

平成 25 年度
環境研究総合推進費補助金 研究事業
総合研究報告書

一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究
(3K113022)

平成 26 年 3 月

埼玉県環境科学国際センター 川寄 幹生

補助事業名 環境研究総合推進費補助金研究事業（平成 23 年度～平成 25 年度）

所管 環境省

国庫補助金 35,829,000 円（複数年度の総計）

研究課題名 一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究

研究期間 平成 23 年 6 月 1 日～平成 26 年 3 月 31 日

研究代表者名 川寄幹生（埼玉県環境科学国際センター）

研究分担者 磯部友護（埼玉県環境科学国際センター）
鈴木和将（埼玉県環境科学国際センター）
渡辺洋一（埼玉県環境科学国際センター）

研究協力者 小野雄策（日本工業大学）
植原浩和（原田産業株式会社）
生田 考（太平洋セメント株式会社）
花田 隆（太平洋セメント株式会社）
武田隼一（太平洋セメント株式会社）
和泉一志（株式会社太平洋コンサルタント）

目 次

総合研究報告書概要	1
本文	
1. 研究背景と目的	11
2 埼玉県の不燃・粗大ごみの現況	13
2.1 全国との比較	13
2.2 粗大ごみ処理施設における再生利用率の経年変化	14
2.3 不燃残渣に関わる埼玉県の状況	14
2.3.1 県外最終処分状況	14
2.3.2 県営処分場の埋立状況	15
2.4 市町村の生活系ごみ収集分類に関わる状況	16
2.5 不燃ごみ・粗大ごみ処理施設の状況	19
2.5.1 施設の老朽化	19
2.5.2 施設の稼働率	19
2.6 市町村の生活系不燃ごみ・粗大ごみ排出量の比較	20
2.7 破碎選別機投入量及び排出量の季節変動	22
2.8 県内の民間資源化施設について	23
2.9 まとめ	23
参考文献	27
3. 不燃・粗大ごみ処理時に発生する不燃残渣の調査	28
3.1 調査対象施設の不燃ごみに関連した収集品目	28
3.2 対象施設の不燃ごみ処理工程	29
3.3 粗大ごみ処理施設における選別物のマスバランス	29
3.4 不燃残渣の物理化学的質の調査	31
3.4.1 かさ密度・粒径分布・可燃分量の測定方法	31
3.4.2 不燃残渣中の金属溶出量及び金属含有量の分析方法	31
3.4.3 不燃残渣の蛍光 X 線分析及び高位発熱量測定方法	31
3.5 結果と考察	32
3.5.1 粒径分布	32
3.5.2 かさ密度	32
3.5.3 粒径 5mm 以上の組成調査結果	34
3.5.4 可燃運含有率の調査結果	35
3.5.5 粒径分布及び 5mm 以上の組成における経年変化	38
3.5.6 可燃分含有量の経年変化	40
3.5.7 金属含有量	41
3.5.8 金属含有量の評価	44
3.5.9 蛍光 X 線簡易定量法による主成分含有量	44
3.5.10 高位発熱量	45
3.6 まとめ	46
参考文献	46

4. 不燃ごみ中からの廃家電製品の抜き取り調査	47
4.1 研究方法	47
4.1.1 不燃ごみの収集地域、調査対象搬入量及び初期作業条件	47
4.1.2 廃家電製品の抜き取り分別方法	48
4.1.3 不燃ごみ組成調査	49
4.1.4 抜き取り家電製品の破砕実験	49
4.2 結果と考察	49
4.2.1 廃家電製品抜き取り調査概況	49
4.2.2 不燃ごみからの廃家電製品抜き取り調査結果	50
4.2.3 抜き取りした廃家電製品の詳細	50
4.2.4 不燃ごみから回収された廃家電製品中の有用金属含有量の金額換算	57
4.2.5 不燃ごみ組成調査結果	59
4.2.6 抜き取り廃家電製品の破砕選別試験	60
4.2.7 抜き取り廃家電製品の破砕選別試験で選別された不燃残渣及び可燃残渣の組成	60
4.2.8 X市における家電類の回収量の変化	61
4.2.9 文献値との比較	62
4.3 まとめ	63
参考文献	63
5. 小型電子機器の分解試験	64
5.1 小型電子機器の分解試験方法	64
5.2 小型電子機器の製品別分解時間及び組成調査結果	65
5.3 まとめ	66
6. 乾式比重差選別機による不燃残渣の処理	67
6.1 乾式比重差選別機及び試験方法	67
6.1.1 乾式比重差選別機	67
6.1.2 試験方法	68
6.1.3 施設 L から採取した不燃残渣の比重差選別試験方法	68
6.1.4 施設 D から採取した不燃残渣の比重差選別試験方法	69
6.1.5 施設 B から採取した不燃残渣の比重差選別試験方法	71
6.1.6 混合不燃残渣を用いた選別工程簡素化の検討	72
6.1.7 比重差選別効率に対する残渣中の含水率の影響	73
6.2 結果と考察	74
6.2.1 施設 L から採取した不燃残渣の比重差選別試験	74
6.2.2 施設 D から採取した不燃残渣の比重差選別試験	75
6.2.3 施設 B から採取した不燃残渣の比重差選別試験	76
6.2.4 混合不燃残渣の比重差選別試験	77
6.2.5 含水率の影響	78
6.3 まとめ	80
7. 民間資源化施設に関わるヒアリング調査	81
7.1 ヒアリング調査方法	81
7.2 ヒアリング調査結果	81

7.2.1 プラスチックのマテリアルリサイクル推進のための課題	81
7.2.2 ガラス陶磁器のリサイクル推進のための注意点及び課題	82
7.2.3 セメント工業における不燃残渣の資源化	83
7.2.4 廃家電の分解・分離選別による資源化推進のための課題及び留意点	84
7.3 まとめ	84
8. まとめ	85
9. 研究発表	88
(1) 論文等発表	87
(2) 学会等発表	87
(3) 講演等	89
10. 知的財産権の取得状況	89
謝辞	89
研究概要図	90
英文概要	91

環境研究総合推進費補助金 研究事業 総合研究報告書概要

研究課題名：一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究

研究番号：3K113022

国庫補助金精算所要額： 35,829,000 円（複数年度の総計）

研究期間： 平成 23 年 6 月 1 日～平成 26 年 3 月 31 日

研究代表者名： 川寄幹生（埼玉県環境科学国際センター）

研究分担者： 磯部友護（埼玉県環境科学国際センター）、鈴木和将（埼玉県環境科学国際センター）
渡辺洋一（埼玉県環境科学国際センター）

研究目的

現在、廃棄物処理における問題は、解決はされたわけではないが、改善の兆しはある。最終処分場の逼迫した問題は、廃棄物の排出量の減少や資源化の推進に伴い、最終処分場の残余寿命は徐々に延びている。また、資源確保を目的とした小型家電リサイクル法の施行やエネルギー源の多様化を目的とした食品残渣のメタンガス化、廃棄物発電等、様々な新たな取り組みが始まっている。このような廃棄物排出量の減少や処理技術の進展・多様化等の状況の中、注目されていないが改善すべき課題として一般廃棄物不燃ごみ処理方法が考えられる。不燃・粗大ごみ排出量は一般廃棄物の総排出量の 10%に満たない量ではあるが、市町村による不燃・粗大ごみ処理には、差異があり、かつ不明な点も多い。そこで、今後の不燃・粗大ごみ処理の適正化、すなわち資源化の促進及び埋立廃棄物の削減を推進するために、現在の不燃・粗大ごみ処理における現況を調査し課題を抽出するとともに、市町村に対する技術的支援・情報の提供を目的として研究を実施する。

具体的には、次のような検討を行う。

- 県内の不燃・粗大ごみ処理に関わる現況を整理、把握し課題の抽出を行う。
- 不燃・粗大ごみ処理に由来する埋立廃棄物の物理化学的特性及び質を調査することにより、資源化促進及び埋立廃棄物の削減方法への知見を得る。
- 今後、小型家電回収に取り組む場合の情報提供として、不燃ごみからの廃家電類の抜き取り調査を行い、廃家電類抜き取り回収における課題を明らかにするとともに、回収した小型家電の付加価値を高める方法として、小型家電製品の分解選別試験を行い、分解選別に取り組む場合における知見の提供を行う。
- 不燃・粗大ごみ処理に由来する埋立廃棄物の資源化・減量化手法として、建設系廃棄物処理において可燃物とガレキ類の分離選別に使用されている乾式比重差選別装置を適用性について分離選別物の選別精度、組成等から検討する。
- 不燃・粗大ごみ処理由来廃棄物の資源化を推進するためには、原材料として利用するメーカー側のニーズに沿った処理を行うことは必要不可欠である。そこで、本研究を進めながら、資源化対象成

分を絞り、対象成分に関連のある民間資源化事業者に対してヒアリング調査を行い、今後の不燃・粗大ごみ処理に関わる資源化推進における課題を抽出するとともに、資源化促進方法について検討する。

これらの検討結果を整理し、現在、重量で管理されている廃棄物について、その物理化学的質や処理状況に関する化学的情報を収集し、市町村に対して情報や知見を提供することによって、不燃・粗大ごみの適正処理、すなわち資源化の促進及び埋立廃棄物量削減について検討する。

研究方法

1. 埼玉県の不燃・粗大ごみの現況

環境省一般廃棄物処理実態調査結果、市町村ホームページ、市町村廃棄物担当課からの情報提供及び循環経済新聞から情報収集を行い、不燃・粗大ごみ処理に関わる現状把握を行った。

2. 不燃残渣の調査

県内の粗大ごみ処理施設 20 施設を対象に、施設調査及び不燃ごみ処理時に選別される不燃残渣を採取し、粒径分布、かさ密度、組成、可燃分含有率、高位発熱量、金属含有量及び溶出量等調査を行い、施設仕様との関係について検討を行った。また、異なる年度に採取した不燃残渣についても同様の検討を行い、不燃残渣の質の変動についても検討した。

3. 不燃ごみ中の廃家電抜き取り調査

小型家電リサイクル法の施行を考慮し、不燃ごみから廃家電製品のピックアップ回収を実施する場合の課題を検討するために、不燃ごみ中の廃家電製品の抜き取り調査を実施した。抜き取り調査は、対象地区から 1 ヶ月に排出された 32 トンの不燃ごみ中から廃家電製品（電気、電池を使用する全ての製品が対象）を抜き取り、各製品の個数、重量、見かけ体積、作業時間、作業者数及び保管容積等を求めた。また、不燃ごみの一部を用いて不燃ごみ組成調査を実施した。さらに、回収した廃家電製品を破碎選別に投入し、廃家電製品の破碎選別時におけるマスバランスを求めた。

4. 小型家電の分解試験

今後、市町村が小型家電類を回収した場合の資源価値を高めるための試みとして、小型家電類の分解試験を実施した。分解に要する時間及び製品組成について調査し、分解時間と製品重量との関係から、今後の廃家電製品の処理について検討した。

5. 乾式比重差選別機による不燃残渣の処理

粗大ごみ処理施設の機器仕様は、金属類の回収及びその他廃棄物の減容化を目的とした仕様である。そこで、建築廃棄物処理施設等で資材の選別のために使用されている乾式比重差選別機を不燃残渣の主成分であるプラスチック類とガラス陶磁器を分けるために試験的に適用し、実際に適用する場合の課題について検討した。

6. 民間資源化施設に関わるヒアリング調査

粗大ごみ処理施設に搬入される廃棄物の中で、現在、資源化が進んでいないが資源化の可能性が高い廃棄物としてプラスチック類及びガラス陶磁器の資源化を実施している事業者及び不燃残渣をそのまま資源化できる可能性が高い事業者に対してヒアリング調査を行い、資源化する場合の課題について検討した。

結果と考察

1. 埼玉県の不燃・粗大ごみの現況

(1) 不燃・粗大ごみ排出量に関わる現況

埼玉県民が排出する不燃・粗大ごみは、他都道府県での排出量や全国平均の排出量と比較すると多く

はなく、不燃・粗大ごみの排出抑制、資源化意識が住民に浸透していると推察される。しかし、近年、不燃・粗大ごみ搬入量に変化は無い。

一方、県内の焼却施設と粗大ごみ処理施設における再生利用率を比べた場合、不燃・粗大ごみ処理には課題が考えられる。図1に粗大ごみ処理施設と焼却施設の再生利用率の変化を示した。ここに示した再生利用率は、施設から排出される廃棄物に対する再生利用率を示している。焼却施設における再生利用率は、平成13年度以降焼却灰をセメント工場や人工砂製造工場で資源化しているため急激に増加し、現在、焼却灰の約50%以上が再生利用されている。粗大ごみ処理施設の再生利用率は、平成13年度以降徐々に減少し、近年約30%で推移している。この間、ごみ質の変化や金属製品の減少に起因して搬入量は減少していると考えられる。今後、小型家電類のリサイクルが進展した場合、ある程度の再生利用率の増加は見込めるが、本研究における検討結果から、最大で、20%程度であるため、その他の廃棄物についても資源化を検討する必要がある。

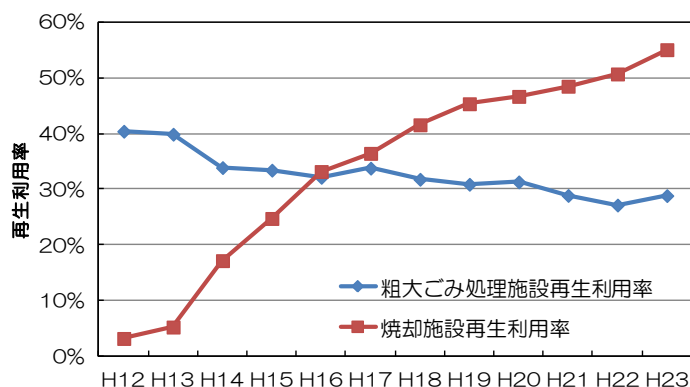


図1 再生利用率の経年変化

(2)粗大ごみ処理施設に関わる現況

粗大ごみ処理施設に関しては、老朽化・広域化・更新という課題もある。県内の最も古い施設は70年代半ばに建設された施設なので既に40年を経ている。また、多くの施設が家電リサイクル法施行以前に建設されているので、大型家電の破砕選別仕様であり、現在のごみ質、ごみ量に適した仕様になっているとは限らない。

一方、不燃・粗大ごみの排出量は全排出量の約10%であるため、施設の稼働率も考慮する必要がある。図2に粗大ごみ処理施設の稼働日数を示した。ここでの稼働日数は、施設の処理能力と搬入量から算出した日数である。焼却施設やその他資源化施設の稼働日数はほとんどの施設で100日以上であるが、粗大ごみ処理施設のほとんどは100日以下である。

今後、小型家電リサイクルの推進、人口減少、高齢化等を考慮すると、不燃・粗大ごみ搬入量はさらに減少すると推察される。同時に施設の老朽化も進むことから資源回収の効率化を図るためには、不燃・粗大ごみ処理施設の集約、拠点化等の処理システム全体の見直しが必要と考えられる。

