

平成 24 年度環境省関東地方環境事務所請負業務報告書

平成 24 年度関東圏域における地域循環圏の構築
に向けた調査検討業務報告書

平成 25 年 3 月



三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社

リサイクル適性の表示：紙へリサイクル可

この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料〔Aランク〕のみを用いて作製しています。

はじめに

平成 20 年 3 月 25 日に閣議決定された第 2 次循環型社会形成推進基本計画においては、地域の特性や循環資源の性質に応じて最適な規模の資源循環を形成することが重要とされている。

関東地方環境事務所では、この基本的な考え方にに基づき、これまでに関東管内における地域循環圏構築に関係する社会条件・地域特性等の情報整理を行い、また、地域循環圏の構築に向けた新たな取組の余地があると考えられる複数の循環資源を取り上げ、状況整理や取組の評価手法の検討等を行ってきたところである。

本業務は、平成 23 年度までの調査結果を基に、関東圏域等における新たな地域循環圏構築に向けた取組の推進手法を検討するとともに、使用済小型電子機器等の再資源化の促進に関する法律（平成 24 年法律第 57 号）の今後の施行（平成 25 年 4 月見込み）を見据えつつ、関東管内における地域循環圏構築推進に係る地域計画策定に向けた検討を行うことを目的とした。

本報告書は、上述の実施目的を踏まえ、関東管内における地域循環圏構築推進に係る地域計画策定に向けた検討のプロセスをとりまとめたものである。

第 1 章では、平成 23 年度に整理した関東管内の自治体における地域循環圏構築推進に係る計画策定状況を踏まえ、平成 24 年度の新たな動きについて取りまとめた。

第 2 章では、関東圏域で小型家電リサイクルに取り組む先進的自治体の事例として、千葉県野田市、神奈川県相模原市、静岡県浜松市を取り上げ、取組状況や洗い出された課題等について整理した。

第 3 章、第 4 章では、小型家電リサイクルに関連する各種情報を網羅的に整理した。第 3 章では、使用済小型電子機器等の再資源化の促進に関する法律（平成 24 年法律第 57 号）の対象品目となる小型家電品目毎に、1 年間の排出量や回収が見込まれる有用金属の種類・含有量、生活環境保全上留意が必要な有害金属の種類・含有量について、既存文献の整理を行った。第 4 章では、小型家電からの有用金属の分離・回収技術について、整理を行った。また、関東圏域において小型家電リサイクルの重要な分離・回収拠点となりうる工場 2 箇所の現地調査を、関東事務所管内の県市関係者等とともに実施した結果をとりまとめた。

第 5 章では、第 1 章から第 4 章までの調査結果を踏まえ、平成 23 年度に整理した「関東圏域等における地域循環圏構築推進に係る地域計画案」について、地域循環圏形成推進ガイドラインの内容を踏まえつつ、小型家電リサイクルに係る記載を充実させた。

本調査報告書が、今後の関東圏域における地域循環圏構築に役立てば幸甚である。

なお、本報告書の作成にあたり、独立行政法人国立環境研究所循環型社会・廃棄物研究センター循環技術システム研究室特別研究員 稲葉陸太氏、早稲田大学理工学術院教授 大和田秀二氏、東京大学大学院工学系研究科准教授 村上進亮氏から貴重なご意見、ご助言をいただいた。この場を借りて、厚く御礼申し上げます。

平成 25 年 3 月

三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社

目 次

第1章 地域循環圏構築推進に係る計画策定状況の整理	1
1. 平成25年3月末までに計画期間が終了する地域	1
2. 平成24年度の新たな動き	1
(1) 次期計画の策定状況、現行計画の変更状況	2
(2) 次期計画や変更計画の中で示された新たな施設整備の動き	2
第2章 関東圏域で小型家電リサイクルに取り組む先進的自治体の事例整理等	14
1. 「平成24年度小型電子機器等リサイクルシステム構築実証事業」の採択地域における状況	14
(1) 千葉県野田市	14
(2) 相模原市	18
(3) 浜松市	22
2. その他、関東圏域で小型家電リサイクルに取り組む先進的自治体の事例	29
(1) ボックス回収	29
(2) ステーション回収	31
(3) ピックアップ回収	34
(4) 清掃工場等への持ち込み	36
3. 使用済小型電子機器の回収規模等と費用対効果の関係	37
(1) 回収方式の違いと費用対効果の関係	37
(2) 回収・リサイクルシステムの段階別にみた費用対効果	41
第3章 小型家電リサイクル法の対象品目に含まれる金属に係る情報整理	43
1. 小型家電リサイクル法の対象品目について	43
2. 小型家電品目別の1年間の排出量、回収が見込まれる有用金属の含有量	46
3. 生活環境保全上留意が必要な有害金属の種類・含有量等	53
(1) 含有量の試験結果	54
(2) 溶出試験結果	56
(3) 使用済小型家電からの有用金属回収の際の留意点	57
4. レアメタル等の回収に伴う効用	59
(1) アンチモン	59
(2) タンタル	60
(3) タングステン	60
(4) ネオジウム	61
(5) コバルト	61
(6) ビスマス	62
(7) パラジウム	63
(8) 金	63
(9) 銀	63

第4章 小型家電からの有用金属の分離・回収技術に係る情報整理	64
1. ベースメタル・貴金属の分離技術	64
(1) 破碎技術	64
(2) ふるい分け、分級技術	66
(3) 比重分離	69
(4) 磁選	74
(5) 電氣的選別（渦電流選別と静電選別）	75
(6) ソーター選別	78
(7) 形状選別	83
(8) 実際の現場でのベースメタル・貴金属の分離技術活用状況	84
2. レアメタルの分離・回収技術	91
(1) 粉碎と単体分離	91
(2) 物理選別技術	93
(3) 実際の現場でのレアメタルの分離技術活用状況	95
3. 製錬技術	102
(1) 湿式製錬による貴金属回収	102
(2) 乾式製錬による貴金属回収	103
第5章 関東管内における地域循環圏構築推進に係る地域計画案の作成	105
1. 使用済小型電子機器を含めた地域循環圏の地域計画案の改定の方向性	105
(1) 地域循環圏形成の基本方針の作成	105
(2) 地域循環圏構想の策定	105
2. 地域循環圏形成の基本方針	105
(1) 地域循環圏の将来像	105
(2) 地域循環圏の中心事業	106
(3) 地域の主体間の連携（地域運営体制）	107
3. 地域循環圏構想（地域循環圏の将来ビジョン）	108
(1) 目指す姿や地域循環形成のコンセプト	108
(2) アクションプラン	109
(3) 市民やコミュニティ参加の仕組み	115
(4) 期待できる実施効果	116
(5) 推進体制	122

第1章 地域循環圏構築推進に係る計画策定状況の整理

平成23年度報告書1pの「表1-1 関東管内での循環型社会形成推進地域計画の策定状況」に挙げられている各地域の計画の中で、平成25年3月末までに計画期間が終了するものを取り上げ、次期計画の策定状況や現行計画の変更状況、次期計画の中で示された新たな施設整備の動き等を把握した。

1. 平成25年3月末までに計画期間が終了する地域

平成25年3月31日までに計画期間が終了する地域を抽出すると、合計で33地域が該当した。

表1-1 平成25年3月31日までに計画期間が終了する地域

都道府県名	対象地域	計画終了時点
茨城県	常総地域、水戸市	平成25年3月末
	高萩市、ひたちなか・東海地域	平成24年3月末
栃木県	日光市、宇都宮地域、鹿沼市	平成24年3月末
埼玉県	さいたま市、鳩ヶ谷市（川口市と合併）	平成25年3月末
	朝霞市（平成23年9月末）、加須市・騎西町地域	平成24年3月末
千葉県	船橋市、東総衛生広域地域、成田・富里地域	平成25年3月末
	印西地域	平成24年3月末
東京都	三鷹・調布地域、伊豆諸島地域、利島村、三宅村	平成25年3月末
	昭島市、日野市、八王子市地域、国立市地域	平成24年3月末
神奈川県	秦野・伊勢原地域、平塚・大磯地域	平成25年3月末
	川崎市、湘南東地域	平成24年3月末
新潟県	三条市、南魚沼市・湯沢町地域	平成25年3月末
	新潟市	平成24年3月末
山梨県	甲府・峡東地域	平成24年3月末
静岡県	富士市	平成25年3月末
	磐田市	平成24年3月末

2. 平成24年度の新たな動き

ここでは、1. で抽出した33地域における次期計画の策定状況や次期計画の中で示された新たな施設整備の動きについて、整理した。

(1) 次期計画の策定状況、現行計画の変更状況

次期計画の策定や現行計画の変更状況が確認できた地域は次のとおりである。

表 1-2 次期計画の策定や現行計画の変更が確認できた地域

都道府県名	対象地域
栃木県	日光市、宇都宮地域、鹿沼市
埼玉県	さいたま市、鳩ヶ谷市（川口市と合併）
千葉県	船橋市、東総衛生広域地域、成田・富里地域、印西地域
東京都	利島村、三宅村、日野市、八王子市地域
神奈川県	秦野・伊勢原地域、平塚・大磯地域、川崎市、湘南東地域
新潟県	三条市、新潟市
山梨県	甲府・峡東地域
静岡県	富士市、磐田市

(2) 次期計画や変更計画の中で示された新たな施設整備の動き

次期計画や変更計画の中で示された新たな施設整備の動きについて、以下、整理した。多くの地域でごみ焼却施設からのエネルギー回収施設（高効率ごみ発電等）の整備や合併処理浄化槽への移行を進める動きが確認された。

また、小型家電からのレアメタルリサイクルの推進の動きが、宇都宮地域、八王子市、秦野・伊勢原地域、新潟市、富士市でみられた。

・日光市

日光市リサイクルセンターでは合併に伴う処理量の増大と、施設設置当初に計画していた処理対象物の組成が現状と整合しない状態になってきていることから、旧今市クリーンセンター跡地に資源物の選別ラインを備えたストックヤードを整備することとしている。

また、合併処理浄化槽の整備を引き続き進めることとしている。

表 1-3 整備予定の処理施設（日光市）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
し尿処理施設	日光市環境センター基幹的施設整備事業	82k1/日	日光市町谷字下原 1801-2	H24～25
マテリアルリサイクル推進施設	ストックヤード整備事業	10t/日	日光市町谷 809-2	H24～25

(資料) 日光市「日光市循環型社会形成推進地域計画（第2次計画）」（平成23年12月、平成25年1月変更）

表 1-4 合併処理浄化槽への移行計画（日光市）

事業	直近の整備済 基数(基) (平成 22 年度)	整備計画 基数 (基)	整備計画 人口 (人)	事業期間
浄化槽設置整備事業	3,017	900	2,250	H24～H28

(資料) 日光市「日光市循環型社会形成推進地域計画（第 2 次計画）」（平成 23 年 12 月、平成 25 年 1 月変更）

・宇都宮地域

宇都宮地域では、既存施設の老朽化及びエネルギー回収の推進を図るため、高効率ごみ発電施設を平成 28 年度以降に整備予定としている。

表 1-5 整備予定の処理施設（宇都宮地域）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
高効率ごみ発電施設	エネルギー回収推進施設整備事業	約 190 t / 日	宇都宮市下田原町地内	H28～H31

(資料) 宇都宮市、上三川町、壬生町「宇都宮地域循環型社会形成推進地域計画」（平成 25 年 3 月）

また、ごみ処理に関する新規・重点強化施策として、生ごみの地域単位での堆肥化、レアメタル、剪定枝、インクカートリッジ、プラスチックごみの資源化が挙げられている。

表 1-6 ごみ処理に関する新規・重点強化施策（宇都宮地域）

項目	具体的内容	実施主体	
資源化	生ごみの地域単位での堆肥化	自治会単位などで生ごみを持ち寄り、協働での堆肥化を促す。	宇都宮市
	レアメタルの資源化	イベントによる回収や拠点回収、清掃センターでのピックアップ回収により、携帯電話などの小型家電製品を回収し、市民の更なる分別意識の高揚を図る。	宇都宮市
	剪定枝の資源化	市の施設内においてチップパーを設置するなど、チップ化により資源化を図る。	宇都宮市
	インクカートリッジの資源化促進	国内インクカートリッジメーカーが構成する協議会のリサイクル事業に協力することで、焼却ごみの減量・資源化を推進。	宇都宮市
	プラスチックごみの資源化推進	食品トレーなどの資源化の推進やごみの分別の見直し等によるプラスチックごみの資源化の推進を図る。	壬生町

(資料) 宇都宮市、上三川町、壬生町「宇都宮地域循環型社会形成推進地域計画」（平成 25 年 3 月）

・鹿沼市

鹿沼市環境クリーンセンターごみ焼却処理施設が老朽化していることに伴い、施設の長寿命化、施設の効率化、エネルギーの高効率回収・有効利用を促進す

ることを目的に、設備改良事業が予定されている。

表 1-7 整備予定の処理施設（鹿沼市）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
廃棄物処理施設の基幹的設備改良事業	ごみ焼却処理施設基幹的設備改良事業	177 t/日 (1日24時間稼動)	鹿沼市上殿町 673-1	H26～H27

(資料) 鹿沼市「鹿沼市循環型社会形成推進地域計画（第2次計画）」（平成24年1月）

・さいたま市

鈴谷清掃工場の老朽化及び資源物の増加に伴う処理能力の不足のため、リサイクルセンターを整備することが予定されている。また、クリーンセンター与野の代替、クリーンセンター大崎第一工場及び岩槻環境センターの老朽化に対応し、効率的な熱回収を可能とし、焼却施設の地域偏在を解決するため、高効率ごみ発電施設の整備も予定されている。

表 1-8 整備予定の処理施設（さいたま市）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
リサイクルセンター	リサイクルセンター施設整備事業	91 t/日	埼玉県さいたま市桜区 新開4丁目1-1	H22～H26
高効率ごみ発電施設	高効率ごみ発電施設施設整備事業	380 t/日	埼玉県さいたま市桜区 新開4丁目1-1	H22～H26

(資料) さいたま市「さいたま市循環型社会形成推進地域計画（第1次計画）」（平成18年2月22日、平成25年1月25日改定）

・鳩ヶ谷市

鳩ヶ谷市は川口市と合併したため、川口市の計画が変更されている。合併処理浄化槽の整備を引き続き進めることとしている。

表 1-9 合併処理浄化槽への移行計画（川口市）

事業	直近の整備済 基数(基) (平成20年度)	整備計画 基数 (基)	整備計画 人口 (人)	事業期間
浄化槽設置整備事業	352	67	433	H22～H26

(資料) 川口市「川口市循環型社会形成推進地域計画」（平成22年4月1日、平成25年1月改訂）

・船橋市

平成22年1月22日に計画変更しており、その際に、資源リサイクル設備の処理能力を当初計画の63t/日から102t/日に引き上げている。(暫定施設から恒久施設への変更に伴う措置)

また、エネルギー回収推進施設を平成25年度以降、市内2箇所の焼却炉に整備する予定としている。

表 1-10 整備予定の処理施設（船橋市）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
マテリアルリサイクル推進施設	資源リサイクル施設整備事業	63 t / 日	千葉県船橋市西浦 1 丁目 4 番 2 号	H21～H24
エネルギー回収推進施設	北部清掃工場建替建設事業	432 t / 日	千葉県船橋市大神保町 1360 番地	H25～H32 (第 2-3 次計画)
エネルギー回収推進施設	南部清掃工場建替建設事業	375t/日	千葉県船橋市潮見町 38 番地	H28～H35 (第 2-3 次計画)

(資料) 船橋市「船橋市循環型社会形成推進地域計画（変更）（第 1 次計画）」（平成 22 年 1 月 22 日）

・ 東総衛生広域地域

平成 20 年 7 月 4 日に策定された「東総衛生広域地域循環型社会形成推進地域計画」は、平成 22 年 12 月 8 日に変更されているが、変更後の計画においても、平成 25 年度以降に影響を与える内容はみられない。

・ 成田・富里地域

平成 20 年 2 月 19 日に策定された「成田・富里地域循環型社会形成推進地域計画」は、平成 23 年 7 月 20 日に変更されているが、変更後の計画においても、平成 25 年度以降に影響を与える内容はみられない。

・ 印西地域

平成 23 年 5 月 26 日に策定された「印西地域循環型社会形成推進地域計画」は、平成 23 年 5 月 26 日に変更されている。変更後の計画において、当初は平成 24 年度以降に整備予定であった熱回収施設が、平成 26 年度以降の整備に変更となった。

表 1-11 整備予定の処理施設（印西地域）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
ストックヤード	マテリアルリサイクル推進施設	約 300m ²	千葉県白井市南山 2 丁目 11 番 1 号	H19～H24
熱回収施設	エネルギー回収推進施設	約 110t/日	未定	H26～H28

(資料) 印西地域「印西地域循環型社会形成推進地域計画（変更）（第 1 次計画）」（平成 22 年 1 月 22 日）

・ 新島村

平成 23 年 12 月 16 日に策定された「東京都新島村循環型社会形成推進地域計画」は、平成 24 年 12 月 20 日に変更されている。変更後の計画において、当初は平成 26 年度以降に整備予定であった廃棄物焼却施設が、平成 28 年度以降の整備に変更となった。

表 1-12 整備予定の処理施設（新島村）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間 (年度)
廃棄物焼却施設	ごみ焼却場建設工事	6t/日 (平成 29 年度)	東京都新島本村	H28～H29
ストックヤード	資源物保管施設工事 (既焼却施設解体を含む)	150m ² (平成 30 年度)	東京都新島本村	H30

(資料) 新島村「東京都新島村地域循環型社会形成推進地域計画」(平成 23 年 12 月 16 日、平成 24 年 12 月 20 日変更)

・三宅村

平成 20 年 2 月 26 日に策定された「三宅村循環型社会形成推進地域計画」は、平成 24 年 12 月 17 日に変更されている。変更後の計画において、当初は平成 24 年度までに整備予定であった合併処理浄化槽が、平成 26 年度までの整備に変更となった。

表 1-13 合併処理浄化槽整備計画（三宅村）

事業名	直近の整備済 基数(基) (平成 17 年度)	整備計画 基数 (基)	整備計画 人口 (人)	事業期間
浄化槽設置整備事業	28	150	345	H20～H26

(資料) 東京都三宅村「三宅村地域循環型社会形成推進地域計画」(平成 20 年 2 月 26 日、平成 24 年 12 月 17 日変更)

・日野市

当初は日野市単独で「地域循環型社会形成推進地域計画」を策定し、日野市単独の新たなごみ焼却施設の建設を予定していたが、平成 24 年 5 月に国分寺市及び小金井市から可燃ごみの広域処理についての要請があり、日野市に可燃ごみの広域処理を行う施設を整備し、高効率ごみ発電施設及びマテリアルリサイクル推進施設等の建設を行うこととなった。

表 1-14 整備予定の処理施設（日野市、国分寺市、小金井市地域）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
高効率ごみ発電施設	高効率ごみ発電施設整備事業	290t/日	東京都日野市石田 1-210-2 (日野市クリーン センター内)	H28～H30
マテリアルリサイクル推進施設	リサイクル推進施設整備事業	56t/日		H28～H30
マテリアルリサイクル推進施設	(仮称)ストックヤード整備事業(日野市クリーンセンター解体工事含む)	未定		H31- (次期計画)

(資料) 日野市、国分寺市、小金井市「日野市、国分寺市、小金井市地域循環型社会形成推進地域計画」(平成 23 年 12 月 21 日、平成 25 年 3 月 13 日変更)

・八王子市

八王子市では、平成 24 年 3 月現在で、北野清掃工場は稼働から 18 年、戸吹清掃工場は 14 年が経過しているため、北野清掃工場の代替施設として館清掃工場を更新、戸吹清掃工場の代替施設を新たに整備する予定としている。

また、合併処理浄化槽への移行計画を平成 25 年度移行、推進予定である。

表 1-15 整備予定の処理施設（八王子市）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
熱回収施設	(仮称)新館清掃工場整備事業	約 200t/日	八王子市館町 2700 番地	H27～H29 (H27～H33)
リサイクルセンター	戸吹不燃物処理センター更新事業	34t/日	八王子市戸吹町 1916 番地	H25～H26

(資料) 八王子市「八王子市循環型社会形成推進地域計画（第二次計画）」(平成 24 年 12 月 12 日)

表 1-16 合併処理浄化槽への移行計画（八王子市）

事業	直近の整備済基数(基) (平成 21～23 年度)	整備計画 基数 (基)	整備計画 人口 (人)	事業期間
浄化槽市町村整備推進事業	44	100	420	H25～H29

(資料) 八王子市「八王子市循環型社会形成推進地域計画（第二次計画）」(平成 24 年 12 月 12 日)

また、ごみ処理に関する新規・重点強化施策の中で、小型家電等の選別・回収機能の整備が挙げられている。

表 1-17 ごみ処理に関する新規・重点強化施策（八王子市）

項目	具体的内容	実施主体
戸吹不燃物処理センターの更新	レアメタルについては、国がリサイクル制度の確立に向けて検討を進めているところであるが、家庭から排出される不燃ごみ・粗大ごみの中には、レアメタルが含まれる小型家電等が多く含まれている。戸吹不燃物処理センターで扱う不燃ごみの質・量は当初から大きく変化し、施設の老朽化や選別機能の低下も進んでいるが、新たに小型家電等を選別・回収し、民間業者等への資源化委託を行うことは、希少資源の有効活用につながると考えられる。このような状況を踏まえ、戸吹不燃物処理センターについては、小型家電等の選別・回収機能を備えたものとするとともに、ごみ質・量の変化に伴う施設内容・規模の見直しを実施し更新を行う。	八王子市

(資料) 八王子市「八王子市循環型社会形成推進地域計画（第二次計画）」(平成 24 年 12 月 12 日)

・秦野・伊勢原地域

現有の伊勢原清掃工場（可燃ごみ）での資源化の向上を目的に、分別等を行うためのストックヤードを整備するとともに、現有の粗大ごみ処理施設が老朽化（竣工後24年が経過）しており、更新施設を整備する必要があるため、マテリアルリサイクル推進施設を将来的に整備する予定としている。

また、合併処理浄化槽の整備を平成25年度移行、進める予定としている。

さらに、ごみ処理に関する新規・重点強化施策の中で、携帯電話や小型家電の資源化についての検討が挙げられている。

表 1-18 整備予定の処理施設（秦野・伊勢原地域）

整備施設の種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
マテリアルリサイクル推進施設	秦野市伊勢原市環境衛生組合 伊勢原清掃工場 粗大ごみ処理施設整備事業 (180t/日焼却施設解体工事含む)	未定	伊勢原市 三ノ宮 1918番地	解体：H28～ H29 整備：H31～ H32

(資料) 秦野市、伊勢原市、秦野市伊勢原市環境衛生組合「神奈川県 秦野・伊勢原地域循環型社会形成推進地域計画（第二期）」（平成25年1月8日）

表 1-19 合併処理浄化槽への移行計画（秦野・伊勢原地域）

事業		直近の整備済 基数（基） （平成23年度）	整備計画 基数 （基）	整備計画 人口 （人）	事業期間
浄化槽設置整備事業 （個人設置型）	秦野市	2	15	85	H25～H29
	伊勢原市	6	35	230	H25～H29
合計		8	50	315	—

(資料) 秦野市、伊勢原市、秦野市伊勢原市環境衛生組合「神奈川県 秦野・伊勢原地域循環型社会形成推進地域計画（第二期）」（平成25年1月8日）

表 1-20 ごみ処理に関する新規・重点強化施策（秦野・伊勢原地域）

項目	具体的内容	実施主体
その他の排出抑制、再使用の推進	携帯電話や小型家電からレアメタルを回収する取り組みが国を中心に進められているが、これまで不燃物として処理していた小型家電等の資源化について、国の動向などを注視しながら検討する。	秦野・伊勢原地域

(資料) 秦野市、伊勢原市、秦野市伊勢原市環境衛生組合「神奈川県 秦野・伊勢原地域循環型社会形成推進地域計画（第二期）」（平成25年1月8日）

・平塚・大磯地域

当初は平塚市、大磯市で「地域循環型社会形成推進地域計画」を策定していたが、その後、二宮町と連携した計画に変更した。

平塚市で整備している高効率ごみ発電施設は、平成25年度まで予定が延長されたほか、二宮市において平成25年度から整備予定の剪定枝資源化施設の事業期間が平成27年度まで延長される見通しである。

表 1-21 整備予定の処理施設（平塚・大磯・二宮地域）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
エネルギー回収推進施設 (高効率ごみ発電施設)	(仮称)平塚市次期環境 事業センター整備事業	315t/日	平塚市	H22～H25
有機性廃棄物リサイクル推 進施設(厨芥類資源化施設)	(仮称)大磯町厨芥類資 源化施設整備事業	前処理設備 約 38t/日 メタン発酵施設 約 17t/日	大磯町	H27～H28
マテリアルリサイクル推進 施設(剪定枝資源化施設)	(仮称)二宮町剪定枝資 源化施設整備事業	約 14t/日	二宮町	H25～H27
マテリアルリサイクル推進 施設(リサイクルセンター)	(仮称)二宮町 PET・プラ スチックリサイクルセ ンター整備事業	約 5t/日	二宮町	H29～H30

(資料) 平塚市、大磯市、二宮町「神奈川県 平塚・大磯・二宮地域循環型社会形成推進地域計画 (第二期)」(平成 20 年 1 月 10 日、平成 24 年 12 月 26 日変更)

・川崎市

川崎市でも、既存施設の老朽化、エネルギーの高効率回収・有効利用の促進を目的に、エネルギー回収推進施設の整備が予定されている。市単独事業として、堤根処理センターのエネルギー回収推進施設の整備が平成 24 年度から進められており、橘処理センターのエネルギー回収推進施設が平成 28 年度から整備予定である。

表 1-22 交付対象事業で整備予定の処理施設（川崎市）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
マテリアルリサイ クル推進施設	仮称 リサイクルパークあさ お整備事業(第 2 次:資源化 処理施設等建設)	空き缶 20t/日 空き瓶 25t/日 ペット 12.5t/日 粗大 40t/日	麻生区王禅 寺 1285 番地	H23～H27
エネルギー回収 推進施設	橘処理センター整備事業	600t/日(予定)	高津区新作 1-20-1	H28～H34

(資料) 川崎市「川崎市循環型社会形成推進地域計画」(平成 23 年 11 月 14 日、平成 25 年 1 月 15 日変更)

表 1-23 市単独事業で整備予定の処理施設（川崎市）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
エネルギー回収推進施設	堤根処理センター基幹的 整備事業	600t/日	川崎区 堤根 52 番地	H24～H26

(資料) 川崎市「川崎市循環型社会形成推進地域計画」(平成 23 年 11 月 14 日、平成 25 年 1 月 15 日変更)

・湘南東地域

藤沢市、茅ヶ崎市、寒川町では、「神奈川県 湘南東地域循環型社会形成推進計画 (第二次計画)」を平成 23 年 10 月 31 日に策定している。

この中で、平成 24 年度以降、藤沢市リサイクルセンターや藤沢市内の既設焼

却炉のエネルギー回収推進施設の整備を推進しているほか、平成 26 年度には藤沢市にバイオガス化施設を、平成 27 年度には茅ヶ崎市内の既設焼却炉のエネルギー回収推進施設の整備を予定している。

表 1-24 整備予定の処理施設（湘南東地域）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
マテリアルリサイクル推進施設(リサイクルセンター)	(仮称)藤沢市リサイクルセンター整備事業	132t/日	藤沢市	H24～H25
エネルギー回収推進施設	(仮称)藤沢市バイオガス化施設整備事業	80t/日	藤沢市	H26～H28
エネルギー回収推進施設	藤沢市石名坂環境事業所 3号炉延命化工事	130t/日	藤沢市	H24～H25
エネルギー回収推進施設	茅ヶ崎市環境事業センター基幹的設備改良事業	360t/日	茅ヶ崎市	H27～H28

(資料) 藤沢市、茅ヶ崎市、寒川町「神奈川県 湘南東地域循環型社会形成推進計画（第二次計画）」(平成 23 年 10 月 31 日)

・三条市

三条市では資源物の貯留設備の確保のため、平成 25 年度以降、清掃センター内にストックヤードを整備予定である。

表 1-25 整備予定の処理施設（三条市）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
ストックヤード	三条市清掃センターストックヤード整備事業	約 1,057m ²	三条市福島新田地内	H25

(資料) 三条市「循環型社会形成推進計画」(平成 25 年 1 月 16 日)

・新潟市

新潟市では、資源物の一時保管場所を整備することで、リサイクルの推進を図る予定である。

表 1-26 整備予定の処理施設（新潟市）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
マテリアルリサイクル推進施設	新田ストックヤード施設整備事業	ストックヤード面積 630m ²	新潟市西区笠木 3644 番地 1	H25～H27
廃棄物処理施設の基幹的設備改良事業	亀田清掃センター基幹改良事業	390t/日	新潟市江南区亀田 1835 番地 1	H24～H27

(資料) 新潟市「新潟市循環型社会形成推進計画」(平成 24 年 2 月)

また、ごみ処理に関する新規・重点強化施策の中で、小型家電等の回収の実施が挙げられている。

表 1-27 ごみ処理に関する新規・重点強化施策（新潟市）

項目	具体的内容	実施主体
使用済小型家電等の新たなリサイクルの推進	近年注目を浴びている使用済小型家電からのレアメタルを含む希少金属等の回収をはじめ、新しいリサイクル技術の進展や社会情勢の変化に応じたりサイクルルートの構築を検討する。 ・効率的な使用済小型家電の回収方法の検討及び実施 ・使用済小型家電の回収に係る周知・啓発	新潟市

（資料）新潟市「新潟市循環型社会形成推進計画」（平成 24 年 2 月）

・ 甲府・ 峡東地域

甲府・ 峡東地域では、平成 28 年度までに高効率ごみ発電施設及びマテリアルリサイクル施設（リサイクルセンター）を整備し、広域処理を図る予定である。また、合併処理浄化槽への移行計画を平成 24 年度移行、推進予定である。

表 1-28 整備予定の処理施設（甲府・ 峡東地域）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
マテリアルリサイクル推進施設（リサイクルセンター）	マテリアルリサイクル推進施設（リサイクルセンター）整備事業	67t/日	笛吹市	H24～H28
高効率ごみ発電施設	高効率ごみ発電施設整備事業	369t/日	笛吹市	H24～H28

（資料）甲府・ 峡東地域ごみ処理施設事務組合、甲府市、笛吹市、山梨市、甲州市「甲府・ 峡東地域 循環型社会形成推進計画（第二次）」（平成 24 年 1 月 12 日）

表 1-29 合併処理浄化槽への移行計画（甲府市）

整備施設種類	直近の整備済 基数(基) (平成 22 年度)	整備計画 基数 (基)	整備計画 人口 (人)	事業期間
浄化槽設置整備事業	64	275	675	H24～H28
浄化槽市町村整備推進事業	—	296	708	H24～H27
合計	64	571	1,383	

（資料）甲府・ 峡東地域ごみ処理施設事務組合、甲府市、笛吹市、山梨市、甲州市「甲府・ 峡東地域 循環型社会形成推進計画（第二次）」（平成 24 年 1 月 12 日）

表 1-30 合併処理浄化槽への移行計画（山梨市）

整備施設種類	直近の整備済 基数(基) (平成 22 年度)	整備計画 基数 (基)	整備計画 人口 (人)	事業期間
浄化槽設置整備事業	12	60	235	H24～H28

（資料）甲府・ 峡東地域ごみ処理施設事務組合、甲府市、笛吹市、山梨市、甲州市「甲府・ 峡東地域 循環型社会形成推進計画（第二次）」（平成 24 年 1 月 12 日）

・富士市

可燃性廃棄物として焼却される廃棄物については、新たに整備する焼却施設においてより一層高効率な熱回収（発電、熱供給）を行う予定としており、これを平成26年度以降に整備予定である。

また、合併処理浄化槽への移行計画を平成25年度移行、推進予定である。

さらに、ごみ処理に関する新規・重点強化施策の中で、小型家電の回収体制の整備が挙げられている。

表 1-31 整備予定の処理施設（富士市）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
マテリアルリサイクル推進施設	富士市新環境クリーンセンター整備事業	約 10t/日 約 1300m ²	富士市大淵	H26～H30
エネルギー回収推進施設	富士市新環境クリーンセンター整備事業	約 250t/日	富士市大淵	H26～H30

（資料）富士市「富士市循環型社会形成推進計画（第2次）」（平成24年12月）

表 1-32 合併処理浄化槽への移行計画（富士市）

事業名	直近の整備済基数(基) (平成23年度)	整備計画基数 (基)	整備計画人口 (人)	事業期間
浄化槽設置整備事業	6,988	2,630 (2,490)	6,928 (6,599)	H25～ H30

（資料）富士市「富士市循環型社会形成推進計画（第2次）」（平成24年12月）

表 1-33 ごみ処理に関する新規・重点強化施策（富士市）

項目	具体的内容	実施主体
廃家電等のリサイクルに関する普及啓発	平成25年4月には、使用済み小型電子機器の適正処理及び有用物回収を目的に小型家電リサイクル法（使用済み小型電子機器等の再資源化の促進に関する法律）の施行が予定されている。これは関係者にリサイクルの義務を課す制度ではなく、関係者が協力し自発的に回収やリサイクルを実施することを促進する制度であるため、関係者に対し役割を果たすよう啓発するとともに、回収体制の整備など自治体としての役割を担う。	富士市

（資料）富士市「富士市循環型社会形成推進計画（第2次）」（平成24年12月）

・磐田市

磐田市衛生プラントを汚泥再生処理センターとして平成26年度以降、整備する予定としている。

また、合併処理浄化槽への移行計画を平成25年度移行、推進予定である。

表 1-34 整備予定の処理施設（磐田市）

整備施設種類	事業名	処理能力	設置予定地	事業期間
汚泥再生処理センター	汚泥再生処理センター整備事業	98kℓ/日	静岡県磐田市千手堂 2066 番地 2	H26～H27

（資料）磐田市「磐田市循環型社会形成推進計画（第2次）」（平成25年1月8日）

表 1-35 合併処理浄化槽への移行計画（磐田市）

事業	事業主体	直近の整備済 基数(基) (平成23年度)	整備計画 基数 (基)	整備計画 人口 (人)	事業期間
浄化槽設置整備事業	磐田市	147	850	3,550	H24～H28

（資料）磐田市「磐田市循環型社会形成推進計画（第2次）」（平成25年1月8日）

第2章 関東圏域で小型家電リサイクルに取り組む先進的自治体の事例整理等

1. 「平成 24 年度小型電子機器等リサイクルシステム構築実証事業」の採択地域における状況

ここでは、関東圏域で小型家電リサイクルに取り組む先進的自治体の事例として、「平成 24 年度小型電子機器等リサイクルシステム構築実証事業」の実施地域に採択された千葉県野田市、神奈川県相模原市、静岡県浜松市を取り上げ、取組状況や洗い出された課題等について整理した。

(1) 千葉県野田市

野田市は、平成 25 年 4 月の「小型家電リサイクル法」の施行を前に、毎月第 4 日曜日の月 1 回、持ち込みによる小型家電の回収を平成 25 年 2 月 24 日から開始した。これは千葉県内初の取り組みである。

