

平成23年度
環境研究総合推進費補助金研究事業
研究報告書

既存インフラを活用した使用済み小型家電等からの資源回収システムの設計・評価に関する研究
(K111028)

平成24年3月

早稲田大学 環境総合研究センター

補助事業名 平成23年度環境研究総合推進費補助金研究事業
所 管 環境省
国庫補助金 8,892,000 円
研究課題名 既存インフラを活用した使用済み小型家電等からの資源回収システムの設計・評価に
関する研究
研究期間 平成 23 年 6 月 1 日～平成 24 年 3 月 31 日
研究代表者名 小野田弘士（早稲田大学環境総合研究センター）
研究分担者名 永田勝也（早稲田大学環境総合研究センター）
中嶋崇史（株式会社早稲田環境研究所）

平成23年度 環境研究総合推進費補助金研究事業
既存インフラを活用した使用済み小型家電等からの資源回収システムの設計・評価に関する研究
(K111028)

研究報告書 目次

1.	研究目的	1
2.	研究方法	2
2.1	研究項目	2
2.2	研究体制	2
3.	資源回収システムのモデル化	3
3.1	目的	3
3.2	埼玉県内における小型家電等の処理実態に関する調査(統計調査)	3
3.3	埼玉県内における小型家電等の処理実態に関する調査(ヒアリング調査)	10
3.4	埼玉県内における小型家電等の処理実態に関する調査(統計調査)	15
4.	民間処理施設を活用した実証試験とその評価	17
4.1	目的	17
4.2	実証試験の概要	17
4.3	CASE1 の実証試験の結果	20
4.4	CASE2 の実証試験の結果	23
5.	小型家電の資源回収システムの検討	26
5.1	目的	26
5.2	家電製品素材構成データベースの構築	26
5.3	環境性・経済性の両面から見た収集回収段階における使用済み小型家電の評価	29
5.4	各種家電製品の環境性・経済性評価	31
5.5	素材構成と破砕処理後の回収物の関連性の検討	35
5.6	環境性・経済性の両面から見た破砕処理プロセスを考慮した使用済み小型家電の評価 ...	39
6.	結論	44

第1章

研究目的

1. 研究目的

社会コストミニマムでの使用済み小型家電等からのレアメタルを含む資源回収システムの構築が求められている。本研究では、新たな収集・回収ルート of 構築や設備投資を必要最低限に抑制することを目的に、既存の一般廃棄物の収集・回収ルートおよび民間の破碎選別施設を活用することによる資源回収システムの費用対効果の算定を埼玉県におけるモデル事業を通じて実施し、その実現可能性を検証する。埼玉県に立地する複数の自治体から発生する分別回収された小型家電および破碎処理後の残渣を県内の民間破碎施設で受け入れ、破碎・選別を行い、希少資源が含有している可能性がある基板くずのレアメタル等の含有量を把握したうえで、本モデルによるマテリアルバランスを把握する。それらに基づき、既存インフラを最大限活用することによる経済性や環境負荷削減効果および本モデルの埼玉県内および全国への展開可能性について明らかにすることを目的とする。

第2章

研究方法

2. 研究方法

2.1 研究項目

2.1.1 資源回収システムのモデル化

埼玉県下の自治体が保有する破砕処理施設に関する統計調査及びヒアリング調査を実施し、既存インフラを活用した小型家電等の資源回収システムのモデル化を行う。自前の破砕処理施設を保有する自治体、自前の破砕処理施設を保有しない自治体、小型家電の分別回収を行っている自治体へヒアリングを実施し、3つの資源回収システムのモデル化を実施した。

2.1.2 民間処理施設を活用した実証試験とその評価

モデル化した資源回収システムの実証試験を通して、破砕処理プロセスを経て回収される資源のマテリアルバランスを把握するとともに、民間処理施設を活用した場合の環境性・経済性の評価を行う。小型家電を対象とした実証試験として、乾式選別と湿式選別の破砕選別試験を実施するとともに、自治体の破砕処理施設で発生している破砕残渣を民間処理施設で再度選別する試験を実施した。以上を通して、既存インフラを活用した資源回収システムの有効性に関する検討を行った。

2.1.3 小型家電の資源回収システムの検討

環境性・経済性の両面から有効な資源回収システムを、事前に把握できる情報から設計可能な手法の構築を行う。そのための基礎情報として、実際に自治体で回収された小型家電を手解体することで、各家電製品の素材構成を把握するとともに、データベース化を行った。それを活用することで、各自治体の環境性・経済性を評価するとともに、優先的に収集回収すべき製品に関する検討を行った。

2.2 研究体制

本研究は、早稲田大学環境総合研究センター、株式会社早稲田環境研究所、スズクホールディングス株式会社の共同研究として展開する。早稲田大学環境総合研究センターが全体とりまとめ及び資源回収システムの環境性・経済性に関する検討を行う。株式会社早稲田環境研究所は、実証試験を行うとともに、自治体及びスズクホールディングス株式会社との連携推進を図る。スズクホールディングスは実証試験の中で、民間破砕処理施設としての役割を担う。

第3章

資源回収システムのモデル化

3. 資源回収システムのモデル化

3.1 目的

本研究では、社会コストミニマムでの使用済み小型家電等からのレアメタルを含む資源回収システムを設計・評価することを目的としている。現在、使用済み小型家電等からの資源回収の実証事業が各地で展開されているが、その処理システムの明確な方向性が見出されているとは言い難い。ここでは、まず各家庭から排出されている使用済み小型家電等を対象に、現状の処理実態を把握し、それを基に、民間処理施設を活用した資源回収システムをモデル化することを目的とする。本研究で対象とした地域が埼玉県であることから、埼玉県下の市町村を対象に調査を実施した。

3.2 埼玉県内における小型家電等の処理実態に関する調査(統計調査)

3.2.1 調査方法

環境省が集計している「平成20年度埼玉県廃棄物処理施設一覧」を基に調査を行った。現状、使用済み小型家電は「粗大ごみ処理施設」もしくは「資源化施設」において処理されていると想定される。そこで、上記2施設を対象に処理実態を調査した。

3.2.2 調査結果

(1) 粗大ごみ処理施設の実態調査

表3-1に、埼玉県下に存在する粗大ごみ処理施設の一覧を示す。

表 3-1 埼玉県下の粗大ごみ処理施設の一覧

自治体名	施設名	処理量 t/年	資源回収量 t/年	資源回収率 %	計上方法	対象物	処理方法	処理能力 t/日	稼働年	経過年数 年	運営方法
さいたま市	さいたま市クリーンセンター大崎第一工場	0				粗大ごみ,不燃ごみ	併用	50	1982	29	直営
さいたま市	さいたま市クリーンセンター大崎第二工場	8,333	1,964	24	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	併用	50	1995	16	直営
さいたま市	さいたま市西部環境センター	9,872	1,532	16	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	併用	75	1993	18	委託
さいたま市	さいたま市東部環境センター	8,342	1,939	23	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	併用	75	1984	27	委託
川越市	川越市西清掃センター	4,359	2,633	60	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ,その他,資源ごみ	併用	50	1978	33	委託
川口市	川口市戸塚環境センター	2,910	922	32	搬出量	粗大ごみ	破碎	75	1974	37	直営
行田市	行田市粗大ごみ処理場	5,765	563	10	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ,その他	破碎	30	1981	30	一部委託
所沢市	所沢市東部クリーンセンターリサイクルプラザ不燃・粗大ごみ処理施設	7,509	1,498	20	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	破碎	43	2003	8	一部委託
飯能市	飯能市クリーンセンター	1,374	504	37	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ,資源ごみ	破碎	30	1981	30	委託
春日部市	春日部市クリーンセンター	4,532	1,151	25	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	併用	80	1992	19	委託
春日部市	春日部市クリーンセンター庄和	679	209	31	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	併用	25	1989	22	直営
狭山市	狭山市第一環境センター	5,341	2,427	45	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	併用	50	1981	30	一部委託
羽生市	羽生市粗大ごみ処理施設	2,402	435	18	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	併用	30	1988	23	委託
上尾市	上尾市西貝塚環境センター	2,423	1,041	43	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	併用	70	1997	14	委託
入間市	入間市総合クリーンセンター	3,710	1,227	33	回収量	粗大ごみ,不燃ごみ	破碎	40	1996	15	委託
入間市	入間市清掃事業所	0				粗大ごみ,資源ごみ	圧縮	30	1980	31	委託
朝霞市	朝霞市粗大ごみ処理施設	2,585	1,431	55	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	破碎	30	1984	27	委託
和光市	和光市清掃センター	3,490	2,634	75	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ,資源ごみ	併用	17	1990	21	委託
桶川市	桶川市粗大ごみ処理施設	591	249	42	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	破碎	20	1989	22	直営
坂戸市	坂戸市東清掃センター粗大ごみ処理施設	2,754	592	21	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	併用	40	1982	29	委託
幸手市	幸手市ひばりヶ丘桜泉園	1,349	325	24	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	併用	30	1984	27	委託
吉川市	吉川市環境センター粗大ごみ処理施設	1,751	833	48	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ,資源ごみ	併用	30	1994	17	直営
三芳町	三芳町粗大ごみ処理施設	1,174	326	28	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	圧縮	30	1982	29	委託
菖蒲町	菖蒲町清掃センター	607	123	20	回収量	粗大ごみ,不燃ごみ	破碎	10	1989	22	委託
蓮田市白岡町衛生組合	蓮田市白岡町衛生組合粗大ごみ処理施設	1,772	938	53	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ,資源ごみ	併用	36	1994	17	委託
久喜宮代衛生組合	30/5h 粗大ごみ処理施設	1,550	606	39	回収量	粗大ごみ,不燃ごみ,その他	圧縮	30	1990	21	直営
栗橋・鷲宮衛生組合	栗橋・鷲宮衛生組合粗大ごみ処理施設	1,460	671	46	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	併用	30	1989	22	委託
加須市、騎西町衛生施設組合	粗大ごみ処理施設	1,941	558	29	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	破碎	30	1988	23	委託
志木地区衛生組合	富士見環境センター粗大ごみ処理施設	4,401	1,379	31	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	併用	30	1986	25	委託
蕨戸田衛生センター組合	蕨戸田衛生センター粗大ごみ処理施設	3,764	744	20	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	併用	30	1992	19	一部委託
児玉郡市広域市町村圏組合	児玉郡市広域市町村圏組合立小山川クリーンセンター	3,519	1,120	32	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	併用	55	2000	11	委託
埼玉中部環境保全組合	埼玉中部環境センター(粗大ごみ処理施設)	1,193	271	23	搬出量	粗大ごみ,不燃ごみ	併用	45	1984	27	委託

① 資源化状況

埼玉県下における粗大ごみ処理施設は 32 施設ある。平成 20 年度の処理量は 101、452t/年、資源回収量は 30、845t/年となっており、再資源化率は 30%程度となっている。

※資源回収量:搬出量ベース

※再資源化率:(資源回収量)／(処理量)

② 運営管理体制

表 3-2 に示す通り、民間委託は 32 施設のうち、直営 7 施設、委託 21 施設、一部委託 4 施設となっており、直営は 22%である。

表 3-2 運営管理体制

運営方法	施設数	比率 %
直営	7	22
一部委託	4	12
委託	21	66
合計	32	100

③ 経過年数

表 3-3 に示す通り、全 32 施設の内、施設稼働後 10 年未満の施設は 1 施設、10 年以上 31 施設、20 年以上 22 施設、30 年以上 6 施設となっている。

表 3-3 施設の経過年数

経過年数	施設数	比率 %	合計処理能力 t/日
10 年未満	1	3	43
10 年以上	31	97	1253
20 年以上	22	69	787
30 年以上	6	19	265

④ 破砕機の保有状況

全 32 施設の内、破砕機を保有していない施設は 3 施設であり、破砕機のみを保有している施設は 9 施設ある。残りの 20 施設は破砕機と圧縮機の併設である。

表 3-4 破砕機の保有状況

保有パターン	施設数	比率 %
圧縮機のみ	3	9
破砕機のみ	9	28
併用	20	63
合計	32	100

⑤ 処理能力

表 3-5 に示す通り、破砕機を保有していない 3 施設の合計処理能力は 90t/日、破砕機のみを保有している 9 施設は 308t/日、破砕機と圧縮機併設の 20 施設は 898t/日と総計 1296t/日である。それぞれ平均の処理能力は 30t/日、34t/日、45t/日となる。

表 3-5 処理能力

保有パターン	合計処理能力	平均処理能力
圧縮機のみ 3 施設	90t/日	30t/日
破砕機のみ 9 施設	308t/日	34t/日
併用 20 施設	898t/日	45t/日
合計	1296t/日	40.5t/日