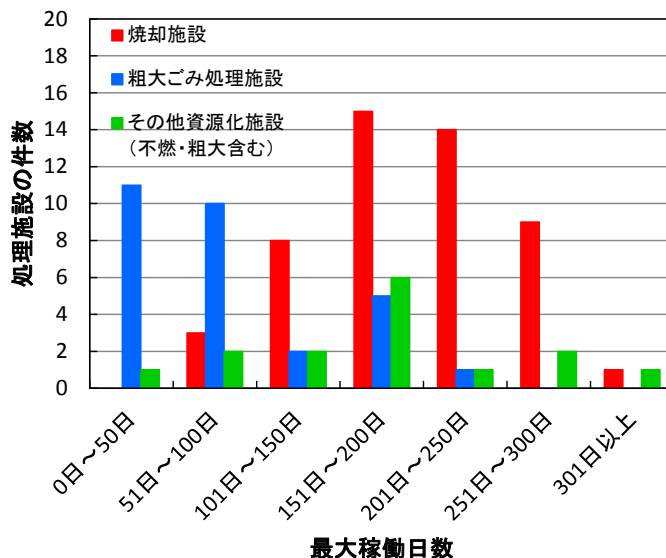


図2 粗大ごみ処理施設の稼働日数

2. 不燃残渣の調査

(1)調査対象粗大ごみ処理施設における搬入品目及び処理工程

調査対象とした20施設における不燃ごみ収集品目調査から、施設間の相違がある品目は、プラスチック

ク類、ゴム・革製品、電球及びビデオテープ・CD・DVDであった。これらの品目の中で、可燃物は焼却施設の能力の差（熔融炉の併設、焼却可能熱量）に起因していた。処理工程はほとんどの施設で、破碎不適物の除去→破碎→磁力選別機による鉄類の回収→粒度選別機による粒度選別である。ほとんどの施設では選別された細粒分を不燃残渣または不燃物、粗粒分を可燃残渣または可燃物と称している（これ以降はそれぞれ、不燃残渣及び可燃残渣と記す）。可燃残渣に対しては、渦電流選別機によるアルミ類の回収を行っている施設もある。これらの工程によって、鉄類、アルミ類、不燃残渣、可燃残渣及びプラスチック類（粒度選別機を選別されずに通過したものを可燃残渣と混合しない場合、プラスチック類として選別）が選別される。各選別物の割合は、鉄類 $27 \pm 7.4\%$ 、アルミ類 $1.5 \pm 0.7\%$ 、不燃残渣 $29 \pm 11\%$ 、可燃残渣 $41 \pm 18\%$ である。不燃残渣及び可燃残渣の偏差が金属類に比べ大きいのは、粒度選別機の篩目開きの差に依存している。不燃残渣の選別に起因する篩目開き巾は、最も小さな篩では $\phi 10\text{mm}$ 、最も大きな篩では $\phi 40\text{mm}$ と 4 倍異なっていた。

(2) 不燃残渣の物理化学的性状

各施設で採取した不燃残渣を 4 種類の篩（5mm、2mm、1mm、0.5mm）を用いて 5 つの粒径分に分離した。ほとんどの施設で 2mm 以上の粒径分が 50% 以上を占めていることがわかった。また、不燃残渣全体のかさ密度は平均で $1.04 \pm 0.3\text{kg/L}$ であり、各粒径分のかさ密度は、粒径が細くなるにしたがって高くなったことから細粒径分にはガラス陶磁器成分が多く、粗粒径分にはプラスチック成分が多いことが推察された。そこで、組成の判別が比較的容易な 5mm 以上の粒径分について組成調査を行った。不燃残渣中の成分をプラスチック類、紙・繊維等、木くず、ガラス陶磁器、金属類（電子基板及びコード類を含む）の 5 種類に分類した。結果を図 3 に示した。

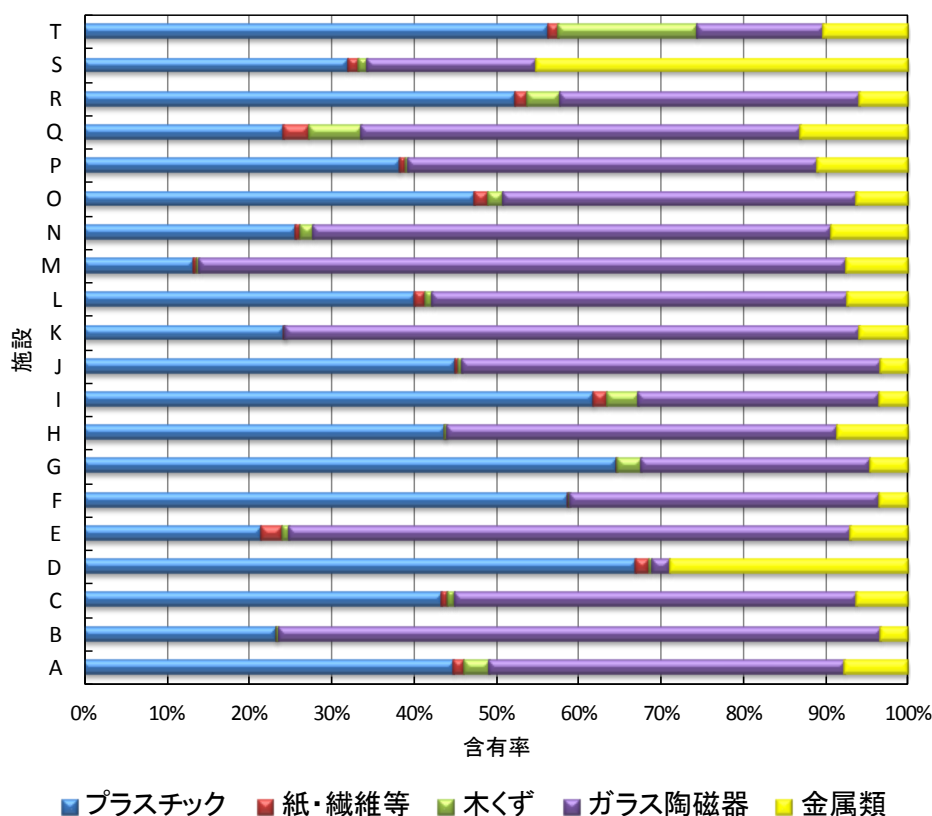


図 3 不燃残渣粒径 5mm 以上の組成調査結果

不燃残渣の主組成分は収集品目、粒径分布及び組成調査結果から、プラスチック類及びガラス・陶磁器である。また、不燃残渣の中に金属類が 30～45% 含まれている施設があった。これら金属類の多い残渣が選別される施設では、不燃ごみという分類での収集ではなく、金属、金属及びガラス類という分類で

収集している。また、これらの施設は家電リサイクル法施行以前に建設された施設であるため、磁力選別機の設定・設置方法等が現在のごみ質に適していない可能性が示唆された。他の施設の 5mm 以上粒径中の金属含有率の平均は約 7%であり、粗大ごみ処理施設からの最終処分量 16.6 千トン（平成 22 年度）から計算すると年間約 440 トンの金属が埋立処分されていたと推計される（粒径 5mm 以上の含有率平均：38%として算出）。

不燃残渣中の可燃分含有率は、高い施設で 53%、低い施設で 9%、平均すると $26 \pm 13\%$ であった。

さらに、不燃残渣の物理化学的性質の経年変化を調べたところ、同一施設では 15～20%の年変動はあるが、不燃残渣中の可燃分含有率が高いとか金属含有率が高いといった傾向は、同一処理を行っているため変らなかった。

(3) 不燃残渣中の金属元素

粒径 5mm 未満の粒径分中の金属含有量を調べた結果、ほとんどの金属元素は 0.5mm 未満の粒径分に濃縮されていること、破碎選別前に徹底した資源回収を実施している施設の残渣中の金属含有量は低いこと、また、0.5mm 未満の粒径分中の金属含有量は小型家電に含有されている金属含有量とほとんどの金属元素で同程度であることがわかった。

(4) 不燃残渣の高位発熱量

不燃残渣の高位発熱量を測定した結果、2～24MJ/kg（平均：11MJ/kg）とかなり差があることがわかった。最も高い施設の高位発熱量は木くず（17MJ/kg：実測値）よりも高いため、埋立処分よりは、焼却炉の助燃剤としての利用が適していることが示唆された。また、高位熱量と強熱減量との相関性は高く、50%の強熱減量の場合、高位発熱量は 20MJ/kg 程度である。

3. 不燃ごみ中の廃家電抜き取り調査

(1) 不燃ごみ中の廃家電類抜き取り調査

不燃ごみ約 32 トン（ごみ収集車両 25 台分）から抜き取った廃家電類の総重量は 6 トン（19%）になった。丹念に抜き取りかつほとんど全ての作業を手作業で行ったため、抜き取り作業に延べ 37 名、延べ 3108 時間、選別作業に延べ 26 名、延べ 2340 時間を要した。これより対象地区の人口を考慮すると廃家電類の排出原単位は 2.1kg/人・年であり、県内で既に家電類の抜き取りを実施していた X 市の排出原単位と同等となった。すなわち、埼玉県民は一人年間約 2kg の家電類を排出していることがわかった。ただし、この値は、X 市を含め丹念に抜き取った場合の値であり、最大値と考えるべきである。

一方、抜き取った廃家電の一時保管容積として 32m³が必要であった。今後、自治体が小型家電のピックアップ回収を計画する場合、一時保管用の容器の確保とともに、保管場所を確保する必要がある。

(2) 不燃ごみの組成調査

廃家電類の抜き取り調査を実施した不燃ごみの一部(522kg)を用いて、組成調査を実施した結果を表 1 に示した。

表 1 不燃ごみ組成調査結果

組成	重量 (kg)	重量率	容積 (m ³)	容積率
金属主体物	118.8	22.8%	0.878	26.6%
布・革類（鞆が多）	38	7.3%	0.314	9.5%
プラスチック主体物	45.75	8.8%	0.419	12.7%
ガラス・陶磁器くず	72.6	13.9%	0.092	2.8%
木くず・紙くず（可燃物）	14.7	2.8%	0.098	3.0%
ビニール	5.65	1.1%	0.314	9.5%
廃電化製品（電気使用物）	150	28.7%	0.780	23.6%
残渣（未分別）	54.05	10.4%	0.092	2.8%
大物（三輪車、ボストンバック等）	22.2	4.3%	0.314	9.5%
合計	522	100%	3.304	100%

廃家電類は重量で約 30%、容積で 24%あった。また、金属主体物もほぼ同等の重量及び容積であるため、廃家電類をピックアップ回収するならば、同時に金属主体物も抜き取ることによって、破碎選別機の稼働時間はほぼ半減できる可能性がある。

(3) 廃家電製品の破碎選別試験

回収した廃家電製品 6 トンを通常の業務と同様に、破碎選別機に投入し、廃家電類の破碎選別から選別された金属類、不燃残渣、可燃残渣、アルミ類、プラスチック類のマスバランス結果を表 2 に示した。プラスチック類はトロンメル選別機を通過した廃棄物を示したものであり、コード類は通常業務と同様に、廃家電製品内部に存在し、かつ容易に除去できるコード類を切断回収した重量である。この結果から、廃家電製品のピックアップ回収を行った場合、不燃ごみの破碎選別から得られていた金属類重量は約 15%減少（不燃ごみ中の廃家電製品が約 30%、廃家電製品重量の約 50%が金属類として計算）することがわかった。

表 2 抜き取り廃家電製品の破碎選別試験結果

処理後分類	重量(kg)	重量率
鉄類	2,780	48%
不燃分	810	14%
可燃分	2,000	35%
アルミ類	80	1.4%
プラスチック類	70	1.2%
コード(処理前除去)	164	

図 4 に廃家電製品の破碎選別試験で選別された不燃残渣及び可燃残渣の組成調査結果を示した。

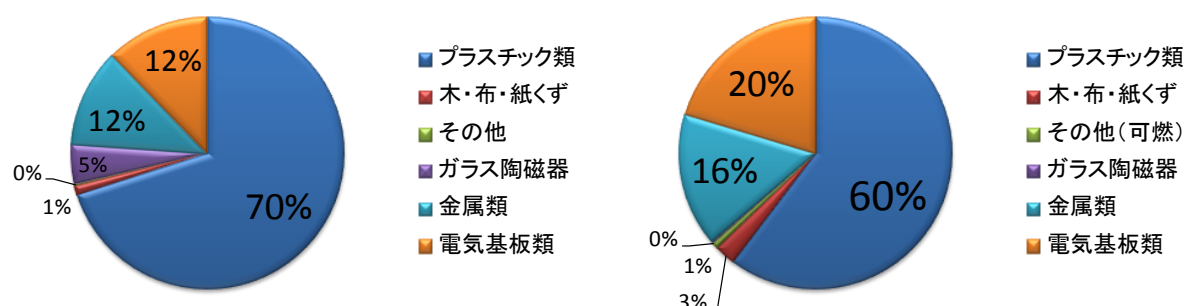


図 4 廃家電製品破碎選別試験由来の不燃残渣（左図）及び可燃残渣（右図）の組成調査結果

廃家電製品のみを破碎したため、実際の不燃ごみ処理時の条件とは異なるが、廃家電製品を破碎機に投入した場合、磁力選別機や渦電流選別機により回収されない金属類やレアメタルを含む電気基板類が、ある程度存在することが明らかとなった。金属資源の回収を考慮した場合、不燃ごみ中の廃家電製品は破碎選別機に投入前に回収する必要がある。

4. 小型電子機器の分解試験

小型電子機器、基板及びレアメタルの回収源として M0 ディスク（103 個、全重量 119kg）の分解試験を実施した。ただし、回収した小型電子機器は埼玉県環境科学国際センターの廃棄物であるためコンピューター関連機器の割合が多い。製品重量と分解時間の関係を図 5 に示した。

青点線で囲まれた範囲には一般家電である電子レンジや炊飯器、掃除機等、黄色点線範囲には情報機器であるワープロやコピー機、赤色点線範囲

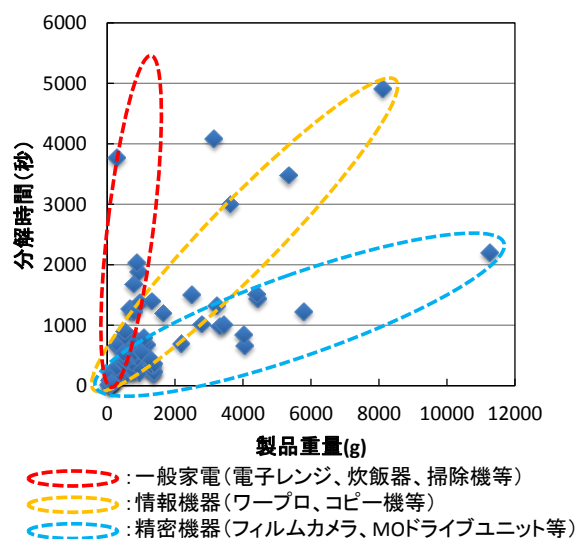


図 5 製品重量と分解時間との関係

には、フィルムカメラ、MO ドライブユニット、無線 PC 機器のような精密機器が含まれていた。これらの結果から、レア金属の回収源として価値の高い機器（赤点線囲み）は、重量の割には分解に時間を要することが示された。一方、一般的な家電類は分解に時間は要しないが、重量があることがわかった。

以上のことから、今後、市町村が小型家電類を回収し、資源価値を高め、利益を得ることを考慮した場合には次のような選択が考えられる。回収量が見込め、かつ、分解がある程度容易な一般家電類は、分解、選別を行い素材別に売却し、情報機器のような精密機器の場合は、小型家電リサイクル専門認定事業者処理委託する。

5. 乾式比重差選別機による不燃残渣の処理

粗大ごみ処理施設の破碎選別機器構成は、金属類の回収及び減容化を目的とした仕様である。既に不燃ごみ処理から選別された不燃残渣の主成分は、ガラス陶磁器及びプラスチック類であることを示した。一方、産業廃棄物である建設系混合廃棄物処理の場合、できる限り資源化を推進するために含有物中の素材の比重に着目した選別を既に実施している。そこで、不燃残渣中のガラス陶磁器類とプラスチック類を効率的に分離選別する目的で、乾式比重差選別実験を実施した。

混合不燃残渣（県内各所で採取した不燃残渣を混合調製）に乾式比重差選別を適用し、分離選別が行われるデッキ上の孔径の影響について検討した結果を表3に示した。また、各選別物5mm以上の粒径分に対する組成調査結果を図6に示した。