同市は、ごみ減量とリサイクルの推進を重要施策として位置づけており、県内で先駆けて取り組むことになった。

回収は、同市西三ヶ尾の野田市再資源化事業協同組合と関宿クリーンセンター隣地（同古布内）の 2 カ所で行う。対象品目は、携帯電話、ステレオセットなどのオーディオ、パソコンやゲーム、電子レンジや食洗機などの厨房用電化製品、カーナビなど車載型電子機器等である。小型家電は家庭で使用されていたものに限られる。

同市では平成 24 年 10 月 13 日に開催された「リサイクルフェア」で試験的に小型家電の回収を実施し、扇風機や携帯電話、プリンターなど、約 300 人から 5.3 トンの小型家電を回収した。このデータをもとに、回収方法などを検討し、今般の小型家電の回収システムの実施に至った。

表 2-1 小型家電の回収システムの概要

回収日時	毎月第 4 日曜日の 9 時～正午と 13 時～16 時 ※12 月は 2 回実施する予定
回収方法、 回収場所	清掃工場等への持込 ・野田市再資源化事業協同組合（西三ヶ尾 410-2） ・関宿クリーンセンター隣地（古布内 1944-2）
回収対象品目	次ページの表のとおり 家庭で使われていたもの限り、電池を外して持参すること。
特記事項	なお、回収日は、資源物（紙類、びん、衣類、布、金属類、ペットボトル）の受け入れも行うため、品目ごとに分類してから持参することとしている。

（資料）野田市「市報のだ 3.1 号」

表 2-2 主な対象品目

あ	ICレコーダー	た	電気マッサージ器 (マッサージチェアは対象外)	
	ETC車載ユニット		電子・電気楽器	
	MDプレイヤー		電子・電動式玩具	
か	カーナビゲーション		電子辞書	
	携帯電話		電子書籍端末	
	ゲーム機		電子・電気時計	
さ	CDプレイヤー		電子はかり	
	ジャー炊飯器		電子ヘルスメーター	
	スマートフォン		電子レンジ	
	ステレオセット		電卓	
	扇風機		電動式吸入器	
た	地デジチューナー		電動ミシン	
	DVDプレイヤー・レコーダー		電話機	
	ディスプレイ (パソコン用)		は	パソコン
	デジタルカメラ			PHS端末
	デジタルオーディオ プレイヤー	VICSユニット		
	電気アイロン	ビデオカメラ		
	電気かみそり	ファクシミリ		
	電気グラインダー	フィルムカメラ		
	電気こたつ	プリンター		
	電気芝刈機	ブルーレイディスク プレイヤー・ レコーダー		
	電気除湿機	ヘッドライヤー		
	電気ストーブ	ら		ラジオ
	電気掃除機			ラジカセ
	電気ドリル	わ		ワープロ
	電気掃除機			

※テレビ、エアコン、冷蔵庫、冷凍庫、洗濯機、衣類乾燥機、大型家電（直立式エレキトーン、マッサージチェア）は対象外。

(資料) 野田市「市報のだ 3.1号」

以下は、野田市へのヒアリング調査時に把握した事項である。

①回収方式を清掃工場等への持込み方式にした理由

平成 24 年 8 月に、認定事業者を目指すリサイクル事業者から、小型電子機器のイベント回収を実施しようとの勧誘を受けた。明らかに有価になるものだけを回収するという前提で、平成 24 年 10 月 13 日のリサイクルフェアで小型電子機器の回収を試験的に実施した。当初は 700kg 程度集まればと予想していたが、予想をはるかに上回る 5.3 t を回収できた。市民の家庭には、小型電子機器の退蔵が多いことを実感し、小型電子機器の回収を行うこととした。

市にとっては、新たな経費が極力かからない方式をとということから、“清掃工場等への持込み方式”を採用した。“清掃工場等への持込み方式”であれば、異物混入等も未然に防止できるほか、持ち去り等の盗難対策にもつながるメリットがある。また、既に、紙類、びん類、衣類、布、金属類、ペットボトル等の資源物についても、毎月第 4 日曜日に同様の回収拠点に持込む習慣が市民に根付いていることから、市民にとっても小型電子機器を排出しやすいと考えた。

自力で清掃工場等に持ち込めない市民がいた場合でも、従来どおり、不燃ごみとしてステーション回収を行う、電子レンジ等は資源ごみとしてステーション回収を行う、手数料を払って粗大ごみとして回収してもらう等の仕組みを用意しているため、特段の問題は生じないと考えている。

②回収対象物の設定の考え方

野田市は、徹底したごみの分別や資源回収等を通じてごみの減量と資源物の再利用を推進してきた。平成 6 年度に 1 kg/人・日超あったごみ排出量は、現在のこの収集方法をスタートさせた平成 7 年度に 700g/人・日に減少したのを皮切りに平成 23 年度には 637 g/人・日まで減量が進んでいる。さらに、平成 24 年 3 月に策定した「野田市一般廃棄物処理基本計画」では、平成 33 年度の 1 人 1 日あたりのごみ排出量を 419g/人・日と、平成 22 年度実績の 30%削減を目指している。少しでも可燃ごみや不燃ごみに回る量を減量させるべく、品目は絞らず、通常製品で家電リサイクル法対象物以外のもの、また、フロン使用製品以外のものは何でも回収対象とした。

野田市では上述の理由から、携帯電話、パソコンも回収対象物としている。今回の回収は、他に排出する場所がなく家庭に退蔵していた小型電子機器の排出を促進させる点で、市民サービスの向上に寄与するものと捉えている。市にとっても、携帯電話やパソコンの回収は、小型電子機器全体で逆有償になるリスクを低減できるメリットを有している。

③平成 25 年 2 月、3 月の回収状況

2 月の回収量が 12.8 トン、3 月の回収量が 11.9 トンであった。リサイクルフェアでの回収実績から回収量を 6.27 トンと見込んでいたが、予想の倍の量が集まった。

野田市は、旧野田市と旧関宿町が合併して誕生したが、特に旧野田市では拠点回収に慣れていることもあり、小型電子機器の清掃工場等への持込み方式にも違和感なく参加してもらっている。

品目としては、デジタル・オーディオ・プレーヤー（DVD プレーヤー、CD プレーヤー、ビデオデッキ等）、ステレオセット等の電気音響機械器具類、ジャー炊飯器・電子レンジ等の台所用電気器具類、パソコン、プリンター、扇風機・電気除湿機等の空調用電気機械器具等が多かった。

退蔵していた小型電子機器を車に一式積み込んで持参する人も多いが、若年層などではノートパソコン 1 個だけを持ち込む人もいる。

④回収後物の保管・引渡状況

8m³ のコンテナを 4 個用意していたが、予想よりも回収量が多かったため、野田市再資源化事業協同組合から追加で 5 個コンテナを借り、回収拠点で一次保管した。

あくまでも警備ができる場所で回収・保管することとしており、個人情報を含む携帯電話、パソコン等については、他の小型電子機器とは別のコンテナに回収・保管するようにしている。

満杯になったコンテナをリサイクル事業者に引渡している。

⑤得られた知見、今後に向けた課題

- ・ 市民から小型電子機器の排出先の間合せを受けた場合には、市の回収システムのほかに、中古品販売店での買い取り等も紹介する場合もあるが、市民は退蔵している小型電子機器を市の回収システムを利用して排出するようである。3 月に回収した小型電子機器の中には、砂混じりのものが散見されたが、これは物置に入れておいたものが暴風雨で砂混じりになり、回収拠点に持ち込まれたものと考えている。
- ・ 3 月までは、市の職員が小型電子機器回収に立ち会っていたが、4 月以降は、野田市再資源化事業協同組合の職員 3 人に委託する予定である。
- ・ 将来的には小型電子機器の回収量の減少が予想され、これに伴い、回収物の逆有償化が起こらないか危惧している。

(2) 相模原市

相模原市では、相模原市一般廃棄物処理基本計画に基づき「ともにつくる資源循環型都市 さがみはら」を基本理念に、4R（リフューズ-発生抑制、リデュース-排出抑制、リユース-再使用、リサイクル-再生利用）を推進している。

従来、使用済小型電子機器は、「一般ごみ」として焼却処分してきており、小型家電リサイクル法の目的である資源の有効利用だけでなく、集積場所から回収する一般ごみの減量、最終処分場の延命化に効果が期待される。

表 2-3 小型家電の回収システムの概要

事業期間	平成 25 年 3 月 1 日から平成 28 年 3 月 31 日まで ※平成 28 年度以降については事業評価を踏まえ検討
回収日時	※回収ボックスの利用は、各施設の開所・営業時間内。
回収方法、 回収場所	ボックス回収及びイベント回収 ・市内 16 か所に設置されている回収ボックスで回収。 緑区：緑区役所（3 月 18 日～）、橋本台リサイクルスクエア、北清掃工場、北部粗大ごみ受入施設、津久井クリーンセンター、城山総合事務所、津久井総合事務所、相模湖総合事務所、藤野総合事務所、ノジマ新城山店 中央区：相模原市役所（中央区役所）、ノジマ相模原本店 南区：南区役所、新磯野リサイクルスクエア、南清掃工場、南部粗大ごみ受入施設 ・回収ボックスへの持込ができない場合は、従来どおり「一般ごみ」としてごみ・資源集積場所に排出することを許容。 ※区割りに関わらずどこの場所でも排出可能。 ※一度回収ボックスへ入れた小型家電は取り出せない。 ※個人情報が含まれる場合は個人情報を消去してからボックスへ入れることを要請。 ※電池類・メモリーカード類は抜き取り、充電式の小型家電は放電してから出すことを要請。
回収対象品目	16 品目〔電話機、携帯電話、公衆用 PHS 端末、ビデオカメラ、デジタルカメラ、MD プレーヤー、携帯音楽プレーヤー（フラッシュメモリ）、携帯音楽プレーヤー（HDD）、CD プレーヤー、テープレコーダー（デッキを除く）、IC レコーダー、電子辞書、据置型ゲーム機、携帯型ゲーム機、VICS ユニット、ETC 車載ユニット〕 ※長辺で 30cm 未満（30cm×15cm の投入口に入るもの。）のものに限定 ※電器コード等は週一回の資源の日に金物類として出すよう指導。

(資料) 相模原市ホームページ

<回収できる小型家電-16品目>



(資料) 相模原市ホームページ

回収した小型家電は、市の職員がリサイクル施設（橋本台リサイクルスクエア）に集め、品目別に分別したうえでリサイクル事業者に引き渡した。



▲投入セレモニー



▲来庁者へのPR

フリーマーケット会場で使用済小型家電の回収を行います！

- 1 日時 平成25年3月17日（日） 午前9時～午後0時30時（雨天中止）
- 2 場所 橋本台リサイクルスクエア（緑区下九沢2084-3）
- 3 その他 対象の小型家電を持参された方に、シゲンジャーグッズをプレゼントします

<回収対象品目（16品目）>

※長辺が30cm未満のもの（30cm×15cmの投入口に入るもの）に限ります。

- ①電話機 ②携帯電話 ③PHS ④ビデオカメラ ⑤デジタルカメラ
- ⑥MDプレーヤー ⑦携帯音楽プレーヤー（フラッシュメモリ）
- ⑧携帯音楽プレーヤー（HDD） ⑨CDプレーヤー
- ⑩テープレコーダー（デッキを除く） ⑪ICレコーダー ⑫電子辞書
- ⑬据置型ゲーム機 ⑭携帯型ゲーム機 ⑮VICSユニット ⑯ETC車載ユニット

(資料) 相模原市ホームページ

以下は、相模原市へのヒアリング調査時に把握した事項である。

①回収方式をボックス回収方式にした理由

1)市民が排出したいタイミングで随時排出できるという利便性、2)モデル事業の経費で回収ボックスの整備が可能であり、新たな行政コストがかからない方式である、という観点に鑑み、ボックス方式を採用した。

ボックス方式は盗難対策にも有効であると考え、採用したが、さらに市独自に各種盗難対策を講じた。具体的には、回収ボックスを施錠タイプにし、抜き取り防止スライダーをつけた。さらに、個人情報保護の徹底の観点から、携帯電話・PHSは他の小型電子機器とは別に専用の投入口を設置した。

また、職員・従業員の視野に入る室内（カウンター周辺等）に回収ボックスを設置することで、盗難防止の徹底を図っている。

別途、環境イベント等の開催に応じてイベント回収方式も活用することとしている。平成 25 年 3 月 17 日に、橋本台リサイクルスクエアにて開催されたフリーマーケットでも、小型電子機器の回収を行った。（約 3 時間半で約 26kg を回収。）

②回収対象物の設定の考え方

相模原市では、中央環境審議会「小型電気電子機器リサイクル制度の在り方について（第一次答申）」（平成 24 年 1 月 31 日）で特定対象品目として推奨されている 16 品目を対象とすることとした。これらの品目は、1)非常にコンパクトなもの、2)市民にわかりやすいもの、3)有償で引き渡せるもの、といった要件も具備している。

携帯電話は国の答申で示された 16 品目に含まれているため、回収対象としているが、国のガイドライン等の趣旨も踏まえ、モバイル・リサイクル・ネットワークの販売店回収の仕組みについてもホームページで周知している。

長辺で 30cm 未満のものに限定している理由は、粗大ごみ（有料）となるものが長辺で 30cm 以上の金属含有物、金属製品とされており、これとの棲み分けを図るためである。

③平成 25 年 3 月の回収状況

3 月の回収量は 1,247 個、790kg であった。練馬区が 9 品目で 100kg/月回収していたことから、16 品目で 150kg の回収量を想定した。しかし、実際には 5 倍強の 790kg の回収となった。

これは、小型電子機器のボックス回収を開始する 1 ヶ月前の 2 月に、主に自治会に配布するリサイクル情報誌「リサイクルプレス」で小型電子機器の回収

の告知を行ったほか、各種全国紙・地方紙で相模原市での小型電子機器回収についての報道が相次いだことで、市民に小型電子機器回収の周知がなされたためとみている。

品目別にみると、据置型ゲーム機、電話機、携帯電話・PHSといった品目の回収量が多い。「その他（ACアダプター、コード類以外）」に分類されるものとしては、HDD、ラジカセ、基板（マザーボード）などが多い。

据置型ゲーム機や携帯電話などは、まだ新しいものも散見され、退蔵していたものに加え、買い替えで不要になったものが排出されているのではないかと推察される。

④回収後物の保管・引渡状況

個々の回収ボックスが一次保管場所となり、回収ボックスが満杯になった時点で、回収ボックス内の小型電子機器等を市職員が橋本台リサイクルスクエアに運搬し、屋内の保管庫で施錠管理している。保管庫に保管される小型電子機器は、橋本台リサイクルスクエアの職員もしくは資源物の持ち去り対策に係るパトロールを行っている市の職員等により品目別に分別され、リサイクル事業者に引き渡す。

携帯電話の個人情報保護のため、回収ボックス投入前に個人情報を消去するよう周知しており、回収後に橋本台リサイクルスクエアの職員もしくは市の職員により、穴あけ処理される。

また、電池類・メモリーカード類が抜き取られていない場合にも、橋本台リサイクルスクエアの職員もしくは市の職員が抜き取り処理を行っている。

⑤得られた知見、今後に向けた課題

- ・粗大ごみ処理施設では、粗大ごみと一緒に小型電子機器を持ち込む人が多い。
- ・平成 25 年 3 月は想定の 5 倍強の小型電子機器が回収され、保管庫がほぼ満杯になる状況であった。今後とも想定以上の小型電子機器が回収され続ける場合には、保管場所、保管体制について再考する必要がある。



(3) 浜松市

浜松市は 3R（リデュース＝発生抑制、リユース＝再使用、リサイクル＝再生利用）推進の一環として、新たなリサイクルの取組みとして、小型家電リサイクル法の施行に先駆け、使用済小型家電をボックス回収することにした。

本事業の開始にあたっては県内自治体としては初めて環境省から「小型電子機器等リサイクルシステム構築協力地域」の認定及び社会実証事業として採択を受けており、平成 25 年 3 月 1 日より 3 月末日までは、環境省と連携して実施し、4 月からは市の事業として継続して行うこととしている。




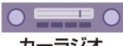





表 2-4 小型家電の回収システムの概要

事業期間	平成 25 年 3 月 1 日（金）～																																											
回収日時	※回収ボックスの利用は、各施設の開所・営業時間内。																																											
回収方法、 回収場所	<p>ボックス回収</p> <ul style="list-style-type: none"> ・市施設 32 か所に回収ボックスを設置。 <div style="text-align: center;">  </div>																																											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>区別</th> <th>課・施設</th> <th>住所</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>中区</td> <td>中区役所(まちづくり推進課)</td> <td>中区元城町 103-2</td> </tr> <tr> <td>中区</td> <td>西部公民館</td> <td>中区広沢一丁目 21-1</td> </tr> <tr> <td>中区</td> <td>南部公民館</td> <td>中区海老塚二丁目 25-17</td> </tr> <tr> <td>中区</td> <td>北部協公民館</td> <td>中区葵東一丁目 15-1</td> </tr> <tr> <td>中区</td> <td>曳馬公民館</td> <td>中区曳馬三丁目 13-10</td> </tr> <tr> <td>中区</td> <td>佐鳴台公民館</td> <td>中区佐鳴台二丁目 24-1</td> </tr> <tr> <td>中区</td> <td>鴨江分庁舎(資源廃棄物政策課)</td> <td>中区鴨江三丁目 1-10</td> </tr> <tr> <td>東区</td> <td>東区役所(区民生活課)</td> <td>東区流通元町 20-3</td> </tr> <tr> <td>東区</td> <td>蒲公民館</td> <td>東区子安町 309-1</td> </tr> <tr> <td>東区</td> <td>北清掃事業所</td> <td>東区有玉西町 782-1</td> </tr> <tr> <td>西区</td> <td>西区役所(まちづくり推進課)</td> <td>西区雄踏一丁目 31-1</td> </tr> <tr> <td>西区</td> <td>舞阪協働センター</td> <td>西区舞阪町舞阪 2701-9</td> </tr> <tr> <td>西区</td> <td>神久呂公民館</td> <td>西区神原町 922</td> </tr> </tbody> </table>	区別	課・施設	住所	中区	中区役所(まちづくり推進課)	中区元城町 103-2	中区	西部公民館	中区広沢一丁目 21-1	中区	南部公民館	中区海老塚二丁目 25-17	中区	北部協公民館	中区葵東一丁目 15-1	中区	曳馬公民館	中区曳馬三丁目 13-10	中区	佐鳴台公民館	中区佐鳴台二丁目 24-1	中区	鴨江分庁舎(資源廃棄物政策課)	中区鴨江三丁目 1-10	東区	東区役所(区民生活課)	東区流通元町 20-3	東区	蒲公民館	東区子安町 309-1	東区	北清掃事業所	東区有玉西町 782-1	西区	西区役所(まちづくり推進課)	西区雄踏一丁目 31-1	西区	舞阪協働センター	西区舞阪町舞阪 2701-9	西区	神久呂公民館	西区神原町 922	
区別	課・施設	住所																																										
中区	中区役所(まちづくり推進課)	中区元城町 103-2																																										
中区	西部公民館	中区広沢一丁目 21-1																																										
中区	南部公民館	中区海老塚二丁目 25-17																																										
中区	北部協公民館	中区葵東一丁目 15-1																																										
中区	曳馬公民館	中区曳馬三丁目 13-10																																										
中区	佐鳴台公民館	中区佐鳴台二丁目 24-1																																										
中区	鴨江分庁舎(資源廃棄物政策課)	中区鴨江三丁目 1-10																																										
東区	東区役所(区民生活課)	東区流通元町 20-3																																										
東区	蒲公民館	東区子安町 309-1																																										
東区	北清掃事業所	東区有玉西町 782-1																																										
西区	西区役所(まちづくり推進課)	西区雄踏一丁目 31-1																																										
西区	舞阪協働センター	西区舞阪町舞阪 2701-9																																										
西区	神久呂公民館	西区神原町 922																																										

	西区	平和清掃事業所	西区平松町 77
	西区	西部清掃工場	西区篠原町 26098-1
	南区	南区役所(区民生活課)	南区江之島町 600-1
	南区	可美公民館	南区増楽町 1723-1
	南区	南清掃事業所	南区江之島町 1715
	北区	北区役所(まちづくり推進課)	北区細江町気賀 305
	北区	引佐協働センター	北区引佐町井伊谷 616-5
	北区	三ヶ日協働センター	北区三ヶ日町三ヶ日 500-1
	北区	都田公民館	北区都田町 5563-16
	北区	三方原公民館	北区三方原町 1179-5
	浜北区	浜北区役所(まちづくり推進課)	浜北区西美蘭 6
	浜北区	麩玉公民館	浜北区宮口 3171
	浜北区	浜北環境事業所	浜北区永島 954
	天竜区	天竜区役所(まちづくり推進課)	天竜区二俣町二俣 481
	天竜区	春野協働センター	天竜区春野町宮川 1467-2
	天竜区	佐久間協働センター	天竜区佐久間町佐久間 429-1
	天竜区	水窪協働センター	天竜区水窪町奥領家 2980-1
	天竜区	龍山協働センター	天竜区龍山町大嶺 570-1
	天竜区	天竜環境事業所	天竜区小川 558-3
	回収対象品目	下記の 65 品目 (縦 15 cm 未満、横 60cm 未満、奥行 30 cm 未満のものに限定。)	
	<p>携帯電話、公衆用 PHS 端末、パーソナルコンピュータ※1 (モニターを含む) ※タブレット型情報通信端末を含む</p>		 <p>携帯電話 電話機</p> <p>PHS</p> <p>パソコン タブレット</p>
	<p>電話機、ファクシミリ、ラジオ</p>		 <p>電話機 FAX</p>

		 <p>ラジオ</p>
	<p>デジタルカメラ、ビデオカメラ、カメラ</p>	 <p>デジタルカメラ</p>  <p>ビデオカメラ</p>  <p>カメラ</p>
	<p>録画・再生装置 DVDビデオ※2、HDDレコーダ、BDレコーダ/プレーヤ、ビデオテープレコーダ(セット)※2</p>	 <p>DVDビデオ</p>  <p>HDDレコーダ</p>  <p>BDレコーダ</p>  <p>ビデオテープレコーダ</p>
	<p>音響機器 MDプレーヤ、デジタルオーディオプレーヤ(フラッシュメモリ)、デジタルオーディオプレーヤ(HDD)、CDプレーヤ、デッキ除くテープレコーダ、ヘッドホン及びイヤホン、ICレコーダ、補聴器)</p>	 <p>MDプレーヤ</p>  <p>デジタルオーディオプレーヤ (フラッシュメモリ)</p>  <p>デジタル オーディオプレーヤ</p>  <p>CDプレーヤ</p>  <p>デッキ除く テープレコーダ</p>  <p>ヘッドホン 及びイヤホン</p>  <p>ICレコーダ</p>  <p>補聴器</p>

	<p>補助記憶装置 ハードディスク、USB メモリ、メモリーカード</p>	 <p>ハードディスク USBメモリ</p> <p>メモリーカード</p>
<p>電子書籍端末</p>	 <p>電子書籍端末</p>	
<p>電子辞書、電卓</p>	 <p>電子辞書 電卓</p>	
<p>電子血圧計、電子体温計</p>	 <p>電子血圧計 電子体温計</p>	
<p>懐中電灯</p>	 <p>懐中電灯</p>	
<p>時計</p>	 <p>時計</p>	
<p>理容機器 ヘアドライヤー、ヘアアイロン、電気かみそり、電気バリカン、電気かみそり洗浄機、電動歯ブラシ</p>	 <p>ヘアドライヤー ヘアアイロン</p> <p>電気バリカン 電気かみそり</p>	
<p>ゲーム機 据置型ゲーム機、携帯型ゲーム機、ハンドヘルドゲーム(ミニ電子ゲーム)、ハイテク系トレンドトイ</p>	 <p>携帯型ゲーム機 ハンドヘルドゲーム(ミニ電子ゲーム)</p>	

		 <p>ハイテク系トイド</p>
	<p>カー用品 カーナビ、カーカラーテレビ、カーチューナー、カーステレオ、カーラジオ、カーCDプレーヤー、カーDVD、カーMD、カースピーカー、カーアンプ※2、VICSユニット、ETC 車載ユニット</p>	 <p>カーナビ</p>  <p>カーステレオ</p>  <p>カーラジオ</p>  <p>カーCDプレーヤー</p>
	<p>これらの附属品 リモコン、キーボードユニット、マウス、ACアダプタ、ケーブル、プラグ・ジャック、充電器(健康機器、美容機器、カメラ等の充電器)、地上デジタルチューナー、CSデジタルチューナー、その他チューナー、ケーブルテレビ用STB、ゲーム用コントローラ</p>	 <p>リモコン</p>  <p>キーボードユニット</p>  <p>マウス</p>  <p>ACアダプタ</p>  <p>ケーブル</p>
<p>※ 1 回収ボックスに入らないパーソナルコンピュータは、メーカーなどに回収を依頼することを要請。</p> <p>※ 2 DVDビデオ、ビデオテープレコーダ(セット)、カーアンプを回収ボックスに入れる場合には、「浜松市連絡ごみ手数料」の納付は不要。</p>		

(資料) 浜松市ホームページ

以下は、浜松市へのヒアリング調査時に把握した事項である。

①回収方式をボックス方式にした理由

盗難防止、個人情報保護の徹底を念頭に、ボックス方式を採用した。盗難防止対策として、1)回収ボックスを屋内に設置すること、2)回収拠点の職員が目につきやすい場所に回収ボックスを設置すること、3)回収ボックスは施錠タイプとしていること、4)回収ボックスの構造上の工夫として、手をつっこんで取り出しにくいようにしていること、等の措置を講じている。

②回収対象物の設定の考え方

“特に再資源化を促進すべきものであり、逆有償にならないもの”を抽出した結果、65品目となった。

浜松市ではノートパソコンも回収対象物としている。ノートパソコンについては、従来、市では回収を行っていなかったため、今回の回収は、市民サービスの向上と資源リサイクルへの貢献の2つの意義を有している。実際に、3月の回収では、家庭に退蔵されていたノートパソコンが多数回収され、市民サービスの向上と資源リサイクルへの貢献を果たせたとのことである。

浜松市では、平成25年4月1日以降、1辺が60cm以上の粗大ごみについては「連絡ごみ」と位置づけ、有料化することが予定されている。そのため、横幅が60cm未満のものを対象に回収することとし、「連絡ごみ」との棲み分けを図った。

回収物の適否の判断が難しい品目については、担当者間で随時議論を行い、適否を判断していった。例えば、パソコンを分解し、取り出された基板の破砕物が回収ボックスに投入されたことがあり、これについては収集の安全性や有害物質漏出リスクを鑑み、回収不可とした。

③平成25年3月の回収状況

3月は引越の多い時期であり、また、連絡ごみ有料化前の駆け込み排出が起こったこともあり、3月の回収結果は、通常月よりも上振れしているが、3月1日から3月28日の約1ヶ月で6トン超の小型電子機器を回収した。(当初は1回収拠点で1ヶ月40kg、32カ所合計で約1.3トン/月、15トン/年を想定したが、3月1ヶ月だけで6トン超が集まった。)

品目としては、携帯電話、パソコン、録画再生装置、コード・ケーブル類が多かった。市民の家庭で排出先がなく退蔵されていたものが、回収開始を機に排出されたものと認識している。

概ね順調に回収できたが、回収ルールを守らないケースも若干であるがみられた。

(回収ルールが守られなかった例)

- －CDソフト、ビデオテープの混入
- －縦、横、奥行の制限を守らず、2～3cm大きいものを強引に投入
- －本来は回収ボックスに入らないパソコンを分解して投入

④回収後物の保管・引渡状況

個々の回収ボックスが一次保管場所となり、回収ボックスが満杯になった時点で、市の職員が市の施設（平和清掃事業所）に運搬し、保管している。平和清掃事業所の保管場所が一杯になった時点でリサイクル事業者に連絡し、引き渡している。

⑤得られた知見、今後に向けた課題

- ・当初は、回収ボックス内にビニール製の袋に入れ、保管場所に運搬しているが、今後はコンテナでの運搬を検討中である。
- ・回収対象品目を住民にわかりやすく伝える必要性を感じ、ホームページではイラストをできるだけ多く使用したが、それでも住民からはわかりにくいという声があった。今後は回収ボックス横にもイラスト表示を行う予定である。
- ・事業系ごみの混入リスク及びこれへの対策を行う必要がある。

2. その他、関東圏域で小型家電リサイクルに取り組む先進的自治体の事例

その他、関東圏域で小型リサイクルに取り組む先進的自治体の事例を回収方式別に整理した。

(1) ボックス回収

ボックス回収を行っている事例として、日立市、練馬区が挙げられる。

①日立市

日立市における小型家電の回収・リサイクルシステムを以下に示す。

表 2-5 日立市のボックス回収の概要

実施の背景	<ul style="list-style-type: none"> 茨城県は、平成 21 年度に経済産業省、環境省が勧めている一般家庭から使用済の小型家電を回収し、適正処理するモデル地域に選定された。 日立市では、使用済家電製品の分別回収に取り組んでいることから、循環型社会形成の推進、資源物の有効活用、環境の保全の観点から茨城県の事業に協力している。
家庭からの回収頻度	随時
家庭からの回収方法、回収場所	「小型家電製品」としてボックス回収 (市内 34 カ所)
回収対象品目	デジタルカメラ、携帯電話、電子手帳、携帯音楽プレーヤー、ゲーム機器、卓上計算機、ビデオカメラ、カーナビゲーション、ワードプロセッサ（回収ボックスに入るもの）、AC アダプター
小型家電回収量	6.41 個／1000 人・月 1.47kg／1000 人・月 ※モデル事業時の結果
回収後のモノの流れ	<ul style="list-style-type: none"> ボックス回収された廃小型家電等を、日立福祉リサイクルセンターにおいて、障がい者の手作業による解体・選別をはじめとした再資源化事業を実施。 平成 24 年 4 月 1 日から平成 25 年 3 月 31 日までの 1 年間の実証実験として実施。

(資料) 日立市ホームページ、日和サービス株式会社ホームページより作成

②練馬区

練馬区における小型家電の回収・リサイクルシステムを以下に示す。

表 2-6 練馬区のボックス回収の概要

実施の背景	・調布市での小型家電回収に触発され、実施。												
家庭からの回収頻度	随時												
家庭からの回収方法、 回収場所	「小型家電」としてボックス回収 (市内9カ所)												
回収対象品目	携帯電話、携帯音楽プレーヤー、携帯ゲーム機器、 デジタルカメラ、ポータブルビデオカメラ、ポータブル カーナビ、電子辞書、卓上計算機、ACアダプター												
小型家電回収量	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>携帯電話</th> <th>その他</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>平成23年9月～24年3月</td> <td>1,295個</td> <td>2,918個</td> </tr> <tr> <td>平成24年4月～24年9月</td> <td>968個</td> <td>2,634個</td> </tr> <tr> <td>平成24年10月～25年1月</td> <td>1,200個</td> <td>3,109個</td> </tr> </tbody> </table> <p>※平成24年10月より回収場所を2カ所増設したこと、 および情報誌「ねりまの環第4号」への掲載などの広 報活動により、回収量の増加が見られた。</p>		携帯電話	その他	平成23年9月～24年3月	1,295個	2,918個	平成24年4月～24年9月	968個	2,634個	平成24年10月～25年1月	1,200個	3,109個
	携帯電話	その他											
平成23年9月～24年3月	1,295個	2,918個											
平成24年4月～24年9月	968個	2,634個											
平成24年10月～25年1月	1,200個	3,109個											
回収後のモノの流れ	<ul style="list-style-type: none"> ・対象となる小型家電製品を解体し、取り出した部品を6種類(①モーター、トランス、マグネトロン、②電子基板、③ハードディスク、④コード類、⑤金属複合材、⑥プラスチック)に分けて保管。 ・4t車にいっぱいになった時点で事業者へ連絡。売却後、引き取りに来てもらう。 ・引き取った部品は、事業者の工場における素材の分離回収システムによって、資源回収を行う。具体的には特殊シュレッダー等により構成された自動の破碎・選別ラインによって、鉄、非鉄、貴金属、樹脂類に分離・濃縮を行う。回収された各金属類については原料として、樹脂類については燃料として、それぞれ国内の素材メーカー等に出荷する。 ・鉄は電炉メーカーに、アルミは2次合金メーカーに、銅・貴金属類は非鉄製錬メーカーに、ステンレスは特殊鋼メーカーに売却している。 ・金属とプラスチックの複合品も効率的に処理を行い、各金属素材を純度高く回収している。 												

(資料) 練馬区ホームページより作成

(2) ステーション回収

ごみステーションを活用して小型家電機器を回収している自治体として所沢市が挙げられる。

表 2-7 所沢市のステーション回収の概要

実施の背景	・所沢市では、平成 17 年度以降、自区内の最終処分場がなくなり、市外の処分場に委託する状況にある。埋立処分量の減少は重要な課題であり、破碎処理品の 5%程度を占める小型家電をリサイクルに回そうということとなった。
家庭からの回収頻度	月 1 回（ステーション回収の場合） 清掃工場への持込の場合は随時
家庭からの回収方法、回収場所	「小型家電製品」としてステーション回収 清掃工場（東部クリーンセンター、西部クリーンセンター）への持込も可能
回収対象品目	電気ポット、掃除機、炊飯器、ビデオデッキ、トースター、ラジカセ、扇風機、プリンター、ゲーム機、電気や電池を使うおもちゃ、電話機、リモコン（テレビ等と一緒に出さない場合）、コード類、照明器具（蛍光管や電球をはずしてから）等
小型家電回収量	560t／年（平成 23 年度実績） うち、ステーション回収分 344t 清掃工場等への持込分 216t
回収後のモノの流れ	・回収品は保管ヤードに搬入され粗選別される。 ・鈴徳児玉営業所に有価物として引き渡している。

（資料）所沢市ホームページ、所沢市へのヒアリング調査をもとに作成

以下は、所沢市へのヒアリング調査時に把握した事項である。

①ステーション回収を行っている理由・経緯

所沢市では、平成 22 年 10 月 1 日から“燃やさないごみ”と同日に小型電子機器区分でのステーション別回収を開始した、それ以前は、容器包装以外のプラスチックや金属類などとあわせて“燃やさないごみ”の一部としてステーション回収し破碎処理を行っていた。

小型電子機器区分でのステーション回収に至る前の検討段階で、“燃やさないごみ”として回収した後、クリーンセンターで小型電子機器をピックアップ回収することも考えたが、月ベースで見ると収集するものが何もない日があったため、平成 23 年 4 月 1 日からは、「小型家電製品」の日を月に 1 回で設定しステーション回収する形とした。ステーション回収をスムーズに移行できた第一の理由は、収集体制の 7 割が直営であり、回収品目の変更、人員体制の変更に柔軟に対応できたためである。

第二の理由は、最終処分に係る量の委託料が節減でき、回収した小型電子機器の売却益が出ることで、小型電子機器の収集費用を相殺でき、支出費用の増加を抑えられたためである。

