

平成 30 年度

希少金属等リサイクルシステム
構築大学連携事業
報告書

平成 31 年 3 月

宮城県環境生活部

目次

1	はじめに - 本事業の目的と本年度の目標	2
2	本事業の組織と実施内容	5
2.1	本事業の組織	5
2.2	会議等	5
2.2.1	定例会議	5
2.2.2	連絡協議会	6
2.3	金属リサイクルセミナー	9
2.4	県内二次資源フローのルート調査	9
2.4.1	県内電炉事業者・中間処理事業者・リサイクル事業者等調査	9
2.4.2	県外中間処理事業者・リサイクル事業者等調査	10
2.4.3	リース業調査	11
2.4.4	宿泊業調査	11
2.5	小型家電回収実証試験（ピックアップ回収・イベント回収）	12
2.6	県内二次資源の賦存量調査	12
2.7	小型家電等分別による焼却灰への影響の基礎調査	12
3	調査分析結果	13
3.1	ルート調査のまとめ	13
3.1.1	県内ルート調査結果	14
3.1.2	県外ルート調査結果	17
3.1.3	まとめ	19
3.2	小型家電回収実証試験結果のまとめと考察	21
3.2.1	ピックアップ回収（不燃ごみ・粗大ごみ展開試験）	21
3.2.2	イベント回収	42
3.2.3	イベント回収アンケート結果および考察	45
3.2.4	小型家電リサイクルシステム実証試験の処理結果および再資源化の可能性評価	53
3.3	県内金属等賦存量推計および考察	62
3.3.1	県内の事業系における資源賦存量推計のための基礎的考察	62
3.3.2	ワイブル分布を用いた県内パソコン賦存量および資源量の推計	70
3.3.3	プラスチック分析の開始と分析可能性の提案	81
3.4	小型家電等分別による焼却灰への影響の基礎調査	89
4	周知啓発活動結果	117
4.1	金属リサイクルセミナー	117
5	おわりに	128
5.1	本年度本事業実施内容のまとめ	128
5.2	宮城版循環モデルに則した提案事項	130

1 はじめに - 本事業の目的と本年度の目標

宮城県（以下「県」という。）は、平成28（2016）年3月に「宮城県循環型社会形成推進計画（第2期）」（以下「循環計画」という。）を策定した。本循環計画は、「リスタート！みやぎの3R-リデュース・リユース・リサイクル」を基本理念として、廃棄物等を取り巻く現状や国の第三次循環型社会形成推進基本計画の内容等を踏まえたうえで、本県の復興状況と特性を考慮しながら、循環型社会の形成を一層推進していくために、「全ての主体の行動の促進」、「循環型社会を支える基盤の充実」、「循環資源の3R推進」および「廃棄物の適正処理」を基本的な柱として、総合的かつ計画的に取り組んでいくことを基本方針としている。

循環計画の中では、16の取り組むべき課題の中から以下の6つの優先的重点課題を挙げている（宮城県循環型社会形成推進計画（第2期）〈もう一度！持続可能な社会の形成に向けたみやぎのチャレンジ〉、<http://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/354849.pdf>）。

- ごみの分別などの環境配慮行動の推進
- 小型電子機器等リサイクル制度の推進
- 食品廃棄物等のリサイクルの推進
- 放射性物質が付着した廃棄物処理の推進
- 震災経験を生かした災害廃棄物処理計画の策定
- 不法投棄防止対策の推進

上記重点課題への取組みが、循環型社会形成の推進力となるべく進められているところであるが、下記表1-1に示す通り、一般廃棄物の最終処分率、産業廃棄物のリサイクル率の平成28年度実績では目標を達成しているものの、更に目標達成に向けた取組みが必要である。

表1-1 循環型社会形成のための目標と現在の達成状況

	項目	目標(平成32年度)	実績(平成28年度)
一般廃棄物	排出量	930g/人・日	988g/人・日
	リサイクル率	30%	25.50%
	最終処分率	12%	11.90%
産業廃棄物	排出量	10,000千トン/年	12,239千トン/年
	リサイクル率	35%	40.60%
	最終処分率	1%	1.70%

※県ホームページ、<http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/junkan/2kikeikaku.html>

「希少金属等有用金属リサイクルシステム構築業務委託研究」（以下「本事業」という。）は、上記重点項目の「ごみの分別などの環境配慮行動の推進」「小型電子機器等リサイクル制度の推進」に寄与すべく、県が平成29年度から開始した事業である。国立大学法人東北大学との大学連携事業として実施されており、本年度が2年目となる。

以下に本事業の実施内容を示す（図 1-1）。本年度は平成 28 年度の基礎調査および昨年度の成果を踏まえ、循環モデル案に関するデータ確認と、モデル実行への準備作業を行った。詳細は第 2 章、第 3 章に述べるが、主なものは以下の通りである。

- 不燃ごみ展開試験・小型家電イベント回収による小型家電と資源性廃棄物の割合調査
- リサイクラー等聞き取り調査による資源フロー実態調査の精緻化
- GIS を用いた資源賦存量の精緻化
- 資源性廃棄物収集を行った場合の、ステークホルダーのメリットの定量化作業の開始
- セミナー開催による普及啓発・連絡協議会開催による連携促進

宮城県循環型社会システム構築大学連携事業の概要

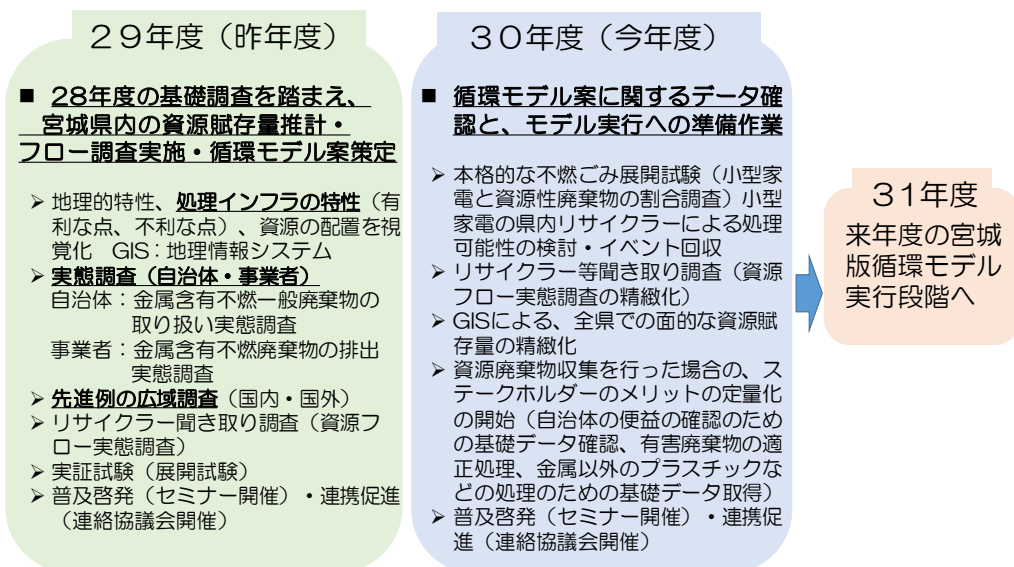


図 1-1 本事業実施内容の概要

本年度事業の目的は、上記実施内容を進めることで、以下を包摂的に実施し、成果を挙げることである。

- ① 前年度までに明らかにできなかった部分および浮かび上がった課題について調査分析し、前年度までの結果の精緻化を目指すこと（不燃ごみ展開試験（小型家電ピックアップ回収）、小型家電イベント回収、ヒアリングによるルート調査）。
- ② 前年までと異なるアプローチ手法による小型家電の資源性評価、分別収集効果の可能性分析（賦存量解析、金属およびプラスチックの資源性評価、焼却灰の分析）。
- ③ 前年度までに実施し重要性が浮き彫りとなった、普及啓発活動や連携促進のための取組みの実施（セミナー、連絡協議会、イベント回収時の持込者とのコミュニケーション）。

以下に、昨年度までの本事業の取組みにより把握できた金属をはじめとする県内資源の流れの現状と今後目指す姿を示す（図 1-2）。金属をはじめとした県内資源は、国の廃棄物処理法や個別リサイクル法に則り、概ね適正ルートで資源が回収されていると考えられるが、一部焼却や埋

立等最終処分がなされたり、他県で中間処理・最終処分されたり、または海外へ流出している、といった可能性があり、実質実態把握が困難な部分も存在する。特に港が充実している本県ではこの現象が顕著であると考えられる。そこで本事業では、昨年度から実態把握が困難な部分はどこかを明らかにする調査を始めた。その結果、一般廃棄物として排出される小型家電が不燃ごみとして相当量排出される可能性や、産業廃棄物として事業部門から排出されるOA機器等のうち、リースの占める割合が低い可能性が示唆された。

そこで本年度は、一般廃棄物のピックアップ回収による不燃ごみ展開試験を2回、小型家電イベント回収を2回実施する一方、リース事業者やリース後のものの流れに関連する事業者へのヒアリング調査を実施し、昨年度調査結果の精緻化を進めた。さらに資源フロー実態をより正確に把握するために、県内外のリサイクラー・中間処理事業者等のヒアリング調査を実施した。

金属関連の循環資源の流れと目指す姿

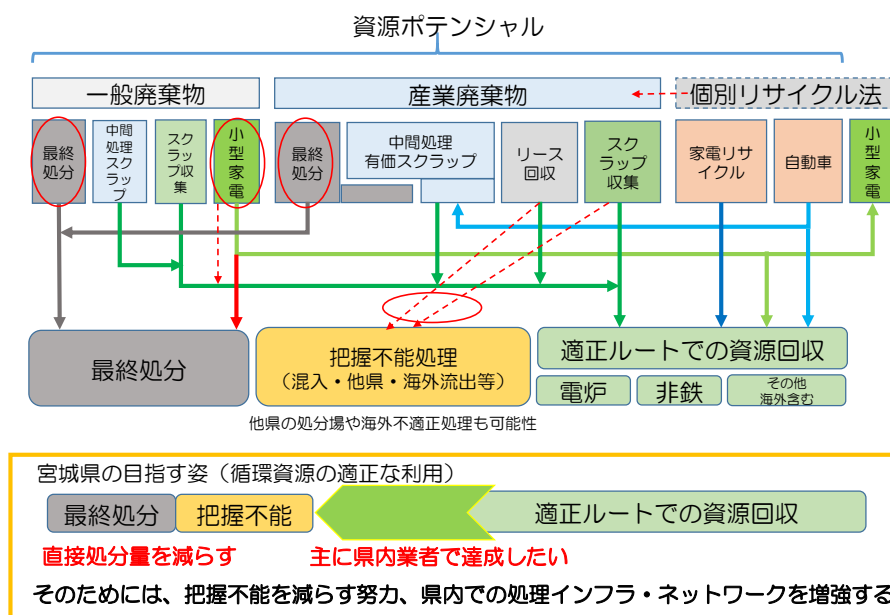


図 1-2 本県における資源の流れの現状と目指す姿

本報告書は、本年度の本事業調査分析結果をまとめ考察を行ったうえで、「宮城版循環モデル」構築へ向けた来年度事業の方向性を示すものである。本年度事業実施内容・成果のまとめにより、これまで実態把握が困難であった部分を極小化することで、将来的にどのような資源循環インフラ、県内ネットワークが必要かを明らかとすることを目指す。さらには、表 1-1 に掲げた循環型社会形成のための目標値を達成し、適正ルートによる資源循環モデルの確立、最終処分量の削減を達成するための道筋を提案するものである。

2 本事業の組織と実施内容

2.1 本事業の組織

本事業の実施体制は以下の図 2-1 の通りである。

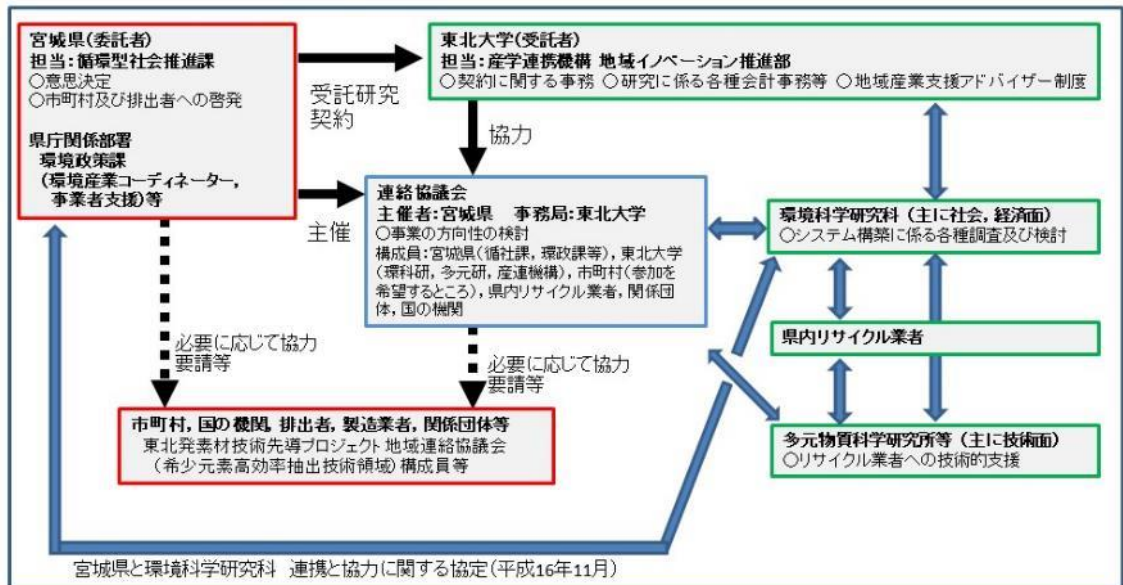


図 2-1 本事業実施体制図

2.2 会議等

2.2.1 定例会議

本年度実施した会議の日時および内容は以下の通りである。

- 第 1 回 関係者定例会議
 - 2018 年 5 月 8 日
 - 平成 30 年度 実証試験計画, セミナー・連絡協議会, ルート調査, 焼却灰について
- 第 2 回 関係者定例会議
 - 2018 年 6 月 15 日
 - 実証試験, ルート調査の進捗状況, 焼却灰情報入手, セミナー・連絡協議会について

- 第3回 関係者定例会議
 - 2018年7月12日
 - 焼却灰情報，農業用廃プラスチック，セミナー・連絡協議会，ルート調査について

- 第4回 関係者定例会議
 - 2018年8月29日
 - 実証試験，ルート調査，セミナー・連絡協議会について

- 第5回 関係者定例会議
 - 2018年10月16日
 - 実証試験結果報告及び考察，セミナー・連絡協議会について

- 第6回 関係者定例会議
 - 2019年1月8日
 - 報告書内容，イベント回収，セミナー・連絡協議会，資源賦存量推計，焼却灰分析について

- 第7回 関係者定例会議
 - 2019年2月21日
 - 報告書内容，焼却灰分析，次年度計画について

- 第8回 関係者定例会議
 - 2019年3月27日
 - 報告書内容，次年度計画について

2.2.2 連絡協議会

本年度は以下の通り連絡協議会を2回実施した。

- 平成30年度第一回宮城県希少金属等リサイクルシステム構築連絡協議会
 - 2018年10月24日（水）14:00～15:30（受付開始 13:30）
 - 出席人数： 34名，欠席人数： 1名
 - 実施場所：東北大学青葉山キャンパス 青葉記念会館5階大会議室
 - 内容
 1. 宮城県における廃棄物処理の現状と課題
 2. 小型家電回収実証試験（ピックアップ回収）の結果について
 3. 今後の小型家電リサイクルシステム実証試験について
 4. 質疑応答

議題は以下の通りであり、当県より報告を行った。

(1) 宮城県における廃棄物処理の現状と課題

宮城県における廃棄物発生量、リサイクル率、最終処分率を提示し、課題の整理と解決へ向けた取組み、循環計画の目標達成のための方策の提案を行った。

(2) 小型家電回収実証試験（ピックアップ回収）の結果について

平成30年7月および9月に行われたピックアップ回収による小型家電回収実証試験結果を提示し、イベント回収に向けて取組んでいるボックス試作について報告した。ピックアップ回収は県南地域（A地域）、県北地域（B地域）各1回実施し、政令指定の小型家電28品目を回収し、品目毎に分類・重量計測を行った。政令指定の小型家電28品目および県指定11品目を以下表2-1に示す。

(3) 今後の小型家電リサイクルシステム実証試験について

平成30年度の小型家電回収実証試験のスキームおよび平成31年度の実証試験実施内容の提案、さらに今後の連絡協議会の運営計画の提案を行った。

表 2-1 政令指定品目（28品目）および県指定品目（11品目）

政令指定品目（28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	15 電動吸入器、その他の医療用電気機械器具
2 携帯電話端末、PHS端末その他の無線通信機械器具	16 フィルムカメラ
3 ラジオ受信機及びテレビジョン受信機（家電リサイクル法対象品除く）	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※
4 デジタルカメラ、ビデオカメラ、DVDレコーダーその他の映像用機械器具	18 扇風機、電気除湿機その他の空調用電気機械器具※
5 デジタルオーディオプレイヤー、ステレオセットその他の電気音響機械器具	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機械器具※
6 パーソナルコンピューター	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
7 磁気ディスク装置、光ディスク装置その他の記憶装置	21 ヘアドライヤー、電気カミソリその他の理容用電気機械器具
8 プリンターその他の印刷装置	22 電気マッサージ器
9 ディスプレイその他の表示装置	23 ランニングマシン、その他の運動用電気機械器具
10 電子書籍端末	24 電気芝刈り機、その他の園芸用電気機械器具
11 電動ミシン	25 蛍光灯器具、その他の電気照明器具
12 電気グラインダー、電気ドリルその他の電動工具	26 電子時計及び電気時計
13 電子式卓上計算機その他の事務用電気機械器具	27 電子楽器及び電気楽器
14 ヘルスメーターその他の計量用または測定用の電気機械器具	28 ゲーム機その他の電子玩具及び電動式玩具

※ 赤字が県指定11品目。

● 平成30年度第二回宮城県希少金属等リサイクルシステム構築連絡協議会

- 2019年2月7日（木）14:00～16:00（受付開始 13:30）
- 出席人数： 47名，欠席人数： 4名
- 実施場所：東北大学青葉山新キャンパス 環境科学研究科本館 展示スペース2
- 内容

1. 小型家電回収実証試験における回収品について
2. 県指定11品目の処理について

3. 県指定 11 品目以外の小型家電における再資源化の可能性について
4. 次年度の小型家電リサイクルシステム実証試験について
5. 宮城県における大学連携事業とリサイクル産業の創生戦略
6. 意見交換
7. その他

議題は以下の通りである。

(1) 小型家電回収実証試験における回収品について

県より今年度本事業で実施した上述のピックアップ回収試験 2 回、イベント回収試験 2 回の小型家電回収実証試験結果の報告を行った。イベント回収は県南地域 (a 地域)、県北地域 (b 地域) 各 1 回実施し、県指定 11 品目のみを対象として回収した。地域のイベント時に各戸に新聞に折り込み広告を入れ、イベント回収実施を周知した。持ち込まれた県指定 11 品目を品目毎に分類、重量計測を行った。報告では、上記ピックアップ回収、イベント回収の実証試験結果から、地域や回収方法による回収傾向の違い等を整理した。

(2) 県指定 11 品目の処理について

X より、上記 (1) のピックアップ回収、イベント回収で回収された県指定 11 品目の処理について報告があった。主な回収品の分類、分解処理方法 (手分解、機械分解)、前処理の必要性 (電源コード、二次電池)、回収物のマテリアルバランス、生産性や経済性評価について報告された。

(3) 県指定 11 品目以外の小型家電における再資源化の可能性について

Y より、県指定 11 品目以外の回収物の分類結果をもとに、これらの再資源化手法の可能性や課題について整理した。

(4) 次年度の小型家電リサイクルシステム実証試験について

県より、本年度実施した実証試験の結果について整理したうえで、次年度の実証試験の方向性を提案した。以下の通り、来年度到達を目指す、本事業の目標および課題、さらにその課題の解決方法を提案した。

▶ 事業の目標 (平成 31 年度目標)

- ・ 全市町村が継続的に小型家電リサイクル制度に取り組んでいる (ステーション回収・ピックアップ回収・ボックス回収等)。
- ・ 県民 1 人当たりの小型家電リサイクル制度による小型家電回収量 (市町村回収分) が全国レベル (400g/人・年) まで向上。

▶ 課題の解決方法

- ・ 平成 31 年度に全県的な小型家電回収の実証試験を行い、効率的な回収ルート・回収システム (みやぎ方式小型家電リサイクルシステム) を構築。
- ・ 県内施設で認定取得を目指す事業者を支援。
- ・ みやぎ方式小型家電リサイクルシステムが継続的に運用できるよう市町村や関連事業者の連携を維持。

(5) 宮城県における大学連携事業とリサイクル産業の創生戦略

東北大学より、本事業の本年度の取組みを総括し、県内リサイクル産業創生戦略のあり方について考察を示す報告がなされた。本協議会で示されたリサイクル産業の創生戦略を以下に記す。

➤ リサイクル産業の創生戦略

- ・ 近年の海外の廃棄物系資源の輸入規制により、世界全体で分別処理レベルを上げ、利用できる資源は利用していく、ということへの取組みが不可欠な状況となっており、日本全体の課題でもある。
- ・ いままで有価物であったものが無価物になることや、産業廃棄物として処理する必要が出てきており、安易な廃棄を避けるには、処理費全体が上昇することは避けられない（究極的には我々個人の負担となる）。
- ・ コスト全体を最小とするためには、各自治体や個社を超えた戦略を実施すべきステージに来ている（皆で役割を分担して最小コストを目指す）。
- ・ 資源の根本から考えて、量を確保して検討することは最優先の項目である。いわゆる都市鉱山は、人の活動に依存し、広いエリアに存在するため、量の確保はエリアで考える必要がある（リサイクル産業にとって資源性廃棄物は原料である）。
- ・ 小型家電等の金属・プラスチックのような循環資源に対しては、県が一定の方向性を示し、各セクターが同じ方向に向かっていくことで、量が確保されれば、自治体のコスト上昇も避けられ、リサイクル産業を創出する基盤ができる。
- ・ 本県は物流的に東北では最も有利であり、この宮城の“地の利”を利用して、特殊なリサイクル関連処理を業とするものを創出できる可能性はある（他県の事例を見ても成り立つ可能性はある）。

2.3 金属リサイクルセミナー

本年度は以下の通りリサイクルセミナーを1回実施した。

● 平成30年度 宮城県金属リサイクルセミナー

～ 小型家電リサイクルシステムの構築に向けて ～

➤ 2018年11月14日（水）

➤ 13:30～16:00（受付開始 13:00）

➤ 出席人数：事前申込み人数86名、当日出席人数：98名、欠席人数：3名

➤ 実施場所：TKPガーデンシティ仙台

（所在地：仙台市青葉区中央1-3-1 AER30階 30B）

2.4 県内二次資源フローのルート調査

2.4.1 県内電炉事業者・中間処理事業者・リサイクル事業者等調査

- 県内調査①
 - 2018年7月30日

- 県内調査②
 - 2018年8月9日

- 県内調査③
 - 2018年8月22日

- 県内調査④
 - 2018年8月23日

- 県内調査⑤
 - 2018年8月30日

- 県内調査⑥
 - 2018年10月17日

- 県内調査⑦
 - 2018年11月1日

- 県内調査⑧
 - 2018年11月21日

- 県内調査⑨
 - 2018年11月22日

2.4.2 県外中間処理事業者・リサイクル事業者等調査

- 県外調査①
 - 2018年6月28日

- 県外調査②
 - 2018年6月28日

- 県外調査③
 - 2018年7月17日

- 県外調査④

➤ 2018年7月24日

● 県外調査⑤

➤ 2018年7月24日

● 県外調査⑥

➤ 2018年7月25日

● 県外調査⑦

➤ 2018年7月31日

2.4.3 リース業調査

● リース業調査①（県外）

➤ 2018年5月22日

● リース業調査②（県内）

➤ 2018年10月19日

● リース業調査③（県内）

➤ 2018年10月25日

● リース業調査④（県外）

➤ 2018年10月26日

● リース業調査⑤（県外）

➤ 2018年11月28日

● リース業調査⑥（県外）

➤ 2018年12月11日

2.4.4 宿泊業調査

● 宿泊業調査①（県内）

➤ 2018年10月30日

● 宿泊業調査②（県内）

➤ 2018年12月7日

2.5 小型家電回収実証試験(ピックアップ回収・イベント回収)

- 県南地区（不燃ごみ展開試験および小型家電ピックアップ回収）
 - 2018年7月11日～12日

- 県北地区（不燃ごみ・粗大ごみ展開試験および小型家電ピックアップ回収）
 - 2018年9月20日～21日

- 小型家電イベント回収
 - 2018年10月21日
 - 来場者数：650人（本県ブースの来場者数）

- 小型家電イベント回収
 - 2018年11月10日
 - 来場者数：560人（本県ブースの来場者数）

2.6 県内二次資源の賦存量調査

県内一事業所の実データを用いて、事業系廃棄物の賦存量推計を行った。その値に基づき、ワイブル分布を用いて小型家電賦存量推計、パソコン賦存量推計を行った。本県における廃棄パソコンが持つ資源ポテンシャルとして、有用な貴金属の他、忌避物質である鉛、亜鉛などの重金属、難燃剤としてプラスチックに添加される臭素等の量を算出した。また、小型家電製品に使用されているプラスチック量も算出し、ある程度まとまった量が存在することがわかった。既存のデータでは、小型家電品のプラスチックが多種多様であり、「ミックスプラスチック」として扱われ、詳細が不明であったことから、プラスチックの組成分析および資源性評価分析を開始した。

2.7 小型家電等分別による焼却灰への影響の基礎調査

小型家電品の分別回収を実施する便益の試算を行った。便益の計算では、埋立処分費用削減便益、薬剤処理費削減便益を算出した。また、実焼却炉から発生した焼却灰を入手し、それらの重金属等含有量分析および溶出量分析、キレート添加試験を実施した。これらの結果から、薬剤処理費削減のための重金属負荷低減の可能性を検討した。

3 調査分析結果

3.1 ルート調査のまとめ

昨年度（平成 29 年度），本事業において県内および周辺地域のリサイクル関連事業者 10 社に対し訪問調査を行った結果，以下の内容が明らかとなった。

鉄に関しては，鉄スクラップを中心として，県内・東北全域から県内電炉に集まって来る傾向を示す回答，または貿易商社を介して海外へ輸出されるルートを示す回答が多かった。一方で，割会的には多くないものの，県外電炉へのルートを示す回答もあった。小型家電由来の鉄についても，最終的にはこの県内電炉か海外へのルートに集約されると考えられる。

鉄スクラップが県内・東北全域から集まりやすい構図となっていることに関連して，銅も同様のルートに乗り，一緒に集まって来る傾向があるという本県の特長も示唆された。しかし，県内リサイクル関連事業者に集まった銅スクラップ・銅合金の主なルートは貿易商社を介して海外へ行くルートが多く，国内では強力な銅合金工場が県外にあることも関係し，県外製錬所・銅合金工場へのルートが主であることも明らかとなった。また，銅のうち電線系は国内工場のルートよりも海外への輸出ルートの方が多く，分離された電子基板類はその後製錬工程が必要であるため，県外製錬所へ向かうルートが存在していることが調査結果から示唆された。

アルミニウムに関しては，県内リサイクル関連事業者に集まったアルミスクラップはそのほとんどが県外事業者か，商社を介して県外・海外へ行くルートであることがわかった。小型家電由来のアルミについても県外へ行くルートであるという回答が多かった。

総じて，東北域内の金属資源は，県内の港に向かって集まって来る，しかしその後は港から県外・海外へ資源が出て行くという傾向が浮き彫りとなった。

一方で，昨年度の調査結果で特筆すべきこととして，事務機器の保有形態において，「自社で購買」という回答以外に「リース」という回答が相当数存在した。とりわけ，「パソコン・タブレット端末」，「コピー機・プリンター・FAX」，「サーバー」では「リース契約にて保有している」という回答が多かった。こうしたリース機器の場合，リース契約における機器の所有権について聞いたところ，回答があったものは全て「リース会社にあり」という回答であった。また，リース契約期間終了時は「無償譲渡」，「返却」，「再リース」，「買取」といった回答があった。

県内の資源ポテンシャル推計では，人口に依存する家庭系の資源量推計は比較的容易であった。一方で，産業に帰属する事業系の資源量推計のための情報が不足していた。昨年度，産業分野別の従業者数分布の視覚化を試みたところ，産業分野によっては，県内人口分布とは異なる特異的な分布を示すものもあった。

以上の昨年度調査結果を踏まえ，本年度のフロー調査は，以下について重点的に実施することとした。

- ・ 昨年度のルート調査の精緻化を図るため，県内外のリサイクル関連事業者の他，電炉事業者へのヒアリング調査を実施した。
- ・ リースに関する情報を収集するため，県内外のリース業に対しヒアリング調査を実施した。
- ・ 産業分野の資源ポテンシャルを算出するため，産業として，仙台市内に所在が集中せず県内人口分布とは異なる特異的な地理的分布を示し，小型家電の保有・排出においても特異

的な傾向を持つ可能性が考えられる業種として宿泊業を取り上げ、ヒアリング調査を実施した。

- ・平成29年から始まった中国の雑品スクラップ、廃プラスチック輸入禁止措置を受け、プラスチックの国内処理・リサイクルの必要性が高まってきたことから、プラスチックリサイクルに関わる調査も実施した。

以下に本年度の調査結果の概要を記す。

3.1.1 県内ルート調査結果

県内ルート調査では、電炉事業者・中間処理業者・リサイクル関連事業者9、リース関連事業者2、宿泊業事業者2、以上13先を訪問し、ヒアリング調査を行った。工場等の視察が可能な事業所は視察も同時に行った。

- 電炉事業者・中間処理事業者・リサイクル関連事業者
 - ・県内電炉では、県内のみならず、東北6県から鉄スクラップを受け入れている。
 - ・電炉からの売却先については、電炉によって割合に違いはあるものの、海外よりも国内の方が多い傾向であるとの回答があった。
 - ・製造過程で発生したスラグは、下層路盤材として有効利用している。スラグの主成分は石灰（酸化カルシウム）と酸化鉄で、鉄の割合が多いため強度に優れる。比重が約3(g/cm³)あり、輸送コストがかかるといった活用における課題点の指摘があった。
 - ・ダストは亜鉛成分（酸化亜鉛が約3割）が多いため、亜鉛原料としてリサイクルされている。
 - ・中間処理事業者・リサイクル関連事業者においては、鉄スクラップは県内から受け入れている事業者が多い。県内からが約90%、残り10%が近隣他県であり、銅・アルミ等の他の金属も同様の割合で受け入れていると回答した事業所が複数あったが、県内・県外どちらも50%と回答した事業所や、県内20%・県外80%と回答した事業所もあった。これらの県内の割合が低い事業者も東北全域からの受入れ割合は概ね高いとの回答であった。関東圏からも受け入れていると回答した事業者もあった。
 - ・鉄スクラップは、大きく分けて「自家発生」と「市中スクラップ」の2つがあり、「自家発生」は、製鋼メーカーにおいて製鋼や加工の工程から出てくる鉄スクラップを指す。「市中スクラップ」は、複数の関係者を介し、最終的に国内需要家、もしくは海外に流通するものである。「市中スクラップ」については、「加工スクラップ」と「老廃スクラップ」の2つがある。「加工スクラップ」は、自動車、機械、建設、造船等の製造業の生産段階で発生する鉄スクラップであり、切り板や打ちぬき屑、切削屑、切り粉などがある。この「加工スクラップ」は「老廃スクラップ」に比べ含有成分が明らかな鉄スクラップであり、製鋼する際に使い勝手のよい鉄スクラップと位置付けられている。一方、「老廃スクラップ」は、建物解体、橋梁解体、廃自動車、廃船舶等、鋼構造物が老朽化して発生するものを指す（みずほ情報総研株式会社「諸外国の電炉業の経営動向や原材料・電力コストの動向を踏まえ

た我が国電炉業の競争力強化による省エネルギー対策調査事業調査報告書」平成 26 年 3 月)。本年度のヒアリングの中では、東北では工場が少ないため、比較的品質が安定している「加工スクラップ」の発生が少なく、「老廃スクラップ」が多くを占めるとの回答が複数あった(全体の約 7 割を占めるとの回答もあった)。

- ・ 震災後、東北、とりわけ県内で鉄スクラップが非常に多く発生したが、ここ数年は東北での鉄スクラップの発生は減ってきている状況であるとの回答があった。
 - ・ 鉄スクラップの売却は、事業者によりばらつきがあり、国内の割合が高いと答えた事業所がある一方で、海外の割合が高いと答えた事業所もあった。国内向けのうち県内が占める割合は総じて高い回答が多かった。相場や輸送コストを勘案し売却先を決めているとのことであった。
 - ・ 銅は、従来中国へ輸出していた事業者も中国の輸入規制の影響があり、国内(県外)の事業者へ売却する傾向となっているとの回答があった。
 - ・ アルミは県外事業者もしくは海外への輸出との回答が多かった。
 - ・ ステンレスは県外事業者か海外へ売却との回答がある一方で、県内同業者への売却との回答もあった。
 - ・ 小型家電由来の廃プラスチックのルートは不明瞭であり、受け入れ事業者もほとんどないとの回答があった。
 - ・ 中国の廃プラ輸入禁止の影響は県内事業者にも出始めている。従来有価物として取引されていた廃プラスチックが産廃として処理される状況となっている。ヒアリング調査では、こうしたものが不適正処理されてしまうことを懸念する意見もあった。
 - ・ 小型家電リサイクルを事業として取り扱うためには、回収量の確保が必要であり、複数の組織が協力して取り組むことも視野に入れるべき、民間だけでなく公の力も必要であるとの回答があった。
 - ・ 雑品や廃プラスチックは中国の輸入規制で行き場を失っており、中間処理業者やリサイクル関連事業者の多くがその処分方法に相当頭を悩ませているとの回答が複数あった。
 - ・ 県内事業者で使用されたパソコンは、本社のある東京へ戻されるケースが多いという情報があるとの回答があった。
 - ・ 使用済みパソコンのリサイクルやデータ消去に関して、県内事業者の意識は他地域に比べて低いのではないかとの意見もあった。
- リース業
- ・ 本年度リース関連事業者に対するヒアリング調査対象は、県内事業者(2 先)よりも県外事業者(4 先)の方が多い結果となった。県内のヒアリング対象者が多くないため、リース業ヒアリング調査結果の大部分は業界全体の調査結果として、「3.1.2 県外ルート調査結果」にまとめて後述する。
 - ・ なお、県内リース事業者から金属くずや廃プラスチック等を産業廃棄物として処理委託する事業者は、県内事業者が多いとの回答があった。

● 宿泊業

- ・ 県内の宿泊業事業者に対しヒアリング調査を行った。いずれのヒアリング先も県内の複数箇所でホテル等の宿泊施設を運営している。
- ・ 小型家電で主に客室常備のものとしては、照明器具、電話機、ドライヤー、ウォシュレット、扇風機、電気ポット、空気清浄機（禁煙室対応）など。また、グレードの高い客室には、コーヒーマーカーを常備している場合もある。
- ・ 貸出用小型家電としては、空気清浄機、ズボンプレスサー、加湿器などがある。
- ・ お客様用および事務所用として、Wi-Fi ルーターも設置している。
- ・ 浴室やリラクゼーション室用として、電気マッサージ器、扇風機なども設置している。
- ・ その他事務所用として、それぞれの事業者がパソコン数十台～100台ほど所有しており、東日本大震災後に購入所有からリースに切り替えた事業者については、廃棄パソコンが有価だったかどうかは記録がなく不明とのことだった。一方、購入所有している事業者については、約6割のパソコンをOSのバージョンアップに伴う買い替えをした際に、新たなパソコンを納入したメーカーに下取りしてもらい、さらにその3年後に残りの4割について入替した際は、市内にランチを有するリサイクル兼産廃処理業者に有価で買い取ってもらったとのこと。ただし、当時は1,000円/台で買い取ってもらえたが、最近では処理費を出さなくてはならなくなったとのことだった。
- ・ 小型家電の取り換えは基本的に壊れたものから順次買い替えをするという回答があった。
- ・ パソコンについても高い頻度で取り換えている状況ではない。使用済み小型家電の取り扱いについては、パソコンは保有形態（購入かリースか）により取り扱いが異なり、その他の使用済み小型家電については、金属くずとしてマニフェストを発行して産廃処理業者へ処理を委託している。
- ・ 生ごみ処理に関する課題は大きい。天ぷら廃油は有価取引されているが、その他の生ごみのリサイクル・資源循環を進められると環境にも良いのではないかと意見があった。
- ・ 本県に対する要望として、①廃棄物について何をどの様に分別等してどこに持っていけば資源化できるかなどの排出事業者への指導や情報提供をいただきたいこと、②使用済みの小型家電については、マニフェストの問題はあるが、ある決められた場所に担当者が張り付いたコンテナなどを設置してもらい、自分たちでは判断が難しいので、対象品目を決めてもらってステーション方式で回収してもらえる仕組みがあれば良い、③処理費を払って小型家電の処理を産廃業者に委託するよりも、資源化できるものをリサイクル業者に無料で引き取ってもらう方が、排出者側もリサイクル業者も互いにメリットがあるのではないかと、という意見があった。
- ・ しかしながら、中国での廃プラスチック等の輸入規制問題で、これまで有価だった物が今後処理費を払わなければならないことも考えられ、無料でごみを捨てられる時代ではなくなっていると思われるため、使用者側がある程度の負担をするのはやむを得ないことと考える旨の発言もあった。

3.1.2 県外ルート調査結果

県外調査としては、中間処理業者・リサイクル関連事業者7（プラスチックリサイクル関連事業者4、ガラス・陶磁器リサイクル1を含む）、リース関連事業者4、合計11先のヒアリング調査を行った。工場視察が可能な事業所は視察も行った。

- 中間処理業者・リサイクル関連事業者
 - ・ 本県の各鉄系リサイクルプラントや家電リサイクル工場等から発生する使用済み混合金属・混合プラスチックを受け入れている県外リサイクル事業者と、銅線のリサイクル事業を行っている県外リサイクル事業者のヒアリング調査および工場視察を行った。
 - ・ 既に破碎してあるメタル類、取り外した部材などは、さらに分解・破碎を行って、磁力選別・静電選別とセンサーソーターにより分離する。ソーターはメタルソーター、カラーソーターが主なもの。特徴は、これに加えて必ず手選別を入れていることである。機械選別の精度には限界があるため、納入先の要求に合うように最適化しているという説明であった。
 - ・ 電線・銅線のリサイクル事業者では、銅ナゲット加工と並行して被覆の剥離加工・粉碎チップ選別（風力・篩（ふるい）・湿式）を行っている。
 - ・ 電線被覆材料の多様化が進んでおり、材料が多岐にわたる傾向があるとのことだった。
 - ・ 2006年7月1日から施行されたRoHS（ローズ）指令の発行により、電化製品への有害物の使用が制限され、世界的にも銅線被覆材のPVC等にも鉛を含まないことになってきているが、現在回収される銅線にはそれ以前のものもあるため、鉛含有の懸念があるとの話があった。
 - ・ 今後、中国の輸入規制の影響を受けて、受け皿がなく行き場を失うものが出て来るのではないかと、との話があった。中国の輸入規制により、銅線などの被覆材は、使えるものを選別し、チップ化して、不純物を除くなどしていわゆる原料化まで行わないと、世界的に受け入れてもらえないようになってきた。なお、電線を輸出していた一部の事業者は、電線の状態であれば中国への輸出枠を持っていたが、その全てが2019年1月から無くなるので、その後は国内で処理する他なくなると見ている事業者もいるのではないかとこの情報もあった。
 - ・ 中国の輸入規制後、埋立処分場の受入れ価格が上昇している。近郊の埋立処分場の受入れができなくなった場合は、輸送コストをかけて遠方で受け入れてもらわざるを得ない、と危惧する意見があった。
- リース業
 - ・ リース関連事業者では、顧客のニーズに応じて幅広い商品を取り扱っている。リース事業協会によれば、オフィス機器から自動車、医療、農業、研究等幅広い分野でリース事業が行われている（公益社団法人リース事業協会ホームページ、<https://www.leasing.or.jp/tokusetu201807/>）。

- ・本年度ヒアリング調査を行ったリース事業者においても、既定のラインナップを用意しているということではなく、お客様からのリクエストがあった商品がリース取扱品となるとの回答があった。
- ・リース業界全体の取扱高をみると、2017年度のリース取扱高は4兆8,759億円で、そのうち情報通信機器が32.0%と最も高い(輸送用機器13.8%,商業およびサービス業機器12.4%,産業機械10.0%,事務用機器8.4%:公益社団法人リース事業協会「2017年度リース統計」)。
- ・リース年数は、耐用年数の60%以上の年数で設定されるため、概ね60~70%で減価償却が終わるように組まれる。その後、一般には再リース(リース先のユーザーがそのまま継続してリース使用)がなされることも多い。ヒアリング調査の中で一事業者ではあるが、再リースとリース終了の割合は、平均するとおよそ7:3となるとの回答があった。初回アップと言って、契約期間終了後の最初の再リース率は8割を超えているが、年度ごとにその再リース率は落ちてくるので、全体で平均すると、再リースは7割程度との回答であった。
- ・ヒアリング調査では、事務機器のリースに関して、パソコン単体を取り扱うよりもオフィスシステム一式を取り扱うケースを挙げた回答があった。
- ・リース後の物件の取り扱いとして、「ユーザー売却」、「メーカー買い取り」(買い替え時の下取り商品としてメーカーに買い取ってもらう。),「中古業者に売却」(相見積を取るなどしてリユース品として取引される。),「産廃業者への処理委託」(情報機器などでデータ破壊のために物理的破壊をして欲しいと要望があった場合などにマニフェストを発行して処理委託する。)が挙げられたが、近年「オペレーティングリース」というリース終了後の購入選択権を付与したリース契約形態が増えているという回答があった。また、上記取り扱いのうち「ユーザー売却」が全体の半数を占めるとの回答が複数あった。
- ・「メーカー買い取り」、「中古業者に売却」、「産廃業者へ処理委託」をする割合については、リース事業者によって回答にばらつきがあった。
- ・リース事業者から産廃業者(中間処理事業者)へ処理委託された事務機器等は中間処理事業者で分解・選別されるが、それらが有価物になるか廃棄物になるかの判断は中間処理事業者に委ねられていることがうかがわれた。
- ・全国的に事業展開している事業者は、リース終了物件の返却用倉庫を各地域に設けている場合がある。全国各拠点の倉庫に集められたOA機器のうち、リユースとして売却する物は東京まで移送しても十分採算が取れるが、リユースではなくマテリアルリサイクルに回すものは、遠距離の輸送費がコスト的に合わないので、各拠点内のリサイクル業者にそれぞれ売却し、地産地消の形になるようにしているとの回答があった。また、リサイクルの輸送を他社とコラボレーションして無駄を省く検討が始まっているという回答もあった。
- ・リース品については、再リース約70%,リユース約20%,リサイクル約9%,廃棄約1%という回答があった。
- ・廃プラスチックは、これまで中国に持って行っていたものが、出し先がなくなってしまったので、中間処理業者でも非常に困っているようだとの回答があった。もはや一企業で解決できる問題ではなく、動脈側との連携が不可欠であり、国レベルで方針転換しなければならないのでは、という声は業者からも多く出てきているとの意見が出された。

- プラスチック，ガラス・陶磁器リサイクル事業者
- ・ 県外のプラスチックリサイクル事業者（農業用プラスチック，容器包装プラの材料リサイクル，WPC（木材とプラスチックの再生複合材製造））および使用済みガラス・陶磁器等リサイクル事業者にヒアリング調査を行った。
- ・ 各事業者とも工場稼働率は非常に高く，回収量の確保ができています。
- ・ 農業用プラスチックリサイクルシステムは県によって異なり，県・市町村協議会，JA 等と農業者が連携し回収システムを構築している事例や，JA 単独で運用している事例がある。
- ・ 本年度ヒアリング調査を行ったプラスチック，ガラス・陶磁器リサイクル事業者は，プラスチックやガラス・陶磁器を原料として二次原料を製造し，製品を生み出していることが特徴的であり，容器包装リサイクル法の対象となるプラスチックを原料とし，プラスチックペレットを製造し，雨水貯留槽部材，畔（あぜ）カバー，U字溝等を製造している事業者，廃プラ材と廃木材を配合し，デッキ，ルーバー，ベンチ，フェンスなどの製造を行っている事業者，使用済みのガラス瓶や陶磁器を原料として，造粒砂を製造し，土木工事の埋め戻し材等として販売している事業者があった。