表3及び図6からわかるように、選別物である重量物や軽量物はその比重や熱灼減量、5mm以上の組成調査結果から推測できるように、高い精度で分離されている。また、分離デッキ上の孔径を適切に設定すれば、比重が重たい細粒径分を除去することが可能であるため、特に軽量分の分離精度が高くなることが示唆された。

表3 乾式比重差選別試験における選別物の特質

デッキ	選別物	重量(kg)	比率(%)	比重	熱灼減量
φ 3mm	重量物	67.6	65%	1.34	0.3%
	軽量物	20.5	20%	0.56	77%
	デッキ下	11.5	11%	1.37	1.8%
	残り※	4.28	4.1%	—	—
φ 2mm	重量物	63.4	65%	1.47	0.3%
	軽量物	29.4	30%	0.59	69%
	デッキ下	0.18	0.2%	—	2.6%
	残り※	5.18	5.3%	—	—

※残りはデッキ上の残物及び装置外へ出たものを回収したもの

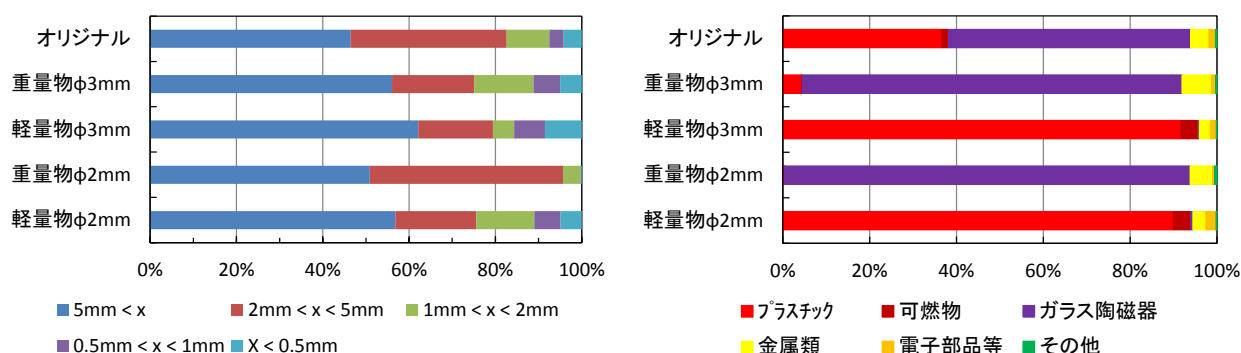


図6 選別物の粒径分布（左図）及び5mm以上の組成調査結果（右図）

一方、組成調査結果を見ると各選別物中に金属や電子部品等が5%程度含まれていることから、乾式比重差選別前に磁力選別機及び渦電流選別機等を設置することによって金属類を取り除くことが、資源価値を高める上で、必要であることが示唆された。

軽量物の高位発熱量は、選別物の分離精度によって選別前の高位発熱量10MJ/kgから12～32MJ/kgまで増加できることがわかった。また、乾式比重差選別を実施する場合、可能な限り水分を除去（1%以下）した方が細粒径分の付着率が減少するため、高い分離効率を得られることを示した。

6. 民間資源化施設に関わるヒアリング調査

一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理、すなわち資源化の促進及び埋立量の削減を目的として、不燃残渣の質の評価及びその主成分であるガラス・陶磁器とプラスチックの分離技術について検討し、高い精度で分離を行える可能性を示した。一方、たとえ高精度で分けたとしても、それを使用する側の基準を満たさねば意味がないことになる。そこで、プラスチック類及びガラス陶磁器のリサイクル企業及び不燃残渣のリサイクルできる可能性が高いセメント工業を対象にヒアリング調査を実施し、今後の課題を抽出した。また、本研究で対象とした廃家電類の分解選別を実施している企業に対しても調査を実施した。

(1) プラスチックのマテリアルリサイクル推進のための課題

- ・民間での取引では、受け入れ先の規定に合わせ、選別するが、行政の場合は民間に合わせさせるため、二度手間になり、よけいな費用がかかる。
- ・回収したプラスチック類を有価で購入することは可能だが、かさ高いため輸送効率が著しく悪いので、輸送費又は運搬に対する行政支援が必要である。
- ・ある程度の分別（汚れがひどい物の除去、金属がついている物の除去等）が必要。
- ・一般廃棄物関係の許可の取得に対する支援。
- ・プラスチック類の資源化技術はある程度確立されているが、精製、原料化を行った後でも高価な物ではないため、一般競争入札は廃プラスチック類の取引に適していない（過当競争が起き、原料価格が高い間は良いが、低くなった場合、手間がかかる割には利益が少ないため、民間が手を引く恐れが否めない。このような観点から、プラスチック類の資源化に関しては地域企業の育成、雇用場所の創世等の考えの下に取り組むべきである）。
- ・不燃残渣から選別されたプラスチックの場合、洗浄に伴う污水处理及び残渣（対象プラスチックを除いたもの）の処理が課題となるため、サーマルリサイクルが適している。

(2) ガラス陶磁器のリサイクル推進のための注意点及び課題

- ・土木資材は環境中で使用する物なので、人間が口に入れる時に使用する物ならば品質、材質は問わない。逆に、不燃残渣から選別分離した物は、混合破碎しているため付着物が必ずあり、品質管理が難しく、かつ安全性が担保できないため、土木資材の利用には適していない。
- ・輸送効率が悪い（帰りのトラックが空である）。改善方法として、現在は処理の委託契約であるが、加工の委託契約にするならば、帰りに製品を積めるので輸送効率が高くなる。その場合は、一時保管場所及び使用先（公共工事）の確保が必要となる。

(3) セメント工業における不燃残渣の資源化

- ・セメント工業では既にセメント1トン当たり0.48トンの廃棄物・副産物を使用しているため、その組成によっては投入できる上限が出てくる。
- ・主成分元素含有率分析結果から、ナトリウム、カリウム、塩素及び鉛が高めであり、これらの元素含有率が投入量の制御因子となる可能性が示唆された。
- ・これらの元素の中でナトリウム及びカリウムの含有率は高く、セメントの品質規格(JIS R 5210)で全アルカリ含有量（上限値規制、0.75%以下； $\text{全アルカリ} = \text{Na}_2\text{O} + 0.658 \times \text{K}_2\text{O}$ ）が規定されているため、全アルカリ量の低減化、すなわち不燃残渣の主成分であるガラス分、ソーダガラス類を分離除去することによってセメント資源化が容易になる可能性がある。

(4) 廃家電の分解、選別資源化推進のための課題及び留意点

- ・市町村から無償で4種類の家電を引き取っても、量が限られる上に、輸送費が負担になる。
- ・保管スペース、作業スペース等場所代、人件費、輸送費を考慮するとかなり大量に集めなければ経済的に成り立たない。
- ・民間からの家電類の廃棄の場合、対象が事務所で使用されていたOA機器やホテルで使用されていたAV機器なので、同一製品が多量に廃棄されるため、利益を得やすい。

留意点：身障者の雇用の場所として、小型家電の分解作業は製造作業とは異なり、失敗が無いため、身障者にとっても働きやすい作業である。この種の取り組みは、本来、行政が実行又は支援し、推進すべき取り組みであると考えられる。

環境政策への貢献

本研究における検討結果から以下の面で環境施策を立案、検討する上で有用な知見となりうる情報を提供できたと考えられる。

- 1) 埋立処分または焼却処理しか処理方法がないと考えられていた不燃残渣に対して、新たな処理方法（セメント資源化）、資源化方法（乾式比重差選別）を示した。
- 2) 使用済み小型家電類のピックアップ回収を行う場合の、一時保管場所の必要性を示すとともに、ピックアップ回収に適切な作業環境（作業人数及び作業時間を考慮すると手選別のみでは時間がかかるため、選別ライン等が必要）の必要性を示した。組成調査結果から、金属主体製品も同程度含まれているため、同時にピックアップ回収を行えば、破碎選別機の運転時間削減につながることを示した。
- 3) 現在の粗大ごみ処理施設の一般的な不燃ごみ処理工程は、破碎→磁力選別→粒度選別＋風力選別→渦電流選別機の処理工程である。しかし、処理工程から分離される不燃残渣や可燃残渣は名称とは異なり、どちらも可燃物も不燃物も含んでいること、及びそれら残渣中の主成分はガラス陶磁器とプラスチック類であり、比重が著しく異なるため、現在の選別技術で分けることが可能であることを示した。

研究成果の実現可能性

これまでの検討結果及び太平洋セメント株式会社の協力によって、不燃残渣の化学主成分はセメントの主成分とほぼ同様であり、主成分の変化も同一施設内では著しく変動することはないため、セメントキルンへの投入は可能であるとの結論を得た。そこで、県内に製造工場を有する太平洋セメント株式会社の協力の下、平成 26 年度中に、不燃残渣のセメント投入実証試験実施へ向けた、関係機関の最終調整を行っているところである。実証試験結果に問題が無く、焼却処理の許可申請（現在、一般廃棄物の取得許可は焼却灰、飛灰の焼成）が速やかに認められ、かつ、処理費等に折り合いがつけば、平成 29 年度以降には、不燃残渣のセメント投入実現する可能性が高い。

また、不燃ごみ及び不燃残渣中のプラスチック類については、民間のプラスチックリサイクル会社やプラスチック容器包装リサイクル推進協議会が興味を示しているため、市町村が手選別による分別または、比重差選別機の導入によるプラスチック類の分離を行い、精製時に発生する汚泥処理の問題、輸送費に関わる問題等が解決したならば、プラスチック類のマテリアルリサイクルの可能性も開ける。

さらに、本研究で使用した比重差選別機の製造業者も不燃ごみの処理に非常に興味を持ち始め、また、最近、プラントメーカーからの問い合わせも増え、今後も、研究協力を続けたいとの連絡を頂いたため、プラントメーカーの破碎選別ラインの標準仕様に組み込まれる可能性もある。

結論

不燃・粗大ごみ排出量は生活系ごみ総排出量の約 10%程度であり、かつ、金属、缶やビンの資源化は進展しているため、可燃ごみと比べ資源化や減量化の対象にされない傾向がある。しかし、不燃残渣のごみ質を考慮すると、たとえ今後小型家電のリサイクルが推進したとしても、不燃・粗大ごみの資源化や減量化において、改善の余地が残されていることを示した。現在の不燃・粗大ごみの処理工程を見ると、現在の処理工程は金属類の回収及び減容化が目的であり、その後の処理方法（埋立及び焼却）を見ても適した選別方法であるとは言えない。乾式比重差選別機を利用した分離選別技術は既に完成されている

技術であるため、現在の施設に乾式比重差選別機を導入することによって、さらなる資源化及び埋立量削減を推進できる可能性がある。

一方、廃棄物処理政策を立案する行政には、既に一般廃棄物関連の資源化施策や減量化施策に停滞感が否めず、新たな取り組みを模索しているところであった。セメント工業を利用した一般廃棄物の資源化は既に実施され、一般廃棄物の資源化に対して高い効果を挙げているが、不燃残渣の適用事例はまだ無く、今後、不燃残渣のセメント工業での資源化が可能になれば、一般廃棄物の資源化の推進及び最終処分場の延命化に対する新たな方法として、提示することができた。

1. 研究背景と目的

現在、日本は人口減少や高齢化に伴う労働人口の減少や高度経済成長期から建設された様々なインフラ設備の老朽化、債務の増加等の様々な問題を抱えている。一般廃棄物処理においても例外ではなく、労働人口の減少、施設設備の老朽化、地方財政の縮小は避けて通れない問題である。一方、これまでの廃棄物処理における問題は、解決はされたわけではないが、改善の兆しはある。最終処分場の逼迫した問題は、廃棄物の排出量の減少や資源化の推進に伴い、最終処分場の残余寿命は徐々に延びている。また、資源確保を目的とした小型家電リサイクル法の施行やエネルギー源の多様化を目的とした食品残渣のメタンガス化、廃棄物発電等、様々な新たな取り組みが始まっている。

このような廃棄物排出量の減少や処理技術の進展・多様化等の状況の中、注目されていないが改善すべき課題として一般廃棄物不燃ごみ処理方法が考えられる。

図 1-1 に集積所に出されていた不燃ごみの一部を示した。その内容物はビデオテープ、コップ、ビン、傘、玩具、時計、電気製品、コード等であり、素材毎に分ければリサイクルできそうなものばかりである。これらの不燃ごみを処理する市町村の粗大ごみ処理施設を見ると機械化された破碎選別処理システムを有している施設が多い。現在の破碎選別処理システムは不燃ごみ中からの金属類の資源化及び選別物減



図 1-1 家庭から排出された不燃ごみ



図 1-2 4 施設から採取した不燃・粗大ごみ処理由来の選別物

容化を目的としたシステムである。一方、いくつかの施設は破碎選別処理前に手選別による資源回収を実施している。手選別による効果のためか、埋立処理される選別物の色彩や様相は図 1-2 に示したように異なっている。

不燃・粗大ごみ排出量は一般廃棄物の総排出量の 10%に満たない量ではあるが、市町村による不燃・粗大ごみ処理には、差異がありかつ不明な点も多い。そこで、今後の不燃・粗大ごみ処理の適正化、すなわち資源化の促進及び埋立廃棄物の削減を推進するために、現在の不燃・粗大ごみ処理における現況を調査し課題を抽出するとともに、市町村に対する技術的支援・情報の提供を目的として研究を実施した。

具体的には、次のような検討を行った。

○県内の不燃・粗大ごみ処理に関わる現況を整理、把握し課題を抽出する。

○不燃・粗大ごみ処理に由来する埋立廃棄物の物理化学的特性及び質を調査することにより、資源化促進及び埋立廃棄物の削減方法への知見を得る。

○今後、小型家電回収に取り組む場合の情報提供として、不燃ごみからの廃家電類の抜き取り調査を行い、廃家電類抜き取り回収における課題を明らかにするとともに、回収した小型家電の付加価値を高める方法として、小型家電製品の分解選別試験を行い、分解選別に取り組む場合における知見の提供を行う。また、既に廃小型家電製品の付加価値を高めることを目的とした分解選別を実施している企業にヒアリング調査を実施し、課題を抽出する。

○不燃・粗大ごみ処理に由来する埋立廃棄物の資源化・減量化手法として、建設系廃棄物処理において可燃物とガレキ類の分離精製に使用されている乾式比重差選別装置を適用性について分離選別物の選別精度、組成等から検討する。

○不燃・粗大ごみ処理由来廃棄物の資源化を推進するためには、原材料として利用するメーカー側のニーズに沿った処理を行うことは必要不可欠である。そこで、本研究を進めながら、資源化対象成分を絞り、対象成分に関連のある民間資源化事業者に対してヒアリング調査を行い、今後の不燃・粗大ごみ処理に関わる資源化推進における課題を抽出するとともに、資源化促進方法について検討する。

これらの検討結果を整理し、現在、重量で管理されている廃棄物について、その物理化学的質や処理状況に関する化学的情報を収集し、市町村に対して情報や知見を提供することによって、不燃・粗大ごみの適正処理、すなわち資源化の促進及び埋立廃棄物量削減について検討する。

2. 埼玉県の不燃・粗大ごみ処理の現況

埼玉県の不燃・粗大ごみ処理の現況について、環境省平成 21 年度一般廃棄物処理実態調査結果¹⁾等を用いて、全国の都道府県との比較や県内市町村の比較を行うことによって、不燃・粗大ごみ処理に関わる現況の把握を行った。

