばらつきの要因の考察
- ・ 分析における課題と今後の対応策

さらに、分析手法についての調査結果は、以下a)、b)、c)のとおり。

### a) 代表的な試料を得るための分析用試料のサンプリング

製錬会社等では基板等を受け入れる際には搬入ロット全体を対象に代表試料を作製しマット融解等の手法により分析を行っているが、分析のみを実施している一般の分析機関では、大型の破碎設備や装置を保有していないこともあり、元の試料を分析室で必要最小量まで縮分したものをスタートとして破碎作業を実施しているケースが多い。

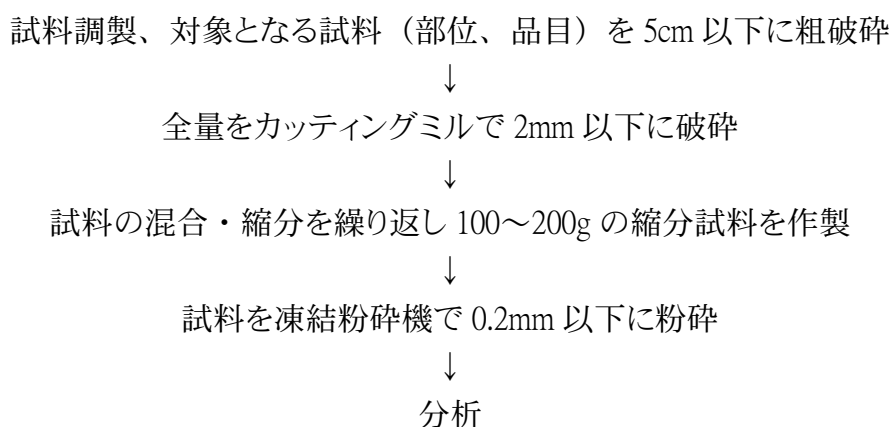
今回の事業においては、回収事業に関する評価分析については各回収事業者の日常の管理手法に基づき作業を実施し、品目・部位別の分析については一定の台数の各品目を手解体した後、部位ごとに全量を破碎して分析試料とした。

また、今回の調査では、品目・部位ごとの分析において破碎できない一部の部位・部品については、別途、重量測定や蛍光X線分析等により定性分析やおおよその濃度の確認等を行った。

#### b) 分析のための試料調製

回収事業の評価においては、各回収事業者それぞれの評価ルールに基づき段階的に破碎・縮分を繰り返し（3～5段階程度）、評価分析用の試料を調製していた。条件の詳細は異なるが、各社とも評価対象とする試料に対して段階的に破碎・縮分を繰り返すことにより試料調製を実施していることでは一致している。

評価事業者が実施した今年度の品目別の含有量分析においては、昨年度までの各モデル地域での分析実施機関の試料調製等を参考に以下の作業内容で分析用試料を調製した。



※作業の工程で破碎できなかった一部の部位・部品については別途、蛍光X線分析及び重量測定を実施し含有元素を確認したにより定性分析やおおよその濃度の確認等を行った。

### c) 目的に合わせた分析手法の選択

分析のために調製した破碎試料中には破碎しきれない金属片等も含まれており、破碎試料の中でもばらつきが懸念される微粉碎できない部位もあり、破碎しても均質で理想的な代表試料を得ることは難しい。そのため、各事業者では一度の分析に供する試料量を可能な限り増やしたり、同一ロットで複数回の分析を実施するなど対象ロットの代表値を得るための工夫をしている。

分析機関においては、破碎・粉碎した試料を酸分解やアルカリ融解法等の前処理で溶解し、ICP 発光分析や原子吸光分析等に供している。また、製錬各社はできるだけ多くの試料を処理して均質な分析試料を得るためにマット溶融等の前処理の後、分析を実施しているケースも多い。

ただし前処理について破碎できない部位の取り扱いによっては分析対象から除外していたり、蛍光 X 線分析等の非破壊分析でおおよその濃度の確認を行ったりと、対応が異なるのが現状である。

また、平成 21 年度及び平成 22 年度に本事業の分析を担当している分析機関 7 社に対して廃棄物資源循環学会物質フロー研究会が提案している分析法に基づき環境省から提供された共通試料（ATM 基板、焼却灰）を用いて精度調査を実施した。その内容は以下  $\alpha$ ）、 $\beta$ ）のとおり。

#### $\alpha$ ) 分析機関によりデータに差異がみられる鉍種のピックアップ

全体的に分析機関によってデータが大きくばらつく鉍種は少ないが、共通試料①（ATM 基板）においては Pd について 1 機関が低い値を、Ag では 2 機関が低い値となっている。共通試料②（焼却灰）においては Pb について 2 機関が、Al については 1 機関が高い値を示している。

#### $\beta$ ) 分析のばらつきの要因

各社の測定条件や濃度既知の溶液試料における測定値には大きな問題は見られなかった。均一試料であることを前提に考えると酸分解等の前処理操作に起因するものかと推測されるが、詳細については、現在検討中である。

## 2) 考察

### a) レアメタル分析の実態

分析の手法がどの程度確立され、標準化されているかという点について、以下の事項が見えてきた。まず、基本となる分析手法は確立されていることが認識された。また、代表的な試料を得るための分析用試料のサンプリング方法について、各分析機関で工夫しているために違いが生じており、各機関のばらつきの大きな要因にな



っているものと推測される。さらに、均質化された共通試料で共通の分析手法を選択した場合、各分析機関による分析結果の大きな差異は見られない。

#### b) 標準化への提言

分析方法の標準化について、次のようないくつかの事項が考えられる。まず、上記で述べたように分析用試料のサンプリング方法については、一定のルール・標準化が必要である。これにより機関ごとのばらつきを早急になくし正確な鉱種分析、リサイクルの向上に努める必要がある。前処理方法及び分析手法については、対象試料の性状等に合った手法を複数の手法から正確に選定するとともに、今後の一般的な分析技術の動向を注視し当該分野へと適用することで、技術の向上を図っていく必要がある。

### ③使用済小型家電のレアメタル含有部位以外の処理・リサイクルの検討

#### 1) 調査結果のポイント

当該モデル事業において、発生する副産物（選別除外部位、レアメタル含有部位以外の部位）や残渣等については、以下のような状況であった。

モデル事業では、自治体もしくはレアメタル回収事業者が従前活用している再資源化ルートに従って処理、リサイクルしており、従前と同等レベルの処理がなされている。また、手選別、機械選別等により回収された単一素材（Fe、Al、プラスチック等）についても、既存リサイクルシステムで再資源化が可能な事例がある。さらに、プラスチックや粉じんの一部は熱回収処理されているものもある。

既存の製錬、リサイクルシステムにおける副産物は、現状の法規、基準に照らして適切に管理されているものと推察される。

#### 2) 考察

##### a) 有効性について

モデル事業における適正処理・リサイクルの工程では、通常の処理（一般廃棄物の埋立、焼却等）と比較して、一部の事業では、従来のリサイクルシステムを適用することで鉄、アルミ、プラスチック等の再資源化が促進されている。

使用済小型家電からのレアメタル回収の取り組みは、レアメタルのみならず、レアメタル含有部位以外の部位においても再資源化の促進が期待できる。

##### b) 今後の課題

今回のモデル事業では、対象物を既存の処理・リサイクルシステムに適用しているが、その量は多いとは言えず、効果、影響等の把握はある程度に限られる。今後

大量の対象物を取り扱っていく場合、例えば受け入れ時の品質の問題、既存システムを安定的に適用できるか等について個別に検証する必要がある。

リサイクルにおいては、今回の事業で採用された以外の方法として、セメント原料化、鉄鋼還元剤、RPF化のような手法も適用可能と考えられ、レアメタルリサイクルとあわせて効率的な制度設計を行っていく必要がある。処理においては、中間処理後の残渣の有害物質の含有値、溶出値に変化がある可能性があり、それらの確認も確実に実施される必要がある。