3.1.3 まとめ

- ・ 本年度県内外の事業者に対しヒアリング調査を行った結果，概ね昨年度の結果を裏付けるものとなった。鉄は東北域内，一部関東圏からも県内に集まってきており，港を介して県外へ出て行く構図となっている。非鉄に関しては，県内リサイクル業者に集まったものは，その後の受け手が県内に存在していないため，県外に出て行く傾向が強いことがさらに明らかとなった。
- ・ 県外事業者のヒアリング先としては，回収したものを手選別や機械選別を介してさらに価値を高める事業を行っている事業者や，廃プラ，廃ガラス・陶磁器等を原料として製品製造をしている事業者を対象として行った。こうした事業展開は今後の県内資源循環モデルを考えるうえでも参考になるものとする。
- ・ 廃プラスチックに関しては，中間処理事業者・リサイクル関連事業者からのヒアリング調査時だけでなく，リース会社からも関連事業者において中国の「国門利剣（ナショナルソード）」（2017年に中国当局が新たな規制を設け，廃プラスチックを含む24品目の固形廃棄物の輸入を禁止した）の影響が出始めているという情報が寄せられている状況であることが分かり，多くのヒアリング先において今後処理費の高騰や受け皿がなく行き場を失うものが増えるとともに，不法投棄が増加することを懸念していることがわかった。
- ・ リース業界の中で情報通信機器の割合が最も多く，昨年度のヒアリング調査結果に鑑みても，事業者で使用されているパソコン等情報通信機器のリースの割合は相当程度存在すると思われる。再リース，中古品としての販売等もあることから，廃棄される割合は少ないものの，コンスタントに発生するものとして考えることができる。また，廃棄が決まっているものは輸送費用等の関係から地元の事業者へ出される場合がある一方で，リース終了後のものは東京など本社へ戻されるケースも多いことが示唆された。
- ・ リースに関しては，関連業界内で，事業者間が連携して回収拠点を設置する動きもあるとの情報があった。

- ・ 宿泊業については、小型家電類の数も多くはなく、使用頻度や時間が比較的少ないため、壊れたら買い換えるのが一般的で、入れ替え頻度は少ないことがわかった。一方生ごみの処理に関する課題が大きいこともわかった。パソコンについては、買取またはリースに分かれるが、耐用年数やOSのバージョンアップ・サポート期限が入替のタイミングとなっていることがわかった。
- ・ 使用済み小型家電の排出事業者から、中国での廃プラスチック等の輸入規制による影響で、有価だった物が逆有償になってしまう趨勢にあり、使用者側がある程度の負担をするのはやむを得ないという認識を持ちつつも、県内において①資源化に資する分別の仕方や適切な持込先に関する情報の提供や指導をしてもらいたいこと、②マニフェストの課題はあるが、ある決められた場所に設置されたコンテナなどで、回収対象品目を指定して回収してもらえる仕組みを構築してもらいたいこと、③リサイクルが確実に成される事業者に無料で引き取ってもらう仕組みの構築が望ましい旨の意見・要望があった。

3.2 小型家電回収実証試験結果のまとめと考察

3.2.1 ピックアップ回収(不燃ごみ・粗大ごみ展開試験)

- 目的

前述した通り、本事業の目的の一つとして、県の循環計画の中で重点項目として挙げられている「小型電子機器等リサイクル制度の推進」がある。

一義的には、小型家電のリサイクルに係る各市町村の回収等の取組みの現状や課題を把握するとともに、課題の解決に資する技術的助言や必要な情報の提供等を行いながら取組みへの参加を促していくことが方策の一つと考えられる。

しかしながら、家庭から排出される小型家電を含む廃棄物は一般廃棄物であり、廃棄物処理法により一般廃棄物の処理責務は市町村にあるとされていることから、収集(回収)方法やその後の処分については、県内市町村においても統一されていない。特に、小型家電の回収・リサイクルについては、2020年の東京オリンピックのメダルの原料にしようという「メダルプロジェクト」への参加を国等が呼びかけたことを契機とし、近年多くの市町村がこのプロジェクトにイベント参加的な姿勢で取り組むようになったものの、その取組みは必ずしも安定した、あるいは磐石な資源循環システム構築に至っているものではない。

実際のところ、県内市町村における小型家電の排出実態は様々であり、これまで調査されたこととはないため不明な点も多く、全体や詳細が明らかになっていない。

具体的には、家庭から排出される小型家電の回収を定期的に行っている県内市町村は少なく、一般的には、不燃ごみや粗大ごみ収集に排出される他、可燃物にも混入して排出されている。昨年度の報告書では、各市町村・一部事務組合のごみの出し方を俯瞰したが、各市町村・一部事務組合により大きくばらつきがあった。そこで本年度は、実際にどの程度の量の小型家電が不燃系のごみに排出されるかを、実際に展開試験を行って調査することとした。なお、この調査の取組みは、「小型家電リサイクルの実施状況に関する実態調査結果に基づく勧告(平成29年11月総務省)」の内容にも沿うものである。

本事業の展開試験の目的はもう一つあり、それは県の循環計画の中で重点項目として挙げられている「ごみの分別などの環境配慮行動の推進」にも大きく関係している。具体的には、排出されたごみのうち、最終処分量を抑制するための資源系廃棄物としてどの程度がリサイクル工程で利用できるかを把握することである。昨年度の調査研究の結論として提案した県の循環モデルにおいては、県内に循環インフラを創り出す要件の一つとして、全県で考えた原料の集約による量の確保を挙げているが、この検討には、小型家電の排出実態の他、金属系かプラスチック系かなどの組成や量的実態の把握が重要である。

加えて、本展開試験を県のほぼ中央に位置する仙台市を挟んで、北部と南部のエリアで行い比較することで、地域による違い・特性や、住民の排出行動などについても言及できる可能性があり、この項目もまた県の循環計画の「ごみの分別などの環境配慮行動の推進」に資することが期待できる。

● 実施時期および場所・試験概要

展開試験および小型家電のピックアップ作業は、県南部（A地域）、県北部（B地域）の2箇所の施設で実施した。

A地域の施設では不燃ごみ約3t、B地域の施設では不燃ごみ約3tと粗大ごみ約1tの合計約4tを対象として、分別と計量・記録を行った。

分別については、まず小型家電28品目、金属系廃棄物、プラスチック系廃棄物、ガラス・陶磁器系廃棄物、危険物・有害物に大別した。その後、小型家電28品目を県指定11品目（主に高品位・中品位品）と県指定外品目（中品位・低品位品）に大別し、前者を仮想認定事業者に運搬し、後者を産業廃棄物処理・リサイクル業者に運搬した。残りは、処理困難物として各地域の施設での通常の処理とするためそれぞれの施設に戻した。

この流れを図3-1に示す。

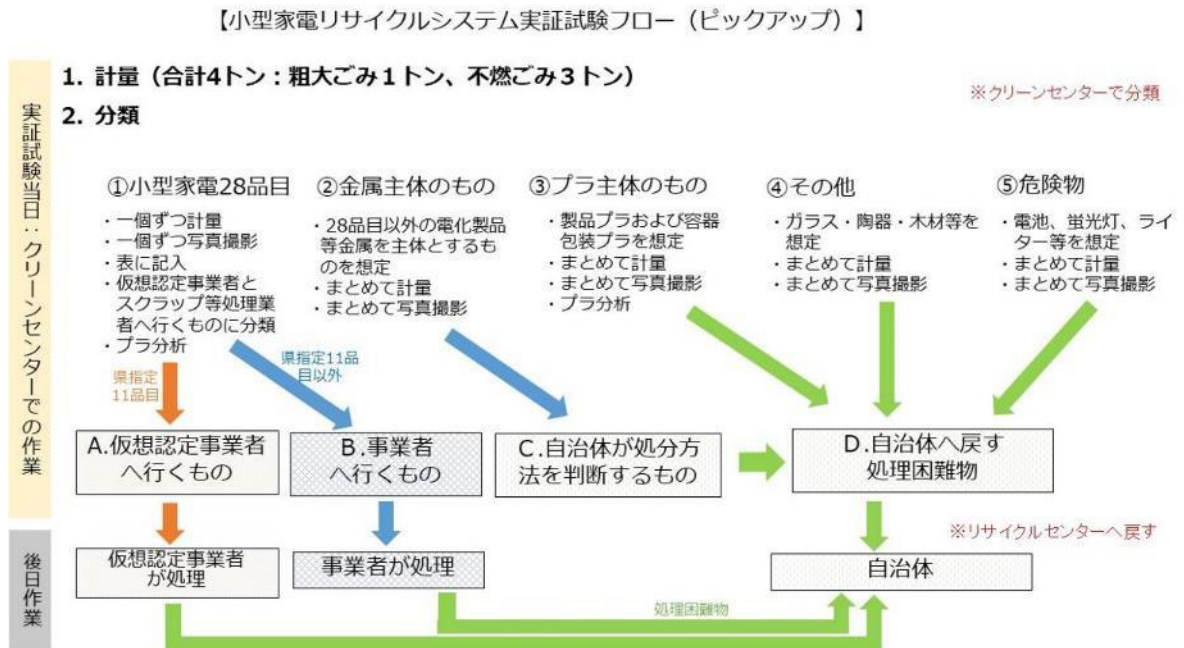


図3-1 展開試験による分別と分別後物の流れ

小型家電が含まれる両地域のごみの排出方法は異なり、A地域の不燃ごみはビニール袋での排出で、B地域の不燃ごみおよび粗大ごみについては、不燃ごみをプラスチック製コンテナに入れ、概ね1斗缶を超える大きさの粗大ごみを集積所周辺に置く排出方法であるため、個別の袋には入っておらず、B地域の施設の作業ヤードに運搬された時点では小山になったものであった。そのため、展開作業方法や所要時間はそれぞれ異なるものとなった。

以下に実施概要を示す。

(ア) A地域の施設

実施日：2018年7月11日・12日

実施者：12名（県職員，大学教職員・学生，委託業者）

宮城県2名，委託業者3名，産業廃棄物処理・リサイクル業者1名

（フォークリフト運転を含む），東北大学6名（うち学生3名）

実施状況：7/11，10-16時で①-③の作業を終了。

7/12，10-16時で④以降の作業を実施。

展開試験実施内容：

事前に収集してストックしてもらっていた約3tの不燃ごみについて展開試験を行った。手順は以下の通り。

- ① スtockしてあった17袋のフレコンバッグを5回に分けて開梱（4袋×4回+1袋×1回）し，フロアーに広げる。
- ② 不燃ごみ指定袋を破袋し内容物を展開し，(A) 小型家電28品目，(B) 金属類，(C) プラスチック類，(D) ガラス・陶磁器，(E) 危険物（電池，刃物，ライター，油類等）をピックアップ（手選別）により分類した。
- ③ (B)，(C)，(D) については，ショベルローダーでフレコンバッグに投入し，計量。(E) については，個別に計量を行った。（後日，A地域の施設に返却した。）
- ④ (A) については，小型家電リサイクル法に係る小型家電28品目に分別し，それぞれの種類の個数，個々の重量を記録し写真を撮影（一部，小さな物やコード類などはまとめて行った物もある）。その後，県指定11品目については仮想認定事業者への送付用フレコンバッグに詰めるとともに，県指定外品目については産業廃棄物処理・リサイクル業者への送付用フレコンバッグに詰めた。また28品目の分類がほぼ完了した時点で，各品目の代表的な機器について，プラスチック分析装置（TSI社製Polymax Plastics Analyzer）により使用されているプラスチックの種類の判別調査も行った。
- ⑤ さらに，小型家電28品目については，仮想認定事業者送付用の県指定11品目と，それ以外の産業廃棄物処理・リサイクル業者送付用のものに分け，フレコン詰めを実施後，フレコンそれぞれを計量し重量を記録した。

図3-2に作業の様子を示す。

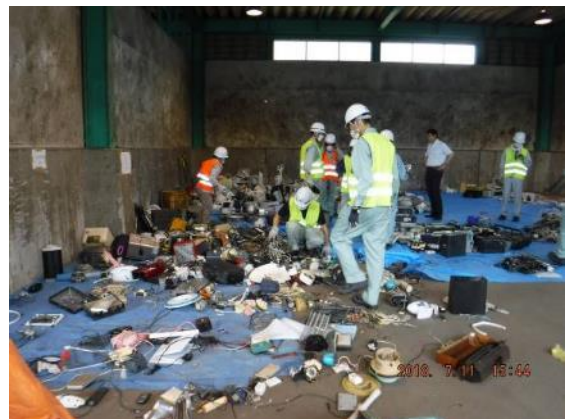
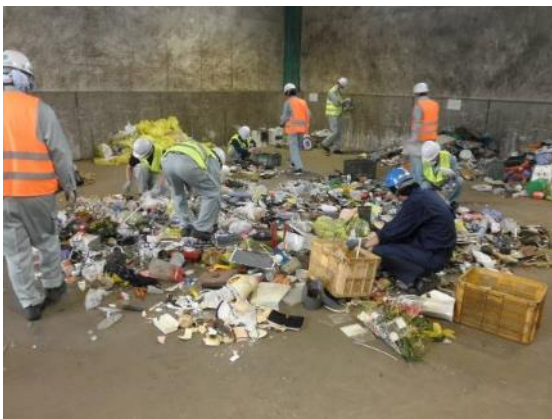


図3-2 ピックアップ作業の様子（A地域の施設）

展開試験結果：

A地域の施設における計量結果は以下の通りであった。

(全体重量は 3,089kg)

- (A) 小型家電 28 品目 : 1,540kg (49.9%)
- (B) 金属主体のもの : 440kg (14.2%)
- (C) プラスチック主体のもの : 200kg (6.5%)
- (D) その他 (ガラス・陶器・木材など) : 800kg (25.9%)
- (E) 危険物 : 109kg (3.5%)

分類にはフロンを使用した乾燥機 1 台と、灯油が入った石油式のファンヒータが 4 台混入しており、これは小型家電から除外してある。蛍光灯器具などは既に破損したものもあり、(D) (E) は明確に分けることはできなかった。

今回の主目的である小型家電 (A) についてみると、小型家電は概ね不燃ごみの半分の重量を占めた。また、小型家電のうち、県指定品 11 品目とそれ以外の内訳は以下図 3-3 の通りであった。

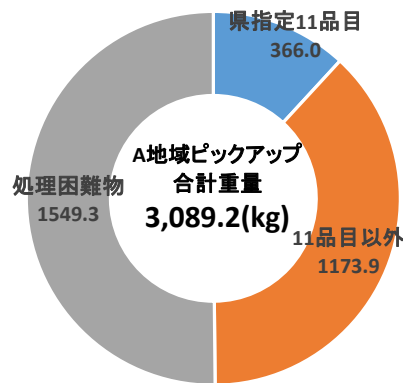


図 3-3 A 地域ピックアップ回収の結果 (重量)

(イ) B 地域の施設

実施日 : 2018 年 9 月 20 日・21 日

実施者 : 1 日目 16 名, 2 日目 15 名 (県職員, 大学教職員・学生, 委託業者)

宮城県 2 名, 委託業者, 産業廃棄物処理・リサイクル業者 3 名,

東北大学 7 名 (21 日は 1 名減) (うち学生 3 名)

実施状況 : 9/20, 10-16 時で①-④の作業を終了。

9/21, 10-16 時で⑤⑥の作業を実施した。

展開試験実施内容 :

事前に収集してストックしてもらっていた約 4t の粗大ごみ・不燃ごみについて展開試験を行った。手順は以下の通り。

- ① 小山状にストックしてあった約 1t の粗大ごみについて、(A) 小型家電 28 品目、(B) 金属類、(C) プラスチック類、(E) 危険物（石油ストーブ・ファンヒーター等）、(F) その他大型の家具類・ベビーカーなどをピックアップ（手選別）により分類した。
- ② 小山状にストックしてあった、約 3t の不燃ごみについて、(A) 小型家電 28 品目、(B) 金属類、(C) プラスチック類、(D) ガラス・陶磁器、(電池、刃物、ライター、油類、スプレー、農薬等) をピックアップ（手選別）により分類した。
- ③ (B)、(C)、(D)、(E)、(F) については、ほぼ手作業でフレコンバッグに投入し、計量を行った。（後日、これらについては B 地域の施設に返却した。）
- ④ (A) については、小型家電リサイクル法に係る小型家電 28 品目に分別した。
- ⑤ 小型家電 28 品目それぞれの種類の個数、個々の重量を記録し写真を撮影（一部、小さな物やコード類などはまとめて行った物もある）。同時に各品目の代表的な機器について、プラスチック分析装置により、使用されているプラスチックの種類の判別調査も行った。
- ⑥ さらに、小型家電 28 品目については、仮想認定事業者送付用の県指定 11 品目と、それ以外の産業廃棄物処理・リサイクル業者送付用のものに分け、フレコン詰めを実施後、フレコンそれぞれを計量し重量を記録した。なお、仮想認定事業者への送付用の県指定 11 品目については、選別分類した品目が交互に混ざらないよう、土嚢袋あるいは中サイズのフレコンに同品目のみを入れて整理した。

図 3-4 に作業の様子を示す。

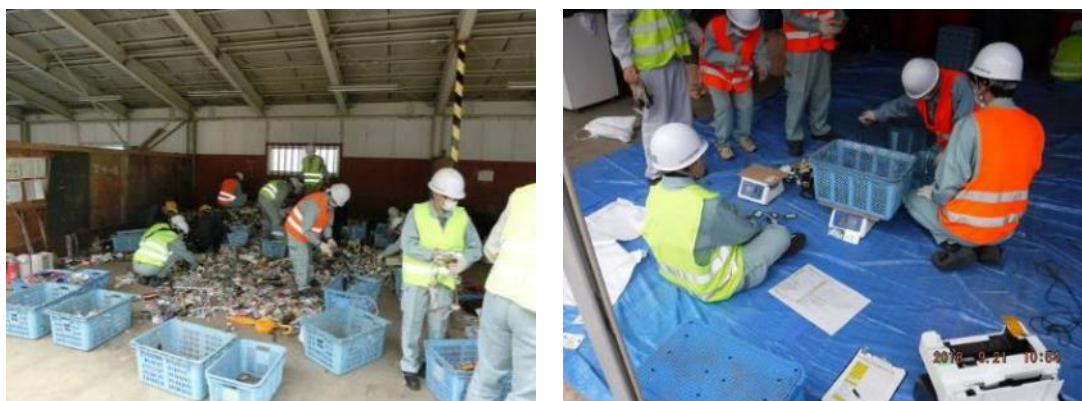


図 3-4 ピックアップ作業の様子（B 地域の施設）

展開試験結果：

B 地域の施設における不燃ごみおよび粗大ごみの全体重量は 3,728kg であった。

B 地域の場合、不燃ごみも粗大ごみも同じ集積所に出されたものであるため、小型家電類は大きさにより不燃ごみにも粗大ごみにも入り得る特徴があった。そこで、A 地域との比較のために、粗大ごみとして排出・収集された小型家電であっても 45L の袋に入るものは「不燃ごみ相当」としてカウントし比較した。A 地域にて行った同様の作業(約 3t)と比較して、対象物が小袋に入っておらず、約 4t と処理重量は多かったものの、作業上は効率良く作業できた。分別した各種類別の結果は以下の通りである。

- (A) 小型家電 28 品目 : 793.70kg (21.3%), 不燃ごみ相当に限ると 491.80kg (17.2%)
- (B) 金属類 : 773.61kg (20.8%)
- (C) プラスチック類 : 76.86kg (2.1%)
- (D) ガラス・陶磁器 : 1,580.46kg (42.4%)
- (E) 危険物 : 503.00kg (13.5%)

回収されたものの「県指定 11 品目」、「県指定 11 品目以外」、「処理困難物」の内訳を以下図 3-5, 3-6 に示す。

B 地域の場合、不燃ごみと粗大ごみの分別区分が A 地域と異なるため、別々に示すと、粗大ごみにおいては、A 地域同様半分以上 (50.7%) が小型家電品であった。ただし、県指定の 11 品目は極端に少なかった (2.7%)。また不燃ごみ側には小型家電県指定 11 品目とそれ以外を合わせても非常に少なかった (8.1% : 県指定 11 品目 2.6%, 県指定以外 5.5%)。

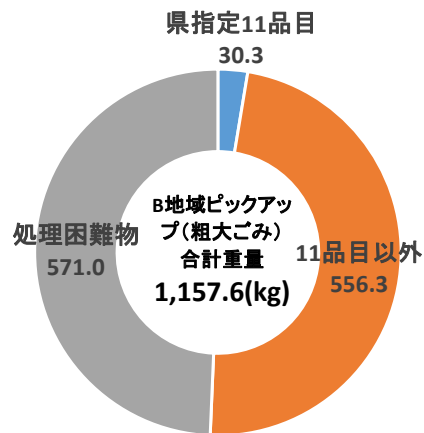


図 3-5 B 地域ピックアップ回収【粗大ごみ】の結果（重量）

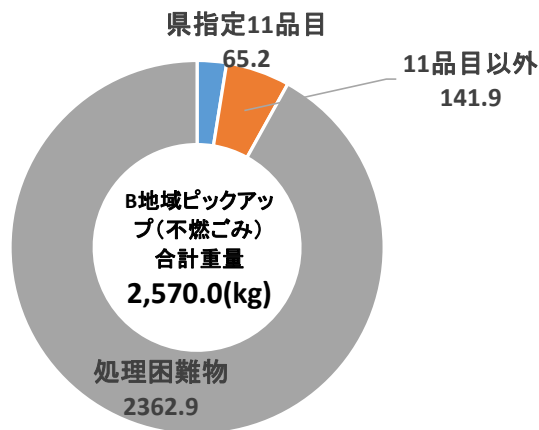


図 3-6 B 地域ピックアップ回収【不燃ごみ】の結果（重量）

- 考察

(ア) 不燃ごみにおける資源性廃棄物の存在量について

今回の展開試験により、ある時期にその地域で一般廃棄物として排出された小型家電や、鉄、アルミ、プラスチックなどの資源性廃棄物の量は把握できたが、それが全体の中で、どのような意味を持つ値なのかは、全体量、すなわち各種条件下の分母を推定する必要がある。

しかし小型家電の存在量に関しては、その量を正確に把握するのは困難である。昨年度報告書にて報告したように、すべての電化製品について販売の際にリサイクル費用を前取りしている EU の WEEE（廃電気・電子機器）制度では、制度開始後既に 10 年以上経過した中で、各国での販売台数などを Eurostat（EU 統計局）で把握できるようになっているが、

(<https://ec.europa.eu/eurostat/web/waste>), 廃棄量については正確に把握することはできていない。制度における回収目標は、当初の住民 1 人当たり年間約 4kg から、改正指令 (2012/19/EU)

により、2016年までに各国においてそれまでの3年間に販売された電気・電子機器の年平均重量の45%、さらに2019年までにそれまでの3年間に販売された電気・電子機器の年平均重量の65%もしくはWEEEの総重量の85%として定めている。制度運用の進展で「WEEEの総重量」についても徐々に精度の高いものになってきているが、多くの国では、「3年間に販売された電気・電子機器の年平均重量」で目標を定めている。

前取り費用を追うことで、販売量が明確にできるEUと異なり、我が国では、そのような製品の統計が業界団体別で行われている上に、その集計方法も出荷台数でしか行わないものなど様々である。さらに海外からの輸入製品について明確な量は把握できていない。そのため、市場への投入量を把握することは明確にできているとは言えないが、いくつかの推定結果は存在する。

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)での推定結果によれば、日本全体の使用済小型電気電子機器の1年間の排出量は、1,156,751,096台、650,539tとされる。すなわち、日本全体では5.12kg/Capita/年の小型家電が廃棄されると計算されている。これは2012年現在の小型家電リサイクル法設計段階で対象としている品目について推定した結果である

(http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=19123&hou_id=14767)。

なお、同じ推計方法による最新データ(平成28年)では、一年間の排出重量は、575,875tであったとされている

(http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/sangyougi_jutsu/haiki_recycle/kogata_kaden/pdf/003_02_00.pdf)。

もう一つ、国連大学が出しているE-Waste monitorの最新版である2017年版(データは2016年)が存在する。これは全世界の生産量を把握した上で、種々のファクターで調整したものである。先述したように日本では明確にとらえられない輸入なども加味されていると考えられる。それによれば、2016年で日本は、2,139,000tのE-Wasteの発生ポテンシャルがあり、それは16.9kg/Capita/年と計算できる

(<https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/GEM%202017/Global-E-waste%20Monitor%202017%20.pdf>)。

ただしこの値は、日本では別の法律とされて電機メーカー側が行っている家電リサイクル法4品目も含んでいる他、日本では法律上責任が分かれてしまう産業用途の電化製品も含んでいる。産業用途の電化製品はオフィス機器、自動販売機、工場その他用途の制御機器(サーバー類、通信基地局機器、パチンコ台の内部なども含む)などと考えられる。家電リサイクルの実績報告で、同年ベース(平成28年)の再資源化処理重量は464,000tであった。

(https://www.aeha.or.jp/recycling_report/03.html#a01)。

この再資源化処理重量値は、家電リサイクルルートで処理された重量であるが、現実には全ては入っておらず、国立環境研究所などの研究によれば回収率は概ね70%程度とされる。すなわち、家電リサイクル法の対象となる排出重量は、約662,000t程度であるという推定となる。

これらのデータから、E-Waste monitorの排出ポテンシャル(2,139,000t)が正しいと仮定して、2016年データで統一し、家電リサイクル法(662,000t)、小型家電リサイクル法(576,000t)を差し引くと、残りの901,000t(推定)が日本で産業廃棄物に帰属する電気電子機器と推定することができる。これを考え、県内の検討では、これをベースに検討したい。

一方、鉄やアルミ、プラスチックといった資源性廃棄物は、そのものがコモディティー（一般化したため差別化が困難となった製品やサービス）として扱われるもので、そもそも一定の量があれば廃棄物扱いはされず、有価取引されている。本検討の目的から考えると、ポテンシャルというよりも、一般廃棄物に排出されるものの実態調査の方が有効と考えるため、特に存在量の議論は行わない。

(イ) 各地域における (A) 小型家電収集量の評価

展開試験はそれぞれの箇所で収集された一定量の不燃廃棄物に対して行ったが、その小型家電類の割合から、その地区の年間収集量の推定を行って全国データとの比較を試みた。

まず、A地域の平成27年度の年間受入量は、以下の通りである。資源ごみ4,679t（缶・ビン・PETボトル）、不燃ごみ1,529t（今回対象）、粗大ごみ338t。今回は3.09tの不燃ごみを展開試験したため、年間の0.2%（1/500）を展開試験したことになる。単純計算で、A地域に廃棄される小型家電類は年間約750tと推定される。A地域の人口は172,200人（H30.7）である。

B地域での平成30年度の一般廃棄物処理計画（計画値であるが過去実績に基づくと考えられる。）によれば、可燃ごみ、61,781tに対して、不燃・粗大ごみ4,307tであるため、今回の3.68tは全体量の0.08%、年間発生量の1/1,170にあたる。B地域の人口は、204,470人である。

B地域の場合は、A地域と収集の区分が異なり、不燃ごみと粗大ごみが分かれて集まるため、この補正も必要となる。上述の計画によると不燃ごみと粗大ごみの実績値は、家庭系で（47:5）であるため、敢えて不燃ごみと粗大ごみを分ければ、不燃ごみ3,893tと粗大ごみ414tが年間排出量と想定される。そのため、回収分の小型家電502kgを年間排出予想に換算すると590tとなる。

この値を全国ベースとして並べてみたものが表3-1となる。

表3-1 展開試験による回収量の考察

	日本	宮城	A地域	B地域
人口(人)	126,706,000	2,323,000	172,200	204,470
小型家電存在量【推定 H28】(t)	576,000	10,570	783	930
一人あたり【全国推定】(kg/Capita)	4.55			
試験回収量(t)			750	590
一人あたり【今回実績】(kg/Capita)			4.36	2.89

今回の展開試験の結果は実態の値である。結果として、本県で一年間に排出されると推定される一人当たりの小型家電排出量は、全国と比較しても特段大きな差は生じないことに加え、それらは不燃ごみとして排出される傾向があることが示唆された。さらに、小型家電品が実際は一部の粗大ごみや可燃ごみ（非常に小さなものや破壊されてしまったものなど）にも混入する可能性を考えると、A地域の値はむしろ予想を超えて多い可能性もある。

考察すべき課題のひとつとして、A地域とB地域の差がある。意図したことではないが、A地域とB地域は、それぞれ172,200人、1,551.4km²に対し、204,470人、1,523.82km²であり、非常に似通っていることから、人口や面積に関する事項は除外できるが、今回のB地域の展開試験

対象物の収集地区が農山間部であり、世帯構成や生活パターンが都市部と若干異なることで、小型家電の種類や保有量も差が出たことが考えられた。

地域性の観点から言えば、後述する通り台所機器の種類が明らかに異なり、B地域では餅つき機が多く排出されている、小型家電ではないが農山間部で使われる殺虫剤（スプレー缶）などの多さが目についた。地域による特性は明らかにあると考えられる。

もう一点、ごみの区分が問題である。A地域の年間の不燃ごみ量が1,500t程度である事に比較して、B地域では、不燃ごみ相当で2,800tと倍の量があった。展開試験では、その他のガラス・陶磁器・缶・蓋等などの雑物が多いため、余計に小型家電の少なさを感じた。

可燃ごみについて、A地域では、近隣の一部事務組合との協定に基づき1,200tを受けていることや、最終処分場の掘り起こしごみ1,600t、その他残渣（下水処理残渣等が考えられる）を3,000t処理しており、合計で45,720tの焼却があるため、一概に比較はできないが（これらを減じると約40,000tとなる）、B地域の可燃ごみ量は、61,781tである。

さらに資源ごみは、A地域：約4,600t、B地域：約1,500tである。これらを総合して考えれば、各ごみの区分が両地域によって異なり、小型家電も一定割合で分散していることも考えられる。

また、小型家電の収集方式に目を向けると、B地域は、中心的な市だけでもスーパーなど13箇所、役場・支所など13箇所に回収ボックスが設置されている。A地域で人口規模が最も大きい市で、市役所・公民館など11箇所に置かれている。実際の収集量（2016年度）は、ボックス回収品で1,141kg、B地域で9,587kgと優位な差が出ていると考えられた。その他、民間の収集が影響していることも考えられる。

（ウ）資源性廃棄物の種類と地域差について

以下の表3-2、表3-3、表3-4にA地域とB地域の小型家電の種類別の収集数を示した。

排出量の多いカテゴリーは、A地域で、17：炊飯器・電子レンジなど台所機器、5：ステレオ等、21：理容用電気機械器具、18：扇風機等、19：掃除機・アイロン等、8：プリンター、25：照明器具、の順であった。特に、17～19の3カテゴリーで全体の重量の半分になった。

B地域では、不燃ごみに関して小型家電の総量はA地域と比較して少なかったが、排出量の多いカテゴリーは、26：電子時計が目立ったが、25：照明器具、21：理容用電気機械器具、17：炊飯器・電子レンジなど台所機器、5：ステレオ等、19：掃除機・アイロン等が多かった。粗大ごみに関しては17：炊飯器・電子レンジなど台所機器、18：扇風機等、19：掃除機・アイロン等が多かった。中でも17：炊飯器・電子レンジなど台所機器が多くA地域と同じ傾向であった。

前述した通り、県南のA地域と県北のB地域を比較するため、B地域では粗大ごみで排出された小型家電のうち、45Lの袋に入るものを「不燃相当」としてカウントしたが、これらを合算して両地域の結果を比較したものを図3-7に示す。どちらの地域も炊飯器・ポット・レンジなど台所機器、アイロン・掃除機、理容機器、アイロン・掃除機、オーディオ等の排出が多く、同様の傾向を示したと言える。ただし両地域の相違点を指摘すると、台所機器内の種類は異なっており、A地域では非常に目についた炊飯器などの代わりに、B地域では餅つき器が目についた。

ピックアップ試験の回収品目の傾向について

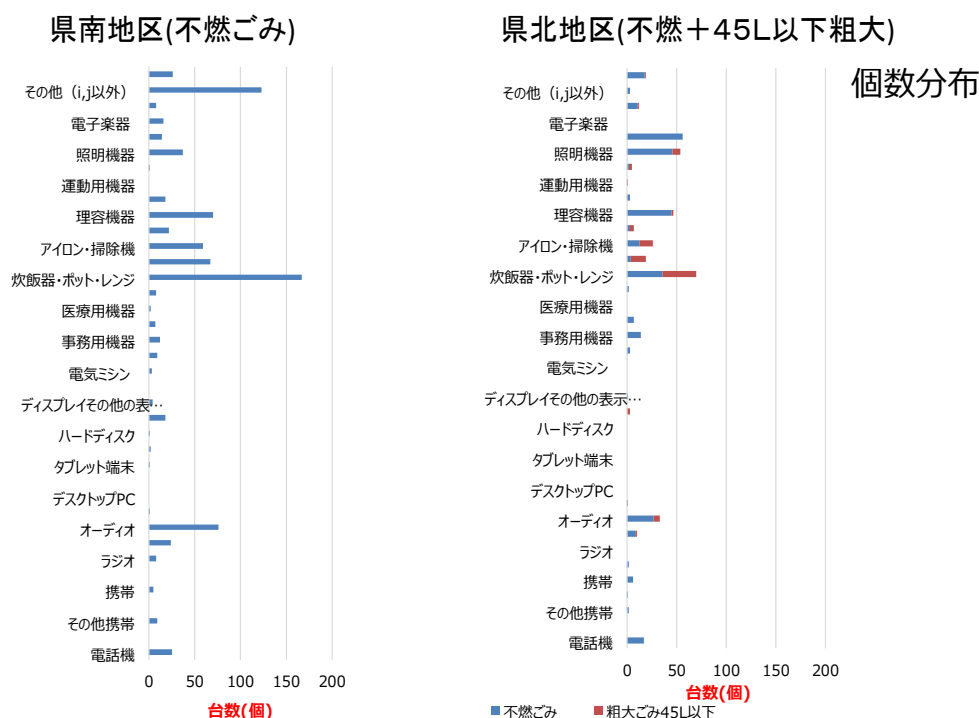


図 3-7 県南A地域と県北B地域の小型家電回収品目の比較

小型家電の品目が実際の存在量に対してどれだけ集まったかについての議論は、実はかなり困難である。なぜならば、小型家電リサイクル法が存在し、実際のデータも収集されつつあるが、市町村等では自身の個別の収集方式で行っている他、認定事業者も受入品目に制限をつけている場合も多い。そのため、小型家電リサイクル法下での実績は、社会に存在する量と比例関係にはなく、実績を見ても排出物の比較はし難い。

法律制定時の検討である「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)」には、品目ごとの廃棄量を試算したものが存在する。それを表 3-5 に示す。この機器の耐用年数は故障率や新機種の出現によって異なるため一元的な評価はし難い。

しかしながら、定常的に販売量があると考えられるものは、概ね定常的に排出されるものとしこの表を見てみると、数の多いものは、電球、携帯電話、デジタルカメラ、体温計、電卓、ノートパソコンなどの比較的小型のものである。また、重量で見た場合に、照明器具、プリンター、電子レンジ、炊飯器、換気扇、扇風機などがリストされる。

すなわち、収集物の種類の傾向は概ね合致しているが、数の側面から見た場合には小型の機器に販売数と収集量の違いが大きく、小型のものが別のルートに流れている可能性がある。現実として両地域ではボックス収集を行っているところがある。また、退蔵の可能性がうかがえる。例えば、携帯電話は年間数千万台の販売量であるが、これを今回のデータと比較するために換算すると2桁の差がある。しかしながら、小型のものでも価値が低い電気カミソリなどは販売量とピ

ックアップ量が携帯電話の場合より大きく改善されるため、高価なものは別の収集ルートに流れるか退蔵、価値の低い小型のものは可燃物に混入している可能性があると考えられる。

表 3-2 A地域における展開試験での小型家電類

分類	品目	B重量計 (kg)	不燃物全体の合計にお ける割合 (%)		Bは個数把握せず
0	小型家電28品目以外の処理困難物(別紙5-B記載)	1549.331	50.2		
分類	品目	A重量計 (kg)	不燃物全体 における割合 (%)	小型家電全体 における割合 (%)	A個数計(注意) (個)
	小型家電28品目 (29を含む)				
1	電話機、ファクシミリ装置その他の有線通信機械器具 (a以外)	19.775	0.6	1.3	25
a	サーバー	0.000	0.0	0.0	0
2	携帯電話端末、PHS端末その他の無線通信機械器具 (b, c, d以外)	5.690	0.2	0.4	9
b	スマートフォン	0.000	0.0	0.0	0
c	携帯電話	0.670	0.0	0.0	5
d	PHS	0.000	0.0	0.0	0
3	ラジオ受信機及びテレビジョン受信機(※1を除く)	4.010	0.1	0.3	8
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	48.990	1.6	3.2	24
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	152.355	4.9	9.9	76
6	パーソナルコンピュータ (e, f, g以外)	2.055	0.1	0.1	1
e	デスクトップPC	0.000	0.0	0.0	0
f	ノートPC	0.000	0.0	0.0	0
g	タブレット端末	0.600	0.0	0.0	1
7	磁気ディスク装置、光ディスク装置その他の記憶装置 (h以外)	0.020	0.0	0.0	2
h	ハードディスク	0.965	0.0	0.1	1
8	プリンターその他の印刷装置	97.460	3.2	6.3	18
9	ディスプレイその他の表示装置	2.597	0.1	0.2	4
10	電子書籍端末	0.000	0.0	0.0	0
11	電気ミシン	19.065	0.6	1.2	3
12	電気グラインダー、電気ドリルその他の電動工具	14.757	0.5	1.0	9
13	電子式卓上計算機その他の事務用電気機械器具	25.780	0.8	1.7	12
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	8.295	0.3	0.5	7
15	電動式吸入器その他の医療用電気機械器具	0.637	0.0	0.0	2
16	フィルムカメラ	4.742	0.2	0.3	8
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(※1を除く)	487.905	15.8	31.7	167
18	扇風機、電気除湿機その他の空調用電気機械器具(※1を除く)	198.321	6.4	12.9	67
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(※1を除く)	163.574	5.3	10.6	59
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	44.775	1.4	2.9	22
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	23.150	0.7	1.5	70
22	電気マッサージ器	38.947	1.3	2.5	18
23	ランニングマシンその他の運動用電気機械器具	0.000	0.0	0.0	0
24	電気芝刈り機その他の園芸用電気機械器具	3.776	0.1	0.2	1
25	蛍光灯器具その他の電気照明器具(※2)	60.987	2.0	4.0	37
26	電子時計及び電気時計	8.334	0.3	0.5	14
27	電子楽器及び電気楽器	4.878	0.2	0.3	16
28	ゲーム機その他の電子玩具及び電動式玩具	7.450	0.2	0.5	8
29	その他 (i, j以外)	24.671	0.8	1.6	123
i	リモコン	2.526	0.1	0.2	26
j	電源コード類	62.166	2.0	4.0	0
	小型家電回収の合計 (1~29)	1539.923	49.8	100.0	843
	うち11品目	366.018	11.8	23.8	328
	11品目以外	1173.905	38.0	76.2	515
	全体の合計	3089.254	100.0		843

表 3-3 B 地域における展開試験での小型家電類（不燃）

分類	品 目	B重量計	不燃物全体の合計における割合 (%)		Bは個数把握せず
0	小型家電28品目以外の処理困難物(別紙記載)	2,362.925	91.9		
分類	品 目	A重量計 (kg)	不燃物全体の合計における割合 (%)	不燃物中の小型家電全体における割合 (%)	A個数計 (個)
	小型家電28品目 (29を含む)				
1	電話機、ファクシミリ装置その他の有線通信機械器具 (a以外)	6.328	0.246	3.055	17
a	サーバー	0.000	0.000	0.000	0
2	携帯電話端末、PHS 端末その他の無線通信機械器具 (b, c, d以外)	0.154	0.006	0.074	2
b	スマートフォン	0.137	0.005	0.066	1
c	携帯電話	0.679	0.026	0.328	6
d	PHS	0.164	0.006	0.079	2
3	ラジオ受信機及びテレビジョン受信機 (※1を除く)	0.000	0.000	0.000	0
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	2.958	0.115	1.428	9
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	14.803	0.576	7.147	27
6	パーソナルコンピュータ (e, f, g以外)	1.525	0.059	0.736	1
e	デスクトップPC	0.000	0.000	0.000	0
f	ノートPC	0.000	0.000	0.000	0
g	タブレット端末	0.000	0.000	0.000	0
7	磁気ディスク装置、光ディスク装置その他の記憶装置 (h以外)	0.000	0.000	0.000	0
h	ハードディスク	0.000	0.000	0.000	0
8	プリンターその他の印刷装置	0.000	0.000	0.000	0
9	ディスプレイその他の表示装置	0.370	0.014	0.179	1
10	電子書籍端末	0.000	0.000	0.000	0
11	電気ミシン	0.000	0.000	0.000	0
12	電気グラインダー、電気ドリルその他の電動工具	1.282	0.050	0.619	3
13	電子式卓上計算機その他の事務用電気機械器具	2.574	0.100	1.243	14
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	4.830	0.188	2.332	7
15	電動式吸入器その他の医療用電気機械器具	0.000	0.000	0.000	0
16	フィルムカメラ	0.443	0.017	0.214	2
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 (※1を除く)	45.520	1.771	21.979	36
18	扇風機、電気除湿機その他の空調用電気機械器具 (※1を除く)	5.410	0.211	2.612	4
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 (※1を除く)	14.770	0.575	7.131	13
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	3.310	0.129	1.598	3
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	15.770	0.614	7.614	45
22	電気マッサージ器	1.890	0.074	0.913	3
23	ランニングマシンその他の運動用電気機械器具	0.000	0.000	0.000	0
24	電気芝刈り機その他の園芸用電気機械器具	1.785	0.069	0.862	2
25	蛍光灯器具その他の電気照明器具 (※2)	29.745	1.157	14.362	46
26	電子時計及び電気時計	21.622	0.841	10.440	56
27	電子楽器及び電気楽器	0.000	0.000	0.000	0
28	ゲーム機その他の電子玩具及び電動式玩具	2.497	0.097	1.206	11
29	その他 (i, j以外)	14.215	0.553	6.863	3
i	リモコン	2.260	0.088	1.091	18
j	電源コード類	12.070	0.470	5.828	0
	小型家電全体の合計(1~29)	207.111	8.059	100.000	332
	うち11品目	65.194	2.537	31.478	118
	11品目以外	141.917	5.522	68.522	214
	不燃ごみ全体の合計	2,570.036	100.000		332

表 3-4 B地域における展開試験での小型家電類（粗大）

分類	品目	B重量計	粗大ごみ全体の合計における割合 (%)		Bは個数把握せず
0	小型家電28品目以外の処理困難物(別紙記載)	571.000	49.3		
分類	品目	A重量計 (kg)	粗大ごみ全体の合計における割合 (%)	粗大ごみ中の小型家電全体における割合 (%)	A個数計 (個)
	小型家電28品目 (29を含む)				
1	電話機、ファクシミリ装置その他の有線通信機械器具 (a以外)	0.000	0.000	0.000	0
a	サーバー	0.000	0.000	0.000	0
2	携帯電話端末、PHS 端末その他の無線通信機械器具 (b, c, d以外)	0.000	0.000	0.000	0
b	スマートフォン	0.000	0.000	0.000	0
c	携帯電話	0.000	0.000	0.000	0
d	PHS	0.000	0.000	0.000	0
3	ラジオ受信機及びテレビジョン受信機 (※1を除く)	0.000	0.000	0.000	0
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	10.603	0.916	1.808	4
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	18.451	1.594	3.145	6
6	パーソナルコンピュータ (e, f, g以外)	0.000	0.000	0.000	0
e	デスクトップPC	0.000	0.000	0.000	0
f	ノートPC	0.000	0.000	0.000	0
g	タブレット端末	0.000	0.000	0.000	0
7	磁気ディスク装置、光ディスク装置その他の記憶装置 (h以外)	0.000	0.000	0.000	0
h	ハードディスク	0.000	0.000	0.000	0
8	プリンターその他の印刷装置	8.908	0.770	1.519	3
9	ディスプレイその他の表示装置	0.000	0.000	0.000	0
10	電子書籍端末	0.000	0.000	0.000	0
11	電気ミシン	0.000	0.000	0.000	0
12	電気グラインダー、電気ドリルその他の電動工具	0.000	0.000	0.000	0
13	電子式卓上計算機その他の事務用電気機械器具	0.000	0.000	0.000	0
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	0.000	0.000	0.000	0
15	電動式吸入器その他の医療用電気機械器具	0.000	0.000	0.000	0
16	フィルムカメラ	0.000	0.000	0.000	0
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 (※1を除く)	307.935	26.601	52.496	49
18	扇風機、電気除湿機その他の空調用電気機械器具 (※1を除く)	91.070	7.867	15.525	22
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 (※1を除く)	45.405	3.922	7.741	13
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	5.140	0.444	0.876	4
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	0.905	0.078	0.154	2
22	電気マッサージ器	0.000	0.000	0.000	0
23	ランニングマシンその他の運動用電気機械器具	61.140	5.282	10.423	3
24	電気芝刈り機その他の園芸用電気機械器具	12.910	1.115	2.201	4
25	蛍光灯器具その他の電気照明器具 (※2)	22.850	1.974	3.895	11
26	電子時計及び電気時計	0.000	0.000	0.000	0
27	電子楽器及び電気楽器	0.000	0.000	0.000	0
28	ゲーム機その他の電子玩具及び電動式玩具	1.241	0.107	0.212	1
29	その他 (i, j以外)	0.000	0.000	0.000	0
i	リモコン	0.032	0.003	0.005	1
j	電源コード類	0.000	0.000	0.000	0
	小型家電全体の合計(1~29)	586.590	50.673	100.000	123
	うち11品目	30.327	2.620	5.170	12
	11品目以外	556.263	48.054	94.830	111
	不燃粗大ごみ全体の合計	1,157.590	100.000		123