2.1 全国との比較

表 2-1 に人口が多い都道府県（上位 10 都道府県）のごみ搬入状況を示した。

表 2-1 人口上位 10 都道府県における不燃ごみ・粗大ごみの搬入状況¹⁾

	総人口 (万人)	ごみ搬入量 (千トン)	不燃・粗大ごみ 搬入量の割合	一人年間不燃・ 粗大ごみ搬入量 (kg/人・年)	粗大ごみ処理 施設に係る最終 処分量の割合
全国	12,743	43,461	7.1%	24.2	7.5%
東京都	1,267	4,460	6.0%	21.0	4.7%
神奈川県	890	2,782	3.8%	11.8	1.7%
大阪府	869	3,298	4.3%	16.2	1.4%
愛知県	724	2,455	9.1%	30.8	4.5%
埼玉県	711	2,326	5.9%	19.2	13%
千葉県	614	2,094	7.0%	23.9	9.3%
兵庫県	561	1,930	8.2%	28.1	8.2%
北海道	555	1,950	16%	57.4	8.8%
福岡県	507	1,758	6.1%	21.3	7.8%
静岡県	378	1,310	5.8%	20.1	9.3%

ごみ搬入量＝生活系ごみ収集量＋事業系ごみ収集量＋直接搬入量

粗大ごみ処理施設に関わる最終処分量の割合＝粗大ごみ処理施設処理残渣最終処分量÷最終処分量

埼玉県の不燃ごみ・粗大ごみ処理状況を見ると、ごみ搬入量に対する不燃・粗大ごみ搬入量は約 6% であり、他の都道府県と比べても多くないことが分かる。一人年間不燃・粗大ごみ搬入量も 19.2(kg/人・年)であり、全国平均値からみても不燃・粗大ごみ排出量は少なく、その要因として、埼玉県内の不燃・粗大ごみの収集品目が異なっているか、または埼玉県民が不燃ごみや粗大ごみになるものを大切にしていることが考えられる。一方、粗大ごみ処理施設から排出され最終処分される割合は、13%であり、全国平均よりも、また、人口規模が大きい他都道府県よりも多いことが分かる。これは、粗大ごみ処理施設から排出され焼却処理される残渣の焼却率が低いこと（東京都 46.5%、神奈川県 55.0%、埼玉県 33.4%）、または、焼却残渣がセメント製造工場等で資源化されるため、最終処分量が少ないことに起因していると考えられる。すなわち、不燃、粗大ごみ処理施設から排出される不燃残渣の最終処分率を低減することが必要である。

表 2-2 に平成 21 年度以降の埼玉県における不燃ごみ及び粗大ごみの搬入状況及び粗大ごみ処理施設に関わる最終処分量の変化を表に示した。不燃ごみの搬入量はごみ搬入量の変化と異なり、毎年減少しているが、粗大ごみ搬入量は増加しているため、搬入量に占める不燃・粗大ごみ搬入量の割

表 2-2 平成 21 年度以降の埼玉県の状況²⁾

	H21	H22	H23
人口(万人)	711	714	717
ごみ搬入量(千トン)	2326	2279	2300
不燃ごみ搬入量(千トン)	102	100	99
粗大ごみ搬入量(千トン)	34	35	37
不燃・粗大ごみの割合	5.9%	5.9%	5.9%
一人年間不燃粗大 ごみ搬入量(kg/人・年)	19.2	18.9	19.1
最終処分量(千トン)	159	142	133
粗大ごみ施設残渣 最終処分量(千トン)	20	17	14
粗大ごみ施設に関わる 最終処分量の割合	13%	12%	11%

合に変化は見られない。一方、粗大ごみ処理施設に関わる最終処分量は3年間で約30%減少している。この最終処分量の減少は熔融施設を所有している自治体が不燃残渣を熔融、スラグの資源化を実施したためであり²⁾、その他の減量化、資源化等の顕著な変化は見られない。

2.2 粗大ごみ処理施設における再生利用率の経年変化

埼玉県内の粗大ごみ処理施設における再生利用率の経年変化を図2-1に示した。比較するために焼却施設における再生利用率の変化も示した。再生利用率は、次式に示した施設毎の処理後に排出されるごみ中の資源化されるごみの割合を示した。

粗大ごみ処理施設再生利用率＝粗大ごみ処理施設再生利用量÷（粗大ごみ処理施設再生利用量＋粗大ごみ処理後焼却処理量＋粗大ごみ処理後残渣最終処分量）

焼却施設再生利用率＝焼却施設再生利用量÷（焼却施設再生利用量＋焼却処理後残渣最終処分量）

図からわかるように、赤色で示した焼却施設の再生利用率は平成13年度から増加し、現在は50%を超える水準に到達している。これは、県内のセメント製造工場、人工砂製造工場、及びスラグとして再生利用が進展していることに起因している。一方、青色で示した粗大ごみ処理施設再生利用率は平成12年度以降、毎年徐々に減少し、近年30%程度で推移している。粗大ごみ処理施設における処理量や最終処分量も減少していることから、これは、家電リサイクル法の施行及びごみ質の変化（金属製品の減少）に起因していると考えられる。「使用済小型電子機器等の再資源化の促進に関する法律（小型家電リサイクル法）」が平成25年4月に施行されたため、今後、不燃ごみ及び粗大ごみ中の小型家電のリサイクルが進展し、粗大ごみ処理施設の再生利用率は上昇することが期待できる。しかし、不燃ごみ中の小型家電の含有量は約20%程度であり、かつ、小型家電類の処理由来の不燃残渣は2.6%少ない³⁾ため、不燃ごみの適正処理、資源化の推進及び埋立量を削減するためには、その他の資源についてもリサイクルを進める必要がある。

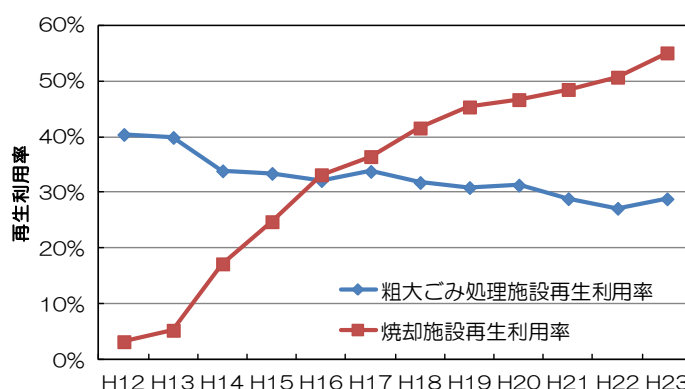


図2-1 再生利用率の経年変化²⁾

2.3 不燃残渣に関わる埼玉県の状況

2.3.1 県外最終処分状況

埼玉県内には市町村及び一部事務組合が所有する最終処分場が23施設（埋立中のみ）及び県営の最終処分場1施設がある。しかし、最終処分場を持たない市町村もあり、かつ、県営最終処分場は飛灰等を受け入れないため、53千トン（平成24年度）の一般廃棄物が最終処分目的で県外移動している⁴⁾。

図2-2に最終処分目的で県外移動した一般廃棄物量、県外最終処分量の変化（左図）及び平成20年度における県外最終処分の内訳（右図）を示しました。

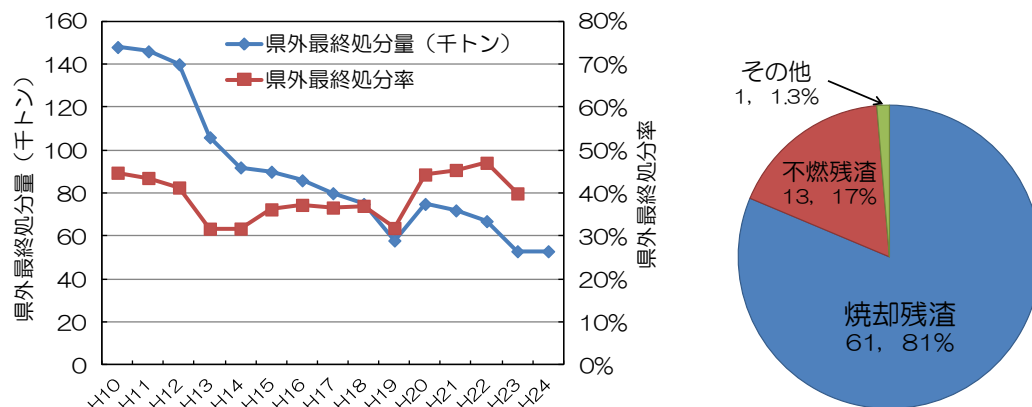


図 2-2 県外最終処分量の経年変化（左図）及び県外最終処分の内訳（H20；右図）

県外最終処分量（埼玉県内の年間最終処分量に占める県外処分の割合）は、平成 10 年度以降のごみ排出量の減少及び焼却施設における再生利用量の増加のため減少し、平成 24 年度には平成 10 年度比（53 千トン/148 千トン）で 36%になっているが、近年は、40%前後で推移している。これは、県内に最終処分場を所有していない場合、飛灰の最終処分場が無いこと、及び、各団体がリスク分散の観点から、県外にも排出先の確保していること起因していると考えられる。

県外最終処分の内訳を見ると、その約 80%は焼却残渣であり、不燃残渣は 17%（13 千トン）である。平成 20 年度粗大ごみ処理施設から生じる残渣最終処分量（23 千トン）の約 57%が県外で最終処分されていることになる。不燃残渣は県営最終処分場の受入品目であるが、県営処分場の受入規定は厳しく（木、紙の混入禁止）、市町村は、処分が滞るというリスクを分散する観点から最終処分先を県外に確保している。このような状況であるため、県外最終処分量を減少するためには、県外最終処分量の約 20%ある不燃残渣を減らす方法を検討することも課題であると考えられる。

2.3.2 県営処分場の埋立状況

図 2-3 に県営処分場の埋立量（焼却灰及び不燃物のみ）の変化を示した。平成 16 年以降、焼却灰の埋立量は徐々に減少している。これは、県内ごみ搬出量の減少及び市町村がリサイクル推進の一環として焼却灰を資源化へと方針転換したこと起因している。一方、不燃物の埋立量は年々若干減少している。埋立廃棄物の割合から見ると、焼却灰埋立量が減少しているため、埋立廃棄物中の不燃物の割合は増加している。そのため、今後、埋立地への不燃物の負荷が増すことになる。

不燃物は焼却灰とは異なり、加熱処理や金属の不溶化处理等化学処理を経っていないため、埋立地管理において、不燃残渣の化学的な質の把握が必要になると考えられる。

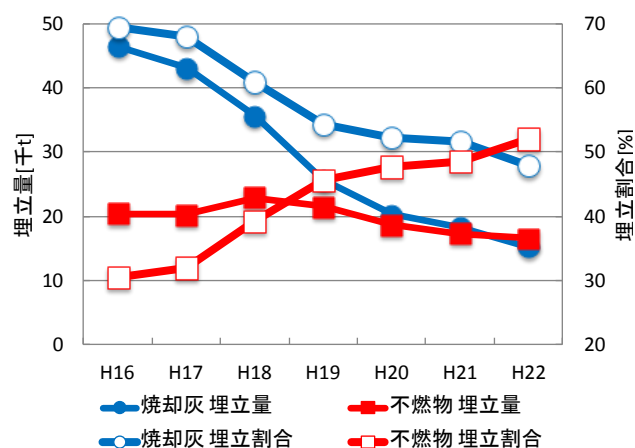


図 2-3 県営処分場の埋立物の状況変化⁵⁾

2.4 市町村の生活系ごみ収集分類に係わる状況

市町村のごみ収集状況を整理するために、市町村ホームページ情報をもとに県内市町村の主なごみの分類をまとめ、表 2-3-1 及び 2-3-2 に示した。

“不燃ごみ、または燃えないごみ”という表現は、一般的な分類のように思えるが、53 市町村地域のうち 11 件が不燃ごみとしては回収しておらず、金属、又は金属ガラスとして収集していた。また、市町村の中には燃やしてはいけないごみ（羽生市）や燃やさないごみ資源（戸田市）、雑介（松伏町）、破碎ごみ（所沢市）等の表記もある。

収集に係る特色としては、PET ボトル以外のプラスチック製品を可燃ごみとして収集している市町村地域も 19 件ある。これらの市町村地域は、高効率の発電設備を持つ焼却炉を所有している、または、旧型の焼却炉であり処理能力が足りない、または、プラスチックの量が多いとカロリーが高くなりすぎるため除去している等の理由であった。その他の特色としては、PET を除くプラスチック類を不燃ごみとして収集している市町村地域（4 件）もある。

市町村地域によって処理方法が特に異なるごみは、革製品（不燃/可燃）、布団（可燃/粗大）、履き物・ゴム製品・スポンジ（可燃/不燃）、プラスチック製玩具・ぬいぐるみ（可燃/不燃/プラスチック）ビデオテープ・CD・DVD（可燃/不燃/プラスチック）、瓶（資源/不燃）、缶（資源/不燃）である。

これらのことから、“不燃ごみ、または燃えないごみ”とは、一般家庭にあるごみから、資源ごみや危険・有害ごみを除き、市町村の所有する焼却施設での焼却処理不適ごみを不燃ごみと分類し、収集していると考えられる。このように不燃ごみは市町村により収集品目が異なるため、その処理後に生じる不燃残渣の質は異なることが推測できる。

表 2-3-1 市町村のごみ分類状況（平成 23 年度状況）

市町村名	可燃物	不燃物	資源ゴミ							危険ゴミ			粗大ゴミ(cm)		
			容器包装プラ	飲料缶	ビン	PETボトル	新聞	紙パック	衣類・布	乾電池	蛍光灯	ライター	一辺	三辺	その他
さいたま市	○	○	○	○	飲食	○	○	○	○	○	○	○	90		200未満
川越市	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	可燃・不燃	50		
熊谷市	○	○	可燃	○	飲食	○	○	○	×	○	○	資源(カン)			
川口市	一般ゴミ	一般ゴミ	○	○	飲食	○	○	○	○	○	○	一般・金属			
行田市	○	燃やせない、金属	燃やせない	○	飲食	燃やせない	○	○	○	○	○	×			
秩父市	○	○	可燃	○	飲食	○	○	○	○	○	○	○			
所沢市	○	破碎ゴミ類、小型家電	プラスチック類	○	○	○	○	可燃(※2)	可燃(※2)	○	○	破碎ゴミ			
飯能市	○	○	プラスチック類	○	飲食	○	○	○	○	○	○	○	50		
加須市(加須地域)	○	○	可燃	○	○	○	○	○	○	○	○	○			45L袋
(騎西地域)	○	○	その他プラ	○	○	○	○	○	○	○	○	○			45L袋
(大利根地域)	○	○	不燃	○	飲食	○	分別後可燃	×	分別後可燃	○	○	×			
(北川辺地域)	○	○	不燃	○	飲食	○	可燃	×	可燃	○	○	×			
本庄市	○	○	可燃	○	飲食	○	○	○	×	○	○	×			
東松山市	○	○	プラスチック類	○	飲食	○	○	○	○	○	○	×			
春日部市	○	○	可燃	○	飲食	○	○	○	可燃	○	○	○	50		200未満
狭山市	○	もやさないごみ	資源プラ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	30		
羽生市	○	もやさないごみ	燃やしてはいけない	○	飲食	○	○	○(※2)	○	○	○	不燃			
鴻巣市(鴻巣、川里)	○	○、金属	○	○	飲食	○	○	○	○	○	○	不燃			
(吹上地域)	○	○、金属	○	○	飲食	○	○	○	○	○	○	不燃			
深谷市	○	○	可燃	○	飲食	○	○	○	可燃	○	○	○			
上尾市	○	金属・陶器	可燃	○	ガラス	○	○	×	○	○	○	可燃		60*30	
草加市	○	○	可燃	○	飲食	○	○	×	×	○	○	不燃	50		10kg
越谷市	○	○	白トレイのみ	○	飲食	○	○	○	○	○	○	○	50		10kg
蕨市	○	○	○	缶・金属	○	○	○	○	○	○	○	不燃	40		
戸田市	○	もやさないごみ資源・危険	○	缶・金属	○	○	○	○	○	○	○	○	40		
入間市	○	○	プラ・ビニ	○	○	○	○	○	○	○	○	不燃	30		
朝霞市	○	○	資源プラ	○	○	○	○	○	○	○	○	×	50		
志木市	○	○	資源プラ	○	飲食	○	○	○(※2)	○	○	○	○		24*24*35	
和光市	○	○	資源プラ	○	飲食	○	○	○	○	○	○	○		24*24*35	45L袋
新座市	○	○	資源プラ	○	飲食	○	○	○	○	○	○	○		24*24*35	
桶川市	○	その他ゴミ	○	金属	ガラス	○	○	○	○	○	その他ゴミ	その他ゴミ			
久喜市(久喜地区)	○	○	○	○	飲食	○	○	○	○	○	○	○			45L袋
(栗橋、鷺宮地区)	○	○	○、白トレイ	○	飲食	○	○	○	○	○	○	○			45L袋
(菖蒲地区)	○	○	○	○	飲食	○	○	○	○	○	○	○			45L袋