②回収対象物の設定の考え方

市民が排出する際にわかりやすくすることを基本としているため、“一辺の長さが概ね 50cm 以下の電気や電池で駆動する製品”であればすべて回収するようにしている。

パソコンは資源有効利用促進法に基づく、パソコン有限責任中間法人パソコン3R推進センターの回収システムに排出するよう市民に呼びかけている。

携帯電話は、個人情報保護の観点から、市内2箇所の拠点でボックス回収し、リサイクル業者に無償で引き渡している。回収ボックスは、職員の目の届くところに設置するとともに、手を入れても回収物を取り出せない構造にしている。また、市民からの希望があれば、職員が穴あけパンチで物理的に破壊し、個人情報の漏洩を防止している。回収拠点が遠く不要な携帯電話を排出できないといった問い合わせに対しては、携帯電話販売店での回収システム（モバイル・リサイクル・ネットワーク）の紹介も行っている。

最大辺が 50cm を超えるものについては粗大ごみとなり、また電子レンジは処理の都合上、ステーション回収の対象外となっている。ただし、清掃工場に直接持ち込まれた場合は、引き取っている。

③盗難対策に係る考え方及び具体的な取組状況

平成 25 年 4 月から小型家電リサイクル法が施行されることで、小型家電機器の資源価値に対する認識が高まり、ステーションに排出された小型家電機器のコードを切断しコードだけ持ち去るケースや、掃除機のホースを切断し、掃除機本体だけを持ち去るケースなどが見られた。

「所沢市廃棄物の減量及び適正処理に関する条例」の中で、“資源物”と定義されるものについては、所沢市の所有物であり、市または市長が指定する者以外の者は資源物を収集・運搬してはならないと規定していることから、小型電子機器についても“資源物”に加え、持ち去り対策を強化していく予定である。

④回収状況

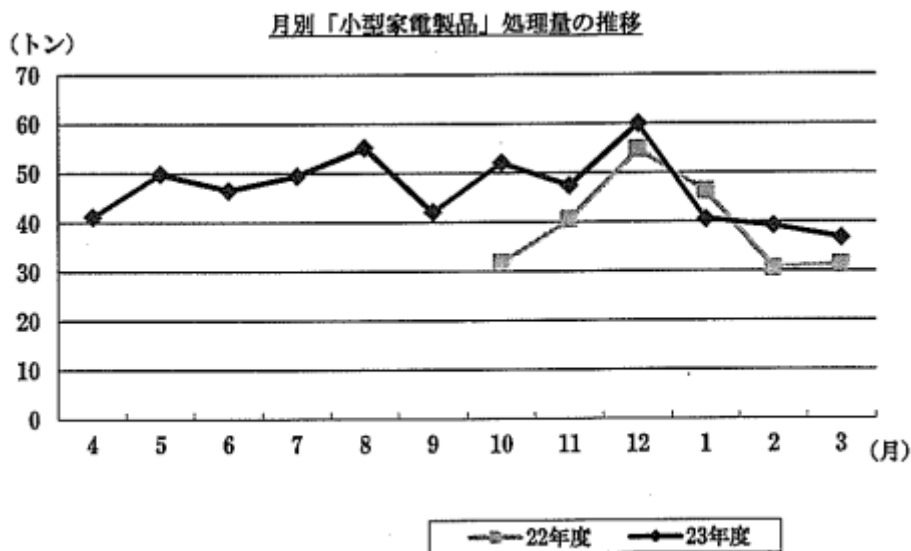
平成 23 年度の回収量は、560t であった。ステーション回収分が 344t、清掃工場への持込分が 216t であった。

品目別にみると、夏前は扇風機の排出が多く、冬は電気ストーブ、熱風機、正月前はプリンターの排出が多い。通年で排出量が多いものに、掃除機、炊飯

器が挙げられる。新製品の買い替えに伴い不要になった小型電子機器が排出されるという傾向がみられる。

回収後の粗選別を経てリサイクル事業者に引き渡した量は510tである。

回収量の560tを約34.3万人の人口で除した市民1人あたりの小型電子機器回収量は1.63kg/人・年であり、国が小型家電リサイクル法の施行にあたって定めた目標値（2015年までに全国で年間14万t、1人あたり約1kg/人・年）を上回っている。



(資料) 所沢市環境クリーン部「清掃事業概要平成24年版（平成23年度実績）」

⑤回収後の保管・引渡状況

ステーションや清掃工場で直接収集した小型電子機器については、東部クリーンセンターの保管ヤードに下ろして、作業員が粗選別を行う。ポリ袋に入った製品は取り出して、乾電池、蓄電池、プリンターのインク、トナー等も抜き取る。

粗選別を終えた小型電子機器は、ショベルカー等で簡易な破碎を行い、リサイクル業者が用意したコンテナに移す。現在使用している保管ヤードについては、埋立廃棄物用の一時保管場所を再使用したため、施設面での費用はかかっていない。

週2回のペース（水曜日、金曜日）を基本に引き取ってもらっている。

(3) ピックアップ回収

不燃ごみとして小型電子機器も回収し、回収した不燃ごみの中から小型電子機器をピックアップする方式を採用している自治体として、足立区、調布市が挙げられる。

①足立区

足立区における小型電子機器の回収・リサイクルシステムを以下に示す。

携帯電話・PHS はモバイル・リサイクル・ネットワークに、パソコンはパソコン有限責任中間法人パソコン3R推進センターに排出するよう呼びかけている。

表 2-8 足立区のピックアップ回収の概要

実施の背景	<ul style="list-style-type: none"> ・燃やさないごみ、粗大ごみの再資源化率の向上 ・埋立処分量の減量化 ・再資源化に伴う財源確保に目処がたったため
家庭からの回収頻度	月 2 回
家庭からの回収方法	燃やさないごみ（不燃ごみ）としてステーション回収
回収対象品目	炊飯器、アイロン、ドライヤー、コーヒーマーカー、ポット、トースター、電話機（FAX 機能付含む）、ジュースサー、ミキサーなど
小型家電回収量	399t/年（燃やさないごみ：5,000t/年）
回収後のモノの流れ	<ul style="list-style-type: none"> ・新小型・軽小型ダンプ車でステーション回収した後、要興業に搬入。 ・搬入物を、小型家電類、金属、ガラス、蛍光灯、プラスチック、陶磁器などに手選別。（要興業に委託） ・手選別した小型家電類を別の工場のストックヤードに下ろし、重機を使って細かく砕き、二軸の破碎機のラインに流す。破碎機で加工されたものは、破碎機で叩きながら小さく丸める。（要興業に委託。以下同様。） ・その後、磁選機にかけ、鉄だけを選別。鉄が選別された後は、振動によってふるいにかけて、ガラスやプラスチックなどの細かいごみ（残さ）が落ちる。 ・その後、アルミ選別機に流し、アルミやステンレス、銅等の鉄以外の金属と大きいごみ（残さ）に選別。 ・鉄等の金属類、アルミ/ステンレス/銅等の非鉄金属類、基板くず等の大小の残さ類は、それぞれ得意とする金属系の中間処理業者に売却。 ・売却先の処理場で、さらに選別工程を経て、製錬業者が鉄・非鉄の再生を主体とする。その他含有率は少ないが、金/銀/パラジウム等の有用金属も再生。

（資料）足立区ホームページ、経済産業省「自治体における小型家電リサイクルの先進的取組事例」（平成 23 年 5 月）より作成

②調布市

調布市における小型電子機器の回収・リサイクルシステムを以下に示す。

携帯電話・PHS はモバイル・リサイクル・ネットワークに、パソコンはパソコン有限責任中間法人パソコン3R推進センターに排出するよう呼びかけている。

表 2-9 調布市のピックアップ回収の概要

実施の背景	<ul style="list-style-type: none"> ・家電製品を資源化し、ごみを減らす。 ・部品を有価で売却し、市の収入にできる ・「電子基板やハードディスクなどの部品を燃えないごみとして処理するのはもったいない。資源化できないか。」という職員の声 ・40cm以上の家電製品を粗大ごみとして収集しているため、新たな収集経費を必要としない ・家電製品の解体作業が、新たな人件費をかけずに、現在の職員体制により対応できたため。
家庭からの回収頻度	申込制
家庭からの回収方法	粗大ごみとしてステーション回収
回収対象品目	40cm以上の粗大ごみとして回収されるもののうち、売却できる部位を含む小型家電（電子レンジ、食器洗浄機、ビデオデッキ、ラジカセ、ミニコンポ、プリンタ、掃除機など）
小型家電回収量	30t/年（11,000点、粗大ごみは13.5万点）
回収後のモノの流れ	<ul style="list-style-type: none"> ・対象となる小型家電製品を解体し、取り出した部品を6種類（①モーター、トランス、マグネトロン、②電子基板、③ハードディスク、④コード類、⑤金属複合材、⑥プラスチック）に分けて保管。 ・4t車にいっぱいになった時点で事業者へ連絡。売却後、引き取りに来てもらう。 ・引き取った部品は、事業者の工場における素材の分離回収システムによって、資源回収を行う。具体的には特殊シュレッダー等により構成された自動の破碎・選別ラインによって、鉄、非鉄、貴金属、樹脂類に分離・濃縮を行う。回収された各金属類については原料として、樹脂類については燃料として、それぞれ国内の素材メーカー等に出荷する。 ・鉄は電炉メーカーに、アルミは2次合金メーカーに、銅・貴金属類は非鉄製錬メーカーに、ステンレスは特殊鋼メーカーに売却している。 ・金属とプラスチックの複合品も効率的に処理を行い、各金属素材を純度高く回収している。

（資料）調布市ホームページ、経済産業省「自治体における小型家電リサイクルの先進的取組事例」（平成23年5月）より作成

(4) 清掃工場等への持ち込み

清掃工場等への持ち込みを行っている事例として、長岡市が挙げられる。

表 2-10 長岡市のステーション回収の概要

実施の背景	<ul style="list-style-type: none"> ・ごみの減量化や二酸化炭素排出量・埋立料の減量化 ・資源の有効利用 ・障害者の雇用創出
家庭からの回収頻度	毎週土・日曜日 午前9時～正午 (祝日及び年末年始を除く)
家庭からの回収方法、回収場所	<p>「小型家電製品」を拠点回収場所（8カ所）に持ち込み</p> <ul style="list-style-type: none"> ■環境衛生センター（寿3） ■中之島資源物保管庫（中之島・中之島交番裏） ■栃尾金町車庫（金町2・井上クリーニング店となり） ■希望が丘資源物ステーション（西津町・希望が丘プール隣） ■越路支所駐車場（浦） ■越路支所（浦） ■三島支所（上岩井） ■和島支所（小島谷）
回収対象品目	電池や電気を使用する概ね50cm角以内の家電製品（家電4品目、除湿器、電気カーペット類は除く）
小型家電回収量	平成23年7月～平成24年3月末で20tを予定。
回収後のモノの流れ	<ul style="list-style-type: none"> ・土、日午前中に回収拠点にて品目別に回収、月曜日に作業施設に運搬。 ・作業施設では、手作業で基板や金属、プラスチックに分離。基板は国内製錬へ、鉄は電炉メーカーへ、銅などの非鉄金属は製錬メーカーへ、アルミは二次豪人メーカーへ、廃プラスチックは鉄鋼メーカー等に販売。

(資料) 長岡市ホームページ、経済産業省「自治体における小型家電リサイクルの先進的取組事例」(平成23年7月)より作成

3. 使用済小型電子機器の回収規模等と費用対効果の関係

(1) 回収方式の違いと費用対効果の関係

環境省、経済産業省「使用済小型電子機器等の回収に係るガイドライン」（平成 25 年 3 月）によれば、市町村による使用済小型電子機器の回収方式として、ボックス回収、ステーション回収、ピックアップ回収等がある。

表 2-11-1 市町村による回収方式の概要（その 1）

	概要
ボックス回収	<ul style="list-style-type: none"> 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電子機器等を直接投入する方式。 モデル事業の例では、回収ボックスの設置場所として以下が挙げられる。公共施設（市役所等）、スーパー、家電販売店、ホームセンター、ショッピングセンター、郵便局、学校、駅、駐輪場 等
ステーション回収	<ul style="list-style-type: none"> 現行の分別収集体制においてステーション（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、使用済小型電子機器等に該当する分別区分を新設（回収コンテナ等を設置）し、使用済小型電子機器等を回収する方式。 モデル事業の例では、ステーションは有人（指導員等）の場合が多い。 本ガイドラインでは、家庭ごみの有料化と同時に導入される場合が多い、戸別回収（戸別収集とも言う。建物ごとに敷地の中にごみ出しの場所を設ける収集方式のこと）は、ステーション回収に含む。
ピックアップ回収	<ul style="list-style-type: none"> 従来的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電子機器等を市町村側で選別する方式。 ピックアップ作業はピット投入前のプラットフォームで行うケースやベルトコンベアにて行うケース等、様々な方法が存在。

（資料）「使用済小型電子機器等の回収に係るガイドライン」（平成 25 年 3 月）より作成

表 2-11-2 市町村による回収方式の概要（その 2）

	概要
集団回収・市民参加型回収	<ul style="list-style-type: none"> 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電子機器等を回収する方式。
イベント回収	<ul style="list-style-type: none"> 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電子機器等を回収する方式。
清掃工場等への持込み	<ul style="list-style-type: none"> 清掃工場等へ消費者が使用済小型電子機器等を持参する方式。
戸別訪問回収	<ul style="list-style-type: none"> 消費者が使用済小型電子機器等を排出したい旨を市町村に連絡し、市町村担当者または市町村から依頼を受けた業者が、連絡をした家庭に直接引取りに行って対象機器を回収する方式。 対面回収となる点が本回収方式の特徴。

（資料）「使用済小型電子機器等の回収に係るガイドライン」（平成 25 年 3 月）より作成

回収方式を実施した場合の利点及び必要となる費用を以下にまとめた。回収方式によって特徴や必要となる費用が異なり、また、同一方式でも複数の実施方法が考えられるため、現行の分別収集体制に加えて使用済小型電子機器等の回収を行う市町村は、対象地域の特色に応じた方法で回収を実施する必要がある。

表 2-12 回収方式ごとの特徴

回収方式	回収方式及び実施方法例							
	ボックス回収	ステーション回収	ピックアップ回収	集団回収・市民参加型回収	イベント回収	清掃工場等への持込み	戸別訪問回収	
実施方法例	ボックスを設置して回収し、専用車両によって回収	分別区分を新設し、通常のごみ回収ステーションにて回収	既存の分別区分で、通常のごみ回収ステーションにて回収	既に資源物の集団回収を行っている市民団体が回収	地域のイベントにおいて回収ボックスを設置	清掃工場に消費者が持参した対象機器を対面回収	市町村に連絡をした家庭に、引取りに行き回収	
実施の際の利点	回収量の確保に資する	△	○	○	△	×	×	△
	常時排出、通常のごみ排出と同様の場所への排出が可能(消費者にとって排出容易)	△	○	○	△	×	×	△
	市町村がごみの分別区分を新設する必要がない	○	×	○	○	○	○	△
	盗難トラブルの可能性が低い	△	△	△	△	△	○	○
	その他のごみ等の異物混入を防ぐことができる	×	△	○	△	△	○	○
	収集運搬費用が増加しない	△	△	○	△	×	○	△
・ボックス設置費用 ・ボックスからの収集運搬費用 ・普及啓発費用	・コンテナ設置費用 ・収集運搬費用 ・普及啓発費用	・ピックアップ費用	・普及啓発費用 ・集団回収奨励金	・イベント出展費用 ・イベント会場からの運搬費用 ・普及啓発費用	・普及啓発費用 ・ピックアップ費用	・普及啓発費用 ・回収実施費用		

※実施方法例の内容にて回収を実施した場合に必要な費用

○：合致する
△：実施方法により合致する
×：合致しない

(資料)「使用済小型電子機器等の回収に係るガイドライン」(平成25年3月)より作成

参考までに、ボックス回収方式とステーション回収方式の回収規模と費用の関係を示した。

■ボックス回収

<試算の前提条件>

- ・ 使用済小型電子機器等を収集する専用車（4t 平ボディ車）にて収集。
- ・ 使用済小型電子機器等の量が多く、1 台で積載できない場合は車両を追加。
- ・ 使用済小型電子機器等の発生量：0.06kg/人・年 または 0.37kg/人・年
- ・ 収集頻度：月 1 回
- ・ ボックス設置密度：5,000 人/個

<試算結果>

広域回収	使用済小型電子機器等の発生量	使用済小型電子機器等 1kg 当たりの費用	1 万人・1 年当たりの費用
	kg/人・年	円/kg	円/万人・年
なし	0.06	168.7	103,483
	0.37	29.4	108,348
あり	0.06	50.6	31,035
	0.37	16.8	61,824

【注記】

- ・ 「広域回収なし」とは、現在のごみ収集体制の範囲内にてボックス回収を実施した場合を想定。
- ・ 「広域回収あり」とは、生活圈（全国を 207 のゾーンに分類※）の範囲内にてボックス回収を実施した場合を想定。一部事務組合等の複数市町村を対象としている者が管轄地域にボックスを設置することなどが考えられる。
- ・ それぞれ人口密度を勘案して抽出した 3 つの都道府県について前提条件に基づき費用を算出し、使用済小型電子機器等の量にて加重平均した数値を掲載。
- ・ 市町村や生活圈ゾーンによってはこの数値から 1 桁程度の違いが現れる可能性がある。
- ・ 使用済小型電子機器の発生量が 0.06kg/人・年の場合は回収率 5%を想定、0.37kg/人・年の場合は同 30%を想定。

※207 生活圈ゾーン（国交省の全国幹線旅客純流動調査で用いられるゾーン区分）

http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/jyunryuudou/doc/207_Zone2005.pdf

（資料）「使用済小型電子機器等の回収に係るガイドライン」（平成 25 年 3 月）より作成

■ステーション回収

<試算の前提条件>

- ・ 従来から存在した分別区分（粗大ごみ小、ビン・缶、その他プラスチック）の収集車（4t 平ボデー車）の空いたスペースを活用して使用済小型電子機器等を収集。粗大ごみ小は、45 リットル処理袋に入るサイズで不燃物を含む何種類かの材質でできているものを想定。
- ・ 使用済小型電子機器等の量が多く、1 台で積載できない場合は車両を追加。
- ・ 使用済小型電子機器等の発生量：0.06kg/人・年 または 0.37kg/人・年
- ・ 粗大ごみ小の発生量：2.5kg/人・年
- ・ ビン・缶の発生量：9.2kg/人・年
- ・ 収集頻度：月1回
- ・ ステーション設置密度：300 人/個

<試算結果>

ついで回収対象	使用済小型電子機器等の発生量	使用済小型電子機器等 1kg 当たりの費用	1 万人・1 年当たりの費用
	kg/人・年	円/kg	円/万人・年
粗大ごみ小	0.06	5.5	3,383
	0.37	9.1	33,556
ビン・缶	0.06	7.2	4,399
	0.37	4.7	17,419

【注記】

- ・ 全市町村について前提条件に基づき費用を算出し、使用済小型電子機器等の量にて加重平均した数値を掲載。市町村によってはこの数値から 1 桁程度の違いが現れる可能性がある。
- ・ 使用済小型電子機器の発生量が 0.06kg/人・年の場合は回収率 5%を想定、0.37kg/人・年の場合は同 30%を想定。

(資料)「使用済小型電子機器等の回収に係るガイドライン」(平成 25 年 3 月)より作成

中央環境審議会「小型電気電子機器リサイクル制度の在り方について（第一次答申）」(平成 24 年 1 月 31 日)でも、リサイクルによる効果とリサイクルに要する費用の大小関係を確認することを目的に、回収率、広域回収の有無、回収対象地域、回収対象鉱種を変動させて費用対効果分析を行っている。

便益から費用を差し引いた値がプラスとなるのは、回収品目が 20 品目で広域回収を行い、回収率が 20%以上の場合である。回収品目を特定のレアメタルに限定することや、広域回収をせずに自区内処理を行う場合、費用対効果は悪化することがわかる。

回収品目を 50 品目に広げても、費用に見合うだけの便益は得られず、費用対効果は悪化することもわかる。

表 2-13 費用対効果の分析結果の一例

	ケース1 20品目 30%	ケース2 20品目 5%	ケース3 20品目 10%	ケース4 20品目 20%	ケース5 20品目 50%	ケース6 自区内処 理	ケース7 特定レア メ回収	ケース8 50品目	ケース9 過疎部除 き
関係者利潤	10.3億円	-11.1億円	-0.4億円	5.5億円	18.5億円	-114.1億円	-6.0億円	-40.8億円	10.8億円
その他便益	?	?	?	?	?	?	?	?	?
便益計(20年)	140億円	-150億円	-54億円	75億円	252億円	-1,551億円	-82億円	-555億円	147億円
費用計(20年)	42億円	42億円	42億円	42億円	42億円	42億円	42億円	42億円	36億円
費用便益分析	B-C= 98億円 B/C=3.35	B-C= -192億円 B/C=-3.60	B-C= -96億円 B/C=-1.29	B-C= 33億円 B/C=1.78	B-C= 210億円 B/C=6.01	B-C= -1,593億円 B/C=-37.09	B-C= -124億円 B/C=-1.96	B-C= -596億円 B/C=-13.26	B-C= 111億円 B/C=4.09
金属資源の 安定供給効果	5.9億円	1.0億円	2.0億円	3.9億円	9.8億円	5.9億円	8.2億円	15.5億円	4.7億円
TMR削減効果	32万t	5.1万t	11万t	21万t	53万t	31万t	47万t	73万t	26万t
最終処分場 延命効果	9.8千m3/年 (0.0085%)	1.6千m3/年 (0.0014%)	3.3千m3/年 (0.0028%)	6.5千m3/年 (0.0056%)	16千m3/年 (0.014%)	9.8千m3/年 (0.0085%)	9.8千m3/年 (0.0085%)	40千m3/年 (0.035%)	7.9千m3/年 (0.0068%)
有害物質による 環境・健康 影響改善効果	効果あり	効果あり	効果あり	効果あり	効果あり	効果あり	効果あり	効果あり	効果あり
その他効果	?	?	?	?	?	?	?	?	?
費用対効果	効果>費用	?	?	効果>費用	効果>費用	?	?	?	効果>費用

※ケース 6~9 の回収率は 30%

(資料) 中央環境審議会「小型電気電子機器リサイクル制度の在り方について(第一次答申)」(平成 24 年 1 月 31 日)より作成

上表の結果から、小型電子機器のリサイクル実施により、リサイクルで得られる有用金属の売却収益からリサイクルに要する費用を差し引いた便益以外にも、金属資源の安定供給効果、TMR 削減効果、最終処分場延命効果、有害物質による環境・健康影響改善効果等が発生することも示唆される。

(2) 回収・リサイクルシステムの段階別にみた費用対効果

中央環境審議会「小型電気電子機器リサイクル制度の在り方について(第一次答申)」(平成 24 年 1 月 31 日)によれば、使用済小型電子機器の回収・リサイクルシステム全体としては経済効率性を有しているが、個別段階でみると、回収段階は損失が生じ、中間処理・金属回収段階は利益が出る、ことがわかる。

表 2-14 段階別の採算性評価(回収率 30%)(単位:百万円)

段階	収益(b)	費用(c)	収益-費用 (b-c)	収益/費用 (b/c)
小型家電回収	313	528	-214	0.59
中間処理(シナリオ①)	3,903	3,093	810	1.26
中間処理(シナリオ②)	4,065	3,738	327	1.09
金属回収(シナリオ①)	3,949	3,732	217	1.06
金属回収(シナリオ②)	5,032	4,755	277	1.06

(注) シナリオ①、シナリオ②は次ページ表 2-14 に詳述。

(資料) 中央環境審議会「小型電気電子機器リサイクル制度の在り方について(第一次答申)」(平成 24 年 1 月 31 日)より作成

表 2-15 費用対効果の分析に用いたシナリオ

		①従来型レアメタル回収シナリオ	②レアメタル重点回収シナリオ
小型家電回収	回収品目	携帯電話、ゲーム機(小型以外)、ゲーム機(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プレーヤー、デジタルカメラ、カーナビ、ビデオカメラ、DVDプレーヤー ※比較的金属含有濃度が高く、昨年度排出ポテンシャルを推計した9品目を選定	
	回収対象地域	日本全国を対象	
	回収率	潜在的回収可能台数の5%、10%、20%、30%	
	回収方法	5万人未満の全自治体、5万人以上30万人未満の自治体の半数:ステーション回収(資源ごみ回収と同時実施) 5万人以上30万人未満の自治体の半数、30万人以上の自治体:ボックス回収(小型家電専用回収車にて回収) ※シミュレーションモデルを活用して回収費用を試算	
中間処理	中間処理方法	手解体・手選別により基板・ボディ等を選別し、残りを機械的に破碎・選別	手解体・手選別により基板・特定部品・ボディ等を選別し、残りを機械的に破碎・選別。基板から更にタンタルコンデンサ等を選別。
	生成物	基板、ボディ等、鉄等、アルミ等、プラスチック等、その他	基板、タンタルコンデンサ等、特定部品(モーター、マイクスピーカー、液晶パネル)、ボディ等、鉄等、アルミ等、プラスチック等、その他
	使用データ	モデル事業における選別試験データや製品の素材構成データ等を参考に設定	
金属回収	リサイクル施設・方法 ※()内は重量の分配率	基板 → 銅製錬、鉛・亜鉛製錬(100%)	基板 → 銅製錬、鉛・亜鉛製錬(100%) タンタルコンデンサ等、特定部品 → レアメタル専門メーカー(100%)
	回収対象とする金属と採取率 ※採取率は昨年度検討結果及び既存文献等より事務局にて設定	銅製錬、鉛・亜鉛製錬 → Cu・Pb・Au・Ag:90% → Zn・Pd・Sb・Bi:60%	銅製錬、鉛・亜鉛製錬 → Cu・Pb・Au・Ag:90% → Zn・Pd・Sb・Bi:60% レアメタル専門メーカー → W・Ta・Nd・Dy・In:60%

(資料) 中央環境審議会「小型電気電子機器リサイクル制度の在り方について(第一次答申)」(平成24年1月31日)より作成

参考: 段階別の採算性評価(回収率10%、20%)(単位: 百万円)

段階	収益(b)	費用(c)	収益-費用(b-c)	収益/費用(b/c)
小型家電回収	104	462	-358	0.23
中間処理(シナリオ①)	1,301	1,031	270	1.26
中間処理(シナリオ②)	1,355	1,246	109	1.09
金属回収(シナリオ①)	1,316	1,244	72	1.06
金属回収(シナリオ②)	1,677	1,585	92	1.06

段階	収益(b)	費用(c)	収益-費用(b-c)	収益/費用(b/c)
小型家電回収	209	513	-305	0.41
中間処理(シナリオ①)	2,602	2,062	540	1.26
中間処理(シナリオ②)	2,710	2,492	218	1.09
金属回収(シナリオ①)	2,633	2,488	145	1.06
金属回収(シナリオ②)	3,355	3,170	185	1.06

(資料) 中央環境審議会「小型電気電子機器リサイクル制度の在り方について(第一次答申)」(平成24年1月31日)より作成

第3章 小型家電リサイクル法の対象品目に含まれる金属に係る情報整理

1. 小型家電リサイクル法の対象品目について

小型家電リサイクル法では、①消費者が通常家庭で使用する電気機械器具であって、②効率的な収集運搬が可能であり、③経済性の面における制約が著しくないものを、制度対象品目として政令で定めることとしている。（「使用済小型電子機器等の再資源化の促進に関する法律第二条」）

この定義に基づき、使用済小型電子機器等の再資源化の促進に関する法律施行令第一条において、携帯電話端末・PHS 端末、パーソナルコンピュータ、デジタルカメラ等をはじめとする電気機械器具を28の分類で制度対象品目として定めている。

家電リサイクル法の対象となっている品目（エアコン、テレビ、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機・衣類乾燥機）以外の品目については、ケーブルや充電器等の附属品も含めて、ほぼ全ての品目が制度対象品目となっているが、

- 1) 太陽光パネル等、特殊な取り外し工事が必要である品目、
 - 2) 破損しやすく特別な収集運搬を必要とする蛍光管や電球、
- については制度の対象外となっている。

表 3-1 制度対象品目

1	電話機、ファクシミリ装置その他の有線通信機械器具
2	携帯電話端末、PHS 端末その他の無線通信機械器具
3	ラジオ受信機及びテレビジョン受信機
4	デジタルカメラ、ビデオカメラ、ディー・ブイ・ディー・レコーダーその他の映像用機械器具
5	デジタルオーディオプレーヤー、ステレオセットその他の電気音響機械器具
6	パーソナルコンピュータ
7	磁気ディスク装置、光ディスク装置その他の記憶装置
8	プリンターその他の印刷装置
9	ディスプレイその他の表示装置
10	電子書籍端末
11	電動ミシン
12	電気グラインダー、電気ドリルその他の電動工具
13	電子式卓上計算機その他の事務用電気機械器具
14	ヘルスマーターその他の計量用又は測定用の電気機械器具
15	電動式吸入器その他の医療用電気機械器具
16	フィルムカメラ
17	ジャー炊飯器、電子レンジその他の台所用電気機械器具
18	扇風機、電気除湿機その他の空調用電気機械器具
19	電気アイロン、電気掃除機その他の衣料用又は衛生用の電気機械器具
20	電気こたつ、電気ストーブその他の保温用電気機械器具

- 21 ヘアドライヤー、電気かみそりその他の理容用電気機械器具
- 22 電気マッサージ器
- 23 ランニングマシンその他の運動用電気機械器具
- 24 電気芝刈機その他の園芸用電気機械器具
- 25 蛍光灯器具その他の電気照明器具
- 26 電子時計及び電気時計
- 27 電子楽器及び電気楽器
- 28 ゲーム機その他の電子玩具及び電動式玩具

(資料) 使用済小型電子機器等の再資源化の促進に関する法律施行令第一条

特定対象品目とは、資源性と分別のしやすさから特にリサイクルするべき品目として国が「使用済小型電子機器等の回収に係るガイドライン」(平成 25 年 3 月)において指定するものである。市町村・消費者が認定事業者処理費を渡さなくても済む範囲で、できるだけ多くの品目をリサイクルすることが制度上望ましいことから、標準的なケースにおいて無償での引渡しが可能となる品目群を念頭に、消費者のわかりやすさ等も勘案して、以下の品目を特定対象品目として指定した。

表 3-2 特定対象品目

	制度対象品目	特定対象品目
1	電話機、ファクシミリ装置その他の有線通信機械器具	電話機
		ファクシミリ
2	携帯電話端末、PHS 端末その他の無線通信機械器具	携帯電話端末
		公衆用 PHS 端末
		カーナビゲーションシステム
		VICS ユニット
		ETC 車載ユニット
3	ラジオ受信機及びテレビジョン受信機	ラジオ放送用受信機
		CS デジタルチューナ
		地上デジタルチューナ
		ケーブルテレビ用 STB
		カーカラーテレビ
		カーチューナ
		カーラジオ
4	デジタルカメラ、ビデオカメラ、ディー・ブイ・ディー・レコーダーその他の映像用機械器具	ビデオテープレコーダー (セット)
		DVD-ビデオ
		BD レコーダ/プレーヤー
		ビデオカメラ (放送用を除く)
		カーDVD
		デジタルカメラ
5	デジタルオーディオプレーヤー、ステレオセットその他の電気音響機械器具	デジタルオーディオプレーヤー (フラッシュメモリ)
		デジタルオーディオプレーヤー (HDD)
		デッキ除くテープレコーダ

		MD プレーヤ
		CD プレーヤ
		IC レコーダ
		ヘッドホン及びイヤホン
		カーステレオ
		カーCD プレーヤ
		カーMD
		カーアンプ
		カースピーカ
6	パーソナルコンピュータ	PC (デスクトップ型)
		PC (ノートブック型)
7	磁気ディスク装置、光ディスク装置 その他の記憶装置	ハードディスク
		USB メモリ
		メモリーカード
8	プリンターその他の印刷装置	—
9	ディスプレイその他の表示装置	モニター (電子計算機用)
10	電子書籍端末	電子書籍端末
11	電動ミシン	—
12	電気グラインダー、電気ドリルその他 の電動工具	—
13	電子式卓上計算機その他の事務用電気 機械器具	電卓
		電子辞書
14	ヘルスマーターその他の計量用又は測 定用の電気機械器具	電子体温計
		電子血圧計
15	電動式吸入器その他の医療用電気機械 器具	補聴器
16	フィルムカメラ	カメラ
17	ジャー炊飯器、電子レンジその他の台 所用電気機械器具	—
18	扇風機、電気除湿機その他の空調用電 気機械器具	—
19	電気アイロン、電気掃除機その他の衣 料用又は衛生用の電気機械器具	—
20	電気こたつ、電気ストーブその他の保 温用電気機械器具	—
21	ヘアドライヤー、電気かみそりその他 の理容用電気機械器具	電気かみそり
		電動歯ブラシ
		ヘアドライヤー
		ヘアアイロン
		電気バリカン
		電気かみそり洗浄機
22	電気マッサージ器	—
23	ランニングマシンその他の運動用電気 機械器具	—
24	電気芝刈機その他の園芸用電気機械器	—

	具	
25	蛍光灯器具その他の電気照明器具	懐中電灯
26	電子時計及び電気時計	時計
27	電子楽器及び電気楽器	—
28	ゲーム機その他の電子玩具及び電動式玩具	据置型ゲーム機
		携帯型ゲーム機
		ハンドヘルドゲーム（ミニ電子ゲーム）
		ハイテク系トレンドトイ
	これらの付属品	リモコン
		ケーブル
		充電器
		プラグ・ジャック
		ACアダプタ

（資料）「使用済小型電子機器等の回収に係るガイドライン」（平成 25 年 3 月）より作成

2. 小型家電品目別の 1 年間の排出量、回収が見込まれる有用金属の含有量

中央環境審議会「小型電気電子機器リサイクル制度の在り方について（第一次答申）」（平成 24 年 1 月 31 日）において、1 年間に使用済となる小型電気電子機器の台数と有用金属含有量の推計結果が紹介されている。

ここでは、この資料を引用し、小型家電の品目別の 1 年間の排出量や回収が見込まれる有用金属の含有量を整理した。

小型電気電子機器を家電リサイクル法対象品目以外の全ての電気電子機器と捉え既存統計を参考に整理すると 96 品目が対象となる。ただし、使用済台数の推計データは存在しないため、使用済台数の推計が必要となり、統計データの存在する出荷台数と平均使用年数から使用済台数の推計が行われている。

1 年間に使用済となる使用済小型電気電子機器の台数・重量とそこに含まれる有用金属含有量の推計結果は、以下のとおりである。重量は 65.1 万トンとなり、平成 20 年度の一般廃棄物最終処分量と産業廃棄物最終処分量の合計の 0.850% に相当する。また、1 年間に使用済みとなる小型電気電子機器に含まれる有用金属の 96 品目の合計量は、重量ベースで 27.9 万トン、金額ベースで 844 億円となる。

表 3-3 使用済小型電気電子機器の 1 年間の排出量と有用金属含有量

使用済小型電気電子機器の排出量		有用金属含有量	
台数（台）	重量（t）	重量（t）	金額（万円）
1,156,751,096	650,539	279,299	8,436,025