⑥ まとめ

以上の結果を表にまとめる。

- ・ 本研究が対象としている民間処理施設の活用を考えると、既に運営を民間委託している自治体がまずは対象となるが、民間委託は全 32 施設中 25 施設と約 80%の施設で行われており、条件さえ整えば民間活用スキームの実現可能性は高いと考えられる。
- ・ 特に施設が老朽化している場合は、メンテナンス・更新の予算確保といった財政的な問題及び資源回収率の低下といった環境性的問題(もちろん経済性にも影響)から、民間スキームの検討が実施できる可能性が高い。
- ・ 民間スキームの活用を考えると、既存の自治体処理能力を民間側での確保を求められるが、その能力は 1296t/日である。なお、後の自治体へのヒアリング結果でも述べるが、実際には処理能力を全て活用できているわけではなく、実際に必要となる処理能力は 1296t/日よりも低いと予想される。

(2) 資源化施設の実態調査

表 3-6 に、埼玉県下に存在する資源化施設の一覧を示す。なお、下記対象施設は厨芥類や剪定枝、ガラス類のみを対象とした施設を除いている(金属類、不燃ごみ、粗大ごみを処理対象物として含む施設を対象としている)。

表 3-6 埼玉県下の資源化施設の一覧(厨芥類や剪定枝、ガラス類のみを対象とした施設を除く)

自治体名	施設名	処理量 t/年	資源回収量 t/年	資源回収率%	施設区分	対象物	処理方法	処理能力 t/日	稼働年	経過年	運営方法
さいたま市	さいたま市東部リサイクルセンター	6,022	5,030	84	リサイクルプラザ	金属類, ガラス類, ペットボトル, プラスチック	選別, 圧縮・梱包	46.5	1993	18	一部委託
さいたま市	さいたま市鈴谷清掃工場	5,808	4,578	79	リサイクルプラザ	金属類, ガラス類, その他	選別, 圧縮・梱包	5	1984	27	委託
さいたま市	さいたま市リサイクルプラザ	1,486	1,298	87	リサイクルプラザ	金属類, ガラス類, ペットボトル, 不燃ごみ, 粗大ごみ	選別, 圧縮・梱包	53	2000	11	委託
川越市	川越市リサイクルセンター	5,883	3,013	51	リサイクルセンター	金属類, ガラス類, ペットボトル, 不燃ごみ, 粗大ごみ, その他	選別, 圧縮・梱包	60	1993	18	委託
川越市	川越市資源化センターリサイクル施設				リサイクルセンター	金属類, ガラス類, プラスチック, 不燃ごみ, 粗大ごみ, その他	選別, 圧縮・梱包	53	2010	1	委託
川口市	川口市リサイクルプラザ	18,491	16,810	91	リサイクルプラザ	紙類, 金属類, ガラス類, その他資源ごみ, ペットボトル, プラスチック, 布類	選別, 圧縮・梱包	95	2002	9	直営
所沢市	所沢市東部クリーンセンターリサイクルプラザ資源ごみ処理施設	4,012	1,504	37	リサイクルプラザ	金属類, ガラス類	選別, 圧縮・梱包	30	2003	8	一部委託
飯能市	飯能市クリーンセンター	649	378	58	ストックヤード	ガラス類, その他資源ごみ	選別	30	1982	29	委託
飯能市	飯能市クリーンセンター	166	166	100	ストックヤード	金属類	選別, 圧縮・梱包	4	2006	5	委託
東松山市	西本宿不燃物等減容処理場	901	901	100	ストックヤード	金属類, ガラス類, ペットボトル, プラスチック, 不燃ごみ, 粗大ごみ	選別, 圧縮・梱包	4	1990	21	委託
春日部市	春日部市資源選別センター	2,680	2,679	100	リサイクルセンター	金属類, ガラス類, ペットボトル	選別, 圧縮・梱包	30	1994	17	委託
春日部市	春日部市資源選別センター庄和	356	384	108	リサイクルセンター	金属類, ガラス類, ペットボトル	選別, 圧縮・梱包	3	1996	15	直営
狭山市	狭山市リサイクルセンター	0	0		リサイクルセンター	金属類, ガラス類	選別, 圧縮・梱包	18	1987	24	一部委託
狭山市	第一環境センター	1,874	1,654	88	リサイクルプラザ	金属類, ガラス類, 不燃ごみ, 粗大ごみ, その他	選別, 圧縮・梱包, その他	43	2007	4	一部委託
上尾市	上尾市西貝塚環境センター空き缶選別プレス機	372	331	89	容リ推進施設	金属類	選別, 圧縮・梱包	4.9	1996	15	直営
草加市	草加市クリーンリサイクルセンター	2,349	2,349	100	その他	金属類, ガラス類	選別, 圧縮・梱包	20	1987	24	委託
越谷市	越谷市リサイクルプラザ資源化施設	7,480	4,239	57	リサイクルセンター	金属類, ガラス類, 不燃ごみ, 粗大ごみ	選別, 圧縮・梱包	52	2006	5	直営
入間市	入間市総合クリーンセンター	1,516	840	55	その他	ガラス類, その他資源ごみ	選別, 圧縮・梱包	17	1996	15	委託
鳩ヶ谷市	鳩ヶ谷市環境センター資源ごみ分別施設	443	414	93	容リ推進施設	金属類, ガラス類	選別, 圧縮・梱包	8	1992	19	委託
朝霞市	朝霞市空き缶資源化施設	431	431	100	リサイクルセンター	金属類	選別, 圧縮・梱包	5	1997	14	委託
桶川市	桶川市リサイクルセンター	1,283	792	62	リサイクルセンター	金属類, ガラス類	選別	36	1987	24	委託
八潮市	八潮市リサイクルプラザ	2,514	2,514	100	リサイクルプラザ	金属類, ガラス類, その他資源ごみ, ペットボトル, 不燃ごみ, 粗大ごみ	選別, 圧縮・梱包	30	1996	15	委託

三郷市	三郷市不燃物処理場	3,904	1,270	33	リサイクルセンター	紙類, 金属類, ガラス類, その他資源 ごみ, 布類, 不燃ごみ, 粗大ごみ	選別, 圧縮・梱包	15	1985	26	委託
ふじみ野市	上福岡清掃センター	1,876	1,875	100	ストックヤード	金属類, ガラス類, ペットボトル, プラ スチック, 不燃ごみ	選別, その他	10	1997	14	委託
ふじみ野市	大井清掃センター	1,278	798	62	ストックヤード	金属類, ガラス類, 不燃ごみ, 粗大ご み	選別, 圧縮・梱包	2	1999	12	委託
伊奈町	伊奈町クリーンセンター	1,267	1,267	100	ストックヤード	金属類, ペットボトル, プラスチック	選別, 圧縮・梱包	25	1992	19	委託
川島町	川島町環境センター容器包装処理施設	435	348	80	容リ推進施設	その他資源ごみ, ペットボトル, プラス チック	選別, 圧縮・梱包	4	2000	11	委託
川島町	川島町環境センター不燃物処理施設	310	230	74	容リ推進施設	その他資源ごみ	選別, 圧縮・梱包	10	1979	32	委託
杉戸町	杉戸町リサイクルセンター	2,035	1,544	76	ストックヤード	紙類, 金属類, ガラス類, ペットボト ル, 布類	選別, 圧縮・梱包	3	1996	15	委託
松伏町	松伏町中間処理場	722	448	62	ストックヤード	金属類, ガラス類, その他資源ごみ, ペットボトル, 不燃ごみ, 粗大ごみ	選別, 圧縮・梱包	4	1984	27	委託
志木地区衛生組合	富士見環境センター有価物回収施設	2,892	2,706	94	ストックヤード	ガラス類, その他	選別	31	1986	25	委託
小川地区衛生組合	小川地区衛生組合不燃物処理場	4,550	3,729	82	ストックヤード	紙類, 金属類, ガラス類, その他資源 ごみ, ペットボトル, プラスチック, 布 類, 不燃ごみ, 粗大ごみ	選別, 圧縮・梱包	20	1977	34	委託
東埼玉資源環境組合	堆肥化施設	1,989	853	43	ごみ堆肥化施設	剪定枝, その他	ごみ堆肥化	22.5	1999	12	直営
蕨戸田衛生センター組合	蕨戸田衛生センターリサイクルプラザ	6,044	5,474	91	リサイクルプラザ	紙類, 金属類, ガラス類, ペットボト ル, プラスチック	選別, 圧縮・梱包, その 他	60	2002	9	委託
児玉郡市広域市町村圏組合	児玉郡市広域市町村圏組合立小山川クリーンセ ンター	698	605	87	容リ推進施設	金属類, ガラス類, ペットボトル, その 他	選別, 圧縮・梱包	13	2000	11	委託
埼玉西部環境保全組合	川角リサイクルプラザ	7,903	6,177	78	リサイクルプラザ	金属類, ガラス類, その他資源ごみ, ペットボトル, プラスチック, 不燃ご み, 粗大ごみ, その他	選別, 圧縮・梱包, その 他	45	2001	10	一部委託
大里広域市町村圏組合	大里広域市町村圏組合立大里広域クリーンセン ター	10,641	6,483	61	容リ推進施設	金属類, ガラス類, ペットボトル, 不燃 ごみ, 粗大ごみ	選別, 圧縮・梱包	60	1983	28	一部委託

① 資源化状況

今回対象とした埼玉県下における資源化施設は 37 施設ある。平成 20 年度の処理量は 111、260t/年、資源回収量は 84、112t/年となっており、再資源化率は 76%程度となっている。

※資源回収量:回収量ベース(搬出量と在庫量の合計)

※再資源化率:(資源回収量)／(処理量)

② 運営管理体制

表 3-7 に示す通り、民間委託は 37 施設のうち、直営 5 施設、委託 26 施設、一部委託 6 施設となっており、直営は 14%である。

表 3-7 運営管理体制

運営方法	施設数	比率 %
直営	5	14
一部委託	6	16
委託	26	70
合計	37	100

③ 経過年数

表 3-8 に示す通り、全 37 施設の内、施設稼働後 10 年未満の施設は 7 施設、10 年以上 30 施設、20 年以上 12 施設、30 年以上 2 施設となっている。

表 3-8 施設の経過年数

経過年数	施設数	比率 %	合計処理能力 t/日
10 年未満	7	14	337
10 年以上	30	59	635
20 年以上	12	24	253
30 年以上	2	4	30

④ 処理能力

全 37 施設の合計処理能力は 972t/日である。

⑤ まとめ

以上の結果を表にまとめる。

- ・ 本研究が対象としている民間処理施設の活用を考えると、既に運営を民間委託している自治体がまずは対象となるが、民間委託は全 37 施設中 31 施設と約 86%の施設で行われており、条件さえ整えば民間活用スキームの実現可能性は高いと考えられる。

- ・ 稼働から 20 年以上を経過する施設は 12 施設であり、全体として老朽化した施設の比率は粗大ごみ処理施設と比べ低いですが、ごみ処理計画等の計画に要する年数を考えると、一定程度の施設が民間スキームの対象となることが予想される。
- ・ 再資源化率が粗大ごみ処理施設に比べて高いが、これは分別回収された資源が対象となっているためと考えられる。また、再資源化率 100%の施設は後述のヒアリング結果でも示すが、ストックヤードとしての役割しか持っておらず、収集・選別後、全量搬出している。
- ・ 民間スキームの活用を考えると、既存の自治体処理能力を民間側での確保を求められるが、今回の公開情報に基づいた調査では、処理対象物ごとの内訳が不明であるために、金属を主に考えた場合に要求される能力は算出できない。

3.3 埼玉県内における小型家電等の処理実態に関する調査(ヒアリング調査)

3.3.1 調査方法

上記の事前調査から、以下の観点に基づきヒアリング対象とする自治体を選定し、小型家電を中心とした廃棄物処理方法についてヒアリングを実施した。

- ・ 自前の破砕処理施設を持たない自治体
- ・ 自前の破砕処理施設を保有する自治体
- ・ 使用済み小型家電等の分別・回収している自治体

3.3.2 調査結果

(1) 自前の破砕処理施設を持たない自治体

A 市を対象にヒアリングを実施した。

① ごみ処理フロー

A 市では市町村合併に伴いごみ処理方法が 2 パターン存在している。

・ A 地区

小型家電は不燃ごみとして収集回収されている。その後、ストックヤードにて 12 種類に手選別される。その後、民間のリサイクラーへと売却もしくは逆有償で取引される。表 3-9 に手選別の分類と処理方法を示す。

表 3-9 手選別後の分類と処理方法

分類	処理方法
廃家電	逆有償
被覆電線	有価
その他の金属	有価
アルミ混物	有価
銅	有価
真鍮	有価
廃消火器	逆有償
廃蛍光管	逆有償
廃乾電池	逆有償
飲み物以外の缶	有価
廃自転車	有価
ガラス・せともの	逆有償