表 3-5 1年間に使用済みとなる小型電気電子機器の台数・重量

分類	品目	台数(台)	重量(t)	個体重量(kg)
電気機械器具	電子レンジ	3,529,000	43,160	12.2
	炊飯器	6,180,333	21,792	3.5
	ジャーポット	5,627,333	11,577	2.1
	食器洗い乾燥機	343,667	6,319	18.4
	電磁調理器卓上型	167,667	608	3.6
	換気扇	7,120,333	19,082	2.7
	空気清浄機	1,790,333	8,292	4.6
	加湿器	1,174,667	2,701	2.3
	除湿機	657,000	6,430	9.8
	扇風機	2,010,000	8,295	4.1
	電気掃除機	5,559,667	13,994	2.5
	電気かみそり	8,108,000	1,541	0.2
	家庭用生ゴミ処理機	118,333	1,282	10.8
	ジューサーミキサー	530,667	475	0.9
	コーヒーマーカー	1,317,667	2,043	1.6
	トースター	3,144,667	5,821	1.9
	ホットプレート	1,650,000	6,659	4.0
	電動歯ブラシ	1,791,000	215	0.1
	携帯用電気ランプ	490,630	142	0.3
	電気ストーブ	734,667	1,690	2.3
電気カーペット	1,415,000	6,505	4.6	
ヘアドライヤー	4,456,333	2,406	0.5	
電気アイロン	2,179,333	4,339	2.0	
家庭用ミシン	1,272,275	9,811	7.7	
通信機械器具	電話機	3,991,933	2,816	0.7
	ファクシミリ	2,185,569	7,489	3.4
	携帯電話	40,157,667	5,622	0.1
	公衆用PHS端末	1,507,000	126	0.1
電子機械器具	ラジオ放送用受信機	2,265,667	725	0.3
	ビデオテープレコーダ(セット)	4,604,333	13,491	2.9
	DVD-ビデオ	6,200,000	21,576	3.5
	BDレコーダ/プレーヤ	59,222	211	3.6
	ビデオカメラ(放送用を除く)	1,503,333	421	0.3
	プロジェクタ	392,504	2,576	6.6
	ビデオプロジェクション	40,333	265	6.6

	BS/CS アンテナ	737,333	1,078	1.5
	CS 専用アンテナ	110,000	161	1.5
	CS デジタルチューナ	715,000	1,202	1.7
	地上デジタルチューナ	45,444	11	0.2
	ケーブルテレビ用 STB	244,389	306	1.3
	デジタルオーディオプレーヤ (フラッシュメモ)	5,095,000	408	0.1
	デジタルオーディオプレーヤ (HDD)	908,000	154	0.2
	デッキ除くテープレコーダ	5,454,667	976	0.2
	MD プレーヤ	239,000	27	0.1
	ステレオセット	1,739,333	16,785	9.7
	CD プレーヤ	671,000	218	0.3
	IC レコーダ	925,000	47	0.1
	アンプ	297,333	3,100	10.4
	スピーカシステム	291,667	316	1.1
	ヘッドホン及びイヤホン	6,123,000	855	0.1
	カーナビゲーションシステム	3,403,333	5,581	1.6
	カーカラーテレビ	1,137,000	887	0.8
	カーDVD	168,667	228	1.4
	カーステレオ	906,667	1,106	1.2
	カーCD プレーヤ	6,500,667	8,191	1.3
	カーMD	281,000	520	1.9
	カーアンプ	723,667	2,091	2.9
	カースピーカ	23,559,333	44,763	1.9
	カーチューナ	532,000	649	1.2
	カーラジオ	899,667	1,098	1.2
	VICS ユニット	202,333	94	0.5
	ETC 車載ユニット	2,917,000	321	0.1
	デジタルカメラ	10,507,667	2,312	0.2
電子計算機	PC (デスクトップ型)	5,013,000	40,906	8.2
	PC (ノートブック型)	6,696,000	13,995	2.1
	モニター (電子計算機用)	5,385,333	28,758	5.3
	プリンター	5,638,667	56,499	10.0
	フォトプリンター	135,114	132	1.0
電球・電気照明	電球	735,308,674	32,989	0.0
	電気照明器具	59,754,277	77,066	1.3
光学機械器具	カメラ	91,057	37	0.4
時計	時計	82,431,127	12,384	0.2
ゲーム機	据置型ゲーム機	3,616,667	10,995	3.0

	携帯型ゲーム機	9,606,667	1,921	0.2
事務用機器	電卓	7,706,500	786	0.1
	電子辞書	2,567,000	343	0.1
医療機器	家庭用マッサージ・治療浴用機器及び装置	3,723,065	14,706	3.9
	家庭用電気・光線治療器	3,270,711	2,944	0.9
	家庭用磁気・熱療法治療器	87,718	395	4.5
	家庭用吸入器	145,773	101	0.7
	家庭用医療用物質生成器	327,325	1,015	3.1
	補聴器	418,014	13	0.0
	電子体温計	10,276,502	256	0.0
	電子血圧計	3,980,148	1,146	0.3
楽器	電子キーボード	596,064	2,733	4.6
	電気ギター	493,235	1,726	3.5
電子玩具	ハンドヘルドゲーム（ミニ電子ゲーム）	276,126	9	0.0
	ハイテク系トレンドトイ	852,323	177	0.2
電動工具	電気ドリル（電池式も含む）	2,731,000	5,805	2.1
	電気のこぎり	969,000	2,060	2.1
	その他の電動工具	2,933,000	6,235	2.1
付属品	リモコン	428,635	73	0.2
	キーボードユニット	36,879	36	1.0
	ゲーム用コントローラ	363,990	122	0.3
	プラグ・ジャック	111,638	9	0.1
	ACアダプタ	1,168,568	187	0.2
合計		1,156,751,0	650,53	0.6
		96	9	

出所：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「小型電気電子機器リサイクル制度の在り方について（案）」平成23年をもとに作成。

小型家電以外の排出傾向においては以下の点が指摘できる。まず総じて、両地域の排出物は大きく異なった。

金属主体のごみは、一般的に台所用品などの日用品が多い。A地域では多くはこうした日用品であったが、B地域ではこれに加えて、オイル缶や、殺虫スプレー、ヘアスプレーなどの缶類や、缶詰・ビンの蓋・傘などが多く目についた。

プラスチック主体のごみは洗面器やバケツのような日用品の他に、玩具類やシャンプー容器等のごみが多い。B地域に関してはこれに加え園芸用品（プラスチックのポット類など）が目についた。

ガラス・陶磁器類に関しては、種類としては両地域で違いはなかった。しかしながら、その量に関して、B地域はA地域と比較して非常に多いという印象を受けた。

危険物には、刃物類、油類、溶剤類、ガスボンベ、ライター、農薬・薬品類、各種電池類などをピックアップしたが、いずれも不燃ごみから発見することができた。ここでも、両地域の差は出ており、A地域であまり量が多くなかったオイル缶やガスボンベ、農薬・薬品類がB地域では非常に多かった。農薬や薬品類などの多い理由は先に書いたように、B地域の今回の収集エリアは農山間部が多く、地域ぐるみで特定の殺虫剤を使うことなどが理由の一つと考えられる。

電池に関しては、一次電池と二次電池がある。一次電池についてはマンガン電池とアルカリ電池が非常に多く目につくが、これもB地域の方が多かった。二次電池には、鉛電池、ニッカド電池、リチウムイオン電池などがあるが、これらの多くは、小型家電中に存在することが多かった。ハンディー型の掃除機や電動工具などでは、このすべての種類が存在する。

昨年報告したとおり、EU諸国では、電池回収は別の仕組み（Battery Directive）がある。そのため、WEEE（廃電気・電子機器）回収の仕組みの中では、使用者が取り外しできるものは、取り外して別々に回収される。日本の仕組みの中でも同様の指示はなされているが、あまり積極的に行われていない。二次電池が不燃ごみに多く廃棄され、それを選別する作業が必要になる。いずれにしても、このような危険物は、通常の作業中にも小さなトラブルを起こしていると考えられ、その取り扱いについては今後の課題である。

(エ) 自治体の収集方式の違い

今回、県南（A地域）と県北（B地域）の2箇所で開催試験を行った結果、自治体（市町村・一部事務組合）により、収集方式の違いがあった。

県内のA地域では、大きく分けて4つの区分があった。

- ・ 資源ごみ：ペットボトル、びん、缶、容器包装プラスチック、その他のプラスチック、紙類、衣類（綿50%以上）：汚れたものは資源ごみに入れない。
- ・ 燃やせるごみ：指定袋で回収。
- ・ 不燃ごみ：45Lの袋に入れて回収。
- ・ 粗大ごみ（45Lの袋に入らないもの）：個別回収か業者委託。

本事業では小型家電の混入の調査を不燃ごみで行ったが、かなり大きなものまで不燃ごみ袋に入っていた。この袋は電子レンジやプリンターなどの大きさが限度であるが、この他に、扇風機、掃除機、こたつや天井照明など見た目には大きく見えるものも、分解等されて入っていた。粗大

ごみとして排出される家電は、電気カーペットや大型のマッサージ機のようなものに限られると思われる。

A地域は溶融炉を持っている。これに関しては長所と短所が存在するが、長所として燃えるごみ側への金属などの混入に関して許容できる範囲が大きいことがあるので、このことが関係する可能性もある。むしろ、溶融炉の他の長所も利用しながら(旧最終処分物の再処理も行っている。)、最終処分量を今後も減らすため、きれいな資源物を集めて循環しようという方向に力を注いでいるものと考えられる。

県北のB地域においても同様に、大きく分けて5つの区分があり、その出し方も大きく異なっていた。

- ・ 資源ごみ：ペットボトル、びん、缶、紙類、衣類：集積所で回収。
- ・ 資源ごみ：容器包装プラスチック：指定袋で回収。
- ・ 燃やせるごみ：指定袋で回収（雑プラスチックはこちらに指定）。
- ・ 不燃ごみ：集積所で回収（袋を使わず集積所のボックスを使用）。
- ・ 粗大ごみ：（集積所ボックスに入らないもの）個別回収か業者委託。

A地域との大きな違いは、袋を使うのは、燃やせるごみと容器包装プラスチックのみであり、その他は集積所（指定日に開催）におけるボックス（プラスチック製コンテナ）回収であることである。また、その他のプラスチックが燃えるごみに指定されていること、資源物に関しては、同じカテゴリーでの分別（色や種類）がより詳細であり、蓋や栓を除くこと（蓋や栓は不燃ごみとなる）までもが指定されていることである。また、何よりも全般的に、視覚的効果を駆使し、直感的にも把握できるようになっていることが大きな違いであった。

実際に不燃ごみの展開試験を実施した結果、収集物の内容は驚くほど「絵」に示されたものと一致しており、A地域よりもスプレー缶、容器の蓋等、植木鉢、かさ、乾電池、缶などが明らかに目についた。逆に、A地域では資源ごみとしていたプラスチック製容器包装以外のプラスチック（おもちゃ、ハンガー、洗面器など）の製品はB地域では燃やせるごみとしているためか、不燃ごみ側には少なかった。

先に示したA地域の一つであるa市の記載では、b市（B地域の中心的市）であったような「スプレー缶、容器の蓋等、植木鉢、かさ、乾電池、缶」などといった具体的な記載はしていないため、特にこれらが目につくことはなく、逆に、資源物としてのビンなどの収集の記載には「※ラベルや食料調味料などのプラスチック製キャップは無理に取る必要はありません」とあったため、資源物として一緒に排出されてきたと思われる。

このようなビジュアル的効果の他に、集積所での回収方法の特異性の関与もうかがえた。すなわち、指定の袋に入れて廃棄するA地域では、他人のものを参照することはできないが、B地域の集団回収には、廃棄時に他の人の廃棄品を見ることが出来る。そのため、その都度、連想や修正が働くことで、集団効果で収集物の内容は徐々に揃っていくと考えられる。

危険有害物の比較では、スプレー缶および乾電池において顕著な違いがあった。b市では、缶は飲料缶の収集にとどまっているようであるが、A地域においては、缶全体はA地域の施設へ直接持ち込む資源ごみである。資源ごみは、直接持ち込みの他、固定のストックヤード2箇所（日曜のみ）で、缶・ペットボトル・びん3種類・アルカリ乾電池・マンガン乾電池を受け入れている。

る。ここで乾電池を受けていることで、不燃ごみ中にB地域ほどの量は認められなかったのではないかと考えられる。

このように、A地域とB地域での不燃ごみの印象の違いは、明らかに、ごみの出し方のルールや周知方法の違いに起因していると考えられる。住民は自治体の指示を忠実に守っている。同時に、言い方を変えると、このような分別のやり方をうまく指示・誘導することができれば、対象物の効率の高い収集、危険物のより適正な処理も可能である。

(オ) 宮城版循環モデルへの示唆

県南部のA地域と県北部のB地域の2つのエリアにおいて不燃ごみの展開試験を実施し多くの知見が得られた。

- ・ 不燃ごみの中で使用済み小型家電は、環境省が示している小型家電リサイクル法対象物の全国レベルでの排出量の比較においても、遜色のない量がA地域において記録され、本県においても同等のレベルの資源ポテンシャルを期待することができると考えられた。暫定的には県全体でおよそ1万tと計算される。
- ・ 一方で、炊飯器などの判別しやすい機器は各処理箇所ではピックアップして売却していた。すなわち、その先では少なくとも鉄と一部の非鉄金属は回収されていると思われた。県内に認定事業者が存在しないこともあり、ダウンストリームまでをうまくカウントできていないことから、全国での本県のランキングは低いが、今後適切なカウントを行なうことができれば、改善が可能であると考えられる。
- ・ 仮にカウント方法を考えるのであれば、一般廃棄物として一度集めたものをピックアップして再度カウントシステムにかけることは二度手間となる。理想を言えば、昨年の報告のような固定的なりサイクルセンターなどを設置してみるチャンスでもあると考えられる。
- ・ 不燃ごみ中の金属やプラスチックも一定の資源としてカウントできるものが存在することがわかった。一部金属は不燃ごみから回収している自治体も多いが、いわゆるピックアップしやすいものに限定されている。また、不燃ごみにまわったプラスチックのほとんどは種別も混在し回収されていないと予想された。
- ・ 今後、プラスチックの種類や分別の情報をうまく整備・収集し、循環側にまわすことができれば、国の政策とも合致し有効であろう。このためには、今後、その他プラスチックを回収している先進自治体などの調査を実施してみることも有効と思われる。
- ・ 自治体ごとの処理炉や破砕機・選別機、最終処分のシステム・個別事情に排出のやり方や種別等は左右されてきたが、資源の循環を目指す部分では統一し、扱い量を増やしていくことが、昨年度提案した循環モデルの骨子の一つである。本年度はその他に、住民へのごみ排出ルールに係る表示そのものが収集物を大きく左右することが明らかになった。時間はかかるが、この部分について県レベルで統一して行くためのアクション（誘導・要請・助言等）を起こすのが優先事項である。
- ・ 両方のエリアにおいて、不燃ごみ中の電池を含む危険物や有害物の排出が非常に顕著であった。このようなカテゴリーで集めるシステムが存在しないため、不燃ごみ以外に可燃物へ電池や小型のおもちゃ、家電、PVCなどの混入がかなりあるように考えられる。排出時点での分別行動でPVCなどの混入を防ぐことができれば、ごみ焼却施設における焼却灰の質が変わり、メンテナンス改善や薬剤削減ができる可能性はある。

- ・ さらに、安全面も考慮すべきである。既に EU では LiB（リチウムイオンバッテリー）のごみ混入が原因とみられる火災が多く発生しており、近年日本でも同様の事案が発生している。これは、従業者や周辺住民に対する安全の問題は言うまでもなく、リサイクル等の処理工場において火災が発生した場合、火災保険料の上昇にも繋がり工場でのリサイクルコスト等が上昇することになるため、県として早急に情報提供するのが望ましいと考える。

3.2.2 イベント回収

本年度本事業においては、使用済み小型家電排出実態の把握のために、実証試験を4回実施した（ピックアップ回収2回、イベント回収2回）。

県南地域（a地域）と県北地域（b地域）の2箇所でのイベント回収では、折り込みチラシを各戸配付し、県指定11品目を対象としてイベント回収の実施の周知を行った。

結果として、県指定11品目の割合は8割以上（a地域（84.5%）b地域（88.1%））、11品目以外（a地域（12.0%）b地域（11.8%））であり、処理困難物の割合は（a地域（3.5%）b地域（0.2%））にとどまった（図3-8, 図3-9）。なお、処理困難物は、乾電池・充電式二次電池である。

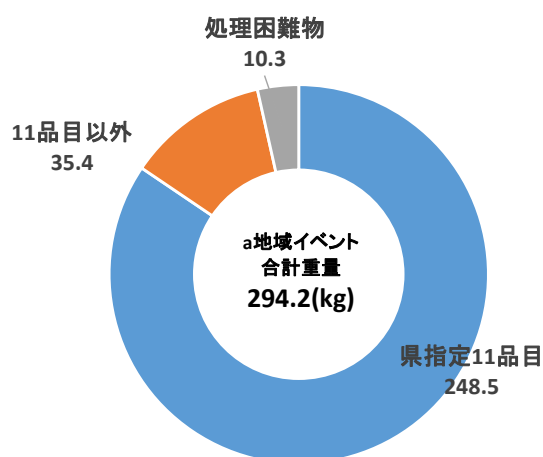


図 3-8 a 地域イベント回収の結果（重量）

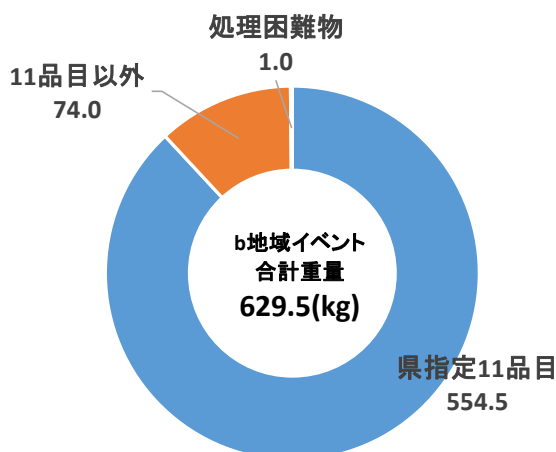
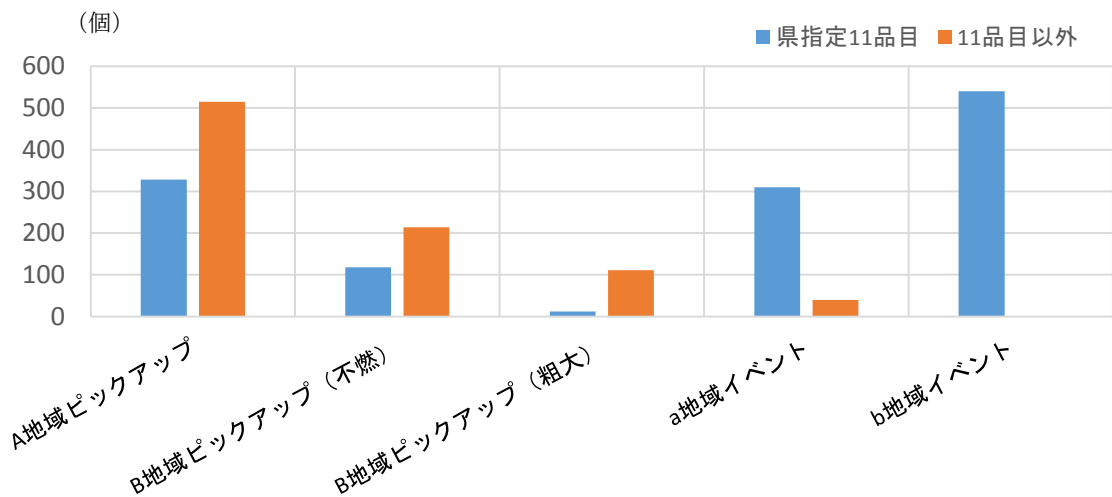


図 3-9 b 地域イベント回収の結果（重量）

県指定 11 品目には携帯電話やデジタルカメラ等の重量の小さい品目も含まれ、合計重量は大きくないため、排出個数の比較も行う必要がある。その結果は、図 3-10 の通り、ピックアップ回収では県指定の 11 品目よりもそれ以外の品目の個数の方がいずれも多かったが、イベント回収では県指定 11 品目の個数の方が多かった。b 地域のイベントでは 11 品目以外の個数は不明だが、図 3-9 の重量の割合から考えても 11 品目以外の個数は多くないと考えられる。イベント回収は県指定 11 品目を対象としたということもあるが、逆に言えば、目的とした品目を回収することを概ね達成できた結果と言える。



※b 地域イベントでは 11 品目以外の個数は計測せず (74kg)。

図 3-10 実証試験回収の結果 (個数)

図 3-11、図 3-12 に県指定 11 品目の排出個数を記す。a 地域、b 地域いずれにおいても、携帯電話、デジタルカメラ、ノートパソコンの排出個数が多いことがわかる。

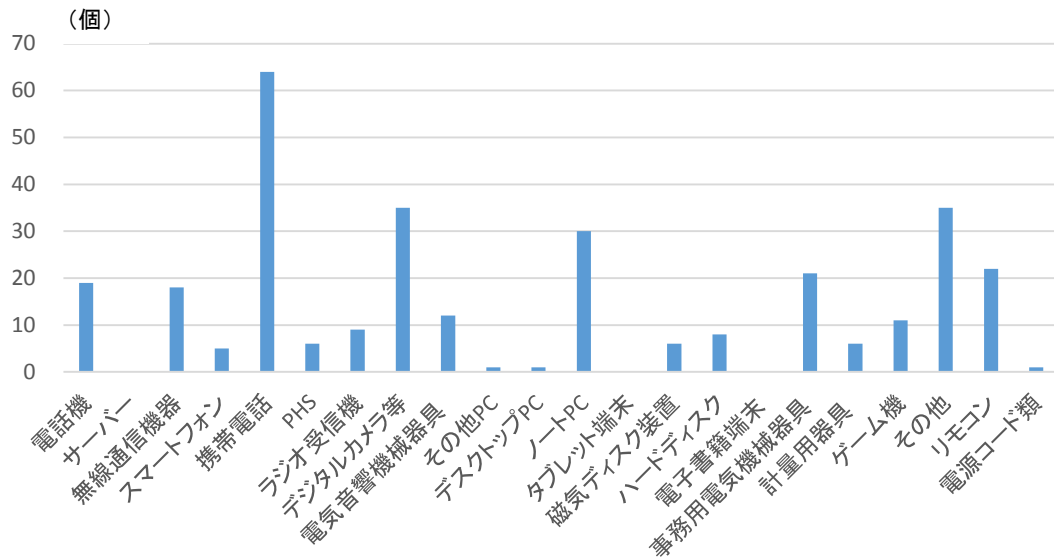


図 3-11 a 地域 (個数)

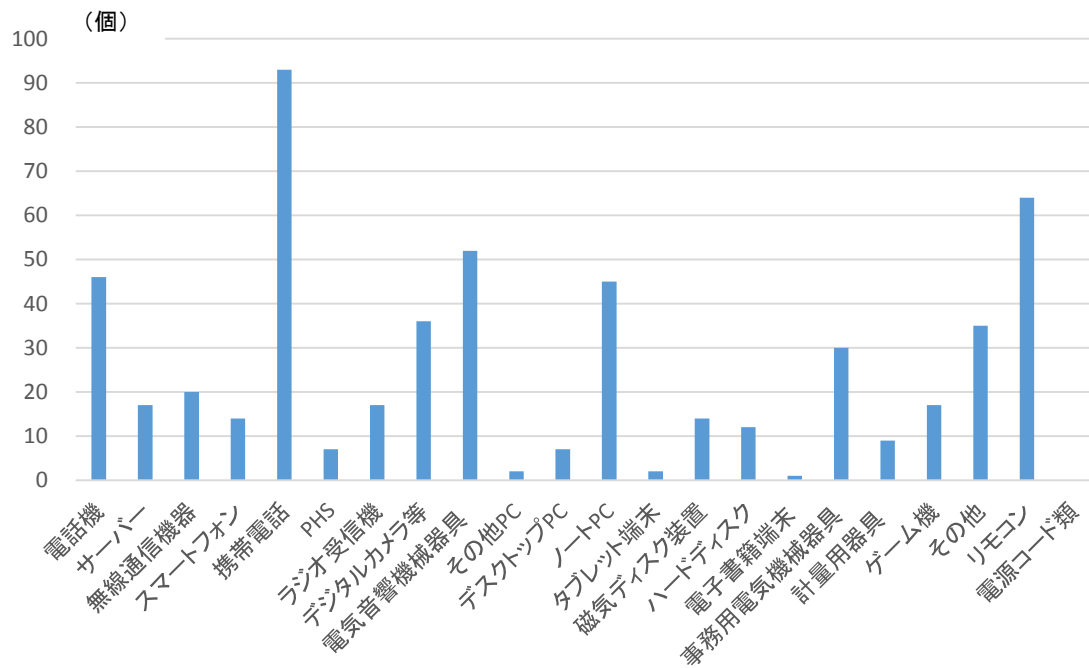


図 3-12 b 地域 (個数)

以上の通りイベント回収では県指定 11 品目の回収が多かった。これは回収品目の図を掲載した折込チラシ各戸配付により事前周知の効果が大きく現れたと考えられる。

また、地域の高校生が回収ボックスを製作し、自らイベント回収に参加したことの意義は環境教育・啓発の意味からも非常に大きいと考える。以下にイベント回収時の様子を示す写真を示す(図 3-13, 図 3-14)。高校生製作の回収ボックスには、電池回収口を設けた。乾電池・充電式二次電池回収量は、図 3-8・図 3-9 に示した通り、10 月 21 日の a 地域におけるイベント回収では

10.3kg, 11月10日のb地域では1.0kgであった。この重量の差は、a地域では、外すことができる電池は持ち込み者に外してもらい回収ボックスの電池回収口に投入してもらったのに対し、b地域では、二次電池の回収後の適切な処理を考慮した仮想認定事業者の助言を踏まえ、二次電池は本体回収とし、取り外しによる回収はしなかったことの影響によるものと考えられる。



図 3-13 回収ボックスと回収品 (a 地域)



図 3-14 回収ボックスと回収品 (b 地域)

3.2.3 イベント回収アンケート結果および考察

使用済み小型家電のイベント回収を行った a 地域および b 地域では、来場者に小型家電リサイクルに関するアンケート記入を依頼し、回答を得た。以下に結果の概要を記す。

なお、本県ブースの来場者数は、a 地域約 650 人、b 地域約 560 人であった。アンケート回答者数は、a 地域は 207 名、b 地域では 196 名であった。小型家電持ち込み人数については b 地域のみ設問を設け、48 名という結果であった。

Q 性別を教えてください。

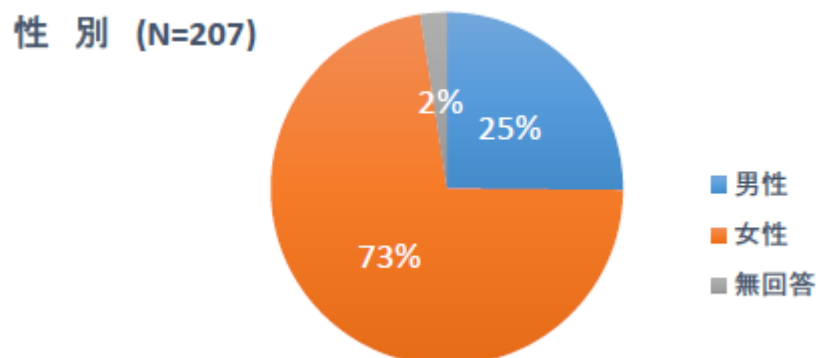


図 3-15 性別 (a 地域)

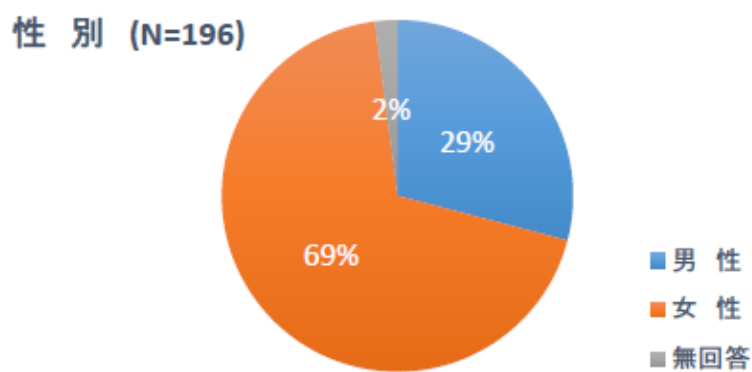


図 3-16 性別 (b 地域)

アンケート回答者は、両地域とも約7割が女性であった。

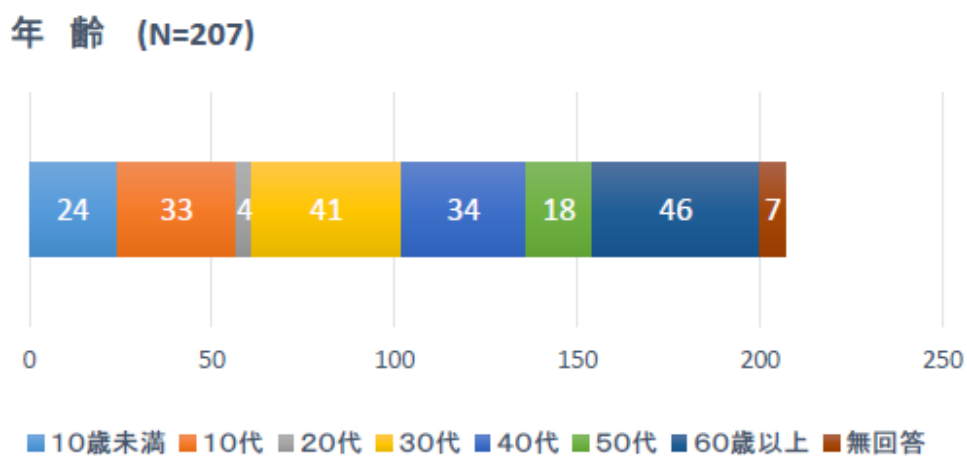


図 3-17 年齢 (a 地域)

年 齢 (N=196)

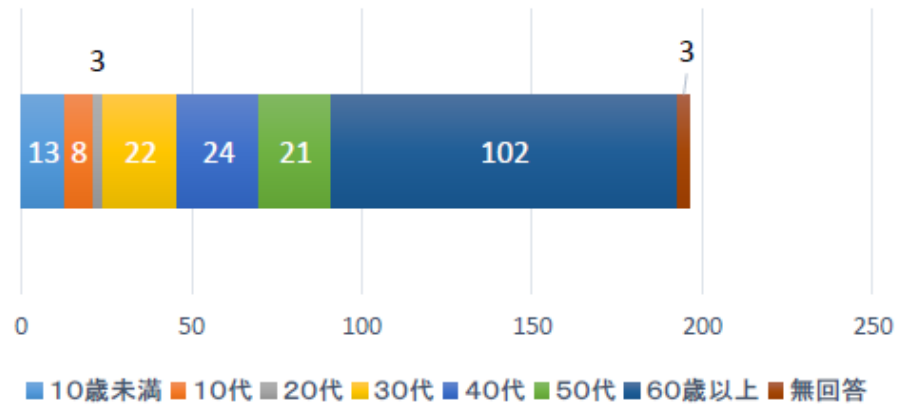


図 3-18 年齢 (b 地域)

年齢構成は、a 地域はどの年代からも概ね均等に回答があったが、b 地域は 60 代以上の年齢からの回答が半数（52%）を占めた。

Q 小型家電リサイクル法を知っていますか。

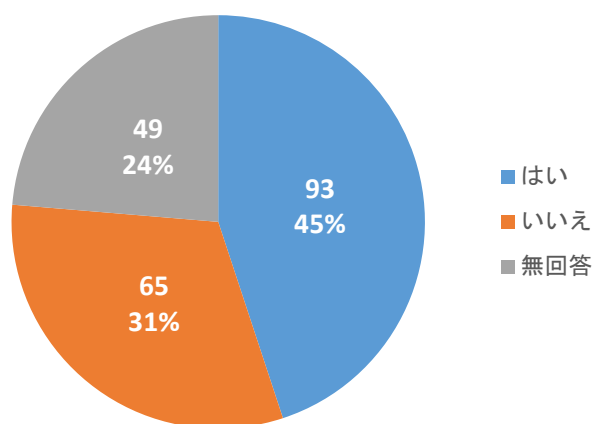


図 3-19 小型家電リサイクル法認知度 (a 地域)

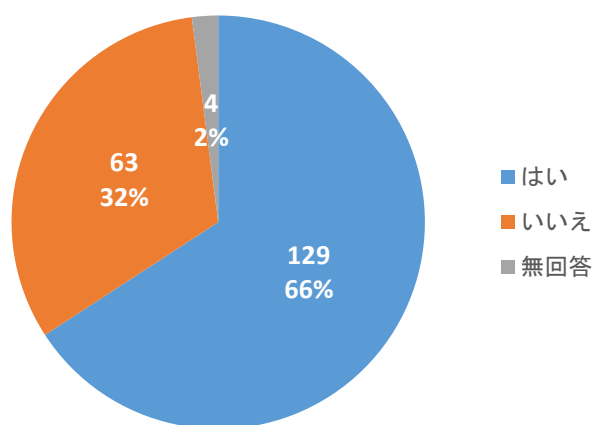


図 3-20 小型家電リサイクル法認知度 (b 地域)

小型家電リサイクル法の認知度は、a 地域では 45%、b 地域では 66%であった。小型家電リサイクル法を「知らない」という回答は両地域とも約 30%あった。

Q 小型家電は、市町村独自の回収を行っていることを知っていますか。

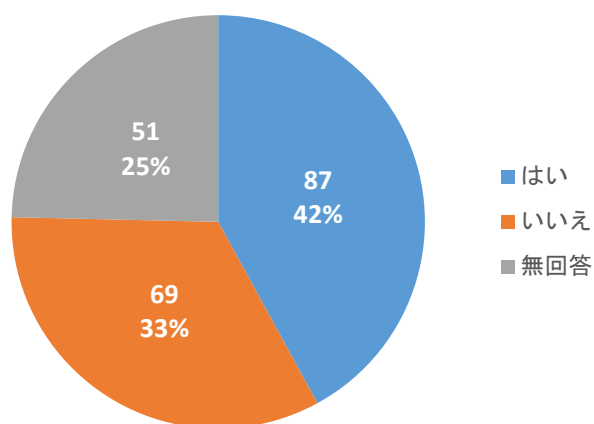


図 3-21 市町村独自回収の認知度 (a 地域)

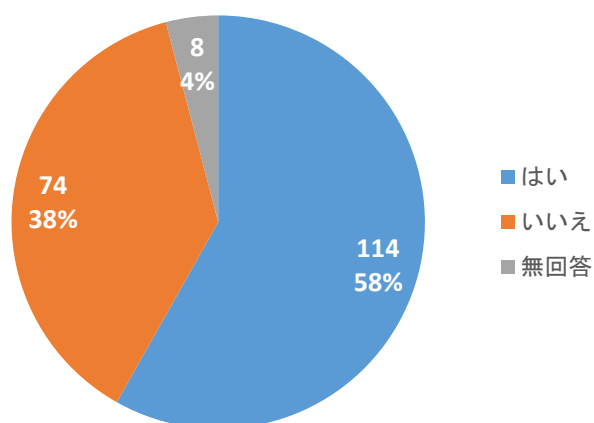


図 3-22 市町村独自回収の認知度 (b 地域)

使用済み小型家電を市町村が独自に回収していることに対する認知度は、a 地域で 42%、b 地域では 58%であった。小型家電リサイクル法同様、「知らない」との回答も 3 割程度あった。

Q 不要となった小型家電は、どのような方法で捨てていますか。 ※複数回答可

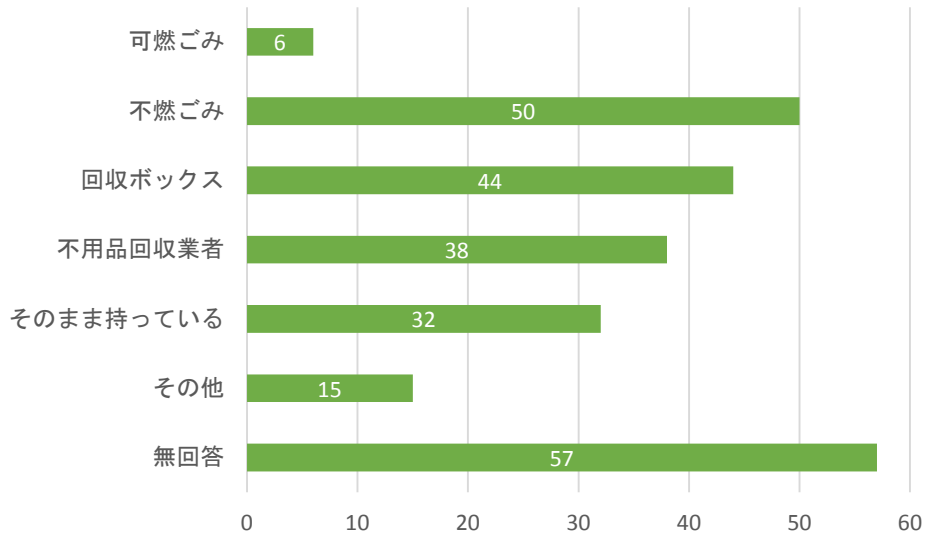


図 3-23 使用済小型家電の排出について (a 地域)

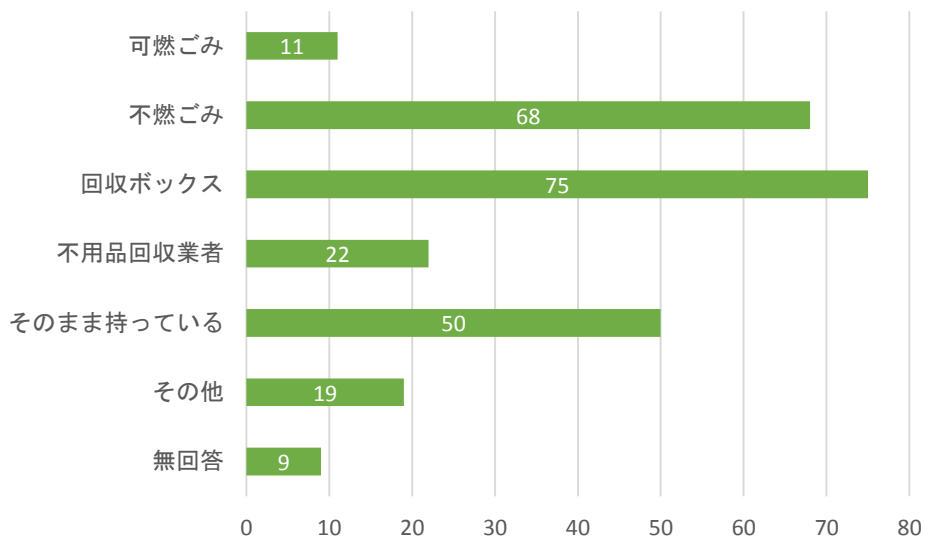


図 3-24 使用済小型家電の排出について (b 地域)

不要となった小型家電をどのような方法で捨てているか質問したところ、両地域ともに、「不燃ごみ」「回収ボックス」の回答が目立った。退蔵を示す「そのまま持っている」との回答も両地域とも少なからずあった。a 地域では 38 名が「不用品回収業者」への引き渡しているとの回答があった。

Q 回収ボックスを使った小型家電の回収についてどう思いますか。 ※複数回答可

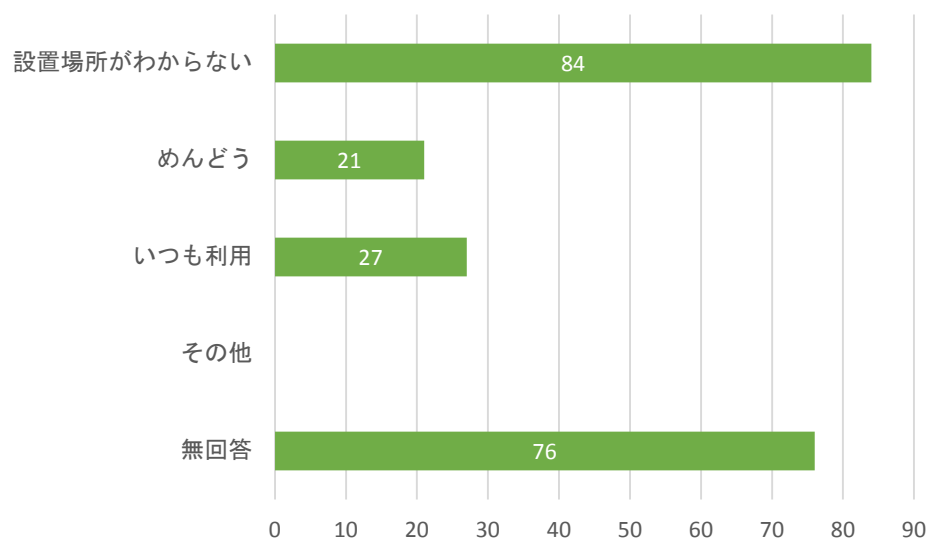


図 3-25 回収ボックスについて (a 地域)

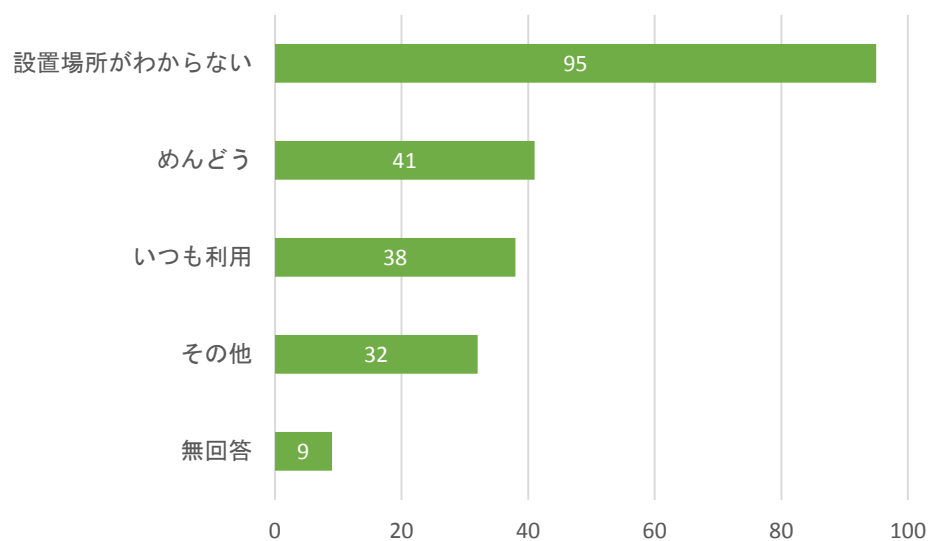


図 3-26 回収ボックスについて (b 地域)