（注）96 品目の合計値

（資料）中央環境審議会「小型電気電子機器リサイクル制度の在り方について（第一次答申）」（平成 24 年 1 月 31 日）

1年間の排出台数が1,000万台以上のものとして、携帯電話端末、デジタルカメラ、カースピーカ、電子体温計、電球、電気照明器具、時計が挙げられる。

表 3-4 品目別の使用済小型電気電子機器の1年間の排出量と有用金属含有量
(その1)

制度対象品目	該当品目(黄色の網掛けは特定対象品目)	使用済小型電気電子機器		有用金属含有量	
		台数(台)	重量(t)	重量(t)	金額(万円)
1 電話機、ファクシミリ装置その他の有線通信機械器具	電話機	3,991,933	2,816	417	61,789
	ファクシミリ	2,185,569	7,489	1,932	62,815
2 携帯電話端末、PHS端末その他の無線通信機械器具	携帯電話端末	40,157,667	5,622	1,601	1,063,230
	公衆用PHS端末	1,507,000	126	55	35,985
	カーナビゲーションシステム	3,403,333	5,581	3,136	133,897
	VICSユニット	202,333	94	77	3,472
	ETC車載ユニット	2,917,000	321	168	11,214
3 ラジオ受信機及びテレビジョン受信機	ラジオ放送用受信機	2,265,667	725	229	13,924
	BS/CSアンテナ	737,333	1,078	945	5,263
	CS専用アンテナ	110,000	161	141	785
	CSデジタルチューナー	715,000	1,202	892	16,383
	地上デジタルチューナー	45,444	11	3	347
	ケーブルテレビ用STB	244,389	306	221	3,803
	カーカラーテレビ	1,137,000	887	489	8,986
	カーチューナー	532,000	649	346	4,766
	カーラジオ	899,667	1,098	585	8,059
	ビデオテープレコーダー(セット)	4,604,333	13,491	6,449	95,090
4 デジタルカメラ、ビデオカメラ、ディー・ビー・ディー・レコーダーその他の映像用機械器具	DVD-ビデオ	6,200,000	21,576	15,253	460,191
	BDレコーダー/プレーヤー	59,222	211	164	2,496
	ビデオカメラ(放送用を除く)	1,503,333	421	79	52,604
	プロジェクタ	392,504	2,576	1,040	18,543
	ビデオプロジェクション	737,333	1,078	945	5,263
	カーDVD	168,667	228	121	1,564
	デジタルカメラ	10,507,667	2,312	582	286,659
	デジタルオーディオプレーヤー(フラッシュメモリ)	5,095,000	408	202	37,484
	デジタルオーディオプレーヤー(HDD)	908,000	154	73	10,414
	デッキ除くテープレコーダ	5,454,667	976	50	77,018
5 デジタルオーディオプレーヤー、ステレオセットその他の電気音響機械器具	MDプレーヤー	239,000	27	9	3,451
	ステレオセット	1,739,333	16,785	6,647	342,112
	CDプレーヤー	671,000	218	8	7,216
	ICレコーダ	925,000	47	12	5,478
	アンプ	297,333	3,100	2,264	18,521
	スピーカーシステム	291,667	316	45	754
	ヘッドホン及びイヤホン	6,123,000	855	105	3,445
	カーステレオ	906,667	1,106	589	8,122
	カーCDプレーヤー	6,500,667	8,191	4,354	58,859
	カーMD	281,000	520	271	2,942
	カーアンプ	723,667	2,091	1,075	9,381
	カースピーカ	23,559,333	44,763	23,319	249,470
	PC(デスクトップ型)	5,013,000	40,906	20,910	1,584,337
	PC(ノートブック型)	6,696,000	13,995	2,959	1,176,312
	7 磁気ディスク装置、光ディスク装置その他の記憶装置	ハードディスク			
USBメモリ					
メモリーカード					
8 プリンターその他の印刷装置	プリンター	5,638,667	56,499	30,088	553,846
	フォトプリンター	135,114	132	72	2,562
9 ディスプレイその他の表示装置	モニター(電子計算機用)	5,385,333	28,758	14,351	147,770
10 電子書籍端末	電子書籍端末				
11 電動ミシン	家庭用ミシン	1,272,275	9,811	7,600	33,996
	電気ドリル(電池式も含む)	2,731,000	5,805	3,075	32,744
12 電気グラインダー、電気ドリルその他の電動工具	電気のみぎり	969,000	2,060	1,091	11,618
	その他の電動工具	2,933,000	6,235	3,302	35,165
	電卓	7,706,500	786	13	12,122
13 電子式卓上計算機その他の事務用電気機械器具	電子辞書	2,567,000	343	15	14,431
	電子体温計	10,276,502	256	20	1,433
14 ヘルスメーターその他の計量用又は測定用の電気機械器具	電子血圧計	3,980,148	1,146	152	10,394

(資料) 中央環境審議会「小型電気電子機器リサイクル制度の在り方について(第一次答申)」(平成24年1月31日)より作成

1年間の排出重量が1万トン以上のものとして、ビデオテープレコーダー(セット)、DVD-ビデオ、ステレオセット、カースピーカ、PC(デスクトップ型)、PC(ノートブック型)、プリンター、モニター(電子計算機用)、家庭用マッサージ・治療浴用機器及び装置、電子レンジ、炊飯器、ジャーポット、換気扇、電気掃除機、電球、電気照明器具、時計、据置型ゲーム機が挙げられる。

1年間の排出台数も排出重量も大きいものとして、カースピーカ、電球、電気照明器具、時計等が挙げられる。

表 3-5 品目別の使用済小型電気電子機器の1年間の排出量と有用金属含有量
(その2)

制度対象品目	該当品目(黄色の網掛けは特定対象品目)	使用済小型電気電子機器		有用金属含有量	
		台数(台)	重量(t)	重量(t)	金額(万円)
15 電動式吸入器その他の医療用電気機械器具	家庭用マッサージ・治療浴用機器及び装置	3,723,065	14,706	829	50,231
	家庭用電気・光線治療器	3,270,711	2,944	166	10,055
	家庭用磁気・熱療法治療器	87,718	395	22	1,348
	家庭用吸入器	145,773	101	14	299
	家庭用医療用物質生成器	327,325	1,015	57	3,466
	補聴器	418,014	13	1	70
16 フィルムカメラ	カメラ	91,057	37	5	791
17 ジャー炊飯器、電子レンジその他の台所用電気機械器具	電子レンジ	3,529,000	43,160	22,205	120,557
	炊飯器	6,180,333	21,792	7,871	124,971
	ジャーポット	5,627,333	11,577	5,436	32,399
	食器洗い乾燥機	343,667	6,319	2,786	26,243
	電磁調理器卓上型	167,667	608	250	7,758
	ジュースミキサー	530,667	475	248	4,895
	コーヒーマーカー	1,317,667	2,043	524	5,753
	トースター	3,144,667	5,821	4,547	19,874
	ホットプレート	1,650,000	6,659	866	4,077
	換気扇	7,120,333	19,082	16,029	90,003
18 扇風機、電気除湿機その他の空調用電気機械器具	空気清浄機	1,790,333	8,292	546	8,785
	加湿器	1,174,667	2,701	320	3,254
	除湿機	857,000	6,430	567	14,314
	扇風機	2,010,000	8,295	3,022	16,616
	電気掃除機	5,559,667	13,994	1,234	61,620
19 電気アイロン、電気掃除機その他の衣料用又は衛生用の電気機械器具	家庭用生ごみ処理機	118,333	1,282	808	5,159
	電気アイロン	2,179,333	4,339	770	25,467
	電気ストープ	734,667	1,690	791	10,094
20 電気こたつ、電気ストープその他の保温用電気機械器具	電気カーペット	1,415,000	6,505	673	14,882
	電気かみそり	8,108,000	1,541	420	11,167
21 ヘアドライヤー、電気かみそりその他の理容用電気機械器具	電動歯ブラシ	1,791,000	215	2	891
	ヘアドライヤー	4,456,333	2,406	679	8,721
	ヘアアイロン				
	電気バリカン				
	電気かみそり洗浄機				
22 電気マッサージ器					
23 ランニングマシンその他の運動用電気機械器具					
24 電気芝刈機その他の園芸用電気機械器具					
25 蛍光灯器具その他の電気照明器具	電球	735,308,674	32,989	1,488	5,163
	電気照明器具	59,754,277	77,066	41,460	449,342
26 電子時計及び電気時計	懐中電灯				
27 電子楽器及び電気楽器	時計	82,431,127	12,384	2,247	87,251
28 ゲーム機その他の電子玩具及び電動式玩具	電子キーボード	596,064	2,733	337	1,055
	電気ギター	493,235	1,726	302	2,552
	据置型ゲーム機	3,616,667	10,995	3,423	347,144
	携帯型ゲーム機	9,606,667	1,921	444	48,839
	ハンドヘルドゲーム(ミニ電子ゲーム)	276,126	9	2	96
これらの付属品	ハイテク系トランドトイ	852,323	177	26	358
	リモコン	428,635	73	2	1,247
	キーボードユニット	36,879	36	8	61
	ゲーム用コントローラ	363,990	122	16	1,174
	プラグ・ジャック	111,638	9	6	466
	ACアダプタ	1,168,568	187	150	2,343

(資料) 中央環境審議会「小型電気電子機器リサイクル制度の在り方について(第一次答申)」(平成24年1月31日)より作成

有用金属含有量が1万トン以上のものとして、DVD-ビデオ、カースピーカ、PC(デスクトップ型)、プリンター、モニター(電子計算機用)、電子レンジ、換気扇、電気照明器具が挙げられる。有用金属販売金額が10億円以上のものとして、携帯電話端末、カーナビゲーションシステム、DVD-ビデオ、デジタルカメラ、ステレオセット、カースピーカ、PC(デスクトップ型)、PC(ノートブック型)、プリンター、モニター(電子計算機用)、電子レンジ、炊飯器、電気照明器具、据置型ゲーム機、が挙げられる。

国内需要量に占める割合を鉱種別にみるとタンタル9.4%、金6.4%、銀3.7%などが多くなっている。資源確保や廃棄物対策の観点からみて、小型電気電子機器は一定のインパクトを与えるポテンシャルを有していると考えられる。

表 3-6 有用金属の国内需要量、小型電気電子機器由来の有用金属の含有量

		国内需要量 (トン)	小型電気電子機器	
			量 (トン)	対内需
ベ ー ス メ タ ル	鉄 (Fe)	94,291,000	280,105	0.2%
	アルミニウム (Al)	4,002,000	24,708	0.6%
	銅 (Cu)	1,763,000	22,789	1.3%
	鉛 (Pb)	251,000	740	0.3%
	亜鉛 (Zn)	489,000	649	0.1%
貴 金 属	銀 (Ag)	1,870	68.9	3.7%
	金 (Au)	166	10.6	6.4%
レ ア メ タ ル	アンチモン (Sb)	7,666	117.5	1.5%
	タンタル (Ta)	360	33.8	9.4%
	タングステン (W)	4,000	33.0	0.8%
	ネオジム (Nd)	7,000	26.4	0.4%
	コバルト (Co)	16,260	7.5	0.0%
	ビスマス (Bi)	682	6.0	0.9%
	パラジウム (Pd)	131	4.0	3.1%

(資料) 中央環境審議会「小型電気電子機器リサイクル制度の在り方について（第一次答申）」（平成 24 年 1 月 31 日）より作成

タンタルの含有量が多い使用済小型電気電子機器としては、携帯電話、デジタルカメラ、テープレコーダ、据置型ゲーム機、カーナビゲーションシステム、DVD-ビデオ、が挙げられる。

金、銀の含有量が多い使用済小型電気電子機器としては、携帯電話、デジタルカメラ、据置型ゲーム機、携帯型ゲーム機、カーナビゲーションシステム、電話機、DVD-ビデオ、ステレオセット、プリンタ、ファクシミリ等が挙げられる（表 3-7-1～表 3-7-3 参照）。

表 3-7-1 小型電子機器の品目別にみた有用金属含有量（その1）

製品		携帯電話	公衆用PHS 端末	MDプレーヤ	ビデオカメラ (放送用を除く)	デジタルカメラ	ICレコーダ	デジタルオー ディオプレー ヤ(フラッシュ メモリ)	デッキ除くテー プレコーダ	デジタルオー ディオプレー ヤ(HDD)	プラグ・ジャック	電子辞書	VICSユニット	ETC車載ユ ニット	CDプレーヤ	据置型ゲーム 機	
部品		基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	
使用済 み製品 発生量	製品台数 (千台)	40,158	1,507	239	1,503	10,508	925	5,095	5,455	908	112	2,567	202	2,917	671	3,617	
	1台当たりの製品重量 g/台	140	83	114	280	220	51	80	179	170	83	134	463	110	325	3,040	
	1台当たりの部品重量 g/台	34	25	19	60	52	14	13	19	20	0	24	86	25	33	648	
	製品重量 (kg・台)	5,622,073	125,825	27,246	420,933	2,311,687	47,280	407,600	975,640	154,360	9,309	343,174	93,654	321,271	218,209	10,994,667	
	部品重量 (kg・台)	1,348,179	37,770	4,577	90,501	543,246	12,950	66,439	105,520	18,369	0	60,665	17,311	72,757	22,476	2,341,864	
	金属含有 量 (kg)	Co	692	57	1	16	96	2	18	34	5	0	5	3	9	3	233
		Pd	451	40	1	67	113	0	35	119	10	0	6	9	3	2	73
		In	89	0	1	11	38	0	11	1	3	0	3	0	3	1	74
		Sb	1,086	127	7	169	938	13	77	92	21	0	73	15	24	17	7,616
		Nd	3,276	361	1	65	407	1	33	35	9	0	16	10	30	18	1,171
		Dy	66	0	0	6	27	0	3	0	1	0	2	0	4	1	35
		Ta	3,222	0	40	702	3,281	155	480	2,217	133	0	162	3	71	8	1,513
		W	2,727	4	1	51	338	4	21	1	6	0	10	9	40	7	205
		Bi	563	55	2	30	143	0	14	330	4	0	12	2	0	13	900
		Al	25,629	1,900	148	3,063	24,525	272	1,987	7,976	549	0	1,953	1,056	3,783	889	100,705
Fe		47,170	2,470	254	6,762	36,463	596	4,016	6,723	1,110	0	1,235	727	1,746	830	206,234	
Cu		434,506	20,899	1,918	18,388	137,954	4,274	15,809	24,901	4,371	0	10,002	4,155	24,010	3,994	428,166	
Zn		10,998	697	64	1,207	5,774	74	558	1,559	154	0	143	242	255	282	24,346	
Ag		9,332	380	23	742	3,171	41	420	568	116	0	285	35	240	67	2,080	
Au	1,792	51	6	50	432	6	48	34	13	0	20	2	14	16	634		
Pb	17,539	760	66	2,244	8,815	168	1,101	5,363	304	0	764	277	284	184	32,343		

(資料) 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製品中の有用金属の再生利用に関する小委員会(第6回)資料3「小型電気電子機器リサイクル制度案」参考資料2『関係者の支出・収入の試算方法・前提条件』

表 3-7-2 小型電子機器の品目別にみた有用金属含有量（その2）

製品	地上デジタルチューナ	携帯型ゲーム機	カーナビゲーションシステム	電話機	カメラ	DVD-ビデオ	ステレオセット	フォトプリンター	ラジオ放送用受信機	リモコン	電卓	CSデジタルチューナ	クッキングヒーター	ACアダプタ	ケーブルテレビ用STB		
部品	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板		
使用済み製品発生量	製品台数(千台)	45	9,607	3,403	3,992	91	6,200	1,739	135	2,266	429	7,707	715	103	1,169	244	
	1台当たりの製品重量 g/台	247	200	1,640	705	401	3,480	9,650	978	320	170	102	1,681	3,624	160	1,253	
	1台当たりの部品重量 g/台	77	27	295	145	17	473	859	81	51	28	10	325	192	4	226	
	製品重量(kg・台)	11,207	1,921,333	5,581,467	2,815,543	36,558	21,576,000	16,784,567	132,089	725,013	72,868	785,526	1,202,091	371,487	186,971	306,210	
	部品重量(kg・台)	3,517	264,088	1,004,664	579,573	1,579	2,934,336	1,493,826	10,946	115,277	12,150	78,545	232,301	19,682	4,292	55,200	
	金属含有量(kg)	Co	0	62	301	108	0	393	149	1	15	3	51	18	1	0	5
		Pd	0	20	129	110	1	89	0	0	21	1	8	4	0	0	0
		In	0	10	100	29	0	220	149	0	7	1	5	0	0	2	0
		Sb	2	677	643	1,005	1	4,255	2,540	4	141	8	70	581	28	12	177
		Nd	0	79	402	224	0	494	0	0	20	3	11	15	0	0	2
		Dy	0	5	100	0	0	123	0	0	12	0	4	2	0	0	0
		Ta	1	160	1,407	145	13	3,345	747	0	59	4	43	1	0	0	3
		W	0	90	201	51	1	624	299	2	29	1	12	35	4	0	9
		Bi	0	15	201	211	0	380	149	0	11	1	7	77	2	0	1
		Al	165	7,954	61,385	28,901	82	168,627	89,630	821	7,223	251	2,011	25,553	1,063	78	4,582
Fe		109	13,997	102,124	51,138	58	122,753	44,815	580	7,921	265	1,542	6,504	492	8	1,601	
Cu		1,020	43,522	155,020	52,973	316	584,715	227,809	3,612	18,599	1,172	7,533	46,460	2,362	34	8,280	
Zn		49	1,907	13,262	4,791	5	58,295	12,548	219	2,972	28	294	1,649	315	2	447	
Ag	5	1,384	1,919	1,296	5	6,901	4,033	14	264	23	201	116	5	0	26		
Au	1	68	118	54	1	489	598	5	11	2	20	21	0	0	2		
Pb	0	6,618	7,786	12,673	74	40,151	2,838	4	5,147	197	1,485	4,646	709	20	994		

(資料) 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(第6回)資料3「小型電気電子機器リサイクル制度案」参考資料2『関係者の支出・収入の試算方法・前提条件』

表 3-7-3 小型電子機器の品目別にみた有用金属含有量（その3）

製品	BDレコーダ/ プレイヤー	ミキサー	ハンドヘルド ゲーム(ミニ電 子ゲーム)	カーカラーテ レビ	プリンタ	ゲーム用コン トローラ	電子血圧計	ファクシミリ	カーステレオ	カーチューナ	カーラジオ	電気かみそり	カーCDプレー ヤ	プロジェクタ	ビデオプロ ジェクション		
部品	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板	基板		
製品台数 (千台)	59	1,573	276	1,137	5,639	364	3,980	2,186	907	532	900	8,108	6,501	393	40		
1台当たりの製品重量 g/台	3,555	896	34	780	10,020	336	288	3,427	1,220	1,220	1,220	190	1,260	6,563	6,563		
1台当たりの部品重量 g/台	384	0	5	140	830	33	26	308	220	220	220	5	227	624	624		
製品重量 (kg・台)	210,536	1,408,357	9,312	886,860	56,499,440	122,350	1,146,283	7,489,255	1,106,133	649,040	1,097,593	1,540,520	8,190,840	2,576,010	264,708		
部品重量 (kg・台)	22,739	0	1,293	159,635	4,681,846	11,964	104,004	672,846	199,104	116,827	197,587	39,220	1,474,351	244,875	25,163		
使用済 み製品 発生量	金 属 含 有 量 (kg)	Co	2	0	0	30	515	1	4	101	24	14	24	6	172	162	17
		Pd	0	0	0	8	136	1	2	7	6	4	6	7	46	6	1
		In	0	0	0	9	337	0	0	0	7	4	7	2	50	0	0
		Sb	77	0	0	273	16,386	41	29	2,254	218	128	216	129	1,560	181	19
		Nd	0	0	0	8	843	2	31	148	7	4	6	0	47	27	3
		Dy	0	0	0	0	94	0	1	3	0	0	0	0	0	1	0
		Ta	7	0	0	0	0	0	0	77	0	0	0	0	2	5	0
		W	3	0	0	1	258	4	4	54	1	0	1	0	5	76	8
		Bi	4	0	0	19	258	1	22	104	15	9	15	14	109	32	3
		Al	2,274	0	59	1,637	294,956	191	6,240	32,297	1,306	766	1,296	528	9,361	34,283	3,523
		Fe	455	0	34	6,276	515,003	682	15,601	40,707	5,005	2,937	4,966	12,940	35,884	5,877	604
		Cu	4,775	0	127	28,652	702,277	1,196	10,088	97,563	22,848	13,406	22,672	38,821	163,817	41,629	4,278
		Zn	318	0	5	5,321	44,478	75	333	12,111	4,243	2,490	4,210	1,510	30,423	2,253	232
		Ag	16	0	1	33	4,354	22	104	1,087	26	15	26	19	187	203	21
Au	3	0	0	7	796	1	18	71	6	3	6	0	40	16	2		
Pb	15	0	49	3,002	51,500	191	2,184	10,766	2,394	1,404	2,375	453	17,162	6,857	705		

(資料) 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製品中の有用金属の再生利用に関する小委員会（第6回）
資料3「小型電気電子機器リサイクル制度案」参考資料2『関係者の支出・収入の試算方法・前提条件』

3. 生活環境保全上留意が必要な有害金属の種類・含有量等

ここでは、環境省、経済産業省「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」（平成 23 年 4 月）を踏まえ、生活環境上留意が必要な金属元素を整理した。

生活環境上留意が必要な金属を抽出する指標として、「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」「水性毒性」「土壌移動性」を取り上げ、関係する金属元素を整理すると、下表のようになる。

表 3-8 環境管理に注意が必要と考えられる金属元素

金属元素	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	水性毒性	土壌移動性
ベリリウム	●		●	●			●	●	
クロム	●	●	●	●			●	●	
マンガン				●			●		
ニッケル	●	●	●	●			●	●	
亜鉛		●		●		●	●	●	
ヒ素			●			●			
セレン				●			●	●	
臭素	●						●	●	
モリブデン		●			●				●
カドミウム	●	●	●	●			●	●	
インジウム					●		●		
アンチモン		●	●	●			●	●	●
水銀	●	●		●			●	●	
鉛		●	●	●			●	●	
バナジウム		●						●	
コバルト	●	●	●	●			●		
テルル	●			●					
バリウム	●								
タンタル				●					
タリウム		●		●			●	●	

（資料）環境省、経済産業省「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」（平成 23 年 4 月）より作成

(1) 含有量の試験結果

平成 20～22 年度にかけて実施された国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、製品全体を対象にした有害金属の含有量試験の結果を、以下に示す。

試験対象とした使用済小型家電は、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、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 プレーヤ等である。

欧州 RoHS 指令で規制対象とされている鉛、水銀、六価クロム、PBB、PBDE、カドミウムの含有量に係る試験結果を以下に示す。

表 3-9-1 有害金属の含有量の試験結果（その 1）

	最大許容濃度	含有量試験結果
鉛	0.1wt%	<ul style="list-style-type: none"> ・「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。 ・製品基板中に一定程度の含有を確認 携帯電話（最大 2.87%） デジタルカメラ（最大 2.41%） ・一部の部位・部品中に一定程度の含有を確認 DVD ドライブ（0.70%） 偏心モーター（0.22%）
水銀		<ul style="list-style-type: none"> ・大半の品目で含有は確認されず。 ・一部の品目で検出されたが、低濃度。 掃除機（6mg/kg）、ビデオカメラ（1mg/kg） ポータブル DVD プレーヤ（1mg/kg）
六価クロム		<ul style="list-style-type: none"> ・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。
ポリ臭化ビフェニル（PBB）		<ul style="list-style-type: none"> ・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。
ポリ臭化ジフェニルエーテル（PBDE）		
カドミウム	0.01wt%	<ul style="list-style-type: none"> ・一部の品目で検出されたが、低濃度。 ポータブル音楽プレーヤ（3～40mg/kg） 電卓（2～55mg/kg）、掃除機（7～12mg/kg） 一次破碎粉塵（1.6mg/kg）、 ミックスメタル（250mg/kg）

（資料）環境省、経済産業省「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」（平成 23 年 4 月）

また、53p で示した環境管理に注意が必要と考えられる金属元素に係る含有量試験結果を以下に示す。

表 3-9-2 有害金属の含有量の試験結果（その2）

金属	含有量試験結果
インジウム	液晶を使用していない品目でも数十 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。
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。
ヒ素	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みられた。これは過去に液晶用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。また、液晶パネル以外にも高濃度ではないもののヒ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ガリウムヒ素等が考えられる。
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。
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。

（資料）環境省、経済産業省「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」（平成 23 年 4 月）

(2) 溶出試験結果

平成 20～22 年度にかけて実施された国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、製品全体を対象にした有害金属の溶出試験結果を、以下に示す。

この溶出試験では、金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準との比較も行った。試験対象とした使用済小型家電は、携帯電話、音楽プレーヤ、ゲーム機（小型以外・小型）、デジタルカメラ、ビデオカメラ等である。

カドミウム、基板由来の鉛、携帯電話由来のヒ素、液晶のバックライト由来の水銀については、破砕物からの溶出濃度が判定基準を超える場合がある点に留意すべきである。

表 3-10 有害金属の溶出試験結果

	判定基準	溶出試験結果
カドミウム	0.3mg/l	<ul style="list-style-type: none"> 一部の品目の基板から検出されたが、判定基準の数値以下。(0.002～0.02mg/l) 個別の製品からの溶出量は微量(定量限界以下で0.01mg/l) 一部の中間処理産物から判定基準を超える濃度が検出された。 高品位(1次破砕粉塵) 1,600mg/kg 低品位(1次破砕粉塵) 270mg/kg 低品位(1次破砕物) 22mg/kg
鉛	0.3mg/l	<ul style="list-style-type: none"> 携帯電話、音楽プレーヤ、ビデオカメラ、電卓、DVDプレーヤ、携帯用テレビ、カーナビ、カーオーディオ、ヘッドライヤ等多くの製品基板で検出され、判定基準の数値を超える濃度が検出された。(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起因すると考えられる。 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判定基準の数値を超える濃度が検出された。(0.46～15mg/l) 破砕によりはんだ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	1.5mg/l	<ul style="list-style-type: none"> ほとんどは定量限界以下の微量。 一部の中間処理産物で検出されたが判定基準の数値以下。(0.03～0.45mg/l)
ヒ素	0.3mg/l	<ul style="list-style-type: none"> 携帯電話の多くの基板で検出されたが、判定基準の数値以下。(～0.208mg/l) 部品、製品全体からの溶出は認められない。 携帯電話由来のミックスメタルで判定基準の数

		値を超える濃度が検出。(0.56mg/l) これは、半導体素子の砒化ガリウムが原因と思われる。
水銀	0.005mg/l	<ul style="list-style-type: none"> ・基板はすべて定量限界以下の微量。 ・携帯用テレビの蛍光管等から検出。(0.0009～1.4mg/l) 液晶のバックライトの粉砕により蛍光粉やガラスに付着し、溶出しているものと考えられる。

(資料) 環境省、経済産業省「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」(平成 23 年 4 月)

(3) 使用済小型家電からの有用金属回収の際の留意点

環境省、経済産業省「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」(平成 23 年 4 月)では、使用済小型家電からの有用金属回収のための中間処理及び金属回収プロセスにおいて、環境管理の観点から注視すべきポイントについて整理を行っている。以下に、使用済小型家電からの有用金属回収の際の留意点としてとりまとめた。

①中間処理プロセスにおける環境管理の考え方

今後、使用済小型家電からの有用金属の回収のために部品の分離・回収を行う場合には、専用の中間処理プロセスにおいて、まずは電池や蛍光管など環境管理上留意が必要な部位・部品を事前に取り外した後に、解体・破砕・選別の行程に回ることが望ましい。これにより、下表「使用済小型家電の中間処理プロセスにおいて想定されるリスクとその回避対策」に記載されている解体作業時の有害物質漏出や、粉塵爆発や火災の発生を防止することにつながることを期待される。

また、中間処理プロセスの中では、引き続き破砕工程が重要な役割を担うと考えられることから、現行の廃棄物処理法に基づく処理基準、構造・維持管理基準を引き続き遵守することが重要である。

表 3-11 中間処理プロセスにおいて想定されるリスクとその回避対策

想定されるリスク	リスク回避対策
解体作業時の有害物質漏出対応 (蛍光管の破損、電池の液漏れ等)	<ul style="list-style-type: none"> ・保護具マスクの着用 ・作業手順の確認
粉塵の発生への対応	<ul style="list-style-type: none"> ・保護具マスクの着用 ・集塵機の設置(解体時に局所集塵を設置等) ・活性炭フィルターの設置 ・作業手順の確認
粉塵爆発や火災の発生への対応	<ul style="list-style-type: none"> ・分別の徹底(ライター、スプレー缶、電池類の誤投入の防止)

	<ul style="list-style-type: none"> ・電池の事前ふんべつ、抜き取り ・保護パーツ（粉塵爆発抑制装置等）の設置 ・アース接地 ・火災予防措置（専用容器の使用等） ・作業手順の確認
排水を通じた有害物質漏出への対応	<ul style="list-style-type: none"> ・保管・作業スペースのコンクリート舗装 ・排水処理装置（油水分離装置等）の設置

（資料）環境省、経済産業省「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」（平成23年4月）

②金属回収プロセスにおける環境管理の考え方

製錬プロセスでは、各所で濃縮した中間産物を複数の工程で回収するが、主に酸化物となる金属はスラグに移行することとなる。また、排ガス処理等、他の環境媒体への移行を防止する処理が行われており、有害物質は排ガス（ばいじん）、排水、スラグとして管理されることとなる。

排ガス及び排水については、大気汚染防止法や水質汚濁防止法（鉱山保安法の相当規定を含む）といった既存の法体系で規制がなされており、引き続きこれらの法令を遵守することが重要である。また、特にこれまで廃棄物を受け入れていない施設にあっては、使用済小型家電に由来する原料が廃棄物である場合、廃棄物処理法の適用を受けることとなることから、同法に基づく環境管理の徹底（処理基準、構造・維持管理基準の遵守）が必要となる。

なお、銅スラグからの有害物質の溶出リスクについては、十分低いとする文献が確認されている。廃棄物の最終処分量の減量と資源の有効利用を促進する観点から、スラグの有効利用のための品質管理が重要と考えられる。

表 3-12 金属回収プロセスにおいて想定されるリスクとその回避対策

想定されるリスク	リスク回避対策
排ガスを経由した有害物質の系外移動への対応	<ul style="list-style-type: none"> ・排ガス処理装置の設置 ・既存排ガス処理装置の適正管理（電気集塵機の電圧、電流値の適正管理等） ・ガス洗浄装置（スクラバー）の循環水量の適正管理
飛灰やスラグを経由した有害物質の系外移動への対応	<ul style="list-style-type: none"> ・飛灰、スラグからの有害物質の拡散防止対策、溶出対策

	<ul style="list-style-type: none"> ・分別及び事前分析（溶出試験による確認） ・残渣物の適正保管（容器保管、養生など）
排水を通じた有害物質の系外移動への対応	<ul style="list-style-type: none"> ・排水処理装置の設置 ・排水処理装置の適正管理
その他の有害物質の飛散防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ・屋内保管、輸送中の飛散防止対策 ・保護具の着用 ・熔融処理による無害化 ・公害防止装置、曝露止

4. レアメタル等の回収に伴う効用

使用済小型電気電子機器からの回収量が多いと想定されるレアメタルとして、アンチモン、タンタル、タングステン、ネオジウム、コバルト、ビスマス、パラジウムが挙げられる。ここでは、これらのレアメタルを使用済小型電気電子機器から回収することの効用について、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「レアメタルハンドブック 2012」をもとに整理した。

(1) アンチモン

アンチモンはその多くが三酸化アンチモン (Sb_2O_3) として、各種合成樹脂、ゴム、繊維、塗料などに難燃助剤として添加され、電気・電子機器、住宅建材、自動車等の難燃性を必要とする部材に広く用いられている。

表 3-13 アンチモン及びその化合物の用途

	化学式	用途
金属アンチモン	Sb	バッテリー電極、半導体用ドーピング材
酸化アンチモン	Sb_2O_3	電気電子機器、自動車、建材等の各種樹脂難燃助剤、ガラスの清澄剤
硫化アンチモン	Sb_2S_3	ブレーキ用摩擦調整剤
塩化アンチモン	SbCl_3 SbCl_5	触媒用、顔料用、半導体原料 触媒用
アンチモン酸ナトリウム	NaSbO_3	樹脂難燃用

(資料) 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「レアメタルハンドブック 2012」

(2) タンタル

タンタルは耐熱性・耐食性に優れ、また展性・延性が高く加工しやすい等のすぐれた特性を持つため、近年産業的に重要なレアメタルの一つとなっているが、埋蔵量ならびに産出量が少なく、しばしば価格高騰に見舞われてきた。

主要な用途としては、タンタル表面の不動態層を利用するタンタル電解コンデンサ向けが最も多く、タンタル需要の60%を占める。次いで、半導体や液晶ディスプレイ等の微細な配線用のスパッタリング・ターゲット材用途が堅調に伸びており、また、化合物は高い屈折率を得るためレンズなどの光学ガラスの添加剤として多く用いられている。

表 3-14 タンタルの用途

	性状	用途
電子工業分野	金属粉末 金属線	電解コンデンサ
		半導体及び液晶等のフラット・ディスプレイ用のターゲット材
一般工業分野	金属タンタル加工材	化学装置用材料（高温熱処理等） 人工骨
	高純度酸化タンタル	光学用レンズ添加 弾性表面波フィルター基板 タンタル酸リチウム単結晶
	炭化タンタル	超硬工具の主要材料

(資料) 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「レアメタルハンドブック 2012」

(3) タングステン

高融点でかつ重い金属の代表であるタングステンは、超硬工具、耐熱鋼、高温真空炉、電子機器、触媒・顔料等と幅広い用途を持つが、近年は自動車産業の好調を支えにした超硬工具の高成長が需要増を牽引してきた。

世界のタングステン需要量は約7万トンと推定され、うち約4万トンが中国で消費される。供給では、中国が約6万トンで86%を占めている。つまり、供給でも需要も中国主体で動いていることになる。このため、中国国内におけるタングステン精鉱の価格変動や、中国が輸出する際の関税率の変化等が国際相場を左右することになる。