・ B 地区

収集された廃棄物は一部破碎されるが、有価として売却可能な資源は破碎せずに事前に選別されている。表 3-10 に事前に選別されている製品とその処理方法を示す。

表 3-10 事前選別の分類と処理方法

分類	資源価値
鉄類・バッテリー	有価
廃蛍光管	逆有償
ガラス・せともの	逆有償
ラジカセ・ビデオデッキ等	有価
飲み物以外の缶	有価
廃乾電池	逆有償
廃消火器	逆有償
廃自転車	有価

② 民間施設活用の可能性

- ・ 既に手選別後に民間施設を活用しており、今後もその意向である。
- ・ 民間施設を活用する理由としては、行政コストを下げられることが大きい。自治体で施設を保有する必要がないのであれば、民間施設を活用する方が、財政負担が軽減される。

③ 今後のごみ処理計画

- ・ 現在 A 地区と B 地区で異なるごみ処理方法を取っているが、いずれは統合する方向で検討している。その際、A 地区の方法が資源循環の点から望ましいが、コストの観点もあるので、A 地区と B 地区の間を取る方法が現実的である。
- ・ 一般家庭から排出される段階で分別するといった方法も検討の対象である。

(2) 自前の破砕処理施設を保有する自治体

B 市、C 組合を対象にヒアリングを実施した。

① B 市へのヒアリング結果

不燃ごみ及び粗大ごみを処理対象としており、50t/5h の処理能力の破砕機を有している。収集回収された不燃ごみ及び粗大ごみの選別は行われておらず、直接投入されているため、小型家電等が混在しているかは把握できていない。また、残渣も破砕処理施設からコンベアにて隣接する焼却施設へ搬入されるため、どういった残渣が発生しているか把握できない。

この施設の稼働時間は通常 2 時間程度であり、施設の稼働率は低い。そういった点から、現在建設中の新しい焼却施設では破砕処理能力は現状より低く設定している。民間施設との連携は現時点では検討していないが、小型家電の分別回収等の研究は着手したところである。

② C 組合へのヒアリング結果

不燃ごみ及び粗大ごみを処理対象としており、60t/5h の処理能力の破砕機を有している。図 3-1 に示す通り、収集された不燃ごみ及び粗大ごみには、電気ポットやプリンター、炊飯器、掃除機等の小型家電が混じっており、自転車等の大型の廃棄物は破砕機投入前に手選別されている。

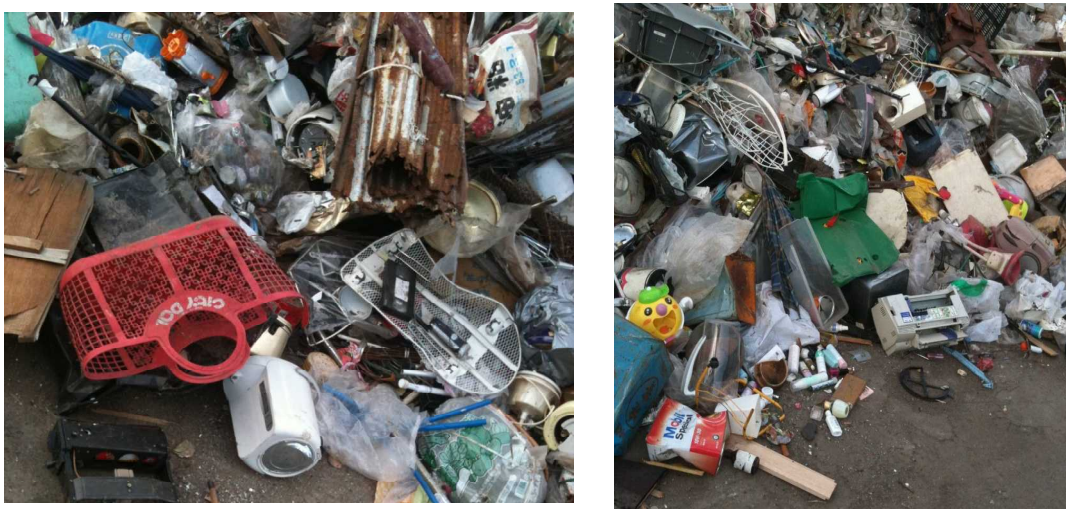


図 3-1 収集回収された不燃ごみ及び粗大ごみ

破砕・選別後の残渣は図 3-2～3-4 に示す通りである。ダストくずは埋め立て、その他の残渣は単純焼却・溶融されている。単純焼却・溶融される残渣には鉄やプラなどが大きなサイズで残っており、資源が回収しきれない状況である。単純焼却可能な残渣は、C 組合が持つ焼却施設で処理されているが、溶融する残渣は寄居資源循環工場内の溶融施設で処理するため、そのコストが課題となっている。



図 3-2 残渣(埋立て)



図 3-3 残渣(焼却)



図 3-4 残渣(溶融)

このように、残渣が多く発生している原因は施設の老朽化にある。本施設は昭和 58 年に稼働しており、現在までに 27 年経過している。施設更新時期は過ぎているものの、予算の都合上実施できていない(本来であれば焼却施設の更新と同時に行われる)。

民間施設との連携については、既存施設を集積・分別機能として活用することで可能と考えている。

ただし、民間施設との連携については

- ・ 民間施設が責任を持って処理を続けることができるか。
 - ・ 連携スキームが順調に推移した場合、随意契約等で批判される可能性がある。
- といった点を課題として挙げている。

(3) 使用済み小型家電等の分別・回収している自治体

D 市を対象にヒアリングを実施した。

① ごみ処理フロー

D 市では小型家電を分別回収している。通常の燃えないごみの日に小型家電を分別した袋を

回収する方法である。D市は東西と民間委託の収集業者の3形態存在しているため、それぞれ独自の回収方法をとっており、現在効率的な収集回収の方法を検討中である。現在実施中の方法としては、通常の燃えないごみの収集と合わせて同時に収集する方法や、2台の収集車を用いて片方の車両を小型家電専用にする方法、燃えないごみを収集した後もう一度収集する方法でおこなっている。

② 小型家電分別の経緯

D市ではダイオキシン問題を背景にプラスチック類残渣を焼却処分することへの合意形成を図ることが困難であった。そのため、これまで破碎処理施設から排出される残渣は埋め立て処分していた。民間施設への埋め立て処分はコストがかかる一方で、焼却施設の仕様からはプラスチック類残渣を焼却処分することできるといった状況であるため、住民理解を得られる方法として、なるべくプラスチック類残渣が発生しないように小型家電の分別を検討し始めた。

③ 回収実績

2010年10月より小型家電の分別回収を実施している。実施月の10月には20t、12月には55tと回収量を伸ばしている。

④ 回収物

回収された小型家電は、これまで残渣を保管していたヤードに貯められている。図3-5に保管されている小型家電を示す。



図 3-5 回収後に保管されている小型家電

⑤ 民間施設との連携

民間施設との連携は前向きである。特に自治体としては処理先・処理スキームが一本しかないことは処理継続の安定性から問題であり、複数のスキームを保有したい意向がある。

同一製品でも時代変化により軽量化されており、資源売却が重量単価で行われていることから売却益が減少していくことが課題として挙げられる。今後は「量」のみの観点から「質」の観点へと移行していきたいという意向がある。

⑥ 賦存量の推定方法

D市では、不燃ごみ中の5%程度が小型家電と推定しており、400t/年を想定している。

3.4 埼玉県内における小型家電等の処理実態に関する調査(統計調査)

以上から、既存インフラを活用した資源回収システムのモデル化を行った。図3-6に概念図を示す。

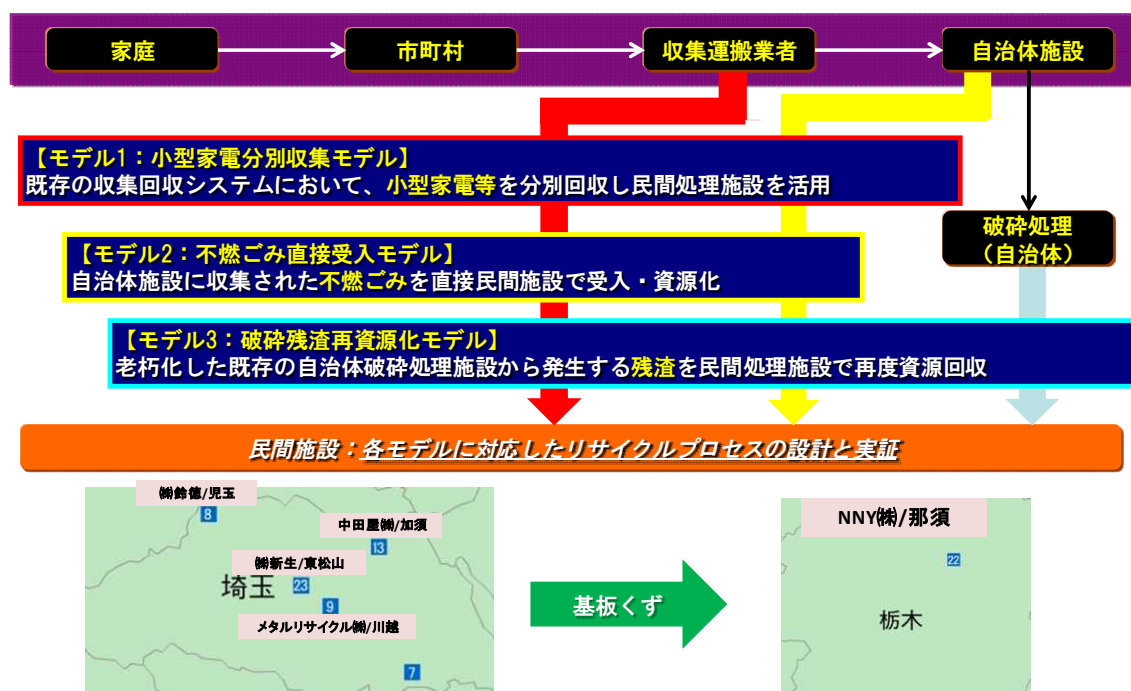


図 3-6 既存インフラを活用した資源回収システムのモデル

(1) モデル 1: 小型家電分別収集モデル

自治体の既存の収集回収ルートを活用し、収集回収時点で小型家電を分別し、回収後の製品を民間施設で処理する方法である。B市のモデルが該当する。B市では、収集回収の段階で燃えないごみと同時に分別した小型家電を回収している。集めた小型家電は、民間業者に有価で売却されているが、売却先での処理方法を含めた入札は行っていない。特に現状では海外に売却されており、資源回収の高度化に加えてトレーサビリティを含めたリサイクルシステムの構築が必要であると考えられる。

(2) モデル 2: 破碎残渣再資源化モデル

老朽化した破碎処理施設では、残渣に価値のある資源が多量に含まれている可能性があり、この残渣を民間施設で再度選別する方法である。このモデルは先のC組合が該当する。C組合では、施設の老朽化に伴い、多くの残渣が発生しており、その中にまだ回収できる資源が多く残っていることが考えられる。資源的な側面以外に、民間施設を活用することは自治体にとって経済的なメリッ

トを生み出す可能性がある。C 組合で発生する残渣の一部は外部の民間施設を活用して溶融処理しており、自前の焼却施設で処理をしていない。この溶融処理の単価は5万円/tであり、この残渣を溶融処理せずに民間の破碎・選別施設で資源回収することで処理単価を下げる事ができれば、自治体に対して経済的メリットも提示することができる。

(3) モデル 3: 不燃ごみ直接受入モデル

B 市では小型家電が混在する不燃物及び粗大ごみを中間処理施設で手選別し、品目ごとに分別しているが、経済性の観点で課題を抱えている。このモデルは、型家電が混在する不燃物及び粗大ごみを民間施設で処理する方法である。

第4章

民間処理施設を活用した実証試験とその評価

4. 民間処理施設を活用した実証試験とその評価

4.1 目的

第3章でモデル化した資源回収システムについて、その環境性・経済性を検討する必要がある。そこで、民間処理施設として本研究の協力先である㈱スズクHDの破碎処理施設を活用した実証試験を通して、使用済み小型家電等を処理した際のレアメタルを含むマテリアルバランスの調査を行った。そのデータを基に、再資源化率や資源売却益の検討を行い、モデル化した資源回収システムの評価を行った。

4.2 実証試験の概要

4.2.1 各 CASE の設定

本研究では、第3章でモデル化した資源回収システムの内、モデル1とモデル2の実証試験を実施した。本章では、モデル1、モデル2をCASE1、CASE2と呼ぶこととする。表4-1に各CASEの概要と再資源化対象物の発生元及び活用した民間処理施設名を記載する。CASE1では、再資源化対象物を乾式で選別する場合と湿式で選別する場合の2つのCASEを設定した。