## (2) レアメタル回収の現状について

### ①対象鉱種に関する検討

#### 1) 調査結果のポイント

今般、一定のルールを定め、供給リスク、需要見通し等から「重要鉱種」を選定し、さらにその中から使用済製品からのリサイクルを優先的に検討すべき「リサイクル検討優先鉱種」の選定を行った。

「リサイクル検討優先鉱種」については、レアメタル確保戦略（平成21年7月）で定めるレアメタル確保に向けた4本の施策（「海外資源確保」、「リサイクル」、「代替材料開発」、「備蓄」）の中で、全体的な施策の進捗状況や動向を勘案しつつ、リサイクルが進んでいない、またはリサイクルの技術の確立が不十分で、今後リサイクルの検討を優先する鉱種、という考えを基本とし選定した。

その結果、「リサイクル検討優先鉱種」として以下の14鉱種を提言した。

リチウム、コバルト、ガリウム、インジウム、タンタル、タンゲステン、  
イットリウム、ランタン、セリウム、ネオジウム、サマリウム、ユウロピウム、  
テルビウム、ジスプロシウム

その上で小型家電に比較的多く含有されているかどうかという基準により「使用済小型家電からのリサイクル検討優先鉱種」とし、以下の4鉱種を提言した。これらは含有量が多いというだけでなく小型家電の中で特定の部位・部品に含まれているという点において有効である。

コバルト、タンタル、タンゲステン、ネオジウム

一方、「重要鉱種」のうち「リサイクル検討優先鉱種」以外の鉱種は、他の施策（「海外資源確保」、「代替材料開発」、「備蓄」）の進捗状況や社会動向

等も注視し、引き続きリサイクルを検討すべき鉱種として、以下の9 鉱種を提言した。また、これらは次の2つに大別される。

a ) 白金族 (PGM)

リサイクル技術が確立しており、システムが構築されれば、より一層リサイクルが確実に促進される鉱種

b ) その他

- ・鉄・非鉄金属への添加剤としての用途が多く、合金として引き続きリサイクルを進めていくべき鉱種
- ・無機薬品のように使用後の回収が困難等の理由により、リサイクルが進めにくく、今後回収方法の検討を要する鉱種

バナジウム、クロム、ニッケル、ニオブ、モリブデン、プラチナ、パラジウム、アンチモン、バリウム
--

なお、含有量調査のサンプルは、経済産業省及び環境省が取りまとめた「平成21年度 使用済小型家電からのレアメタル回収及び適正処理に関する研究会とりまとめ（平成22年3月）」の参考資料3「小型家電中の金属等の含有量試験」等でまとめられた18品目・113検体（製品その他の結果と基板調査結果を除く）とした。サンプル採用の理由は、本調査時（2011年2月現在）において使用済小型家電中の金属含有量に係る他の有効なデータがなかったことによるものである。

## 2) 考察

a ) 「選定」の考え方

今回の選定鉱種は、前例を参考とし客観的な評価項目により基本的な考えに従って選定を行ったものであるが、選択的なルールによる一つの結果であることには変わらない。しかしながら、判定に関する前提条件を明らかとした上で、今後のレアメタルリサイクル対策の参考とし方針の策定に活用するに当たっては有効なものと考ええる。レアメタルリサイクルは資源有効利用という考えと経済性のバランスに左右され必ずしも普遍的なものではないが、対象鉱種の選定についてその時々状況、勘案すべきいくつかの判定条件を盛り込むことで概ね正確な選定ができるものと考えられる。その際、評価の数値の高低で決めつける視点ではなく、「重要性の指標」と捉える運用とすべきである。

但し、今回判断の基準とした諸条件は、経済環境の変化、技術開発の動向等により随時変わっていくものであり、一定期間ごとまたは所要のタイミングで見直しを行っていく必要がある。

## b) 結果の取扱い

「リサイクル検討優先鉱種」は、現状リサイクルが進んでおらずその推進の検討について今後優先して検討すべき鉱種として選定している。また「重要鉱種」のうち「リサイクル検討優先鉱種」以外の鉱種は、他の戦略（海外資源確保、代替材料開発、備蓄）や社会動向等も注視し、引き続きリサイクルを検討していく必要がある。いずれも、まずは足下の条件として必要な技術開発は何であるのかを引き続き検討していく必要がある。

また「使用済小型家電からのリサイクル検討優先鉱種」は、使用済小型家電の中で相対的に含有量の多い鉱種として選定を行ったが、実際には「使用済製品のどの部位・部品からレアメタルを取るのか」、「ビジネスベースにおける最低必要量はどの程度か」という視点が重要である。さらに回収に当たっては、選定された以外の鉱種も同時に効率的に取得できる場合は、あわせてリサイクル方法を検討する等柔軟な対応が必要である。

## c) 今後の検討

今回の一つの結果を受けて、今後は商取引を想定した定量的な選定、実効的な回収手法の検討へと繋げるべきである。

例えばエネルギー需給動向の見通しを予測する場合、定量的な個別データを積み上げ信憑性の高い想定をすることであるが、一方、レアメタルの場合は、対象となる鉱種や用途が多岐にわたり、また鉱山開発の進展や代替材料開発、さらには製品への今後の適用次第で我が国の産業界にとっての重要性が一気に変わり得るため、予測が難しいという側面がある。しかしながら、今後は丁寧なデータ収集等によりさらに信頼性の高い予測ができないか、その可能性について模索していく必要がある。

## ②回収技術に関する検討

### 1) 調査結果のポイント

「対象鉱種」の検討を受けて、当該鉱種のリサイクルの推進に必要な「技術開発」について検討を行った。

以下3つの事項を整理する形で進めた。

- A. 回収プロセス別基本技術の整理
- B. 鉱種・用途別リサイクルの現状
- C. 技術マトリクス

A. によって当該分野においておおよそ必要な技術の体系を確認し、B. によって「リサイクル検討優先鉱種」ごとにシェアの高い用途とそれぞれのリサイクル進展状況を把握し、さらにC. によってプロセスごとの技術の体系を整理することで今後必要となる技術開発のポイントの抽出を試みた。

以下、鉱種ごとにファクト及び考えられる事項を整理した。

(リチウム)

用途の約6割がリチウム電池用であるが、必要なリサイクル技術は未確立。非常に小さなリチウム2次電池のリサイクルは有効であるか、コバルト等複数の鉱種を合わせて抽出できる技術等、高効率回収技術開発の可能性についての検討が必要。

(コバルト)

用途の8割強がリチウムイオン電池の正極材用であり、今のところ特殊鋼原料等のカスケードリサイクル。工程の簡略化等、高効率回収技術の開発が必要。

(ガリウム)

大半が半導体チップ、LEDチップ等の結晶として使用され、水平リサイクルが確立。今後は共存物質(As等)対策、低コスト化の技術開発、普及促進が課題。

(インジウム)

用途の割弱が透明電極(ITO)用であるが、液晶パネルからの回収技術は実用化しているものの中小型パネルは現状採算が合わない。品質確保のためのアップグレードリサイクルが必要。中小型パネルについては集めるシステムとあわせて技術開発の検討が必要。また、工程内リサイクルの徹底も効果が期待できる。ただし、作業上の安全対策への考慮が必要。

(タンタル)