※1 リサイクル活動による補助金あり、※2 拠点回収・公共施設への持ち込み

※乾電池については、多くの市町村がボタン電池及び充電電池は拠点回収としている

表 2-3-2 市町村のごみ分類状況（可燃ごみ、不燃ごみ、資源ごみ）

市町村名	可燃物	不燃物	資源ゴミ							危険ゴミ			粗大ゴミ(cm)		
			容器包装プラ	飲料缶	ビン	PETボトル	新聞	紙パック	衣類・布	乾電池	蛍光灯	ライター	一辺	三辺	その他
北本市	○	○	○	○	飲食	○	○	○	○	○	○	×	30		
八潮市	○	○	可燃、白トレイ	○	飲食	○	○	○	○	○	○	×	100		10kg
富士見市	○	○	○	○	飲食	○	○	○	○	○	○	○		24*24*35	
三郷市	○	○	可燃	○	飲食	○	○	○	○	○	○	不燃	60		200未満
蓮田市	○	金属など	可燃	○	ガラス	○	○	○	○	○	○	×			45L袋
坂戸市	○	もやさないごみ	資源プラ	○	飲食	○	○	○	○	○	○	○	60		
幸手市	○	○、50以下	○	○	飲食化粧	○	○	○	○	○	○	○	50		
鶴ヶ島市	○	○	他プラ	○	○	○	○	○	○	○	○	可燃	80		
日高市	○資源化	金属など	可燃	○	ガラス類戸物	○	○	○	○	○	○	可燃	50		指定袋
吉川市	○	○	可燃	○	飲食	○	○	○	○	○	○	○	50		
ふじみ野市	○	○	○、資源プラ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	30		
伊奈町	○	○	○	○	飲食	○	○	○	○	○	○	○	30		
三芳町	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	不燃			
毛呂山町	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	可燃	80		
越生町	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	可燃	80		
滑川町	○	金属・ガラス	資源、廃プラ	○	○、ガラス	○	○	○	○	○	○	○	30		
嵐山町	○	金属・廃プラ	資源プラ	○	○、ガラス	○	○	○	○	○	○	○	30		
小山市(東秩父村)	○	もえない(資源)	○、廃プラ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	30		
川島町	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
吉見町	○	○	○	○	飲食	○	○	○	○	○	○	不燃			
鳩山町	○	○、80cm、10kg	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	80		
ときがわ町	○	金属・ガラス	○、廃プラ	アルミ、金属	○、ガラス	○	○	○	○	○	○	○	30		
美里町	○	○	可燃	○	飲料	○	×(※1)	×	×(※1)	○	○	×			
神川町	○	○	可燃	○	飲料	○	×	×	×	○	○	×			
上里町	○	○	可燃	○	○	○	×	×	×	○	○	×			
寄居町	○	○	可燃	△	△	△	○	○	○	○	○	×	50		
宮代町	○	○	○	○	飲食	○	○	○	○	○	○	○			45L袋
白岡町	○	金属	可燃	○	ガラス	○	○	○	○	○	○	×			45L袋
杉戸町	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	50		
松伏町	○	金属・雑芥	可燃	金属	飲食	○	○	○	○	○	○	×	40	計90	

※1 リサイクル活動による補助金有り、※2 拠点回収・公共施設への持ち込み

※乾電池については、多くの市町村がボタン電池及び充電電池は拠点回収

※薬品類や農薬の瓶、塗料缶等は不燃ごみとして回収するが多い

△：不燃ごみの日に分別回収を実施している

2.5 不燃ごみ・粗大ごみ処理施設の状況

2.5.1 施設の老朽化

県内の粗大ごみ処理施設に関しては、施設の老朽化という問題も考えられる。最も古い施設は 70 年代半ばに建設された施設なので既に 40 年を経ている（図 2-4）。また、家電リサイクル法（1998 年）以前に建設された施設が多いため、現在の不燃ごみ及び粗大ごみ質に適した処理システムであるとは限らない。

廃棄物処理及び清掃に関する法律（精密機能検査）施行規則第 5 条では、「ごみ処理施設及びし尿処理施設の管理者は、これらの施設の機能を保全するため、定期的に、その機能状況、耐用の度合等について精密な検査を行うようにしなければならない。」と規定されているため、粗大ごみ処理施設の破砕選別機器は一定の選別処理能力は有していると推測できるが、“その機能状況”が、現在のごみ質の選別に適した設定、仕様であるかどうかを評価する必要があると考えられる。

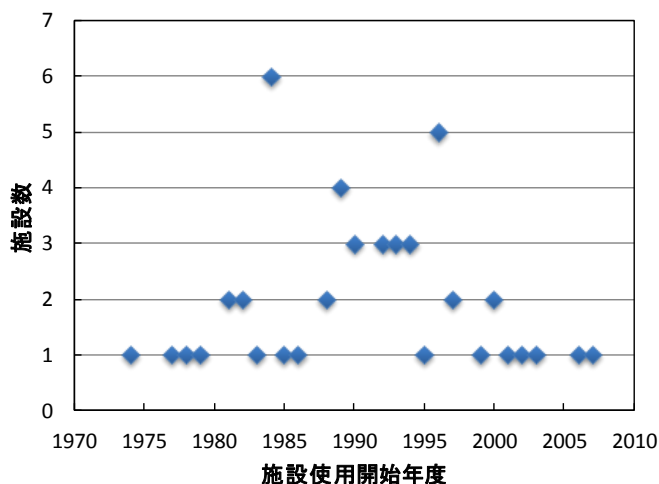


図 2-4 粗大ごみ処理施設の使用開始年度⁶⁾

2.5.2 施設の稼働率

平成 12 年度は不燃ごみと粗大ごみ収集量を合わせると約 187 千トンが収集、処理された。その量は、平成 22 年度には約 100 千トンに減少(46%減)している。そこで、施設の処理能力及び年間処理量⁶⁾から算出した稼働日数と処理施設の関係を図 2-5 に示した（手選別による前処理を実施している施設等もあるため実際の稼働日数とは異なる）。比較するために焼却施設及びその他資源化施設についても同様に算出し示した。

焼却施設やその他資源化施設の稼働日数はほとんどの施設で 100 日以上である。一方、粗大ごみ処理施設は半数以上の施設(24 施設)で、その稼働日数は年間 100 日以下であり、さらに 24 施設の半数、12 施設の稼働日数は 50 日以下であることがわかる。

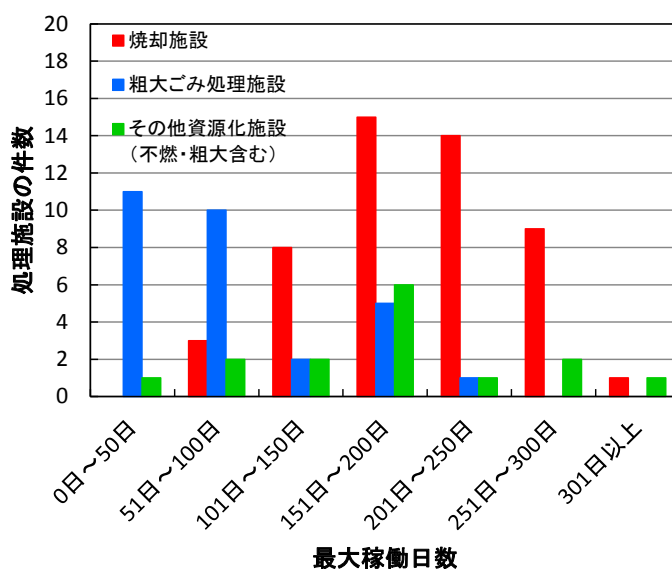


図 2-5 粗大ごみ処理施設の稼働日数（平成 22 年度）

ごみ処理現場の実情を見ると、昨今のエネルギー事情による節電のため、破碎機を極力動かさないように努力している市町村もあった。そこで、図 2-6 に不燃・粗大ごみ処理施設の稼働日数と処理能力との関係を示した。不燃・粗大ごみ処理施設の平均処理能力は約 40 トン/日である。処理能力に係らず、稼働日数が 50 日に満たない施設もある。地域事情等考慮しなければならない要素は多々あるが、今後、小型家電リサイクルの推進、人口の減少、高齢化、施設の老朽化等を考慮すると、不燃・粗大ごみ処理施設の集約、拠点化等、資源回収の効率化を図るためにも処理システム全体の見直しが必要であると考えられる。

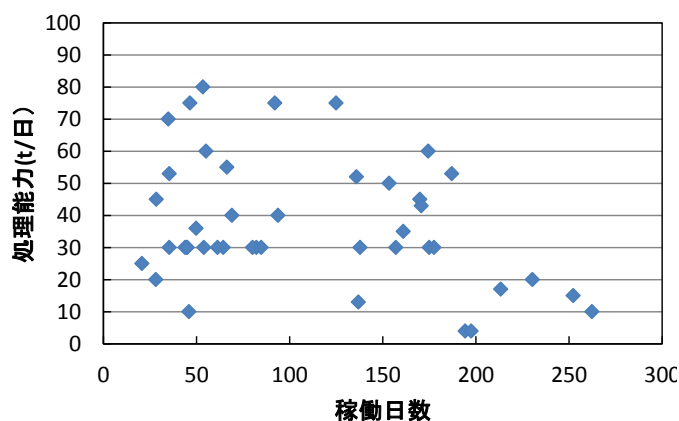


図 2-6 稼働日数と処理能力との関係（平成 22 年度）

2.6 市町村の生活系不燃ごみ・粗大ごみ排出量の比較

本項では、平成 23 年度一般廃棄物処理実態調査結果（環境省）⁷⁾を下に埼玉県各市町村の生活系不燃ごみと粗大ごみの排出量を比較した。表 2-4-1 及び 2-4-2 に県内各市町村の生活系ごみ搬入量、生活系不燃ごみ及び生活系粗大ごみ搬入量（収集量＋直接搬入量）を示した。埼玉県全体では、県民一人当たり年間 246 (kg/人・年)の生活ごみを搬入している。平成 23 年度と平成 21 年度を比較すると、県民一人当たり年間 2kg、約 1%の生活系ごみ搬入量しか減少していない。各市町村の生活系ごみの搬入量を見ると搬入量の多い市町村は平成 21 年度と同じである。また、生活系不燃ごみ及び粗大ごみの搬入量もほとんど変化しておらず、生活系不燃ごみの一人年間搬入量は約 0.2kg 減少、生活系粗大ごみの一人年間搬入量は 0.5kg 増加した。

市町村別にみると、生活系不燃ごみの搬入量に占める割合が 10%を超える市町村は 4 件あり、県全体と比べ倍以上の差があることがわかる。また、一人当たりの年間不燃ごみ搬入量は、搬入量の多い市町村では県全体と比べ 3 倍以上の差がある。さらに、生活系粗大ごみに関しても、同様な傾向である。

不燃ごみ搬入量に影響を与える収集品目について表 2-3 を用いて検討した。不燃ごみ搬入量の割合が高い行田市や羽生市はプラスチック類を不燃物として収集している。逆に、不燃ごみ搬入量の割合が比較的低い市町村、上尾市、桶川市、蓮田市等は“不燃ごみ”という分類ではなく、ガラス類、金属、その他ごみとして回収していた。

これらのことから、統計データでは“不燃ごみ”となっているが、不燃ごみ中にはプラスチック類が多く含まれていることが推察され、また、実際の収集分類は市町村によって異なるため、不燃ごみ搬入量の多少で適正処理について検討することは非常に難しいことがわかった。

表 2-4-1 埼玉県内市町村の生活系不燃ごみ及び粗大ごみ搬入量

市町村名	生活系ごみ		生活系不燃ごみ			生活系粗大ごみ		
	搬入量 (t)	一人年間 搬入量 (kg/人・年)	搬入量 (t)	搬入率	一人年間 搬入量 (kg/人・年)	搬入量 (t)	搬入率	一人年間 搬入量 (kg/人・年)
合計	1,764,338	246	93,646	5.3%	13.1	36,133	2.0%	5.0
さいたま市	305,660	250	19,603	6.4%	16.1	1,686	0.6%	1.4
川越市	78,178	230	3,444	4.4%	10.1	252	0.3%	0.7
熊谷市	55,599	276	4,285	7.7%	21.3	667	1.2%	3.3
川口市	132,376	229	0	0.0%	0.0	4,833	3.7%	8.3
行田市	23,440	274	4,006	17.1%	46.9	742	3.2%	8.7
秩父市	15,330	226	1,241	8.1%	18.3	140	0.9%	2.1
所沢市	78,368	231	5,417	6.9%	16.0	1,374	1.8%	4.1
飯能市	20,418	250	678	3.3%	8.3	580	2.8%	7.1
加須市	36,252	313	2,405	6.6%	20.8	973	2.7%	8.4
本庄市	21,855	278	1,609	7.4%	20.4	403	1.8%	5.1
東松山市	23,419	266	1,622	6.9%	18.4	33	0.1%	0.4
春日部市	59,343	249	3,330	5.6%	14.0	1,137	1.9%	4.8
狭山市	36,693	237	2,693	7.3%	17.4	2,289	6.2%	14.8
羽生市	16,046	288	2,758	17.2%	49.4	224	1.4%	4.0
鴻巣市	28,659	241	2,925	10.2%	24.6	569	2.0%	4.8
深谷市	40,804	282	2,107	5.2%	14.6	529	1.3%	3.7
上尾市	54,690	243	2,605	4.8%	11.6	107	0.2%	0.5
草加市	57,982	242	2,576	4.4%	10.8	589	1.0%	2.5
越谷市	75,469	232	1,823	2.4%	5.6	1,230	1.6%	3.8
蕨市	18,171	263	766	4.2%	11.1	601	3.3%	8.7
戸田市	31,662	262	1,479	4.7%	12.3	1,481	4.7%	12.3
入間市	39,543	265	2,201	5.6%	14.8	2,417	6.1%	16.2
朝霞市	30,604	238	1,183	3.9%	9.2	1,184	3.9%	9.2
志木市	17,340	247	475	2.7%	6.8	695	4.0%	9.9
和光市	18,484	241	818	4.4%	10.7	826	4.5%	10.8
新座市	32,162	203	1,301	4.0%	8.2	985	3.1%	6.2
桶川市	17,815	237	512	2.9%	6.8	596	3.3%	7.9
久喜市	40,053	260	1,899	4.7%	12.3	535	1.3%	3.5
北本市	17,143	247	1,573	9.2%	22.6	460	2.7%	6.6
八潮市	20,882	258	775	3.7%	9.6	222	1.1%	2.7
富士見市	24,421	231	851	3.5%	8.0	742	3.0%	7.0
三郷市	33,753	258	1,667	4.9%	12.8	193	0.6%	1.5
蓮田市	14,838	235	289	1.9%	4.6	481	3.2%	7.6
坂戸市	24,145	243	1,607	6.7%	16.1	1,126	4.7%	11.3
幸手市	13,946	260	787	5.6%	14.7	630	4.5%	11.8
鶴ヶ島市	16,916	245	942	5.6%	13.6	83	0.5%	1.2
日高市	13,294	232	0	0.0%	0.0	184	1.4%	3.2
吉川市	15,882	240	330	2.1%	5.0	689	4.3%	10.4
ふじみ野市	25,247	238	1,528	6.1%	14.4	827	3.3%	7.8
伊奈町	10,714	250	532	5.0%	12.4	541	5.0%	12.6
三芳町	9,275	243	932	10.0%	24.5	0	0.0%	0.0
毛呂山町	9,038	252	498	5.5%	13.9	29	0.3%	0.8
越生町	3,019	238	178	5.9%	14.0	9	0.3%	0.7
滑川町	4,339	257	163	3.8%	9.6	111	2.6%	6.6
嵐山町	4,448	242	147	3.3%	8.0	128	2.9%	7.0
小川町	7,896	235	285	3.6%	8.5	244	3.1%	7.3
川島町	5,729	261	0	0.0%	0.0	9	0.2%	0.4