表 4-1 設定した各 CASE の概要

CASE 番号		概要	再資源化対象物の発生元	活用した民間施設 *()内は略称
1	小型家電分別収集モデル	収集回収段階で分別された小型家電を民間処理施設で破碎選別する CASE	—	—
	1-1 乾式選別モデル	小型家電を乾式で破碎選別する CASE	自治体 A 自治体 B	・鈴徳児玉工場 (施設 A)
	1-2 湿式選別モデル	小型家電を湿式で破碎選別する CASE	自治体 C 自治体 D 自治体 E 自治体 F	・中田屋加須工場 (施設 B) ・NNY 那須事業所 (施設 C)
2	破碎残渣再資源化モデル	自治体の破碎処理施設から発生する残渣を民間処理施設で再資源化する CASE	自治体 G	・鈴徳児玉工場 (施設 A)

4.2.2 用いた民間処理施設の破碎処理フロー

(1) CASE1-1 で活用した破碎処理施設

施設 A の破碎・選別フローは図 4-1 に示す通りである。特長として、通常は逆有償で処理されている重ダストを、再度メタルソータを用いて選別している点が挙げられる。

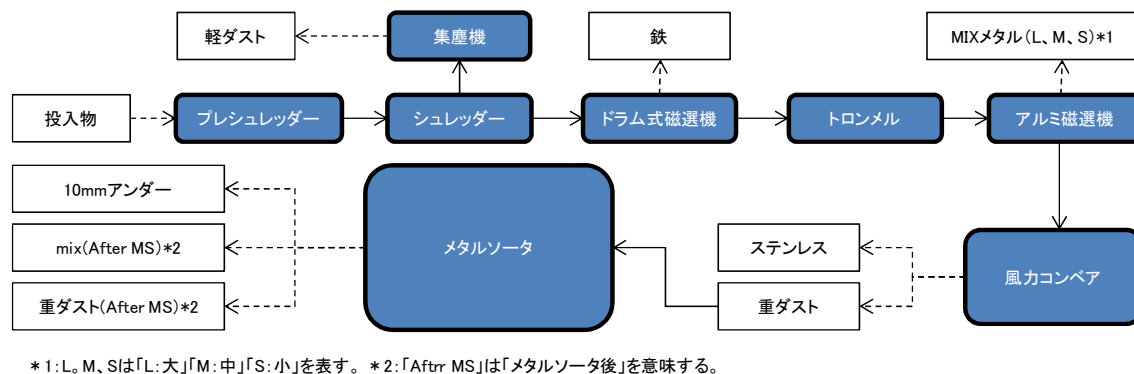


図 4-1 施設 A の破碎・選別フロー

(2) CASE1-2 で活用した破碎処理施設

施設 B と C の破碎・選別フローは図 4-2 に示す通りである。特長として、施設 B から発生する MIX メタルを施設 C の重液選別で再度資源回収を行う点にある。

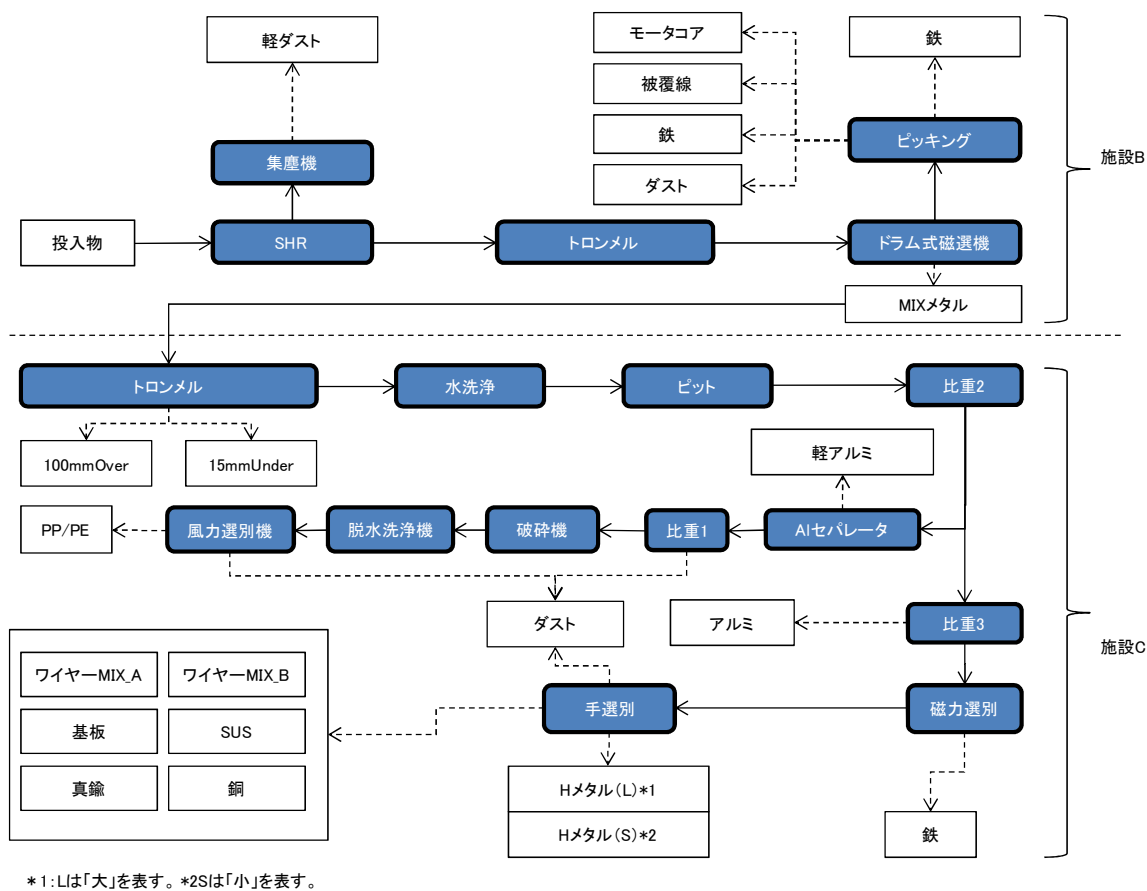


図 4-2 施設 B と C の破砕・選別フロー

(3) CASE2 で活用した破砕処理施設

CASE1-1と同様の処理施設を活用しているが、投入物をシュレッダーから投入している点が先と異なる。

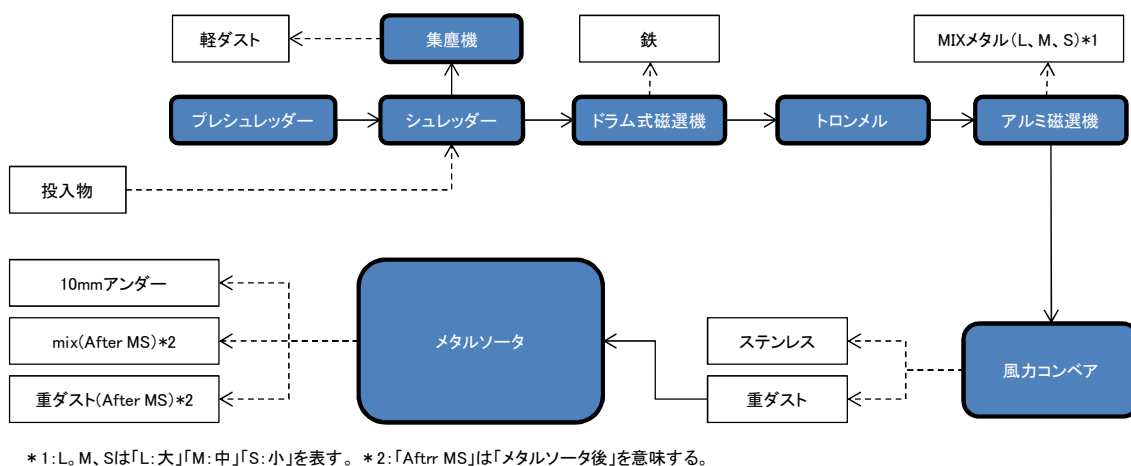


図 4-3 施設 A の破砕・選別フロー

(4) 実施日

表 4-2 に示す通り、各 CASE の実証試験は以下の日程で実施した。

表 4-2 実証試験の実施日程

CASE 番号	実施日
1-1	2011 年 8 月 5 日
1-2	2011 年 8 月 5 日、2011 年 8 月 9 日
2	2011 年 12 月 8 日

4. 3 CASE1 の実証試験の結果

4.3.1 CASE1-1 のマテリアルバランスと再資源化率

自治体 A で回収された小型家電 1910kg を対象に施設 A で破碎・選別試験を実施した。表 4-3 に選別試験結果によって得られた各項目の回収量及び取引価格を示す。小型家電のみを破碎・選別対象としない通常の場合、重ダスト(After MS)は逆有償で処理されているが、小型家電のみを対象とした場合、有価で売却できている点に特徴がある。この理由は、重ダストが PP・PE 中心となったためである。ただし、有価で売却できるかどうかは、市況の影響を受けるため、通常通り逆有償で処理する場合も想定しておく必要がある。そこで、重ダストを有価で売却できた場合を CASE1-1-1、逆有償で処理した場合を CASE1-1-2 として評価を実施した。このとき、各 CASE の再資源化率を算出すると CASE1-1-1 は 84.7%、CASE1-1-2 は 53.1% となり、重ダスト(After MS)が有価で取り引き可能かどうか、再資源化率に大きく影響を与えることがわかる。なお、レアメタルの含有量についても調査を行った。表 4-4 に分析結果を示す。銅の含有割合は高いが、レアメタルはほとんど含まれていない。

表 4-3 CASE1-1 のマテリアルバランスと回収品目の取引価格

項目	回収量		取引価格(実証試験時の鉄売却価格基準)		
	kg	%	P1	P2	P3
			実証試験時 (H23/8~H24/2)	最低価格 (H23/8~H24/2)	最低価格 (H14~H23)
軽ダスト	120	6.1	-0.62	-0.64	-0.84
鉄	830	42.3	1.00	0.80	0.31
MIX メタル(L)	20	1.0	2.59	2.31	1.33
MIX メタル(M)	30	1.5	2.59	2.31	1.33
MIX メタル(S)	40	2.0	2.59	2.31	1.33
ステンレス	10	0.5	2.59	2.31	1.33
10mm アンダー	130	6.6	-0.62	-0.64	-0.84
MIX メタル(After MS)	110	5.6	1.15	1.15	0.59
重ダスト(After MS)	620	31.6	0.03	0.03	0.03
合計	1910	100	—	—	—

表 4-4 レアメタルの含有量(単位:Wt%)

項目	金	銀	銅	パラジウム	インジウム	アンチモン	タンタル	ネオジウム
重ダスト	0.008	0.069	49.5	<0.01	<0.02	0.11	<0.02	<0.005
軽ダスト	0.006	0.012	1.34	<0.01	<0.02	0.07	<0.02	0.017
MIXメタル(小)	<0.005	0.068	48.2	<0.01	<0.02	0.03	<0.02	<0.005
10mmアンダー(MS)	0.007	0.102	36.6	<0.01	<0.02	0.12	<0.02	<0.005
MIXメタル(MS)	0.007	0.088	37.5	<0.01	<0.02	0.14	<0.02	<0.005
重ダスト(MS)	<0.005	0.016	66.7	<0.01	<0.02	0.04	<0.02	<0.005

4.3.2 CASE1-2 のマテリアルバランスと再資源化率

次に、CASE1-1と同様にCASE1-2の評価を実施した。CASE1-2では、小型家電9851kgを処理対象とした。表4-5に選別試験結果によって得られた各項目の回収量及び取引価格を示す。なお、取引価格は実証試験時の鉄の売却単価1とした場合の各回収項目の売却・処理単価の比率である。このとき、再資源化率を算出すると53.9%となる。

表 4-5 CASE1-2 のマテリアルバランスと回収品目の取引価格

施設名	項目	回収量		取引価格(実証試験時の鉄売却価格基準)		
		kg	%	P1	P2	P3
				実証試験時 (H23/8)	最低価格 (H23/8~H24/2)	最低価格 (H14 ~ H23)
施設 B	鉄	3780	37.9	1.00	0.80	0.66
施設 B	モータコア(手選)	185	1.9	3.12	2.57	1.75
施設 B	被覆線(手選)	53	0.5	7.29	5.54	5.54
施設 B	鉄(手選)	84	0.8	1.00	0.80	0.66
施設 B	ダスト(手選)	14	0.1	-0.57	-0.58	-0.92
施設 B	ダスト	3583	35.9	-0.57	-0.58	-0.92
施設 C	Hメタル(L)	63	0.6	5.19	5.19	5.19
施設 C	Hメタル(S)	82	0.8	6.76	6.76	6.76
施設 C	アルミ	117	1.2	4.08	4.08	4.08
施設 C	ワイヤーMIX_A	29	0.3	0.87	0.87	0.87
施設 C	ワイヤーMIX_B	78	0.8	0.15	0.15	0.15
施設 C	軽アルミ	8	0.1	0.87	0.87	0.87
施設 C	鉄付き	52	0.5	0.64	0.64	0.64
施設 C	100mmOver	21	0.2	0.20	0.20	0.20
施設 C	ステンレス	4	0.0	4.52	4.52	4.52
施設 C	真鍮	4	0.0	10.96	10.96	10.96
施設 C	銅	2	0.0	16.91	16.91	16.91
施設 C	15mmUnder	644	6.5	0.01	0.01	0.01
施設 C	基盤	7	0.1	5.83	5.83	5.83
施設 C	PP・PE 混	165	1.7	0.03	0.03	0.03
施設 C	ダスト	877	8.8	-0.73	-0.73	-0.73