用途の約5割がサーバー、パソコン、携帯電話等のタンタルコンデンサ用。採算ベースに乗るための最適前処理技術、高純度回収技術等の開発が必要。

(タンゲステン)

用途の7割弱が超硬工具用であるが、スクラップの海外流出を阻み工程内リサイクルを徹底させることが重要。低コストのリサイクル技術が確立していない。海外流出を抑制するための安価な水平リサイクル技術の開発が必要か。また携帯電話の偏心おもりに利用されているようなものについては集めるシステムも検討することが必要。

(セリウム)

レアアースの中で使用率が高くガラス研磨材の用途が多い。使用済製品からの回収技術の低コスト化が必要。

(ネオジム)

レアアースの中で使用率も高く、重要性が高い。ネオジム磁石の用途が多いので、集めるシステムとあわせて解体・分別から製錬抽出までの技術の早期開発が必要。

(サマリウム)

サマリウム-コバルト磁石の用途が多い。回収技術が確立しておらず、集めるシステム、コバルト回収技術等とあわせて技術開発の検討が必要。

(ジスプロシウム)

ネオジム磁石の添加剤の用途が多く、ネオジム磁石の水平リサイクルを推進。

(イットリウム、ランタン、ユウロピウム、テルビウム)

蛍光体の回収技術はある程度確立。使用済蛍光灯、LED パネル等の集めるシステムとあわせて高効率回収技術開発の検討が必要。

## 2) 考察

### a) 主な課題

主要な鉱種ごとに必要な技術開発の考え方は上述のとおりであり、今後これらを元に具体的なプロジェクトの検討に進展させていくことが望ましい。その際、解体・分別、製錬に至る各プロセスで基本となるメニューは整備されており、個々の鉱種や用途にどう適用していくかが問題である。また一部は国内に精製施設がないこと、新しい技術開発の検討に資する技術メニューや情報データベースの整備等の課題があり検討していくことが必要である。

### b) 採算性とのバランス

今般の整理によって所要の鉱種に対する必要な技術開発のポイントはある程度明らかになったと考える。しかしながら、実際に技術開発を実行するかどうかについては改めて個々に採算性を精査し検討する必要がある。技術が整備されたとしても、レアメタルリサイクルは対象となる使用済製品が大量かつ一箇所に収集されない限りその実現性に疑問が残る。対象としているレアメタルは極少であり、明らかに効果の乏しいものは実行できないという視点が必要である。今後、収集されるスクラップの量、適用技術の採算性、さらに当該鉱種が必要とされる度合、の3つのバランスを考え検討を深める必要がある。

### c) 前処理技術の必要性

リサイクル技術のうち、後工程である製錬・精製等の研究、技術開発と比較すると、前処理（中間処理）の研究、技術開発はあまり行われてきていない。その理由として、リサイクルコストよりも廃棄物としての処分コストのほうが安価だったため廃

棄物として処理されリサイクルの対象となる品目（鉱種）が少なかったこと、実際の処理ライン設置や装置開発が難しかったこと等が挙げられる。

新たな技術開発を行う際には公的機関の支援の検討が必要であり、また基礎研究の実施について国や自治体等の研究機関との連携も不可欠である。また、下流で引き受ける側の製錬事業者としては引き渡される原料の形状、品質、価値等のあり方が非常に重要である。上流と下流が適正に連携を取ることで一層の促進が期待される。

#### d) その他の事項

使用済製品のリサイクルシステムの構築については、国内のみならず海外の処理回収プロセスの利用も視野に入れた検討が必要である。特にどの工程、技術を国内に残し、海外で回収処理を行うのか等の戦略的な視点に立ったシステムづくりが必要である

また、PGMのような既に回収技術が確立しリサイクルされている鉱種についても、高効率回収技術の開発による、更なる高効率、低コスト化に向けた取り組みが必要である。

さらに、製錬事業者は抽出しやすい形で提供されないとリサイクルが進められず、メーカーはリサイクルの進め方が決定しないと設計が進まない等の問題を有している。具体的に製品のリサイクルを容易にする易解体性等に配慮した環境配慮設計や製品情報の提供方法等（表示マーク、バーコード、ICタグ等）について、製錬事業者とメーカーとが連携を図り、実現可能性について検討していくことが必要である。

### (3) 既存レアメタル回収システムの使用済小型家電への適用可能性について

#### ①最適な中間処理及びレアメタル抽出手法の検証

##### 1) 調査結果のポイント

###### a) 中間処理の適用

モデル事業における小型家電の解体・選別は、既存のスクラップ事業、家電リサイクル事業で稼働中の施設・技術の応用が可能であることが分かった。ただし、使用済小型家電からのレアメタル回収のためには更なる最適化あるいは新規の開発が必要と考えられる。これら「中間処理」と呼ばれるプロセスは、解体・粉碎・選別を基本とした、レアメタル回収（製錬・抽出等）のための「前処理（原料の最適化）」と位置づけられる。

各モデル地域では、レアメタルを含有する特定の部位・部品の選別において、現状では主として「手選別」が採用されており、小型家電の対象品目が多種多様で小サイズであること等から、現時点では妥当性のある手法と考えられる。また手選別は有害物等のレアメタル回収工程に支障があるものを除去する等の目的でもある程度は必要である。しかしながら、当該分野は機械により部品レベルへ解体・破碎する可能性も示唆されており、今後の開発に期待される。

解体・破碎により、単一素材（鉄、アルミ、プラスチック類）や、リサイクル対象物（電子基板、二次電池）が得られる場合には、従来のリサイクルシステムの適用が可能である。同時に解体・選別は、以後のリサイクル工程においてリスクあるいは支障のある品目・部位の「除去」としても機能している。

単純な解体・粉碎・選別以上の物理・化学・熱的操作を伴う「中間処理」は、対象鉱種の濃縮・分離、コスト他の点で開発途上であり、今後の開発を待つ部分がある。

なお、単一素材としてリサイクルされる以外であってレアメタル回収対象以外の部位・部品については、残渣として通常の廃棄物処理により適正処理が可能である。

###### b) 製錬の適用

非鉄金属製錬（銅・鉛・亜鉛）における「電子基板」処理では、貴金属、ベースメタルのリサイクルと同時に、レアメタル回収も原理的に可能であり、小型家電の電子基板は受入可能性が高い。評価が逆有償の場合でも金属回収として受け入れが可能な場合もある。ただし、製錬の有するレアメタル回収プロセスでは、対象となる鉱種や回収率には制限があること等の課題がある。しかしながら、非鉄製錬の許容度は高く、適切な前処理との組み合わせにより電子基板の受け入れそのものに大きな支障はないと考えられる。

また、特定の鉱種が濃集している部位・部品（二次電池、振動子、磁石（モーター等）の回収については、パーツセパレーター等を適用して前処理が必要である。



選択的な解体・分離により、鉱種あるいは品目毎に、レアメタル製造・二次メーカーにおける二次原料等としての利用の可能性がある。

各プロセスは、回収できる鉱種とその濃度、許容される不純物に限界が有り、原料への最適化、前処理等の所要の措置が必要であると考えられる。

## 2) 考察

### a) リサイクルの実現性

我が国で現在稼働している中間処理、非鉄製錬のシステムをレアメタルリサイクルに適用し促進していくことは可能であり現実的である。中間処理の工程には、破碎・粉碎のプロセスと特定の部位・部品の解体・選別（取り出しあるいは除去）のプロセスがあり、またそこで得られる産物はそれぞれ再資源化、適正処理のルートが存在し、さらに非鉄製錬等によるレアメタル回収では、製錬工程からの副次的な回収プロセスと溶媒抽出等の個別回収プロセス等が存在し、これらの最適な組合せが可能となっている。