回収ボックスに関する質問に対しては、両地域ともに「設置場所がわからない」との回答が最も多かった。「面倒である」との回答もあったが、同数程度「いつも利用している」との回答があった。

Q 本日のイベントは、何でお知りになりましたか。※複数回答可

① 「やってみよう！みやぎの3R」のチラシ	29
② イベントのチラシ・ポスター	91
③ 県政だより	7
④ 宮城県循環型社会推進課ホームページ	3
⑤ クチコミ	8
⑥ イベントに来て立ち寄った	41
⑦ その他	2
無回答	45
計	226

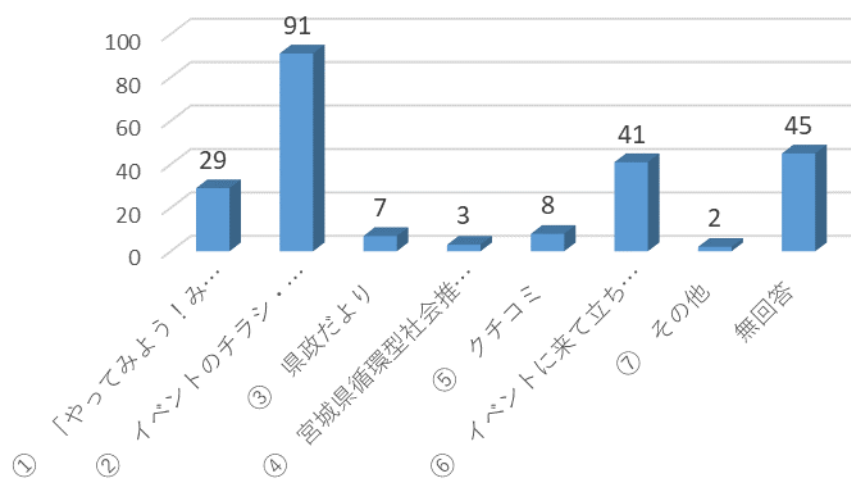


図 3-27 イベントを知ったきっかけ (a 地域)

① イベントのチラシ・ポスター	124
② 新聞折込チラシ	40
③ 宮城県循環型社会推進課ホームページ	1
④ クチコミ	20
⑤ イベントに来て立ち寄った	26
⑥ その他	7
計	218

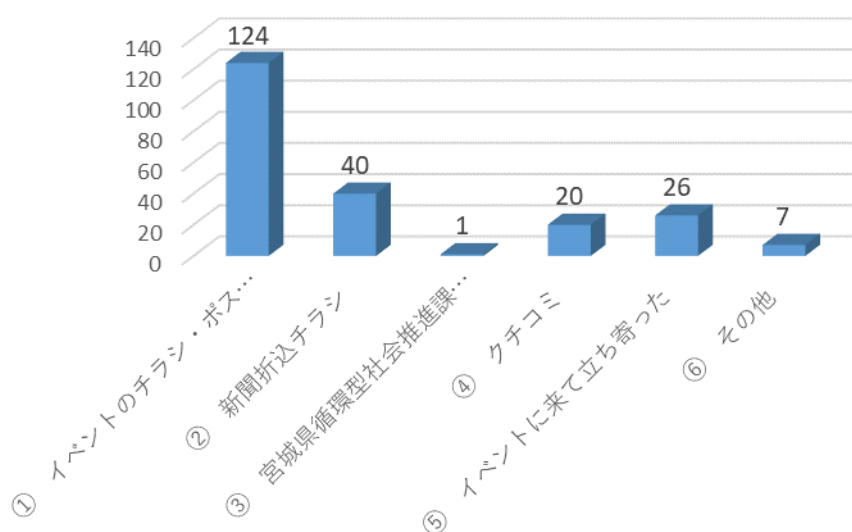


図 3-28 イベントを知ったきっかけ (b 地域)

イベントを知ったきっかけについて質問したところ、両地域ともに「チラシ・ポスター」が最も多かった。また、関連する「やってみよう！みやぎの3R」のチラシや、新聞折込チラシの効果も大きいことがわかった。「ホームページを見て来場した」との回答は両地域ともに少なかった。「イベントに来て本県ブースに立ち寄った」との回答も両地域ともに少なからずあり、実際にまず会場に足を運んで、小型家電回収をやっていることを知って一度自宅に戻り使用済み小型家電を持参した来場者も何名か見受けられた。

3.2.4 小型家電リサイクルシステム実証試験の処理結果および再資源化の可能性評価

本節では本年度実施した実証事業で回収された小型家電の資源性評価についてまとめる。本年度事業では、表 3-6 の通り政令指定となっている 28 品目とし、うち赤字の 11 品目を県指定品とした。これらの小型家電を回収後、解体・選別・売却・処理等された結果についてまとめる。

表 3-6 実証試験対象となる使用済み小型家電品目（再掲）

政令指定品目（28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（家電リサイクル法対象品除く）
4	デジタルカメラ、ビデオカメラ、DVD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イヤー、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ー
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	ヘルスメーターその他の計量用または測定用の電気機械器具
15	電動吸入器、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、電気カミソリ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	電気芝刈り機、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

※ 赤字は県指定 11 品目

表 3-7 の通り、2 回のピックアップ回収および 2 回のイベント回収の小型家電回収量は、県指定 11 品目が 1,275kg、それ以外の品目が 1,981 kg、合計 3,256 kg となった。4 回全体として、有価物と廃棄物（逆有償）の割合は、有価物（県指定 93%、それ以外 64%）、廃棄物（県指定 7%、それ以外 36%）であった。県指定 11 品目では高い有価取引率となった。

以下に手解体作業の様子、破碎機への搬送の様子を示す(図3-30)。また、県指定11品目の小型家電処理後物の組成を以下表3-8および図3-31に示す。回収できた有価物としては、ミックスプラスチック・鉄・基板類が多く、廃棄物は液晶パネル・木くずが多い結果となった。

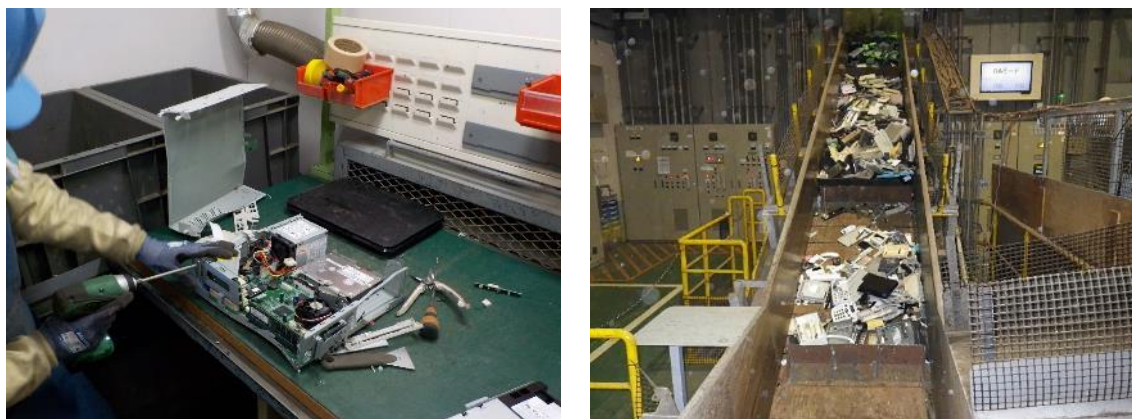


図3-30 手解体および破碎機への搬送の様子(県指定11品目)

表3-8 県指定11品目の小型家電処理後物の組成

有価物		有価物発生量		廃棄物		廃棄物発生量	
区分	名称	重量(kg)	割合(%)	区分	名称	重量(kg)	割合(%)
自社破碎物	ミックスプラスチック	297	23.3%	自社破碎物	破碎ロス(可燃物)等	22	1.7%
	鉄	199	15.6%		(計量誤差及び破碎処理工程で生じ飛散する微細小片や粉塵で、集塵装置のフィルタ等で捕集されるもの)		
	アルミ	23	1.8%				
	銅破砕物・基板片	2	0.1%				
直接資源	鉄	12	1.0%	可燃物	木くず	17	1.3%
	アルミニウム	4	0.3%		ゴム・フィルム類	10	0.8%
	その他	3	0.2%		テープ・ディスク	2	0.2%
要二次加工品	基板類	163	12.8%	不燃物	ダスト類	1	0.1%
	配線	146	11.4%		液晶パネル	22	1.7%
	ACアダプター	76	6.0%		未処理返却品	8	0.6%
	ディスクドライブ	70	5.5%		一次電池	7	0.6%
	スピーカー	41	3.2%		ガラスくず	3	0.2%
	その他	147	11.5%		その他	0	0.0%
	有価物合計	1,182	93%		廃棄物合計	93	7%

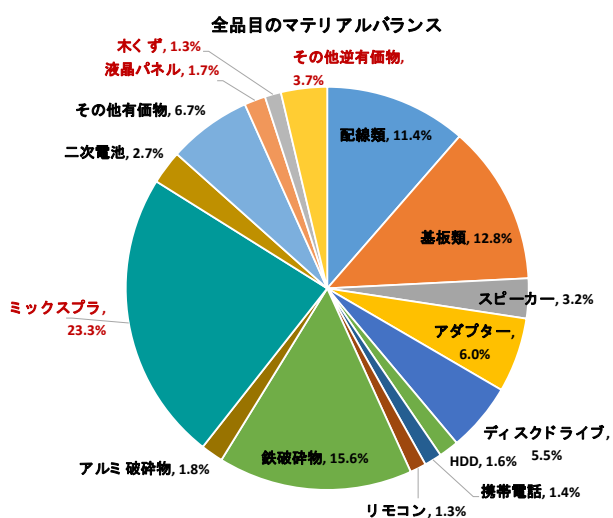


図3-31 マテリアルバランス

小型家電の素材価値の推計結果

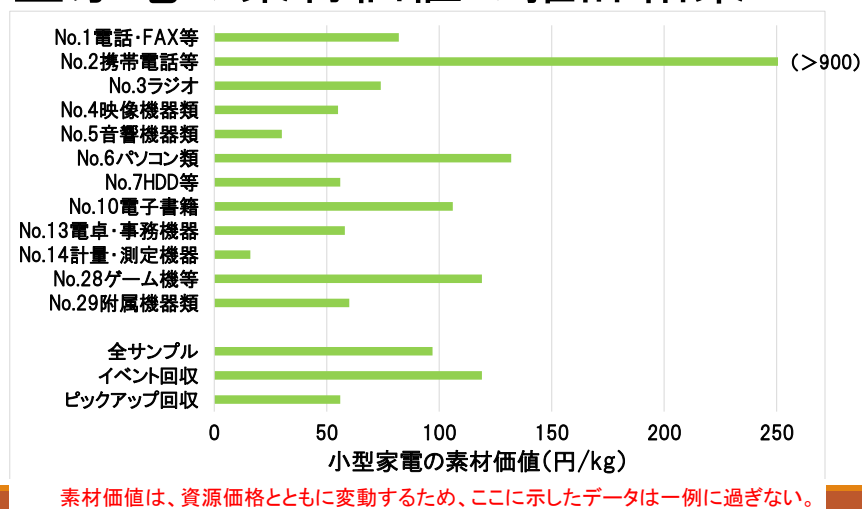


図 3-32 小型家電の素材価値の推計

図 3-32 に小型家電の素材価値の推計を記す。小型家電の素材価値は基板の含有量と品位に影響を受けることがわかった。特にイベント回収で多く集まった分類 No. 2（携帯電話・PHS・スマートフォン・無線通信機器類）と、分類 No. 6（パソコン類）は素材価値が高くなった。一方、ピックアップ回収で多く集まった分類 No. 5（音響機器類）は素材価値が低かった。素材価値に対する課題としては、資源価格の変動に伴う素材価値の変化、ミックスプラスチックの有価性の維持についての課題が挙げられた。

素材価値と生産性に基づく人件費との比較からは、人件費が素材価値を下回るものは分類 No. 2 と分類 No. 6 の 2 種類のみであり、残りの品目については人件費が素材価値を上回った。全品目合計（平均）でも人件費が素材価値を上回る試算結果となり、リサイクル処理業者としての採算性にとって課題となることが判明した。

人件費低減のための方策としては、今回はロットごとに品目別に手分解処理を行っていたので、ランダムでかつ連続的に手分解処理を行うことで効率がどこまで上がるかを見極めることができる。また、手分解処理の一部を機械処理に置き換えることで更なる効率化が期待されるため、機械処理の具体的な方法を検証した上で大量処理にも適した方法と経済性を見出すことが期待される。

次年度は本年度の成果を踏まえた中で、経済性の課題は引き続き追求する必要があるが、最終的にはリサイクル処理業者の償却費や一般管理費等を含めた採算性が小型家電リサイクルを進める上でのポイントとなる。採算性が想定よりも悪い場合に処理費用負担の在り方や指定品目の絞り込みなども検討の俎上に乗せる必要があるものと考えられる。

ミックスプラスチックについては、前述の素材価値の低さに加えて、中国の固体廃棄物輸入禁止の影響が顕在化している。更には、難燃剤の DBDE（デカブロモジフェニルエーテル）の使用禁止の規制が早期に実施される可能性が高くなっているため、再生利用が不可能となり全量廃棄

に回る可能性が高まっている。これらは処理コストに直結する課題となるとともに、小型家電のみならずリサイクル全般の課題として挙げておく必要がある。

3.2.4.2 県指定 11 品目以外

次に県指定 11 品目以外の小型家電処理のフロー、処理後物のマテリアルバランス、取引結果、および処理に伴って示唆された課題を記す。

図 3-33 に回収品目の処理フローを示す。手解体・選別により、表 3-9 の通り 4 つのカテゴリー（再資源化済品、要二次加工品、熱回収可能物、処理困難物）に分類した。

回収品目の想定処理フロー

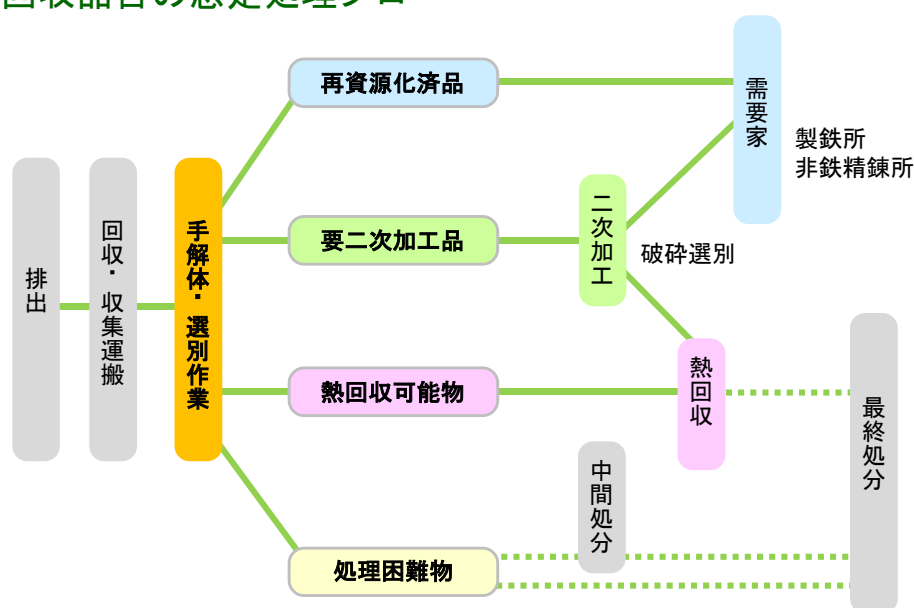


図 3-33 県指定 11 品目以外の小型家電処理フロー

表 3-9 手解体・選別による分類一覧

有価物		廃棄物	
①再資源化済品	②要二次加工品	③熱回収可能物	④処理困難物
鉄	基板類	廃プラスチック	ガラスくず
アルミ	モーター	木くず	コンクリート類
ステンレス	電線	紙類	グラスウール
銅	シュレッダー材	布類	液晶
真鍮	安定器		乾電池（ボタン電池含む）
			充電器類
			蛍光管・ランプ
			その他混合

以下に 4 つの分類の判断基準を示す。

① 再資源化済品

有価物のうち現品のまま需要家へ納品，原材料として直接使用可能なもの。（鉄・アルミ・ステンレス・銅・真鍮等）

② 要二次加工品

有価物のうち二次加工業者での破碎選別・精錬等を経て再資源化され，需要家へ納品されるもの。（基板類・モーター・電線・シュレッダー材等）

③ 熱回収可能物

廃棄物のうち，熱回収処理が可能と思われるもの。
（廃プラスチック・木くず・紙類・布類）

④ 処理困難物

廃棄物のうち，③を除いたもの。

有価物①②については，県南分（A地域，a地域）と県北分（B地域，b地域）のいずれにおいても60%以上を回収することができた。ただし，②の要二次加工品については，他事業者へ運搬し破碎等の二次加工を行う必要があり，最終的な再資源化（原料利用可能な状態）までには，期間と工程を要すること，二次加工工程で廃棄物が生じることを考慮する必要がある。

廃棄物類の③④については，全体の殆どを廃プラスチックが占めている。本実証試験においては，廃プラスチックの再資源化へのアプローチはできなかったものの，仮に③で熱回収可能物としたものを全量サーマルリサイクルすると想定した場合，有価物①②と併せ，再資源化率は90%を超える可能性があることが確認された。

また，④の処理困難物については，蛍光管・乾電池（ボタン電池）等，処理に注意を要するものが含有していた。

以下に手解体・選別作業の様子を示す（図 3-34）。



図 3-34 手解体・選別作業の様子（県指定 11 品目以外）

以下に回収処理後物の組成を示す。表 3-10，図 3-35 の通り，回収できた有価物は，鉄・モーター類が多く，廃棄物は廃プラ・ガラスくずが多い結果となった。廃プラは破碎処理後，ミックスプラスチックとして有価売却ができるか検討する必要がある。

表 3-10 県指定 11 品目以外の小型家電処理後物の組成

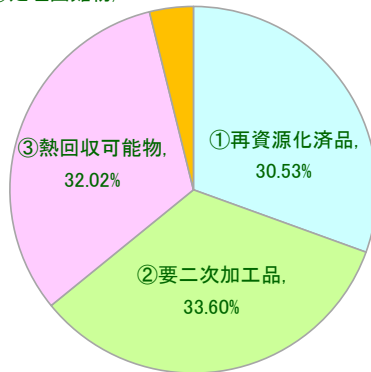
有価物		有価物発生量		廃棄物		廃棄物発生量	
区分	名称	重量 (kg)	割合 (%)	区分	名称	重量 (kg)	割合 (%)
直接資源 化学品	鉄	496	26.5%	可燃物	廃プラスチック類	594	31.7%
	アルミ	65	3.5%		木くず	2	0.1%
	ステンレス	6	0.3%		紙くず	2	0.1%
	銅	3	0.2%		繊維くず	2	0.1%
	真鍮	1	0.1%		ガラスくず	37	2.0%
要二次加工 品	モーター	251	13.4%	不燃物	充電器類	7	0.4%
	シュレッダー材	215	11.5%		コンクリートくず	5	0.3%
	電線	78	4.2%		電池	3	0.1%
	安定器	44	2.4%		グラスウール	1	0.1%
	基板類	41	2.2%		その他	18	1.0%
有価物合計		1,201	64%	廃棄物合計		671	36%

※「廃棄物」欄の「その他」には、「解体加工時等ロス」が含まれる。

【 両地区合算分の内容割合 】

県南・県北 合算分
(1 8 7 2 . 1 k g)

④処理困難物, 3.86%



有価物割合 (①+②)
→ 64.13%

熱回収含む (①②③)
→ 96.14%

※④処理困難物には、解体加工時の欠片の飛散などのロス分等を含む。

図 3-35 県指定 11 品目以外の小型家電処理後物の組成

県指定 11 品目以外の小型家電の処理結果は、県南分 (A 地域, a 地域) と県北分 (B 地域, b 地域) のいずれにおいても有価物の割合が 60% を超えており、両地区合算分の有価物の割合は 64.13% であった。また、仮に熱回収可能物を全量サーマルリサイクルした場合、有価物と合わせると、再資源化率は 90% を超える可能性がある。廃棄物中の熱回収可能物のうち、廃プラスチックが 90% 程度を占めている。

本事業実施により考えられるメリットおよび課題は以下の通りである。

【メリット】

- ・ 減量化による破碎工程の負荷低減
- ・ 排出～再資源化までの工程の短縮

- ・ 地域雇用の創出（高齢者・障がい者雇用を含む）

本実証試験では、重量を計測しながらの解体・選別作業であったため、作業効率を検証するには至らなかったものの、家電品目ごとの特徴を掴めるようになると、解体・選別時間が短縮できた。作業環境の整備と併せ、手順の精査を行えばさらに容易に作業ができるものと思われる。また、地域内での障がい者施設では、電線等の選別作業等の就労ニーズがあると思われるため、環境整備次第では、新たな雇用の創出、地域ぐるみのリサイクル活動への発展可能性がある。

【課題】

- ・ 人材確保・人件費
仮に解体・選別作業を事業化すると、典型的な労働集約型の業務となるため、ある程度の人員の確保が必要となる。
- ・ 安全作業環境
電動工具以外でも、ハンマー・丸ノコなどを用いるほか、工程上作業スペースに品物が散乱することから、手の怪我や転倒などの災害の可能性があるため、より安全な環境づくりが必要となる。
- ・ 不要物、廃棄物の処理
廃棄物の構成のうちほとんどが廃プラスチックであるが、熱回収等、適切な再資源化へのルート構築が必要と考えられる。本実証試験においては回収後の廃プラスチックは破碎等の減容処理は行っていない。また、他の品目においても、乾電池等の処理等の課題が残っている。

また、手作業による解体・選別作業が、再生資源回収率の向上や、排出から資源活用までのライフサイクルの短縮に寄与できているかどうかについては、機械による破碎および選別工程との比較検証が必要となる。

大きな課題として、採算性の確保が挙げられる。本事業でも、データを活用し試算を作成したが、昨今高騰する人件費・廃棄物処理費を回収できる選別加工単価を試算した際、想定より高額な単価となった。しかし、廃棄物処理方法・処分先の検討や、選別加工環境・方法の見直しを行うなど、改善の余地がある。

なお、機械による破碎および選別を導入した場合でも、前工程での人手による選別作業は必要不可欠であるため、再資源化効率および生産性の効果が高く、かつ安定的に持続可能な小型家電リサイクルシステムを構築する上では、機械設備への投資だけでなく、人材育成・人材の活用を念頭に置いた事業計画の策定が必要である。

本実証試験においては、一般家庭廃棄物としての小型家電を対象に実施したが、事業所から排出される小型家電についても、中間処理業者への処理の問い合わせが多いため、今後も相当量が排出されると予想される。そのため、事業系の小型家電の回収スキームについても検討の必要があると考えられる。

また、小型家電に関わらず、中国向け雑品の輸出停止に伴い、「金属付き廃プラスチック」「廃プラスチック付き金属」といった形態の品目での地域内流通量が増大すると予想されるが、すで

にシュレッダー業者からの破碎後廃棄物（シュレッダーダスト）への出荷制限が行われているなど、事業者においては後工程の委託先に苦慮している現状となっている。本実証試験では、小型家電の破碎機の導入の提案もあったが、破碎後のシュレッダーダストや廃プラスチック等について、県内で処理可能な再資源化先の確保が大きな課題と考えられる。

3.3 県内金属等賦存量推計および考察

3.3.1 県内の事業系における資源賦存量推計のための基礎的考察

3.3.1.1 目的

県内自治体における小型家電品の回収促進は、県として最優先にすべき重要なテーマである。小型家電リサイクル法は主に家庭からの廃棄物（一般廃棄物）を対象としているが、これらの製品は産業界でも使用されているものである。「宮城版循環モデル」を構築するためには、一般廃棄物と産業廃棄物の両方を対象として県内の小型家電品等の資源賦存量を把握することが重要であり、その値を元に最適な収集拠点の位置や、より効率的な収集ルートを検討をすることが必要である。さらにGIS（地理情報システム）を用いて空間配置を行い視覚化することで、最適な収集拠点の位置や収集ルートが明示できる。また、収集拠点範囲内の資源賦存量を算出することで、それらを参考に収集量目標値を設定できる。

一般廃棄物の小型家電量は、既に小型家電リサイクル法があることから、種々のデータが存在し、全国における排出量が毎年公開されている。これらは全国データであり、都市部とそれ以外、居住者属性の構成等により異なる可能性もあるが、前述（3.2 小型家電回収実証試験結果のまとめと考察）で示したように、本年度2カ所で行った不燃ごみの展開試験結果では、公開されている全国推定データと遜色ない値が得られたため、本報告書では全国推定データである一人あたり4.55kg/Capitaを使用するものとした。

これに対して、産業で使用される小型家電相当品に関しては、適切なデータが存在しない。通常、事業所で排出される電化製品は、他の廃棄物と一緒に各産業廃棄物処理業者へ産業廃棄物として排出されるため、把握は困難である。また産業には、一次産業、二次産業、三次産業等の分類があり、それぞれの産業で使用する機器の種類や重量が異なり、また従業者数に対する保有量も異なることが予想された。

GIS上に空間配置するために利用する産業に関するデータとしては、経済センサスがある。これには、業種毎に19に分類された「産業大分類」、事業所の「位置情報」および「従業者数」が含まれる。これらのデータを用いて、業種毎に従業者数一人あたりの排出量を算出することにより、一般廃棄物の小型家電量推計と同等の空間配置が可能となる。

そこでまず、産業で使用される事業系小型家電賦存量を推計するために、以下のデータを用いることを検討した。

- ・ UNU（国連大学）などで示される一般データ、その他調査結果
- ・ 企業などが公開している情報（CSR報告書）
- ・ 実際のヒアリングによるデータ

UNU では、毎年 E-Waste Monitor を調査データとして公表している。これは各国における全ての E-Waste（電気電子機器廃棄物）の排出予想である。しかし、これは日本のような、家電リサイクル法対象品、小型家電物対象品、工場スクラップの区別はされていないことから、単純に産業界の小型家電対象品を計算することはできないことがわかった。

また、企業の公表しているデータについては、CSR 報告書などから廃棄物情報の収集を試みたが、これらも公表データとしては、排ガス・排水・廃棄物という側面のデータが多く、産業廃棄物の内訳が公表されていたものはほとんど無かった。またホールディングス制などで、産業分類の異なる企業の集合としてのデータが多いという側面もあった。

ヒアリングについては、本年行った県内の事業者の中で宿泊業などがあったため、ここからの情報を参考にした。

上記の通り、これらの方法で情報を得ることは困難であったが、県内一事業者から一部データを得ることができたため、それを利用し県内の事業系における資源賦存量を推計した。

I. 推算の方法

この検討では、2つの報告から値を推算した。「パターン1」は調査対象事業部門内の一つの業務種別系の廃棄物処理重量から一人当たりの廃棄物重量を算出し、「パターン2」は事業所の廃棄物処理費用から一人当たりの廃棄物処理重量を算出したものである。結果的に「パターン1」の13.9kgと「パターン2」の16.3kgにはそれほど大きな乖離はなかった。すなわち、両方法でも一人あたりの排出量に関して本事業所内では概ね妥当な推計が得られた。そのため、直接的なデータを得られない限り、後者の値を、本県の産業系の排出の推計に対して外挿するベースに使っていくこととした。

次に考えるべきものとして、この値は、不燃ごみ扱いの廃棄物を抽出したものであるため、小型家電相当品ではない。まずは、会計上のシステムから明確に分離できないためこれまでの比較検討には入れていた「ガラス・コンクリート・陶磁器くず」は明らかに小型家電品と関係ない。次に、OA機器と記載があるものはほとんど電子電気機器で明快であるが、金属くずには、机や椅子、ロッカーといったものが考えられるが、見た目判断であるので、金属系が多い電気機器は金属くずにカウントされる。

下記のとおり第一分野と第二分野、第三分野においては、不燃ごみとしてのカウントに、「ガラス・コンクリート・陶磁器くず」が入っていた。産業系での排出を考えると厨房等がない限り、ガラス・陶磁器の排出は一般廃棄物ほど多くないと考えた。しかし、カテゴリーは、家庭系ではほぼ排出がなく、排出された場合に大きなウェイトとなるコンクリートがら（いわゆる建設系）を含んでいるため、比較の問題で、除しておくことが妥当と考えた。

次に不燃ごみという括りで見えた場合は、机や椅子等の家具も不燃/粗大に含まれるものであり、一般廃棄物においても排出される。本年度2回行った一般廃棄物の展開試験結果を考慮し、不燃ごみの約半分程度が小型家電品であると考えることが妥当であろう。ただし、事業形態に差があり、事務作業が主な産業と現場作業が主な産業では保有機器の種類が異なって当然である。従って本報告書では、第一分野の小型家電相当品保有比率は高く（70%）、第二分野は低く（30%）、

第三分野は一般廃棄物相当（50％）として設定し、事業分野別の年間一人あたり小型家電相当排出量を算出した。第四分野は先述の通りである。

すなわち、小型家電相当品の賦存量の空間配置には業種に応じて以下の値を使うこととした。

第一分野（事務的部門）	：	2.45kg/従業者一人
第二分野（技術部門）	：	4.05kg/従業者一人
第三分野（病院など）	：	2.10kg/従業者一人
第四分野（宿泊業）	：	0.1kg/従業者一人

II. 産業別廃棄物重量推計

人口に依存せず、事業所から産業廃棄物として排出される小型家電相当品について、第一分野（事務系）、第二分野（技術系）、第三分野（病院など）、第四分野（宿泊業）に関して、前述のとおり参考値となる従業者一人あたりの廃棄量予想値を決定した。この値を経済センサスの産業大分類の業種に割り振ることを行った。これにより、「事業分類」による一人あたりの廃棄予想量を「従業者数」に乘じ、「位置データ」を利用してGISでプロットすることにより、県内の小型家電相当品の空間配置を行うことができる。

以下に、上記で算出した分野別の廃棄物量を産業大分類に適用した一覧を示す（表 3-11）。機械・機器の保有や廃棄に関する産業形態の特徴について、ヒアリングの結果なども考慮し、事務作業を主体とする第一分野のものと、現場における作業が伴うことにより多くの電気機器を使用すると考えられる第二分野を分類した。ヒアリング調査を実施できた業種などはその値を適用した。なお、この選定分類はあくまで現在の段階のものであり、今後、より確かな数値を見い出すことができれば修正することが必要である。

表 3-11 産業大分類への基準値の適用案

記号	産業大分類	選定分野	備考
A	農業，林業	第二分野	
B	漁業	第二分野	
C	鉱業，砕石業，砂利採取業	第二分野	
D	建設業	第二分野	
E	製造業	第二分野	
F	電気・ガス・熱供給・水道業	第二分野	インフラでの発生量を考慮した
G	情報通信業	第一分野	事務的作業が主とした
H	運輸業，郵便業	第二分野	インフラでの発生量を考慮した
I	卸売業，小売業	第二分野	インフラでの発生量を考慮した
J	金融業，保険業	第一分野	事務的作業が主とした
K	不動産業，物品賃貸業	第一分野	事務的作業が主とした
L	学術研究，専門・技術サービス業	第一分野	事務的作業が主とした
M	宿泊業，飲食サービス業	第四分野	ヒアリング調査により仮決定した
N	生活関連サービス業，娯楽業	第一分野	事務的作業が主とした
O	教育，学習支援業	第一分野	事務的作業が主とした
P	医療，福祉	第三分野	業務の特殊性を考慮した
Q	複合サービス事業	第一分野	事務的作業が主とした
R	サービス業（ほかに分類されないもの）	第一分野	事務的作業が主とした
S	公務（他に分類されないもの）	第一分野	事務的作業が主とした

※ 大分類は経済センサス基礎調査に基づくもの

最終的に、県内の産業系小型家電相当品の一年間における廃棄物重量は約 4,000 t と推計された。個人から発生し、一般廃棄物の不燃ごみに廃棄される小型家電品の本県全体の量は、展開試験の結果から考慮すると、10,000t を超過すると考えられることから、その量に比較すると決して多い量とはいえないことが現時点では明らかになった。しかしながら、「宮城版循環モデル」が目指す、収集・処理のネットワーク化からすれば、これらを効率よく集めるためには、両方を同等に考慮していくことが重要である。この意味で言えば、一般廃棄物の資源賦存量のある地区における重心と、産業系廃棄物のものの重心は異なる場合もある。また、ある収集ポイントの賦存量を算出するために GIS を使用した。

以下に、事業系全体の小型家電賦存量と分野別の賦存量を示す（図 3-36～図 3-40）。

これらの図は小型家電全体を表示しているが、小型家電品の素材構成を入力することにより、素材のエリアごとの賦存量を示すことが可能である。

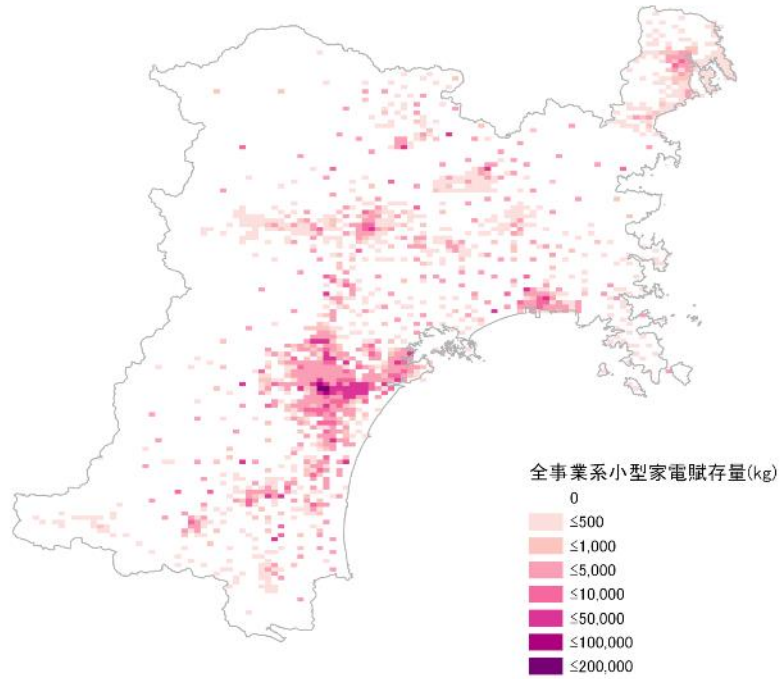


図 3-36 事業系の小型家電相当品賦存量（全産業）

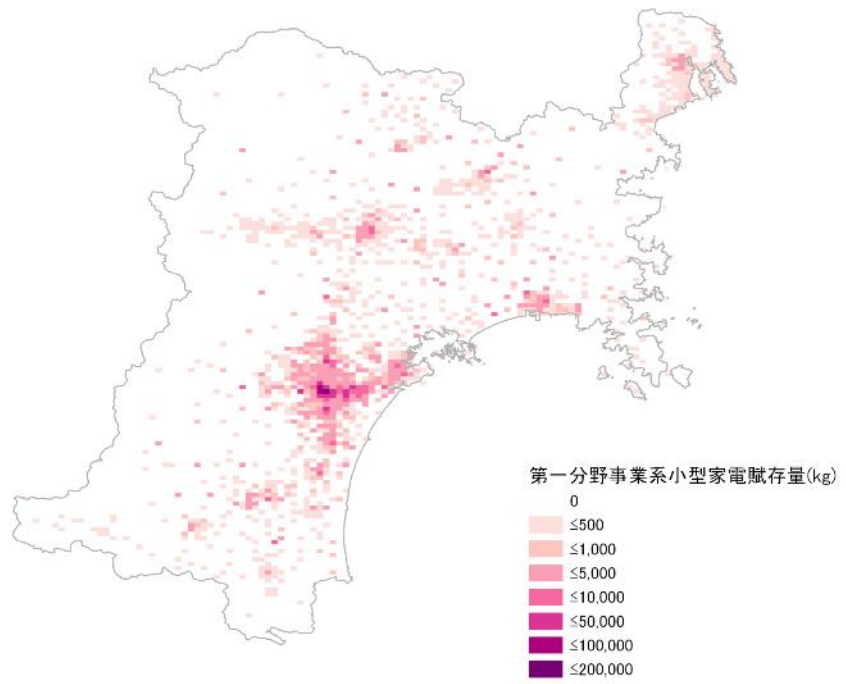


図 3-37 第一分野の小型家電相当品賦存量

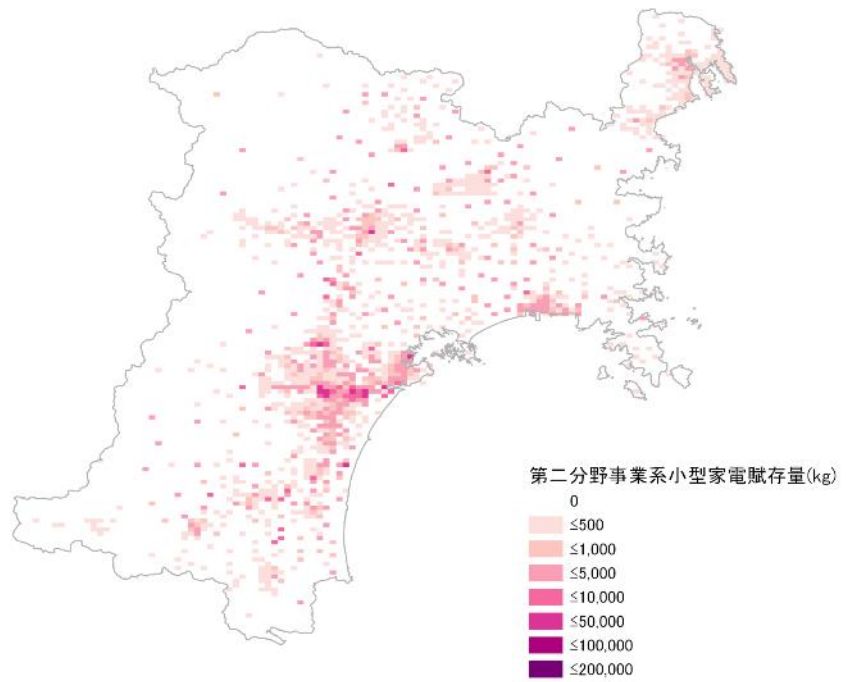


図 3-38 第二分野の小型家電相当品賦存量

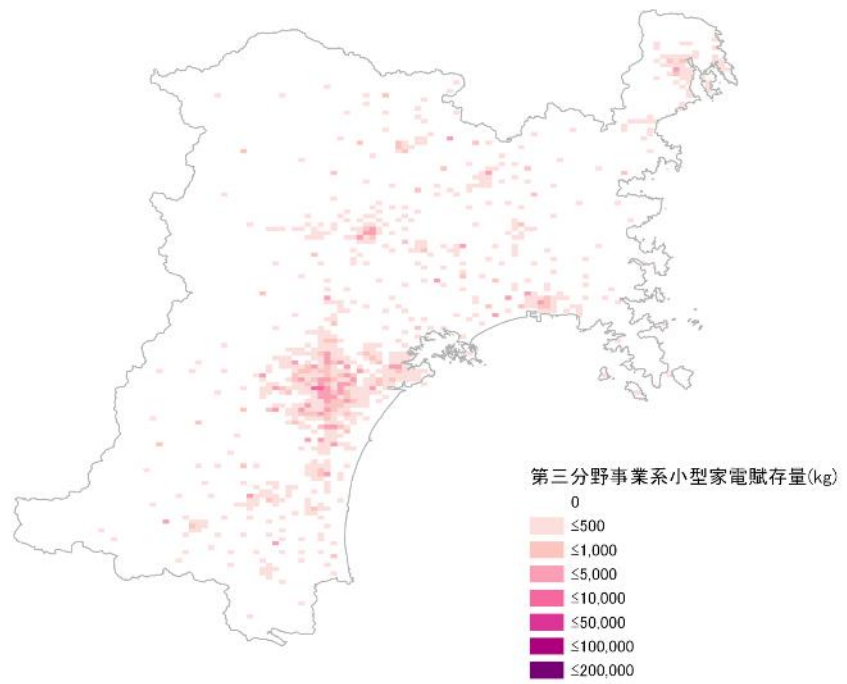


図 3-39 第三分野の小型家電相当品賦存量

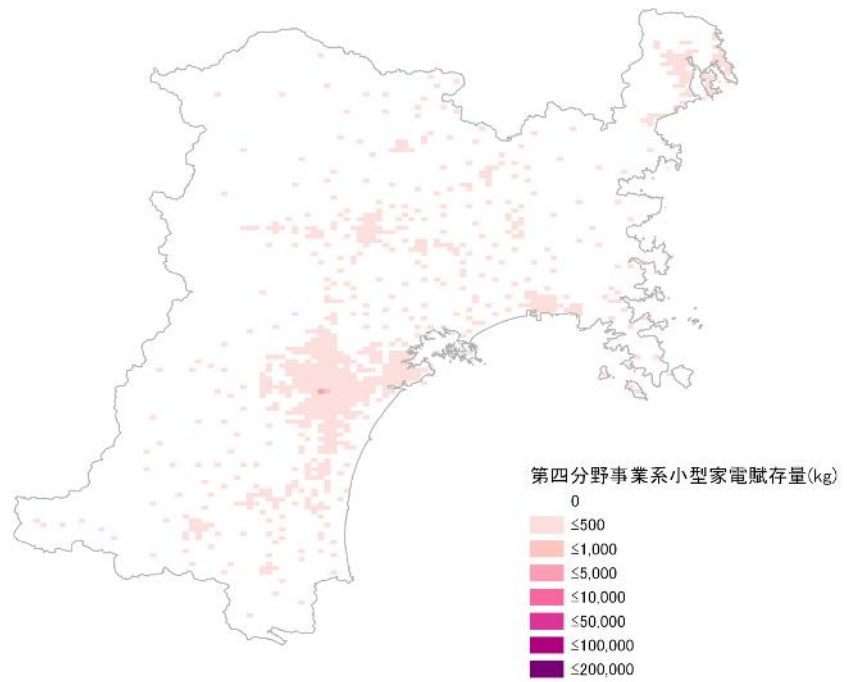


図 3-40 第四分野の小型家電相当品廃棄物量

これらの図から明らかなことは、分野、すなわち業種によって、小型家電の賦存量分布が異なるということである。人口分布と比較的相関の強い家庭由来の小型家電賦存量に加えて産業に伴う事業系賦存量を考慮したうえで資源を収集するシステム構築を考える必要がある。

また、これら図にみられるように人口密集地の仙台市では多くの資源が存在する。一方で集積所確保の観点からは、中心地では難しい。この県全体の図面を見た場合に、収集ポイントの設置も市町村の枠を超えてできることが望ましい。

賦存量データのGIS化は、この収集拠点の設定に関して、本事業開始当初より考慮していたものである。仮に以下図3-41の通り収集拠点の位置が決まれば、一定半径の円内に存在する小型家電量の推定値を求めることができる。これは円だけでなく別の図形、あるいは物理的距離でなく時間的距離であっても推計可能であり、収集拠点場所の選定や、収集拠点設置後の収集量目標値の設定に寄与できる。

例えば、以下表3-12の通り、収集拠点を県南A地点、県北B地点、県央C地点に置き、半径10kmの円内が収集範囲と考えた場合、家庭系でA:301t、B:619t、C:4,335t、事業系でA:78t、B:171t、C:1,277t、合計でA:379t、B:790t、C:5,612tが一年間に排出される小型家電量のポテンシャルと算定でき、それを最大の収集目標として年度計画などを立案していくことが可能になる。

表 3-12 半径 10km を収集範囲とした場合の小型家電年間排出ポテンシャル

	A 地点 (t)	B 地点 (t)	C 地点 (t)
家庭系	301	619	4,335
事業系	78	171	1,277
合計	379	790	5,612

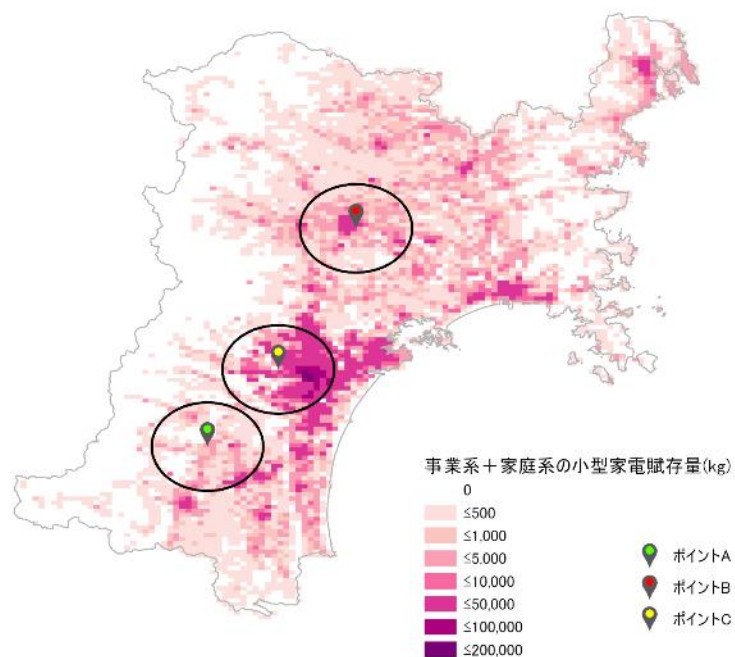


図 3-41 半径 10km 圏内の小型家電排出ポテンシャル

最後に、小型家電品の種類を分別できれば、その検討を行うことも可能である。この一つとして、事業系の中でかなりの量がリースであり、一般廃棄物と同等に集められないことがわかったパソコンに関しては、次項で検討を試みる。