表 3-15 タングステンの用途

性状	用途
タングステンカーバイト	超硬合金及び工具～国内総需要の約70% (切削用、耐摩耗用、耐食用、鉱山土木用)
溶融タングステンカーバイト	表面硬化材

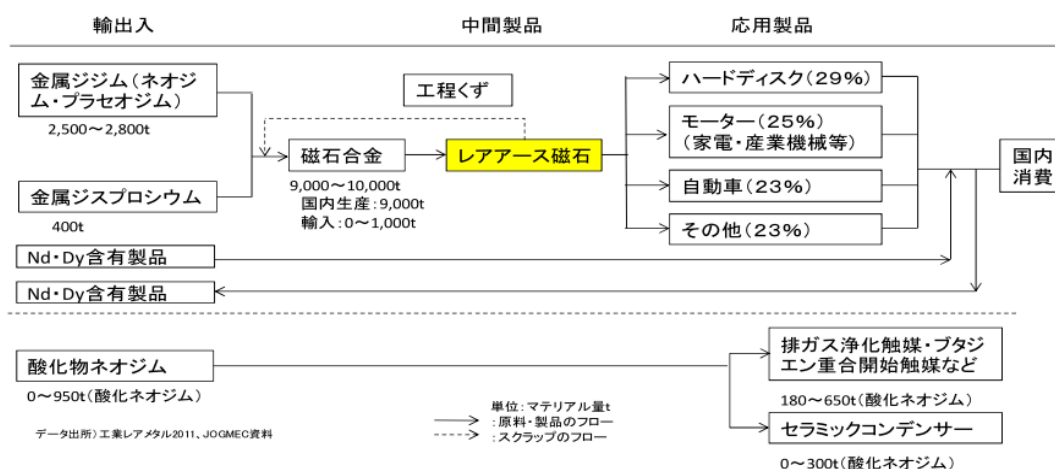
フェロタンゲステン タンゲステン酸カルシウム	タンゲステン特殊鋼～国内総需要の約 20% 高速度鋼、耐熱鋼、工具鋼等に添加
金属タンゲステン製品 (線・棒・板・機械加工部品)	照明(白熱電灯)、電気・電子部品(ヒーター、 グリッド、アンカー、電気化学用電極、高温炉 ヒーター)、各種抵抗材料(電子管のフィラメ ント)に利用
タンゲステン合金 (ニッケル、コバルト、鉄等 との合金)	ヘビーアロイ、超合金、ステライト
タンゲステン化成品	各種触媒、顔料等。最近では石油化学系の脱硝 触媒、高分子化学用触媒等への使用が拡大。

(資料) 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「レアメタルハンドブック 2012」

(4) ネオジム

ネオジムは、主として強力な永久磁石であるレアアース磁石の原材料として用いられており、応用製品としてハードディスク、エアコン等の家電製品や産業機械のモーター、次世代自動車(HV、PHV、EV)に搭載され出荷されている。

図 3-1 ネオジムのマテリアルフロー



(資料) 中央環境審議会「使用済製品の有用金属の再生利用の在り方について(第二次答申)」(平成24年10月9日)

(5) コバルト

コバルトの用途は、二次電池正極材、超合金/特殊鋼、粉末冶金、永久磁石、有機酸、触媒、顔料、磁気記録媒体等多岐にわたるが、近年は携帯電話、ノートパソコン等に使用されるリチウムイオン二次電池向け需要が急増し、国内需要量の70%弱を占めるようになった。

表 3-16 コバルトの用途

二次電池正極材	携帯電話やノートパソコン等に使用されるリチウムイオン二次電池
超合金／特殊鋼	自動車エンジン周り部品、航空機ジェットエンジン、プラント向け
超硬工具	切削工具向け
永久磁石	家電製品、音響機器、小型モーター向けのアルニコ磁石、サマリウム・コバルト磁石
触媒	石油精製に用いられる脱硫触媒
顔料	陶磁器の着色剤（酸化コバルトを使用）

（資料）独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「レアメタルハンドブック 2012」

（6）ビスマス

ビスマスの主な用途は、はんだやスプリングラーといった低融点合金用途、可鍛鋳鉄や快削合金向けの冶金添加剤用途、フェライト磁石への添加剤や、自動車用防錆塗料、医薬品などである。

ビスマスは鉛製錬の副産品であるので、国内での鉛鉱石からの鉛生産量の増減に応じてその生産量が決定されることになる。

表 3-17 ビスマスの用途

金属工業部門	低融点合金：鉛、スズ、インジウム、カドミウム等と合金化すると融点を下げると、ボンディング材、低融点はんだ、スプリングラーの口金等に用いられる
	冶金添加剤：可鍛鋳鉄の加工特性工場のための添加剤や、快削鋼アルミ棒用添加剤として使用
化学工業部門	医薬、化粧品：整腸剤等の医薬品や、化粧品のツヤだし用
	触媒：モリブデン酸ビスマスの形でアクリロニトリル製造用触媒として使用
	顔料：鉛の代替として自動車防錆用塗料等に使用
電子工業部門	フェライト添加剤：バリウムフェライトの電気特性を安定させるために酸化ビスマスを添加
	バリスター添加剤：酸化亜鉛系バリスター特性発現のために参加ビスマスを添加
	半導体（ペルチェ素子）：テルル・ビスマス電熱交換素子

（資料）独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「レアメタルハンドブック 2012」

(7) パラジウム

パラジウムは白金族（プラチナ、パラジウム、ロジウム、ルテニウム、イリジウム、オスミウム）6元素の1つである。これら白金族に金、銀を加えて貴金属という。

表 3-18 パラジウムの用途

触媒	自動車排ガス浄化、石油化学水素化、医薬製造
電気・電子産業	電気接点、メッキ材、導電材、プリント基板、光ディスク、自動車電装品
その他	投資用バー、歯科材料、医薬製造、成果物延命材

(資料) 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「レアメタルハンドブック 2012」

(8) 金

世界全体での金の主要な用途は、宝飾品が最も多く、その次に資産として購入されるバーやコインである。第三の用途で工業製品加工用となる。

我が国では約半数が工業用製品に加工されており、主として電気・電子部品、その他歯科治療用材料として用いられている。

表 3-19 金の需要

需要	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
工業用計	153.5	158.4	145.8	123.8	142.8
電気	123.6	128.4	116.0	94.5	115.0
歯科	23.2	23.1	23.1	22.8	21.4
その他	6.7	6.9	6.7	6.5	6.4
コインメダル	0.9	0.8	0.5	0.7	0.6
装飾用	21.1	19.0	17.5	14.4	14.3
投資用	▲47.0	▲56.4	▲39.4	▲30.8	▲50.0
輸出	106.7	133.6	148.8	118.7	155.9
合計	235.2	255.4	273.2	226.8	263.6

(資料) 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「レアメタルハンドブック 2012」

(9) 銀

銀の需要の約半分が、電気・電子工業用に利用されている。銀は金属の中で最も電気抵抗が少なく、伝導性がよいので、半導体において集積回路形成用として利用される他、リレー、スイッチ等の接点材料として多く使われている。また近年は太陽電池用の需要も伸びている。

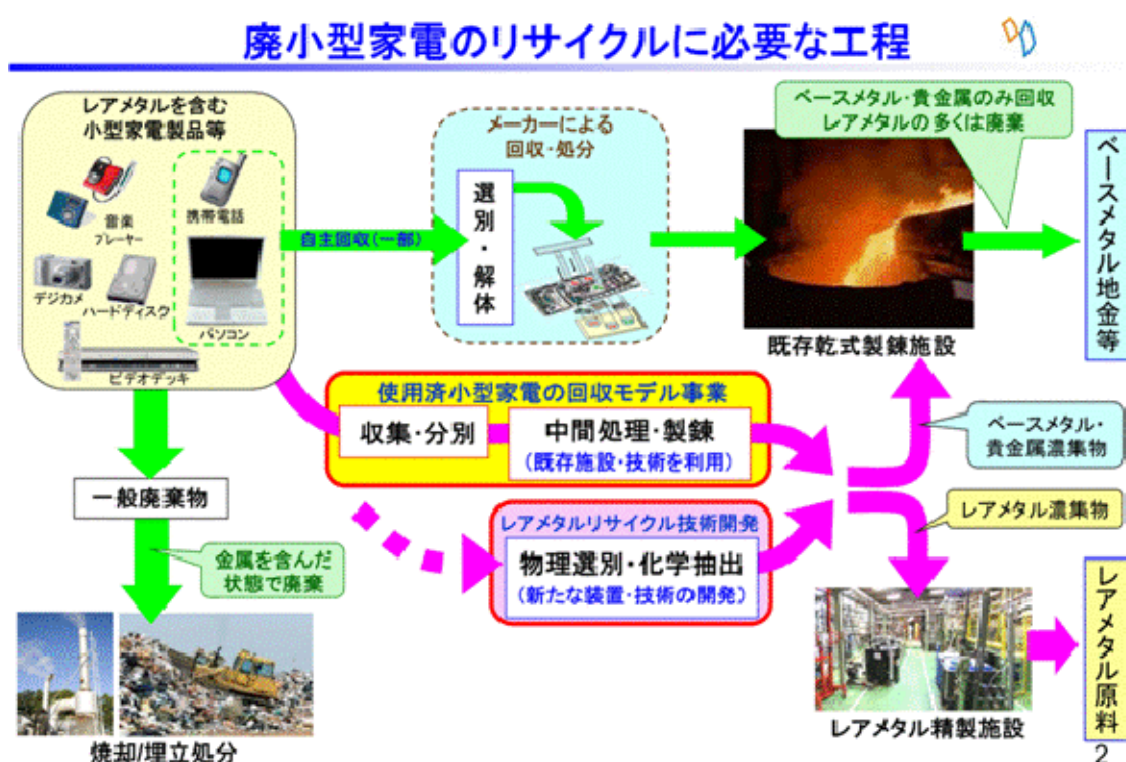
次に多いのが宝飾品としての用途である。三番目に多い用途としてコインが、四番目の用途として写真感光用材料の臭化銀、ヨウ化銀等が感光剤として利用されている。その他、医療分野では歯科治療の材料として合金で使われる他、抗菌剤としても利用されている。

第4章 小型家電からの有用金属の分離・回収技術に係る情報整理

小型家電からの有用金属の分離・回収技術は、1)ベースメタル・貴金属の分離・回収技術、2)レアメタルの分離・回収技術に大別される。

ベースメタル・貴金属の分離技術やレアメタルの分離技術については、文献調査を通じて全体像を概観し、現地調査を通じて把握した具体例をあわせて示すこととした。

有用金属の回収技術は、製錬技術で共通しているので、製錬技術についても整理を行った。(以下の図ではレアメタル精製施設が存在するが、関東圏域で、現在レアメタル精製施設は存在しない。)



(資料) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構「廃小型家電からのレアメタルリサイクルに関する技術開発と調査」(平成22年8月)

1. ベースメタル・貴金属の分離技術

(1) 破碎技術

ベースメタル・貴金属の分離技術として、第一に破碎技術が挙げられる。現状、破碎に用いられている粉碎機の種類を次ページに示した。破碎プロセスにおいて単体分離が重要であることは言うまでもないが、破碎対象となる廃棄物に関する単体分離の現象解明が不十分であることもあり、単体分離を促進させる粉碎機の開発は途上段階にある。

表 4-1 主な粉砕機の種類

大分類	小分類	処理量			粉砕域				粉砕力				粉砕システム			
		大容量	中容量	小容量	粗碎	中碎	微粉砕	超微粉砕	衝撃	圧縮	剪断	磨砕	乾式	湿式	連続	回分
	ジョークラッシャー	○			○				○	○			○			
	ジャイレトリークラッシャー	○			○				○	○			○			
	コーンクラッシャー	○			○				○	○			○			
	ハンマークラッシャー	○			○	○			○				○			
	自生粉砕機	○	○			○			○				○			
ボールミル	転動ボールミル	○	○	○		○	○	△	○				○	○	○	○
	振動ミル		○	○			○	△	○		○	○	○	○	○	○
	遊星ミル			○			○	△			○	○	○	○	○	○
	タワーミル		○	○			○				○	○	○	○	○	○
媒体攪拌ミル	攪拌槽ミル			○			○	○				○	○	○		○
	アニュラーミル			○			○	○			○	○		○		○
ローラーミル	遠心式		○				○		○	○			○			○
	油圧式	○					○			○	○	○	○			○
高速回転ミル	ハンマーミル			○					○		○		○			○
	ケージミル		○	○					○		○		○			○
	軸流型ミル		○	○			○		○		○	○	○	○	○	○
	アニュラー型ミル			○			○			○	○	○	○			○
	剪断型ミル			○			○	○		○	○	○				○
	ジェットミル		△	○			○	△	○			○	○			○

(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

現時点では万能な選択粉砕機なるものは存在しないが、限定的ながら単体分離を促進する粉砕機の検討がなされている。以下、環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」を引用し、小型電子機器のリサイクルに応用可能な技術を紹介する。

① 衝撃力による破砕

電子素子が実装されたプリント基板を、ドラム型の衝撃式破砕機内でドラム内装などに強打させると、電子素子があまり破壊されずに剥離されることがある。また、銀がドラム下部で回転するチェーンミルも廃製品の解体などに有効である。このように人工物の場合、衝撃力によって天然鉱石より単体分離が促進されるケースが多々見られる。例えば、ある種のプリント基板のボードはガラスエポキシ樹脂と銅の複合物であるが、銅はその延性、展性のため、衝撃によって丸まってゆくのに対し、ガラスエポキシ樹脂は脆性的に破壊されやすい。このような差別的粉砕を効率的に実施するため、ハンマーミルを連続回分式に運用し、数 10 秒からなる 1 サイクルを、対象物の単体分離過程、粒度調整過程、破砕物排出過程に分割して、微小時間ごとに最適条件に制御をする方法が検討されている。アクティブ粉砕と名付けられたこの方法は研究開発段階ではあるが、将来の高度な粉砕制御の先駆けと呼べる技術である。

②固体認識を伴う局所破壊

回収したい部分をセンサーにより検出し、その部分をピンポイントに打ち抜く方法が近年開発された。ハードディスクドライブ・カッティングセパレーター（HDD-C S）は、廃HDDから、ネオジム焼結磁石を含有するボイスコイルモータ部を打ち抜く専用の破碎・選別機である。磁石の機械的な回収には、通常、事前の脱磁が不可欠であるが、HDD表面の漏洩磁束密度により磁石部を検出し、非磁性鋼性の刃で打ち抜くことにより、脱磁せずに磁石部を回収することができる。一連の操作はすべて自動で15～20秒/台で処理可能であり、打ち抜かれた部分は磁石が10倍～20倍に濃縮される。センシングを伴う選択破碎はHDD以外にも広く応用が可能であり、特に類似した構造を有する人工物に対する有価物の破碎・回収に効果的である。

③電氣的な破碎

現状において破碎は機械的方法が主流であるが、破碎に消費するエネルギーや、破碎の選択性などの点で、電氣的な破碎方法が注目されている。これには2つの方法がある。ED（electrical disintegration）法は、液体中で高電圧電極を粒子に接近（接触）させ、粒子下方に接地電極を配置して大電流を流す方法である。数十 μ sという微小時間に数十kVの電気パルス照射することで位相境界面に大電流が流れ、選択的な破壊を起こす方法である。一方、EHD（electro-hydraulic disintegration）法は、ED法と同様に、液体中で高電圧電極を粒子に接近（接触）させるが、大電流が流れることによる液相の衝撃波を利用する方法である。大電流の代わりに爆薬を爆破させる方法もある。いずれの場合にも、衝撃波は位相境界面に引っ張り応力を発生させ、境界面での破壊を促進する。電氣的破碎法を廃製品の単体分離促進に利用する試みは未だ研究段階にある。

（2）ふるい分け、分級技術

ベースメタル・貴金属の分離技術の第二にふるい分け、分級技術が挙げられる。粉碎産物を次の処理工程に送る前に、多くの場合で粒子のサイズ分離が行われる。物理処理プロセスでは、粒子サイズ毎にその後の選別プロセスが異なることがその理由となる。また、粉碎産物の組成にサイズ依存性があれば、これにより着目成分の回収や異物の除去が実現する。サイズ分離の方法は、網を通過するか否かで選別する「ふるい分け」と、気相あるいは液相中で粒子運動の違いによって選別する「分級」に大別できる。

①ふるい分け

次ページに主なふるい分け装置の形式と適用範囲を示す。実際には、いくつ

かの装置に絞ってサンプルテストを行い、目的に応じたふるい分けが可能であるかを検証することが望ましい。

表 4-2 主なふるい分け装置の形式と適用範囲

形式		適用粒度 mm		
		下限	適用範囲	上限
振動ふるい	リップルフロー型	1	5~50	200
	トップマウント型	1	3~30	50
	ローヘッド型	1	5~50	200
	エリブティックス型	1	5~50	200
	共振式	1	3~30	50
	振動モータ式	0.3	0.5~10	30
	電磁式	0.1	0.3~5	10
	円形ふるい	0.05	0.1~5	10
面内ふるい		0.05	0.1~5	10
その他	可動網式	3	5~30	50
	強制攪拌式	0.05	0.1~5	10
	風力ふるい	0.03	0.07~1	5
	音波ふるい	0.03	0.07~1	5

(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

②分級

分級は、広義には粒子を性質ごとにクラス分けすることであるが、通常は、液体媒体中を移動する粒子の速度に基づき、粒子をサイズの異なる2つもしくはそれ以上の産物に分離することを指す。分級機は、利用する産業分野や開発の経緯から独自の発展を遂げてきたが、粒子サイズで分ける分級機と、粒子密度で分ける比重選別機は基本的には同じ構造を持つ装置である。比重選別機は、後述することとし、ここでは、代表的な乾式分級機と湿式分級機を以下に示した。

表 4-3 代表的な乾式分級機の種類

分類	分級原理	一般的な特徴	代表的な機種
重力分級	粒子の落下速度、落下位置の違いにより分級（重力：空気抗力）	<ul style="list-style-type: none"> 構造が簡単 粒径の粗いところでの分級（200~2000 μm） あまり高粉体濃度が期待できない 精密分級に適さない 	水平流型 垂直流型 ジグザグ型
慣性分級	粒子の慣性力を利用して分級（慣性力：空気抗力）	<ul style="list-style-type: none"> 構造が簡単 比較的粒径の粗いところでの分級（10~250 μm） 高粉体濃度が可能、比較的大容量が可能 	直線型 曲線型 ルーバー型

		<ul style="list-style-type: none"> ・精密分級に不適 ・細かい分級範囲 (0.5~50 μm) ・精密分級も可能 	エルボージェット バリアブルインパクト
遠心分離 (自由渦、 半自由渦)	自由渦、半自由渦 による遠心力と 空気抗力のつり あいで分級	<ul style="list-style-type: none"> ・構造が比較的簡単 ・比較的細かいところでの 分級 (1~20 μm) ・サイクロンなどではあま り高粉体濃度、精密分級 は望めない 	サイクロン ファントンゲレン クラシクロン ディスパーション セパレータ マイクロプレックス
遠心分離 (回転 羽根付)	回転する分級羽 根によってつく られる回転流に よって生じる遠 心力と空気によ る抗力のつり合 いで分級 (遠心 力：空気抗力)	<ul style="list-style-type: none"> ・比較的構造が複雑で動力 もかかる ・微粉領域まで分級可能、 分級範囲広い (0.5~100 μm) ・高粉体濃度、精密分級が 可能 	エアセパレータ ミクロンセパレータ マイクロプレックス アキュカット ターボクラシファイ アー等

(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

表 4-4 代表的な湿式分級機の種類

分類	分級原理	一般的な特徴	代表的な機種
重力分級	スラリー中にお ける粒子の沈降 速度差を利用 (重力：液体抗 力)	<ul style="list-style-type: none"> ・構造が簡単 ・大型機種 ・粗いところでの分級 (40 ~200 μm) ・精密分級に適さない (多段型にて対応可能) 	ハイドロセパレータ スパイラル分級機 レーキ分級機 ボール分級機 ドラム分級機 ジェットサイザ クラシファイイングサ イザ
遠心分離 (自由渦、 半自由渦)	自由渦あるいは 強制渦による遠 心力と流体流に よる抗力の釣り 合いで分級 (遠心力：液体抗 力)	[自由渦] <ul style="list-style-type: none"> ・構造が簡単 ・細かい分岐点が取れる装 置は小さい ・分級可能範囲 (5~150 μm) 	液体サイクロン
		[強制渦] <ul style="list-style-type: none"> ・構造が複雑 ・分級範囲が広い (1~800 μm) ・主として固液分離に利用 	分離板 (ドラバル) 型 円筒 (スクリュデー カンタ) 型

(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

(3) 比重分離

比重分離は、分離回収対象の物質の比重（密度）が他の物質のそれと異なる場合に可能な分離法である。主な比重分離法を乾式と湿式に分類すると以下のようになる。

表 4-5 比重分離法の分類

		長所	短所
乾式比重分離	風力分離 流動層分離 振動テーブル等	<ul style="list-style-type: none"> ・装置が比較的簡単である。 ・処理後の乾燥工程が不要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・騒音や粉じんを発生することがある。 ・試料の付着水分を制御する必要がある。 ・液体中に比較して、空気中の粒子の運動速度（主に落下速度）が速いため、湿式法に比較して分離精度が劣る。
湿式比重分離	重液選別 薄流選別 ジグ選別等	<p>(重液選別)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・選別効率が高く、選別が鋭敏である。 ・重液の比重が一定であれば、選別は安定して進行する <p>(薄流選別)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・処理能力が高い 	<p>(重液選別)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・粒径が小さい試料には適用できない。 ・重液の比重が限られている <p>(薄流選別)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・選別精度があまり鋭敏でない

(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

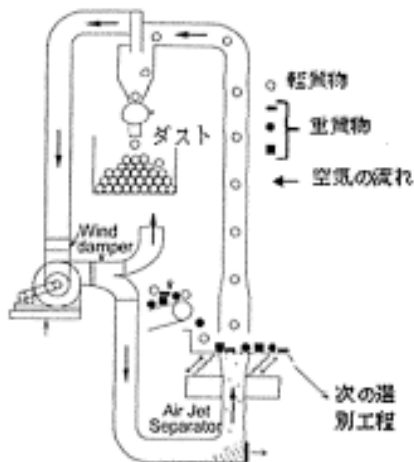
①乾式比重分離

風力分離装置には、縦型風力選別機、ジグザグ選別機等がある。

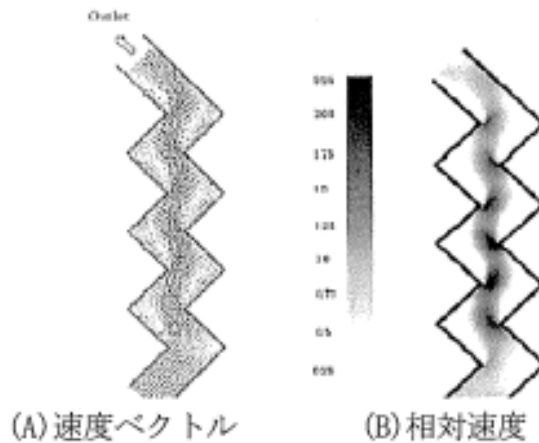
縦型風力選別機は、縦型のカラムに上向流を供給し、風量を調整することにより、低比重物をカラム上部、高比重物を下部から回収する装置である。九州メタル産業（株）では、廃自動車の破碎産物から磁気分離により鉄等を回収した後、縦型風力選別機で軽量物（綿・スポンジ類・軽質プラスチック類等）と重量物（非鉄金属類、ガラス類）を分離している。

ジグザグ風力選別機は、上昇する気流の通路がジグザグになっており、選別機内壁への粒子の衝突や渦流による粒子の再分散と上昇流による分級が繰り返し行われるように構成されている。ジグザグ選別機は、廃タイヤ、廃配線コード、ビル廃材の各種廃棄物や都市ごみからの資源回収プロセスに活用されている。

縦型風力選別機



ジグザグ風力選別機の空気の流れ



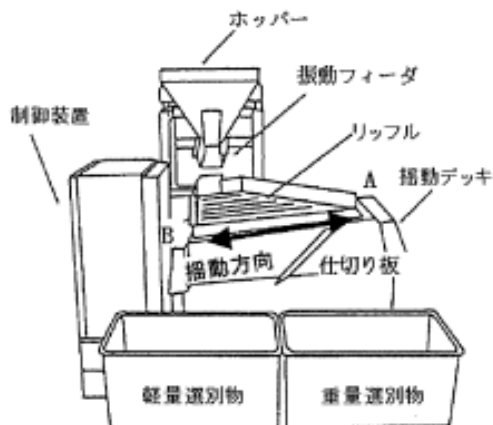
(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

振動テーブルには、エアテーブルや乾式振動テーブルがある。

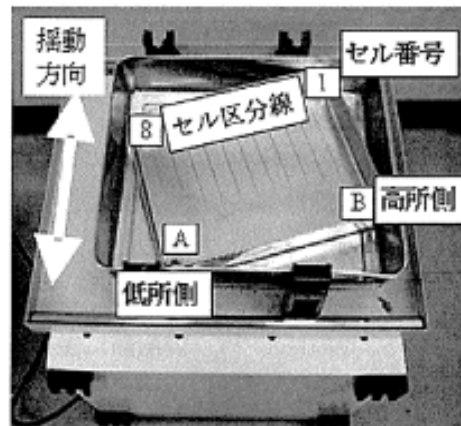
エアテーブルは、エア・フロート・テーブル (air float table) と呼ばれ、近年は、廃棄物からの有価物の分離・回収に用いられている。

振動テーブルは湿式で行われるが、乾式の振動テーブルが試作され、検討が行われている。水平に対して傾度をもつパッドを短辺方向に振動させるものである。

エアテーブル



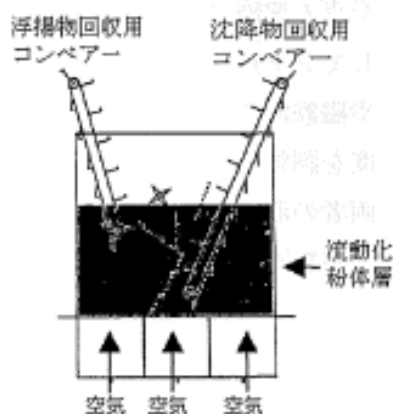
乾式揺動テーブル



(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

流動層分離装置は固気層分離装置とも呼ばれている。下部からの送風により粉体を流動化させた固気流動層は、液体に類似した性質を有し、用いる粉体により固有の見かけ比重を持つ。層内に試料を供給すると流動化粉体の見かけ比重よりも小さい比重の粒子は固気流動層を浮揚し、大きな比重の粒子は沈降する原理である。アルミニウムと重金属（銅、亜鉛等）の分離やプラスチック類の分離のための装置が製造されている。

連続式流動層分離装置



(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

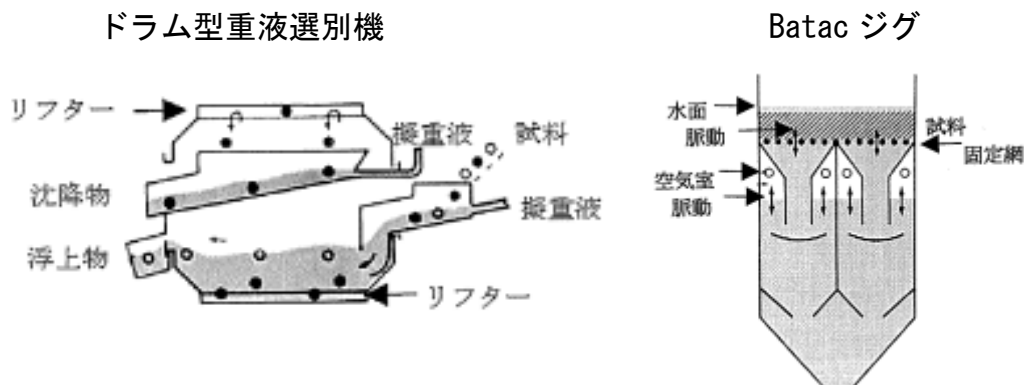
②湿式比重分離

湿式比重分離は粒子の比重差を利用して水中あるいは懸濁中で分離するもので、重液選別、ジグ選別、薄流選別といった方式がある。

重液選別機には、ドラム型とコーン型がある。ドラム型重液選別機では、試料は擬重液とともに回転するドラム装置に供給され、比重の小さい粒子は浮上物として排出される。比重の高い粒子は沈降し、ドラム内部に設置されているリフター（かさ上げ板）により上部に運ばれ、沈降物回収トレーに落下しドラム外に排出される。排出された産物（浮遊物、沈降物）はそれぞれ一次スクリーニングにより擬重液が回収され再利用される。更に二次スクリーニングにおいて散水により産物に付着している擬重液粒子（重液材）が分離され、磁気分離により固液分離され重液材として利用される。

ジグ選別は、水中に固定した網上に試料粒子をおき、上下に脈動する水流を発生させ、固定網上で試料粒子の上下運動を繰り返すことにより、高比重の粒子を下層部に沈積させてその上部に低比重の粒子を成層させて、それぞれの層を別々に取り出す技術である。近年は、プラスチック類等の廃棄物のリサイクル・資源化のための分離に用いられている。一般の適用粒度範囲は 200～0.5mm

である。これよりも粗粒子を対象とした ROMJIG（適用粒度 350～40mm）や微粒子用のジグ（Altair ジグ、Kelsey ジグ、Packed Column ジグ等）が開発されている。



（資料）環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

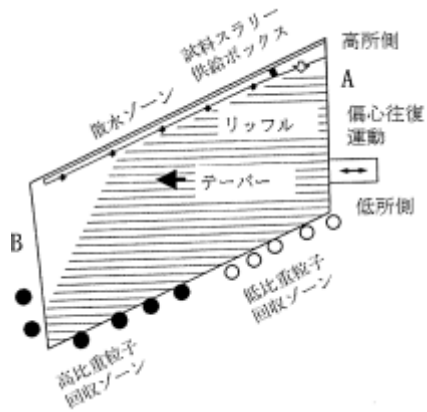
薄流選別は、比重による粒子運動の差を利用して選別する方法である。傾斜している盤（デッキ）の上に、比重の異なる2種の粒子をおいて水を流せば（遠心力を作用させる場合もある）、粒子の運動に違いが生ずる。比重の小さい粒子は水の力や遠心力により大きく移動する原理を利用した装置として、振動テーブル、スパイラル選別、Multi-gravity separator 等がある。

表 4-6 薄流選別の種類

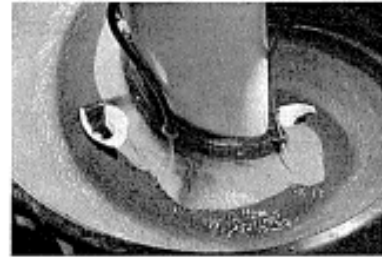
振動テーブル	代表的な振動テーブルである Wilfley Table は、石炭のスクリーニングや比重の高い非硫化鉱物の選鉱に用いられている。近年は重金属に汚染された土壌の浄化への活用が研究されている。
スパイラル選別	断面が円弧状の樋を垂直軸のまわりに螺旋形に設置したもので、樋の上部から水と共に試料を落下させると遠心力と水の作用で、比重の小さい粒子は樋の外周側に移動して落下し、高比重の粒子は樋の内周側に集まって流れる。
Multi-gravity separator	微粒子用に開発された比重分離装置で、湿式振動テーブルの分離機構に遠心力を付加して分離を行うもの。装置は両端が開口したドラムで、このドラムを適切な角度に傾け、緩やかに回転させると共に前後に振動させる。振動ふるい、ハイドロサイクロンを組み合わせた湿式選別プロセスによる、下水汚泥嫌気性消化処理施設からのリン（リン酸マグネシウムアンモニウム）の回収の検討も行われている。

（資料）環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

Wilfley テーブル

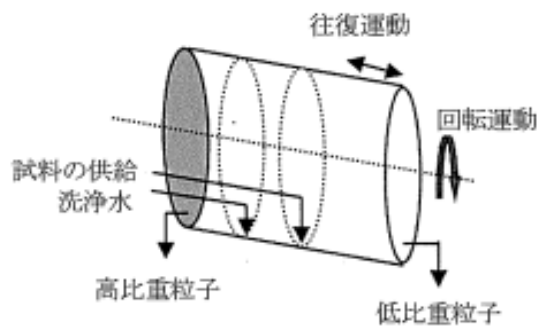


スパイラル選別機



(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

Multi-gravity separator



(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

(4) 磁選

ベースメタル・貴金属の分離技術として、第四に磁選技術が挙げられる。磁選は、磁石に物体が吸引されて、吸引されにくい物体とを分ける技術で、古くから鉱物の分離および鉄のリサイクルに使用されてきた。

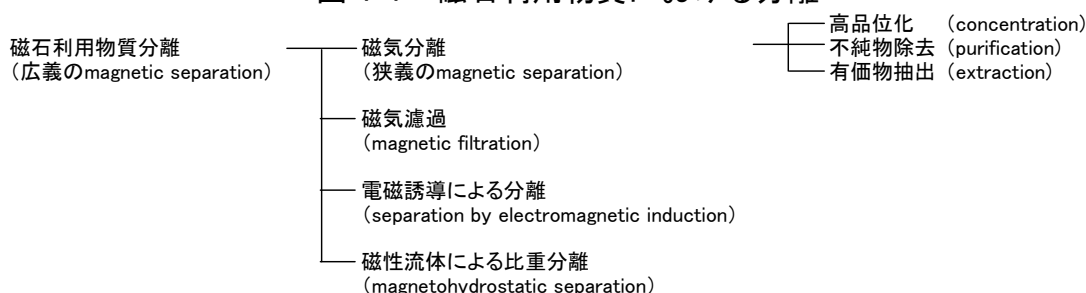
産業廃棄物のリサイクルの流れでは、廃棄物収集→解体・選別→破碎→篩い分け→細粒と粗粒に応じた各種分離が行われる。約 0.05mm 以上の粗粒は水を用いない乾式で大きいものほど分離しやすい。磁選、密度差を用いた風力選別、渦電流選別、各種ソーターが使用され、乾燥していれば静電選別も使用できる。大きい粒子でも重液を用いた比重選別が使用されているが、約 0.05mm 以下になると粒子どうしが水分付着による凝集のために単体分離できないので、乾式ではなく水などを用いた湿式分離が必要になり、浮選や磁選、遠心式比重選別が使用される。以下に、磁選機の種類を示した。

表 4-7 磁選機の種類

	磁界方式	供給方式	供給場所	強磁性マトリックス	乾式／湿式
静磁界型	弱磁界型	ベルト型	上部供給	有り	乾式
			下部供給	有り	湿式
		ドラム型	上部供給	無し	
			下部供給	無し	湿式
	中磁界型	ベルト型	上部供給	無し	乾式
		ドラム型	上部供給	無し	乾式
		吊り下げ型	下部供給	無し	乾式
	強磁界型		上部供給	有り	湿式
		ドラム型	上部供給	無し	乾式
	交流磁界型	移動磁界型			有り
振動磁界型					乾式
電磁誘導型					

(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

図 4-1 磁石利用物質における分離



(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

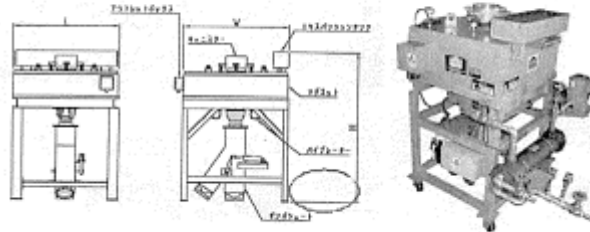
吊り下げ型磁石



← 1m →

乾式電磁フィルター

0.2T, 0.5Tの空芯磁場にマトリックスが入り、パイプレーターで振動させ非磁着物を落下させる。



(日本エリーズマグネチックス株)

(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

(5) 電氣的選別 (渦電流選別と静電選別)

電氣的な選別の手法は、渦電流選別と静電選別に大別される。前者では物質のバルク特性としての電気伝導性が、後者では表面物性としての電気伝導性が選別挙動を主に支配している。

① 渦電流選別

導体に変化磁界を作用させると、電磁誘導によりその物質中に渦電流が発生し、作用させた変化磁界との間に反発力を生ずる。この渦電流の大きさはその物質の電気伝導性によって決まるため、それによって異なる物質同士の相互分離を達成することができる。プラスチック、ガラス等はこの値がほぼ0であるから、これらと各種金属との分離あるいは基本的には金属同士の相互分離も可能である。