ただし、実際にあらゆる鉱種が効率的に再資源化されているという状況ではなく、現在全ての鉱種を対象としたリサイクルシステムの構築は困難である。各地域で実施されている解体・選別、中間処理が非鉄製錬に対し必ずしもリサイクルに最適な産物を提供していない状況や技術の不在等がその原因と考えられる。

最適な中間処理及びレアメタル抽出手法とは、既存の設備を活用し、対象となる小型家電全量を我が国全体で受け入れリサイクルできるようになるやり方、あるいはシステムである。それらを実現するのに必要なものとして以下の事項等が考えられる。1つは中間処理及び製錬を担う主体間の意思疎通・連携、1つは必要な技術メニューの開発、1つはあらゆるリサイクルに対応できるような流通体制やロケーションの整備等である。

これらをクリアしていくことで、最適な中間処理及びレアメタル抽出を可能とする我が国全体での一連のシステムを構築していくことが必要である。

### b) 解体分離の効率性

既存のレアメタルリサイクルシステムを小型家電に適用するためには、特定の部品の選択的な取り外しが重要な条件要素であり、手選別や機械的解体により実施する必要がある。機械解体については、効率、コストの点からも開発が期待される。

**【選別基準の例】**

- ①物理化学処理によりリスクが高まる部位：蛍光管（Hg）、二次電池（危険性）等
- ②電子基板（製錬原料）：ベースメタル（Cu）、貴金属（Au,Ag）、レアメタル（Pt,Pd）
- ③単一素材（リサイクル可能）選別が可能な部位：鉄、アルミ、プラスチック等
- ④回収可能レアメタル鉱種：特定のレアメタルが濃集した部位・部品、製錬システムで回収不能となるレアメタル濃集部位  
（例）振動子（W）、高性能磁石（Nd,Dy）、コンデンサ（Ta）等

分別、解体・粉碎・選別においては、レアメタル回収可能品目・部位の情報、あるいは危険・有害性に関する情報、解体の手法等が関係者で共有される必要があり、同時に環境配慮設計のための、解体・粉碎・選別の手法のフィードバックも必要である。これらの情報の共有は、解体・粉碎・選別の容易性、確実性を向上させ、リサイクルのコストを低減させる可能性が高い。

## ②レアメタルの抽出量及びコストの算定

### 1) 調査結果のポイント

現状、中間処理及び非鉄製錬の既存システムを適用した使用済製品リサイクルによるレアメタル抽出量及びコストを算定することは極めて難しい。その理由は、対象となる鉱種の量が極めて少なく、また技術も確立しているとは言えないためである。

実際、非鉄製錬による電子基板の受け入れ、処理は一般的に行われており、純粋な価値評価のみであれば有償として受け入れる可能性もある。ただしそれは、ベースメタル、貴金属が評価の対象であり、レアメタルは Pt, Pd を除いて、副次的に回収されるものであるため、レアメタルそのものの評価ではない。

特定の部位・部品である W（振動子）、Nd・Dy（磁石）、In（液晶）、Ta（素子）については、既存のリサイクルシステムへの受け入れの最適化のために技術開発が必要であり、現時点では受け入れ可能となった場合の評価（有償・逆有償）や事業化規模は未知数である。ただし、二次電池は既に存在する社会システムで受け入れ可能と考えられ、振動子なども既存システムでの受け入れ可能性が高いと考えられる。液晶パネル、素子からのレアメタル回収については、コスト低減を含めた、更なる技術開発が期待される。

モデル事業では、家電リサイクル等の大型機器と小型機器の単位操作は同等であるため、小型家電の解体分離のコスト原単位（単位重量当たりコスト）が大きく

なるため、コストと得られる価値とのバランスに留意が必要である。また、モデル事業の一部ではリサイクルプロセスの必要とする最低ロットも分かった。

さらに、今回複数のモデル地域で収集された回収物を一つの製錬で処理する試みを行ったが、対象物を増大させることで顕著な結果を得ることができロットを増やすことの意義を見た。また遠距離を運搬することの検証も今後の検討に資すると考える。

## 2) 考察

### a) 課題等

現状、対象とするレアメタルの回収量（回収率）は多い（大きい）とは言えず、その価値も小さい。また、小型家電の中に含まれるレアメタルの賦存量も、総需要量に比較して小さく、小型家電から回収することが効率的であるかどうかについて、検討していく必要がある。

中間処理あるいは前処理としての解体・選別は必須であるが、手選別のコストが大きく、回収される金属価値を超える可能性が高い。一部の既存システムでは、リサイクルシステムの所要の最低ロットが示されており、その確保のための方策が必要である。

モデル事業では既存のシステムを前提に評価されており、今後のリサイクル量の増加による影響、コストダウンの可能性、前処理の最適化を実施した場合の効果等について、引き続き検討していく必要がある。

### b) 対応策等

非鉄製錬による評価は、主として電子基板中の貴金属評価によるため、レアメタルを回収するコスト負担はこれらの価値の範囲内であれば経済合理性が見いだせるという状況である。事業の意義を高め、対象物の規模を増やして技術を向上し、抽出量を高め、レアメタルの価値、評価を高め、中間処理物の質を高め、製錬設備の機能を高めて、好循環によって課題の改善、リサイクルシステムの確立へと導く必要がある。上流・下流に限らず所要の技術開発はもとより、対象となるスクラップ原料をより大量に集める方策、適正な支援策の検討が必要である。

非鉄製錬を含めて、レアメタル回収施設そのものは我が国に偏在しており、事業規模を確保しつつ効率的な社会システムを構築していくためには、既存のレアメタル回収システムを中核とした、使用済小型家電回収のための設備の配置、備蓄・保管を含めた物流システムや、その実現に向けた各種規制の緩和等についても具体的な検討をしていかなければならない。

#### 4. 使用済小型家電のリサイクルにおける環境管理の検討

##### (1) 使用済小型家電における有害物質等の含有状況等

##### ①含有量試験、溶出試験、精度調査の概要

平成 20～22 年度に実施した含有量試験、溶出試験、精度調査の対象製品／試料、対象元素の概要は以下のとおりである。

<対象製品／試料>

含有量試験	・平成 20～22 年度のモデル事業にて回収された使用済小型家電の基板、部位・部品、製品全体（携帯電話、ゲーム機（小型以外・小型）、ポータブル CD・MD プレーヤー、ポータブルデジタルオーディオ、デジタルカメラ、カーナビ、ビデオカメラ、DVD プレーヤー等）	<p>&lt;備考&gt; 一部の基板や液晶を除いて電池、蛍光管については事前に取り外しを行い、分析対象外とした。</p>
溶出試験	・平成 20～21 年度のモデル事業にて回収された使用済小型家電の基板、部位・部品、製品全体（携帯電話、音楽プレーヤー、ゲーム機（小型以外・小型）、デジタルカメラ、ビデオカメラ等） ・中間処理産物（高品位物（一次破砕物、ミックスメタル等）、準品位物（基板、混合物等）、低品位物（主に鉄を含む部品等））	
精度調査	・平成 21 年度：焼却灰、パソコン基板 ・平成 22 年度：焼却灰、ATM 基板	