今後、このような検討結果やヒアリング等によるデータ更新を経る事によってより理論的に充実した「宮城版循環モデル」の設計と運用がなされるものとする。

3.3.2 ワイブル分布を用いた県内パソコン賦存量および資源量の推計

● 目的

昨年度の金属等賦存量推計では、従来の県内全体の重量推計に、一定の仮定で決定した製品中の金属割合を算出し、GISで視覚化を行った。すなわち、県内地域を細かく分けて検討することはできなかった。本年度は金属等賦存量推計の精度を高めることを目的とし、家庭系および事業系の金属等賦存量推計を行った。この手法は、実際の一般廃棄物の不燃ごみ展開試験や経理データからの廃棄物量の推計であり、実際に排出された廃棄物量に基づいている。

本年度は、さらにもう一つの推計方法として、生産されてから一定期間使用後、廃棄されるまでの過程を、販売台数や故障率等、実存する統計データを用いて数値化することを試みた。

ヒアリング調査において、事業系では一定割合のリースによる取扱いがあるとの情報もあり、県指定 11 品目小型家電の一つであるパソコンを事例とし、Weibull 分布（以下「ワイブル分布」と記す）を用いたパソコンの賦存量および廃棄量の推計を行った。

● 方法

製品等の廃棄量および賦存量の推計の手法として Population Balance Model (PBM)がある。これはトップダウン型のストック量推計手法の一つであり、製品の生産量の時系列情報とその製品の廃棄率分布を用いて各年における製品の廃棄台数および保有台数を推計する手法である。これに対しボトムアップ型のストック量推計手法としては、製品保有情報を積み上げる事によって物質ストック量を推計する手法がある。

廃棄率分布として本報告書ではワイブル分布を使用する。Weibull 関数は物体の強度を統計的に記述する確率分布であり、時間経過による劣化現象を記述する関数であるため、PBM 等を用いた製品の蓄積・廃棄に関する研究において広く用いられている。

ワイブル分布の確率分布のための式を以下に示す。ここで平均寿命 μ は形状パラメータ m を用いたガンマ関数 (Γ 関数) および尺度パラメータ η を用いて式(1)により求められる。そのため、式(1)の変形式(2)を用いる事で平均寿命 μ と形状パラメータ m より尺度パラメータ η を計算することが可能である。

$$\mu = \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{m} \right) \quad \dots (1)$$

$$\eta = \mu / \Gamma \left(1 + \frac{1}{m} \right) \quad \dots (2)$$

これで計算された形状パラメータ m と尺度パラメータ η を用いてワイブル分布は式(3)のように表される。

$$f(t) = \frac{m}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{m-1} \exp \left\{ - \left(\frac{t}{\eta} \right)^m \right\} \quad \dots (3)$$

ワイブル分布を用いた累計故障率は式(4)によって表される。

$$F(t) = 1 - \exp \left\{ - \left(\frac{t}{\eta} \right)^m \right\} \quad \dots (4)$$

$F(t)$ の経年変化を計算する事で製品の廃棄率分布を計算する。

2001年から2017年のパソコンの販売量として経済産業省生産動態統計年報「機械統計編」のパソコンの販売台数を読み出す。この数値はノート型・デスクトップ型・タブレット型・サーバー用を含む台数になっている。また、これに財務省貿易統計よりパソコンを示すHSコードである84.71.30, 84.71.41, 84.71.49の輸出入台数の把握を行い、販売台数を

$$(\text{販売台数}) = (\text{動態統計の販売台数}) + (\text{貿易統計の輸入台数}) - (\text{貿易統計の輸出量})$$

の式で補正を行う。それぞれのHSコードの表す製品を表3-13に示す。

表 3-13 本研究で販売台数補正に用いる HS コードおよび対応製品

84.71		自動データ処理機械及びこれらを構成するユニット並びに磁気式又は光学式の読取機、データをデータ媒体に符号化して転記する機械及び符号化したデータを処理する機械(他の項に該当するものを除く。)
8471.30	0000	- 携帯用の自動データ処理機械(重量が10キログラム以下で、少なくとも中央処理装置、キーボード及びディスプレイから成るものに限る。)
8471.41		- その他の自動データ処理機械
		- - 少なくとも中央処理装置、入力装置及び出力装置を同一のハウジングに収納しているもの(入力装置と出力装置とが一体となつているかいないかを問わない。)
	100	- - - 中央演算処理装置のデータ処理単位が32ビット以上のもの
	900	- - - - その他のもの
8471.49	0000	- - - - その他のもの(システムの形態で提示するものに限る。)

上記により補正したパソコンの販売台数を MM 総研の「国内パソコン出荷概要」(<https://www.m2ri.jp/news/detail.html?id=293>)に示されている販売経路別(個人向け, 法人向け)の販売台数の割合を用いて個人向け, 法人向けに分割する。また, 「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4回)資料6」において法人で使用しているパソコンの約60%がリースであると報告されているため, それを用いて法人向け販売台数を法人向け(非リース)と法人向け(リース)に分割する。

ワイブル分布の各パラメータは Measurement of Depreciation Rates based on Disposal Asset Data in Japan (K. Nomura et al., Paper presented at 2008 OECD Working Party on National Accounts) より 158. Personal computers の値(平均寿命 7.1 年, 形状パラメータ $m=2.58$) を引用する。リース会社等へのヒアリング調査の結果, リース契約で使用されるパソコンは購入されて使用されるパソコンに比べてその寿命が短いことが明らかになった。リース契約における契約年数は様々であるが, ヒアリング調査に基づき本報告書では, リース使用のパソコンについては平均寿命を 5 年に設定する。

2018 年から 2045 年までのパソコン販売台数の将来予測については, みずほ総研「使用済家電 4 品目の経過年数等調査」(2016 年)に基づき行う。この手法では一人当たりの個人パソコン保有率と従業者一人当たりの法人パソコン保有率が 2018 年以降も 2017 年同様の値を取ると仮定し, 人口推移とパソコン保有率からパソコンの賦存量を推計する。人口推移は 2001 年から 2017 年は総務省統計局「人口推計 長期時系列データ 総人口」(<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200524&tstat=000000090001&cycle=0&tclass1=000000090004&tclass2=000001051180>)および「宮城県統計データ/ 推計人口(年報)」(<https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/toukei/suikai-nen.html>)を用いる。2018 年以降については, 国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(H29 年推計)」(http://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2017/pp_zenkoku2017.asp)に示されている人口の推移予測値を用いる。従業者数の推移は 2014 年経済センサス記載の従業者数が総人口に占める割合と総人口に占める生産年齢人口(15-64 歳の人口)の割合の比が一定であると仮定し, 推計を行う。推計を行った従業者数を用いて, 各年の法人向けパソコンの推計賦存量を算出する。それを満たす台数の販売が行われると仮定し, 将来の販売台数を 2018 年から 2045 年まで推計する。

また, 個人パソコンの賦存量推計を人口ではなく国立社会保障・人口問題研究所「日本の世帯数の将来推計(都道府県別推計)」(<http://www.ipss.go.jp/pp-pjsetai/j/hpjp2014/t-page.asp>)に示されている世帯数の推移予測を用いて, 世帯当たりの個人パソコンの保有率が 2018 年以降

も2017年同様の値を取ると仮定し推計賦存量を算出する。なお、世帯数の都道府県別推計は2035年まで存在するため、世帯数を用いた推計については2035年まで行う。

推計賦存量を満たすように販売台数が推移すると仮定し、将来の販売台数を個人向けパソコン、法人向け(非リース)パソコン、法人向け(リース)パソコンそれぞれについて2018年から2045年もしくは2035年まで推計する。

県内における販売台数は全国における販売台数に全国総人口(あるいは世帯数、あるいは従業者数)に占める県内総人口(あるいは世帯数、あるいは従業者数)の割合を掛けることにより算出する。

● 結果

図3-42にパソコンの廃棄率分布を示す。横軸が生産からの年数、縦軸は生産量に対する割合を示す。

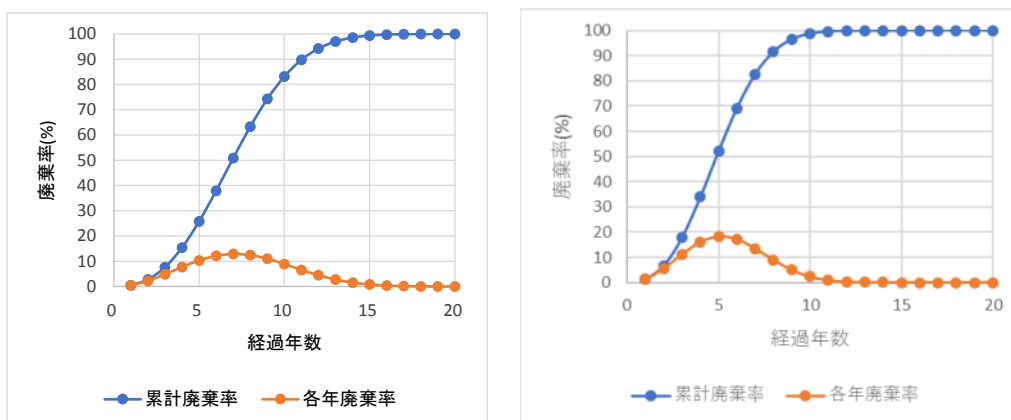


図3-42 パソコンの各年廃棄率および累計廃棄率 (左: 平均寿命7.1年, 右: 平均寿命5年)

統計より得られたパソコンの販売台数の推移を表3-14に示す。また、人口・世帯数・従業者数の推移の推計を表3-15に示す。

表3-14 パソコンの販売台数推移

製造年	ノートパソコン	デスクトップ	サーバー用	PC	PC輸入	PC輸出	PC総量	個人向け	法人向け (非リース)	法人向け (リース)
2001	-	-	-	11,474	2,189	2,319	11,344	5,671,919	2,269	3,403
2002	5,624	3,845	-	9,469	2,558	2,968	9,059	4,529,682	1,812	2,718
2003	5,482	3,847	-	9,329	3,295	3,619	9,006	4,502,957	1,801	2,702
2004	5,983	3,925	122	10,030	3,671	2,545	11,156	5,577,886	2,231	3,347
2005	7,053	3,872	131	11,056	5,602	2,645	14,013	7,006,711	2,803	4,204
2006	7,273	3,313	147	10,733	4,660	2,534	12,859	6,429,348	2,572	3,858
2007	7,282	3,141	149	10,572	5,088	2,400	13,260	6,629,939	2,652	3,978
2008	6,856	3,013	127	9,995	6,520	2,321	14,194	7,096,921	2,839	4,258
2009	6,399	2,584	122	9,104	6,316	2,130	13,290	6,591,622	2,679	4,019
2010	7,007	3,361	147	10,516	8,211	2,131	16,595	8,397,442	3,279	4,919
2011	6,788	3,128	143	10,059	11,335	2,521	18,873	9,729,040	3,658	5,486
2012	6,953	3,040	154	10,147	13,036	3,061	20,122	9,481,890	4,256	6,384
2013	5,433	3,199	158	8,790	14,975	3,154	20,611	7,416,568	5,278	7,917
2014	4,738	3,086	150	7,974	15,816	3,593	20,196	8,362,727	4,733	7,100
2015	3,649	1,841	290	5,780	13,273	3,026	16,026	6,924,342	3,641	5,461
2016	3,693	1,822	300	5,816	13,449	2,756	16,509	6,478,166	4,012	6,018
2017	3,730	1,893	252	5,874	14,631	2,277	18,228	6,696,010	4,613	6,919
	(千台)	(千台)	(千台)	(千台)	(千台)	(千台)	(千台)	(千台)	(千台)	(千台)

表 3-15 全国人口の予測推移

	全国人口	宮城県人口	宮城県人口比率		全国世帯	宮城県世帯	宮城県比率		全国従業員数	宮城県従業員数	従業員数/総人口	全国15-64歳人口割合
2001	127,316	2,369	1.86		47,238	837	1.77		68,258	1,270	53.61	67.7
2002	127,486	2,370	1.86		47,694	842	1.77		67,925	1,263	53.28	67.3
2003	127,694	2,372	1.86		48,150	848	1.76		67,702	1,257	53.02	66.9
2004	127,787	2,371	1.86		48,607	853	1.76		67,458	1,252	52.79	66.6
2005	127,768	2,360	1.85		49,063	859	1.75		66,881	1,235	52.35	66.1
2006	127,901	2,355	1.84		49,618	867	1.75		66,403	1,223	51.92	65.5
2007	128,033	2,349	1.83		50,174	875	1.74		65,904	1,209	51.47	65.0
2008	128,084	2,344	1.83		50,730	884	1.74		65,402	1,197	51.06	64.5
2009	128,032	2,340	1.83		51,286	892	1.74		64,828	1,185	50.63	63.9
2010	128,057	2,348	1.83		51,842	900	1.74		64,760	1,187	50.57	63.8
2011	127,834	2,323	1.82		52,140	909	1.74		64,464	1,172	50.43	63.7
2012	127,593	2,325	1.82		52,438	917	1.75		63,554	1,158	49.81	62.9
2013	127,414	2,328	1.83		52,736	926	1.76		62,658	1,145	49.18	62.1
2014	127,237	2,328	1.83		53,034	934	1.76		61,754	1,101	48.53	61.26
2015	127,095	2,334	1.84		53,332	943	1.77		61,222	1,124	48.17	60.80
2016	126,932	2,329	1.84		53,487	937	1.75		60,641	1,113	47.77	60.30
2017	126,706	2,322	1.83		53,642	932	1.74		60,131	1,102	47.46	59.90
2018	126,177	2,313	1.83		53,797	927	1.72		59,580	1,092	47.22	59.60
2019	125,773	2,305	1.83		53,952	921	1.71		59,091	1,083	46.98	59.30
2020	125,325	2,296	1.83		54,107	916	1.69		58,681	1,075	46.82	59.10
2021	124,836	2,282	1.83		54,109	914	1.69		58,255	1,065	46.66	58.90
2022	124,310	2,269	1.82		54,111	912	1.69		57,911	1,057	46.59	58.80
2023	123,751	2,255	1.82		54,112	911	1.68		57,552	1,049	46.51	58.70
2024	123,161	2,241	1.82		54,114	909	1.68		57,180	1,041	46.43	58.60
2025	122,544	2,227	1.82		54,116	907	1.68		56,797	1,032	46.35	58.50
2026	121,903	2,211	1.81		53,990	904	1.67		56,403	1,023	46.27	58.40
2027	121,240	2,194	1.81		53,863	901	1.67		56,000	1,013	46.19	58.30
2028	120,555	2,177	1.81		53,737	897	1.67		55,588	1,004	46.11	58.20
2029	119,850	2,160	1.80		53,610	894	1.67		55,073	993	45.95	58.00
2030	119,125	2,144	1.80		53,484	891	1.67		54,457	980	45.71	57.70
2031	118,380	2,124	1.79		53,250	886	1.66		54,117	971	45.71	57.70
2032	117,616	2,105	1.79		53,016	882	1.66		53,488	957	45.48	57.40
2033	116,833	2,085	1.78		52,783	877	1.66		52,854	943	45.24	57.10
2034	116,033	2,066	1.78		52,549	873	1.66		52,216	930	45.00	56.80
2035	115,216	2,046	1.78		52,315	868	1.66		51,483	914	44.68	56.40
2036	114,383	2,024	1.77		52,003				50,658	896	44.29	55.90
2037	113,535	2,001	1.76		51,692				49,833	878	43.89	55.40
2038	112,674	1,978	1.76		51,380				49,009	861	43.50	54.90
2039	111,801	1,956	1.75		51,069				48,097	841	43.02	54.30
2040	110,919	1,933	1.74		50,757				47,366	826	42.70	53.90
2041	110,028	1,908	1.73						46,637	809	42.39	53.50
2042	109,131	1,884	1.73						45,998	794	42.15	53.20
2043	108,229	1,859	1.72						45,360	779	41.91	52.90
2044	107,326	1,834	1.71						44,812	766	41.75	52.70
2045	106,421	1,809	1.70						44,265	752	41.59	52.50
	(千人)	(千人)	(%)		(千世帯)	(千世帯)	(%)		(千人)	(千人)	(%)	(%)

図 3-43 に県内における法人向け(非リース)パソコン、法人向け(リース)パソコン、人口で推計した個人向けパソコン、世帯数で推計した個人向けパソコンの販売台数の推移を示す。2001年から2017年は実績値、2018年以降は予測値となっている。全体的にパソコンの販売台数は減少の傾向となることが明らかになった。これは一人当たり・世帯当たりのパソコン保有台数を一定にしているため、人口の減少が大きな要因になっていると考えられる。また、減少の割合は総人口よりも世帯数の方が緩やかであるため、世帯数で推計を行った個人向けパソコン販売台数が人口で推計を行った台数よりも減少割合が小さくなっている。

また、実測値に比べ予測値は滑らかな推移になっている。この要因としてはOSのサービス終了に伴う買い替え需要の増加など様々なイベントを考慮していないためであると考えられる。図 3-43 においては2013年のWindows XP、2017年のWindows7サポート終了に伴う更新需要の増加がみられる。

なお、今後パソコンおよびタブレットの保有台数の推計条件の精査が必要であると考えられる。従業者数の推移の詳細なデータが入手可能であれば、法人向けパソコンの販売台数のより精緻な推移の推計及び予測が可能である。

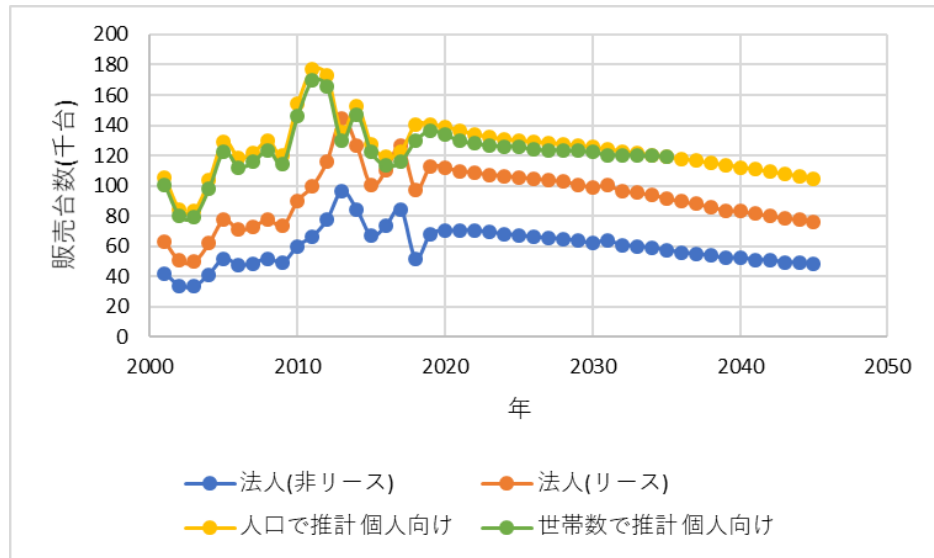


図 3-43 県内におけるパソコン販売台数の推移予測

図 3-44 に県内において各年に廃棄されるパソコン台数を存在形態別に推計した結果を示す。2020 年以後はおおよそ販売台数と同程度の台数の廃棄が予測される。販売台数の推計の際に一人当たりの保有台数を 2017 年以降は一定にしているためであると考えられる。

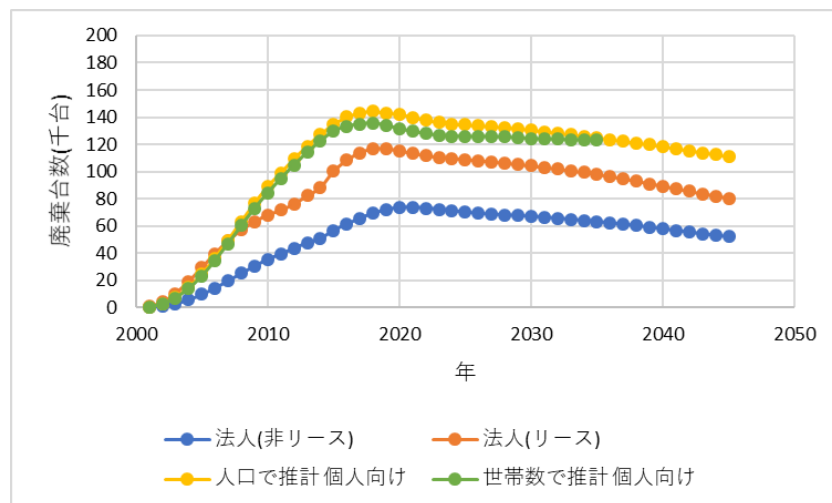


図 3-44 県内におけるパソコン廃棄台数推移予測

図 3-45 に県内におけるパソコン賦存台数の存在形態別推計を示す。図 3-43 に示した通り、法人向け(リース)パソコンの販売台数は法人向け(非リース)パソコンよりも 2 万台ほど多い台数で推移しているが、平均製品寿命が短いため、賦存台数としては概ね同程度の台数に留まっている。なお、本統計は前述した通り、2001 年～2017 年データを適用しているため、2001 年～2015 年前後までの廃棄台数は、遡増傾向を示す。以下、賦存台数も同様である。また、図 3-42 に示した通り、ワイブル分布による廃棄率推計においては、平均寿命の 2 倍程度の年数が経過すると販売台数のほぼ全量が廃棄されるため、2000 年以前のデータは推計に影響を及ぼさない(7.1 年の場合は約 15 年、5 年の場合は約 10 年で全量廃棄される)。

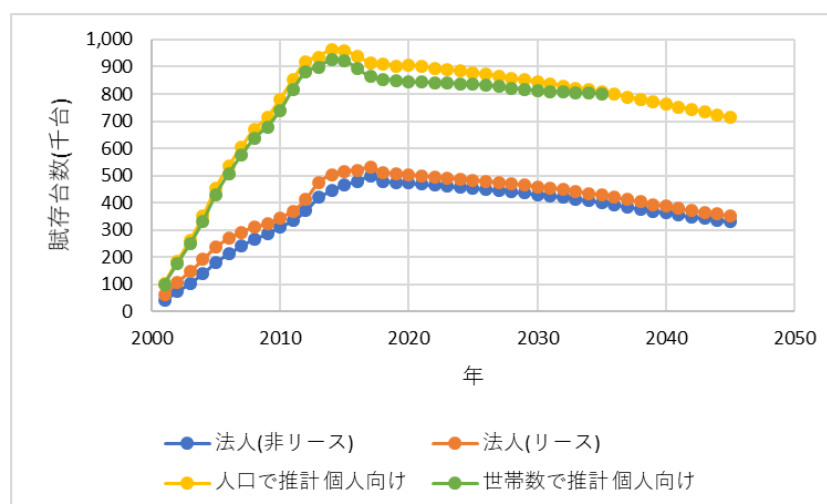


図 3-45 県内におけるパソコン賦存台数推移予測

2017年時点で一人当たりの個人（家庭系）パソコン保有台数は0.39台/人、世帯当たりの個人パソコン保有台数は0.93台/世帯であった。これはH29通信利用動向調査 (<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05b1.html>)と宮城県世帯分布 (<https://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/664786.xlsx>)から推計を行ったパソコンの1人・1世帯当たりの保有台数(0.40台/人、0.98台/世帯)と非常に近い値となっている。

また、従業者一人当たり（事業系）のパソコン保有台数は法人向け(非リース)が0.44台/人、法人向け(リース)が0.47台/人であり、従業者一人当たりの法人向けパソコン台数は0.91台/人である。業種毎に保有台数に偏りがあると考えられるため、今後保有台数の分配については精査が必要であると考えられるものの、以上導いた数値をGIS上で表示すると以下の図のように示される（図3-46～図3-48）。

このデータは、ある一年のデータを視覚化したものであるが、このワイブル分布を使用した予測手法を使えば、将来の値も可視化することが可能である。

なおこれは2015年の県内におけるパソコン保有台数（家庭系約911,500台、事業系約1,001,800台（うちリース分約517,400台））試算を空間配置したものである。

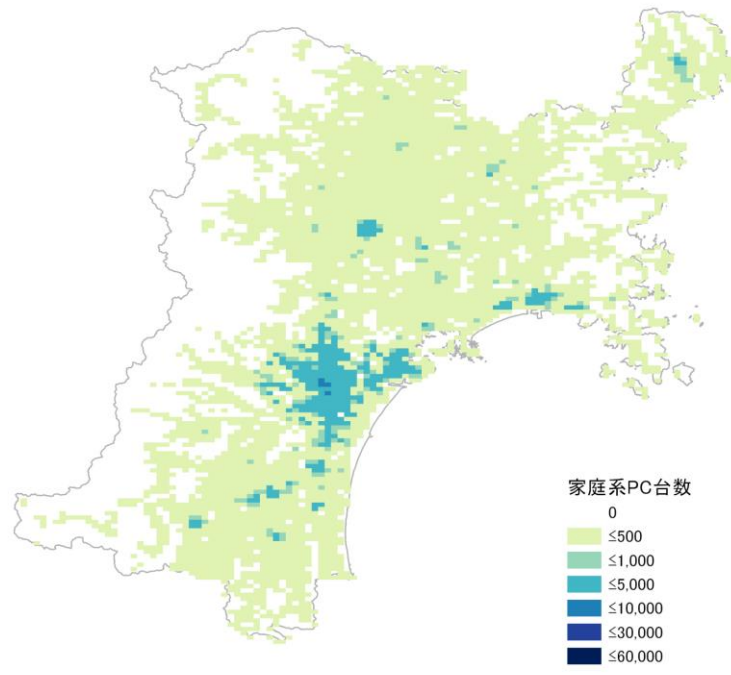


図 3-46 家庭系パソコン保有台数

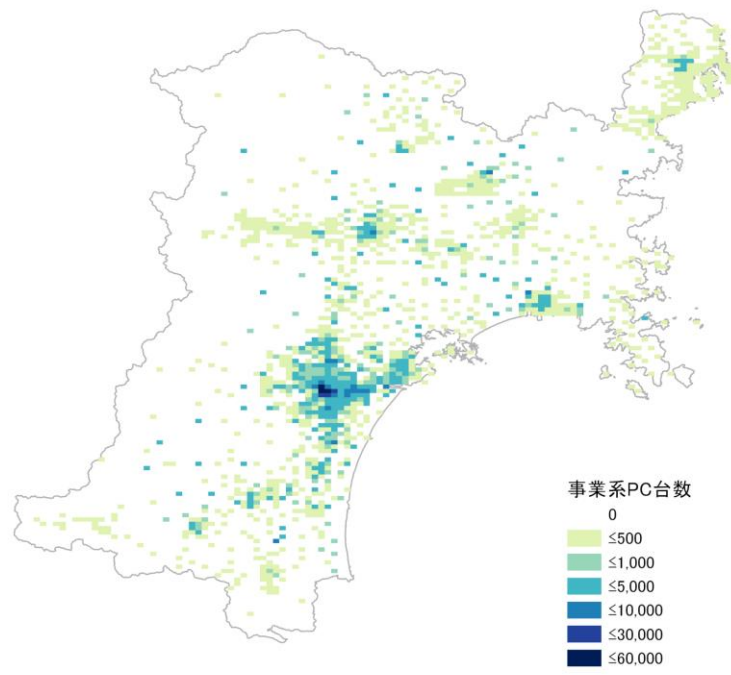


図 3-47 事業系パソコン保有台数

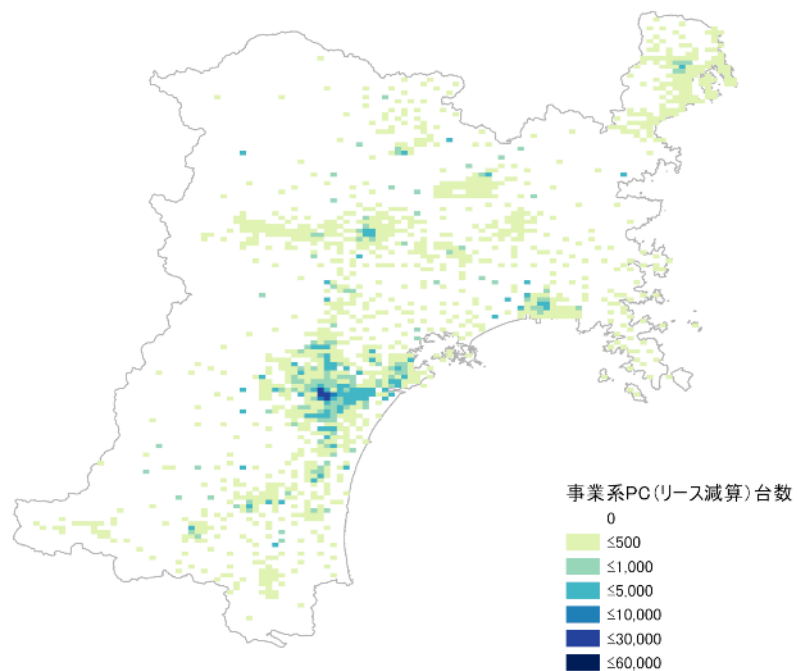


図 3-48 事業系パソコン保有台数のうちリース分を差し引いた台数

次に、廃棄されるパソコンの持つ資源ポテンシャルの推計を行うため、パソコン 1 台当たりの含有素材量の文献調査を行った。「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 5 回）参考資料 1」において各種家電の有用金属の含有量の報告がなされている。ノートパソコンとデスクトップパソコンでは製品重量及び金属含有割合が異なるため、生産量を 2001～2017 年については「ノートパソコン」、「デスクトップパソコン」の販売台数の比率を用いて、2018 年以降については 2017 年における比率を用いて販売台数の分割を行い、それぞれの含有素材割合を用いて廃棄されるパソコンの持つ資源ポテンシャルの推計を行う。

図 3-49 にベースメタルである鉄鋼材、アルミ材、銅材およびプラスチック、図 3-50 に貴金属である金、銀、白金、図 3-51 に忌避元素である鉛、錫、亜鉛、臭素、図 3-52 に同じく忌避元素である砒素の資源ポテンシャルを示す。鉄鋼材について着目すると、県内のパソコン由来の鉄スクラップのみでも大手電気炉メーカーにおける粗鋼生産量の数%に匹敵する量が調達可能である。

銅についても日本国の再生銅生産量の数%に匹敵する量がワイヤーやヒートシンクとして排出されている。

貴金属である金、銀についても他の小型家電製品に比較して高濃度で含有されている。その一方で、人体への影響から規制対象となっている鉛や砒素、臭素についても相当量が含有している。

砒素に着目すると、液晶ガラスの消泡剤に 10 年ほど前まで使用されていた時代から現在ではほとんどが真空脱泡法に製造法自体の代替が進められている。そのため、現状の分析においては過大評価になっていると考えられる。

臭素については、その多くがプラスチックに難燃剤として添加されたものと考えられる。ポリ臭素化ジフェニルエーテル等は残留性と毒性からストックホルム条約における規制対象になっているため、環境への流出源の一つとして今後注視する必要があると考えられる。

プラスチックについては部材毎に異なる組成の物が用いられている可能性があるが、先行研究においてはプラスチックとしてひとまとめにされている。そのため、一概にマテリアルリサイクルやサーマルリサイクルの可能性について推計する事は難しい。今後、プラスチックについての資源ポテンシャルを明らかにするためには、含有プラスチックの種類の内訳（ポリプロピレン（PP）、ポリスチレン（PS）、ポリエチレン（PE）などといった種類）やコンパウンドや添加剤の情報を明らかにすること、さらに詳細な分析可能性を探ることが必要であると考えられる。

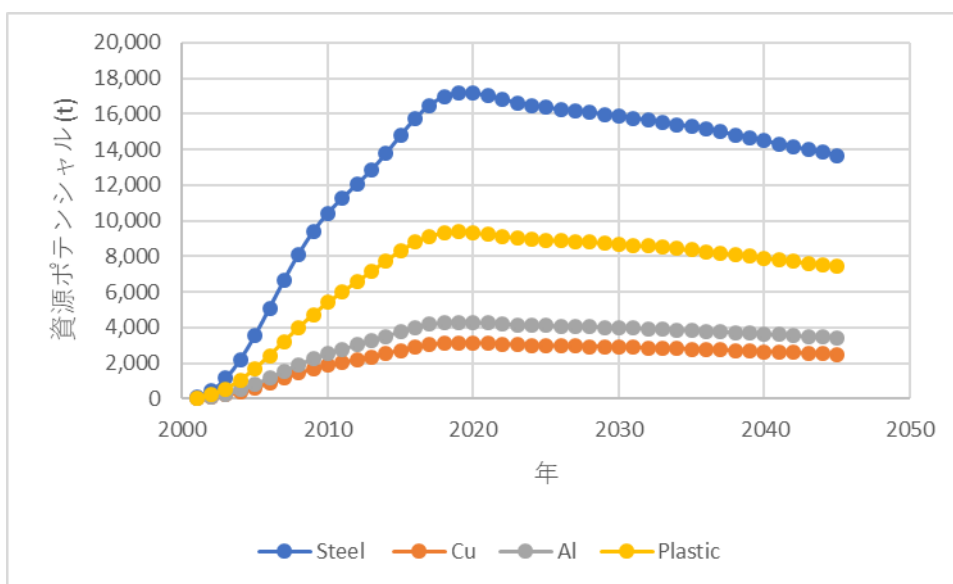


図 3-49 県内における廃棄パソコンの持つ資源ポテンシャル

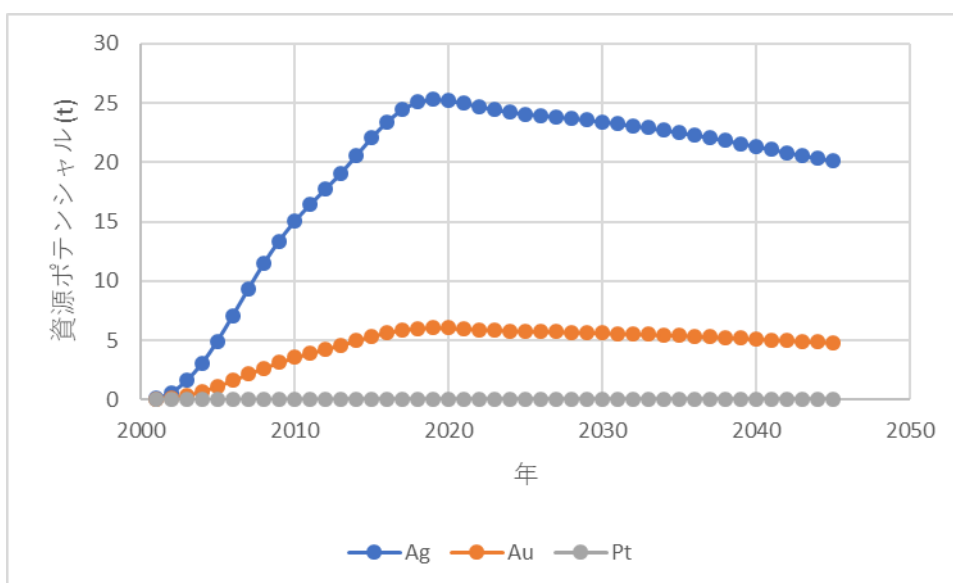


図 3-50 県内における廃棄パソコンの持つ資源ポテンシャル

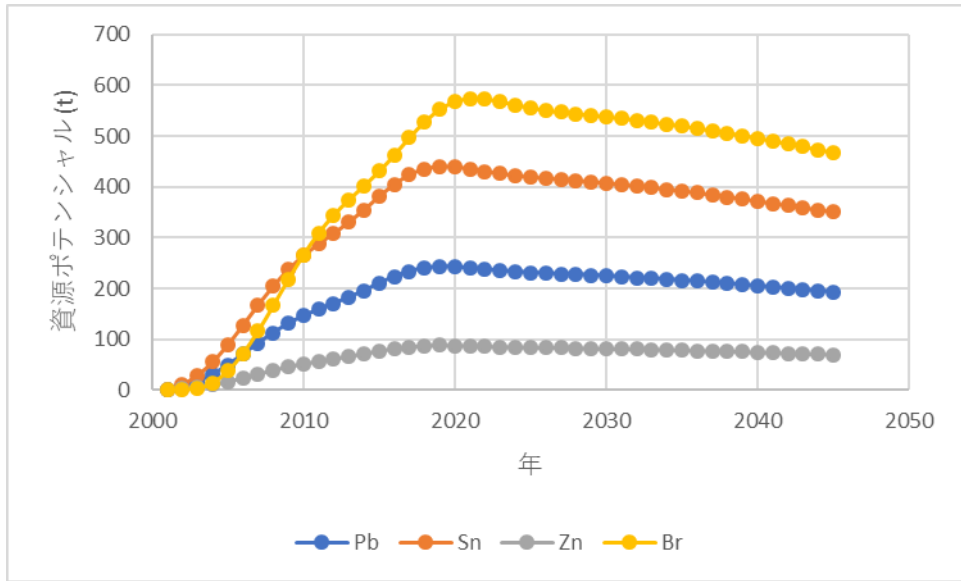


図 3-51 県内における廃棄パソコンの持つ資源ポテンシャル

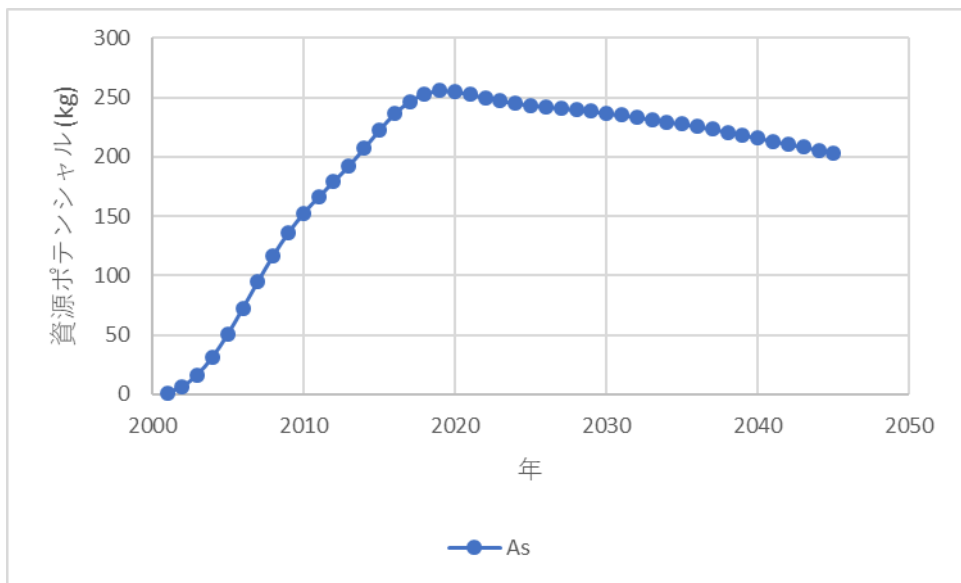


図 3-52 県内における廃棄パソコンの持つ資源ポテンシャル

● リースに着目したパソコン廃棄フローの調査

図 3-53 に「中央環境審議会 (H23. 10) 資料」において示されているパソコン廃棄フローの概要を示した。これによれば、一般廃棄物として扱われる個人向け（家庭系）パソコンと産業廃棄物として扱われる法人向け（事業系）パソコンでは排出フローが大きく異なっている。

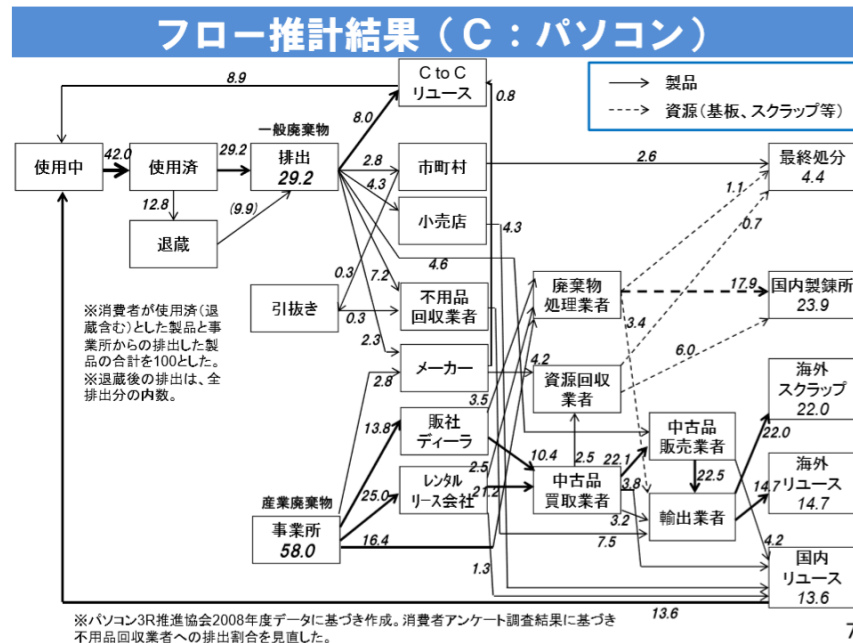


図 3-53 パソコン廃棄フローの概要

そもそも自治体の不燃ごみに出せないことによる通常の排出先の違いに加えて、リースという保有形態の存在がその排出ルートが大きく変えてしまっていることが明白である。リースは通常3年～5年の期間を設定して行われることから法人向けのパソコンと個人向けパソコンではその廃棄までの平均寿命も異なってくると考えられる。そのため、これらを明らかにすることで、廃棄パソコンの持つ資源ポテンシャルの推計をより精緻に行う事が出来ると考えられる。

またリースの場合、リース契約先の所在地で廃棄を行わず本社などに収集、本社所在地で廃棄を行う形式も考えられる。この場合、リースパソコンは県内で利用可能な二次資源ではなく、本社所在地で利用可能な二次資源であると言えるが、一方で、県内においてそれらをしっかり受け取れるようなリサイクラーが存在すれば、それは県内資源に変わる可能性もある。

本年度本事業のヒアリング調査においても、リース契約により事業所で使用されるパソコン機器が、使用后リース会社へ戻される事例があるとの回答が得られたが、上記図 3-53 の廃棄フローでは、事業所で廃棄される 58.0 のうち、レンタル、リース会社へ引き渡されるものが 25.0、すなわち約 43% を占めている。上記ワイブル分布を用いた際のリース率は先行研究により約 6 割としたが、廃棄のアプローチからみても、4 割以上を占めることがわかる。以上より、事業所で使用されているパソコンのうちリース契約にて導入されているものは、4 割～6 割程度と考えることができる。

3.3.3 プラスチック分析の開始と分析可能性の提案

3.3.2 で前述した通り、既往の研究データでは、使用済み小型家電に使用されているプラスチックは、プラスチックというひと括りのデータとしてのみ存在していた。その背景には、そもそも制度が始まるまでは、自治体の不燃ごみ等に入っていたこと、特に小型家電品のプラスチックが多種多様であり、「ミックスプラスチック」として扱われる場合が多く、国内でその分別に目

を配る必要が特段なかったことが挙げられる。しかし、2017年よりその受け入れ国であった中国をはじめとした国々で廃プラ輸入規制が始まり、国内の埋め立て処分場の高騰も相まって、廃プラの資源性評価の必要性が高まっている。本年度本事業で実施した実証試験においても、法令で指定する28品目のうち、県指定11品目では実証試験全体でミックスプラスチックは全体の23.3% (297kg)、11品目以外では31.7% (594kg) を占めた。今後、小型家電リサイクル全体の採算性を考える上でも、少なくない製品組成を占めるプラスチックの再資源化、有効利用の在り方を検討することは重要である。