表 2-4-2 埼玉県内市町村の生活系不燃ごみ及び粗大ごみ搬入量

市町村名	生活系ごみ		生活系不燃ごみ			生活系粗大ごみ		
	搬入量 (t)	一人年間 搬入量 (kg/人・年)	搬入量 (t)	搬入率	一人年間 搬入量 (kg/人・年)	搬入量 (t)	搬入率	一人年間 搬入量 (kg/人・年)
吉見町	4,224	199	368	8.7%	17.3	113	2.7%	5.3
鳩山町	4,058	267	244	6.0%	16.1	16	0.4%	1.1
ときがわ町	2,735	217	96	3.5%	7.6	106	3.9%	8.4
横瀬町	2,056	227	169	8.2%	18.6	3	0.1%	0.3
皆野町	2,358	215	179	7.6%	16.3	6	0.3%	0.5
長瀬町	1,844	233	125	6.8%	15.8	5	0.3%	0.6
小鹿野町	2,852	211	207	7.3%	15.3	6	0.2%	0.4
東秩父村	761	226	24	3.2%	7.1	30	3.9%	8.9
美里町	2,854	244	277	9.7%	23.7	56	2.0%	4.8
神川町	3,451	242	317	9.2%	22.2	64	1.9%	4.5
上里町	7,685	251	557	7.2%	18.2	141	1.8%	4.6
寄居町	8,958	248	818	9.1%	22.7	0	0.0%	0.0
宮代町	8,774	266	401	4.6%	12.2	71	0.8%	2.2
白岡町	12,136	240	242	2.0%	4.8	394	3.2%	7.8
杉戸町	10,553	225	580	5.5%	12.3	600	5.7%	12.8
松伏町	7,699	249	197	2.6%	6.4	137	1.8%	4.4

2.7 破碎選別機投入量及び排出量の季節変動

廃棄物を資源として利用する場合、量及び質の変化は少ない方が好ましい。そこで、施設 C 及び施設 P における破碎選別機投入量及び排出される可燃残渣、不燃残渣、磁性物、アルミの季節変動を調べ、図 2-7 に示した。

不燃・粗大ごみの破碎選別機への投入量（菱形青線）からわかるように、4 月から 11 月までは変動幅

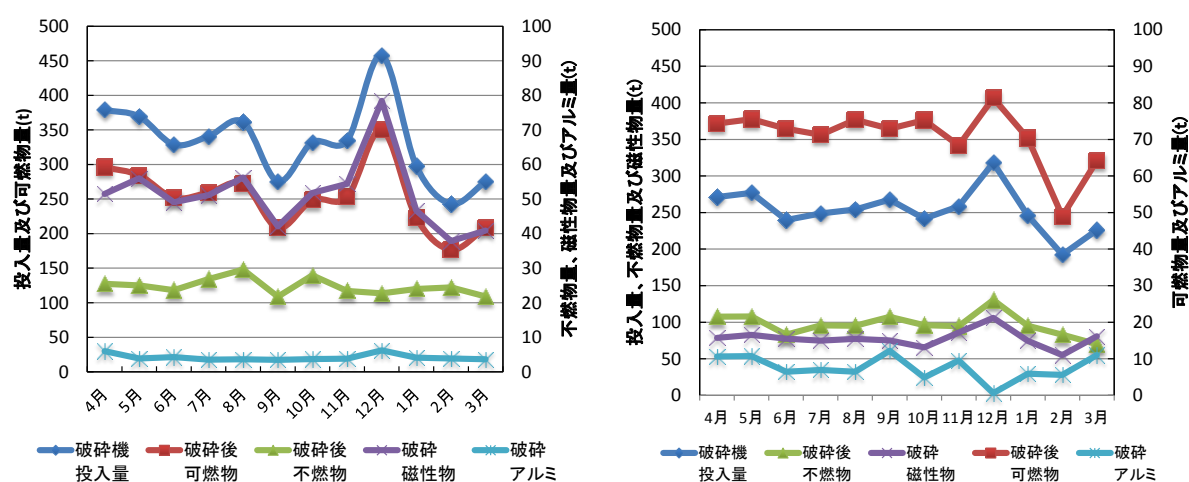


図 2-7 施設 C（左図）及び施設 P（右図）における破碎選別機処理の季節変化

が少なく、12 月は年末の大掃除に起因しごみ量が増えるため、処理量は多くなる。

施設 C（左図）では破碎機投入量と可燃残渣量及び磁性物量の変化はほぼ同様な変動を示している。しかし、不燃残渣量及びアルミ量は可燃残渣量や磁性物量ほど、投入量に依存せず、季節変動も少ない。施設 P（右図）においても、可燃残渣量と磁性物量の変化は類似している。一方、不燃残渣の変化も投入

量に依存していた。また、不燃残渣量は可燃残渣量よりも多く排出されていた。この要因として、施設 P の自治体では、プラスチック類を焼却処理するため、破碎選別機に投入される不燃ごみ中の可燃分含有量が低いことが考えられる。

これらのグラフから、不燃ごみを破碎選別処理することによって排出される不燃残渣は、どの施設においても年間を通し同じ処理を行うため、投入廃棄物の質の変動に比べ、変動幅が狭く、可燃残渣や不燃残渣を資源として利用可能になれば、量の確保が見込めるため有用な資源となり得る可能性がある。

2.8 県内の民間資源化施設について

不燃ごみを破碎選別機にかける前に手選別を行う施設では、回収した資源を資源として有価で売却している場合もある。今後、資源の回収が進んだとしても利用先が近隣にない場合、輸送コストが生じるため、トータルコストの検討（手間＋輸送コスト＜売却益＋処理費の減少コスト＋運転・維持管理の減少コスト）を考える必要がある。そのため、施設の近隣の資源化施設の有無が今後の不燃ごみの資源化への取り組みを推進するための重要な要因になることが考えられる。

市町村の中には、今後の小型家電のリサイクルに対応するため、既に収集した廃棄物の中から小型家電を品目別に分け保管しているところもあるが、適切な搬出先を探すことも難しい状況もあった（現在、小型家電類についてはリサイクル事業者が認定されている）。

そこで、身近に得られる情報源として、平成 23 年度は株式会社日報アイビーが週刊で発行している循環経済新聞を選択し、2009. 2～2011. 10 までに掲載された記事から、本県に工場がありかつリサイクルを行っている会社を抜き取りした（一般廃棄物関連の許可の有無は確認していない）。

民間資源化施設の一覧を表 2-5-1 及び 2-5-2 に示した。同期間中に関東県内では 87 社の民間資源化施設についての記事が掲載され、その中の 15 社が埼玉県内で工場を稼働していた。これらの会社の中には、既に多くの市町村から資源原料としてプラスチックが流れている会社も含まれている。また、およそ半数の会社が県北に位置しているため、北部以外の地域の民間資源化施設についても今後調査する必要がある。

2.9 まとめ

[2.1 全国との比較] 埼玉県市町村の不燃ごみ・粗大ごみの排出量は搬入量から全国値や他の都道府県と比べ多いわけではない。しかし、粗大ごみ処理施設に関わる埋立量は減少しているが、熔融処理による資源化を実施した自治体によるものであった。

[2.2 粗大ごみ処理施設における再生利用率の経年変化] 焼却施設におけるリサイクルは進展し、現在、その再生利用率は 50%で推移しているが、粗大ごみ処理施設の再生利用率は徐々に減少し、30%で推移しているため、粗大ごみ処理施設における再生利用について検討する必要がある。

[2.3.1 県外最終処分の状況] 不燃ごみ及び粗大ごみの処理由来の不燃残渣の約 40%が県外で最終処分されている。今後、自区内処理を推進するためには、粗大ごみ処理施設に係る埋立廃棄物量を削減する必要があり、不燃残渣の利用方法や破碎選別前の手選別等による不燃残渣の発生量の抑制について検討する必要がある。

[2.3.2 県営処分場の埋立状況] 埼玉県内の多くの市町村が搬入している県営の最終処分場の埋立廃棄物の現状は、焼却灰の資源化が進展し、徐々に埋立廃棄物層内における不燃残渣の割合が増加しているため、今後、不燃残渣の埋立地負荷についても検討する必要がある。

[2.4 市町村の生活系ごみ収集分類に係る状況] 不燃ごみとは、一般家庭にあるごみから、資源ごみや危険・有害ごみを除き、市町村の所有する焼却施設での焼却不適ごみであるため、不燃残渣の質は異なることが推測された。

[2.5 不燃ごみ・粗大ごみ処理施設の状況] 不燃ごみ・粗大ごみ処理施設は家電リサイクル法施行以前に建設された施設が多く、かつ、稼働率が低い施設もあるため、今後、広域処理も含め施設の在り方を検討する必要があると考えられる。

[2.6 市町村の生活系不燃ごみ・粗大ごみ排出量の比較] 県内市町村の生活系不燃ごみ搬入量を比較した場合、他の市町村よりも一人当たりの年間搬入量が高い市町村があり、それらの市町村はプラスチック類のリサイクルを実施していない市町村であること、また、低い市町村は不燃ごみとして収集していないことがわかった。

[2.7 破碎選別機投入量及び排出量の季節変動] 粗大ごみ処理施設の処理量は季節変動があるが、選別物量はほぼ決まった割合で生じているため、リサイクル資源と見た場合、発生量の予測が可能であり、資源としての活用方法を見出せば新たな資源となる可能性が示唆された。

表 2-5-1 循環経済新聞 2009. 2-2011. 10 間に掲載された県内の民間資源化インフラ施設

	会社名	掲載日	工 場 所 在 地	受け入れ品目	処 理	製 品
1	国分商会	2009.2.9	熊谷市万吉字夏目3714-4	廃タイヤ	マテリアルリサイクル	タイヤチップ・再生ゴム原料
2	オリックス資源循環	2009.2.16	大里郡寄居町三ヶ山313	廃プラ・可燃、不燃ゴミ・食品残さ、紙くず・木くず・繊維くず・商品破棄・廃油・廃アルカリ・廃酸・複合素材・汚泥・粉もの	マテリアル、ケミカル、サーマルリサイクル	発電燃料・容器包装プラの再商品化・スラグ、メタル再資源化
3	サニタリーセンター	2009.7.6	本庄市小島南3-11-15	食品残さ・カン・ビン・ペットボトル・石膏ボード・木くず・廃プラ・ガレキ類・古紙・金属類	マテリアルリサイクル	たい肥・原料・建材ボード・木くずチップ
4	よりのコンポスト	2009.8.17	大里郡寄居町三ヶ山字大谷352	汚泥・廃油・廃酸・廃アルカリ・動植物性残さ・動物の糞尿・し尿汚泥・食品廃棄物	リサイクル	コンポスト製造/発酵有機性肥料「レッツゴーゆうき」として販売
5	東京精溜工業	2009.8.17	八潮市大字新町29-5	使用済み有機溶剤	マテリアル、サーマルリサイクル	顧客に応じた液体純度にて製品化・セメント原料
6	アイル・クリーンテック	2009.8.24	大里郡寄居町三ヶ山328	動植物性残さ・木くず・廃油・汚泥・廃酸・廃アルカリ・動物のふん尿・食品残さ・刈草・し尿汚泥	リサイクル	たい肥
7	金子合成	2010.10.25	南埼玉郡宮代町字山崎742-2	ポリプロピレン(使用済み梱包バント・プラスチックコンテナなど)	マテリアルリサイクル	再生ペレット
8	丸松産業	2010.11.1	比企郡川島町戸守字荒神前494-1	廃プラ・汚泥・燃え殻・廃油・廃酸・廃アルカリ・紙くず・木くず・動植物性残さ・金属くず・ばいじん	マテリアル、サーマルリサイクル	プラスチックペレット・床材・車のタイヤ止め・再生プラ原材料・RPF
9	三菱マテリアル	2010.12.13	秩父郡横瀬町横瀬2270	廃プラ・汚泥・燃え殻・廃油・廃酸・廃アルカリ・紙くず・木くず・ガラスくず・コンクリート磁器くず・動植物性残さ・ばいじん・がれき類・鉋さい	リサイクル	非鉄製錬・セメント原燃料

表 2-5-2 循環経済新聞 2009. 2-2011. 10 間に掲載された県内の民間資源化インフラ施設

	会社名	掲載日	工 場 所 在 地	受け入れ品目	処 理	製 品
10	エコシステムリサイクリング	2010.12.13	本庄市仁手1781-3	貴金属プレス抜き品切削品・リットフレーム・ CPU・金属スクラップ	湿式プロセス・リ サイクル洗浄	貴金属リサイクル・回収
11	ビーカム	2011.1.24	東松山市新郷88-8	容器包装プラスチック類・動植物性残さ	マテリアルリサイクル	再生ペレット・B級品ペレット・堆肥 化
12	環美	2011.1.31	上尾市領家1200-2 領家工業団地	廃塗料(水性、油性、粉体)・廃油・廃プラスチック類・汚泥	リサイクル	セメント原料
13	中央化学	2011.3.7	鴻巣市宮地3-5-1	発泡スチロールトレイ・弁当総菜容器などすべてのプラスチック食品容器	マテリアル、サーマルリ サイクル	コークス・スチレンモノマー
14	ウム・ウェルト・ジャパン	2011.3.14	久喜市河原井町47-4	廃蛍光灯・ガラス製品	マテリアルリサイクル	ガラスカレット
15	クリーンテックサーマル	2011.8.8	深谷市折之口1873-2	廃油・廃酸・廃アルカリ・汚泥・廃プラスチック・ゴムくず・ 紙繊維くず・動植物性残さ・動物系固形不要物・動物の死体・ふん尿・感染性産業廃 棄物	サーマルリサイクル	発電・堆肥原料

参考文献

- 1) 環境省平成 21 年度一般廃棄物処理実態調査結果/統計一覧/処理状況/全体集計結果（ごみ処理状況）；
<http://www.env.go.jp/recycle/waste-tech/ippan/h21/index.html>
- 2) 環境省平成 12～23 年度一般廃棄物処理実態調査結果/統計一覧/処理状況/都道府県別データ/埼玉県（ごみ処理状況）；<http://www.env.go.jp/recycle/waste-tech/ippan/h12（～h23）/index.html>
- 3) 川寄幹生ら、「一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究（その 3）不燃ごみ中の廃電化製品調査」、都市清掃、第 66 巻、第 313 号（平成 25 年 5 月）
- 4) 環境省平成 12～23 年度一般廃棄物処理実態調査結果/統計一覧/平成 12 年度～平成 23 年度/一般廃棄物の排出及び処理状況等について；<http://www.env.go.jp/recycle/waste-tech/ippan/h12（～h23）/index.html>
- 5) 埼玉県環境整備センター/県営最終処分場/維持管理情報；
<http://www.pref.saitama.lg.jp/site/umetate/enteinotenken.html>
- 6) 環境省平成 22 年度一般廃棄物処理実態調査結果/統計一覧/平成 22 年度/施設整備状況/各都道府県別整備状況/埼玉県；<http://www.env.go.jp/recycle/waste-tech/ippan/h22/index.html>