<対象元素>

含有量試験	レアメタル 31 鉱種, Au, Ag, Cu, Zn, Al, Sn, Pb, Cd, As, Hg, Br（一部の対象製品については、一部の元素について試験対象としていない）
溶出試験	Cd, Pd, Cr <sup>6+</sup> , As, Hg, Ni, Sb, Zn, Mo
精度調査	Ni, Cr, W, Co, Mo, Mn, V, Pd, Pt, Nb, Sb, Zr, Sr, Ta, Ga, In, 希土類, Au, Ag, Al, Fe, Cu, Pb, Cd, As, Se（As, Se は平成 22 年度のみ）

##### ②含有量試験、溶出試験、精度調査方法

平成 20～22 年度に実施した含有量試験、溶出試験、精度調査の方法は以下のとおりである。

<試験方法・調査方法>

含有量試験	・レアメタル等については、可能であれば、ICP 発光分析装置及び ICP 質量分析装置を併用 ・Hg は冷原子吸光法 ・As, Se, Sb は水素化物発生－原子吸光法・ICP 発光法（直接法でも可） ・臭素系難燃材等化合物については、ガスクロマトグラフ質量分析（GCMS）
溶出試験	・「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」（昭和 48 年環境庁告示第 13 号）に基づく方法
精度調査	・王水分解+ アルカリ溶融とし、可能であれば、ICP 発光分析装置及び ICP 質量分析装置を併用

### ③含有量試験、溶出試験の結果

平成 20～22 年度に実施した含有量試験、平成 20 年度～21 年度に実施した溶出試験結果を以下のとおり整理した。

#### 1) 含有量試験結果

含有量試験結果について、(2) にて後述する環境管理に注意が必要とされた元素に注目して次のとおり整理した。

参考として、欧州 RoHS 指令における使用制限項目の最大許容濃度を表 4-1 に示す。ただし、今回の含有量試験に供された使用済小型家電の含有量試験については、部位や部品から製品全体を対象として分析しているため、均質な物質（注）にかかる欧州 RoHS 指令の最大許容濃度とは単純に比較することはできない。また、今回の含有量試験に供された使用済小型家電については、欧州 RoHS 指令等によって電気電子機器への有害物質の規制が広がる以前に製造された製品を含んでいると考えられることにも留意が必要である。

（注：例えばコンデンサのような部品ではなく、コンデンサ内のリード線のような別々の材料に分離できない部材を対象とすることが想定されている。）

表 4-1 欧州 RoHS 指令最大許容濃度

	最大許容濃度
鉛、水銀、六価クロム、PBB、PBDE	0.1wt%
カドミウム	0.01 wt%

#### （鉛）

「はんだ」に起因すると考えられるものがパーセントオーダーで検出されている。また、携帯電話、デジタルカメラ等の一部の製品の基板（携帯電話：最大 2.87%、デジタルカメラ：最大 2.41%）や DVD ドライブ（0.70%）、偏心モーター（0.22%）等の一部の部位・部品について、一定程度の含有が確認された。なお、携帯電話の基板は 2000 年度の製品も鉛はんだが使用されている。

#### （水銀）

ほとんどの品目において含有は確認されなかった。一部の品目（掃除機（6mg/kg）、ビデオカメラ（1mg/kg）、ポータブル DVD プレイヤ（1mg/kg）等）で検出されたが、濃度は数 mg/kg オーダーであった。

#### （カドミウム）

一部の品目（ポータブル音楽プレーヤー（3～40mg/kg）、電卓（2～55mg/kg）、掃除機（7～12mg/kg）等）で検出されたが、濃度は高いもので数十 mg/kg オーダ

一であった。また、一部の間処理産物（一次破碎粉塵（1600mg/kg）、ミックスメタル（250mg/kg）等）について、一定程度の含有が確認された。

（クロム）

多くの品目で数百 mg/kg～パーセントオーダーの含有が確認された。ステンレス素材部品や、クロメートめっきやアルマイト処理等の表面処理に用いられるクロムに由来すると考えられる。

（臭素）

基板を中心に多くの品目でパーセントオーダーの含有が確認された。基板のエポキシ樹脂に含まれる難燃剤が由来として考えられる。

（インジウム）

液晶部品での使用が想定されるが、液晶を使用していない他の品目でも数十 mg/kg オーダーでの含有が確認された。

（ベリリウム）

一部の品目（携帯電話、ポータブル音楽プレーヤー、デジタルカメラ等）で数百 mg/kg オーダーでの含有が確認された。高強度のバネ材としてコネクターやスイッチ等に利用されるベリリウム銅合金に由来するものと考えられる。

（ボロン）

一部の品目で数十～数百 mg/kg オーダーでの含有が確認された。

（マンガン）

多くの品目で数百 mg/kg オーダーでの含有が確認された。

（ニッケル）

多くの品目でパーセントオーダーの含有量であった。ステンレス部材や基板のめっき等が由来と考えられる。

（セレン）

全ての品目においてほとんど定量限界以下であった。

（砒素）

液晶パネルから数千 mg/kg オーダーで含有が確認されるケースが見られた。これは過去に液晶用のガラス基板に添加されていたことに起因するものと考えられる（なお、現在国内メーカーでは砒素を使用しないプロセスが主流となっている）。また、液晶パネル以外にも、高濃度ではないものの砒素が検出されるものがあり、由来としてDVDなどのレーザー用基板やLED用基板の半導体素子として使用されているGaAs等か、あるいは鉄系素材の不純物が考えられる。

（モリブデン）

多くの品目で数十～数百 mg/kg オーダーでの含有が確認された。由来の一つとして半導体放熱基板等の銅合金が考えられる。

(アンチモン)

多くの品目、特に基板で数千 mg/kg オーダーの含有が確認された。基板のエポキシ樹脂に難燃助剤として使用されているものが由来と考えられる。

(バナジウム)

多くの品目で数～数百 mg/kg オーダーでの含有が確認された。サーミスタ等電子素子として利用されているものが、由来の一つと考えられる。

(コバルト)

多くの品目で数百～数千 mg/kg オーダーでの含有が確認された。磁気材料である鉄やニッケルとの合金に起因すると考えられる。また、偏心モーターでは磁石に起因すると考えられるものが、パーセントオーダーで検出されている。

(ガリウム)

多くの品目で数～数十 mg/kg オーダーでの含有が確認された。半導体のガリウムヒ素としては低濃度であり、携帯電話等のバックライト LED (緑、オレンジ) に使用されていることから、これらに由来する可能性もある。

(タンタル)

多くの品目、特に基板で数百 mg/kg～パーセントオーダーでの含有が確認された。タンタルコンデンサに由来すると考えられる。

(パラジウム)

多くの品目で数十～数百 mg/kg での含有が確認された。電気接点リレー、チップコンデンサ、コネクタに利用されており、これらが由来と考えられる。

## 2) 溶出試験結果

溶出試験を次のとおり整理した。なお、参考として、金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準<sup>1</sup> (以下「参考値」という。) と数値の比較を行った。

(カドミウム)

一部の品目の基板から検出された (0.002～0.02mg/L) が、いずれも参考値 (0.3mg/L) 以下であった。また、部位・部品試料、製品全体からは、検出されなかった。なお、一部の間処理産物 (高品位 (1次破碎粉塵)、低品位 (1次破碎粉塵)、低品位 (1次破碎物)) から、参考値 (0.3mg/L) を超える濃度 (0.63～4.0mg/L) が検出された。これらの含有量は高品位 (1次破碎粉塵) 1600mg/kg、低品位 (1次破碎粉塵) 270mg/kg、低品位 (1次破碎物) 22mg/kg と高かった。カドミウムは電池以外に、低融点合金 (はんだ、ヒューズ) やベアリング材として、ま