そこで、本年度本事業では、小型家電に用いられているプラスチックの組成分析および資源性評価分析をトライアル的に開始した。

まず、実証試験で排出された主な製品のプラスチック種類を明らかにした。TSI社製 Polymax Plastics Analyzer を用いて、現場で測定を行った(図3-54, 図3-55)。本装置はプラスチックにレーザー光を照射し、所有するライブラリに最も近い波形と照合することで、プラスチックの種類を特定できる。測定結果の一例を図3-56～図3-59に示す。



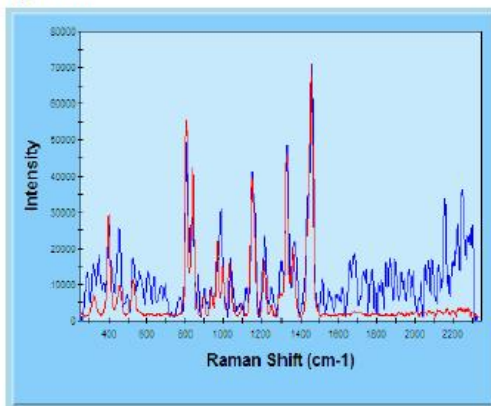
図 3-54 実証試験現場での測定の様子



図 3-55 扇風機測定時の結果表示

Identity	- Polypropylene (3-47)
Match	Most Possibly
Barcode	
Hit Ranking	1
Hit Score	.715
Library	TSI.lib
Library Index	181
Technique	Raman Spectroscopy
Instrument	PolyMax
System S/N	610236
X-Calibration	PM-CAL-1
Y-Calibration	NIST SRM 2241
User Account	tsi1
Software	2.2.8

Spectra



Sample -Blue Library -Red

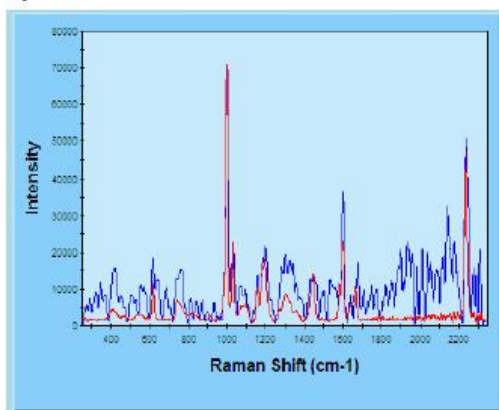
Image/Barcode



図 3-56 炊飯器の測定結果

Identity	- ABS HIGH IMPACT (2-7) _PS*
Match	Highly
Barcode	
Hit Ranking	1
Hit Score	.786
Library	TSI.lib
Library Index	27
Technique	Raman Spectroscopy
Instrument	PolyMax
System S/N	610236
X-Calibration	PM-CAL-1
Y-Calibration	NIST SRM 2241
User Account	tsi1
Software	2.2.8

Spectra



Sample -Blue

Library -Red

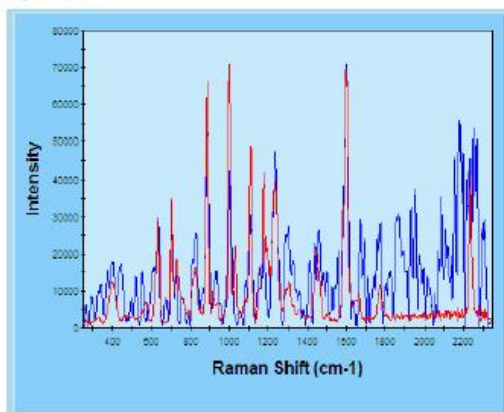
Image/Barcode



図 3-57 掃除機の測定結果

Identity	- PC/ABS 50/50
Match	Possibly
Barcode	
Hit Ranking	1
Hit Score	.519
Library	TSI.lib
Library Index	163
Technique	Raman Spectroscopy
Instrument	PolyMax
System S/N	610236
X-Calibration	PM-CAL-1
Y-Calibration	NIST SRM 2241
User Account	tsi1
Software	2.2.8

Spectra



Sample -Blue Library -Red

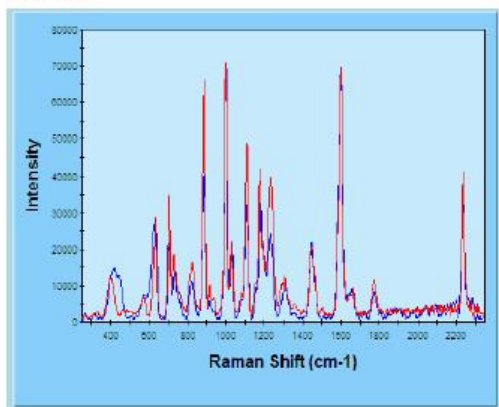
Image/Barcode



図 3-58 ノートパソコンの測定結果

Identity	- PC/ABS 50/50
Match	Highly
Barcode	
Hit Ranking	1
Hit Score	.867
Library	TSI.lib
Library Index	163
Technique	Raman Spectroscopy
Instrument	PolyMax
System S/N	610236
X-Calibration	PM-CAL-1
Y-Calibration	NIST SRM 2241
User Account	tsi1
Software	2.2.8

Spectra



Sample -Blue Library -Red

Image/Barcode



図 3-59 携帯電話の測定結果

以下に本年度実証試験で回収された使用済み小型家電で実測を行った分析結果を示す（表 3-16）。ここに示す通り，法令 28 品目のうち，3. ラジオ受信機及びテレビジョン受信機，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，10. 電子書籍端末，11. 電気ミシン，15. 電動式吸入器その他の医療用電気機械器具 27. 電子楽器及び電気楽器，以外について，データを収集することができた。小型家電製品を構成するプラスチックの種類を明らかにしたデータは非常に貴重なものである。今後検体を増やし，ライブラリとの合致率等を勘案したうえで詳細に分析を行えば，小型家電のプラスチックの種類を明らかにすることが可能であり，廃プラスチックの価値を高めること，国内での再資源化の推進を図ることができるものと考ええる。

表 3-16 小型家電のプラスチック分析結果 (Polymax Plastics Analyzer)

分類	品目	分析個数	分析結果
1	電話機、ファクシミリ装置その他の有線通信機械器具	11	ABS_PS, HPS のライブラリと合致率が高いものあり
2	携帯電話端末、PHS 端末その他の無線通信機械器具	11	PC/ABS 50%/50%, PC のライブラリと合致率が高いものあり. 難燃剤含有を示すものあり
3	ラジオ受信機及びテレビジョン受信機	0	分析なし
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	8	ABS, PC/ABS 75%/25% のライブラリと合致率が高いものあり
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	11	HPS, ABS_PS のライブラリと合致率が高いものあり
6	パーソナルコンピュータ	12	PC/ABS 75%/25%, PC/ABS 50%/50% のライブラリと合致率が比較的高いものあり
7	磁気ディスク装置、光ディスク装置その他	0	分析なし
8	プリンターその他の印刷装置	2	ABS のライブラリと合致率が高いものあり
9	ディスプレイその他の表示装置	5	Polyester PET_PE, ABS_PS のライブラリと合致率が高いものあり
10	電子書籍端末	0	分析なし
11	電気ミシン	0	分析なし
12	電気グラインダー、電気ドリルその他の電動工具	1	UHMW_PEM etaID_PE のライブラリとの合致率が比較的高い
13	電子式卓上計算機その他の事務用電気機械器具	3	Rexolite_PS のライブラリと合致率が高いものあり
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	4	ABS_PS, ABS のライブラリと合致率が高いものあり
15	電動式吸入器その他の医療用電気機械器具	0	分析なし
16	フィルムカメラ	2	ABS_PS のライブラリと合致率が比較的高いものあり
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	10	PP, PETE_PE のライブラリと合致率が高いものあり. 難燃剤含有を示すものあり
18	扇風機、電気除湿機その他の空調用電気機械器具	8	PP, Rexolite_PS のライブラリと合致率が高いものあり. 難燃剤含有を示すものあり
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	16	ABS_PS, PC のライブラリと合致率が高いものあり. 難燃剤含有を示すものあり
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	1	PP のライブラリと合致率が比較的高いものあり. 難燃剤含有を示す
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	2	ABS_PS のライブラリと合致率が高いものあり
22	電気マッサージ器	2	ABS_PS のライブラリと合致率が高いものあり
23	ランニングマシンその他の運動用電気機械器具	1	ABS-Nylon の可能性を示したが、ライブラリとの合致率は高くなかった
24	電気芝刈り機その他の園芸用電気機械器具	2	HDPE_PE のライブラリと合致率が高いものあり
25	蛍光灯器具その他の電気照明器具	2	ABS_PS のライブラリと合致率が比較的高いものあり
26	電子時計及び電気時計	2	ABS_PS のライブラリと合致率が比較的高いものあり
27	電子楽器及び電気楽器	0	分析なし
28	ゲーム機その他の電子玩具及び電動式玩具	14	ABS_PS, ABS のライブラリと合致率が高いものあり
29	その他	21	キーボードはHPS, リモコンはABS_PS のライブラリと合致率が高いものあり. コードはABS, PVC と比較的高いものあり

さらに、プラスチックの資源性評価として、燃焼分析、灰分分析、忌避物質の含有有無分析が可能と考えられる。本年度本事業の実証試験では、県指定 11 品目は、手分解・破砕・物理選別が行われた後、プラスチックはミックスプラスチックとして有価売却されたが、県指定 11 品目以外は、木くず・紙類・布類と共に「熱回収可能物」に分類され、プラスチックはこのうち約 90%を占めた。そこで、熱回収におけるプラスチックの資源性評価が必要と考え、燃焼分析、灰分分析を行った。さらに、焼却炉の腐食等の原因となる塩素等忌避物質の存在を明らかにするため、元素分析を行った。表 3-17 に結果を示す。

表 3-17 プラスチックの元素分析および燃焼分析・灰分分析結果

	C	H	N	Cl	Br	F	I	S	sum (C,H,N)	sum (ハロゲン+S)	sum	灰分	高位発熱量
	%	%	%	%	%	%	%	%				%	kJ/kg
1 扇風機	82.47	13.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.31	0.00	96.31	2.9	43,500
2 湯沸かしポット	76.12	12.83	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	1.07	88.95	1.10	90.05	10.7	42,600
3 炊飯器	76.63	12.96	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	1.03	89.59	1.05	90.64	10.3	38,600

高位発熱量分析（カロリー）に関しては、プラスチック循環利用協会が「プラスチックリサイクルの基礎知識 2018 (<http://www.pwmi.or.jp/pdf/panf1.pdf>)」の中で、主要なプラスチックの高位発熱量を公表しているが（ポリプロピレン（PP）44,000 kJ/kg、ポリスチレン（PS）40,200 kJ/kg、ポリエチレン（PE）46,000 kJ/kg）、それらの値とほぼ変わらない結果となった。

灰分は燃焼後残渣と考えられることから、熱回収後、最終処分される量に影響を与える。上記結果からは、灰分の比較的高かった湯沸かしポットや炊飯器は、硫黄の含有と関係があることが示唆された。塩素（Cl）は湯沸かしポット、炊飯器で 0.02～0.03%の含有が認められたが、焼却炉、機器の腐食に関する既往の研究を確認しても、腐食に影響を及ぼす量には達してはいないと考えられる。上記の結果から、熱回収を目的としてプラスチックの再資源化を図る際に、問題となる量の忌避物質含有は上記サンプルには認められなかった。

●アンチモンの蛍光 X 線分析

また、このほかに、難燃剤として臭素と並行して使われていることが多い、アンチモン（Sb）についても分析を試みた。化学分析でも計測できるが、他の元素と手法が異なるため、コスト的に問題となることも予想されたため、蛍光 X 線による分析を試みた。

表 3-17 中の「2. 湯沸かしポット」で分析をしたところ、アンチモン含有量は 0.03% の結果であった。なお、本分析の手法は、前処理として液体窒素で凍結させてからミキサーで粉砕し、ボールミルでさらに粉砕してからペレットを作成した後、蛍光 X 線分析を行った。

今年度は資源性評価の可能性を示す分析を試験的に行ったが、結果として、レーザーアナライザー、化学分析、蛍光 X 線分析、熱量・灰分測定を行えば、プラスチックの選別と、マテリアル

リサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクルに必要な基礎情報を得ることができることを確認した。

今後は本年度実証試験で回収された品目等において分析を行い、小型家電に用いられているプラスチックの資源性評価をさらに進める必要がある。こうした分析を法令 28 品目に展開すれば、今後の小型家電リサイクルの望ましいあり方の検討に際しても、大きな影響を与え得る貴重なデータとなると考える。

3.4 小型家電等分別による焼却灰への影響の基礎調査

● 目的

前述した通り、本事業の目的の一つとして、県の循環計画の中で重点項目として挙げられる「小型電子機器等リサイクル制度の推進」がある。これは、小型家電リサイクル法の実施が県内において必ずしも十分に進んでいないことを受けたものであるが、全国的にみても理想的に進んでいる訳ではない。

このため、同時期にこの改善に向け総務省が、法律の所轄官庁である環境省と経産省に向けて勧告を出している。この「小型家電リサイクルの実施状況に関する実態調査結果に基づく勧告(平成 29 年 11 月)」には、使用済小型家電の回収量の一層の増加を図る観点から、小型家電リサイクル未実施市町村における実施に向けた検討を促すため、環境省及び経済産業省が様々な措置を講ずる必要があることが記載されている。措置には、適切な情報提供の他、実施運用方法の指導、売却益以外の自治体が受ける便益などについても触れられている。

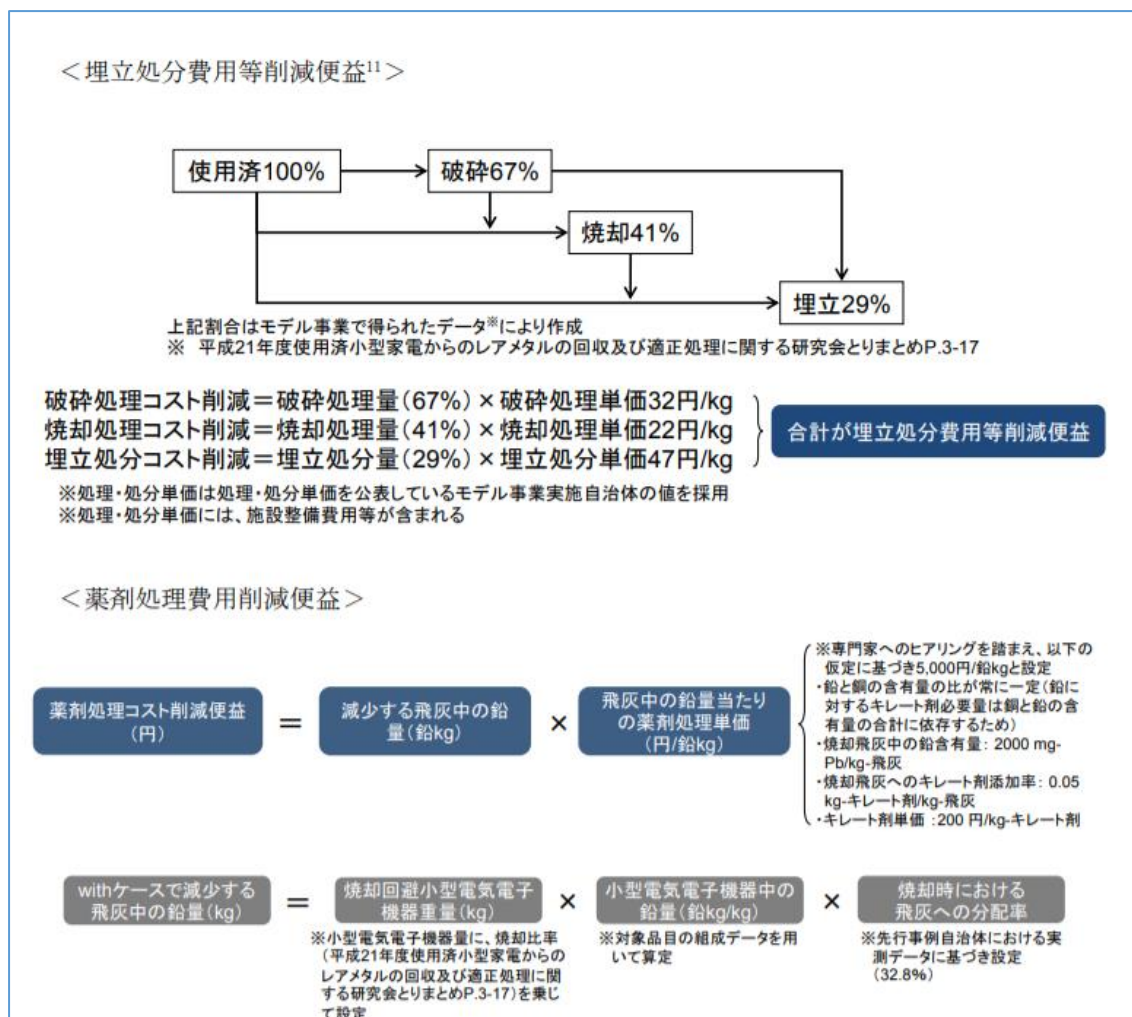
このような課題に対し、環境省は既にいくつかのツールを示し、「使用済小型電子機器等の回収に係るガイドライン (Ver. 1.1)」の中では「使用済小型電子機器等の回収における便益」に言及している。

これは、「平成 21 年度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」でも述べられたことであり、使用済小型家電を回収することで、最終処分量の削減が図られ、延命効果があることその他、焼却にまわることを抑制できた場合に、小型家電中の揮発しやすい鉛などの金属が飛灰に移行し、その不溶化処理のための薬剤のランニングコストが削減できることを挙げている。

本事業においても、この効果を明らかにすべく、検討を行うのが本項目である。後述するが、環境省の指示に従って便益の試算をすることは可能であるが、入力のためのデータの取得や考え方は、使う側に委ねられている。県内市町村でこの検討を始めるのは、おそらく初めてのことであり、どのようなデータが存在し取得可能かなどもわかっていない。本年度はそれらデータ取得から開始し、便益の試算を多角的に行ってみるものである。それとともに、運転管理上でも有益な示唆ができないか可能性を探り、次年度の検討に繋げるものである。

● 便益の計算

以下に「使用済小型電子機器等の回収における便益」として環境省が示したものを記す(図 3-60)。埋立処分コストと薬剤処理費用等の削減が小型家電を一般廃棄物から回収することの便益になり得るとしている。



出所：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26年2月
 図3-60 使用済小型電子機器等の回収による便益

● 埋立処分費用削減便益の算定

最終処分場の単価（容積単価）や、将来の利用計画は各自治体により差があり、一律に決定することは極めて困難である。そのため環境省が示した一般化されたデータにより試算を試みた。この試算は、あくまで自治体側からの観点で、例えば100tの不燃ごみを最終処分する際には、破碎を行い、そこから一部金属を分別・回収するが、その際のダスト等の可燃物は焼却され、最後に残ったものだけが最終処分されると仮定し、一般的な比率とコストをかけたものである。すなわち、仮にこの100tを民間に引き渡してしまうことにより、この自治体で行う費用はなくなるという理論である。しかしここでは、100tを外部に引き渡すことがすべて有価物で行われるか、分別費用はどれくらいかかるか、などについては考慮しない値であることに注意が必要である。

試算にあたっては、使用済み小型電子電気機器の市中存在量がまずポイントとなる。この値については、本報告書の展開試験結果にも記載したように、県内自治体の不燃ごみへの小型家電品混入量は、環境省が一年間に廃棄されたとした量と有意に異なる結果は得られなかった。そのた

め、まず、削減ポテンシャルとして、環境省の年間に廃棄される小型家電の一人あたりの廃棄量を使用すると、県内の小型家電リサイクル法の対象となるものは、県内人口を乗じて年間約10,570t (4.55kg×2,323千人)と計算される(表3-1)。すなわち、

破碎処理費削減=10,570t×0.67×¥32,000/t=22,662万円

焼却処分費削減=10,570t×0.41×¥22,000/t=9,534万円

埋立処分費削減=10,570t×0.29×¥47,000/t=14,407万円

合計は、46,603万円となった(自治体側からの最大削減ポテンシャル)。

上記は県全体を考慮した場合であるが、処理施設の違いや不燃ごみに関する取扱いが自治体(市町村・一部事務組合)により違いがある。例えば、人口20万人程度の自治体(市町村・一部事務組合)で、ほぼ小型家電に対処していない場合を考えると、900t程度(4.55kg×20万人)の小型家電を自治体で処理していない計算となり、これに対処した場合のメリットは約4,000万円(46,603万円÷230万人×20万人)のメリットが生じる可能性があるという計算結果となる。

現実には、小型家電を集めてもすべてが有償で売却されるものではなく、「環境省の小型家電リサイクル制度の施行状況(平成29年度)」によれば、自治体が分別を行って、認定業者に「引き取られたもの」の取引価格は、特定対象品目(高価値品)でも30%が逆有償、制度対象品目すべてでは65%が逆有償になっている。これは、「引き取ってもらうべく自治体が分別した品」と考えれば、小型家電すべてを集めた場合には明らかに自治体側からみて売却利益が生じるとは思えない。

一方で、例えば、A県においては、認定事業者へ搬入する小型家電について、基本的に品目制限を行っておらず(ただしマッサージチェアのような粗大ごみやファンヒーター・フロンを使った乾燥機は断っている)、自治体が集められたものはすべて受け入れている。A県に工場のある認定事業者とA県の自治体は、小型家電リサイクル法の成立以前から全県での収集試験を行っており、その際に、工場着ゼロ円で行ってきたことを現在もなんとか踏襲しているという(自治体が工場までの運賃を負担している)。小型家電の全体の種類が発生比率の手つかずで認定事業者側に渡れば一連のリサイクル処理はなんとかできることになる。しかし、現実には、自治体により、電線をカットして地元業者に出すことやパソコンなどを有償で買い取るものが現れそちらに出してしまう、あるいは一般廃棄物の置き場からの持ち去りなどが行われる例があり、低品位なものだけが来るなど、必ずしも手つかずの品目群で送られてこないケースがあることが課題で、このままの状態が続くと継続が困難とも言われる。

それでも、小型家電全体のもつ資源価値(鉄・非鉄ほか)は、全体的に見れば相当あり、実際に集めようとするれば処理は回せる可能性はある。双方にメリットが生み出せるが、自治体側では、やればやるほど分別コストと運搬費がかかるため、A県でも、すべてのものをピックアップしているわけではなく、自治体ごとに可能な範囲で行いながら徐々に増加している。自治体側の反応では、実際に破碎機の直接運転費用の他、メンテナンス費用が削減されたなどポジティブな意見が聞かれるが、大きな問題として、分別場所などの確保ができないなどの理由から、何年かに一度見直す廃棄物処理計画に段階的に盛り込むことを考えてもらっている。

20万の人口におけるシミュレーションを行った場合、分別費用は、前述したようにスペースや重機があったとして、900tの分別要員を4名（人件費500万）＋その他経費（電気・燃油）5,000円/tでは=2,450万円、運搬費6,000円/t（フル積載で効率運搬）とすると540万円であるので、合計値は約3,000万円程度であることから、（あくまですべての小型家電をまんべんなく集めたと仮定すれば）便益が上回ることになる。つまり自治体は分別をしっかりと行い小型家電を自から処理することがなくなれば、経費をかける必要はあるが、既に処分場関係削減で便益が生じ、循環を促進することができるのではないかとということである。

しかし先に述べたように、現実には、最終処分の容積単価、今後の逼迫度合い、破碎ルートの違い、不燃ごみから対象品を既に分別している割合など、自治体により前提条件は千差万別である。環境省の示した例は、非常に一般的な場合を想定していると考えられるが、詳細は自治体毎にデータを収集して検討する必要がある。

● 薬剤処理費削減便益

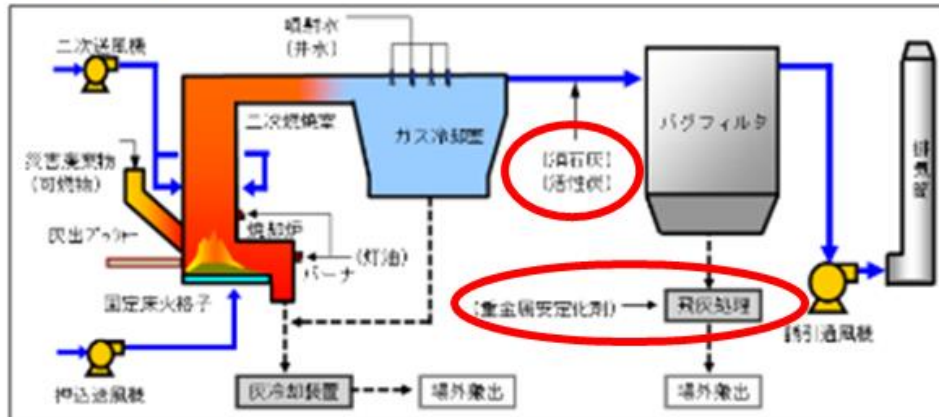
一般廃棄物の焼却炉には可燃物ばかりではなく様々なものが混入する。焼却炉自体はそれらが多少混入しても焼却してしまい、燃えないものは灰として排出し、分解物はガスとしてガス処理される。今回、「薬剤処理費用等の削減」として、考慮すべきとされているものは、このうちのガス側で捕捉される「飛灰」と言われる灰を最終処分場に埋め立てる際に使用する薬剤費である。

焼却炉で燃やされた有機物はガス側に移行する。ガス自体は有害物を含む可能性があり、かつ酸性ガスであるので、一般的には、中和を目的としたアルカリ薬剤の噴霧と、ダイオキシン対策などを目的とした活性炭の噴霧などが行われ、その際生じた物質は、燃焼時にガスや飛散した微粒子（メカニカルダスト）とともにバグフィルターなどで捕集される。

焼却炉には、ストーカー式、流動焙焼式、溶融炉など、いくつかの形式があり、それぞれに特性は異なるが、溶融炉では主灰が溶融スラグと呼ばれること、燃焼温度が異なるため、ガスの性状が大きく異なることを除けば、ガス処理の方法に関しては概ね共通の手法を採用している。以下に、震災時に県内で作られた仮設の焼却炉の例を示した（図3-61）。

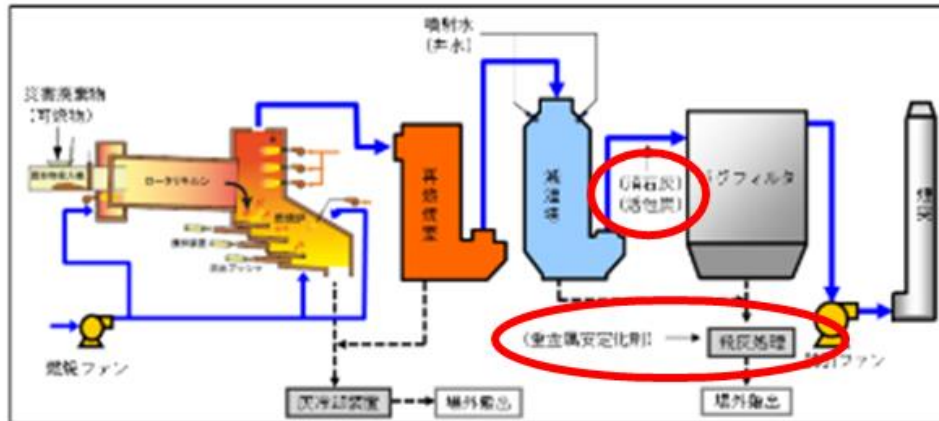
宮城 亙理名取ブロック（岩沼処理区）：固定床ストーカ

【処理フロー】



宮城 亙理名取ブロック（岩沼処理区）：ロータリーキルン

【処理フロー】



出所：「災害廃棄物処理における仮設焼却炉の実績と課題」

図 3-61 仮設焼却炉の事例

飛灰の組成（消石灰・活性炭処理後）は、例えば以下のようなものである（表 3-18）。

表 3-18 飛灰含有量の一例

炉形式	化学分析結果													
	%						PPM							
	Cl	Na	K	S	Ca	Si	Pb	Zn	Hg	Cr	Se	Cd	As	B
ストーカ式	11.6	3.2	3.1	1.4	27	4.8	881	4760	5.4	2284	<5	58	14	74
ガス化溶融	16.8	6.8	6.8	2.6	18.9	4.5	5360	41800	4.9	285	<5	140	30	219
流動床式	5.6	3.5	2.8	1	17.5	11.5	814	5960	0.9	285	<5	28	8	109

可燃物の性状、炉形式により値は異なるが、一般的に多くのハロゲンと、重金属を含んでいる。この重金属は、そのままでは管理型処分場の埋立基準を超過するため、一般にはこれに重金属溶出防止剤（通常キレート剤）を添加して、基準を下回るように処理されている。

前述した環境省が示した薬剤処理費用削減便益の考え方は、小型家電品にはかなりの重金属が含まれるため、この分別を推進していくことにより、焼却側への小型家電品の混入を減少させることになり、結果、キレート使用量も減少するという便益を挙げている。計算式は、一義的には減少する鉛量に対して、使用する薬剤の単価を掛け合わせるものであるが、その際のベースデータとしての鉛量は混入される機器に応じて計算する。

すなわち、この計算を行うのには、

- A) 薬剤処理前の飛灰における鉛の含有量
- B) 薬剤の費用（環境省は一定の額を示しているが、変わっている可能性もある）
- C) 焼却物への小型家電の混入量の仮定値

などをデータ収集する必要がある。

C)は可燃物の展開試験を各炉で行う必要があり現実的でなく、仮説を組んでいくものとした。A) B) については、まず、各所にアンケートをお願いした。その結果、主に3つの課題に直面した。

- ・飛灰に関して含有量のデータが取られていない場合が多い。
- ・溶出防止措置を行う前の溶出量データも計測されていない場合が多い。
- ・成分的に環境基準の元素のみ計測される例が多い。

そのため、5箇所の自治体・組合には再度お願いして、現実の灰を入手し、含有量、溶出量、キレート添加試験を実施した。

(ア) 含有量分析

入手した灰は、P地区、Q地区、R地区、S地区、T地区の5箇所の炉からで、最初の3箇所はストーカー式、S地区が流動焙焼式、T地区が流動式熔融炉となっている。いずれも、中和剤・活性炭処理がなされた後、重金属溶出防止処理（キレート剤）使用前の灰である。

含有量分析はX-ray fluorescence spectrometry (XRF, Epsilon5, Malvern PANalytical, UK) を用いた。XRF用のペレットは、図3-62のように試料台にPVCリングを置いて試料を敷き詰め、プレス機を用いて試料がペレット状になるまでプレスすることで作成した。ペレットは全て各試料3つずつ作成して分析し、含有量はその平均値より算出している。

標準物質には、NIST標準物質SRM2689 Coal Fly Ashを使用した。ペレットを作成時にBinderとしてセルロースを10%混合した。

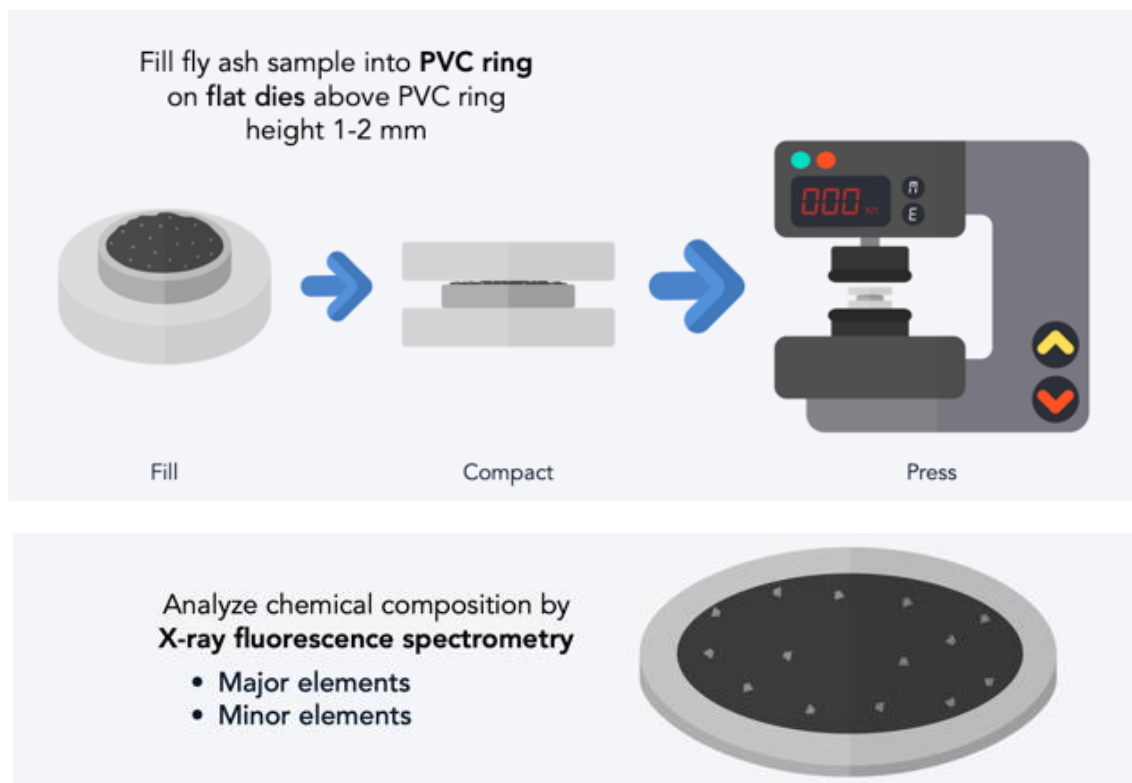


図 3-62 蛍光 X 線分析用ペレットの作成

以下表 3-19 に分析結果を示す。

表 3-19 含有量分析結果

	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	S	K2O	CaO	TiO2	MnO	Fe2O3	C	Total
	Conc. (%)												
P地区	5.56	0.58	1.95	56.63	0.41	1.17	3.92	34.85	0.33	0.01	0.19	7.90	113.49
Q地区	6.25	2.35	6.86	62.89	1.97	1.14	2.96	28.33	1.60	0.06	1.69	2.00	118.09
R地区	10.03	0.97	2.60	60.54	0.88	1.92	6.06	23.57	0.55	0.04	0.21	2.80	110.17
S地区	8.67	2.11	6.80	62.16	1.92	1.48	3.50	22.49	1.61	0.09	1.27	2.40	114.50
T地区	26.74	0.40	2.48	59.16	1.24	2.25	5.28	7.76	0.80	0.03	0.59	1.20	107.92
	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb	Sr	Cd	Sb	Ba	Pb
	Conc. (ppm)												
P地区	297.83	32.70	2.51	270.14	6348.19	33.74	1.09	102.36	377.47	38.63	538.63	210.26	859.58
Q地区	421.34	30.84	30.46	3162.49	6557.66	20.90	0.42	45.79	420.00	22.84	291.93	1122.58	573.31
R地区	388.37	32.35	8.25	749.57	13369.39	32.23	-0.54	156.15	435.48	121.00	1568.21	614.70	2003.52
S地区	528.17	32.57	33.43	4982.59	9173.43	30.48	-2.08	68.27	391.95	47.04	487.86	1082.73	1476.23
T地区	425.13	27.76	31.00	7675.51	15333.63	63.81	10.42	92.19	319.76	84.44	931.60	1162.57	4971.76

結果においてメジャー成分の合計 (Total) が 100%を超えているものは、Ca の含有量が、標準試料での検量線濃度よりもはるかに高いため、また Na は検量線がうまく引けていなかったことが原因だと考えられる。一般廃棄物では、紙ごみなどが多く、飛灰には多くの珪酸分が含まれ最

も主要な成分である（処理物に依存するが産業廃棄物の場合は全く異なる）。その他には、アルカリ剤の成分が含まれる。

マイナーな元素は、その日の投入物で大きく異なることが予想されるが、概ね一般的な傾向を踏襲しており、飛灰処理で最も注視される鉛については、熔融炉の濃度が他のタイプの炉に比較して高かった。

各元素をみてみると、環境基準などからは、As, Se, Cd, Pbと要監視項目であるNi, Sb が注視され処理されるべきである。加えて今回の分析で明らかなのは、Cu, Znなどがそれらよりも存在量が多いことである。一般にキレート処理の観点からは、Pbなどよりもイオン化傾向が大きいZnについては注視すべきであると考えられた。

(イ) 溶出量分析

溶出試験は、環境省告示13号試験の方法に準拠して行った（図3-63）。試料 $3.0000 \pm 0.0005\text{g}$ と超純水30mL（固液比1:10）を50mLの遠沈管に入れて蓋を閉め、振盪器を用いて200rpmにて6時間、水平振盪した。振盪後は、遠心分離機を用いて3,300rpmにて20分間遠心分離したのち、 $0.45\mu\text{m}$ のフィルターを用いて濾過し、得られた濾液をpH測定および定量分析に用いた。溶出試験は全て各試料3回ずつ同一条件で試験しており、pHおよび溶出濃度の値は平均値より算出している。



図 3-63 溶出試験の概略図

結果は以下の表 3-20 に示した。

pHは、炉の形式（+排ガス処理の運転条件）との関係があるかどうかは不明であるが、表面上はストーカー式の高く、13前後、流動床のS地区と熔融炉のT地区は10~11程度と低かった。

表 3-20 溶出量分析結果

Sample	pH	Zn (ppm)	Pb (ppm)	As (ppm)	Se (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Cd (ppm)	
P地区	1-1	13.00	3.16	8.525	0.165	0.935	0.155	0.855	0.015
	1-2	13.06	6.53	9.06	0.17	0.98	0.265	1.465	cannot be detected
	1-3	13.08	4.01	8.3	0.165	0.96	0.275	3.295	0.01
	Avg	13.05	4.57	8.63	0.17	0.96	0.23	1.87	0.01
	SD	0.04	1.75	0.39	0.00	0.02	0.07	1.27	0.00
	SE	0.01	0.58	0.13	0.00	0.01	0.02	0.42	0.00
Q地区	3-1	13.15	0.56	1.25	0.04	0.18	0.183	0.218	0.013
	3-2	13.15	0.41	0.818	0.04	0.181	0.149	0.112	0.002
	3-3	13.14	3.419	2.86	0.084	0.195	0.186	4.767	0.025
	Avg	13.15	1.46	1.64	0.05	0.19	0.17	1.70	0.01
	SD	0.01	1.70	1.08	0.03	0.01	0.02	2.66	0.01
	SE	0.00	0.57	0.36	0.01	0.00	0.01	0.89	0.00
R地区	4-1	13.05	7.1	60.73	0.21	1.46	0.34	2.24	0.01
	4-2	13.03	8.36	61.91	0.22	1.49	0.22	3.19	cannot be detected
	4-3	13.01	7.11	59.82	0.21	1.43	0.22	4.44	cannot be detected
	Avg	13.03	7.52	60.82	0.21	1.46	0.26	3.29	0.01
	SD	0.02	0.72	1.05	0.01	0.03	0.07	1.10	#DIV/0!
	SE	0.01	0.24	0.35	0.00	0.01	0.02	0.37	#DIV/0!
S地区	5-1	11.21	0.0395	0.0136	0.1496	0.6088	0.472	0.1564	0.0022
	5-2	11.25	0.0306	0.0122	0.1422	0.5978	0.4619	0.1459	0.0024
	5-3	11.22	0.0219	0.0098	0.1392	0.5991	0.4043	0.1318	0.0023
	Avg	11.23	0.03	0.01	0.14	0.60	0.45	0.14	0.00
	SD	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.04	0.01	0.00
	SE	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
T地区	6-1	10.65	0.608	8.83	0.189	2.062	4.067	4.922	0.049
	6-2	10.67	0.627	8.625	0.187	2.046	3.973	5.512	0.045
	6-3	10.67	0.705	8.523	0.189	2.066	4.045	5.11	0.051
	Avg	10.66	0.65	8.66	0.19	2.06	4.03	5.18	0.05
	SD	0.01	0.05	0.16	0.00	0.01	0.05	0.30	0.00
	SE	0.00	0.02	0.05	0.00	0.00	0.02	0.10	0.00

一般に、 Zn^{2+} イオンは水中で中和により pH6.5 程度から $Zn(OH)_2$ として沈殿する。 $Zn(OH)_2$ は両性で pH 14 付近で再溶解していくことが知られている。これを反映し、浸透により灰から一旦は出た亜鉛イオンは再沈殿するが、pH10 付近の方が pH13 付近よりも溶解度が低いことから、S 地区と T 地区の試料は低い値になっていると考えられる。

一方で、 Pb^{2+} イオンは同様に pH の上昇で水酸化物 $Pb(OH)_2$ を生成する。これは亜鉛よりも高く pH 7.5 で沈殿するが、やはり両性であるため、アルカリ側で再溶出する。pH10 程度から少しずつ溶解をはじめ、pH 13.0 以上では $Pb(OH)_3^-$ のような陰イオンを生じて再溶解することが知られている。このため、pH13 付近となる方の灰の溶出値は大幅に高い値になっている。

(ウ) 薬剤処理費削減便益の試算

環境省が示している薬剤処理費削減便益の検討方法は、鉛量 2,000mg/kg、キレート添加量 0.05%、キレート単価 200 円/kg (ただし、キレート単価は、今回の県内の調査では、この約 1.5 倍の単価であった) という条件下で、減量される鉛 kg に対して 5,000 円で計算することになっている。小型家電の焼却物への混入量を減らすことによる鉛量の削減であるが、この根拠となるデータは存在しない。いくつかのデータから推察するしかないが、以下のような仮定を試みて計算を行った。

- ・ 本年度2箇所で行った小型家電のイベント回収時に実施したアンケートでは、双方5%程度が可燃ごみに捨てると回答した。(ただしアンケート回答母数は各所で100人程度)
- ・ 過去のデータから、鉛フリー化前の廃小型家電の鉛含有量は全体で0.4%程度であった
- ・ 環境省ツールでは焼却時の鉛の飛灰移行率を32%としている。

埋立処分費用削減便益の算定と同様に、人口が20万人クラスの自治体(市町村・一部事務組合)で、ほとんど小型家電に対処していないケースでは、年間で900t程度の小型家電が発生し、そのうちのある割合が可燃物に入っていたものを不燃物側に移行することで期待される鉛量は、 $900,000\text{kg} \times 0.05 \times 0.004 \times 0.32 = 58\text{kg}$ と計算できる。単純なケースとして、これに薬剤単価の5,000円をかけて得られる解は、約30万円/年であり処分場の便益に比べて大幅に少ない。

なお、今回のサンプルで、人口20万人をカバーしているのは、Q地区である。Q地区の鉛含有量は約570mg/kg、亜鉛は約6,560mg/kgであった。飛灰の量については、今回のアンケートでは正確に把握はしていないが、年間2,000t程度と推定できる。飛灰中に含有する鉛と亜鉛はそれぞれ、年間約1,100kg、約13,100kgと推定されるが、前述の小型家電の混入に起因する鉛量は、このわずか5%程度しかないことになる。

すなわち、重金属がどこから混入するかを検討し、その削減可能性を考えることが、本来の薬剤削減のために検討すべき事項であると考えられた。

(エ) 薬剤処理費削減便益の可能性の検討

環境省の示している検討方式は、小型家電の削減量からのみ計算を行うものである。今回は県内数カ所の灰を計測したことにより現実に近い検討が可能になった。以下表3-21は、各所の分析データを含有量と溶出量の関係でまとめたものである。

表 3-21 含有組成および溶出試験結果

		Zn	Pb	As	Se	Cr	Cu	Cd
P地区	ストーカー							
含有量	mg/kg	6348.2	859.6	33.7	1.1	297.8	270.1	38.6
溶出量	mg/L	4.57	8.63	0.17	0.96	0.23	1.87	0.01
溶出率	%	0.72	10.04	4.94	880.01	0.78	6.93	0.32
Q地区	ストーカー							
含有量	mg/kg	6557.7	573.3	20.9	0.4	421.3	3162.5	22.8
溶出量	mg/L	1.46	1.64	0.05	0.19	0.17	1.70	0.01
溶出率	%	0.22	2.87	2.62	443.12	0.41	0.54	0.58
R地区	ストーカー							
含有量	mg/kg	13369.4	2003.5	32.2	-0.5	388.4	749.6	121.0
溶出量	mg/L	7.52	60.82	0.21	1.5	0.26	3.29	0.01
溶出率	%	0.56	30.36	6.62	-2723.9	0.7	4.4	0.1
S地区	流動床							
含有量	mg/kg	9173.4	1476.2	30.5	-2.1	528.2	4982.6	47.0
溶出量	mg/L	0.03	0.01	0.14	0.6	0.45	0.14	0.00
溶出率	%	0.00	0.01	4.71	-289.8	0.84	0.03	0.05
T地区	流動式溶融炉							
含有量	mg/kg	15333.6	4971.8	63.8	10.4	425.1	7675.5	84.4
溶出量	mg/L	0.65	8.66	0.19	2.1	4.03	5.18	0.05
溶出率	%	0.04	1.74	2.95	197.5	9.48	0.68	0.57