4.3.3 経済性評価

次に、先に示したマテリアルバランスを用いて経済性の評価を行う。経済性評価は、各回収品目の売却価格及び民間処理施設での加工費を評価範囲とする。この時、民間処理施設の加工費は実証試験時の鉄売却価格を基準とした場合、CASE1-1-1、1-1-2 においては 0.43、CASE1-2 においては 0.32 である。図 4-4 に各 CASE の経済性評価結果を示す。なお、CASE1-1-2 において重ダスト(After MS)を逆有償で処理する場合、軽ダストと同じ処理単価を適用する。

図 4-4 から、全ての CASE で、取引価格が P3 のとき処理費用がマイナスになっていることがわかる。このように、資源価格の変動を考慮すると逆有償となる場合が発生しており、有価取引を前提としない処理スキーム、すなわち、逆有償になる場合も想定したスキームを検討する必要がある。

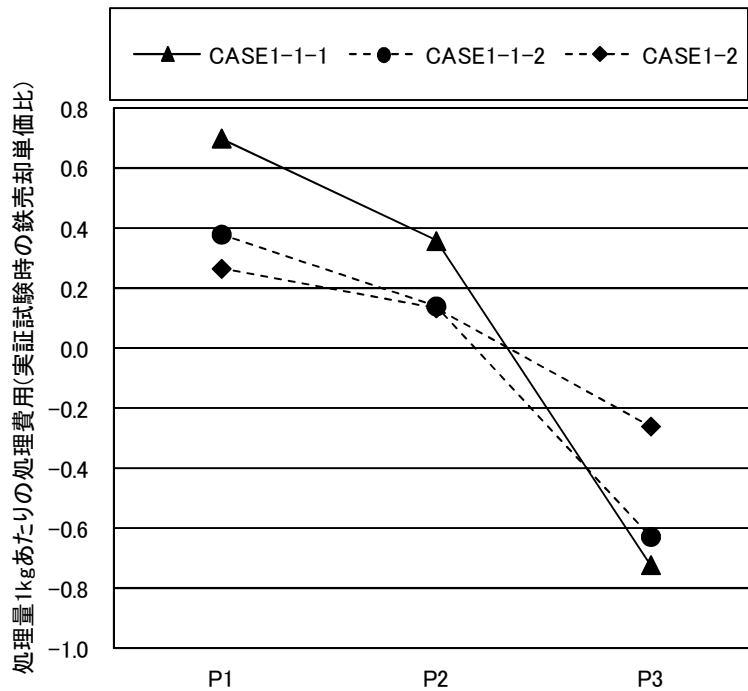


図 4-4 民間処理施設を活用した混合残渣からの資源回収経済性評価結果

4. 4 CASE2 の実証試験の結果

4.4.1 マテリアルバランスと再資源化率

ヒアリングしたある自治体では、自前の破碎選別施設から発生する残渣中に金属類が含まれていることから、埋立処理や焼却処分ができず、熔融処理されており、その処理コストが問題となっている。そこで本研究では、熔融処理されている残渣を対象に、民間処理施設で選別処理を行い、その際の経済性・環境性の評価を行った。

混合残渣 9600kg を対象に鈴徳児玉工場で選別試験を実施した。別表 4-6 に先と同様にマテリアルバランスと各回収品目の取引価格を示す。本結果では、民間処理施設で混合残渣の資源回収を再度行うことで、29.0%の再資源化率となった。

表 4-6 混合残渣選別試験のマテリアルバランスと回収品目の取引価格

項目	回収量		取引価格(実証試験時の鉄売却価格基準)		
	kg	%	P1	P3	P5
			実証試験時 (H23/8~H24/2)	最低価格 (H23/8~H24/2)	最低価格 (H14~H23)
軽ダスト	5733	59.7	-0.62	-0.64	-0.84
鉄	530	5.5	1.00	0.80	0.31
MIX メタル(L)	30	0.3	2.59	2.31	1.33
MIX メタル(M)	160	1.7	2.59	2.31	1.33
MIX メタル(S)	260	2.7	2.59	2.31	1.33
ステンレス	27	0.3	2.59	2.31	1.33
重ダスト	2860	29.8	-0.62	-0.64	-0.84
10mm アンダー	1080	11.3	1.15	1.15	0.59
MIX メタル(After MS)	250	2.6	-0.62	-0.64	-0.84
重ダスト(After MS)	1530	15.9	-0.62	-0.64	-0.84
合計	9600	100	—	—	—

4.4.2 経済性評価

次に、本結果を用いて経済性の評価を行う。経済性評価は、各回収品目の売却価格及び民間処理施設での加工費を評価範囲とする。この時、民間処理施設の加工費は実証試験時の鉄売却価格を基準とした場合、0.43 である。なお、自治体破碎処理施設から民間処理施設の輸送に関する費用は考慮していない。実際には自治体が民間処理施設に破碎残渣を持ち込むため、民間処理施設での経済性には影響しない。また、現状の熔融処理においても、自治体が熔融処理施設へ混合残渣を持ち込んでいるため、自治体側の経済性にも影響しない。図 4-5 に経済性評価結果を示す。図中の破線は、現状の熔融処理単価(実証試験時の鉄売却価格を基準)である。このように、民間処理施設で残渣の資源回収を再度行うことで、自治体が支払っている現状の処理費用を下回る費用で処理可能であることがわかる。なお、本実証試験で対象とした混合残渣の組成が変動する可能性については考慮しておらず、今後の継続調査が必要である点には留意願いたい。

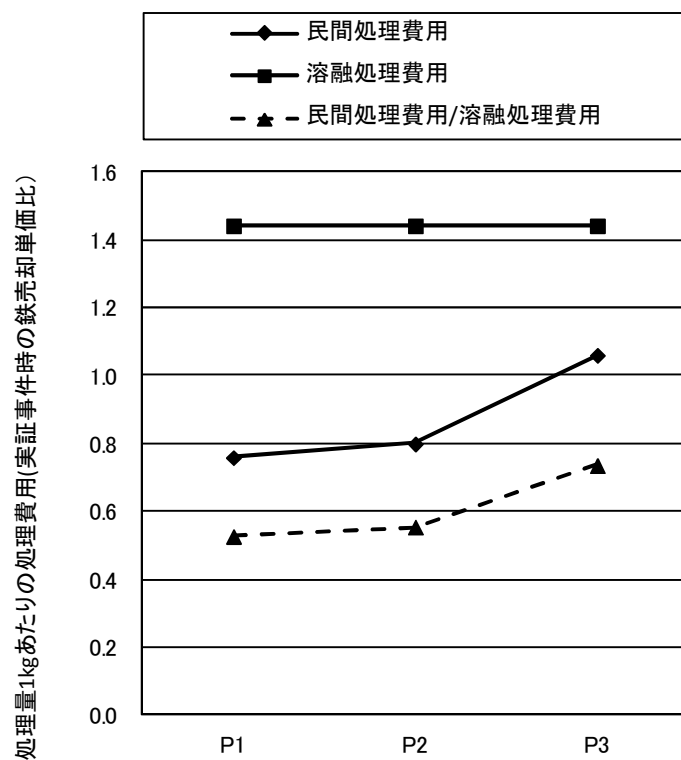


図 4-5 混合残渣からの資源回収の経済性評価結果

第5章

小型家電の資源回収システムの検討

5. 小型家電の資源回収システムの検討

5.1 目的

実際には対象とする地域によって、回収される小型家電は異なる。先に述べたように、有価取引を前提としない処理スキームを検討するためには、事前に経済性を検討することが必要なる。事前に検討するための方法として、①さまざまな小型家電を対象とした破碎・選別試験を繰り返すことで環境性・経済性を評価すること②事前に得られる情報から環境性・経済性を推定することが挙げられる。前者のように、データを積み上げていくことは可能であるが、回収される小型家電全てを対象に実証試験を行うことは現実的ではないこと、また、実際に収集された小型家電を投入することが必要であり、自治体の収集区分の事前検討には有効ではない。②のように事前に得られる情報を基に推定することが可能となれば、民間事業者のみならず、自治体の計画段階でも使える手法となり得る。

5.2 家電製品素材構成データベースの構築

筆者らは、企画・設計段階における環境配慮設計を支援することを目的に、これまでに解体性評価を可能とする「分解性評価指数(DPI)」と環境負荷評価を可能とする「環境効用ポテンシャル評価手法(E2-PA)」を開発してきた。この両評価手法の特徴は、企画・設計段階で得られる情報を基に評価できる点にある。そのために、筆者らは企画設計段階で得られる情報を把握するために、家電製品等を解体することで、その情報を蓄積し「家電製品素材構成データベース(以下、「データベース」と呼ぶ。)」を構築してきた。

5.2.1 家電製品素材構成データベースの構築方法

データベースの項目は表 5-1 に示す通りである。

表 5-1 データベースの項目とその内容

分類	内容
製品情報	型番、メーカー、生産国、発売年度
製品サイズ	縦、横、高さ、体積
素材構成	表 5-2 参照
保有率	「平成 20 年度待機時消費電力調査報告書」普及率を基に設定
製品寿命	補修用性能部品の最低保有期間を基に設定

以下、家電製品素材構成データベースの構築方法について述べる。

(1) 製品情報

本情報はカタログに記載されているデータである。製品、メーカー、生産国、発売年度による素材構成の違いを評価することを可能とするために用意されている項目である。

(2) 製品サイズ

本情報はカタログに記載されているデータである。本章で評価を試みる使用済み小型家電の処理方法には直接関係しないが、収集運搬や手解体の効率性を検討するために用意されている項目である。

(3) 素材構成

本研究では、製品を構成している素材を表 5-2 の通り分類している。素材構成の情報は環境性・経済性を検討するために重要なデータであるが、現時点では、メーカ等で公表されているデータではない。そこで、筆者らは、実際に家電製品を手解体することで、その情報を入手している。なお、本データベースは先に述べた通り、易解体性と環境負荷の評価を行うことを基本目的に構成されている。特に、易解体性については、基本的にはリサイクルよりもリユースを優先する思想を組み込んでいることから、素材構成は「破損せず手解体できるレベル」としている。

表 5-2 データベースにおける素材構成の分類項目

単一素材	金属	鉄	単一素材	プラスチック	PBT				
		ステンレス			ポリエステル樹脂				
		アルミニウム			フェノール樹脂				
		銅			エポキシ樹脂				
		ニッケル			ポリウレタン(軟質)				
		鉛			ポリウレタン(硬質)				
		亜鉛			表示なしプラ				
		チタン			単一素材	その他	合成ゴム		
		コバルト					ガラス		
		マンガン					再生ガラス		
		クロム					化学繊維		
		その他非鉄金属					その他		
		単一素材			プラスチック	LDPE	複合素材		金属複合材
						HDPE		合成樹脂複合材	
PP	金属樹脂複合材								
PS	基板								
EPS	液晶								
PVC	シート基板								
B-PET	モーター								
ABS	HDD								
AS	マイク								
PA6	スピーカー								
PA66	ファン								
POM	その他								
PC	—								

(4) 保有率

使用済み小型家電のリサイクルシステムの構築にあたり、事前に得られる情報から環境性・経済性を推定することを本研究の一つの目的としている。その際に、各製品がどの程度集まるのかが一つのポイントとなる。その検討にあたり、製品の保有率をデータベースの項目としている。なお、製品の保有率は世帯単位での普及率として捉え、平成 20 年度待機時消費電力調査報告書(財団法人省エネルギーセンター)のデータを活用している。

(5) 製品寿命

(4)と同様の目的で、製品の寿命をデータベースの項目としている。なお、製品寿命は製品の機能を維持するために必要な部品のメーカー保有期間である「補修用性能部品の最低保有期間」のデータを活用している。

5.3 環境性・経済性の両面から見た収集回収段階における使用済み小型家電の評価

使用済みとなった小型家電は、不燃物や粗大ごみとして各自治体が回収し、破碎処理施設において再資源化されるのが一般的である。しかし、資源確保の観点から、不燃物や粗大ゴミから小型家電を分別収集することが検討され始めている。このとき、収集区分を変更することや、ボックス回収することなどが行われるが、何を回収品目とすべきか事前に検討することが環境性・経済性の観点から求められる。すなわち、環境性・経済性の両面から効率的な資源回収システムを構築するために、収集回収品目に関して検討する方法が必要である。そこで、製品の素材構成 DB を活用することにより、収集回収品目に関する検討を行った。