---

<sup>1</sup> 金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令 (昭和 48 年 2 月 17 日総理府令第 5 号) により定められる基準のこと。産業廃棄物の種類により、重金属等の溶出量が本基準を超えるものは、有害な産業廃棄物として、遮断型処分場に埋め立てなければならないこととされている。

た顔料として使用されており、破砕物から溶出する原因と推定される。個別の製品からのカドミウム溶出量は概ね 0.01mg/L の定量限界以下であった、破砕物で 100～1,000mg/kg の高い含有量が数件みられ、これらからの溶出濃度が参考値を超える場合があることは留意すべきである。

#### (鉛)

基板については、携帯電話、音楽プレーヤー、ビデオカメラ、電卓、DVDプレーヤー、携帯用テレビ、カーナビ、カーオーディオ、ヘッドライヤーといった多くの製品基板で検出され、参考値(0.3mg/L)を超える頻度が高かった(0.005～13mg/L)。基板の鉛含有量はパーセントオーダーであり、溶出量は鉛はんだに由来すると考えられる。部位・部品別にみると、液晶では含有量が数百 mg/kg と低く、鉛溶出濃度も一般に低かったが、1種のデジタルカメラの溶出濃度で参考値を超えた(0.85mg/L)。また携帯用テレビの蛍光管、ケーブルについても参考値を超えた(0.30～0.57mg/L)。製品全体の鉛含有量は1パーセント前後であるが、一部製品(携帯音楽プレーヤー)で参考値を超えた(1.5mg/L)。中間処理産物では、掃除機、ラジカセ等製品の破砕選別物の多くから参考値を超える濃度(0.46～15mg/L)が検出された。鉄系、アルミ系、銅系、プラスチック系に分別された中間処理物の鉛溶出濃度が概ね低かった。破砕によってハンダが製品や基板等からはずれ、表面積が大きくなり溶出量が増加する可能性も考えられる。

#### (六価クロム)

ほとんどの試料で定量限界以下(<0.01～0.05mg/L)であった。一部の中間処理産物で検出された(0.03～0.45mg/L)が、いずれも参考値(1.5mg/L)以下であった。

#### (砒素)

基板については、携帯電話の多くで検出され(<0.01～0.28mg/L)、いずれも参考値(0.3mg/L)以下であった。その他の基板ではすべて定量限界以下であった。部品別試料及び製品全体の溶出試験ではすべて定量限界以下であった。中間処理産物については、携帯電話由来のミックスメタルで参考値を超える濃度(0.56mg/L)が検出されていた。携帯電話の液晶の砒素含有量は数百 mg/kg であるが、溶出濃度は定量限界以下(<0.01mg/L)であり、液晶が砒素の溶出要因とは考えにくい。砒素の含有量の項で記述したが、半導体素子の GaAs 等か、あるいは鉄系素材の不純物が考えられるが、明確な原因は不明である。

#### (水銀)

基板についてはすべて定量限界以下(<0.00005mg/L)であった。部品別では携帯用テレビの蛍光管等から検出された(0.0009～1.4mg/L)。蛍光管は粉砕すると多くは蛍光粉やガラスに付着し、それが溶出するものと考えられる。製品全体では電子機から検出された(0.0016mg/L)。また中間処理産物の1試料で検出された



(0.0012mg/L) が、参考値 (0.005mg/L) 以下であった。主な溶出要因は液晶のバックライトと考えられる。

(ニッケル)

基板等のニッケル溶出濃度は<0.01mg/L~0.68mg/L であった。比較的使用量が多いと考えられ、多くの品目で検出されている。なお、一部の部位・部品試料（電動シェーバーの刃）からは、比較的高濃度 (1.6mg/L) の検出が見られた。

(アンチモン)

多くの品目から検出された。難燃助剤としてパーセントオーダー含有されており、溶出しやすい元素と考えられる。

(亜鉛)

一部の間接処理産物（ラジカセ、オーディオ、プリンター）から比較的高濃度 (0.02~1.9mg/L) の検出が見られた。

(モリブデン)

試験を実施した品目からは、ほとんど検出されなかった。

### 3) 調査結果の考察

モデル事業にて回収された使用済小型家電の基板、部位・部品等、多岐にわたる製品を対象に試験を行うことで含有量、溶出量データを蓄積できたことは大きな成果と考えられる。

また、一部の元素については、参考とした基準値を超える含有や溶出が見られており、海外の情報を含め、既存の規制や新たな規制の動向等も踏まえ、取り扱いについては引き続き慎重な検討を行う必要がある。

今回検出された臭素については、難燃剤に由来すると考えられる。2010年4月より化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（以下、「化審法」という。）により原則使用が禁止されている臭素系難燃剤（PBDEs）<sup>\*</sup>も含まれる可能性があり、今後、詳細な分析による実態把握が必要と考えられる。

なお、使用済小型家電のリサイクルにあたり、各使用済製品について含有量試験、溶出試験を実施することには限界がある。そのため、適正なりサイクル・処理を行う観点から、環境配慮設計の推進や、製品中の部品の含有物質情報の開示、伝達の仕組みを検討することが望ましいと考える。一方で、企業（技術）としての秘密に該当するものなど開示に馴染まない部分があるとの意見もあり、慎重な検討が必要となる。

(※ テトラブロモジフェニルエーテル、ペンタブロモジフェニルエーテル、ヘキサブロモジフェニルエーテル及びヘプタブロモジフェニルエーテル)

#### ④小型家電中の金属、難燃剤等の測定手法の標準化

##### 1) 金属の測定手法の標準化

小型家電の処理に関する環境管理という観点だけでなく、レアメタルの戦略的利活用という観点からも製品レベルでレアメタル等の含有量情報を把握することが重要となっている。しかし、レアメタル等の測定手法は、異なる素材に対して十分な標準法がないのが現状である。そこで、共通試料の作成や分析機関の相互検証を実施し、測定手法の標準化を検討した。

標準化にあたっては、公定法・準公定法をベースとすること、素材に応じた適用が可能となる方法であること、全量分析であること、多元素同時分析ができること等を条件とした。その結果、IEC 規格 (RoHS 指令に対応する測定方法) をベースにした暫定測定手法を提示した。その概要は、試料の前処理方法として、多くの元素に対して硫酸炭化王水溶解+アルカリ融解法、硫硝酸分解王水溶解+アルカリ融解法、マイクロ波加熱分解+アルカリ融解法のいずれか、また銀については 6M 塩酸溶解法を採用し、元素分析法として、ICP 発光分光分析及び ICP 質量分析を併用する方法である。

平成 21~22 年度に実施した精度調査結果を以下のとおり整理した。整理方法としては、n 数が 3 以下 (サンプル数が半数以下) の元素及び有効数字が 1 桁の分析結果が 2 つ以上ある元素 (ただし、小数点第 4 位まで) については対象外とした。また、精度調査結果の分析機関によるばらつきについては、変動係数 (標準偏差を平均値で除したもの) を用いて判断することとし、変動係数が、30% 以下の場合を「良好」とし、30% 以上の場合を「ばらつきが大きい」とした。

##### a) 平成 21 年度精度調査結果

焼却主灰は、対象 (n 数が 4 以上) とした 19 元素のうち、15 元素が「良好」であった ( $15 \div 19 = 78.9\%$ )。一方、パソコン基板破砕物は、対象とした 24 元素のうち、15 元素が「良好」であった ( $15 \div 24 = 62.5\%$ )。

「ばらつきが大きい」結果になった元素は、焼却主灰では、Ta、Ga、Nd、Cd であり、パソコン基板破砕物では、Mo、Sb、Ta、Ga、In、Ce、Ag、Au、Fe であり、ある一機関だけが大きく外れた値を検出していることが多かった。