3. 不燃・粗大ごみ処理時に発生する不燃残渣の調査

家庭から排出される一般廃棄物の中で既に資源化されているものは、資源ごみや直接資源化に回る金属類であり、それ以外では、焼却残渣が、セメント原料や再生砂原料としてリサイクルの推進が図られている。一方、不燃ごみや粗大ごみは、市町村の中間処理施設へ搬入されたのち、破碎選別機で処理され、選別された鉄類及びアルミはリサイクルされ、選別残渣は焼却処理、または埋立て処分されている。

市町村の粗大ごみ処理施設の主な機器構成は、破碎機、磁選機、粒度選別機（トロンメルまたは振動篩）、渦電流選別機であり、搬入されたごみは、破碎不適物が除かれた後、まず破碎され、次に磁力選別機により鉄類を回収し、その後、粒度選別機によって選別される。粒度選別機により選別された細粒分を不燃物または不燃残渣と称し、粗粒分を可燃物または可燃残渣と称し、それぞれ、埋立処分及び焼却処理されている。ほとんどの市町村が、このような処理工程で不燃・粗大ごみ処理を実施している。しかし、各処理施設の破碎選別処理によって選別された不燃残渣は見た目に異なっている。そこで、県内20ヶ所の不燃ごみ・粗大ごみ処理施設で生じる不燃残渣を採取し、それらの物理化学的特性を明らかにするとともに、各施設の処理状況調査を行うことによって、不燃残渣の質に及ぼす要因を調査し、不燃ごみ・粗大ごみの適正処理について検討することを目的とした。

3.1 調査対象施設の不燃ごみに関連した収集品目

表 3-1 に今回調査対象とした施設の不燃ごみに関連した収集品目を示した。施設 D や施設 S は不燃ごみ表記での収集は行わず、金属類や金属・陶磁器として収集している。

表 3-1 対象施設の不燃ごみに関連した対象品目

施設	金属類 金属使用物	ガラス 陶磁器	プラスチック類	小型家電	ゴム製品 革製品	電球	ビデオテープ CD・DVD
A	○	○	○	○	○	○	○
B	○	○	△	○	可燃	○	可燃・不燃
C	○	○	可燃・資源	○	○	○	—
D	金属	ガラス	可燃	金属	可燃	ガラス	可燃
E	○	○	△	○	可燃	○	可燃
F	○	○	○	○	可燃	有害	可燃
G	○	○	△	○	可燃	○	○
H	○	○	△	○	可燃	○	可燃・不燃
I	○	○	△	○	○	有害	○
J	○	○	△	○	可燃	有害	可燃
K	○	○	△	○	可燃	○	可燃
L	○	○	△	○	○	○	資源プラ
M	○	○	可燃	○	可燃	危険	可燃
N	○	○	可燃	○	可燃	○	可燃
O	○	○	△	○	可燃	有害	資源・不燃
P	○	○	可燃	○	可燃	—	可燃
Q	○	○	△	○	可燃	○	可燃
R	○	○	○	○	可燃	有害	可燃
S	金属・陶磁器	金属・陶磁器	可燃	金属・陶磁器	可燃	—	可燃
T	○	○	△	○	可燃	○	可燃

※対象としたプラスチック類は容器包装及び PET 以外のプラスチックである。

△は金属付きである等、場合によっては不燃、または資源として収集している。

※電球は蛍光灯以外の電球が対象である。

不燃ごみの収集品目において市町村間で一番異なるごみは、可燃性であるプラスチック類、ゴム・革製品、ビデオテープ・CD・DVD、及び電球である。これらのごみの中でプラスチック類やゴム・革製品等は、新しく能力の高い焼却施設を持つ市町村では可燃ごみとして取り扱う傾向がある。電球の取り扱いの差異は不明である。

3.2 対象施設の不燃ごみ処理工程

不燃残渣を採取した各施設の処理工程の流れを表 3-2 に示した。通常、一般的な不燃ごみ処理工程は各施設に搬入された後、手選別（通常は破碎不適物等の抜き取り）、破碎機、磁選機、粒度選別機（トロンメル選別機）で選別される。粒度選別機で選別される細粒分が不燃物（不燃残渣）、粗粒分はさらに渦電流選別機を経て非鉄類（アルミ等）と可燃物（可燃残渣）に選別される。対象施設を見た場合、破袋機の有無、渦電流選別機の有無、縦形破碎機か、横型破碎機かの差以外は、ほぼ同じ処理工程である。特徴的な相違点として、施設 D、M 及び N は粒度選別に振動篩を採用している点が挙げられる。不燃残渣は破碎され鉄類が除かれた破碎物の細粒分であるため、各施設のトロンメル選別機の日開きについても調査した。各施設で使用しているトロンメル選別機の日開き径は、細孔径が最も小さい施設ではφ10mm、大きい施設ではφ40mmと4倍異なっていた。

その他の破碎選別機器以外の相違点としては、前処理（施設仕様：保管ピット有無、処理量：搬入頻度に依存、手選別による資源回収）が異なっていた。特に、施設 B は資源回収という観点から手選別を徹底している。また、施設 B は表 3-2 からわかるように最も小さい孔径 φ10mm のトロンメル選別機を使用しているため、トロンメル選別機の維持管理に手間がかかりそうに思われるが、前処理でトロンメル選別機の日開き径に引っ掛かりそうごみは全て取り除いているため、保守整備及び維持管理にはあまり時間を要していないということである。

3.3 粗大ごみ処理施設における選別物のマスバランス

粗大ごみ処理施設における処理選別物のマスバランス（対象施設の中、データが得られた 11 施設の平均値）を表 3-3 に示した。手選別によって投入前に、ある程度の金属類を取り除いている施設もあるが、

表 3-3 処理工程のマスバランス

	鉄類	アルミ類	不燃残渣	可燃残渣
平均	27%	1.5%	29%	41%
偏差	7.4%	0.7%	11%	18%

粗大ごみ処理施設 11 施設の平均値

不燃・粗大ごみ中には金属類が約 30%、不燃物が 30%、可燃物が 40%含まれていることがわかった。不燃残渣と可燃残渣の分離は上述のように、篩の日開き（孔径）に起因しているため、金属類に比べ施設間の差が大きいことがわかった。

表 3-2 各資源化施設における不燃残渣選別に関わる不燃ごみ処理工程の流れ

各資源化施設の不燃残さに関する不燃ごみ処理フロー	
A	粗破碎→破碎機→磁選機→風力→トロンメル選別機(30mm)→不燃残さ
B	手選別(best)→破碎機(縦)→磁選機→トロンメル選別機(10mm)→不燃残さ
C	手選別(破碎不適)→粗破碎機(<40mm)→破碎機(縦形、<150mm)→磁選機→トロンメル選別機(20mm)→不燃残さ
D	破碎機→磁選機→振動スクリーン(15mm×20mm)→不燃残さ
E	破碎機(衝撃剪断横形)→磁選機→風力→トロンメル選別機 20mm→不燃残さ、40mm→フィーダー→不燃残さ
F	破碎機→磁選機→トロンメル選別機(30mm)→不燃残さ
G	手選別→破碎機→風力選別(40mm)→不燃残さ
H	手選別(破碎不適、危険等)→破碎機→磁選機→風力→トロンメル選別(30mm)→不燃残さ
I	粗破碎機(粗大)→破碎機(衝撃剪断縦形)→磁選機→トロンメル選別機(25mm)→不燃残さ
J	破碎機(衝撃剪断横形)→磁選機→風力→トロンメル選別機 35mm→不燃残さ、60mm→フィーダー→不燃残さ
K	破碎機→磁選機→風力(→不燃残さ)→トロンメル選別機(20mm)→不燃残さ
L	手選別(破碎不適)→破碎機→風力→トロンメル選別機 23mm→不燃残さ、60mm→振動フィーダー→不燃残さ
M	破碎機→磁選機→トロンメル(20mm→不燃残さ)→振動スクリーン(20mm)→不燃残さ
N	手選別(破碎不適、危険等)→破碎機→風力選別→振動スクリーン→不燃残さ
O	縦高速回転式破碎機→磁選機→風力選別→トロンメル選別機(20mm)→不燃残さ
P	破袋機→手選別(破碎不適物)→細破碎機→磁選機→風力選別機(→不燃残さ)→トロンメル選別機(20mm)→不燃残さ
Q	破碎機(衝撃剪断横形)→磁選機→風力→トロンメル選別機 35mm →不燃残さ
R	破碎機(衝撃剪断横形)→磁選機→風力→トロンメル選別機 35mm→不燃残さ、60mm→フィーダー→不燃残さ
S	破碎機(縦形)→磁選機→トロンメル選別機(20mm)→不燃残さ
T	手選別(危険物等)→破碎機→磁選機→風力(→不燃残さ)→トロンメル選別機(30mm)→不燃残さ

3.4 不燃残渣の物理化学的質の調査

3.4.1 かさ密度・粒径分布・可燃分量の測定方法

各施設から採取した不燃残渣の処理フローを図3-1に示した。

かさ密度の測定はメスシリンダーに不燃残渣を数回に分けて入れながら、篩い振とう器の振動を利用して密に充填し測定した。次に、目開きの異なる4種類の篩を用いて、粒径毎に篩別した。不燃残渣の可燃分量は、5mm以上の粒径は組成調査における可燃成分重量から、5mm未満の粒径は熱灼減量(600℃)から求め、合算し、算出した。

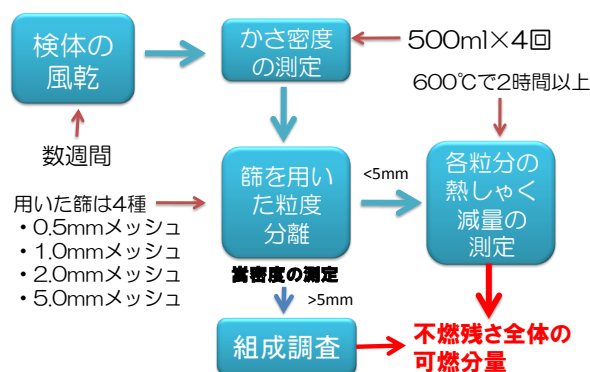


図 3-1 不燃残渣の処理フロー

3.4.2 不燃残渣中の金属溶出量及び金属含有量の分析方法

金属含有量及び金属溶出量の分析は、5mm未満の粒径を対象に実施した。各粒径毎の溶出は環境省告示13号、及び含有量試験は告示19号に従った。白金族を含むレアメタル類の含有量分析を行う場合、フッ化水素酸による酸分解やアルカリ溶融などの試験方法を行う必要があるが、本研究の場合、対象試料が最終処分される不燃残渣であり、埋立地への金属負荷を検討するため、環境省告示による試験方法を選択した。各試験液のろ過液は、JIS K0102に従い酸分解処理とメスアップを行い、分析用の検液とした。分析には誘導結合プラズマ発光分光分析計(ICP-AES: エスアイアイナノンテクノロジー(株)、SPS3100)、及び誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS: (株) パーキンエルマージャパン、ELAN6100DRC)を用いた。本研究で対象とした金属種は、環境省と経済産業省による「使用済み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」のとりまとめで提言されている小型家電からのリサイクル検討優先鉱種及び重要鉱種であるコバルト(Co)、タンタル(Ta)、タングステン(W)、ネオジウム(Nd)、バナジウム(V)、クロム(Cr)、ニッケル(Ni)、ニオブ(Nb)、モリブデン(Mo)、プラチナ(Pt)、パラジウム(Pd)、アンチモン(Sb)、バリウム(Ba)の13種に加え、主要元素や有害金属種であるカルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)、ナトリウム(Na)、カリウム(K)、アルミニウム(Al)、鉄(Fe)、ホウ素(B)、マンガン(Mn)、ヒ素(As)、セレン(Se)、カドミウム(Cd)、鉛(Pb)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)の14種を加えた27種である。しかし、上記したように本研究で採用した試験方法では白金族系をはじめいくつかの金属種は抽出されないため、Ta、V、Nb、Pt、Pdは分析対象から除外した。また、実際の分析においてもこれらの5元素は不検出であった。

3.4.3 不燃残渣の蛍光X線分析及び発熱量測定方法

不燃残渣を資源として使用するためには不燃残渣の成分を知る必要がある。そこで、蛍光X線分析簡易定量法を不燃残渣の分析に適用した。試料調製は、不燃残渣の一定量をウイレー型粉砕器で粗粉砕(一次粉砕)を行い、次に粉砕用ミルを用いて細粉砕(二次粉砕)を行った後、プレス機を用いて蛍光X線測定用検体を作成し、波長分散型蛍光X線分析装置((株)リガク、ZSX100)で簡易定量分析を行った。また、発熱量測定は細粉砕試料の一部を雁皮紙に採取し、熱研式自動ボンベ熱量計((株)島津製作所、CA-4AJ)を用いて測定した。一試料につき、三回の測定を行い平均値を示した。

3.5 結果と考察

3.5.1 粒径分布

各施設における粒径分布を図 3-2 に示した。粒径分布の特徴として、ほぼ全ての施設において、2mm 以上の粒径が約 50%程度存在していた。各施設の特徴としては、トロンメル選別機の日開きが 10mm である施設 B は検討した施設中で最も 5mm 以上の粒分が少なく、施設 I は他の施設と比べ著しく 0.5mm 以下の粒分が多い（要因は不明）ことがわかった。しかし、これら結果から、粒径分布パターンとトロンメル目開きやその他の機器仕様との明確な関係はなかった。

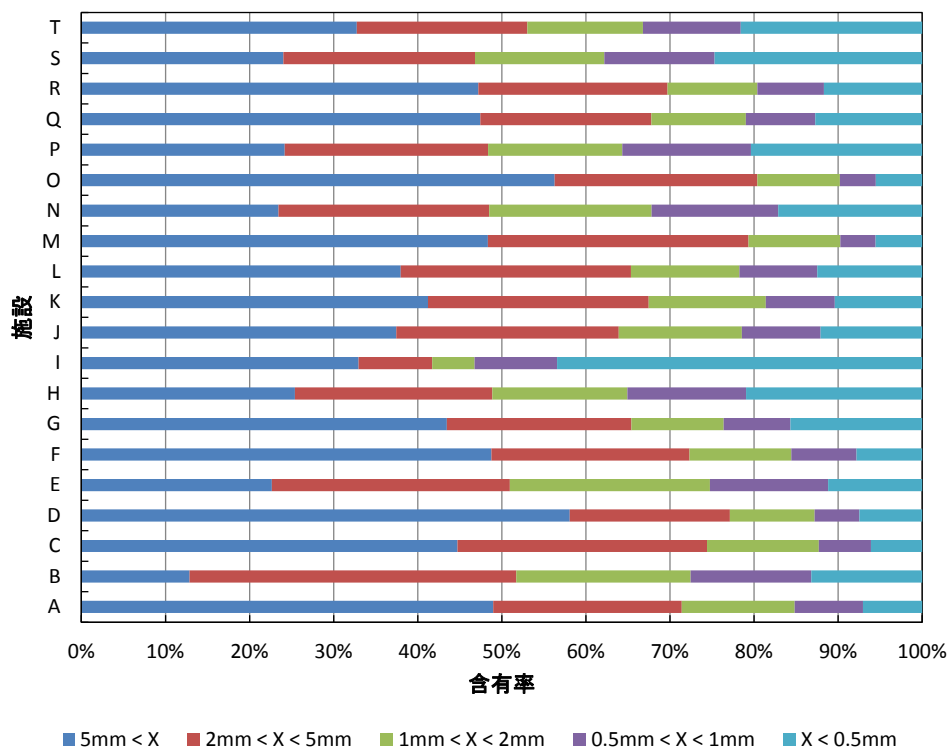


図 3-2 各施設の不燃残渣の粒径分布

3.5.2 かさ密度

図 3-3 に不燃残渣全体のかさ密度及び各粒径のかさ密度を示した。不燃残渣全体のかさ密度の平均値は 1.04 ± 0.27 である。最も低い施設 T は $0.58(\text{kg/L})$ 、最も高い施設は $1.45(\text{kg/L})$ である。最も低い施設の不燃残渣は見た目に木くずが多く、最も高い施設はガラス陶磁器くずが多いことが特徴として挙げられる。