今回の分析結果をみてわかることは、先に述べたように、溶出値に最も大きな影響を及ぼすのは、pHであることがわかる。pHが溶解度の最も少ない範囲に収まっているS地区とT地区の試料では溶出量は少ない。適正な条件下で行うことによって、灰の溶出性はかなり押さえられ、重金属溶出防止剤の使用も押さえられる可能性がある。

亜鉛と鉛に限って言えば、最適条件は、最も溶解度が低いpH10~11程度に灰のpHをコントロールすることがキレート剤の最小使用のための条件として考えられる。前段の酸性ガスの中和においてアルカリ剤を過剰に入れた場合にpHが高くなり、溶出量が増すことでキレート剤使用量も多くなる。この際、一般的に含有量が多い亜鉛は鉛よりもわずかに低いpHで溶出を開始し、鉛よりも先にキレート剤を消費することとなる可能性があることにも注意しなくてはならない。この条件は、非常にデリケートであると考えられるので、一般的な操業では、処理の安全を考慮して一定量のキレート剤を添加することが行われる。県内で試料を入手した5カ所のいずれの施設においても0.04%~0.05%程度を定常的に使用していた。

民間の運転例では、連続運転中において、キレート剤混練後の処理灰の未反応キレート剤の濃度を吸光光度法により把握して、未反応の薬剤をみて添加量をコントロールする例もあり、より

厳格な pH コントロールとキレート剤管理で、小型家電と切り離して薬剤削減の可能性があると考えられた。

そこで、溶出挙動に関していくつかの探索試験を行った。一つは、溶出の挙動を把握するための試験であり、もう一つは実際にキレート剤を添加した試験である。

一つ目は経時変化を見ることで溶出挙動を把握することを試みた。実験方法は、純水 300mL + 飛灰試料 30g (固液比 (L/S) =10) をビーカーに入れ、スターラーを用いて一定の速度で攪拌させ、2mL ずつサンプリングするもので、サンプリングの時間は 0.5, 1, 3, 5, 10, 20, 40 分, 2, 6, 18, 24, 48, 72 時間で行った。試料は灰の性質が異なると考えられるストーカーのものから一カ所 (P 地区) と、溶融炉のもの (T 地区) を使用した。以下にその溶出関連のデータを示した (図 3-64)。

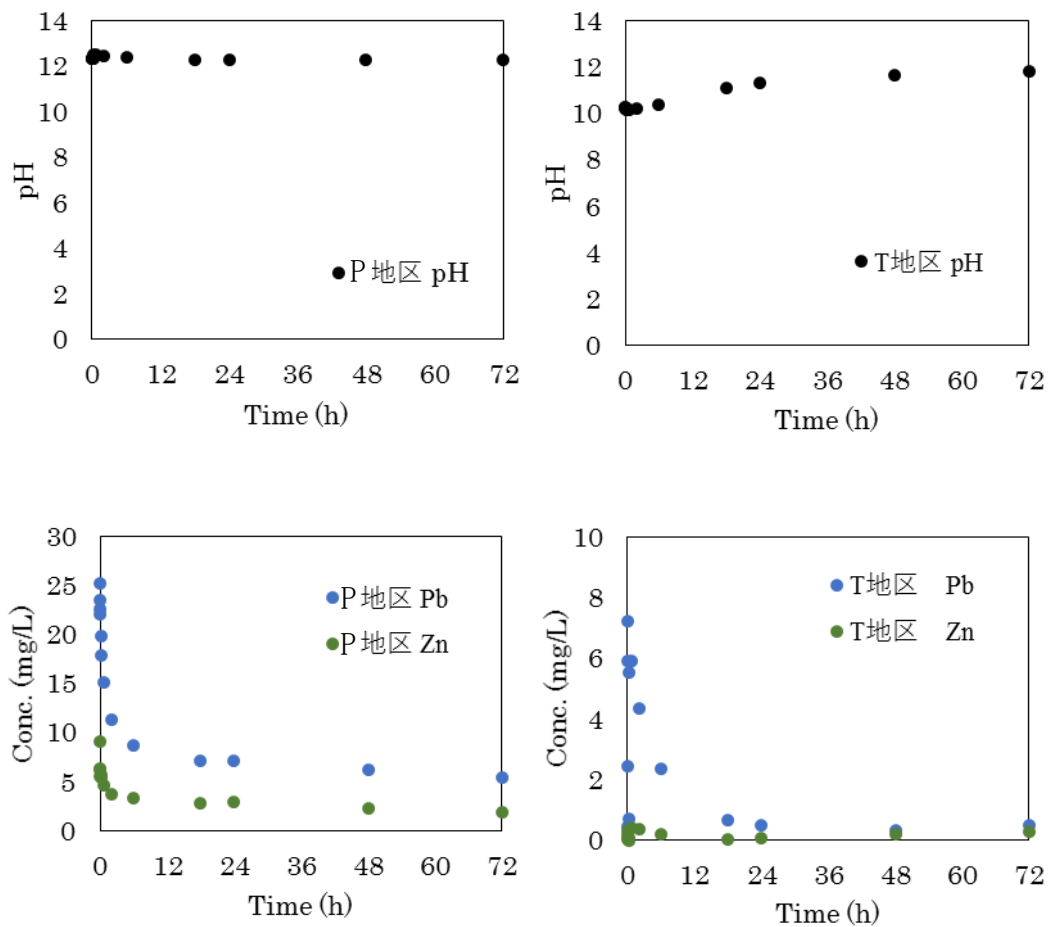


図 3-64 溶出分析結果

前述の化学分析から明らかである通り、P 地区のような pH が当初より高かったものは、溶出量は初期の値が高く、そこから経時的に減少していくことが確認できた。また、pH に大きな変化はなかった。キレート剤等は出てきたイオンをトラップしていくものと思われるが、最初に出てくるものを押さえれば、その後は大きく消費しないと考えられた。

しかし、T 地区の試料に関しては、溶出の絶対値は P 地区のものと比較すると当初から小さかった。ただし、最初の短い時間帯で溶出量は減少するが、その後再び増加することも確認された。

また時間経過に伴って、溶出の pH も上昇した。以下の図 3-65 に 6 時間までの挙動を拡大したものを示す。

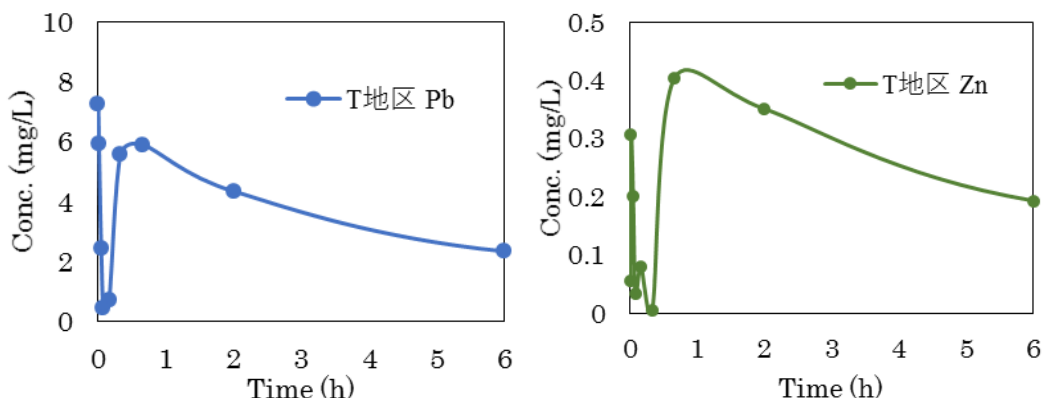


図 3-65 6 時間までの挙動

この現象の解釈としては、先に述べたように、最も安定していたと考えられる pH の範囲で固定されているものであっても溶出試験では溶出してしまうので、その後のキレート剤による安定化などは、最終処分場に埋め立てを行うために重要であることを示唆している。

一般的な飛灰などの特性では、基本的に溶出液の pH が高い=Ca 含有量/溶出量が大きい、pH が低い=S 含有量/溶出量が大きいという関係性が他の研究で認められており、今回の試料でも同様の関係性が認められた (図 3-66)。

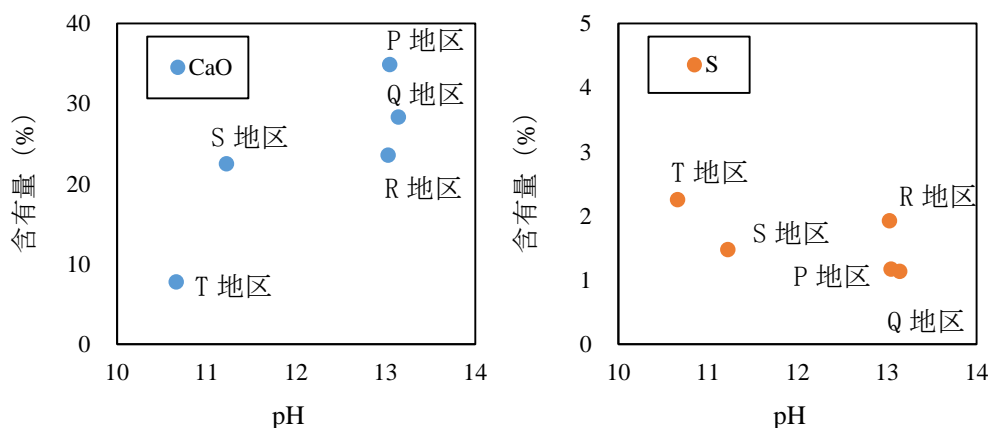


図 3-66 pH vs. CaO および S 含有量プロット

P 地区のような pH が高い (Ca が多い) 試料では、時間をかけて溶出量が低減していくのは、試料中の Ca が水溶液中に溶け出して過飽和になり、Ca 化合物や鉱物がゆっくりと形成され、同時にそれら鉱物に重金属が取り込まれている現象が起こることが他の研究で知られている。

一方で、既往の文献からは、T 地区のような pH が低い pH<11 (=Ca が少ない) 試料では、①水接触と同時に粒子表面にいる重金属類が水溶液中に溶出、②その後、CFA 粒子表面の Al, Ca 化合物に吸着/沈殿、③時間経過に伴い Al 化合物は溶解, Ca 化合物も溶出, 同時に重金属も溶出、④pH≤10.7 で形成される ettringite ($\text{Ca}_6[\text{Al}(\text{OH})_6]_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$, 重金属を取り込む性質がある) により重金属の固定化 (=不溶化) が起こっていると考えられている。

次に行ったのは、キレート剤を用いた処理試験である。
 実験用としてキレート剤2種類で、同じ灰（P地区）を使用して比較した。

キレート剤1：コウエイキレート500

キレート剤2：アッシュワンL-800

キレート剤1のコウエイキレート500は、ジカリウム=ピペラジン-1, 4-ビス（カルボジチオアート）である。化学式は図3-67の通りである。

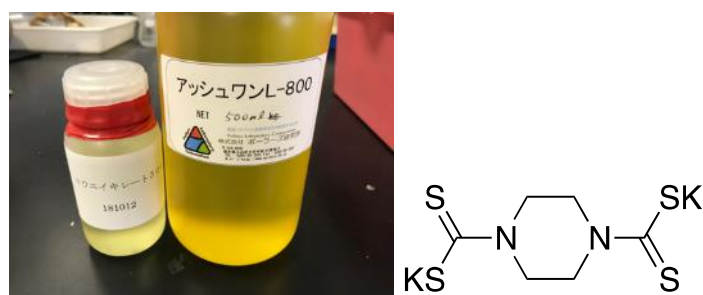
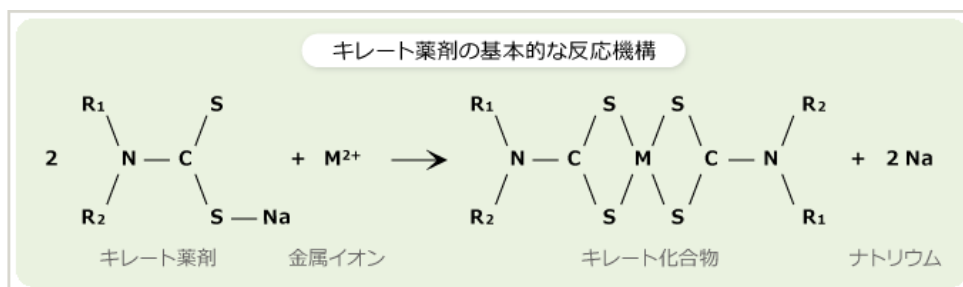


図3-67 コウエイキレート500（キレート剤1）

また、キレート剤2のアッシュワンL-800は、販売会社のHPより図3-68の情報があつた。



（引用：株式会社ポーラーズ研究所HP， <http://www.pollars.co.jp/hihai.html>）

図3-68 アッシュワンL-800（キレート剤2）

コウエイキレート500のpHはメーターが振り切れるほどであったためpH14以上の強アルカリ性で、アッシュワンも同様であった。

以下、表3-22、表3-23にキレート剤処理試験結果を示す（いずれも灰はP地区のものである）。

表 3-22 キレート処理試験結果（キレート剤 1）

コウエイキレート 500										
Sample	添加量	pH	Zn (ppm)	Pb (ppm)	As (ppm)	Se (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Cd (ppm)	
P地区試料	0.10%	1-1	13.01	2.172	4.341	0.119	0.872	0.281	1.235	0.008
		1-2	13.06	0.885	3.471	0.12	0.899	0.25	0.477	0.001
		1-3	13.06	1.302	3.549	0.119	0.888	0.231	0.217	0.002
		Avg	13.04	1.45	3.79	0.12	0.89	0.25	0.64	0.00
		SD	0.03	0.66	0.48	0.00	0.01	0.03	0.53	0.00
	SE	0.01	0.22	0.16	0.00	0.00	0.01	0.18	0.00	
	0.50%	1-1	12.96	0.57	1.969	0.116	0.855	0.257	0.064	0.001
		1-2	13.06	0.55	1.817	0.118	0.864	0.264	0.007	0.001
		1-3	13.07	0.751	2.154	0.121	0.917	0.229	0.855	0.001
		Avg	13.03	0.62	1.98	0.12	0.88	0.25	0.31	0.00
		SD	0.06	0.11	0.17	0.00	0.03	0.02	0.47	0.00
	SE	0.02	0.04	0.06	0.00	0.01	0.01	0.16	0.00	
	1.00%	1-1	13.03	0.621	1.962	0.117	0.865	0.197	0.113	0.001
		1-2	12.99	0.598	1.584	0.1	0.757	0.196	0.356	ND
		1-3	12.97	0.618	1.918	0.12	0.888	0.241	0.013	ND
		Avg	13.00	0.61	1.82	0.11	0.84	0.21	0.16	0.00
		SD	0.03	0.01	0.21	0.01	0.07	0.03	0.18	ND
	SE	0.01	0.00	0.07	0.00	0.02	0.01	0.06	ND	
	5.00%	1-1	12.96	0.649	0.017	0.118	0.881	0.041	0.068	0.001
		1-2	13.04	0.596	0.001	0.122	0.882	0.198	0.247	ND
1-3		12.98	0.659	0.012	0.123	0.906	0.055	0.38	0.001	
Avg		12.99	0.63	0.01	0.12	0.89	0.10	0.23	0.00	
SD		0.04	0.03	0.01	0.00	0.01	0.09	0.16	0.00	
SE	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.00		

表 3-23 キレート処理試験結果（キレート剤 2）

アッシュワソL-800										
Sample	添加量	pH	Zn (ppm)	Pb (ppm)	As (ppm)	Se (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Cd (ppm)	
P地区試料	0.10%	1-1		1.168	3.375	0.118	0.84	0.219	0.003	ND
		1-2		0.805	3.518	0.125	0.897	0.229	0.054	ND
		1-3		0.616	3.695	0.13	0.909	0.236	0.166	0.001
		Avg	—	0.86	3.53	0.12	0.88	0.23	0.07	0.00
		SD	—	0.28	0.16	0.01	0.04	0.01	0.08	ND
	SE	—	0.09	0.05	0.00	0.01	0.00	0.03	ND	
	0.50%	1-1		0.775	3.44	0.13	0.942	0.217	0.004	ND
		1-2		0.699	3.112	0.128	0.942	0.212	0.065	0.001
		1-3		0.861	2.114	0.133	0.912	0.257	0.003	0.001
		Avg	—	0.78	2.89	0.13	0.93	0.23	0.02	0.00
		SD	—	0.08	0.69	0.00	0.02	0.02	0.04	0.00
	SE	—	0.03	0.23	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	
	1.00%	1-1		0.934	2.107	0.13	0.89	0.249	0.08	0.001
		1-2		1.215	2.653	0.129	0.904	0.195	0.148	0.006
		1-3		1.351	1.427	0.137	0.929	0.231	0.044	0.001
		Avg	—	1.17	2.06	0.13	0.91	0.23	0.09	0.00
		SD	—	0.21	0.61	0.00	0.02	0.03	0.05	0.00
	SE	—	0.07	0.20	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	
	5.00%	1-1		1.054	0.017	0.143	0.982	0.201	0.1	0.001
		1-2		0.962	0.027	0.139	0.92	0.164	0.043	ND
1-3			1.007	0.365	0.144	0.939	0.171	0.55	0.026	
Avg		—	1.01	0.14	0.14	0.95	0.18	0.23	0.01	
SD		—	0.05	0.20	0.00	0.03	0.02	0.28	0.02	
SE	—	0.02	0.07	0.00	0.01	0.01	0.09	0.01		

この結果の通り、同じキレート剤使用量の場合、キレート剤 1の方が溶出を抑制する効果が高かった。従って、入手できたキレート剤 2種類のうち、キレート剤 1を使用して、入手した 5種類の灰に対して添加濃度を変えて混練操作を行い、その後の溶出量を分析した。その結果を以下に示す（図 3-69～図 3-73）。

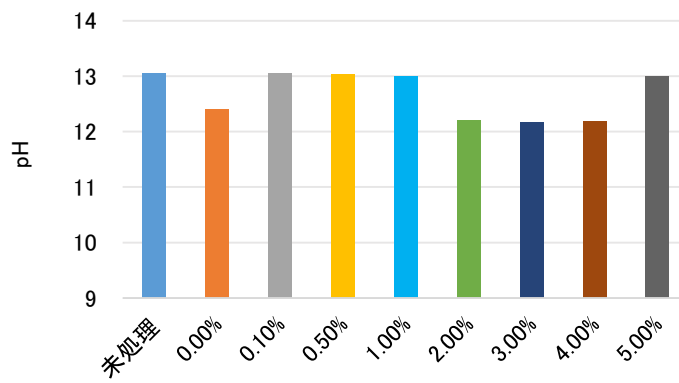
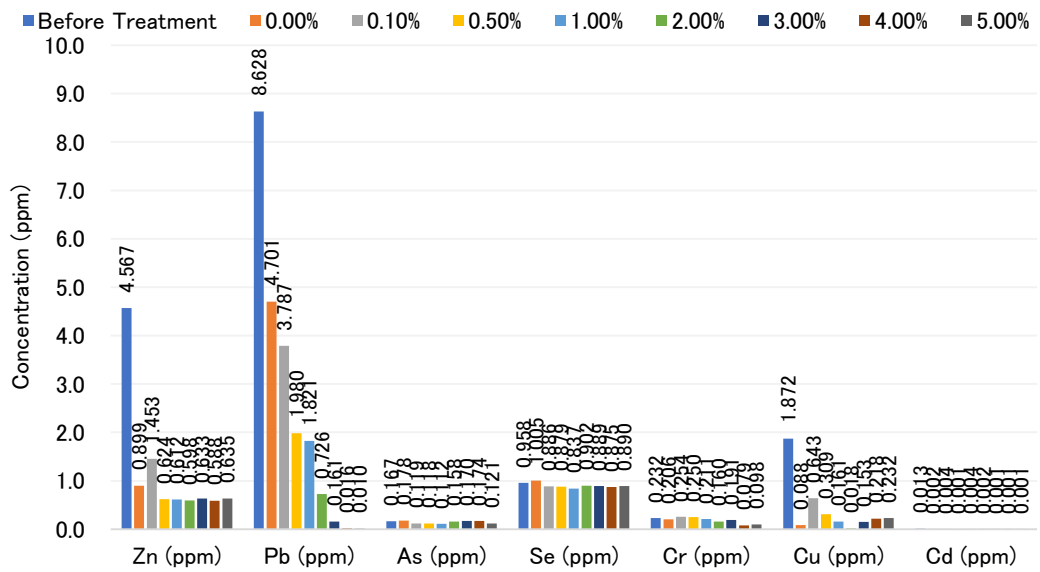


図 3-69 P 地区 (キレート剤 1)

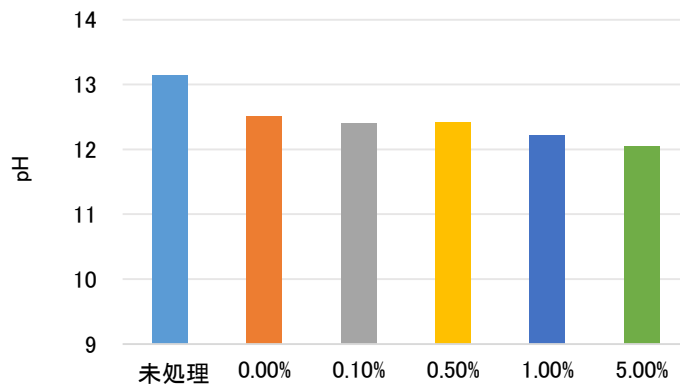
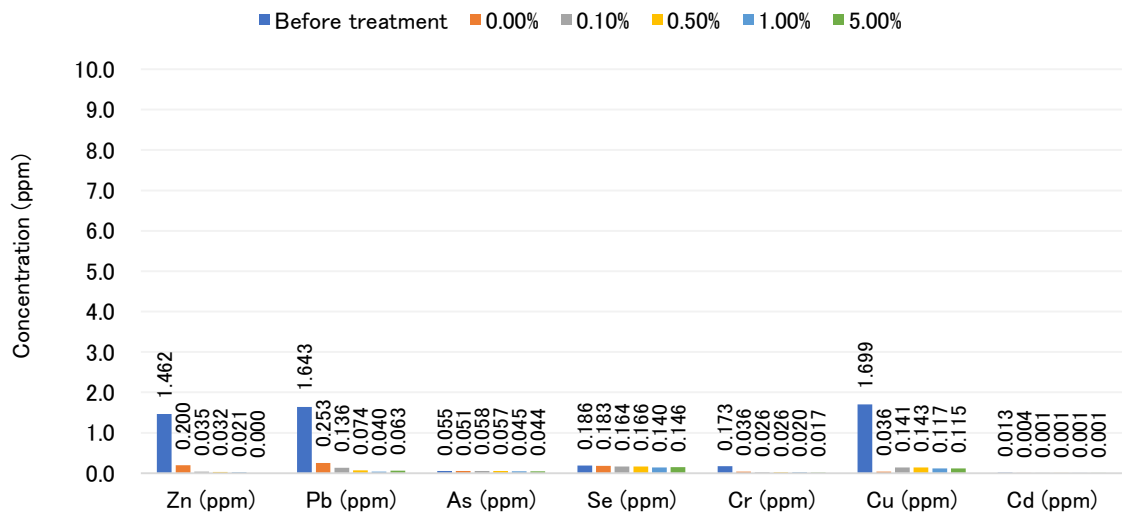


図 3-70 Q 地区 (キレート剤 1)

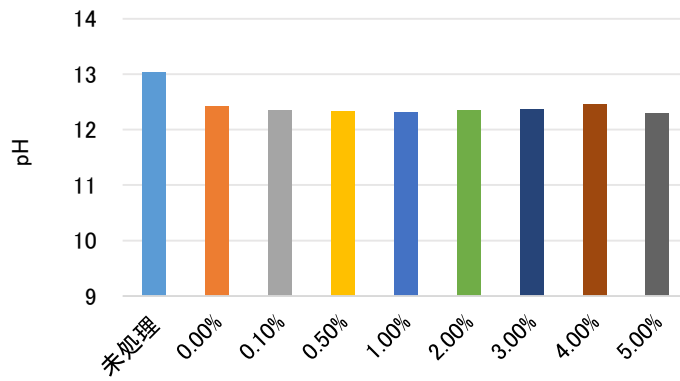
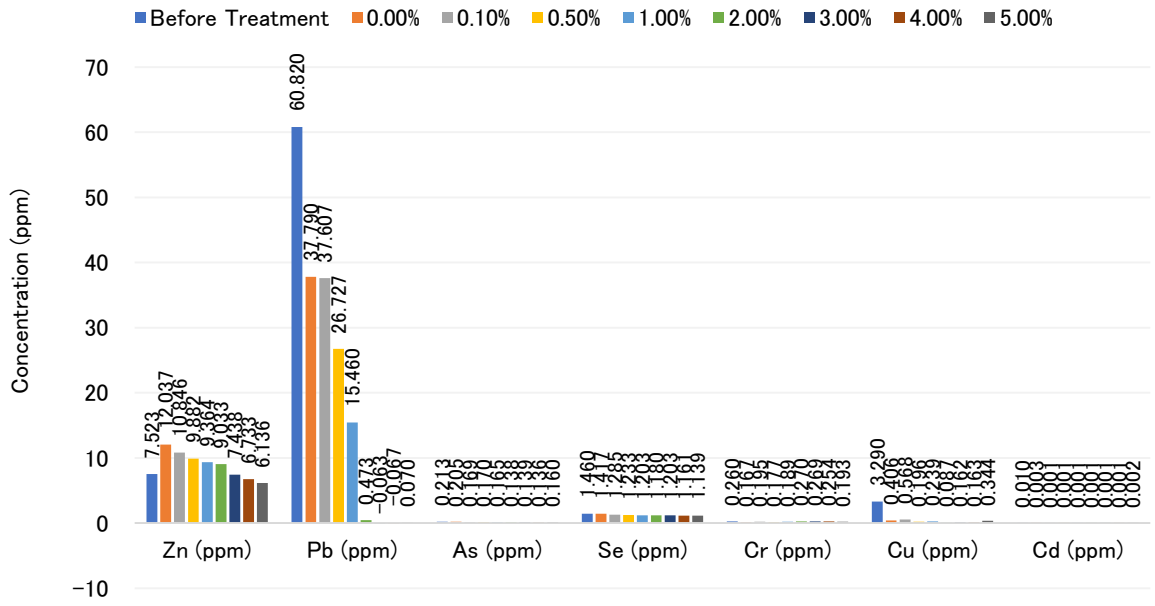


図 3-71 R 地区 (キレート剤 1)

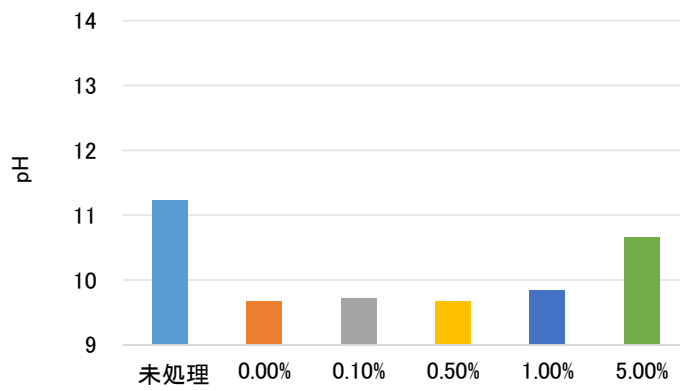
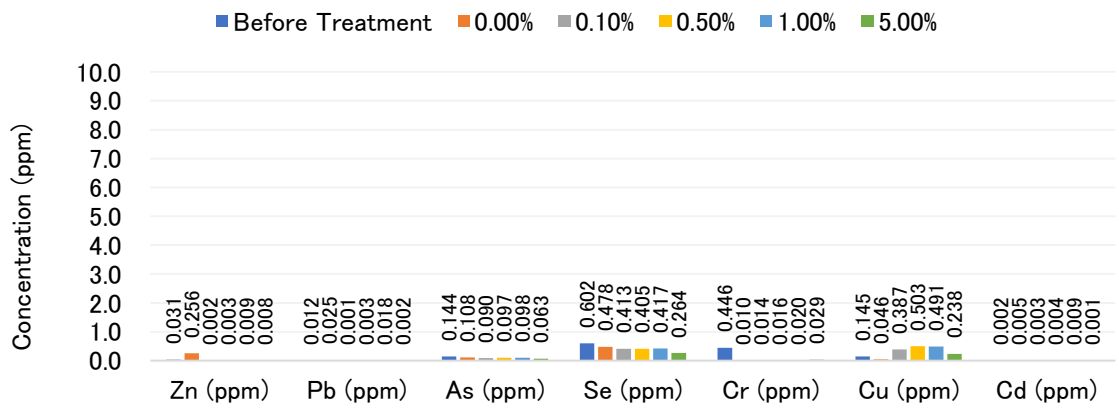


図 3-72 S 地区 (キレート剤 1)

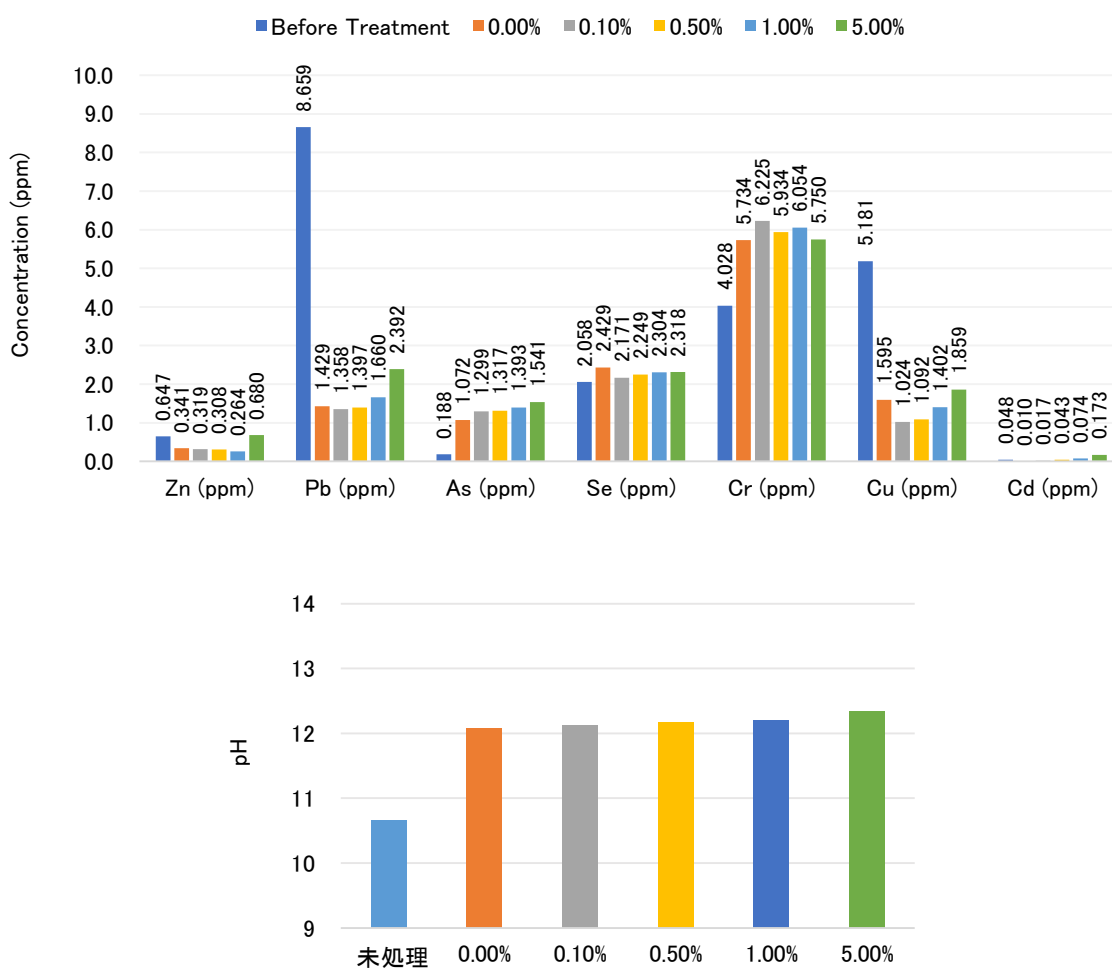


図 3-73 T 地区 (キレート剤 1)

ここで、0%はキレート剤を添加せず、水だけを混練して養生したものである。一般に灰類は、水分を与えて時間を置けば安定化してくることが知られており、今回もそれを確認することができた。S 地区については、当初よりほとんど溶出が見られなかった。

一般に石炭灰や飛灰の場合は、水添加によってポズラン反応（主成分である SiO_2 と Al_2O_3 が水添加によって生成される $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と反応）が起こり固化することが知られている（図 3-74）。さらに、先述のように Ca 量が過飽和であり、pH がおよそ 11 以上の場合は、上述の ettringite ($\text{Ca}_6[\text{Al}(\text{OH})_6]_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$) や calcite ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) などの Ca 鉱物が形成され、重金属の不溶化が起こっていると考えられる。

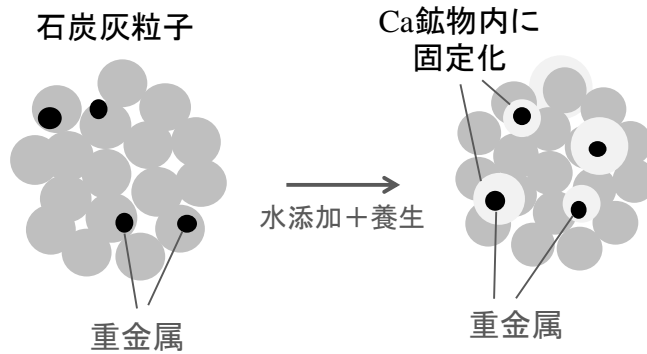


図 3-74 ポズラン反応

キレート剤は明確に一定の効果を示し、最も除去対象とする鉛の溶出を押さえることができている。この際、注目したいのは亜鉛であり、P 地区の試料が最も顕著であるが、亜鉛の方が鉛よりも早く反応し、亜鉛が収まらないと鉛も十分に下げられないことが示唆された。これはイオン化傾向が亜鉛の方が大きいことに起因するものと考えられる。すなわち、環境基準として管理すべき鉛にフォーカスされがちであるが、同時に鉛よりも含有量が多い亜鉛の挙動に関して、薬剤の反応の面からも注視すべき事が示唆される。

pH の変化を見ると、水添加だけの場合、各所の灰は多少ばらついたが、キレート剤 1 の添加量を増やすと、pH12 付近に近づいていくことがわかる。これは先の 4 カ所の灰では下がる傾向で、T 地区の灰では上がる傾向があった。この理由としては、おそらく、キレート剤が強アルカリであることから、安定範囲であった pH を変えてしまっている可能性が考えられた。T 地区の試料では、それに伴い溶出量の増加が認められたこともあり、キレート剤の性質ではないかと考え、もう一方のキレート剤 2 を使った試験も行った(図 3-75)。

その結果、溶出量は鉛のみキレート剤の添加を増やすほど増加する結果となった(亜鉛などにはその傾向がない)。この結果からは、各灰の性状に応じて、あるいは前段の中和処理の状況に応じてキレート剤の種類を選択は非常に重要であると推察される。

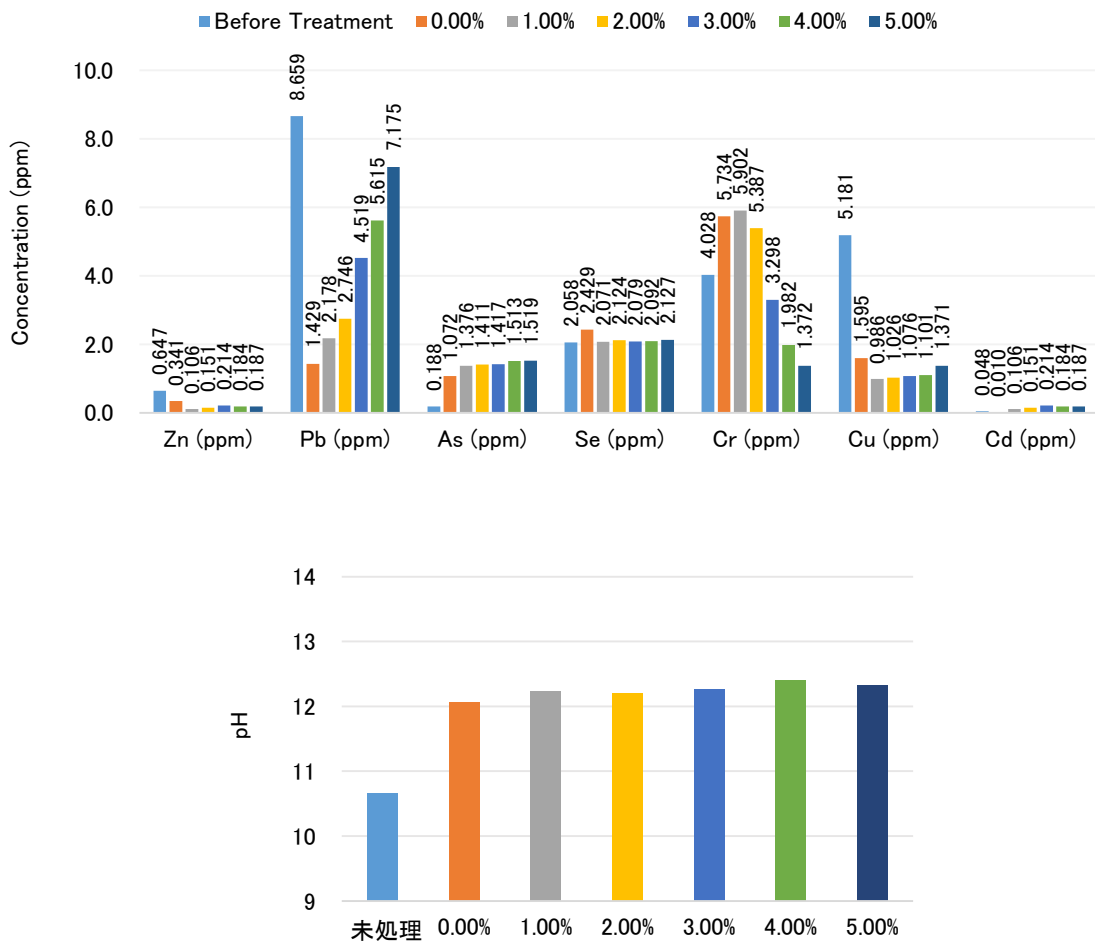


図 3-75 T 地区 (キレート剤 2)

● 薬剤処理費削減のための重金属負荷低減の可能性

今回の実際の灰を使った検討においては、環境省の指示にあるようなキレート剤削減効果というよりは、中和から始まるガス処理全体の調整を検討しなければ明確な効果が出ないことが示唆された。

各焼却炉での運転条件については、小型家電の収集と直接的に結びつかない側面であるので、次に実際の灰の濃度に直接影響を及ぼす鉛と亜鉛の混入源について考察した。

JOGMEC が毎年出している、鉱物資源マテリアルフロー2017

http://mric.jogmec.go.jp/wp-content/ebook/201803/5ab321a5/material_flow2017.pdf

には、各年度の鉛等の金属の需要と供給が記載されている。

2016年の鉛供給量は308,000tであり、主な用途は鉛蓄電池、無機薬品、ケーブルの被覆、はんだ、鉛管板など多岐に渡り、鉛フリーでないはんだも未だ存在する。

バッテリー（鉛蓄電池）は最大の使用先であるが、一般廃棄物焼却炉に入る可能性は低い。医療系の放射線遮蔽や工業用の防音材なども量が多いが、一般廃棄物への混入確率は低い。その他は、無機薬品として記載されており、一酸化鉛としてはガラスへの添加が行われていたブラウン管TVの電磁遮蔽の用途が最大であったが、現在でも屈折率を高めるためや、加工性を良くする

ためにガラスへの添加は行われている。蛍光灯のガラスなどにも多いと言われている。さらに、熱安定性・電気絶縁性が高いため被覆線の塩化ビニル樹脂の安定剤や耐候性が高いことから、窓枠、その他白色顔料として塗料などに使用されてきた。

これら蛍光管ガラスやプラスチック、塗料に含まれる鉛については、焼却炉に混入する可能性が高いものであるが、各種規制（例えばEUのRoHS指令など）により使用量は減少しつつある。特にこの制約は、人に触れる可能性のあるものをターゲットとしており、代替が進んだことから、国内では少なくとも室内品の新規製品には、ほとんど使われていないと考えられ、そこからの一般廃棄物への混入の可能性は低いと考えられる。

この課題に対しては、国立環境研究所の文献に記載がある（「生活用品の鉛含有量と可給態鉛量」、https://www.jstage.jst.go.jp/article/jec/27/1/27_9/_pdf/-char/ja）。

この研究では電子・電気機器の電源ケーブルや延長コード等電気用品44試料の鉛含有量を調査し、RoHS指令制定前の9試料からは鉛の使用を確認している。結論として、鉛から非鉛系への代替は進んでいるものの、鉛に関する法規制が行われる以前に製造された製品や、日本と同等の鉛規制が適用されていない国で生産された製品で、塗料やPVCが使用されているものの中に、鉛含有製品が存在することが示唆されたと結論づけている。

また、その他の生活用品中の鉛に関して、安価な鋳造のペンダント、メダル、バッジ、ネックレスなどのアクセサリーには、低融点・低価格であることから鉛を含む錫合金（ホワイトメタルと通称される）が用いられる場合があること、金属小物のベースに使われる黄銅には切削性を良くする目的で鉛が添加されているものがあることも紹介されている。実際に、このようなものに対しては、業界でも対応すべきものになっており、取組みも紹介されている

(<http://www.daiomfg.co.jp/environment/rohs.html>)。

これらの金属小物は、通常不燃ごみに入れられることは少ないと思われ、実際に今年度、本事業で行った展開試験でも大量の混入は認められなかった。従って、可燃物側に入ってしまう可能性が高いと考えられる。

一方、亜鉛の用途は鉛と比較して非常に広い。鉄の防食用にメッキ類、顔料で我々の周辺で広く一般的に使われている。また、亜鉛は銅との合金である真鍮・青銅等の伸銅品用にも用いられている。真鍮は銅60%、亜鉛40%の合金である。これらの合金は電子機器の板材や管材、その他の各種部品に用いられている。また、融点が低く加工しやすい特徴を活かして、ダイカストや鋳造品にも用いられている。ダイカスト部品は自動車、家電製品、通信機器などの精密部品や工業用品から玩具、食器類、ドアノブなどの日用品に幅広く用いられている。さらに、酸化亜鉛、塩化亜鉛などとしてゴム製品、フェライト用原料、乾電池、農薬、無機薬品用途としても広く活用されている。

このような用途から亜鉛は我々の生活に密着して存在するため、一般廃棄物への排出の可能性が高い。排出可能性の中で、大きな金属部材（鉄の亜鉛メッキ）、真鍮、ダイカスト等大きなものは不燃ごみに混入すると考えられる。しかし、非常に小さな製品・部品やアクセサリーのようなもの、あるいは顔料や塗料は、可燃物に混入する頻度が高く、この混入確率の高さを反映した結果が、今回の分析結果で飛灰に亜鉛が多く含まれていた要因と考えられる。

亜鉛が使われている小さな製品の中で、焼却炉の負荷として最も大きいのは、一次電池と考えられる。ニッカド、ニッケル水素、リチウム、鉛などの二次電池には使用が少ないが、以下のよ

うに一次電池にはほとんど亜鉛が使われている（電池工業会の資料より：
<http://www.baj.or.jp/knowledge/structure.html>）。