以下、ベースメタル (Al, Fe, Cu)、貴金属 (Ag, Au)、レアメタル、その他 (Pb) に分類し、傾向を整理した。

(ベースメタル)

焼却主灰については、対象とした 3 元素のすべてが「良好」であり、一機関を除けば差異は小さい。パソコン基板破砕物については、対象とした 3 元素のうち、Al、

Cuは「良好」であった。Feは「ばらつきが大きい」結果となったが、一機関を除けば差異は小さい。

(貴金属)

パソコン基板破砕物については、Ag、Au共に「ばらつきが大きい」結果となった。Auは、ある一機関だけが大きく外れた値を検出している。Agについては、変動係数が最も大きい値となっており、分析方法の更なる検討が必要と考えられた。平成21年度はAgの暫定分析法に6M塩酸溶解法を採用していなかったことがばらつきの大きい一因と考えられる。

(レアメタル)

焼却主灰については、対象とした14元素のうち11元素が「良好」であった( $11 \div 14 = 78.6\%$ )。パソコン基板破砕物については、対象とした18元素のうち12元素が「良好」であった( $12 \div 18 = 66.7\%$ )。Co、Laについては、比較的低濃度にもかかわらず「良好」であり、Taについては比較的高濃度であるが「ばらつきが大きい」結果となった。

(その他)

Pbは、焼却主灰、パソコン基板破砕物とも「良好」であった。

## b) 平成22年度精度調査結果

焼却灰は、対象とした28元素のうち、19元素が「良好」であった( $19 \div 28 = 67.9\%$ )。一方、ATM基板は、対象(n数が4以上)とした30元素のうち、17元素が「良好」であった( $17 \div 30 = 56.7\%$ )。

「ばらつきが大きい」結果になった元素は、焼却灰では、Ta、Pr、Gd、Er、Ag、Au、Cu、Cd、Asであり、ATM基板では、V、Pd、Pt、Nb、Sc、Ce、Pr、Sm、Gd、Er、Ag、Cd、Asであった。

以下、ベースメタル(Al、Fe、Cu)、貴金属(Ag、Au)、レアメタル、その他(Pb、As)に分類し、傾向を整理した。

(ベースメタル)

焼却灰については、Feが対象外であり(有効数字が1桁の分析結果が2つ以上あるため)、Alは「良好」であった。Cuは「ばらつきが大きい」結果となったが、一機関を除けば差異は小さい。ATM基板については、対象とした3元素すべてが「良好」であり、Feの一機関を除けば差異は小さい。

(貴金属)

焼却灰については、Ag、Au共に「ばらつきが大きい」結果となった。ATM基板については、Auは「良好」であったが、Agは「ばらつきが大きい」結果となった。なお、Agについては、今年度は6M塩酸溶解法の採用により、塩化銀・臭化銀を

クロロ錯体として溶解させて検出されるよう工夫した。その結果、変動係数は昨年の結果に比べて小さくなっており、6 M 塩酸溶解法の効果が現れたのではないかと考えられる。

(レアメタル)

焼却灰については、対象とした 21 元素のうち 17 元素が「良好」であった ( $17 \div 21 = 81.0\%$ )。ATM 基板と比較して低濃度であるにもかかわらず「良好」である元素が多い結果となった。ATM 基板については、対象とした 22 元素のうち 12 元素が「良好」であった ( $12 \div 22 = 54.4\%$ )。Y、La、Nd については、比較的低濃度にもかかわらず「良好」であった。

(その他)

Pb は、焼却灰、ATM 基板とも「良好」であったが、As はいずれも「ばらつきが大きい」結果となった。

## 2) 臭素系難燃剤の測定方法について

RoHS 指令に係る測定手法は、2008 年 12 月に、国際電気標準会議によって IEC62321 として規格化されている。しかし、臭素系難燃剤についてはまだ測定法の信頼性に課題（全ての樹脂に適用困難）があることから、参考文書扱い (Informative Annex) に留まっている。現在、米国の研究者を中心に、2012 年の規格改訂時に正式文書化することを目指して、検討が進められているところであり、主な測定手法としては、蛍光 X 線分析による全臭素濃度の測定と、溶媒抽出法と GC/MS による精密分析が検討されている。

なお、廃棄物中の臭素系難燃剤について確立された測定法はなく、また、上記の蛍光 X 線分析や GC/MS 等を準用して分析した知見も限られているのが現状である。

## 3) 調査結果の考察

使用済小型家電に含まれる金属の測定手法の標準化においては、分析機関による分析用試料の前処理方法の違いが、測定結果のばらつきの大きな原因と推測された。このため、前処理方法に一定のルール・標準化が必要である。また、対象試料の性状や測定対象の物質に合った前処理方法及び測定手法の検討や、含有成分のマトリックス効果<sup>2</sup>についての検討も必要である。多くの分析機関は、レアメタル等の多元素分析を実施した経験が多くはないと想定されることから、このような共通試料の分析により分析精度の向上と共に習熟度の向上が期待される。

---

<sup>2</sup> マトリックス効果とは、蛍光 X 線分析における定量において、蛍光 X 線強度が共存元素、とくに主成分元素の影響を受けることをいい、これによって対象試料の蛍光 X 線強度と濃度とが直線関係とはならなくなる。

また、化審法により原則使用が禁止されている臭素系難燃剤については公定法が定められていない。廃棄物に含まれるこれらの臭素系難燃剤についても分析方法が定められておらず、当面は IEC62321 における正式文書化の検討の動きなどを注視していく必要がある。他方で、使用済小型家電や類似の廃棄物に含まれる臭素系難燃剤の分析データはほとんどないことから、暫定的な分析方法を用いてデータを蓄積していくことも必要である。

## (2) 使用済小型家電に含まれる有害物質に関連する知見と政策の動き

### ① 小型家電中のレアメタルを含む主要金属類その他のハザード情報の整理

#### 1) 調査の概要

レアメタルを含む金属元素について、ハザード情報を整理した。その上で、まず、既に環境基準等<sup>\*</sup>が設定されている金属等については、環境管理に注意が必要な元素として抽出した。また、急性毒性等の定量的情報及び HSAB 則<sup>3</sup>に基づく定性的情報を収集・整理し、毒性情報が得られた元素の中で小型家電中に含まれているものについても、環境管理に注意が必要な元素として抽出した。

(※環境基準の他、水質汚濁に係る要監視項目、有害大気汚染物質などが含まれる。)

なお、毒性は各元素の存在形態によって異なるが、ここでは、ワーストケース化合物についてのハザード情報を整理することとした。今般、幅広い金属元素と毒性を対象として情報収集を試みたが、一部の元素や毒性についてはハザード情報が得られなかった。そのため、ここでの整理は限られた情報をもとに行ったものであることには留意する必要がある。また、ここでは情報の有無という観点から整理しており、小型家電中の存在形態は様々であること、曝露については考慮されていないことから、「環境管理に注意が必要」であることが、ただちに有害ということを表すわけではないことにも留意する必要がある。

以上を踏まえた上で、環境管理に注意が必要として抽出される元素は表 4-2 のとおりとなる。

---

<sup>3</sup> HSAB (Hard and Soft Acid and Base)則：金属イオンの反応しやすさの指標の一つで、酸・塩基を「硬さ」「軟らかさ」で分類する方法である。HSAB 則と細胞毒性との関係をみると、軟らかい金属イオンの細胞毒性は強く、硬い金属イオンの細胞毒性は弱いという傾向が認められる。