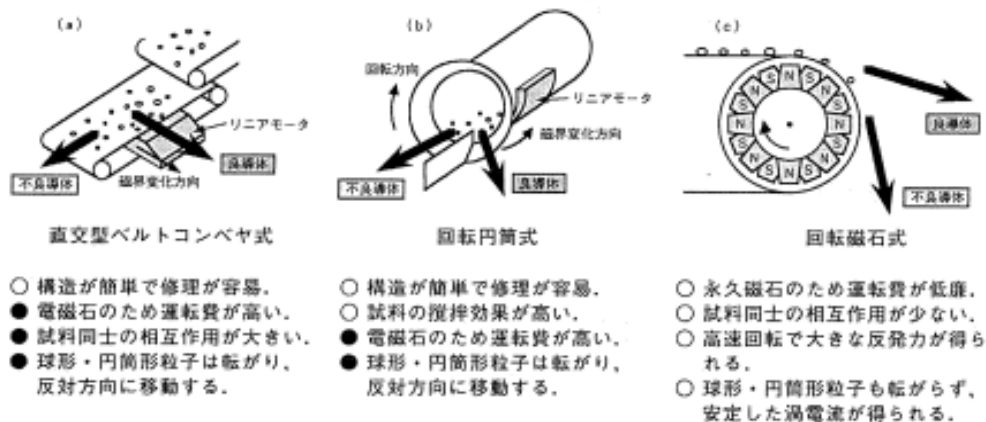
渦電流を発生させるには、基本的には磁界、対象物の位置のどちらかが時間的、空間的に変化すればよく、それに応じて様々の選別方式がある。現在、最も一般的に使用されている方式は、回転磁石式の装置である。

表 4-8 各種渦電流選別機の概要

傾斜板式	(メリット) ・原理が簡単で運転費が低廉 (デメリット) ・粒子の移動速度に限界があるので、発生する反発力が小さく、処理量も限定される。 ・アルミ缶のような円筒形の場合は、事前に圧縮等の処理が必要
直交型ベルトコンベヤ式	(メリット) ・構造が簡単で修理が容易 (デメリット) ・電磁石のため運転費が高い ・試料同士の相互作用が大きい ・球形・円筒形粒子は転がり、反対方向に移動する
回転円筒式	(メリット) ・構造が簡単で修理が容易 ・試料の攪拌効果が高い (デメリット) ・電磁石のため運転費が高い ・球形・円筒形粒子は転がり、反対方向に移動する
回転磁石式	(メリット) ・永久磁石のため運転費が低減 ・試料同士の相互作用が小さい ・高速回転で大きな反発力が得られる ・球形・円筒型粒子も転がらず、安定した渦電流が得られる

(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

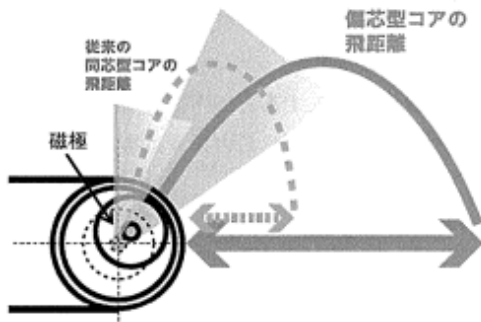
各種渦電流選別機の変遷と比較



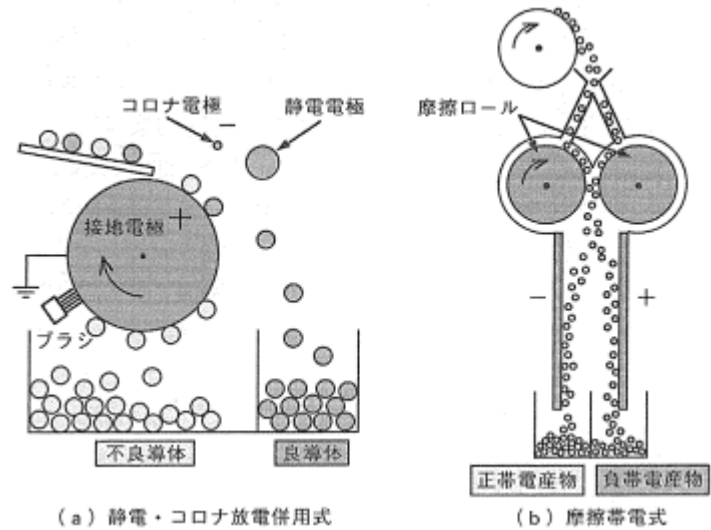
(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

最近では、磁極偏芯方の渦電流選別機も開発されており、対象物素材に合わせて磁極位置を変化させることが可能となっている。

磁極偏芯型渦電流選別機



各種静電選別機の概要



(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

②静電選別

粒子を静電界内に置いたとき、その粒子に働く電気的な力は粒子の帯電量と電界強度の積で与えられる。静電選別の基本はこの力の違いを利用することである。実用化されている主な静電選別機は、粒子の帯電方法により、静電・コロナ放電併用式及び摩擦帯電式の2つに分類される。

表 4-9 静電選別機の概要

静電・コロナ放電併用式	ロール型の選別機では、回転するシリンダー状の接地ロール（接地電極）と平行に丸い棒状の静電電極と細線状あるいは針状のコロナ電極がセットされ、この両者の間に静電場およびコロナ放電場が形成される。良導体粒子は接地ロールから静電電極側に飛び出し、不良導体粒子は接地ロールに付着してブラシで掻き落とされるまで落下しない。
摩擦帯電式	粒子の摩擦帯電を利用する方式である。投入された粒子は適当な（2種分離対象物質の中間の仕事関数を持つ）材質の摩擦ロールを通過する際に物質により異なった符号に帯電し、下方の電界内にてそれぞれ異符号の電極側に吸引されて分離される。

(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

(6) ソーター選別

ベースメタル・貴金属の分離技術として、ソーター選別技術も挙げられる。

ソーター選別とは、搬送コンベア上などを移動する物体に対して、各種センサーで検知した情報をコンピュータで解析することによって、その種類を識別し、その結果に基づいて圧縮空気の噴射やバドルを動作させることで種類ごとに異なる回収ボックスに搬送して選別する技術である。

選別の対象となるのは数 mm～300mm 程度の比較的大きな固体粒子であり、鉱石、非鉄金属・合金、プラスチック、ガラス、木材、食品など、使用するセンサーの特性に応じて多様な物体に適用できる。

ソーター選別は、磁力選別機、風力選別機、渦電流選別機などの選別装置では正確な分離が困難な混合物を対象として、これらの選別装置の後段で行われることが多い。

①近赤外線ソーター (NIR)

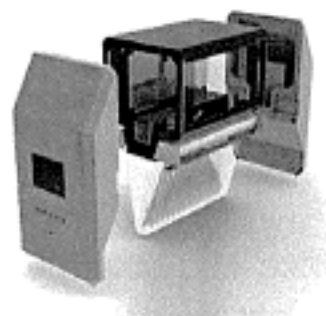
近赤外線 (Near-infrared light、波長 1,100nm～2,500nm) を物体に照射すると物体を構成する分子構造に依存して特定の波長の光が吸収される。近赤外線選別は、近赤外線の吸収スペクトルの違いを利用して物体の種類を識別して選別する技術である。未知試料の光吸収スペクトルデータと事前に取得している既知試料の光吸収スペクトルデータとを照合することにより識別が行われる。

近赤外線選別は主に有機物を対象としており、リサイクルを目的とする廃プラスチックの選別において特に重要である。このほかにも古紙のリサイクルにおける紙の選別や廃木材に含まれるプラスチックなどの不純物除去にも用いられる。

近赤外線ソーター



本体



光照射・検出部

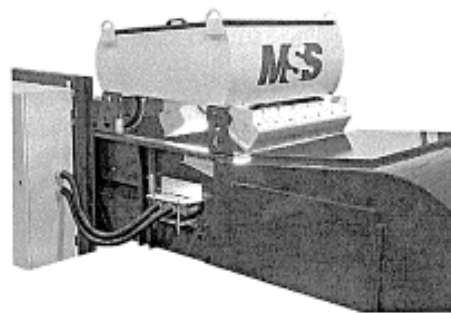
(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

②光学ソーター

光学選別は、物体からの可視光 (Visible light、波長 400nm～700nm) の反射光あるいは透過光を、OCD などのイメージセンサーで検知して物体の明度、

彩度、色相、サイズ、幾何学的形状などの違いを識別して選別する、もしくは分光器によって検知してスペクトルや透過率の違いを識別して選別する技術である。色彩の違いを検知するものはカラーソーターと呼ばれ、可視光分光（Visible Spectroscopy）に基づくものはVISソーターと呼ばれる。カラーソーターは、ガラス瓶やカレットの選別（無色、茶、緑、青）、廃自動車や廃家電を破砕処理したリサイクル原料に含まれる銅系金属（銅、真鍮などの色物金属）とその他金属（鉛、亜鉛などの灰色金属）の選別、色彩の異なる鉱物（石灰石、石英など）の選別などに用いられる。

光学ソーター



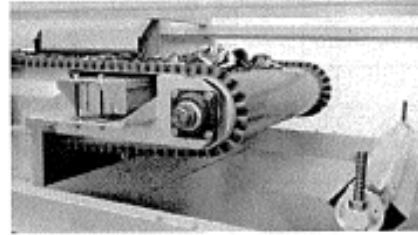
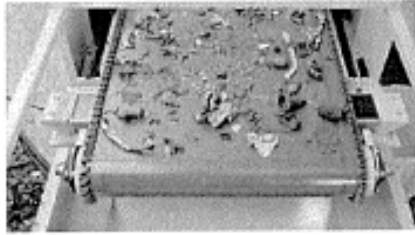
（資料）環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

③電磁誘導ソーター（ISS）

物体が磁界を通過する際には電磁誘導により渦電流が発生し、流れる電流値は物体の導電性に依存する特性がある。電磁誘導選別（Induction sorting system）は、磁界センサーを利用してこの渦電流（誘導起電力）を検知し、その特性の違いをコンピュータで解析して物体の種類を識別して選別する技術である。（交流磁界が渦電流による磁界に及ぼす力学的作用によって物体の運動方向を変化させ選別を行う渦電流選別機とは原理的に異なる。）

電磁誘導選別は、導電性の違いに基づいた選別方法であるので金属と非金属の分離に利用でき、シュレッダーダストからの非鉄金属の回収や、食品などに混入する金属異物を除去する手段として用いられる。また、廃自動車や廃家電などの破砕・選別処理で発生する非鉄金属混合物（ミックスメタル）に含まれるステンレス（導電性小）を銅やアルミニウム（導電性大）から分離する際に利用される。また、印加する交流磁界の周波数を最適制御すれば、銅とアルミニウムの選別にも利用できる。

電磁誘導ソーター



(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

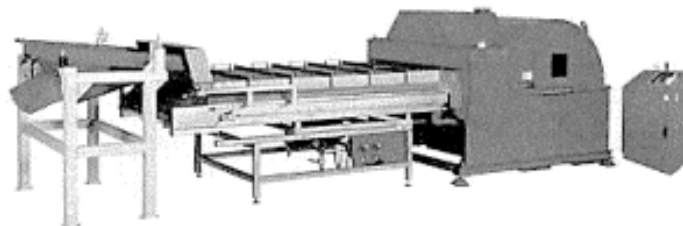
④透過 X 線ソーター (XRT)

X 線 (波長 0.001nm ~ 80nm) を物体に照射した際の透過率 (X-ray transmittance) は、物質の密度によって異なるので、X 線透過率の違いを検知すれば、物体の素材や厚さ、内部構造などを分析できる。透過 X 線選別法は、物体表面の汚れや塗装の影響をほとんど受けずに選別が可能である。また、鉄製ボルトが付随したアルミニウム片のような単体に分離していない物体の検知が可能であることや、最大 3 m/s 程度のベルトスピードで高速処理が可能といった優れた点がある。しかし、不定形の形状を持つ物体に対しては、事前に厚さを測定したり揃えたりするなどの対策が必要になる場合がある。

透過 X 線ソーターは、ミックスメタルの選別の他にも各種非金属製品に投入する金属異物の除去、リサイクル原料としての混合プラスチックに含まれる PVC や臭素系プラスチックの除去、鉛ガラスや耐熱ガラスなどのガラス選別などにも利用されている。

最新の透過 X 線ソーターでは、デュアル X 線検知センサーを備えており、異なるエネルギーを持つ 2 波長の X 線の透過率を測定することで識別精度を g 高めている。20~150mm の大きさの非鉄ミックスメタル (銅、真鍮、ステンレス、アルミニウム、マグネシウム) に対して、重金属グループ (銅、真鍮、ステンレス) と軽金属グループ (アルミニウム、マグネシウム) に良好に選別可能であることが、軽金属グループに含まれるアルミニウムとマグネシウムの選別が可能であることが報告されている。

透過 X 線ソーター



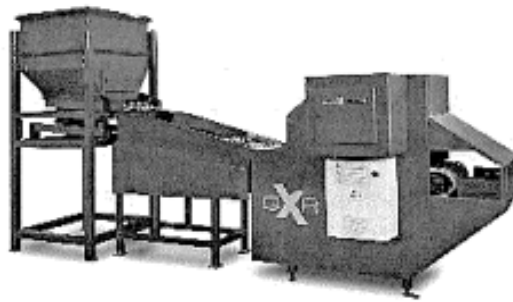
(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

⑤ 蛍光 X 線ソーター (XRF)

X線を物体に照射した際に発生する蛍光X線 (X-ray fluorescence) を分光して物体表面近傍に存在する元素の定性・定量を行うのが蛍光X線分析である。透過X線ソーターと比べて、使用するX線源の出力が小さくて済むので装置動力は少ないが、スペクトルの測定に時間を要するために処理速度はやや遅く、通常は1 m/s程度のベルトスピードで処理が行われる。また、表面分析であるために物体の汚れや塗装の影響を受けるが、後述のLIBSと比較するとその影響の度合いは小さい。

蛍光X線ソーターは、元素分析に基づく識別であるので、ミックスメタルの選別が可能である。さらに、微量に含まれる添加元素の含有量を検知することで銅合金やアルミ合金同士の選別が可能となる。この他にも、蛍光X線ソーターは、着色ガラスの選別や防腐処理木材の選別などにも利用されており、今後様々な用途が見出されているものと考えられる。

蛍光 X 線ソーター



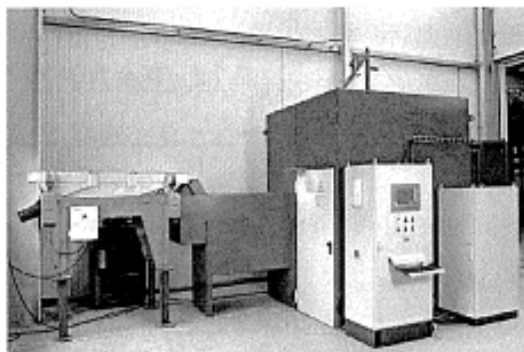
(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

⑥ レーザー誘起プラズマ分光分析法 (LIBS)

レーザー誘起プラズマ分光分析法 (Laser induced breakdown spectroscopy) は、対象物に高出力パルスレーザーを集光照射して (ピーク出力 $100\text{GW}/\text{cm}^2$ 程度)、物体表面の微細な集光スポット近傍に瞬間的にプラズマを発生させ、その発光スペクトルを検知することで、元素の定性・定量を行う分析法である。本分析法は蛍光X線分析と比較して検出元素範囲が広く精度も高い。また、瞬時に測定が行われるために高速処理が可能である。しかし、測定領域 (集光スポット) が極めて小さいため、物体表面の汚れや塗装などの影響を受けやすいという問題がある。

現在、レーザー誘起プラズマ分光分析法をソーターに応用する研究開発が欧州の研究機関を中心に進んでいる。近い将来、LIBSソーターがミックスメタルや合金選別などの目的で利用されるものと考えられる。

欧州研究機関で開発中の LIBS ソーター



(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

⑦レーザー 3D 解析

レーザー 3D 解析 (laser 3D analysis) は、ベルトコンベア上を移動する物体の表面を線状のレーザー光でスキャンし、レーザー光のラインの高さ方向への動きを CCD カメラで検知して物体の 3 次元形状をデジタルデータとして計測する方法であり、光切断法とも呼ばれる。計測したデータから物体のサイズや形状を算出することで、これらの違いに基づいた選別が可能である。レーザー 3D 解析による選別は、安価、高解像度、高速処理といった光学ソーターと同様の利点を有しており、他のセンサーと組み合わせることも多い。LIBS ソーターでは、レーザー 3D 解析を対象物の位置と大きさを検知する手段として用いている他、「レーザー 3D 解析とカラーカメラとの組み合わせ」によるプリント基板片の部品搭載の有無による選別などが行われている。

⑧その他のソーティング技術

現在は研究段階にあるが、将来のソーター選別機として実現の可能性がある技術として、以下が挙げられる。

表 4-10 その他のソーティング技術

ラマン分析による方法	物体にレーザー光を照射した際に観測されるラマン散乱光 (照射光と異なる振動数を有する光) を検知し物体を識別する方法である。近赤外線ソーターでは不可能な黒色プラスチックの選別やプラスチックに含有する難燃剤の識別などへの応用が考えられている。
温度差を検知する方法	物体をマイクロ波で急速加熱し、昇温、降温過程の温度変化特性の違いから物体を識別する方法であり、廃プラスチックの選別法としての研究が行われている。
中性子線の利用	物体に中性子線を照射して内部の原子核を放射化し (neutron activation)、同時に発生する即発 γ 線 (prompt gamma ray) が原子核に固有のエネルギー

	を持つことを利用した元素分析法（PGNAA法）を利用すれば、非破壊で対象物の内部に存在する元素の定性・定量分析が可能になる。最近になり、低コストかつ比較的 안전한中性子線源が開発されたこととγ線検出器が高機能化したことにより、ソーター選別への応用が検討されている。
テラヘルツ波の利用	テラヘルツ波とは、波長3 μm～3 mm、周波数0.1～10THzの電磁波のことである。テラヘルツ波は、電波のように紙、プラスチック、繊維などを透過し、光波のようにレンズやミラーで空間を取り回すことができる。テラヘルツ波をソーター選別に応用する研究が行われている。

（資料）環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

（7）形状選別

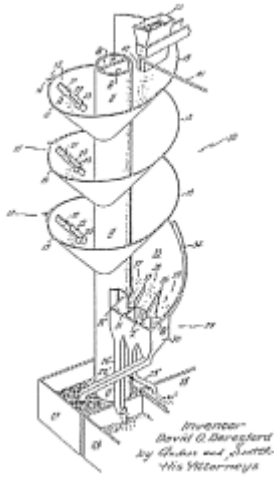
形状選別とは、形状の異なる粒子、例えば球形粒子と非球形粒子を、形状の差異に起因する物理特性の違いを利用して分離する技術である。最近では廃棄物の選別においてもしばしば利用されている。空気分級のように微粒子を精度よく分離することはできないが、その装置構造が簡単であり必要とする動力も比較的少ないことから、粗粒子の低コストな選別法として、資源リサイクル分野で重要な選別技術の一つとなっている。固体粒子の形状分離技術は次のように分類される。

表 4-11 形状分離技術の分類

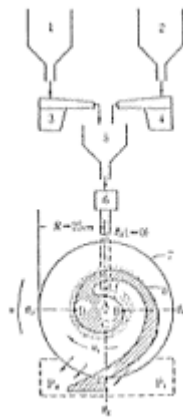
原理	形状分離法	
滑り・転がり速度の差を利用	可動部なし	<ul style="list-style-type: none"> ・らせん勾配法 ・傾斜管法
	可動部有り	<ul style="list-style-type: none"> ・傾斜回転円板法 ・傘型回転円板法 ・傾斜回転円筒法 ・傾斜振動板法 ・傾斜コンベア法 ・水平円運動板法
空隙の通過速度の差を利用		<ul style="list-style-type: none"> ・ふるい法 ・振動ふるい法 ・回転円筒ふるい法
その他、研究段階の技術		<ul style="list-style-type: none"> ・付着ドラム法 ・吸引ドラム法 ・流体抵抗法

（資料）環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

らせん勾配法

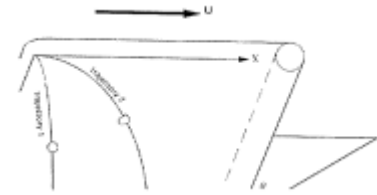


傾斜回転円板法

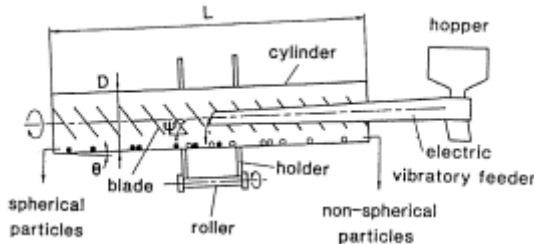


- 1 Hopper for spherical particles
- 2 Hopper for non-spherical particles
- 3,4 Electric vibratory feeder
- 5 Collecting vessel
- 6 Electric vibratory conveyor
- 7 Inclined rotating disc
- 8 Stationary spiral scrapers
- 9 Spherical particle products
- 10 Non-spherical particle products

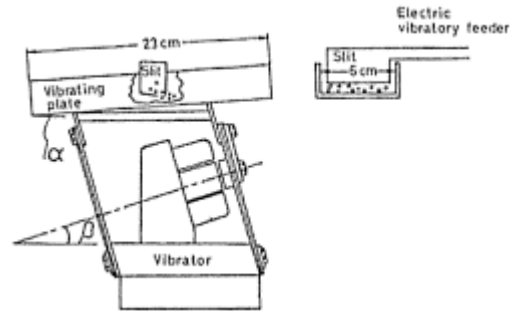
傾斜コンベア法



傾斜回転円筒法



傾斜振動板法



(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

傾斜振動板法と傾斜コンベア法は、構造が極めて簡単で連続処理が可能であり、摩擦係数の違う種々の粒子の分離が可能であることから、形状分離技術の中では汎用性の高い方法であり、様々な応用が試みられている。

形状分離技術の小型電子機器等への応用例

- ・プリント基板を衝撃粉砕した際に、傾斜コンベア法を用いて銅成分を分離
- ・傾斜振動板によってプリント基板廃材を形状分離
- ・静電選別と傾斜振動法の組み合わせによる廃プラスチック粒子の選別
- ・弱い磁力選別と傾斜コンベア法の組み合わせによる小型電子部品の選別

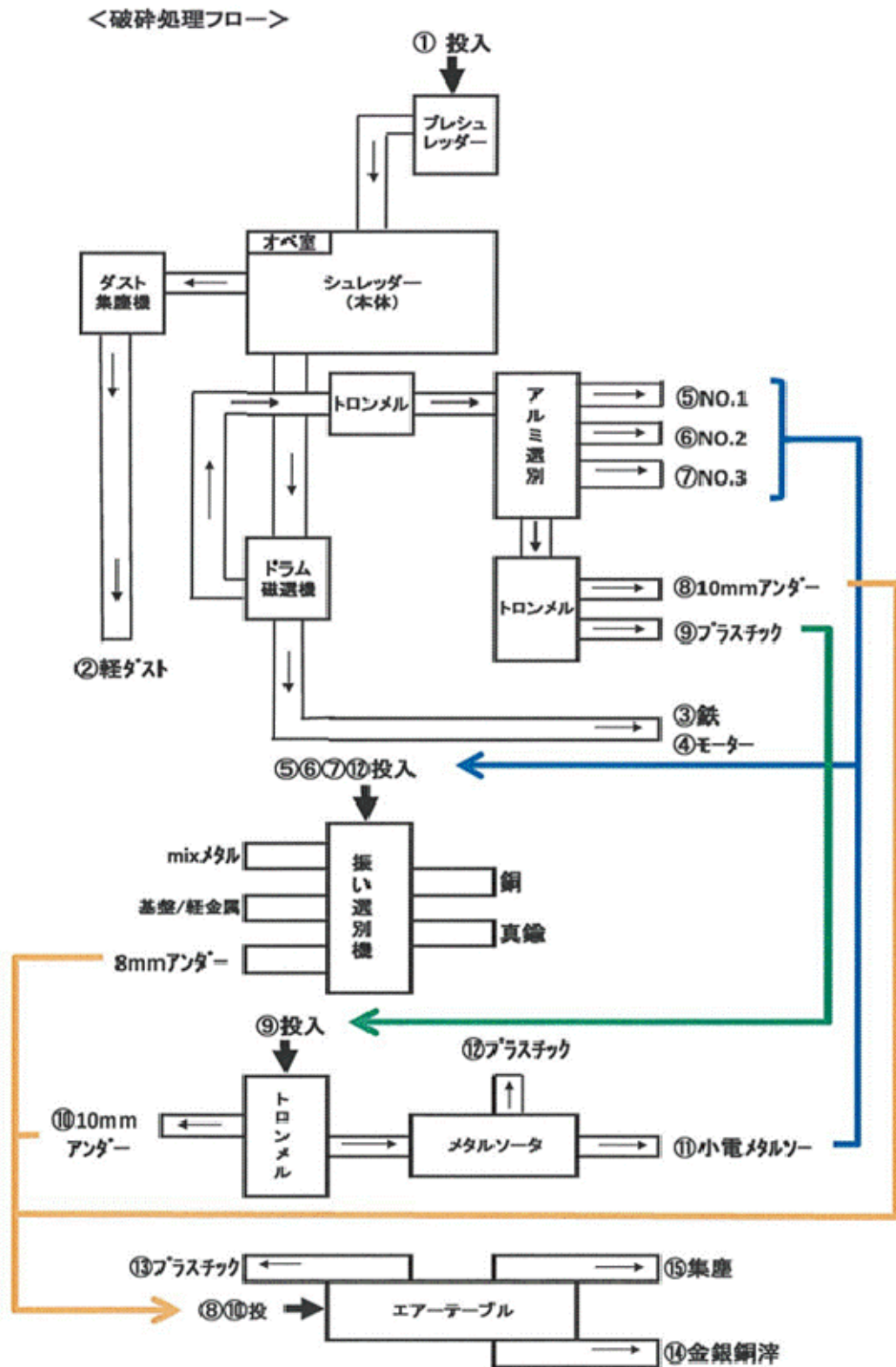
(資料) 環境資源工学会「粉体精製と湿式処理－基礎と応用」

(8) 実際の現場でのベースメタル・貴金属の分離技術活用状況

ここでは、現地調査で訪問した鈴徳児玉営業所におけるベースメタル・貴金属の分離技術について概観した。

ベースメタル・貴金属の分離技術は、プレシュレッダー、シュレッダー、ギロチンシャーによる破碎技術、トロンメル、ドラム磁選機、振り選別機、メタルソータ、エアテーブル（風力選別機）等の選別技術から構成される。

図 4-2 鈴徳児玉営業所におけるベースメタル・貴金属の破碎処理・選別フロー



(資料) 鈴徳児玉営業所資料



小型家電等の荷受け、荷下しヤード



プレシュレッダーへの投入クレーン



プレシュレッダーでの受入



プレシュレッダー後の状態



1,500馬力のシュレッダー本体室



シュレッダー後の状態



ダスト集塵機通過後の軽ダスト



ドラム磁選機通過後の鉄、モーター等



アルミ選別機



3種類のアルミへの選別状況



鉄シュレッダー屑



トロンメル通過後の 10mm アンダー物



メタルソータ



メタルソータ通過後有価物



エアテーブル



エアテーブル通過後の金銀銅滓



振り選別機



振り選別機通過後の mix メタル



手選別で銅、真鍮、基板等を分離



手選別後の銅



手選別後の真鍮

使用済小型電子機器は、所沢市、秩父広域市町村圏組合など3カ所から受け入れている。受入量は100～150t/月程度とのことである。

以下、現地調査時の質疑応答の結果を示した。

Q：小型家電の場合、手選別工程はどこに入れるのか？

A：前工程に入れる必要性も感じている。現時点で理想形と想定するフローを次ページ図に示した。

Q：どのような小型家電の受入が多いか？

A：季節商品の受入が多い。冬場はストーブ、電子レンジ、電子ジャー等。これからは扇風機が多くなる。掃除機、ガステーブル等も受け入れている。

Q：自治体からの小型家電の受入単位は？

A：1回あたり大型アームロール車程度が望ましい。

Q : 小型家電のサイズも多種多様であるが、小さいものでも対応可能か。また、ボックス回収で回収した異物も受け入れてもらえるか？

A : 児玉営業所では小さいものでも対応可能。異物としてガスボンベ、乾電池、木くず、繊維くず等が混入すると困る。

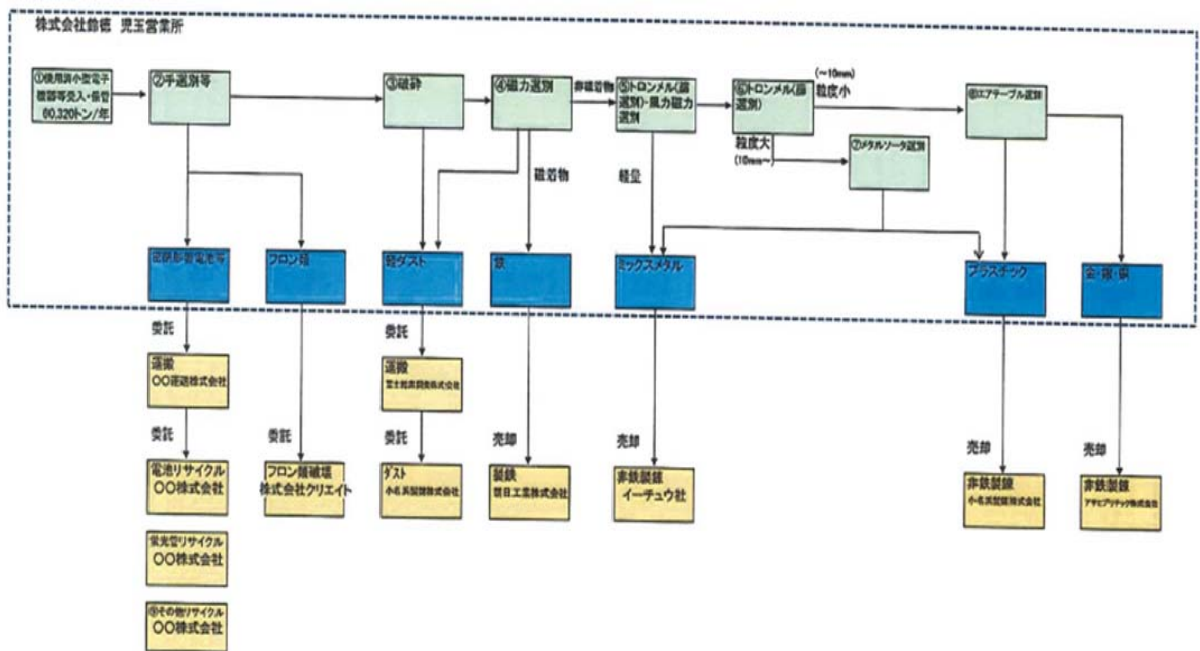
Q : 国によるリサイクル検討優先鉱種であれば売却できるのか？

A : すべて売却できる。

Q : NNY に処理委託しているものはあるのか？

A : 小型家電を処理して回収するミックスメタルは NNY に処理委託をする。それ以外の原材料を処理して回収するミックスメタルは、児玉営業所独自のルートで売却する。

図 4-3 使用済小型電子機器等の処理フロー



(資料) 鈴徳児玉営業所資料

2. レアメタルの分離・回収技術

大木達也「中間処理とレアメタルリサイクル技術の展開」(廃棄物資源循環学会誌 Vol.23 No.4 ,2012)によれば、“レアメタルをリサイクルするには、物理選別による中間処理を製錬工程に施し、銅や貴金属と分離しつつ、レアメタル元素を一次濃縮することが不可欠である。中間処理工程は、廃製品を解体、粉碎、選別するプロセスからなるが、レアメタルは製品中に局所的に使用されているため、現状では我が国でも手作業が多用されている。”とされている。

また、“レアメタルは製品中の含有率が鉄やアルミに比べて低いため、そのままでは湿式製錬工程での回収は経済的に難しい。また、低濃度の金属（主として銅・貴金属）を効率的に回収できる銅製錬工程でも、多くのレアメタルはスラグ側に配分され、回収は技術的に困難となる。”とされている。

一方で、“経済性、持続性を維持した国際競争力あるレアメタルリサイクルを目指すには、中間処理プロセスの機械化、自動化を伴うプロセスの高度化が重要である”と指摘している。

使用済小型電子機器からのレアメタル分離・回収技術は、これからの技術開発に期待されるところが大きい。レアメタルを事前に物理選別するには克服すべき廃製品個別の課題も多いが、大木達也「中間処理とレアメタルリサイクル技術の展開」(廃棄物資源循環学会誌 Vol.23 No.4 ,2012)を引用し、ここではレアメタルの分離・回収技術に係る共通課題を示した。

(1) 粉碎と単体分離

廃製品はレアメタルを含む複合体であるため、物理選別するには、まずは各要素に破壊をしなければならない。破壊する方法には、人手あるいは機械によって1製品ずつ解体する方法と、多数の製品をまとめて装置に投入して粉碎する方法に分かれる。自動車や白物家電、コピー機などの大きな製品は、解体によっても一定の効率を得ることができるが、小さなプリント基板等を個別に解体・破壊することは、一般には効率的とはいえない。経済性や作業効率を踏まえるならば、まとめて粉碎する方が有利である。

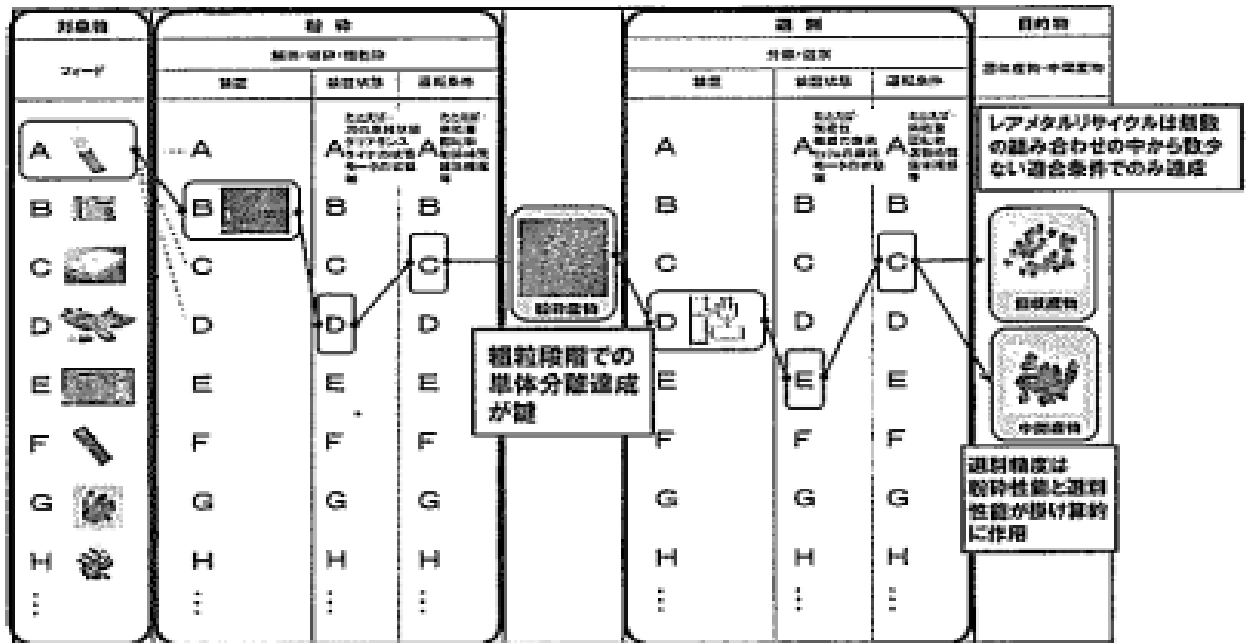
ここで、多くの工業プロセスにおける粉碎の効用は、流動性や均一性の付与、加工性や反応性の向上等であり、いいかえれば微粉碎により粉体の「均一化」を進めることが目的である。一方、物理選別における粉碎の目的は、唯一「単体分離」の促進にあるといっても過言ではない。単体分離とは、1粒子が1成分で構成された状態にすること、あるいは、なった状態をいう。この「成分」とは回収したい対象物であり、状況に応じて回収したい「元素」や「合金」や「複合物」を指す。粒子が単体分離、あるいはこれに準ずる状態になっていなければ、その後いかなる選別技術を駆使しても、回収対象を高度に濃縮することはできない。粉碎は、特定成分の高度な選別を可能にするための前処理であ