5.3.1 ポテンシャル排出量を考慮した環境性・経済性の評価方法

(1) ポテンシャル排出量の評価方法

実際に資源回収システムの構築を検討するにあたり、各資源の発生量は重要な要素の一つとなる。本研究では、その発生量を事前に検討するという考え方にに基づき、事前に得られる情報である各製品の「保有台数」と「製品寿命」からポテンシャル排出量を算出する。すなわち、ある製品 X を構成する素材 i のポテンシャル排出量 Exi は式 5-1 で表される。

$$Exi = Mxi \times \frac{APx}{SLx} \quad (5-1)$$

ここで、 Exi :ある製品 X を構成する素材 i のポテンシャル排出量 [kg/世帯/y]

Mxi :ある製品 X を構成する素材 i の質量 [kg/台]

APx :ある製品 X の保有台数 [台/世帯]

SLx :ある製品 X の製品寿命 [y]

(2) 環境性の評価方法

環境性は、ポテンシャル排出量を考慮した各素材の質量にそれぞれの再生資源強度原単位を掛け合わせることで算出した、リサイクルによる資源の節約効果で評価する。再生資源強度とは、筆者らが開発してきた「環境効用ポテンシャル評価手法 E2-PA」におけるリユース・リサイクルによる資源の節約効果を表す指標である。マテリアルリサイクルの再生資源強度 RI_{mr} は式 5-2 で表される。

$$RI_{mr} = MI_{mr_p} - I_{mr_w} \quad (5-2)$$

ここで、 RI_{mr} :マテリアルリサイクル資源強度 [kg/y]

MI_{mr_p} :マテリアルリサイクルの対象となる物質の新規製造時の物質資源強度 [kg/y]

Imr_w :マテリアルリサイクル工程の投入資源強度 [kg/y]

以上から、ある製品 X のポテンシャル排出量を考慮したマテリアルリサイクル再生資源強度 RI_{px} は式 5-3 で表される。

$$RI_{px} = \sum_i RI_{xi} \times Exi \quad (5-3)$$

ここで、 RI_{px} :ある製品 X のポテンシャル排出量を考慮したマテリアルリサイクル再生資源強度 [kg/y]

RI_{xi} :ある製品 X を構成する素材 i のマテリアルリサイクル再生資源強度[kg/y]

(3) 経済性の評価方法

経済性は、ポテンシャル排出量を考慮した各素材の質量にそれぞれの売却単価を掛け合わせることで算出した素材の売却価格で評価する。算出式は以下の式 5-4 の通りである。なお、売却単価は表 5-3 に示す通りであり、リサイクラーへのヒアリングにより設定した値である。

$$P_{px} = \sum_i P_{xi} \times Exi \quad (5-4)$$

ここで、 P_{px} :ある製品 X のポテンシャル排出量を考慮した資源売却価格

P_{xi} :ある製品 X を構成する素材 i の資源売却単価

Exi :ある製品 X を構成する素材 i のポテンシャル排出量 [kg/世帯/y]

表 5-3 各素材の売却単価

鉄	22	PBT	32
ステンレス	190	ポリエステル樹脂	35
アルミニウム	175	フェノール樹脂	35
銅	500	エポキシ樹脂	35
ニッケル	21	ポリウレタン(軟質)	35
鉛	21	ポリウレタン(硬質)	35
亜鉛	21	表示なしプラ	2
チタン	21	合成ゴム	-44
コバルト	21	ガラス	-35
マンガン	21	再生ガラス	-35
クロム	21	化学繊維	-44
その他非鉄金属	21	その他	-44
LDPE	32	金属複合材	21
HDPE	32	合成樹脂複合材	2
PP	24	金属樹脂複合材	21
PS	35	基板	300
EPS	35	液晶	-20
PVC	32	シート基板	300
B-PET	32	モーター	30
ABS	35	HDD	93
AS	32	マイク	-20
PA6	35	スピーカー	-20
PA66	35	ファン	2
POM	32	その他	-44
PC	35	—	

5. 4 各種家電製品の環境性・経済性評価

構築したデータベースに登録されている各種家電製品を対象に、環境性・経済性に関する評価を実施した。評価結果を図 5-1 に示す。

これより、表 5-4 に示す製品(以下、「主要製品」と呼ぶ。)で全体の資源売却価格・再生資源強度の 8 割以上を占めていることがわかる。よってこれらの主要製品を優先し、効率的に回収・再資源化していくことが有効である。そこで、主要製品を対象に、資源回収システムの検討を行う。

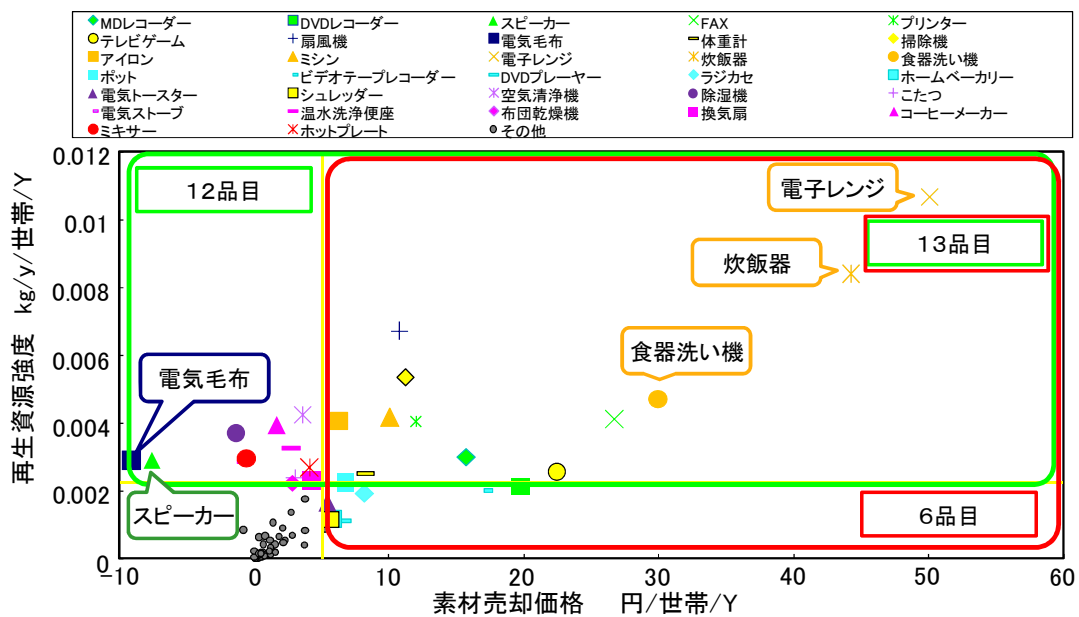


図 5-1 世帯・年間あたりの素材売却価格と再生資源強度

表 5-4 主要製品の一覧

MDレコーダー	ビデオテープレコーダー
DVDレコーダー	DVDプレーヤー
スピーカー	ラジカセ
FAX	ホームベーカリー
プリンター	電気トースター
テレビゲーム	シュレッダー
扇風機	空気清浄機
電気毛布	除湿機
体重計	こたつ
掃除機	電気ストーブ
アイロン	温水洗浄便座
ミシン	布団乾燥機
電子レンジ	換気扇
炊飯器	コーヒーメーカー
食器洗い機	ミキサー
ポット	ホットプレート

次に、主要製品の中において、優先的に回収が望まれる製品について検討を行う。同じ質量であっても売却価格や再生資源強度が高い製品を優先的に処理することが、環境性・経済性の観点から望ましい。そこで、各品目における単位質量あたりの素材売却価格と再生資源強度を算出した。

単位質量あたりの素材売却価格と再生資源強度はそれぞれ売却価格密度と再生資源強度密度と呼ぶ。算出結果を図 5-2 に示す。これより、売却価格密度・再生資源強度密度が共に高い値を示す製品 (MD レコーダー、ラジカセ) もあるが、売却価格密度は高いが再生資源強度密度は低い製品や、逆に再生資源強度は高いが売却価格密度が低い製品等も多く存在することがわかった。

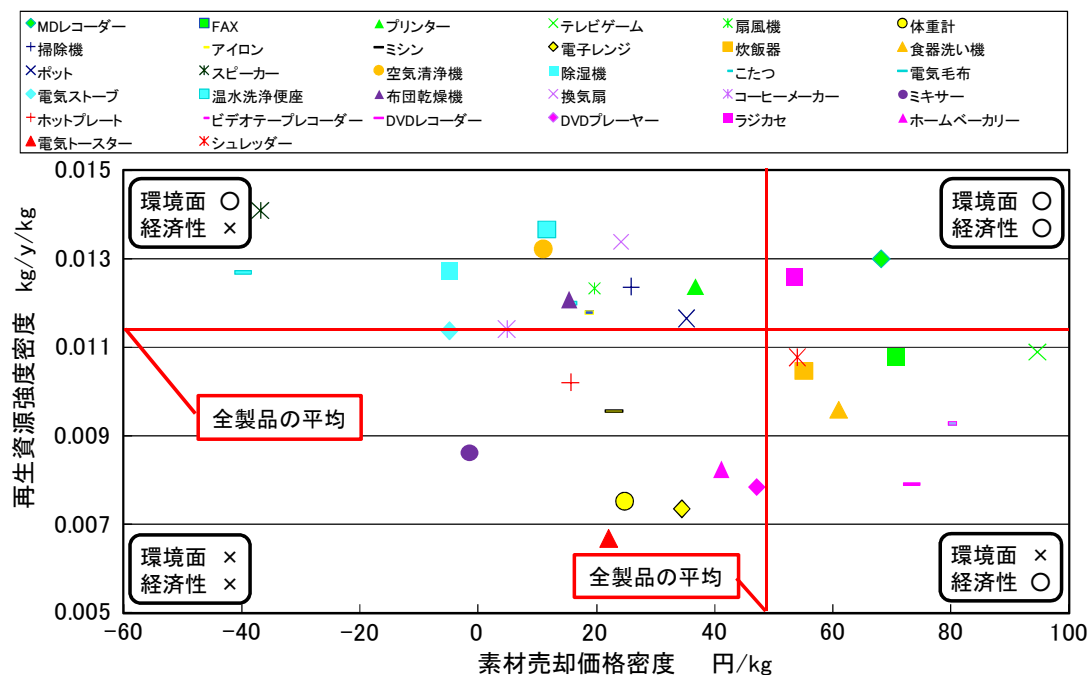


図 5-2 製品毎の単位質量あたりの再生資源強度と売却価格

本研究で検討対象としている民間処理施設を活用した資源回収システムを構築する場合、民間処理施設で受け入れ可能な量の範囲内で、環境性・経済性の両面で有効な製品を検討する必要がある。そこで、先に示したポテンシャル排出量をパラメータとし、売却価格密度と再生資源強度密度の最大値を算出した。算出結果を図 5-3、5-4 に示す。このとき、例えばポテンシャル排出量を 3kg/世帯/y と設定すると (ポテンシャル排出量は、収集回収の対象エリアの総世帯数と民間施設の受入可能量から決定すればよい)、表 5-5 に示す製品群が選定される。MD レコーダー以外は価格と再生資源強度において異なる製品が選定されていることがわかる。そのことから、環境性・経済性の両面を考慮した指標を示す必要があるといえる。

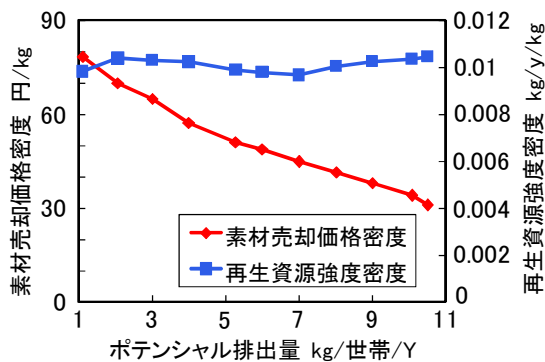


図 5-3 ポテンシャル排出量に対する売却価格密度の最大値

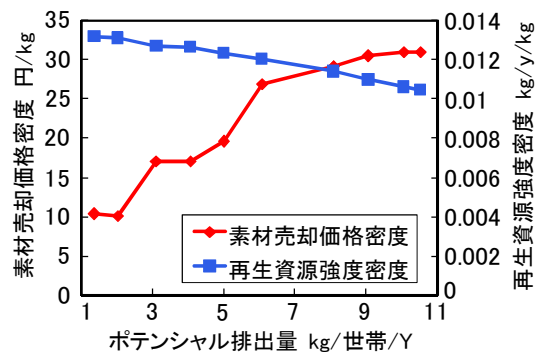


図 5-4 ポテンシャル排出量に対する再生資源強度密度の最大値

表 5-5 ポテンシャル排出量 3kg/世帯/Y の条件で選定される製品

素材売却価格密度が最大となる際に選定される製品	再生資源強度密度が最大となる際に選定される製品
MD レコーダー	MD レコーダー
ビデオテープレコーダー	スピーカー
テレビゲーム	空気清浄機
炊飯器	除湿機
DVD レコーダー	プリンター
DVD プレーヤー	温水便座器
シュレッダー	換気扇
ラジカセ	コーヒーメーカー
食器洗い機	掃除機
FAX	扇風機