※ マンガン乾電池

歴史が古く、世界で最も多く使われている電池である。懐中電灯やリモコン、小さな電力で動く置時計などに使用されている。

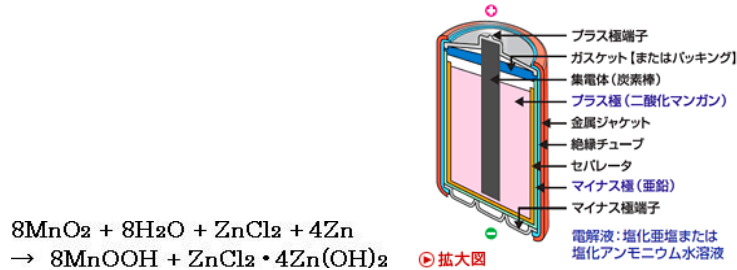


図 3-76 マンガン乾電池の構造

※ アルカリ乾電池

強力で、マンガン乾電池の約 2~5 倍長く使用できる。大電流が必要な機器、デジタルカメラや電動おもちゃなどモーターを連続使用する機器に向いている。

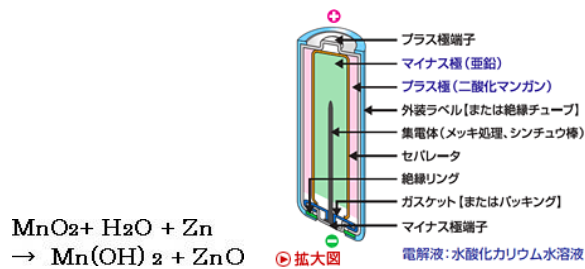


図 3-77 アルカリ乾電池の構造

※ 空気亜鉛電池

正極材料に空気中の酸素を使う省資源の電池。補聴器や気象観測用の分野で利用されている。

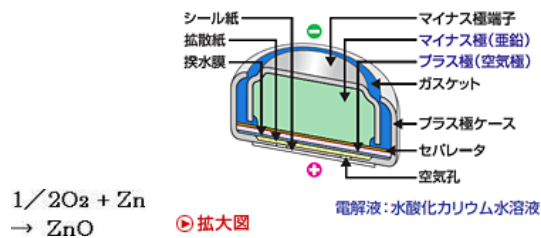


図 3-78 空気亜鉛電池の構造

※ 酸化銀電池

初期電圧の保持が可能で、カメラの露出計、クォーツ時計などの電子機器に使用されている。

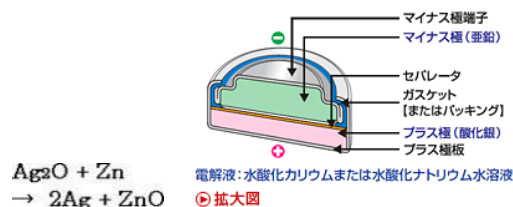


図 3-79 酸化銀電池の構造

一般廃棄物へ乾電池が廃棄された場合、回収されれば自治体から処理先に送られることになる。公益社団法人全国都市清掃会議の「平成 29 年度使用済み乾電池等の広域回収・処理計画実施状況報告」(<http://www.jwma-tokyo.or.jp/asp/activity/kandenti/houkoku.pdf>)によれば、県内における会員は 14 (仙台市、石巻市、塩釜市、気仙沼市、栗原市、東松島市、富谷市、大和町、女川町、南三陸町、仙南地域広域行政事務組合、黒川地域行政事務組合、宮城東部衛生処理組合、亶理名取共立衛生処理組合)であるが、そこから回収される回収量は、青森 (77t)、岩手 (232t)、宮城 (81t)、秋田 (116t)、山形 (204t)、福島 (43t) と東北の中でも多くはない。

二次電池は大型のものも多く、充電可能であることから、機器の廃棄時に一緒に廃棄される場合が多い。一方一次電池の場合は、一定の使用後にそれらが単独で廃棄される。また、これらは上記の電池の種類の説明にあるように一般的に小型機器に使用される。電池本体や電気機器は小型になればなるほど、安易に可燃ごみとされてしまうことが多いと考えられ、灰の重金属含有量増加の要因となっていると考えられる。

各所からの飛灰の試験結果から、焼却灰中の重金属は各所で含有量も溶出挙動も異なった。これらを安定的に管理するためには、既に各所で最適化が図られている可能性があるものの、ガス処理系統の中和処理や重金属溶出防止剤 (キレート剤) との関係性を、個別に検討する必要性が示唆された。

結論として、環境省の示した試算方式を使って、小型家電の分別回収による効果について、焼却炉への混入可能性を仮定して行ったが、薬剤処理費削減便益 (キレート剤) は非常に少額であった。一方で、各所の焼却灰の分析の結果、重金属等の含有量が、P 地区、R 地区、S 地区は低めであり、S 地区に関しては溶出も少なかった。S 地区で含有量に対して溶出量が低いのは、先に述べた pH 要因とともに炉の形式の違いによる可能性もある。

ごみの詳細

区分	留意事項	出せないもの
缶類	必ず中身をきれいに使い切ってから。 軽く水洗いをして出してください。 菓子缶、缶詰のふたも可。	乾電池、一斗缶以上
ビン類	必ず中身をきれいに使い切ってから。 必ずふた（キャップ）をとって、すすいでから出してください。 ワンカップも可。	セトモノ、ふた（キャップ） 農薬、劇薬のビン 蛍光灯、電球
新聞広告 雑誌古本 ダンボール	種類ごとにひもで十字に縛る。（袋に入れて出さないでください） 荷崩れしないように、きつく縛ってください。 新聞紙と広告是一緒でかまいません。 本類は同じサイズ毎に縛る。 雨の日は出さないでください。	ビニールの被覆があるもの。
布類	ひもで十字に縛る。 雨の日は出さないでください。	綿入れ 毛糸類 革のジャンパー ふとん カーペット 毛布 カーテン
紙パック	軽く水洗いをし、開いて乾燥させる。 ひもで十字に縛る	内側がコーティングされているもの ※燃やせるごみの日に ごみ指定袋 に入れて出す。
ペットボ トル	 このマークのついた飲料用ボトルのみ 必ず中身をきれいに使い切ってから。 軽く水洗いをして出してください。 ラベルを取り外して出してください。	PET以外のプラスチック製の容器やプラスチック製のキャップはプラスチック製ボトル容器のコンテナに出す。

プラスチ ック製ポ トル容器	中身を使い切って、軽く水洗いをする。 ポンプ類は外して燃やせるごみへ。	農薬等のボトル容器
スプレー 缶	キャップなどのプラスチック部分ではずせるものは外す。 スプレー缶は必ず全部使い切ってから穴をあけて出してください。（火災の原因となります）なお、スプレー缶に穴をあける際は、屋外の風通しの良いところで十分気をつけて行ってください。	農薬等のスプレー缶
紙箱	菓子、ティッシュペーパー、ラップ、贈答品、石鹸の箱など、商品が入っていた紙箱類でビニール部分、金属部分などは取り除き、切り開くか、つぶしてひもで十字に縛って出してください。 小さな箱類は、飛び出さないように中に入れてください。	内側がコーティングされているものや食品などの付着がひどいものは燃やせるごみの日にごみ指定袋に入れて出す。
紙袋	スーパー、デパート、小売店の紙袋など、商品が入っていた紙袋類 取っ手やその取り付け部分のビニール、粘着テープなどは取り除き、折りたたんでひもで十字に縛り、出してください。	内側がコーティングされているものや食品などの付着がひどいものは燃やせるごみの日にごみ指定袋に入れて出す。
包装紙	スーパー、デパート、小売店の包装紙など、商品が包んであった包装紙類 粘着テープなどは取り除き、ひもで十字に縛り、出してください。	内側がコーティングされているものや食品などの付着がひどいものは燃やせるごみの日にごみ指定袋に入れて出す。
プラスチ ック製キ ャップ	ペットボトルのキャップなどプラスチック製のキャップは透明の袋に入れ縛って、プラスチック製ボトル用コンテナ（ネット付）に入れてください。	金属製のキャップは缶類へ、プラスチックのポンプ類、コルク栓及び汚れの付着しているキャップは燃やせるごみに出してください。
小型の金 属類	ナベ、釜、ヤカン、ペンチなどの工具類で最長部分が概ね40センチメートル以内のもの。 クリップやヘアピンなどの小物は透明な袋に入れて出してください。	家電製品や40センチメートルを超えるもの 刃物や先端のとがったもの 中身の入った容器 ※燃やせないごみ指定袋に入れ出してください。

図 3-80 ごみの分別事例

飛灰の金属含有量が低いことは、インプットが少ないことと予想されるが、本報告書の展開試験結果で述べたように県北地域（B地域）においては、不燃ごみへの小型家電排出は少なく、乾

電池や金属類（缶や蓋等）雑プラスチックの排出が多かった。この観点から S 地区のホームページを見ると、クリップやヘアピン等小さな金属まで資源物として収集していることがわかった（図 3-80）。今後、各所の比較を行う必要はあるが、このように小型家電を分別して集める、あるいはそれとともに資源性廃棄物（金属・プラスチック）を集める行為は、最終的に可燃物への金属や金属を含むプラスチックの混入を減らすことから、飛灰の性質改善、薬剤使用にかかる費用の低減に寄与するものと考えられる。

● 考察

本項では、「使用済小型電子機器等の回収における便益」を算定する目的で、環境省が示したツールに従って、県内において小型家電の回収を行った場合の「埋立処分コストの削減便益」と「薬剤処理費用等の削減便益」の策定を試みた。

それらを策定するベースとなるデータとしては、本年度県内 2 カ所で行った不燃ごみの展開試験を参考とした小型家電の賦存量データと、県内の焼却炉から入手したキレート剤処理前の焼却灰と関連データを使用した。

結果として、現在小型家電に対処していないケースで、ほぼ全量の小型家電を回収できた前提の「埋立処分コストの削減便益」は、20 万人規模の自治体（市町村・一部事務組合）では、年間約 4,000 万円に達する可能性が示された。また作業手法にもよるが、自治体（市町村・一部事務組合）におけるピックアップ等一連の費用増加を相殺するものと考えられる。すなわち、小型家電回収をしっかりと行えば、コストの増加が無く、雇用の促進と地域循環の促進を図ることが可能と示唆された。

「薬剤処理費用等の削減便益」は、小型家電品の可燃物への混入割合が明確ではない中で、環境省の示すツールに従って算出を試みたが、20 万人規模で年間数十万円程度に留まる結果となった。

本年度本事業では、実炉の焼却灰が入手できたため、環境省が示したツールの考え方とは別のアプローチも試み、「薬剤処理費用等の削減便益」を概略的に追加検討した。結果として、環境省が示したツールで明確に算出できない要因は、キレート剤使用の問題だけでなく、炉の形式やガス処理における中和剤の使用等、複合的要因があると考えられる。キレート剤は安全側の観点から使用量が決定されていると考えられ、こうしたことが使用量削減に結びつかない原因となっていると考えられる。本年度のプレ調査の中では結論が出せていないものの、今後、個別の炉について詳細な検討を継続的に行えば、中和とキレート剤使用量の最適条件が導きだせると考えられる。過剰のアルカリ剤を使用する炉の運転条件等により、溶出の大きな飛灰が生成し、それを抑えるために多くのキレート剤が使われているということも考えられる。今後本事業において個別の炉を対象とした詳細な分析を継続的に行い、そこから得られた情報を共有する場を持つことは非常に重要であると考えられる。

検討結果は、重金属による現実の灰における重金属濃度を考えると、小型家電以外に起因する可能性も高いことを示唆していた。鉛については、かなり使用制限がなされているものの、RoHS 指令制定（2006 年）前や、これに対応していない国から輸入された小型家電、プラスチック製品の他、アクセサリ等小さな金属の合金類に含まれ、これらが可燃物に混入する可能性が高いことがわかった。また鉛より先に薬剤を消費する亜鉛については、顔料、塗料、金属製品、電池

などが大きな負荷要因と考えられた。これらが焼却工程に入っていくのを減少させることが、「薬剤処理費用等の削減便益」となることは間違いない。

今回集められた5カ所の焼却灰の試験結果から考えても自治体により差があったことから、不燃ごみや資源ごみで回収している品目によって灰の重金属量は変化していると推察ができた。これは焼却炉の形式、運転条件はもとより、その地区のごみの組成、その日のごみの組成に左右されるものであり、断定はできない。

「埋立処分コストの削減便益」についてはかなり大きな値が算出されたが、これも自治体のインフラ等の各種条件により異なる値となるであろう。

しかし、現在考えている「宮城版循環モデル」で小型家電の定置回収等を行う際、他の金属系・プラスチック系の資源性廃棄物にも配慮できれば、一定の埋立量の削減・破碎機器メンテナンスコストの減少などは自明であり、一定の確率で焼却ごみへの混入量は減少し、飛灰処理費用が削減でき、便益が存在することに異論を唱えることはおそくないであろう。これを行うコストを懸念し、現在のシステムを改善することに躊躇していることが現実であり課題である。

今回、従来のように有価性の高い小型家電を少しだけ集めるのではなく、幅広い品目の小型家電の回収を行うと、かなりの処分費用削減効果があることが示され、これは大きな進歩であると考えられる。今後は、環境省が示したツールを用いる以外に、本県個別で付加的に生ずる便益も考えて、総合的に全県で一定方向に進んでいけば、長期的には真の循環圏が形成できると考える。

4 周知啓発活動結果

4.1 金属リサイクルセミナー

平成 30 年 11 月 14 日、「平成 30 年度宮城県金属リサイクルセミナー - 小型家電リサイクルシステムの構築に向けて -」を開催した。開催案内リーフレットを以下に示す。

平成30年度
宮城県金属リサイクルセミナー
～小型家電リサイクルシステムの構築に向けて～

宮城県では、金属(レアメタル、貴金属、その他有用金属(※))のリサイクルルートを確立するため、リサイクル業者、排出事業者及び県内市町村等を対象に、宮城県内における廃棄物処理および小型家電リサイクルの現状、資源循環型社会システムのあり方、家電リサイクル工場における小型家電リサイクルの取組み、製品リサイクルに不可欠なプラスチックリサイクルに関連したリサイクルの先進事例について紹介するセミナーを開催します。皆様ふるってのご参加をお待ちしております。
※本セミナーでは、産業廃棄物、一般廃棄物の両方を対象としています。

● 日時 平成30年11月14日(水)
午後1時30分～午後4時 ※受付開始 午後1時

● 会場 TKPガーデンシティ仙台
(所在地: 仙台市青葉区中央1-3-1 AER 30階 30B)

● 参加費 無料 ※参加申込書は裏面をご覧ください。

13:30～13:40 開会挨拶 宮城県 環境生活部 次長 小松 直子

第1部 13:40～14:10 宮城県における廃棄物処理の現状と小型家電リサイクル制度への取組みについて
【講演者】宮城県環境生活部循環型社会推進課 技術主幹 遠藤 美砂子

第2部 14:10～14:40 資源循環型社会システムのあり方について
【講演者】東北大学大学院 環境科学研究科 教授 吉岡 敏明

14:40～14:50 休憩

第3部 14:50～15:20 家電リサイクル工場における小型家電処理実証試験について
【講演者】東日本リサイクルシステムズ株式会社 リサイクル部部长 中戸 毅之 氏

第4部 15:20～15:50 ポリ塩化ビニル樹脂製品のリサイクル促進
プラスチック循環利用のために
【講演者】塩ビ工業・環境協会 専務理事 関 成孝 氏

15:50～16:00 閉会挨拶 東北大学大学院 環境科学研究科 特任教授 中村 康

主催: 宮城県・国立大学法人東北大学

問合せ先 宮城県環境生活部循環型社会推進課リサイクル推進班
TEL:022-211-2649 FAX:022-211-2390 E-mail:junkan@pref.miyagi.lg.jp
申込先 国立大学法人東北大学 庶学連携機構
TEL:022-795-5276 FAX:022-795-5286 E-mail:lialison@ripj.tohoku.ac.jp

図 4-1 セミナー開催リーフレット

● 1. セミナー実施内容

- 平成 30 年度 宮城県金属リサイクルセミナー
～ 小型家電リサイクルシステムの構築に向けて ～
- 2018 年 11 月 14 日 (水)
- 13:30～16:00 (受付開始 13:00)
- 出席人数: 事前申込み人数 86 名, 当日出席人数: 98 名, 欠席人数: 3 名
- 実施場所: TKP ガーデンシティ仙台
(所在地: 仙台市青葉区中央 1-3-1 AER 30 階 30B)

セミナーの発表内容は以下の内容である。

第一部 宮城県における廃棄物処理の現状と小型家電リサイクル制度への取組みについて

宮城県環境生活部 循環型社会推進課 リサイクル推進班

当県より、まず県内の一般廃棄物・産業廃棄物の排出量、リサイクル率、最終処分率等廃棄物処理の現状について説明を行った。次に小型家電リサイクル法の概要や県の取組みの現状について報告を行った。以上を踏まえて、本年度の本事業における小型家電回収実証試験の内容および結果について説明を行い、来年度全県的な実証試験を行う計画や、「みやぎ方式小型家電リサイクルシステム」構築案の提案を行った。

第二部 資源循環社会のシステムのあり方について

東北大学大学院環境科学研究科

教授 吉岡 敏明

東北大学吉岡教授より、「持続可能社会」「資源循環型社会」の概念、持続可能社会実現へ向けた課題等に関する説明がなされた後、県内の自治体（市町村・一部事務組合）における一般廃棄物の分別区分、資源性廃棄物のフローにおける本県の実状に関して話題提供がなされた。これらを踏まえ、本県の廃棄物管理、資源性廃棄物フローの特徴をまとめたうえで、県内統一的な廃棄物分別回収システムの指針の構築、この指針に基づく回収システムの統一化と住民への啓発促進、廃棄物を資源化するための収集拠点整備等の提案がなされた。

第三部 家電リサイクル工場における小型家電処理実証試験について

東日本リサイクルシステムズ株式会社

リサイクル部部长 中戸 毅之氏

東日本リサイクルシステムズ株式会社中戸部長より、小型家電処理実証試験を行った結果について報告がなされた。はじめに家電リサイクル法の枠組みと家電4品目（テレビ・冷蔵庫・エアコン・洗濯機）のリサイクルの現状について報告がなされた。また、家電リサイクル工場で小型家電のリサイクル・処理を行う場合の家電リサイクルとの相違点について説明がなされた。さらに、平成27年度に実施した小型家電リサイクル実証試験の実施内容と素材構成、その構成に基づき価値の試算を行った結果について報告がなされ、家電リサイクル法のインフラを活用した小型家電リサイクルにより、廃棄物量は90%前後削減可能であることが報告された。一方で実証試験の結果から浮かび上がった課題として、手分解処理が主な現行の処理スキームにおいては処理量の上限や処理コストの適正レベルを見極める必要があることや、有害物質を適正に回収することの必要性が指摘された。最後に、県内で小型家電リサイクルを促進するための課題として、回収・収集運搬・処理効率やコスト、対象品目に関して指摘する一方、小型家電リサイクル推進のメリットとして廃棄物量・埋立処分量の大幅削減、温暖化防止やエネルギー使用量の削減への寄与を挙げた。

第四部 ポリ塩化ビニル樹脂製品のリサイクル促進～プラスチック循環利用のために～

塩ビ工業・環境協会

専務理事 関 成孝氏

塩ビ工業・環境協会関専務理事より、プラスチックの循環利用に寄与するポリ塩化ビニル樹脂製品のリサイクルの現状について説明がなされた。はじめに、プラスチックリサイクルの実態、塩ビ樹脂製品が長寿命である特徴、マテリアルリサイクル率が他のプラスチックに比べて高い現状について報告がなされ、塩ビ管・継手や壁紙等の製品のリサイクルを事例として、経済性評価・技術開発・リサイクルシステム設計に関する説明がなされた。この中でリサイクルシステム設計に関しては、分離・回収・運搬の効率化、広域認定制度の活用、優良な中間処理業者の選定等が重要であること、またこれらの効率を向上させるためには、関係者間の協力が不可欠であるとの説明がなされた。

上記発表が行われた後に、質疑応答が行われた。質疑応答の中で、県として資源循環システム構築に取り組んでいる事例は全国でも非常にめずらしく、ぜひ取組みを進めて欲しいとの意見が出された。

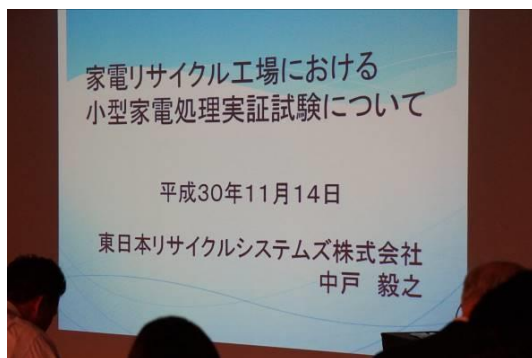


図 4-2 セミナーの様子

● 2. アンケートの目的

本調査（アンケート）は、2018年11月14日に開催された平成30年度金属リサイクルセミナー～小型家電リサイクルシステムの構築に向けて～（以下、セミナー）について参加者がどのような意見を持っているか、また今後のセミナーにおいてどのような講演内容が求められているかを明らかにし、次回以降のセミナー内容及び共同事業の参考とすることを目的としている。

● 3. 調査対象・アンケート回収概要及びアンケート内容

事前申込み人数：86名

出席人数：98名

アンケート回収枚数：61名

アンケートの主な内容については次の通りである。

設問1 セミナー参加のきっかけ（選択式・複数回答可）

設問2 講演について（選択式・五者択一）

- テーマ・内容,
- ボリューム,
- 理解度
- 一番興味を持ったテーマ

設問3 次回セミナーで聴きたいテーマ（自由記述）

設問4 その他（自由記述）

● 4. アンケート集計結果

設問 1: セミナー参加のきっかけ (選択式・複数回答可)

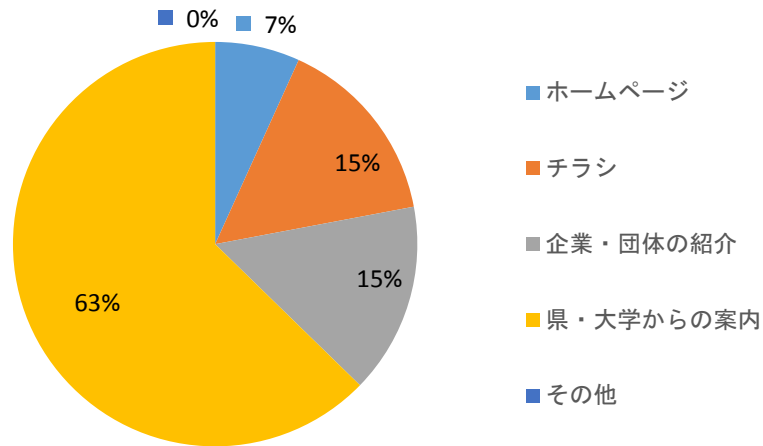


図 4-3 セミナー参加のきっかけ

ホームページ：7% (4 回答)

チラシ：15% (9 回答)

企業・団体の紹介：15% (9 回答)

県・大学からの案内：63% (37 回答)

その他：0% (0 回答)

(未回答：3 件)

※注) 複数回答可のため、合計とアンケート回収枚数は一致しない。

半数以上が「県・大学からの案内」でセミナーに参加している。「企業・団体からの紹介」も含めると、78%と大半を占め、「チラシ」や「ホームページ」などの広告媒体を介して参加に至ったと回答した割合は低かった。

設問 2: 講演について (選択式・五者択一)

➤ テーマ・内容

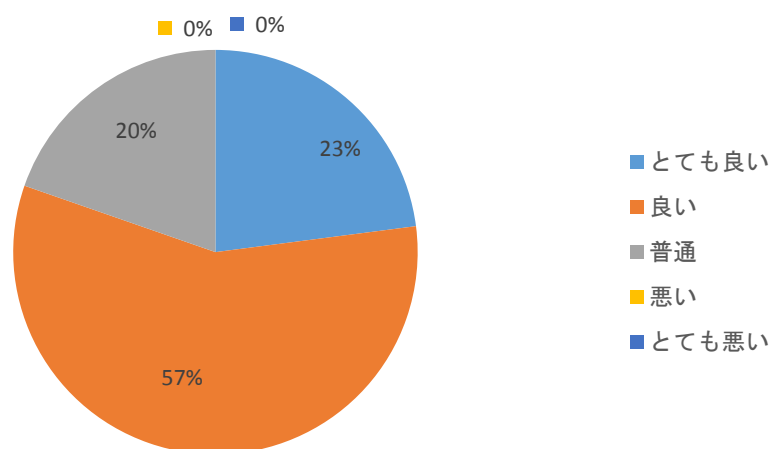


図 4-4 テーマ・内容

とても良い～良い：80% (49 回答)

普通：20% (12 回答)

悪い：0% (0 回答)

とても悪い：0% (0 回答)

無回答：0% (0 回答)

「とても良い」, 「良い」が80%を占め、概ね好評であった。「普通」という回答も2割あった。「悪い」と「とても悪い」のいずれかの回答は該当がなかった。

➤ ボリューム（選択式・五者択一）

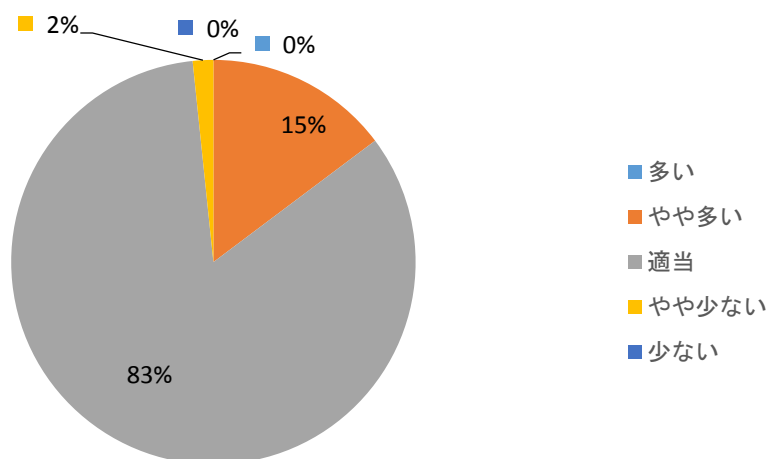


図 4-5 ボリューム

- 多い：0%（0 回答）
- やや多い：15%（9 回答）
- 適当：83%（51 回答）
- やや少ない：2%（1 回答）
- 少ない：0%（0 回答）

ボリュームは「適当」という評価が83%を占め、妥当であることがうかがえる。「やや多い」との回答は15%あるが「多い」との回答は無く、時間・内容量について、特段調整を検討する必要はないと思われる。「やや少ない」と評価した回答は1件のみであり、またその解答に対する次回セミナーで聞きたいテーマに記載されていた事柄は、「さらに今後の取組みや課題等を知りたい」といった内容であるため、時間的なボリュームではなく内容に関わる感想であると読み取れる。

➤ 理解度（選択式・五者択一）

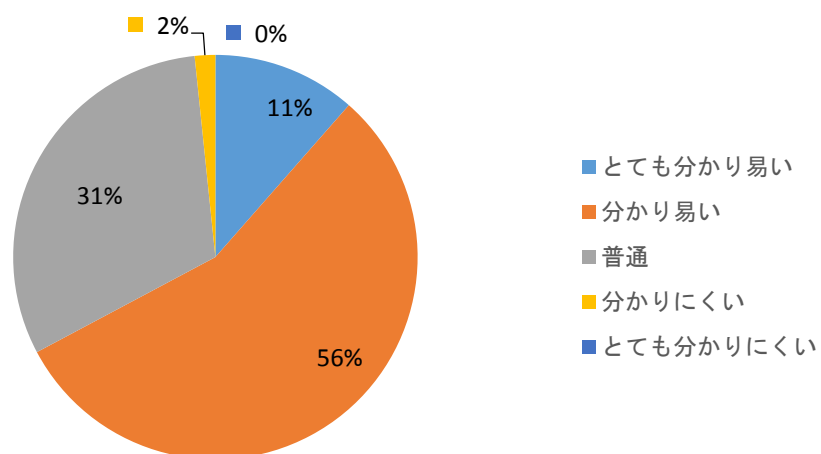


図 4-6 理解度

とても分かりやすい：11%（7 回答）

分かりやすい：56%（34 回答）

普通：31%（19 回答）

分かりにくい：2%（1 回答）

とても分かりにくい：0%（0 回答）

「とても分かりやすい」、「分かりやすい」という評価が 67%。「普通」を含めると 98%であり、セミナー全体としては概ね理解されたと考えられる。「分かりにくい」という意見は 1 件であり、自由記述において、「集中して聴講できた」、「すごく理解しやすかった」という意見も記述されていた。

➤ 一番興味を持ったテーマ（選択式・複数回答可）

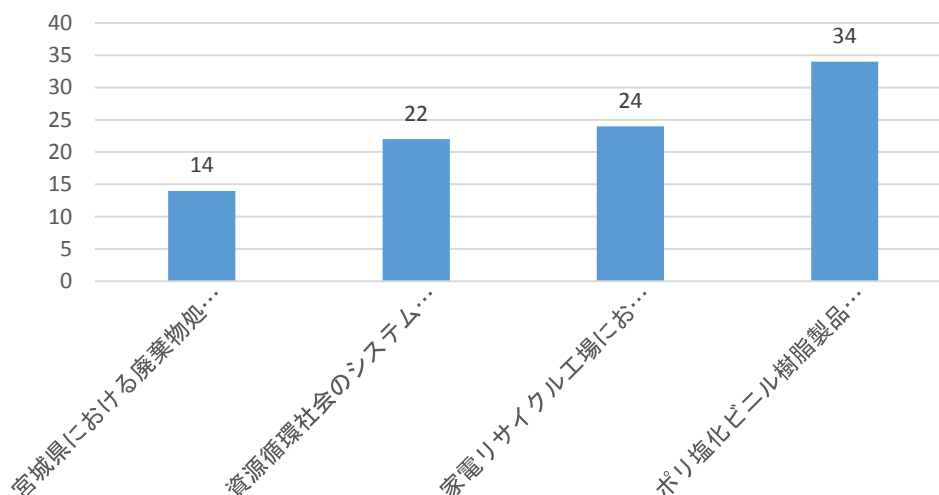


図 4-7 一番興味を持ったテーマ

第一部：宮城県における廃棄物処理の現状と小型家電リサイクル制度への
取組みについて（14 回答）

第二部：資源循環社会のシステムの在り方について（22 回答）

第三部：家電リサイクル工場における小型家電処理実証試験について（24 回答）

第四部：ポリ塩化ビニル樹脂製品のリサイクル促進
～プラスチック循環利用のために～（34 回答）

「ポリ塩化ビニル樹脂製品のリサイクル促進」の回答が多かったことからわかるが、自由記述においても廃プラスチックに関する循環というテーマへの要望も散見され、中国における政策の背景もあり、プラスチックの処理方法への興味が高いことが示唆された。

設問 3: 次回セミナーで聴きたいテーマ（自由記述/回答原文のまま）

- ・ 今後、リサイクラーの働き手の問題から見たシステムについて。
- ・ 家電リサイクル対象品ならびに小型家電の今後の展望。
- ・ 廃プラ再利用への取組み、各企業における循環社会への取組みなどを伺ってみたい。
- ・ 事業者の方の現状や取組み、リサイクルの制度や技術の現状等について。
- ・ マイクロプラスチック、フタル酸エステル類の規制強化？RoHS3。
- ・ 排出する側の事業者、市町村の実際（コストの実態も含めて）。中間処理する側の事業者の実際（コストの実態も含めて）。社会システムとして成立できるようにするための、一般的なコストはどのくらいで（有償分だけでなく処理分も含めた）どのような負担・役割が必要なのか（社会的合意形成を図る上で）。

- ・ プラスチックスクラップの中国禁輸政策による廃棄物流通の変化有無。
- ・ 宮城県における最終処分場（産廃）までのリサイクル県内完結モデルの構築。
- ・ 排出事業者の改善・取組み等をテーマにしたセミナー（業種別）。
- ・ プラスチック循環利用についてのセミナー。
- ・ これからの宮城県が問題視する廃棄物、県内発生廃棄物の県内処理％、県外からの受け入れ（中間処理）に対する取組み等、最終処分は今の施設でまかなえるのか、将来は？
- ・ 又、塩ビ工業の関様の講演が聞きたいです。すごく理解しやすかったです。
- ・ 金属とプラが一体となった製品の合法的な廃棄方法。
- ・ 小型家電の処理方法等。リサイクル品の搬出先（木材チップ・RPF等）製紙会社以外。

設問 4:その他（自由記述/回答原文のまま）

- ・ 県として我々のような業者に何をしてほしいのかが今一つわからなかった。「県はこういうことをするので、みなさんはこういうことをしてください」という話があればわかり易いと思います。（事業として成り立つのが前提ですが）。
- ・ 循環型社会を目指す中で県とかの単位で考えていいのでしょうか。
- ・ 次回開催も楽しみにしております。
- ・ 川上から川下へ造る人、使う人、リサイクルする人の一貫性を持たせることが重要であると感じる。また、リサイクル品はバージン物より品質・コストが合わないイメージをなくする事が必要ではないのでしょうか。
- ・ かけなければならない手間やコストは、どこまで行ってもなくならないから、それを無視するのではなくて、それを認めた上で、どういう形で合意点（落とし所）を見出し、社会に受容してもらえるようにする必要があると思いました（ハード・ソフト両面で）。
- ・ とても勉強になり参考になりました。特にプラスチック。
- ・ 1テーマの時間で適当であり、集中して聴講できた。
- ・ 予備知識0で受けたため、なかなか専門的で難しい部分もありました。県が小型家電回収のチラシを作って啓発活動するなど画期的な取組みをしている一方、せっかく集めた金属類を県内で処理できない現状にあることは少し残念に思います。必要なインフラ施設を整備し、効率よくリサイクルを進めていくことが求められていると感じました。
- ・ 今後は製造の段階でもリサイクルしやすい素材を利用する等の取組みをすべきだと思いました。
- ・ 本日は貴重なセミナー開催頂きありがとうございます。10年先等中長期ビジョン、あるべき姿等県として見解をお教えて頂きたいです。
- ・ 製品（家電、小型）を製造（販売）する際に、リサイクルしやすい製品の場合に製造メーカー（販売店）の利益が上がるようにしてはどうか。

● 5. 考察

約8割の参加者が「県・大学からの案内」、「企業からの紹介」で参加しているという結果からも、事業に関わる分野からの参加者が多く、その他の参加が少なかった。そうした中で全体的な理解度が高かったことは参加者の興味関心と概ね合致していたと考えられ、テーマ・内容に関する意見も、8割の意見が「良かった」であったことから、セミナーとしての趣旨や構成がわかり易く参加者の要望に合致していたものと思われる。

今後希望する内容として、今後の展望についての話を望む意見も多かった。加えてプラスチックに関する事項に言及されている意見もみられた。

5 おわりに

5.1 本年度本事業実施内容のまとめ

本年度の本事業実施内容と結果について概要をまとめる。

- ① 前年度までに明らかにできなかった部分および浮かび上がった課題について調査分析し、前年度までの結果の精緻化を目指した（不燃ごみ展開試験（小型家電ピックアップ回収）、小型家電イベント回収、ヒアリングによるルート調査、賦存量解析の一部）。

不燃ごみ展開試験のピックアップ回収では、A地域で不燃ごみ約3t、B地域では約4tの粗大ごみ、不燃ごみの展開試験を行った。A地域不燃ごみ、B地域の粗大ごみでは全体重量の約半分を小型家電が占めた。これは、昨年度の結果と同様の傾向を示した。一人あたりの重量では、A地域4.36kg/Capita、B地域2.89kg/Capitaとなり、特にA地域では全国推定4.55kg/Capitaと特段大きな差はないと考察された。県南地域（A地域）と県北地域（B地域）では、小型家電の収集方式の違いや地域特性の影響もあると考えられる。

イベント回収では、県指定11品目を回収した。回収品を表記した折込みチラシ等による事前周知の効果は非常に大きく、チラシに図の表記のあった品目が多く持込された。回収個数では、比較的高品位の携帯電話、デジタルカメラ、ノートパソコンが多く集まった。イベント回収時に実施したアンケートでは小型家電リサイクル法および市町村独自回収の認知度は、どちらも4割～6割程度であった。これらの認知度向上のため、周知徹底の必要性がある。

実証試験で回収した小型家電は、県指定11品目は全体の重量のうちの93%、それ以外の品目は64%が有価物として取引された。しかし、課題としてミックスプラスチックの有価性の維持が挙げられた。

ルート調査では、概ね昨年度調査を裏付ける結果となった。本県は東北域内や北関東圏からも資源が集まっているが、それらが港から外へ出ていく構図となっており、資源が県内に留まることが難しい状況となっていることがヒアリング調査から検証できた。

特に銅、アルミ等非鉄に関しては、県内リサイクル業者に集まったものは、その後の受け手が県内に存在していないため、県外に出て行く傾向が強いことが明らかとなった。本年度県外のリサイクル事業者の調査の中で、集まった金属等をさらに選別し価値を高めることで事業性を保持している事業者のヒアリング調査・現地調査を行ったが、こうした事業形態を持つリサイクル事業者は県内に存在せず、こうしたことも資源が県外へ出て行く要因のひとつと考えられる。

また、昨年度事業系小型家電のうちリースの割合も少なからず存在することが明らかとなったため、本年度はリース業のヒアリング調査を行った。ヒアリング調査および情報収集を行い、事業系の事務機器等に占めるリースの割合は4割～6割程度と考えられ、リースアップ後のものの流れの傾向も明らかにすることができた。同様に宿泊業の小型家電の実態が不明であったことからヒアリング調査を行ったところ、小型家電の取り換え頻度は低いことがわかった。一方で、中国の雑品スクラップ、廃プラスチック輸入規制の影響を調査する目的で、県内外のプラスチックリサイクル事業者の調査も実施した。

- ② 前年までと異なるアプローチ手法による賦存量解析および資源性評価，分別収集効果の可能性分析（金属等賦存量解析，金属およびプラスチックの資源性評価，焼却灰の分析）。

金属等賦存量解析に関しては，県内一事業所の実データを用いて従業者一人当たりの小型家電排出量推計を行い，推計値を GIS 表示することで県内の賦存量を明示した。また，ワイブル分布を用いてパソコンの賦存量解析および将来的な推移予測を行い，県内の金属等賦存量解析および GIS 表示した。そこからプラスチックの分析の必要性が浮かび上がったことから，プラスチック分析をトライアル的に開始し，分析可能性を探った。

小型家電等分別による便益を算定するため，埋立処分費用等削減便益，薬剤処理費用削減便益を算出したうえで，県内自治体より提供いただいた焼却灰の分析を行った。県内 5 ヶ所の焼却炉から得た焼却灰の含有量分析および溶出量分析を行った。結果から pH が溶出に大きな影響を与えることが示唆され，中和から始まるガス処理全体の調整を検討する必要性が明らかとなった。加えて，薬剤処理費削減のための重金属負荷低減の可能性を探った。

- ③ 前年度までに実施の重要性が浮き彫りとなった，普及啓発活動や連携促進のための取組みの実施（セミナー，連絡協議会，イベント回収時の持込者とのコミュニケーション）。

98 名の参加があった金属リサイクルセミナーでは，本県の小型家電リサイクルの取組みの現状・本事業の実証事業の結果の報告があり，「みやぎ方式小型家電リサイクルシステム」案，資源循環社会システムのあり方について提案がなされた。また，家電リサイクル工場による小型家電処理実証試験についての事例，マテリアルリサイクルが金属と同等程度実現しているポリ塩化ビニル樹脂製品のリサイクルに関する講演がなされた。

連絡協議会は本年 2 回実施した。第一回連絡協議会では，34 名参加のもと，実証試験結果と今後の方向性について報告がなされた。第二回連絡協議会では，47 名参加のもと，実証試験で回収された小型家電のマテリアルフロー・資源性評価結果の報告，次年度の小型家電リサイクルシステム実証試験の計画，大学連携事業としての今後の方向性について報告・提案がなされた。

その他啓発活動として，実証試験のイベント回収が挙げられる。本年 2 回実施したイベント回収では，小型家電回収時に電池の取り外し等について説明する等，持込者とコミュニケーションを図り，小型家電回収の普及啓発を行った。また，回収ボックスは県内工業高校生が製作したものを使用した。

5.2 宮城版循環モデルに則した提案事項

本事業では初年度である昨年度より「宮城版循環モデル」の形を提案してきた。

本県は東北で最大の人口を持ち、交通の要所としての機能も充実していた。そのため鉄スクラップの資源が本県に向けて集まっていた傾向があった。その過程で非鉄金属やプラスチックの二次原料も集まってきていたが、港まで運んでくれば混合物のまま中国等へ輸出した方が有利な場合も多く、精緻な分離を行うようなリサイクラーは育っていない。

昨年からのルート調査によれば、内陸で本県と異なる位置条件や、逆に関西等で電炉の周辺に集まるものから非鉄などを選別し対象外とする目的で、このようなリサイクラーが存在したようである。小型家電リサイクル法が始まって、そもそも受け止めてくれる事業者がないことから国の認定事業者になる事業者が現れず、現状の通りほぼ外部の県に依存した状態にあったことが考えられる。これによって自治体での一般廃棄物からの小型家電回収も進展していない。

また、一昨年のレアメタル等の金属賦存量の調査でも一定の資源が存在することは明確化されたが、これも受け止めるリサイクラーがないということで県内の循環が進展してきていないことが想定された。

宮城版循環モデルは、このような考慮で提案されたものである。すなわち、集めて分離すれば資源物になるものが存在しながら、それをプロセス化するリサイクラーがないことに対する提案であった。それは、外部とも戦えるような大きなリサイクラーが県内に元々存在しないことを前提に、一から事業環境を整える手段であり、既に力のある事業者の補助・育成を行うものとは若干考え方が異なる。本事業では、資源物として電化製品等に照準を定めた場合に、一般廃棄物と産業廃棄物両面から収集できる状態を県が主体となって整えることで、資源の本質である「一定品位」のものを「一定量」確保できることを目指した。

他県や海外でも、固定収集やリサイクルセンターなどによる収集を実施しているところがあるが、これらもやはり量の確保を目指している。国内の多くの例では、市町村ごとの対応がほとんどであり、その枠を超えている例はほとんど無い。リサイクル産業にとって資源性廃棄物は原料であることから、いわゆる都市鉱山が人の活動に依存し、広いエリアに存在している限り、量の確保は広いエリアで考える必要がある。小型家電等の金属・プラスチックのような資源性廃棄物に対しては、県が一定の方向性を示し、自治体や産業界の各セクターが同じ方向に向かうことで、量が確保されれば全体のコスト上昇も避けることが可能となり、リサイクル産業を創出する基盤ができる。逆に言えば、前述の通り、現在県内には代表となるリサイクラーが存在しないことから、こうした基盤を整備して、企業自ら投資をしようと思える状態をつくらなければならない。

近年の中国のナショナルソードを契機とする海外の資源性廃棄物の輸入規制により、世界全体で分別処理レベルを上げ、利用できる資源を活用する状況は、もう後戻りできない状況であり、日本全体の課題でもある。その中で本県は、東北では物流的に最も有利であり、その地の利を利用して、特殊なりサイクル関連処理を業とする事業者を育成できる可能性は十分にあることは間違いない。また、他県の優良リサイクラーの事例をみても、本県のポテンシャルを活かし、効率良く一定量集めることができれば、より大きな事業になり得ると考えられる。

昨年度と本年度の大学連携事業である本事業の内容は、全てが本県の高いポテンシャルを活かす方向へ向かっている。前述の通り、ポテンシャルを把握するため、一般廃棄物については展開

試験、産業廃棄物についてはリースの考慮や排出量シミュレーションを利用して精緻化した。さらに、一定箇所を集め、それらを適切に管理するために必要な情報をGISで視覚化し、宮城版循環モデルの開始段階で使える状態とした。また、小型家電品を集めることの便益について、最終処分場削減便益と自治体焼却炉での薬剤削減便益の側面から一般的な検討を行った。加えて、問題が顕在化してきたプラスチック類に関しての情報が少なく、産業界側からもこれらの資源化の可能性を問われている中で、展開試験で集めた小型家電品のプラスチックの種類を同定した他、必要なデータ採取のための分析手法の基盤を構築した。具体的には組成分析・化学分析・金属元素分析の他に、熱量・灰分等のサーマルリサイクル関連の検討も行った。その他、啓発活動としてセミナーを行った。

このように、連携事業の内容は初年度から一定方向に向けた動きである。3年目となる来年度は、小型家電品回収実証試験を実施し、恒常的に実施できる基盤を構築することが必要であると考える。恒常的な実施により、民間は事業として意識することが可能となり、認定事業者として前に進むことが出来るようになるであろう。小型家電リサイクル法に対応した認定ルートにおいては、各リサイクラーの得手・不得手を県内事業者で補完し合い、国内におけるひとつの新たなモデルとして確立するためには、県の力が不可欠である。すなわち、3年目以降が「宮城版循環モデル」の始まりであり、基盤を構築してから横展開を進めていくことが重要である。且つ、それは将来に渡り変わらぬ方向で進めていく必要がある。