り、ここでは、粉体の「不均一化」を進めることが目的となる。粉体が進んで細分化されれば、多成分からなる複合粒子（片刃粒子という）が次第に単体分離してゆき、個々の粒子はより不均一化な状態となる。しかし、さらに粉砕が進み、極めて微細な状態（たとえば $10\mu\text{m}$ 以下）になると、マクロ的に見れば良く混ざった状態、つまり、集合体としての均一化が進行し、そこから選別によって特性成分を取り出すことが困難になる。粉砕による単体分離の促進は、集合体としての均一性を犠牲にししながら、個別粒子の不均一化を達成させる行為であるため、粗粒段階で単体分離を達成させることが肝要である。決して無闇に微粉砕してはいけない。もし、各粒子が平均した成分比を維持しながら相似形に細分化され、粉砕によってまったく単体分離がなされていない著しく不適切な粉砕法の下では、その後にかなる物理選別技術を駆使しても濃縮はほとんど期待できない。

図 4-4 は、粉砕－選別からなる簡単な物理選別プロセスの例であるが、最終産物の品位（純度）と回収率（両者を合わせて Newton 分離効率で表すことも多い）は、粉砕後の粒子サイズと単体分離度に強く依存する。中間処理でレアメタルが濃縮できるか否かは、いかに粗粒段階で集合体としての不均一性を保ちつつ、単体分離、すなわち、個別粒子としての不均一化を達成させるかにかかってきている。このような不均一化を達成させる粉砕方法は「選択粉砕」と呼ばれ、中間処理プロセスにおいて最も重要な単位操作の一つである。しかし、極めて重要な位置づけにあるにもかかわらず、対象物の構造や物性に合わせた多様な粉砕形態が要求されるなど、選択粉砕の達成は技術的に難易度が高いため、万能な選択粉砕機というものは存在しない。現状では、各種の粉砕機が、特定の対象物に対して偶然にその選択粉砕性が見いだされるのを待つしかなく、理論的なアプローチ、あるいは組織的な取り組みによって技術を体系化することが望ましい。

図 4-4 中間処理プロセスで想定される選択枝の一例

物理選別はいかに不均一にするかの技術



(資料) 大木達也「中間処理とレアメタルリサイクル技術の展開」(廃棄物資源循環学会誌 Vol.23 No.4 ,2012)

(2) 物理選別技術

粉砕した段階では、未だ種々の粒子が混在した状態であるため、次に物理選別条件を施すことが必要である。物理選別では、粒子の物性の差を利用して分離が行われる。上記の粉砕性も粒子物性の一つであるが、ここでは粒子の破壊を伴わない密度や磁性などの物性が対象となる。また、選別媒体によって、気相中（通常は空気）で行われる乾式選別と、液相中（通常は水）で行われる湿式選別に分離される。乾式選別法は乾燥や水処理を行わないため、一般的には省エネルギー、省コスト、低環境負荷に選別することが可能である。一方、湿式選別法では、乾式法に比べて分離精度の向上が期待できる場合もあるが、水循環の動力や回収産物の脱水、乾燥などが必要となり、エネルギーやコストの面でやや不利である。また、粒子物性のうち密度や磁性など粒子バルクの性質を利用した湿式選別法は、多くの場合、ケミカルフリーで選別ができるが、表面性質を利用した湿式選別法では、界面活性剤や高分子凝集剤等が利用されることが多く、排水処理の負荷も大きくなる傾向がある。

このように、エネルギーやコストの観点から見れば乾式選別が有利であるが、これらの選別には、技術を特徴付けるもう一つの因子があるため、必ずしも乾式選別だけを利用することができない。その因子とは、適用粒径としては、たとえば、乾式選別で 1 mm、バルク性質利用の湿式選別で 50 μm が目安となる。50 μm 以下、特に 10 μm 程度のサイズになると、一般的には表面性質利用の湿

式製錬に頼らざるを得なくなる。選別工程をいかに省エネ・省コストで実施できるかは、粉砕工程においていかに粗粒段階で単体分離させるかに関わってくる。すなわち、mm オーダー以上のサイズで単体分離が達成できれば、選別工程にて乾式選別法が適用できるため、中間プロセス全体を経済的に実施することができる。逆に、単体分離達成に微粒子化を余儀なくされれば、バルク性質利用の湿式選別や表面性質利用の湿式選別を適用せざるを得なくなる。これに伴って、プロセスの消費エネルギーやコストが嵩むだけでなく、分離の困難度が増すため到達できる分離効率も低下する傾向がある。

従来から行われてきた、銅、鉄、アルミにおうむなど構造材を主対象とするリサイクルでは、通常は mm オーダー以上の粒子を対象とすれば良く、乾式選別が多用されてきた。しかし、微小な形態で存在するレアメタルをリサイクルする場合には、対象製品に合わせて粉砕方法を最適化してゆかなければ、乾式選別で対応することが難しくなる。また、レアメタルの中には、蛍光体や電極材など、粉砕を施さなくとも、元から数十 μm オーダーのサイズを有しているものも少なくない。この場合、湿式選別の適用は避けられないが、プロセスの経済性を維持するには、いかにバルク性質利用の湿式選別法で対応するかが鍵となる。

以上のように、レアメタルのリサイクルを実現するには、一連の粉砕－選別工程におけるコンビネーションが極めて重要となる。なるべくサイズの大きな粒子段階で単体分離を達成させ、選別を行うために対象物に応じた最適な中間処理工程の設計が必要となってくる。

また、レアメタルのリサイクルを実現する上では、製品を消費して使用済後に回収する市民や自治体など消費地での取り組みや、再資源化されたものを原料として受け入れる生産地での取り組みが注目されがちである。しかしながら、従来のリサイクルとは異なり、レアメタルのリサイクルでは克服すべき課題が多いため、消費地と生産地を結ぶ橋渡し機能を充実させなければ、その実現は困難となる。しかし、この橋渡し機能、すなわち、廃製品を粉体原料や金属製品にする中間処理・製錬技術と、中間処理を円滑に進めるためのリサイクル設計については、相対的に担い手が少なく、必ずしもその研究開発が活発であるとはいいがたい。そのため、産業技術総合研究所の大木達也氏は、この橋渡し機能を「資源循環インターフェース」と名付け、レアメタルリサイクルの推進、ひいては戦略メタルの資源循環促進に不可欠な技術として、その開発の促進を目指している。

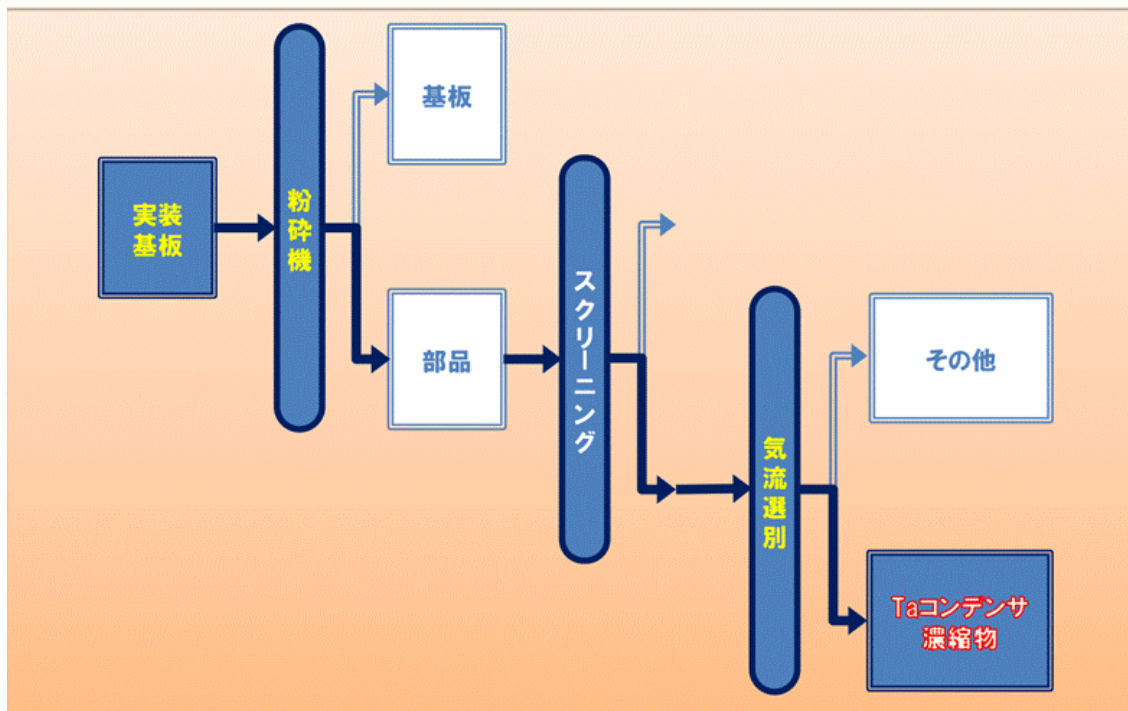
(3) 実際の現場でのレアメタルの分離技術活用状況

以下は、現地調査で訪問したリーテムにおける廃製品からのタンタルコンデンサの分離・濃縮技術について概観した。

分離・濃縮対象としているタンタルコンデンサはPC、サーバである。

本技術は、基盤からタンタルコンデンサを剥離する剥離破碎機、タンタルコンデンサの濃縮を図る複管式気流選別機、傾斜弱磁力磁選機から構成される。

図 4-5 タンタルコンデンサの分離・濃縮プロセス



同社が、タンタルコンデンサの分離・濃縮プロセスの開発に取り組んだ経緯として、1)いばらきレアメタルリサイクルプロジェクト（平成 20～23 年）での活動、2)国によるリサイクル検討優先鉱種へのタンタルの指定、3)米国による「紛争鉱物」の指定（ドット・フランク法）、などが挙げられる。

いばらきレアメタルリサイクルプロジェクトの活動を通じ、産業技術総合研究所や物質材料研究機構、茨城県と共同研究を行う環境が整備され、NEDO の補助を受けた電子基板からのタンタル回収事業につながった経緯がある。

タンタルは同社がよく取扱う通信機器に含まれる鉱種でもあり、国による検討優先鉱種に指定されたことが取組を推進する原動力となった。

また、米国での「紛争鉱物」の指定は、タンタルの資源価値が将来的にも下がらないと判断しうるものであり、このこともタンタルコンデンサの分離・濃縮プロセスの開発の追い風となった。

タンタルのリサイクルへの取り組み

廃製品からのタンタルコンデンサの 分離・濃縮プロセスの開発に取り組んだ経緯

■ いばらきレアメタルリサイクルプロジェクト(H20-23)での活動

茨城県連絡会議(H20-23)
環境省「使用済み小型家電回収モデル事業」(H20-23) など



■ 国によるリサイクル検討優先鉱種(14種)の指定

タンタルは、14種の中でも「リサイクルを重点的に検討すべき5鉱種」に選定され、リサイクル技術の確立が急務とされる。当時、タンタルコンデンサを分離、濃縮する実用可能な技術がなかった。

■ 米国による「紛争鉱物」の指定(ドッド・フランク法)

米国に上場している企業は、タンタル、タングステン、すず、金を製品に使用する場合、2013年より調達先を調べて開示することが求められる。ただし、リサイクル品であれば調査は不要。

(資料) リーテム資料

タンタルリサイクル工程開発の概略

電子基板等からのタンタル回収の実用化に向けた研究開発

- NEDO 平成22年度「希少金属代替・削減技術実用化開発助成事業」として実施
- タンタルコンデンサのリサイクルプロセスとして、世界初の実用化

コンセプト

リーテムの電子部品類の剥離と濃縮工程のノウハウと、産総研のタンタルコンデンサ高濃縮可能な気流選別装置との組み合わせで、電子基板からタンタルコンデンサの濃縮物を得る工程を構築。

目的

- ① タンタルコンデンサの回収を目的とした破碎・選別プロセスの構築
- ② タンタルコンデンサ回収のためのベンチスケールプラントを導入し、実用可能性について検討
- ③ ベンチプラント試験で回収したタンタルコンデンサに対して、タンタルの回収が可能であるかの総合評価

(資料) リーテム資料

開発された剥離破碎機は、既存の破碎機の中から同社の条件に最も合致するものを選定し、近畿工業に改造を委託し、共同で試験を繰り返して性能を向上させたものである。試験にあたっては、早稲田大学の和田研究室の協力も得た。改造の際には、できるだけ基板やタンタルコンデンサを壊さない形で剥離させることがポイントとなった。

破碎工程：剥離破碎

既存の破碎機の中から条件に最も合致するものを選定し、メーカー(近畿工業株式会社)に改造を委託、共同で試験を繰り返して性能を向上させた。



(資料) リーテム資料

基板剥離破碎の結果

破碎前の基板



破碎後の基板



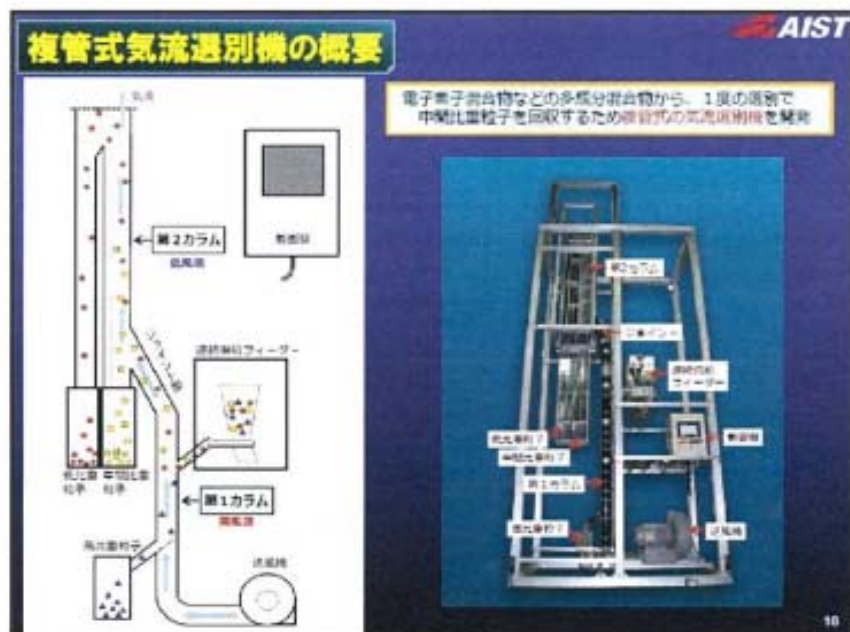
基板上的素子類が剥離

(資料) リーテム資料

この選別工程（タンタルコンデンサの濃縮工程）において使用される気流選別機は、産業技術総合研究所がベンチスケール機の設計を行い、日本エリーズマグネチックスに装置の作成を依頼したものである。複管式気流選別機は、上昇気流を2種類作れる点がポイントである。

2つのカラムを用いて、それぞれ風速の異なる上昇気流を作る。それにより、個々のカラムで投入物が比重の軽いもの、重いものに分かれるため、2つのカラムを通ると、低比重粒子、中間比重粒子、高比重粒子の3成分に分離できる。タンタルコンデンサは、このうち中間比重粒子として分離される。

選別工程 複管式気流選別機

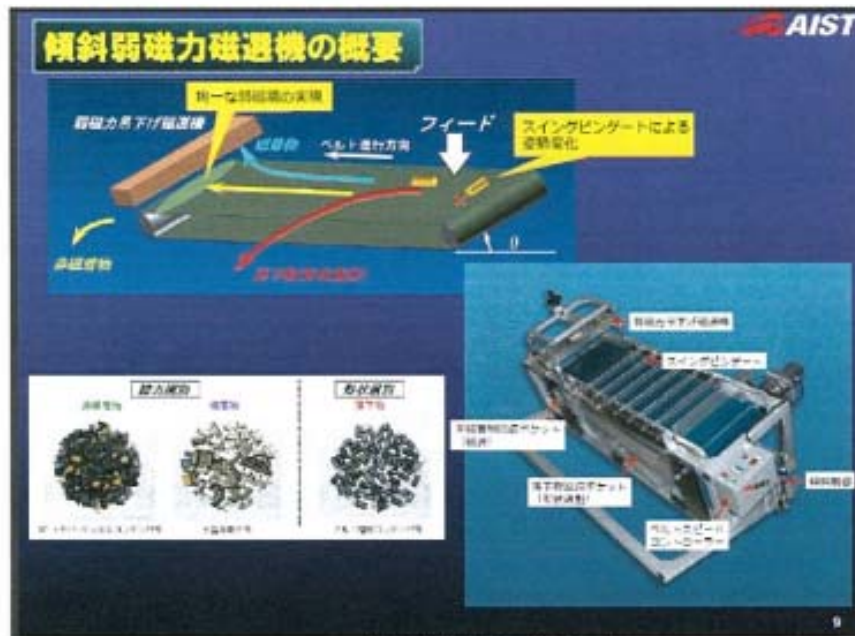


産業技術総合研究所 プレスリリース2012/5/18

(資料) リーテム資料

さらに、傾斜弱磁力磁選機を通すことで、「中間比重粒子」におけるタンタルの濃縮を図れる。

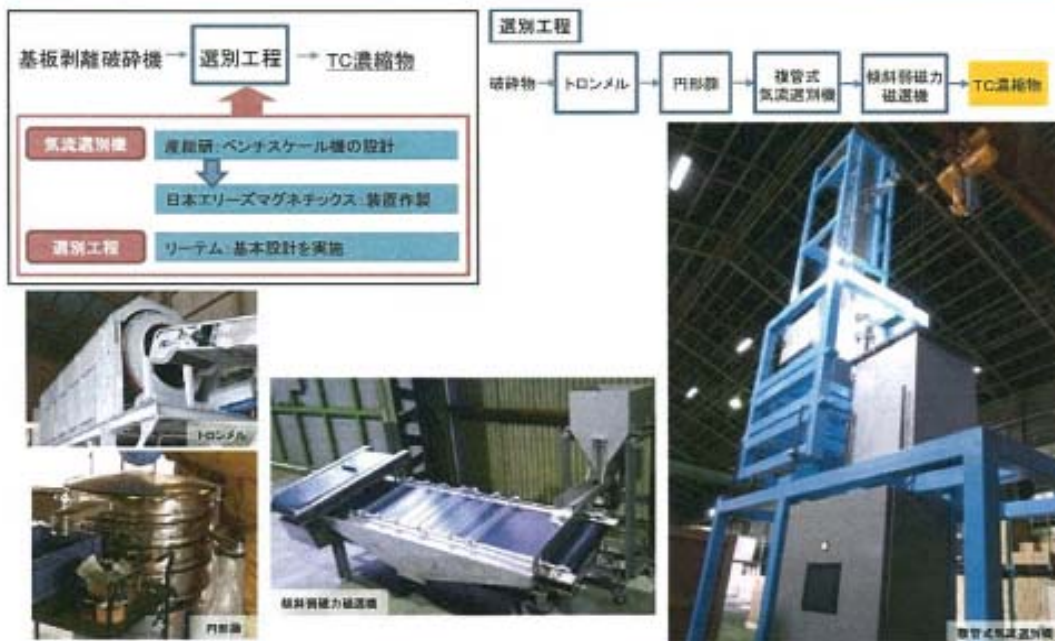
選別工程 傾斜弱磁力磁選機



産業技術総合研究所 プレスリリース2012/5/18

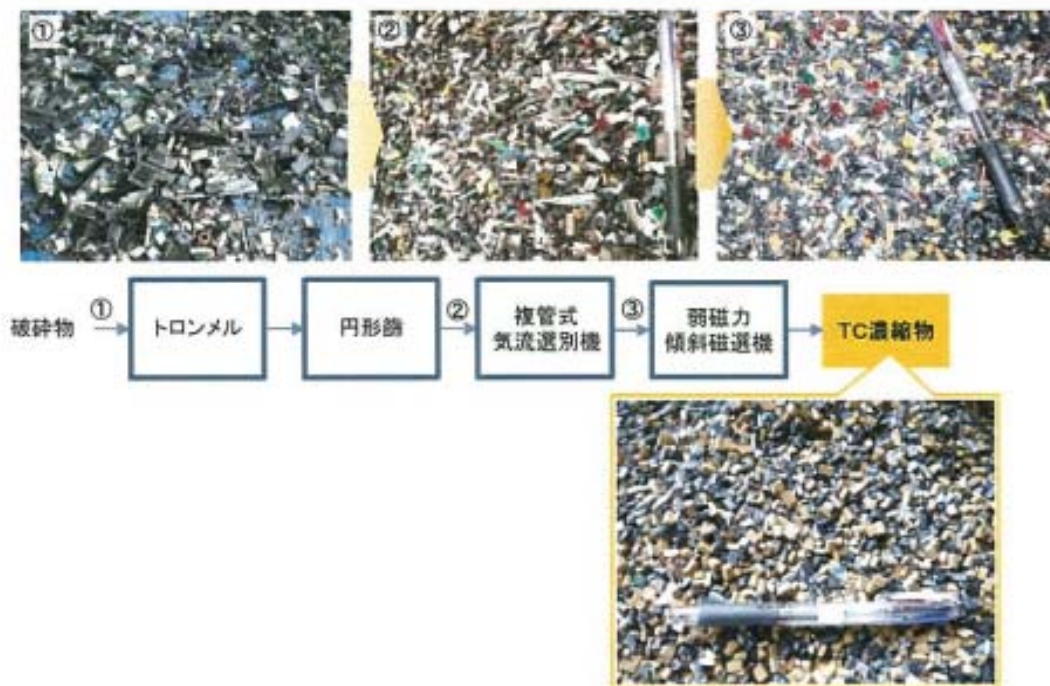
(資料) リーテム資料

選別工程



(資料) リーテム資料

選別工程の結果



(資料) リーテム資料

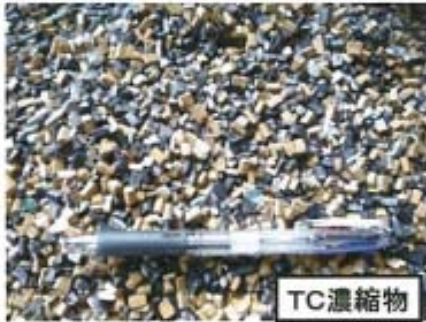
現状、タンタル製錬業者に受入可能な濃度にまでタンタル濃縮ができています。三井金属鉱業にタンタル品位を評価してもらったところ、タンタル品位が最大で40%との評価を得ています。

同社では、基板に付着しているタンタルコンデンサのうち剥離・選別し、最終産物として回収できる割合をタンタルコンデンサ回収率として把握しています。現状、タンタルコンデンサ回収率は53～67%となっています。

また、最終産物であるタンタルコンデンサ濃縮物に占めるタンタルコンデンサの割合（タンタルコンデンサ品位）は69～97%となっています。

工程のさらなる改善、効率化を通じて、品位・回収率のアップを目指しています。また、サーバ、PC以外のタンタルコンデンサ付基板についても検討しています。

工程全体の結果



タンタルコンデンサ濃縮物	
重量	0.9-3.5%
タンタルコンデンサ回収率	53-67%
タンタルコンデンサ濃縮比	38-57
タンタルコンデンサ品位	69-97%

H24年9月時点

- ・ 工程のさらなる改善・効率化により、品位・回収率アップを目指し、改良を加えている。
- ・ サーバー、PC以外のタンタルコンデンサ付基板についても検討している。

この成果は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の助成事業の結果得られたものです。

(資料) リーテム資料

なお、気流選別機でタンタルコンデンサ濃縮を行う前段階で、トロンメルと円形篩を用いて破碎物の大きさを軸に、タンタルコンデンサ濃縮物とそれ以外のもの（5種類）の選別を行っている。



円形篩



タンタルリッチな部分の選別イメージ

3. 製錬技術

ここでは、ベースメタルや貴金属の回収技術である製錬技術について、概観した。なお、関東管内に所在する製錬所もしくは処理工場のみを対象とすることとした。

(1) 湿式製錬による貴金属回収

アサヒプリテックでは、半導体・電子部品業界からの貴金属回収、リサイクル工程の機械化・オーダーメイド化を図っている。関東管内では、北関東事務所所で白金・パラジウム回収を行っている。

図 4-6 アサヒプリテックの湿式製錬技術

半導体・電子部品



半導体・電子部品の製造工程から貴金属含有スクラップを回収し、リサイクルのニーズに卓越した技術で対応しています。
また、表面処理工程においては、メッキ液に含まれる貴金属を中心としたリサイクル事業に取り組んでいます。
独自開発の電解式貴金属回収装置「ZIPANG」をはじめ、ユーザーの製造ラインに対応した様々な回収システムを提案しています。金、銀、パラジウムなどの貴金属回収に加え、レアメタルの再資源化や水処理再使用など環境に配慮した回収技術を併せて提供します。

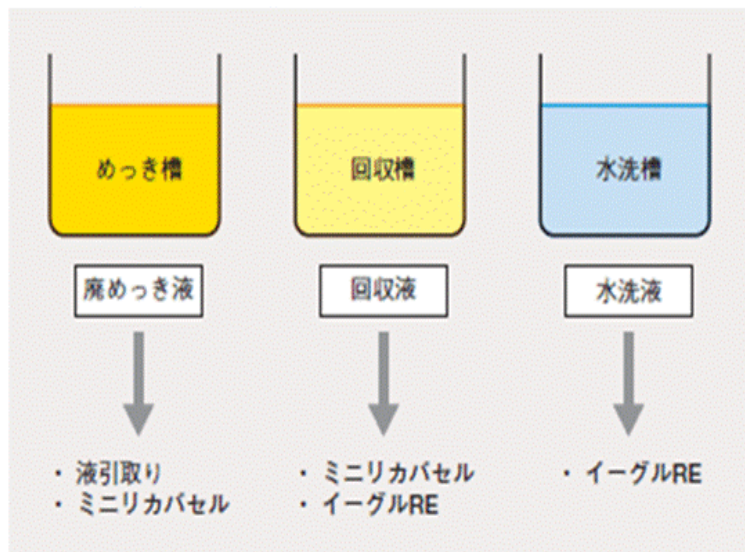


(資料) アサヒプリテックホームページ

田中貴金属は、アサヒプリテックと同様、半導体・電子部品業界からの回収・リサイクル工程の機械化・オーダーメイド化を図っている。

田中貴金属は、関東管内に市川工場（千葉県）、湘南工場（神奈川県）を有し、いずれの工場でもパラジウム、白金等貴金属の回収を行っている。

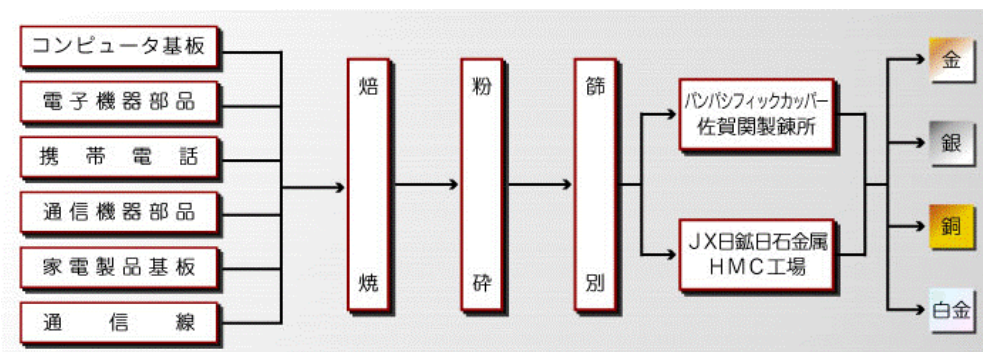
半導体・電子部品製造におけるめっき工程の廃液、回収・水洗液からの貴金属回収(金、白金およびパラジウム)



(資料) 田中貴金属ホームページ

(2) 乾式製錬による貴金属回収

JX 日鉱日石金属の日立事業所では乾式製錬を通じた貴金属回収を実施している。



(資料) JX 日鉱日石金属ホームページ等より作成

また、レアメタルも一部回収しており、使用済電子機器からの有用金属回収のみならず、レアメタル回収の可能性もあるものと考えられる。

HMCの特長

- 銅、鉛などの複数の乾式製錬ラインと多品種のレアメタルを分離、精製できる湿式製錬をコンパクトに組み合わせた、独自の「一貫型複合製錬・精製プロセス」です。
- リサイクル原料が大量に発生する首都圏に隣接する「大都市隣接型セカンダリー・スマルター」です。
- 回収した各種金属を、当社の電材加工事業の原材料として供給することを想定した「資源循環型製錬所」です。

リサイクル原料からの各種金属の回収

難処理物・低品位リサイクル原料から銅・鉛・亜鉛などのベースメタルを製錬・精製します。

PGM(プラチナグループ・メタル)を含む貴金属を効率的に濃縮・精製します。

微量に含まれるレアメタルを、各乾式製錬工程で濃縮し、湿式製錬工程で効率的に分離・精製します。

佐賀関製錬所の中間産物からのレアメタル回収

これまで銅製錬工程では回収されていなかったレアメタルを回収します。これにより、銅製錬工程の不純物負荷を軽減し、佐賀関製錬所の安定操業および電気銅の品質向上に寄与します。

HMCで回収される金属

	▶ 電気銅		▶ 錫		▶ 酸化アンチモン(白色粉)
	▶ ビスマス		▶ 鉛		▶ 亜鉛
	▶ 金属ニッケル		▶ インジウム		▶ プラチナ粉
	▶ パラジウム粉		▶ 金		▶ 銀
	▶ 銀粒	▶ その他 PGM (ロジウム、ルテニウム、イリジウム)			

(資料) JX 日鉱日石金属日立事業所ホームページ

第5章 関東管内における地域循環圏構築推進に係る地域計画案の作成

本章では、第1章から第4章までの調査結果を踏まえ、平成23年度に作成した関東管内における地域循環圏構築推進に係る地域計画案を再検討した。

1. 使用済小型電子機器を含めた地域循環圏の地域計画案の改定の方向性

(1) 地域循環圏形成の基本方針の作成

環境省廃棄物・リサイクル対策部企画課循環型社会推進室「地域循環圏形成推進ガイドライン」(平成24年7月)では、地域循環圏策定プロセスとして、シーズ・ニーズの把握⇒基本方針の検討⇒地域循環圏構想検討⇒地域循環圏の計画検討、のフローを示している。今年度調査を通じ、使用済小型電子機器のシーズ・ニーズの把握を行えたことから、使用済小型電子機器の内容を加味し、基本方針を作成することとした。

基本方針は、1)地域循環圏の将来像、2)地域循環圏の中心事業、3)地域の主体間の連携(地域運営体制)で構成されるが、平成22年度、平成23年度調査の中では、個別の地域循環資源についての将来像検討、地域運営体制の検討は行っている。今年度の調査結果を踏まえ、見直すべきところは見直し、基本方針に反映することとした。

(2) 地域循環圏構想の策定

(1)で見直した基本方針を踏まえ、地域循環圏構想を策定することとした。環境省廃棄物・リサイクル対策部企画課循環型社会推進室「地域循環圏形成推進ガイドライン」(平成24年7月)では、地域循環圏の将来ビジョンの策定項目に、“アクションプラン”が位置づけられているが、これについては、平成23年度調査で検討を行っている。そのため、地域循環圏の将来ビジョンの策定項目に“アクションプラン”を反映させるとともに、“目指すべき姿や地域循環形成のコンセプト”“市民やコミュニティ参加の仕組み”“期待できる実施効果”“推進体制”を加味し、地域循環圏構想として策定することとした。

2. 地域循環圏形成の基本方針

(1) 地域循環圏の将来像

平成23年度報告書で、今後、関東圏で構築されることが期待される循環システムとして、18種類ほどの地域循環資源が挙げられた。

これを、家庭系(排出源が家庭の地域循環資源)、事業系(排出源が事業所の地域循環資源)に大別すると、次のようになる。

表 5-1 地域循環資源の再分類

分類	分類される地域循環資源
家庭系	小型電子機器、家庭由来陶磁器くず、建材畳床（自治体回収）、リユースびん（生協系）、携帯電話の液晶パネル（店頭回収）、製品プラスチック（店頭回収）、スプリングマットレス、カーペット、布団
事業系	オフィスペーパー、事業系食品残さ、リユースびん（業務系）、解体系石膏ボード、建設資材、建材畳床（民間回収）、FRP 浄化槽、焼却灰、焼却灰由来の熔融スラグ

表 5-1 の分類を踏まえ、地域循環圏の将来像を検討した。家庭系に関しては、いずれも回収拠点や回収事業者に係る情報が地域住民に浸透していないことが課題となっており、将来像として“回収拠点・回収事業者情報の地域住民への情報提供の推進を通じ、地域循環圏の構築推進”とした。また、主として自治体が回収するものについては、循環型社会形成推進地域計画や廃棄物処理計画で位置づけられていることが多いことから、“小型家電リサイクル法に基づく取組や循環型社会形成推進地域計画等を通じた地域循環圏の構築推進”も将来像に加えた。

事業系に関しては、地域循環圏構築に向けて積極的に活動する推進団体が見受けられることから、将来像を“既存の推進団体と連携し、地域循環圏の構築推進”とした。

表 5-2 地域循環圏の将来像

家庭系	事業系
回収拠点・回収事業者情報の地域住民への情報提供の推進を通じ、地域循環圏の構築推進。また、主として地方自治体が回収するものについては、小型家電リサイクル法に基づく取組や循環型社会形成推進地域計画等を通じた地域循環圏の構築推進。	既存の推進団体と連携し、地域循環圏の構築推進