そこで、経済性・環境性の両面を考慮する両立性指数を式(5-5)～(5-7)のように定義し、目標とするポテンシャル排出量に対する両立性指数の最大値を算出した。算出結果を図 5-5 に示す。

$$IP_x = \frac{DP_x}{DP_{all}} \quad (5-5)$$

ここで、 IP_x :ある製品群 X の売却価格指数

DP_x :ある製品群 X の売却価格密度 [¥/kg]

DP_{all} :主要製品群の売却価格密度 [¥/kg]

$$IRI_x = \frac{DRI_x}{DRI_{all}} \quad (5-6)$$

ここで、 IRI_x :ある製品群 X の再生資源強度指数

DRI_x :ある製品群 X の再生資源強度密度 [kg/y/kg]

DRI_{all} : 主要製品群の再生資源強度密度 [kg/y/kg]

$$C_x = IP_x \times IRI_x \quad (5-7)$$

ここで、 C_x : ある製品群 X の環境性・経済性両立性指数

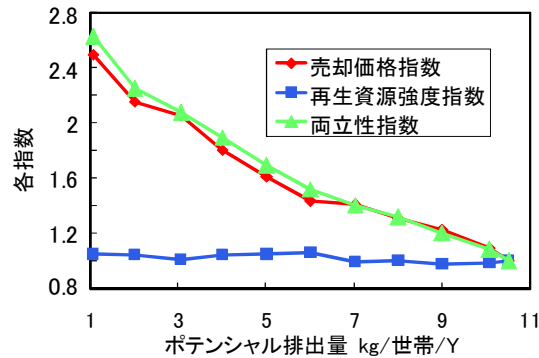


図 5-5 ポテンシャル排出量に対する両立性指数の最大値

また、先と同様にポテンシャル排出量を 3kg/世帯/y と設定すると、表 5-6 に示す製品群が選定される。このように、事前に得られる情報から、環境性・経済性の両面から優先的に回収すべき製品群を検討することが可能である。

表 5-6 ポテンシャル排出量 3kg/世帯/Y の条件で選定される製品

MD レコーダー	シュレッダー
ビデオテープレコーダー	ラジカセ
テレビゲーム	食器洗い機
炊飯器	FAX
DVD レコーダー	換気扇

5.5 素材構成と破碎処理後の回収物の関連性の検討

ここまでの検討は、データベースを活用し、製品の素材構成を基に各種製品の評価を行ったものである。しかし、実際には、回収された製品は破碎処理施設において破碎・選別されることになる。このとき、製品の素材構成を基に実施した評価によって選定される製品が環境性・経済性に優れるとは限らない。そこで、施設 A を活用し、破碎処理施設の投入物の素材構成を把握するとともに、それらを破碎・選別した際に回収される各資源の素材構成の関連性について調査を実施した。

5.5.1 投入物の素材構成の調査

施設 A に投入した製品に関して、事前に投入物を選別することで、各製品の数をカウントした。投入製品のカウント結果は表 5-7 に示す通りである。997 個、75 種類、総重量は 1960kg である。

各品目の個数にデータベースに記載されている素材構成を掛け合わせることで、投入物の素材構成が算出できる。算出結果を図 5-6 に示す。

表 5-7 投入製品のカウント結果

品目	個数 個	品目	個数 個	品目	個数 個
リモコン	110	マイク	9	テレビ	3
掃除機	75	CD プレーヤー	8	電子レンジ	3
ドライヤー	63	キーボード	8	パン焼き機	3
扇風機	47	こたつ	8	モデム	3
ポット	41	レコードプレーヤー	8	ルーター	3
炊飯器	39	DVD デッキ	7	アンプ	2
ライト	33	加湿器	7	懐中電灯	2
ラジカセ	35	カセットプレーヤー	7	血圧計	2
電気ヒーター	34	換気扇	6	データロガー	2
ビデオデッキ	33	携帯ゲーム機	7	デジタルカメラ	2
シェーバー	27	工具	7	電子辞書	2
電話機(子機)	24	コーヒーマーカー	7	電子ピアノ	2
コントローラー	23	チューナー	7	トランシーバー	2
電話機	21	電気調理器	6	便座	2
アイロン	18	パソコン	5	ポータブル DVD プレーヤー	2
スピーカー	17	ワープロ	5	ポータブル TV	2
ミキサー	17	空気清浄機	4	マウス	2
ラジオ	17	シュレッダー	4	ミシン	2
マッサージ機	14	トースター	4	湯沸かし器	2
ゲーム機	12	布団乾燥機	4	カメラ	1
DVD プレーヤー	10	カセットデッキ	3	食器洗機	1
プリンター	10	カラオケセット	3	ビデオカメラ	1
ヘッドホン	10	計算機	3	その他	46
FAX	9	食器乾燥機	3		
時計	9	精米機	3		
ヘアアイロン	9	体重計	3	合計	998

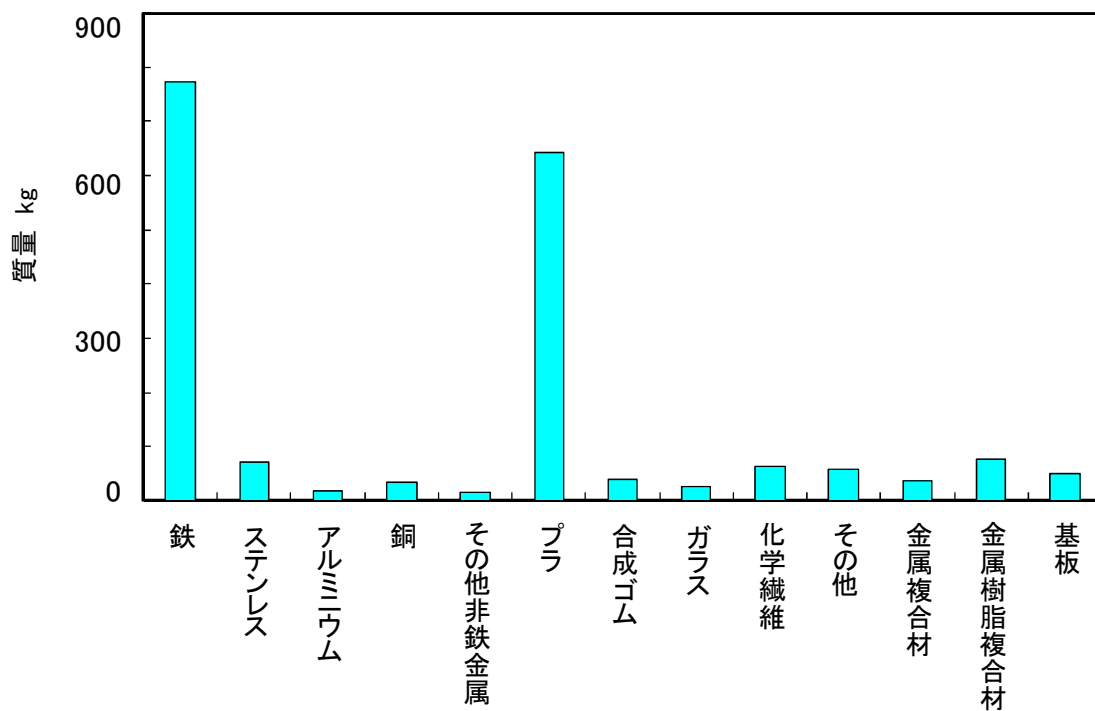


図 5-6 投入物の素材構成算出結果

5.5.2 回収物の素材構成の調査

表 5-7 に記載した家電製品を施設 A に投入し、破碎・選別処理を行った結果、表 5-8 の通りとなる。なお、本結果は、第 3 章の CASE1-1 と同様である。

表 5-8 CASE1-1 のマテリアルバランス

項目	回収量	
	kg	%
軽ダスト	120	6.1
鉄	830	42.3
MIX メタル(L)	20	1.0
MIX メタル(M)	30	1.5
MIX メタル(S)	40	2.0
ステンレス	10	0.5
10mm アンダー	130	6.6
MIX メタル(After MS)	110	5.6
重ダスト(After MS)	620	31.6
合計	1910	100

次に各回収物について素材構成の調査を行った。各回収物の一部をサンプルとして収集し、そのサンプルに含まれる素材を手選別で分類し質量を量ることで、サンプルの量に対する素材の割合を計測した。この割合を、実際の回収物の質量にあてはめることで、各素材量を算出した。なお、軽ダストは性状により分類が困難であったことから、表 5-9 の通り素材構成を設定した。算出結果を図 5-7 に示す。

表 5-9 軽ダストの素材構成

その他非鉄金属	10kg
ガラス	10kg
その他単一素材	50kg
化学繊維	50kg
合計	120kg

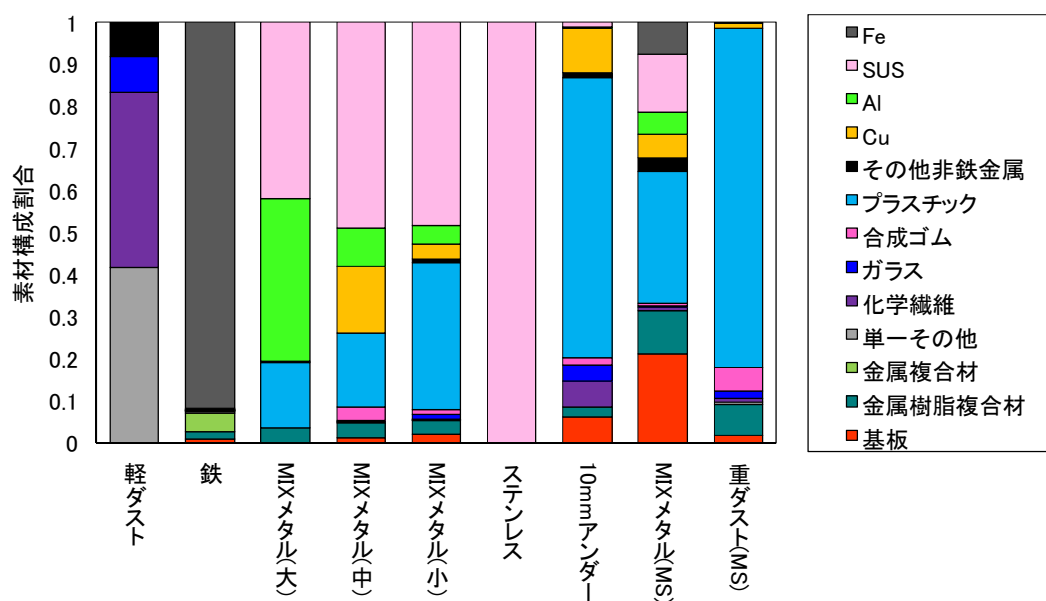


図 5-7 回収品目の素材構成算出結果

5.5.3 投入物と回収物の素材構成の関連性

以上から、投入物と回収物の関連性をまとめると表 5-10 の通りとなる。このように、回収品目に含まれる投入物の素材構成が関連付けられることで、投入される製品から、破碎処理後に回収される各品目の発生量を推定することが可能となる。

表 5-10 投入物の回収割合

回収項目	投入物の回収割合 %												
	Fe	SUS	Al	Cu	その他 非鉄	プラ	合成ゴム	ガラス	化学 繊維	単一素材 その他	金属 複合材	金属樹脂 複合材	基板
軽ダスト	-	-	-	-	64.7	-	-	36.1	78.4	85.1	-	-	-
鉄	98.9	-	-	3.6	-	0.2	1.6	-	0.7	7.4	100	19.7	12.3
MIX メタル (L)	-	11.7	42.1	0.1	-	0.5	-	-	-	-	-	0.9	
MIX メタル(M)	-	20.5	14.9	14.0	-	0.8	2.4	-	0.2	0.0	-	1.5	0.7
MIX メタル (S)	-	27.0	10.0	3.9	2.2	2.2	1.4	1.6	0.1	0.1	-	1.8	1.5
ステンレス	-	14.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10mm アンダー	-	2.0	0.8	41.4	10.1	13.5	5.4	18.0	12.6	-	-	3.7	16.3
MIX メタル (After MS)	1.1	20.9	32.2	17.6	23.0	5.4	1.4	1.6	1.7	-	-	14.6	46.2
重ダスト (After MS)	-	3.8	-	19.5	-	77.5	87.9	42.6	6.4	7.3	-	57.9	23.0
合計	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