表 4-2 環境管理に注意が必要と考えられる元素

	元素名称	ワースト ケース 化合物	ハザード情報 <sup>1)</sup>									排出量 (9 品目合計)	
			急性 毒性	遺 伝 毒 性	発 が ん 性	生 殖 毒 性	残 留 性 ・ 非 分 解 性	生 体 蓄 積 性	慢 性 毒 性	水 生 毒 性	土 壌 移 動 性		HSAB 則 <sup>2)</sup>
国内外の環境基準等から抽出	ベリリウム	BeSO <sub>4</sub> ・4H <sub>2</sub> O	●	—	●	●	—	—	●	●	—	□	91kg
	ボロン	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(□)	7,697kg
	クロム	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	●	●	●	●	—	—	●	●	—	□	14,228kg
	マンガン	MnCl <sub>2</sub> ・4H <sub>2</sub> O	—	—	—	●	—	—	●	—	—	□	25,979kg
	ニッケル	NiCl <sub>2</sub>	●	●	●	●	—	—	●	●	—	△	81,134kg
	亜鉛	ZnCl <sub>2</sub>	—	●	—	●	—	●	●	●	—	△	96,997kg
	砒素	As	—	—	●	—	—	●	—	—	—	□	743kg
	セレン	Se	—	—	—	●	—	—	●	●	—	□	112kg
	臭素	Br	●	—	—	—	—	—	●	●	—	(□)	129,946kg
	モリブデン	MoO <sub>3</sub>	—	●	—	—	●	—	—	—	●	□	800kg
	カドミウム	CdCl <sub>2</sub>	●	●	●	●	—	—	●	●	—	○	17kg
	インジウム	In <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	●	—	●	—	—	□	511kg
	アンチモン	SbCl <sub>3</sub>	—	●	●	●	—	—	●	●	●	△	12,087kg
	水銀	HgCl <sub>2</sub>	●	●	—	●	—	—	●	●	—	○	2kg
鉛	Pb(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> ・3H <sub>2</sub> O	—	●	●	●	—	—	●	●	—	△	88,797kg	
ハザード情報から抽出	バナジウム	VCl <sub>3</sub>	—	●	—	—	—	—	—	●	—	○	156kg
	コバルト	CoCl <sub>2</sub>	●	●	●	●	—	—	●	—	—	△	1,345kg
	パラジウム	PdCl <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	963kg
	テルル	Te	●	—	—	●	—	—	—	—	—	(□)	152kg
	バリウム	BaCl <sub>2</sub>	●	—	—	—	—	—	—	—	—	(□)	58,133kg
	タンタル	Ta	—	—	—	●	—	—	—	—	—	(□)	11,546kg
	プラチナ	PtCl <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	34kg
	タリウム	Tl <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	—	●	—	●	—	—	●	●	—	○	26kg

1)ハザード情報<sup>4)</sup> (●：毒性情報あり、—：情報なし)

2)HSAB 則 (○：軟らかい金属イオン、△：中間グループの金属イオン、□：硬い金属イオン、(□)：硬い金属イオンと予想される) ※前ページ脚注参照

<sup>4)</sup> 出典：MSDS (Material Safety Data Sheet) 和光純薬工業株式会社、フルウチ化学株式会社を基本とし、IRIS (Integrated Risk Information System)：米 EPA、EU RoHS High priority substances in EEE、EU REACH SVHC (Substances of Very High Concern)、初期リスク評価：NITE、詳細リスク評価書：AIST から一部を補足

## 2) 調査結果の考察

小型家電中における金属の種類や存在形態は様々であると考えられるが、その実態に関する情報は限られている。また、レアメタルについての毒性情報についても同様に限られていることがわかった。ここでは限られた情報の中で、HSAB 則を活用するなどして一定の整理をおこなったが、新たな情報が得られた場合には、それに応じて見直す必要がある。

### ②諸外国の電気電子機器に係る規制動向

諸外国における電気電子機器に係る規制動向について、欧州、中国及び韓国について、規制対象物質、規制対象機器及び最新の動向について、表 4-3 のとおり整理した。

表 4-3 欧州、中国、韓国の電気電子機器に係る規制動向

	【欧州】※ WEEE 指令 RoHS 指令	【中国】 廃棄電器電子製品回収処理条例 電子情報製品汚染防止管理弁法	【韓国】 電気電子製品及び自動車の資源循環に関する法律
規制対象物質	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉛</li> <li>・水銀</li> <li>・カドミウム</li> <li>・六価クロム</li> <li>・ポリ臭化ビフェニル (PBB)</li> <li>・ポリ臭化ジフェニルエーテル (PBDE)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉛</li> <li>・水銀</li> <li>・カドミウム</li> <li>・六価クロム</li> <li>・ポリ臭化ビフェニル (PBB)</li> <li>・ポリ臭化ジフェニルエーテル (PBDE)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉛</li> <li>・水銀</li> <li>・カドミウム</li> <li>・六価クロム</li> <li>・ポリ臭化ビフェニル (PBB)</li> <li>・ポリ臭化ジフェニルエーテル (PBDE)</li> </ul>
規制対象機器	<p>以下のカテゴリーに対し、具体的な規制対象機器が規定されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①大型家庭用電気製品</li> <li>②小型家庭用電気製品</li> <li>③IT および遠隔通信機器</li> <li>④民生用機器</li> <li>⑤照明装置</li> <li>⑥電動工具</li> <li>⑦玩具、レジャーおよびスポーツ機器</li> <li>⑧医療機器</li> <li>⑨モニターおよび制御装置</li> <li>⑩自動販売機類</li> </ul> <p>(RoHS 指令では、⑧、⑨は対象外)</p>	<p>廃棄電器電子製品回収処理条例には、第一陣として以下が規定されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①テレビ</li> <li>②冷蔵庫</li> <li>③洗濯機</li> <li>④エアコン</li> <li>⑤パソコン</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①テレビ</li> <li>②冷蔵庫</li> <li>③洗濯機</li> <li>④エアコン</li> <li>⑤パソコン</li> <li>⑥オーディオ</li> <li>⑦携帯電話端末</li> <li>⑧プリンター</li> <li>⑨コピー機</li> <li>⑩ファクシミリ</li> </ul>



最新 の 動 向	<ul style="list-style-type: none"> <li>・WEEE 指令改正案を審議中（対象範囲の見直し、環境配慮設計に関わる記述の追加、回収目標、リサイクル率・再生率・再利用率の目標、費用負担やリサイクル費用の明示等）</li> <li>・RoHS 指令改正案を審議中（実質的にすべての電気電子機器を規制対象とすることを討、有機臭素化合物のリスクに言及等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・費用負担については、生産者、輸入業者（及び代理人）に回収処理基金へ納付金負担が義務付けられているが、納付基準は未定</li> <li>・ラベリング制度についても、詳細は未定</li> <li>・現在、特定有害化学物質の情報開示義務は自己宣言によるが、将来的には認証証書の取得を義務付ける方向で検討中（実施時期は未定）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・改正等の動きはない</li> </ul>
-------------------	---	---	--

※欧州 WEEE 指令及び RoHS 指令については、目的の達成について加盟国を拘束するものの、法制化は各国が行うこととなっている。

規制対象物質については、欧州、中国、韓国で違いはない。また、POPs 条約のレビュー会議において、2010 年から対象となった臭素系難燃剤（PBDEs）を含む製品のリサイクルに係る健康及び環境への影響等について検討を行っているところであり、使用済小型家電のリサイクルにも関連するこれらの情報について、引き続き収集していく必要がある。

また、中国では、廃電気電子機器に係る規制は始まったばかりであるが、今後、規制の詳細が随時公表される予定であり、その動向を注視していく必要がある。