（２）地域循環圏の中心事業

地域循環資源の分類別に地域循環圏の将来像を設定したことから、ここでは、地域循環圏の中心事業についても、地域循環圏の分類別に検討した。

家庭系については、いずれも関東圏域からの排出量の多い品目ではあるが、「使用済小型電子機器等の再資源化の促進に関する法律」が平成 25 年 4 月から施行されることとなっており、同法に基づく取組の推進が求められている。そのため、家庭系の中心事業は、“小型電子機器”とした。

事業系についても、いずれも関東圏域からの排出量の多い品目ではあるが、

排出量、排出頻度とも高い品目は、“オフィスペーパー” “事業系食品残さ” “リユースびん（業務系）” であるため、これらを中心事業とした。

表 5-3 地域循環圏の中心事業

家庭系	事業系
小型電子機器	オフィスペーパー 事業系食品残さ リユースびん（業務系）

（3）地域の主体間の連携（地域運営体制）

地域循環資源の分類別に地域循環圏の将来像を設定したことから、ここでは、地域の主体間の連携（地域運営体制）についても、地域循環圏の分類別に検討した。

家庭系については、回収拠点・回収事業者情報の地域住民への情報提供の推進を通じ、地域循環圏の構築を推進していくべく、地域住民と回収事業者の間の連携を強化していく。また、主として地方自治体が回収するものについては、循環型社会形成推進地域計画、廃棄物処理計画等を通じ、地域循環圏の構築を推進していくこととしており、地域運営についても、これらの計画を通じて体制を構築し、推進していく。

事業系については、オフィスペーパーであればオフィス町内会、事業系食品残さであれば日本ミール協会等、既存の推進団体との連携強化を通じて、地域循環圏構築を推進していく。

表 5-4 地域の主体間の連携（地域運営体制）

家庭系	事業系
地域住民と回収事業者の連携強化 また、主として地方自治体が回収するものについては、循環型社会形成推進地域計画、廃棄物処理計画等で定めた地域の主体間の連携（地域運営体制）に基づき、体制構築・推進	既存の推進団体との連携強化

3. 地域循環圏構想（地域循環圏の将来ビジョン）

ここでは、2. の地域循環圏形成の基本方針ならびに、地域循環圏形成推進ガイドラインに示されている「地域循環圏の将来ビジョンの策定項目例」を踏まえ、地域循環圏構想（地域循環圏の将来ビジョン）を策定した。

（1）目指す姿や地域循環形成のコンセプト

東日本大震災以降、原子力発電に依存しない低炭素型のライフスタイルやワークスタイルが強く求められるようになった。関東圏域では、スマートシティ、スマートコミュニティづくりへの取組を推進している地域もあることから、“低炭素社会づくりと循環型社会形成”を念頭に、地域循環圏形成を進めていくことが望ましい。

平成 22 年度調査において、関東圏域で構築可能な地域循環圏の姿として、大きく、①地産地消型、②地場産業活用型、③地域ブランド型、を想定した。

表 5-5 関東圏域で構築可能な地域循環圏の姿

類型	類型の定義
地産地消型	コミュニティ内もしくは一定規模の地域内で排出される地域循環資源が、当該コミュニティ内もしくは一定規模の地域内で有効利用されるという類型
地場産業活用型	関東に多く立地しているもしくは関東にのみ立地している 3R 施設（再資源化施設、中古品再生施設等）を有効活用して、関東内で発生する地域循環資源のみならず、関東外で発生する地域循環資源を受け入れて、中古品再生や再資源化を行い、関東内もしくは関東外の需要先に引き渡していくという類型。
地域ブランド型	関東圏域から排出される有価物（中古品、資源）や関東地域で作られる中古品や再資源化製品、再生資源が、関東圏域で作られているという理由で、関東ブランド化され、圏域外に販売できるという類型。

（資料）三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社「平成 22 年度関東圏域における地域循環圏の構築に向けた調査検討業務報告書」（平成 23 年 3 月）

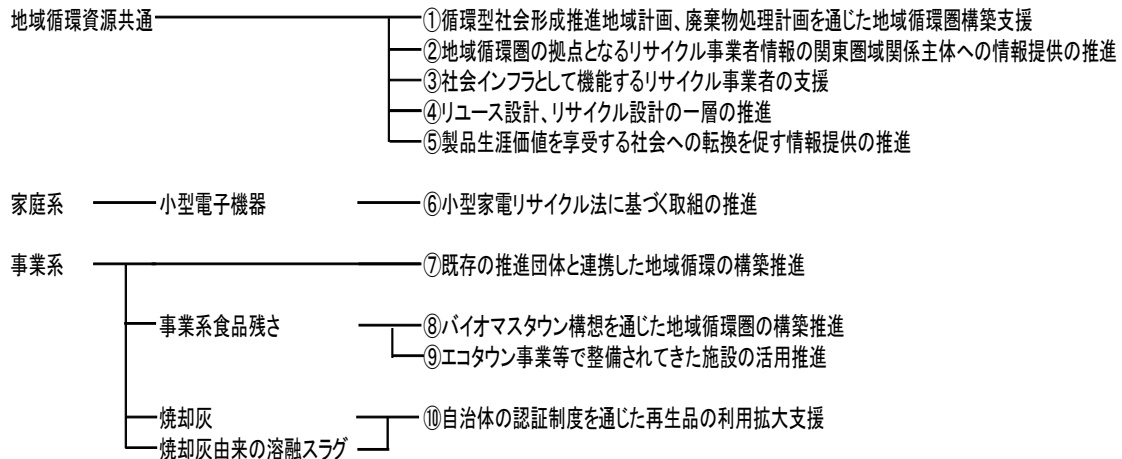
家庭系、事業系に分類される地域循環資源は、いずれについても概ね関東圏域に 3R 施設が立地しており（平成 23 年度調査報告書参照）、「地場産業活用型」を念頭に、地域循環圏構築を推進していくことが期待できる。

事業系に分類される『焼却灰』『焼却灰由来の溶融スラグ』については、栃木県等において、自治体の認証制度を通じて、自治体内での需要拡大を図っている事例が見られることから、これらの地域循環資源については、「地域ブランド型」もしくは「地産地消型」を通じて地域循環圏構築を推進していくことが望ましい。

(2) アクションプラン

ここでは、平成 23 年度に検討した地域計画案をベースに、新たに分類した地域循環資源にも配慮し、アクションプランの改定版を以下に示した。

図 5-1 アクションプランの全体像



〈地域循環資源共通のアクションプラン〉

①循環型社会形成推進地域計画、廃棄物処理計画を通じた地域循環圏構築支援

オフィス町内会を通じたオフィスペーパーのリサイクル推進を、循環型社会形成推進地域計画に位置づけているところや、使用済小型家電からのレアメタル回収を廃棄物処理計画に位置づけ推進しているところがみられた。

関東圏域で今後構築されることが期待される循環システム像の推進手法として、地方自治体等が策定する循環型社会形成推進地域計画や廃棄物処理計画は有効と考えられることから、関東圏域の地方自治体は、これらの計画策定を通じて、地域循環圏構築を推進していくことが望ましい。

関東地方環境事務所は、循環型社会形成推進地域計画や廃棄物処理計画を通じ地域循環圏構築を推進している事例を積極的に情報提供し、地方自治体等の循環型社会形成推進地域計画や廃棄物処理計画の策定を通じた地域循環圏構築を支援していく。

②地域循環圏の拠点となるリサイクル事業者情報の関東圏域関係主体への情報提供の推進

家庭由来陶磁器くずのリサイクルに関しては、埼玉県所沢市等で先進的な取組が行われているが、岐阜県のリサイクル事業者の存在を関東圏域の地方自治体が十分に認知していない可能性がある。製品プラスチックの回収に関しても、良品計画、メガネスーパー、ジーンズ等が製品回収を行っているが、これを認知している消費者は現時点では少ないものと考えられる。

食品ロスの削減に向け活動しているフードバンクの存在も、食品関連事業者十分に周知されていない可能性がある。

スプリングマットレス、布団に関しても、消費者においては、リサイクル事業者やリユース事業者の存在を認知しておらず、適正処理困難物や粗大ごみとして地方自治体に排出されてしまうケースが多いものと考えられる。

カーペット、塩ビ製床材、塩ビ壁紙に関しても、解体事業者は、リサイクル事業者の存在を認知しておらず、焼却処理や埋立処分に回ってしまうケースが多いものと考えられる。

FRP 浄化槽に関しても、リサイクル事業者の存在を、地方自治体や施設管理者が認知しておらず、放置もしくは埋立処分されてしまうケースが多いものと考えられる。

使用済小型電子機器からの有用金属・レアメタルの分離・回収を行うリサイクル事業者も既におり、法施行後は、認定事業者となるリサイクル事業者も増加することが見込まれる一方で、地方自治体側はこのようなりサイクル事業者に関する情報が不足しており、使用済小型電子機器の回収に踏み切れないでいるケースもあると考えられる。

このような課題解決に向け、関東地方環境事務所が、地域循環圏の拠点となるリサイクル事業者情報を、関東圏域関係主体に積極的に情報提供していくことが重要と考えられる。

③社会インフラとして機能するリサイクル事業者の支援

自治体で収集したペットボトルが有償で販売できるようになり、収集後のペットボトルが容器包装リサイクル協会ルートに流れずに、中国等に流出する事態が発生している。ペットボトルは国内で使うべき有用な資源であり、国内に相応の需要がある場合、有償の資源の取引を市場経済に委ねておく現在の制度は不適合といえ、容器包装リサイクル制度による堅固な収集システムを社会インフラと捉え、自治体から国内リサイクル事業者にきちんとペットボトルが流れるような制度に作り変える必要もあるのではないかと考えられる。

使用済小型電子機器からの有用金属回収やレアメタル回収についても同様のことがいえる。有用金属やレアメタルの輸入依存度を低減し、有用金属やレアメタル調達リスク低減を目指すのであれば、先進的に行われている小型家電リサイクルの回収システムや、今後持続的な回収システムとして構築・運用される回収システムを社会インフラとみなし、政策的にその維持・発展を支援していくことが必要と考えられる。

④リユース設計、リサイクル設計の一層の推進

携帯電話の液晶リユースのビジネスモデル実現に向けては、リユース設計の

一層の推進が必要であることが明らかになった。スプリングマットレスも国内ベッドメーカーの一部において解体容易性への取組が進められているが、この動きを業界全体で推進することで、消費者が不要になった際に、自身で解体でき、リサイクル事業者に引き渡すことが容易になるものと考えられる。

携帯電話やスプリングマットレスは海外製のものも多いことから、環境省、経済産業省等の行政機関が積極的に関与し、製品全体のリユース設計、リサイクル設計を推進していくことが望ましい。

⑤製品生涯価値を享受する社会への転換を促す情報提供の推進

消費者は、各種製品を修理・メンテナンスしながら、長期使用するマインドを十分に持ち合わせていないため、本来、リユースできる製品部品の多くが、リサイクルされるにとどまっている。また、メーカー側も、修理やメンテナンスができることを消費者に伝えていないほか、修理やメンテナンス料金が高額になってしまうことから、消費者は修理・メンテナンスせずに、新品に買い換えてしまうことが多い。

今後は、消費者における修理・メンテナンスサービスの利用、これによる製品の長期使用の推進に向け、“製品の生涯価値を全うするまで使用することが美德”といったメッセージを、国や関東地方環境事務所が情報発信していくことが必要と考えられる。

〈家庭系地域循環資源のアクションプラン〉

⑥小型家電リサイクル法に基づく取組の推進

関東圏域には、現に小型電子機器等の回収・リサイクルに関与しており、今後、小型家電リサイクル法に基づく認定事業者として活動する可能性が高い事業者が複数存在する。関東地方環境事務所は、将来的に認定事業者として活動する小型家電のリサイクル事業者と小型家電回収を予定している地方自治体とのマッチングを推進していくことが望ましい。また、市区町村が中心となった使用済小型家電の回収に関する実証事業を行い、その実施を通じて回収体制の構築に必要な支援を行っていく。

〈事業系地域循環資源のアクションプラン〉

⑦既存の推進団体と連携した地域循環の構築推進

リユースびんに関しては、びんリユース推進全国協議会が組成され、全国さまざまな地域でのリユースびんのリユースシステムの普及拡大の動きが見られる。中小事業者から排出されるオフィスペーパーの回収に関しても、関東各地にオフィス町内会が関与し、リサイクルシステムの構築に寄与してきている。このような既存の推進団体と連携し、必要に応じて既存の推進団体への支援を

行うことで、関東圏域の地域循環圏構築を推進していく。

※びんリユース推進全国協議会の概要

事業概要	各地で進められているびんリユース活動への支援及び新規の構築や将来に向けた取組の共有を図るとともに、びんリユースの普及に向けた関係主体との連携促進、広報や情報発信の実施を図る。
幹事 9団体	全国びん商連合会、ガラスびんリサイクル促進協議会、日本ガラスびん協会、日本リユースびん普及協会、全国清涼飲料工業会、日本P箱レンタル協議会、びん再使用ネットワーク、中部リサイクル運動市民の会、Rびんプロジェクト
オブザーバー	環境省リサイクル推進室、経済産業省リサイクル課、農林水産省リサイクル課、国税庁酒税課

⑧バイオマスタウン構想を通じた地域循環圏の構築推進

循環型社会形成推進地域計画の中で、家庭由来の生ごみのたい肥化、事業系生ごみのたい肥化、木くず・落ち葉・剪定枝のリサイクル、廃食用油のバイオディーゼル燃料化等、バイオマス資源のリサイクルの推進を位置づけている自治体が多い一方、バイオマスタウン構想を策定し、これらバイオマス資源のリサイクル・エネルギー利用を進めているところも少なくない。

関東圏域で今後構築されることが期待される循環システム像の一つに事業系食品残さのリサイクル、フードバンクを活用した有効利用を挙げたが、地方自治体等が策定するバイオマスタウン構想を通じた事業系食品残さのリサイクルの推進は有効と考えられることから、関東圏域の地方自治体は、バイオマスタウン構想の策定を通じて、地域循環圏構築を推進していくことが望ましい。

関東地方環境事務所は、バイオマス構想の策定を通じ地域循環圏構築を推進している事例を積極的に情報提供し、地方自治体等のバイオマス構想の策定を通じた地域循環圏構築を支援していく。

⑨エコタウン事業等で整備されてきた施設の活用推進

これまで、エコタウン事業や食品リサイクル法等の各種制度を通じ、廃棄物処理・リサイクル施設の整備が進められている。例えば、東京エコタウン内には、バイオエナジーが立地しており、ここでは、食品スーパー、デパート、コンビニ、外食等、食品リサイクル法の対象事業者からの食品廃棄物を受入れ、メタン発酵システムにより発生するガスエネルギーによる発電と熱利用、及びガス供給事業を行っている。

これらのエコタウン事業や各種リサイクル法に基づきこれまで整備された廃棄物処理・リサイクル施設の能力を十分に活かしていくため、例えば事業系食品残さ等の処理に困っている事業者とリサイクル事業者等のマッチングのための情報提供を行うなど、関係事業者間の情報共有を支援していく。

⑩自治体の認証制度を通じた再生品の利用拡大支援

焼却灰由来の熔融スラグの利用拡大に向け、栃木県では栃木県エコスラグ有効利用促進指針を策定している。また、県内で発生する循環資源のリサイクル推進に向け、栃木県リサイクル製品認定制度を設けている。今後、新たに地域循環圏を構築する地域循環資源の中には、再生品の需要の確保が必要なものもあることから、関東地方環境事務所は、再生品の利用拡大に資する認証制度の構築を目指す自治体への情報提供等を通じ、再生品の利用拡大を支援していく。

※栃木県エコスラグ有効利用促進指針

栃木県では、ごみや下水汚泥から製造した熔融スラグ（エコスラグ）の有効利用を促進するため、平成 15 年 3 月に「栃木県エコスラグ有効利用促進指針」を策定した。

栃木県では、栃木県及び県内の市町村（一部事務組合を含む）が製造するエコスラグの有効利用を促進するため、市町村の意見も踏まえながら試験研究機関を含めた庁内関係部局で検討し、この指針を策定している。この指針では、県をあげて品質の確保されたエコスラグを有効利用していくこととし、その品質確保の判断基準や、エコスラグを製造・使用する際の配慮すべき事項等を定めている。

- ・製造時には、原材料となるごみの分別徹底や熔融温度等に留意し品質確保を図ることとした。また、排ガスも高度な処理を行うこととした。
- ・品質を確認するため、土壤環境基準と同様の溶出基準値を定めた。
- ・さらに、土壤汚染対策法の施行を踏まえ、同法と同様の含有基準値についても定め、より安心感を持ってもらえるよう配慮した。
- ・利用用途は特に限定しないが、路盤材等の土木資材を想定した関連規格を示し、準拠することとした。
- ・エコスラグの適切な有効利用を図るため、製造者、利用者及び県のそれぞれの役割を定めた。

なお、エコスラグの J I S 化を受け、平成 20 年 3 月に指針の改訂を行っている。

※栃木県リサイクル製品認定制度の概要

栃木県リサイクル製品認定制度は、県内で発生する循環資源（廃棄物等のうち有用なもの）を原材料として利用することなどの認定要件を満たしたリサイクル製品を「とちの環（わ）エコ製品」として県が認定し、その普及等を通して、廃棄物の発生抑制、循環資源の利用促進及びリサイクル産業の育成を図り、本県の地域特性を活かした循環型社会の形成を促進することを目的として平成 16 年度に創設された。

現在、「とちの環エコ製品」として、肥料、土壤改良材・緑化材・培養土、造園材、建築用製品、廃コンクリート・廃アスファルトコンクリートを利用した再生路盤材、廃アスファルトコンクリートを使用した再生アスファルト混合物、盛土材・路盤材等、が認定されている。

⑪推進手法の実施スケジュール

①～⑩で列挙した関東圏域等における新たな地域循環圏構築に向けた取組の推進手法の実施主体、実施スケジュールを以下に示した。

表 5-6 推進手法の実施スケジュール

	実施主体	短期	中長期
＜地域循環資源共通＞			
① 循環型社会形成推進地域計画、廃棄物処理計画を通じた地域循環圏構築支援	関東 MOE	→	
② 地域循環圏の拠点となるリサイクル事業者情報の関東圏域関係主体への情報提供の推進	関東 MOE 自治体	→	
③ 社会インフラとして機能するリサイクル事業者の支援	環境省 経済産業省		→
④ リユース設計、リサイクル設計の一層の推進	環境省 経済産業省	→	
⑤ 製品生涯価値を享受する社会への転換を促す情報提供の推進	関東 MOE		→
＜家庭系地域循環資源＞			
⑥ 小型家電リサイクル法に基づく取組の推進	関東 MOE	→	
＜事業系地域循環資源＞			
⑦ 既存の推進団体と連携した地域循環の構築推進	関東 MOE	→	
⑧ バイオマスタウン構想を通じた地域循環圏の構築推進	関東 MOE	→	
⑨ エコタウン事業等で整備されてきた施設の活用推進	関東 MOE	→	
⑩ 自治体の認証制度を通じた再生品の利用拡大支援	関東 MOE		→

(3) 市民やコミュニティ参加の仕組み

家庭系の地域循環圏構築推進に向けては、市民やコミュニティの協力が必要不可欠である。そのため、地域循環資源ごとに、市民やコミュニティ参加の仕組みについて整理した。

① 小型電子機器

小型電子機器の回収を予定している地方自治体に対しては、本報告書や、環境省、経済産業省「使用済小型電子機器等の回収に係るガイドライン」（平成 25 年 3 月）、環境省、経済産業省「市町村—認定事業者の契約に係るガイドライン」（平成 25 年 3 月）等を参考に、当該自治体にとって最適な回収方法や引渡先を選択してもらえよう、関東地方環境事務所からも情報提供を積極的に行っていく。

このことにより、地方自治体は、決定した小型電子機器の回収システムについて、市民やコミュニティに対して十分かつ納得しうる説明を行うことが可能になり、市民やコミュニティの協力を得ることが可能になると考えられる。

② 家庭由来陶磁器くず、建材畳床（自治体回収）

関東管内に所在するリサイクル事業者の情報や、先行的な取組について、関東地方環境事務所から地方自治体に対して積極的に情報提供していき、地方自治体とリサイクル事業者のマッチングを支援する。これにより、地域循環システムが円滑化するとともに、家庭由来陶磁器くずや建材畳床の回収に参加する地方自治体の増加も期待できる。

③ 携帯電話

携帯電話に関しては、地方自治体は携帯電話販売店の店頭回収への協力（モバイル・リサイクル・ネットワークへの協力）を第一義的に市民やコミュニティに呼びかけていく。仮に、小型電子機器の回収システムの中で携帯電話の回収も行っている場合には、代替的な回収ルートとして地方自治体の回収システムへの協力を市民やコミュニティに呼びかけていく。

併せて、市民やコミュニティには、排出前に個人情報の消去を行うよう呼びかけ、携帯電話の液晶リユースの可能性を担保する。

④ スプリングマットレス、カーペット、布団

関東管内に所在するリサイクル事業者の情報や、先行的な取組について、関東地方環境事務所のホームページ等に集約し、広く地域住民向けに発信していく。地方自治体や市民団体等のホームページへのリンクも推奨し、様々なチャネルでの地域住民への情報発信を行っていく。

(4) 期待できる実施効果

地域循環圏の中心事業を対象に、期待できる実施効果について、以下、整理した。なお、オフィスペーパー、事業系食品残さ、リユースびん（業務系）については、平成 22 年度に試算した結果をそのまま引用した。

①小型電子機器

小型電子機器の排出量に近いデータとして家電量販店の販売実績が挙げられ、これをみると、関東地区の販売台数は、全国の 43.4%を占めている。

表 5-7 小型家電の販売台数（平成 21 年度）

	単位:台		
	全国	関東地区	シェア
平成21年4月	2,254,975	1,005,379	44.6%
平成21年5月	2,178,300	963,920	44.3%
平成21年6月	2,017,471	963,920	47.8%
平成21年7月	2,419,322	1,047,090	43.3%
平成21年8月	2,454,461	1,045,373	42.6%
平成21年9月	2,357,090	1,021,282	43.3%
平成21年10月	2,125,826	935,074	44.0%
平成21年11月	2,306,680	1,004,393	43.5%
平成21年12月	3,343,699	1,442,084	43.1%
平成22年1月	3,154,954	1,316,906	41.7%
平成22年2月	2,243,728	960,311	42.8%
平成22年3月	3,312,603	1,382,188	41.7%
平成21年度	30,169,109	13,087,920	43.4%

(資料)経済産業省「家庭電気製品の量販店月次販売統計調査」

・最終処分量削減効果

過去の審議会資料によれば、小型電子機器の年間排出量は、平成 22 年度推計で 90,876 万台、そのうち最終処分量 38,350 万台である。

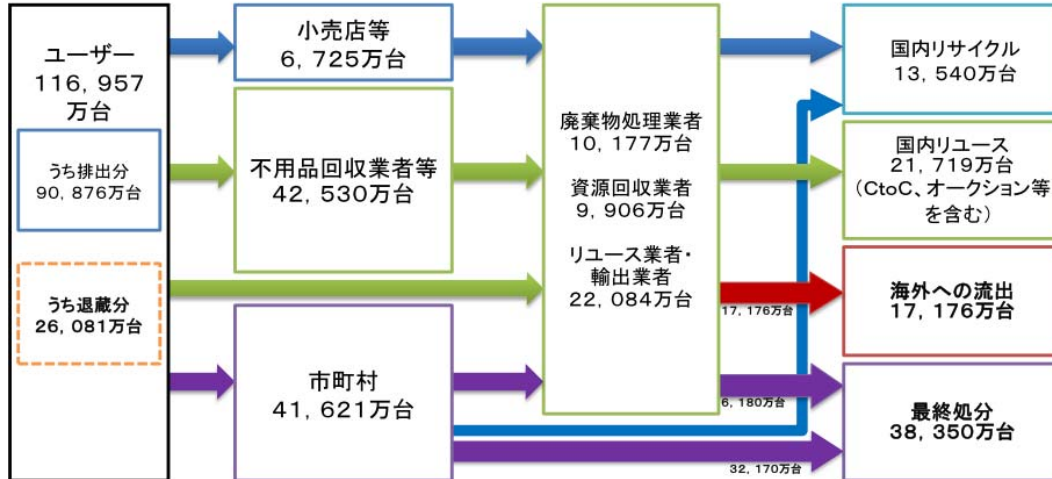
本報告書 46p の表 3-3 で、使用済小型電気電子機器の排出台数が 1,156,751,096 台、重量が 650,539t とされており、1 台あたりの重量は 562kg /台と算出できる。この数値を用いて最終処分量を重量換算すると、215,527t となる。

この数値に関東地区のシェア 43.4%を乗じることで、関東地区における最終処分量削減効果を算出できる。

これより、 $215,527t \times 43.4\% = 93,539t$ の最終処分量削減が期待できる。

小型電気電子機器における回収の現状

- 年間排出量：90,876万台（平成22年度推計）
- 主な回収フロー：主に一般家庭から排出され、大半が一般廃棄物として自治体により埋立・焼却処理。小売店等を通じてリユース・リサイクルされているものが一部存在。
- 国内リサイクル量は13,540万台。リユースを除いた年間排出量69,157万台に対する回収率は20%。
- 市町村により最終処分場に埋立・焼却処理されているもの（38,350万台、55%）や、海外へ流出しているもの（17,176万台、25%）が存在し、国内での資源の有効利用等の観点から課題。
- 家庭内退蔵されるもの（26,081万台、予備等としての保管もあることに留意が必要）が存在することも課題。



(*) 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製品中の有用金属の再生利用に関する小委員会（H23年度）資料に基づき作成。同小委員会の検討対象品目のうち、携帯電話、パソコン、カー用品を除いた80品目についての推計値。

（資料）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製品中の有用金属の再生利用に関する小委員会使用済製品中の有用金属の再生利用に関するワーキンググループ、産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会合同会合（第5回）資料3

②オフィスペーパー

・最終処分量削減効果

現在は焼却処理に回り、焼却灰が最終処分されている部分が、今後は資源として有効利用されることから、現状、焼却灰として最終処分されている量を算出し、この値を最終処分量削減効果とみなした。

まず、関東大都市圏で現在、焼却処理に回っているオフィスペーパーの量を算出する。古紙再生促進センター「平成 21 年度オフィス発生古紙実態調査報告書」によれば、オフィスペーパーで焼却処理に回っている量の原単位は以下のとおりであり、これに関東大都市圏の従業員規模別従業者数を乗じて、関東大都市圏から排出され、焼却処理に回っているオフィスペーパーの量を算出する。

表 5-8 オフィスペーパーで焼却処理に回っている量の原単位
(単位：kg/人・年)

	OA用紙	機密文書	シュレッダー紙	その他の紙
1～9人	3.4	1.4	7.3	25.6
10～49人	9.1	1.6	8.1	13.2

(資料) 古紙再生促進センター「平成 21 年度オフィス発生古紙実態調査報告書」

表 5-9 従業員規模別従業者数 (単位：人)

	関東大都市圏 (a)	全国 (b)	関東のシェア (a/b)
1～9人	3,934,121	15,357,837	25.6%
10～49人	6,170,601	21,987,432	28.1%
合計	10,104,722	37,345,269	27.1%

(資料) 総務省統計局「経済センサス-基礎調査基本集計 (速報)」平成 21 年度

関東大都市圏から排出されるオフィスペーパーのうち焼却処理に回る量は、年間 345,776 t である。

表 5-10 関東大都市圏から排出され、焼却処理に回っている
オフィスペーパーの量 (単位：t)

	OA用紙	機密文書	シュレッダー紙	その他の紙	合計
1～9人	13,376	5,508	28,719	100,713	148,316
10～49人	56,152	9,873	49,982	81,452	197,459
合計	69,528	15,381	78,701	182,165	345,776

次に、焼却処理に回っているオフィスペーパーの量から、焼却灰となり最終処分されている量を算出する。財団法人古紙再生促進センター「古紙利用の環境に与える影響調査報告書（Ⅱ）」（平成 23 年 3 月）によれば、焼却対象となる廃棄物に対し、焼却灰となる量の原単位は、0.0573 t / t とされている。これより、焼却灰となり最終処分されている量は、 $345,776 \text{ t} \times 0.0573 = 19,813 \text{ t}$ と算出される。この値が、最終処分量削減効果となる。

・ CO₂ 排出量削減効果

財団法人古紙再生促進センター「古紙利用の環境に与える影響調査報告書（Ⅱ）」（平成 23 年 3 月）では、古紙の回収・輸送に伴う CO₂ 排出量増減効果が示されている。ここでは、以下の CO₂ 排出量増減効果を取り上げ、前述のシナリオ実現に伴う CO₂ 排出量削減効果を算出する。

- ・ 古紙回収に伴う CO₂ 排出量増加効果
- ・ 焼却処理に伴う CO₂ 排出量削減効果
- ・ 最終処分に伴う CO₂ 排出量削減効果

それぞれの効果の算出方法は、次のとおりである。

表 5-11 CO₂ 排出量削減効果の算出方法

	算出方法
古紙回収に伴う CO ₂ 排出量増加効果	(焼却処理量) × (古紙回収に伴う原単位 : 0.0235t-CO ₂ /t)
焼却処理に伴う CO ₂ 排出量削減効果	(焼却処理量) × (焼却処理に伴う原単位 : 0.0456t-CO ₂ /t)
最終処分に伴う CO ₂ 排出量削減効果	(最終処分削減量) × (最終処分に伴う原単位 : 0.0036t-CO ₂ /t)

関東大都市圏における焼却処理量は 345,776 t、最終処分削減量は 19,813 t であることから、それぞれの CO₂ 排出量削減効果を算出すると、GHG 排出量削減効果は、7,713t-CO₂/年となる。

表 5-12 CO₂ 排出量削減効果の算出結果（単位 : t-CO₂/年）

	算出結果
①古紙回収に伴う CO ₂ 排出量増加効果	8,126
②焼却処理に伴う CO ₂ 排出量削減効果	15,767
③最終処分に伴う CO ₂ 排出量削減効果	71
CO ₂ 排出量削減効果 (②+③-①)	7,713

③事業系食品残さ

・最終処分量削減効果

環境省「日本の廃棄物処理（平成 20 年度版）」によれば、平成 20 年度のごみの焼却施設での処理総量 37,233 千 t に対し、焼却残渣の埋立量は 3,811 千 t であった。事業系食品残さも同様の比率で焼却残渣が埋立に回ると仮定すると、 $36万2,000 t \times 3,811 / 37,233 = 37,053 t$ の最終処分量が回避された計算になる。

・CO₂排出量削減効果

既往文献に、事業系食品残さの発生源から排出され、運搬後、焼却処分される生ごみ 1 kg あたりの CO₂ 排出量ならびに飼料化される生ごみ 1 kg あたりの CO₂ 排出量が示されている。

表 5-13 排出され運搬後、焼却処分もしくは飼料化される
生ごみ 1 kg あたりの CO₂ 排出量

処理方法	項目	リサイクル工程	
			計
焼却	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)	焼却：0.671	0.671
飼料化	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)	飼料化：0.215	0.215

(資料)「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数」(環境省)
「JEMAI-LCA」(産業環境管理協会)

ここでは、この差異である 0.462 kg-CO₂/kg を用いて、CO₂ 排出量削減効果を算出する。

関東全域からの魚のあらの排出量は年間 36 万 2,000 t と推計されているが、現在の魚のあらのリサイクル率については統計が存在しない。ユニーのリサイクル率が 74.7% であることから、仮に現在のリサイクル率を 74.7% と設定した場合に、焼却に回っている量は、 $362,000 t \times 25.3\% = 91,586 t$ となる。

CO₂ 排出量削減効果は、 $91,586 t \times 0.462 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} = 42,312 t$ と算出される。

④リユースびん（業務系）

・最終処分量削減効果

ワタミのびんリユースシステムが現状と同等レベルで推移したとすると、74.14 トンのリユースびん供給により、 $74.14 \times 273 / 1,193 = 17$ t の最終処分量削減効果が得られる。

・CO₂排出量削減効果

「我が国におけるびんリユースシステムの在り方に関する検討会（第2回）」資料によれば、2010年1年間のCO₂排出削減効果は、約52 tであった。

わたみ日本酒（角） 97,000 本×0.1788kg/本=17 t

夢（丸） 240,000 本×0.1468kg/本=35 t

以上をまとめると、以下のようなになる。

表 5-14 地域循環圏構築に伴い、期待できる効果

地域循環資源の種類		最終処分量削減効果 (t)	CO ₂ 排出量削減効果 (t)
家庭系	小型家電	93,539	n.a
業務系	オフィスペーパー	19,813	7,713
	事業系食品残さ	37,053	42,312
	リユースびん（業務系）	17	52

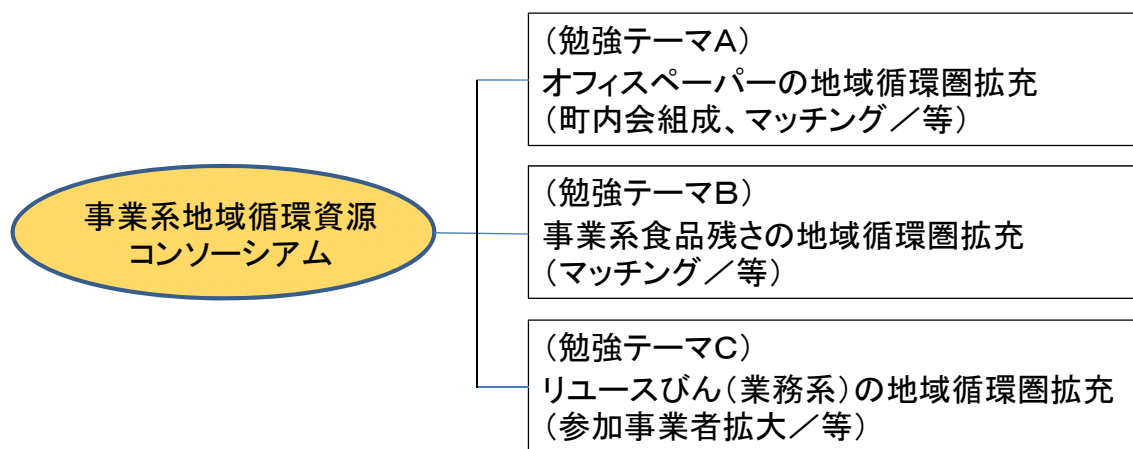
(5) 推進体制

今後、地域循環圏構想の中で示した各種アクションプランを円滑に推進していくために、地域循環資源の中心事業ごとに推進体制を整備する。

事業系地域循環資源では、中心事業ごとに勉強会等の推進体制を組成し、勉強会を開催していく。

事業系地域循環資源の推進体制の整備にあたり、関東地方環境事務所も必要に応じて関与することとし、個々の推進体制間の調整や個々の推進体制を統括する（仮称）関東地域事業系地域循環資源コンソーシアムの組成支援を行っていく。

図 5-2 事業系地域循環資源の中心事業の推進体制



家庭系地域循環資源の中心事業の小型電子機器については、平成 25 年 4 月から「使用済小型電子機器等の再資源化の促進に関する法律（平成 24 年法律第 57 号）」の施行が予定されていることから、地方自治体や認定事業者における小型電子機器回収への取組推進に向け、関東地方環境事務所としては、関係者向けに制度や関連技術の紹介、さらには先進的な取組事例やリサイクル施設等に係る情報を積極的に提供していく。