5. 6 環境性・経済性の両面から見た破碎処理プロセスを考慮した使用済み小型家電の評価

5.6.1 自治体の回収品目に応じた環境性・経済性の評価

資源回収システムを構築するにあたり、回収された製品群が破碎処理プロセス経た後の環境性・経済性の両面から検討する必要がある。先に示した製品群が良いかを把握する必要がある。

ここでは、先進的な事例として既に小型家電の回収を行っている 8 市(輪島市、刈谷市、知立市、名護市、半田市、豊田市、調布市、石狩市)の事例調査を行い、各事例(刈谷市、知立市は組合として同じ事例)で回収している小型家電製品の種類を把握し、それを A 工場の処理フローに投入したと仮定して、回収物のポテンシャルと処理工程後の環境性・経済性の比較を行った。図 5-8、5-9 に算出結果を示す。なお、全製品はデータベースに登録されている全製品を意味している。

図 5-8 の棒グラフはポテンシャル側での素材構成割合を表し、折れ線グラフは売却価格密度のポテンシャルと処理後との比較を表している。図 5-9 の棒グラフは再資源化処理後の素材構成割合を表し、折れ線グラフは再生資源強度密度のポテンシャルと処理ごとの比較を表している。

売却価格に関しては、製品群の違いによりポテンシャルに対する回収率が大きく変動しており、鉄の割合が高い製品群その割合が高い傾向にあり、一方、基板の割合が高い製品群に関しては低い傾向にある。これは、A 工場での処理フローにおいて、基板の回収が少なく、ポテンシャルとして価値の高い基板がその他の素材に混入してしまうためである。

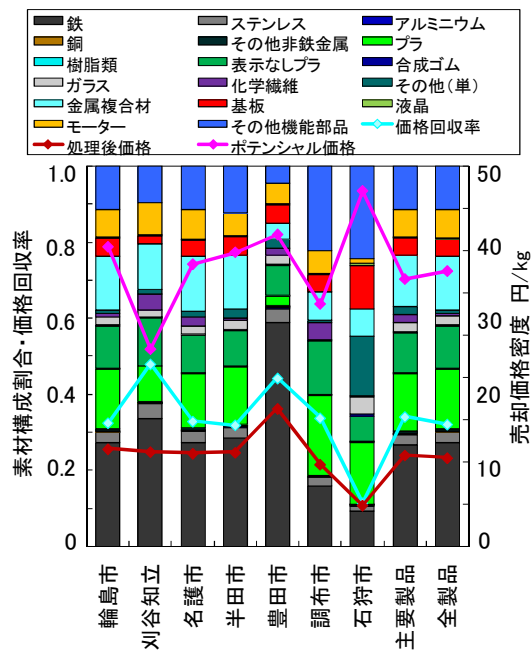


図 5-8 投入物としてみた素材構成と売却価格

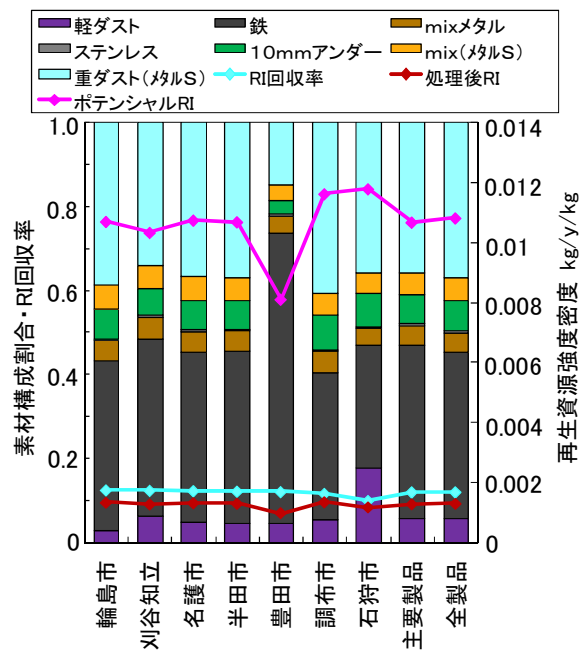


図 5-9 回収物としてみた素材構成と再生資源強度

5.6.2 資源価格の変動による収益性の変化に関する検討

本研究で対象としている資源回収システムは、既存インフラとして民間処理施設を取り上げている。第 3 章に記載した通り、自治体へのヒアリング結果から、民間施設を活用する場合、その仕組みの継続性が懸念として挙げられる。実際に、民間処理施設を活用した資源回収システムを構築した場合、経済性が悪いためにその仕組みが継続できなくなるといったことは避けなければならない。そこで、破碎選別後に回収される各回収品目の売却価格を変動させ、収益性の変化を検討した。図 5-10 は 2009 年度を基準とした過去 20 年間の鉄、アルミ、銅の資源価格の変化を示したものである。これより、これらの金属は 50%程度増減していることがわかる。また、その変動傾向は類似している。そこで、回収品目のその他の品目についても、同様に変動すると仮定し、破碎処理施設の経済性評価を実施した。なお、破碎処理施設の稼働に必要な加工費は 15 円/kg として評価している。図 5-11 に売却価格を変動させた場合の収支を示す。これより、評価対象とした製品群の中では豊田市の製品群が価格変動に対し最も強い製品群であることがわかる。

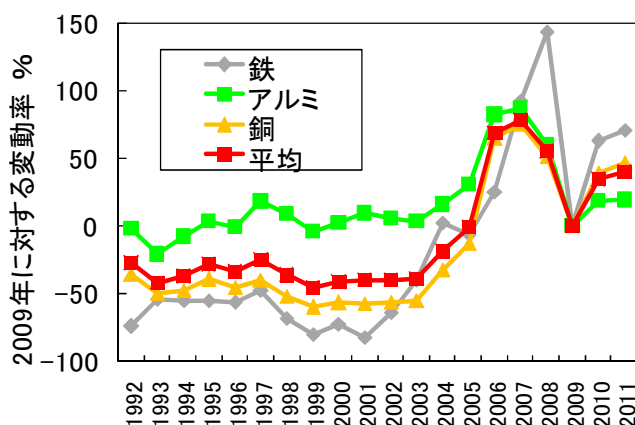


図 5-10 年度毎の素材取引価格の変動率

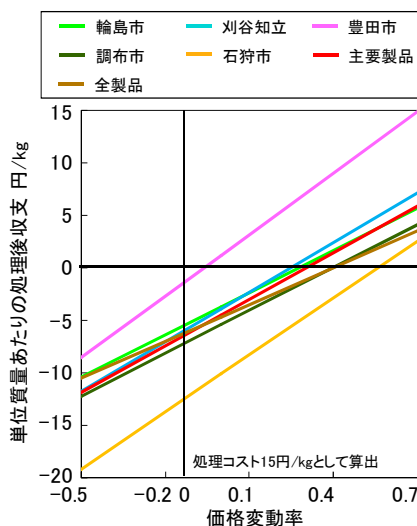


図 5-11 売却単価の変動に対する売却益

このように、投入する製品によって、価格変動に対する売却益が大きく変動する。今後新たに資源回収システムを検討していくにあたり、価格変動に対する売却益の変動が小さく、収益性の高い製品群を選定することが、永続的な仕組みを構築する上で重要である。そこで、価格変動に強く収益性の高い製品群の選定に関する検討を実施した。破碎選別後の売却価格密度は式 5-8 の通り表すことができる。

$$DP_{Ax} = \frac{M_{vi} \times P_i \times (1 + PV)}{M_{xall}} + \frac{M_d \times Pd}{M_{xall}} \quad (5-8)$$

ここで、 DP_{Ax} :ある製品群 X の破碎選別後の売却価格密度[円/kg]

M_{vi} :回収品目(有価物)iの質量 [kg]

M_{xall} :回収品目の合計質量 [kg]

P_i :回収品目(有価物)iの売却価格 [円/kg]

PV : 価格変動率

Md : 軽ダストの質量 [kg]

Pd : 軽ダストの質処理費用 [円/kg]

処理後の売却価格密度を縦軸、価格変動率を横軸とした場合、傾きは価格変動に対する売却益の変動を表し、 y 切片は有価物の売却価格密度を表している。傾きは小さいほど価格変動に強く、 y 切片は大きいほど売却益が高いが、この両者は逆数の関係にあり、軽ダストにかかる処理費用も影響してくる。

そこで、傾きと y 切片の両面を考慮する両立性指数を式(5-9)～(5-11)のように定義し、目標とするポテンシャル排出量に対する両立性指数の最大値を算出した。

$$IS_x = \frac{S_{all}}{S_x} \quad (5-5)$$

ここで、 IS_x : ある製品群 X の傾き指数

S_x : ある製品群 X の傾き

S_{all} : 主要製品群の傾き

$$IY_x = \frac{Y_x}{Y_{all}} \quad (5-6)$$

ここで、 IY_x : ある製品群 X の Y 切片指数

Y_x : ある製品群 X の Y 切片

Y_{all} : 主要製品群の Y 切片

$$CP_x = IS_x \times IY_x \quad (5-7)$$

ここで、 CP_x : ある製品群 X の経済性両立性指数

算出結果を図 5-12 に示す。

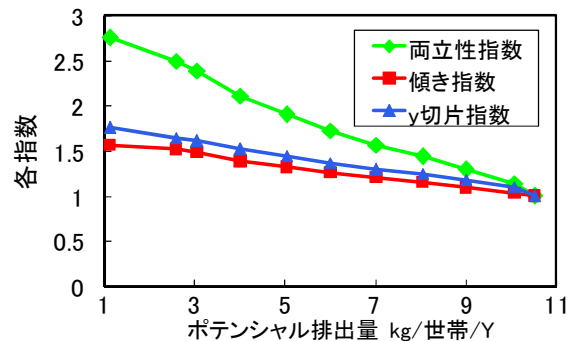


図 5-12 ポテンシャル排出量に対する両立性指数の最大値

このとき、ポテンシャル排出量を3kg/世帯/yとすると、表 5-11 に示す製品群が選定される。A工場の場合、鉄の割合が高い製品が選定されている。

このように、事前に得られる情報と実証試験の結果を組み合わせることで、優先的に回収すべき製品を推定することが可能である。

第6章

結 論

6. 結論

既存の一般廃棄物の収集・回収ルートおよび民間の破砕選別施設を活用することによる資源回収システムの構築を目的に検討した結果、以下の結論を得た。

6.1.1 資源回収システムのモデル化

埼玉県下の自治体が保有する破砕処理施設に関する統計調査及びヒアリング調査を実施し、3つの資源回収システムのモデル化を実施した。

① モデル1: 小型家電分別収集モデル

自治体の既存の収集回収ルートを活用し、収集回収時点で小型家電を分別し、回収後の製品を民間施設で処理する方法である。

② モデル2: 破砕残渣再資源化モデル

老朽化した破砕処理施設では、残渣に価値のある資源が多量に含まれている可能性があり、この残渣を民間施設で再度選別する方法である。

③ モデル3: 不燃ごみ直接受入モデル

小型家電が混在する不燃物及び粗大ごみを民間施設で処理するモデルである。

6.1.2 民間処理施設を活用した実証試験とその評価

モデル化した資源回収システムのモデル1とモデル2の実証試験を通して、破砕処理プロセスを経て回収されるマテリアルバランスを把握するとともに、民間処理施設を活用した場合の環境性・経済性の評価を行った。民間処理施設を活用することで、環境性・経済性の両面から効率的な資源回収システムが構築できる可能性があることを示すととともに、有価取引を前提としたシステムは資源売却価格の変動によって成り立たない可能性があることを示した。そのため、民間処理施設を活用した資源回収システムを構築する場合、逆有償となることを想定したルール作りを行う必要があり、そのルール策定を今後行う予定である。

6.1.3 小型家電の資源回収システムの検討

環境性・経済性の両面から有効な資源回収システムを、事前に把握できる情報から設計可能な手法の構築を行った。先に述べた有価取引を前提としない処理スキームを検討するためには、事前に経済性を検討することが必要なるが、本研究では事前に得られる情報から環境性・経済性を推定した。それにより民間事業者のみならず、自治体の計画段階でも使える資源回収システムの設計手法を示した。

研究発表

研究期間が平成 23 年 6 月 1 日～平成 24 年 3 月 31 日であったため、研究発表の実績はないが、以下の内容で申請・採択済みである。

- (1) 中嶋崇史, 若林英佑, 小野田弘士, 永田勝也, 民間施設を活用した使用済み小型家電の効率的なリサイクルシステムの構築とその評価, 第 22 回環境工学総合シンポジウム 2012
- (2) 若林英佑, 中嶋崇史, 小野田弘士, 永田勝也, 家電製品データベースの構築とそれを活用した使用済み小型家電のリサイクルシステムの提案, 第 31 回エネルギー・資源学会研究発表会
- (3) 若林英佑, 中嶋崇史, 小野田弘士, 永田勝也, 使用済み小型家電の素材構成からみたポテンシャル価格と破碎選別後の資源的価値との比較評価, 第 22 回環境工学総合シンポジウム 2012