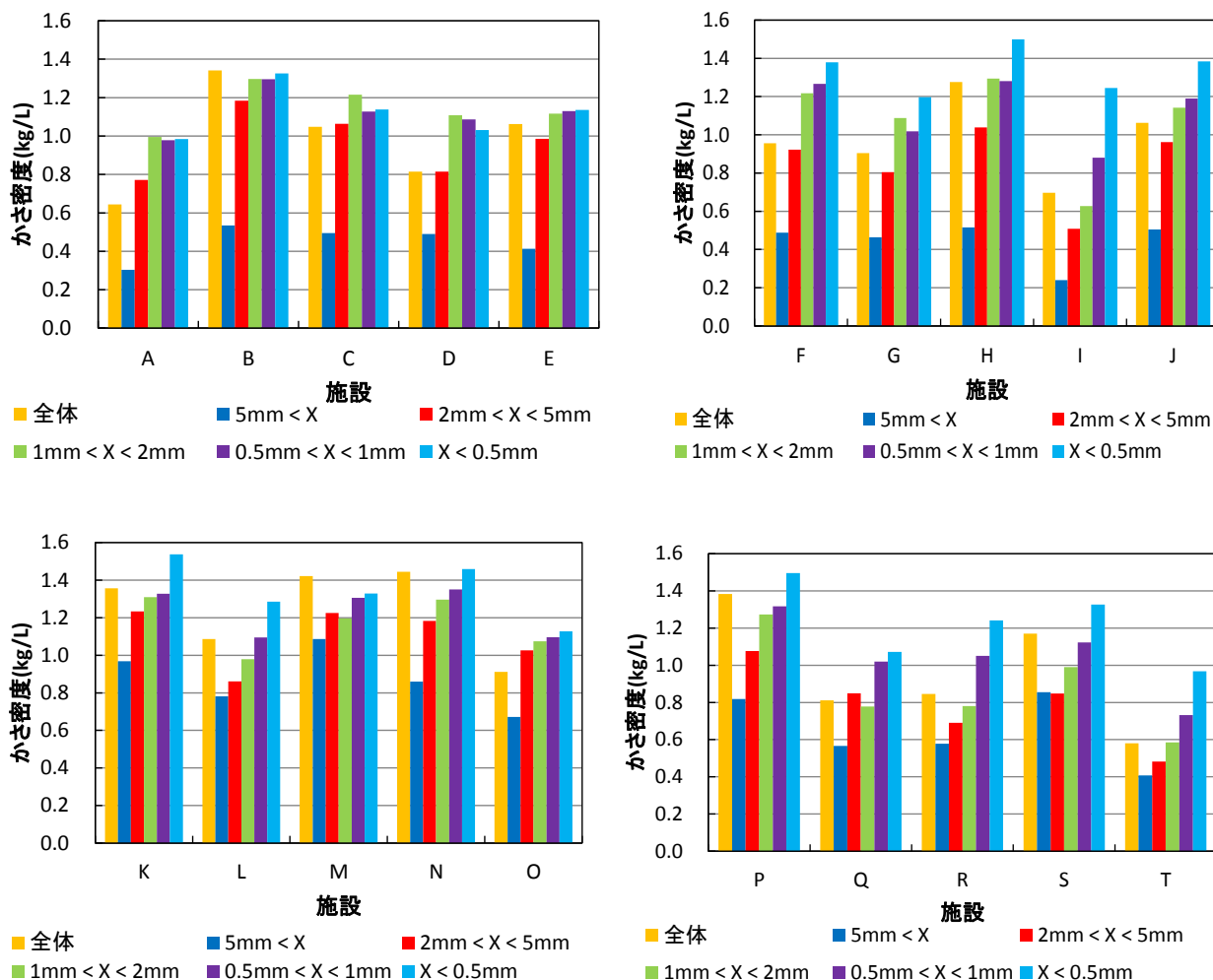


図 3-3 不燃残渣のかさ密度

各粒径のかさ密度は粒径が小さくなるに従い高くなる傾向がある。粒径 5mm 以上の粒分と 2mm～5mm の粒分のかさ密度を比較すると最大 2.5 倍（施設 A）の差があり、粒径 5mm 以上の粒分にはかなりの可燃分が含まれることが予想された。

図 3-4 にトロンメルを目開きと不燃残渣全体のかさ密度との関係を示した。図 3-4 から、目開きとかさ密度との間にはいくつかのグループ、負の相関（①B, C, F, I, A, T、②M, P, K, R, Q、③H, J, G）があるように見える。その要因について解析できなかったが、おそらくトロンメル選別機の回転速度や選別機内部での廃棄物の移動速度等が

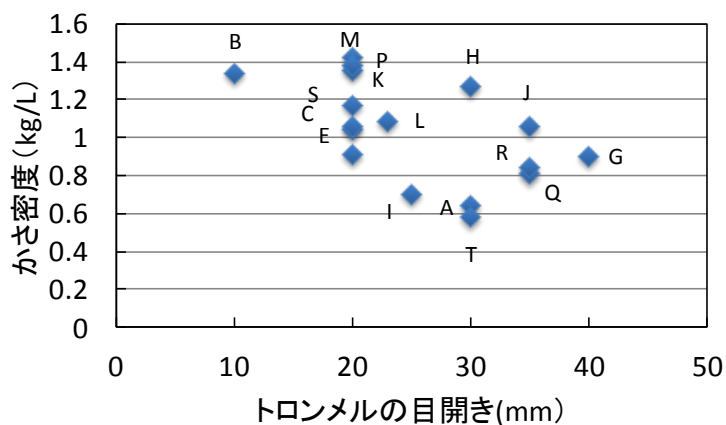


図 3-4 トロンメル目開きとかさ密度の関係

る。

3.5.3 粒径 5mm 以上の組成調査結果

図 3-5 に粒径 5mm 以上の粒分に対して実施した組成調査結果を各成分の含有率として示した。不燃残渣の組成は、プラスチック、紙繊維等、木くず、ガラス陶磁器、金属類に分類した。

不燃ごみとしてではなく、金属類（施設 D）及び金属・陶磁器（施設 S）として収集している施設の組成は、金属類の含有量が高く、磁力選別機の設定が適していない可能性が示唆された。

他の施設の金属類含有率は平均すると 6.8%であり、5mm 以上の粒分の約 1 割弱は金属類であることがわかった。金属としては、食器、針金、ねじ、銅線、タップ等の品種が多い。これらの金属類は、粒度選別機（トロンメル選別機や振動篩）で粒度調整を行った後、磁力選別機や渦電流選別機で回収することが可能である。

その他の特徴として、プラスチック類を可燃物として収集している施設 M のプラスチック含有量は低く（13.3%）、同様にプラスチック類を収集している施設 P（38.3%）ではプラスチック含有量が著しく低いわけではないため（対象施設の 5mm 以上粒径中のプラスチック類含有量の平均は 41.0%）、破碎選別機の性能が影響していることが示唆された。

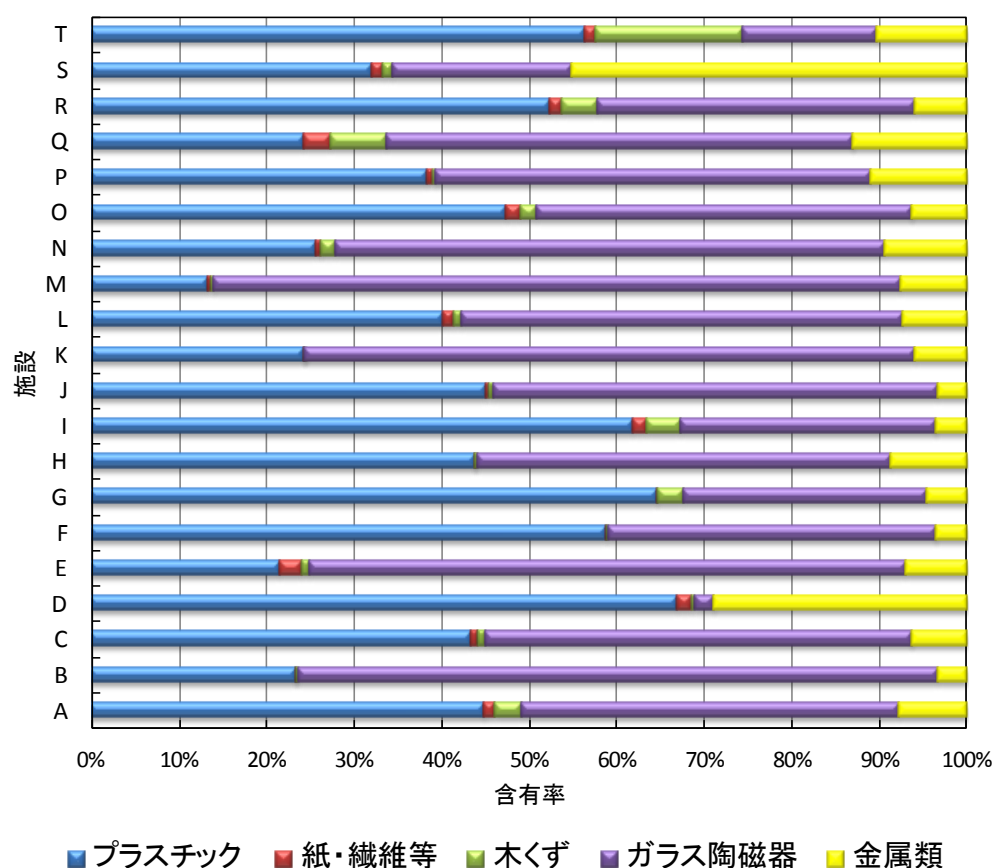


図 3-5 5mm 以上粒径の組成調査結果

3.5.4 可燃分含有率の調査結果

図 3-6 に各施設粒径毎の可燃分含有率を示した。

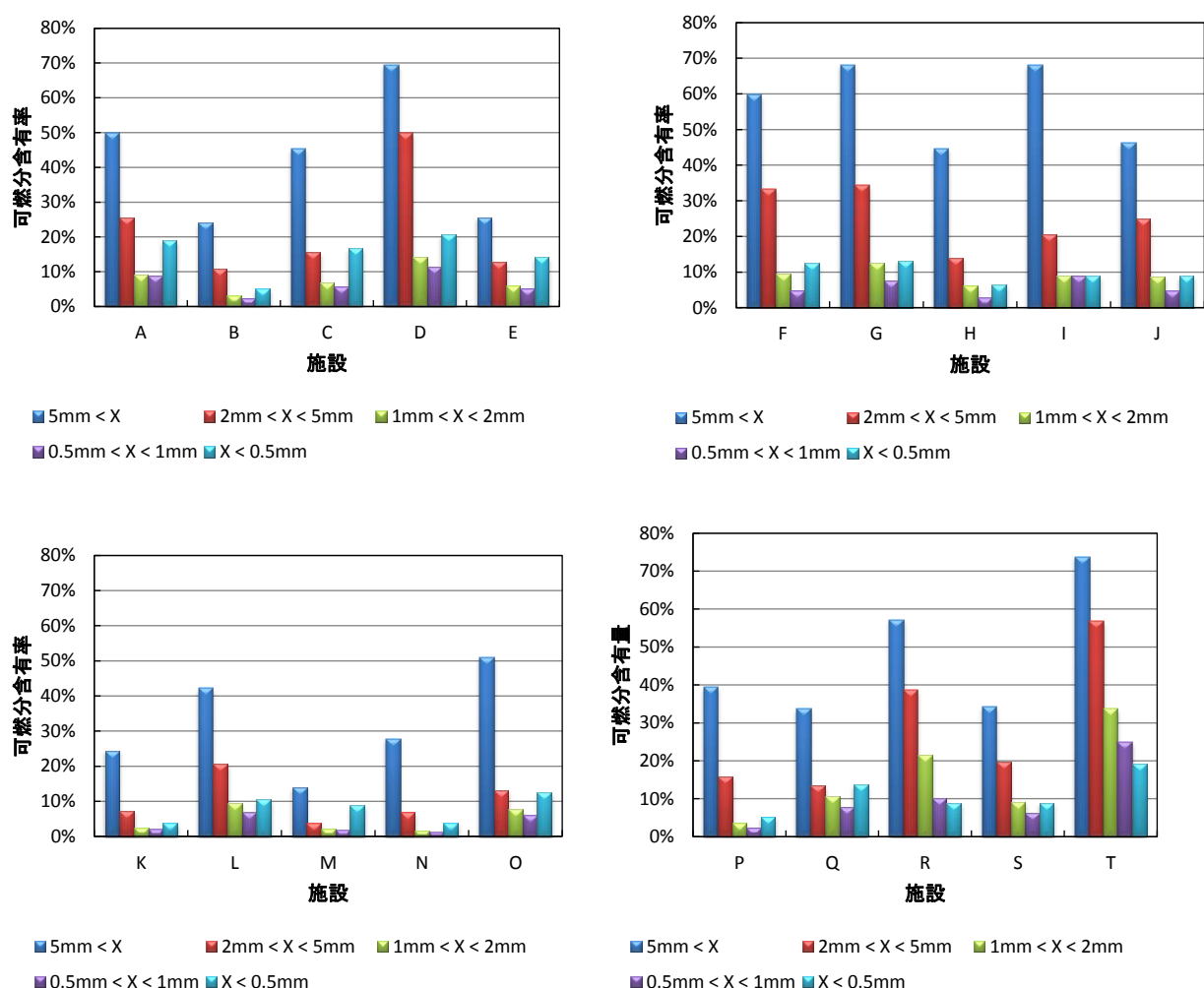


図 3-6 各粒径の可燃分含有量

各施設ともに 5mm 以上の粒径に可燃分が最も多く、市町村施設で行われている破碎によって、プラスチック類等可燃分はあまり細かくなることがわかった。一方、1mm 以下の粒分には可燃分が少なく、ガラス陶磁器くずが多いと考えられるため、何らかの選別処理をすることにより選別した場合、プラスチック類やガラス陶磁器の有効利用が進む可能性が示唆される。

その他の特徴として、施設 T は各粒径分とも、可燃分が多く含まれていた。この要因として、この施設では、1)搬入された不燃ごみを分別するスペースが非常に狭いため、鉄の塊やボーリングの玉等の破碎不適物以外を取り除かない、2)破碎機の入る建屋もあまり大きくないため、風力選別があまり機能していない、3)破碎機の特長としてプラスチック類が細かく破碎できる等が考えられる。

図 3-7 に各不燃残渣の可燃分含有率を示した。可燃分含有率は、粒径分布及び各粒径の可燃分含有率から算出した（粒径 5mm 以上の可燃分含有率はプラスチック類、紙・繊維等及び木くずの合計量を用いた）。

可燃分含有率が10%以下の施設はB、M、N、10%～20%の施設はE、H、K、P、S、20%～50%の施設はA、C、F、G、I、J、L、O、Q、R、Tでした。た。施設Dは50%を超えていた。“不燃残渣”という言葉からは、可燃分の含有量は非常に少ないと想像されるが、半数以上の施設では可燃分を20%以上含んでいることがわかったまた、不燃残渣可燃分含有量への各粒径の寄与をみると、施設B以外では5mm以上の粒径の寄与が最も大きいことがわかった。また、2mm以上の粒径も合わせるとその量は、ほとんどの施設で70%を超えていた。もし、2mm以上の粒径中の可燃分を分離することができれば、プラスチック類等可燃分のかさ密度は低いため、現在埋立処分されている不燃残渣の容積削減に寄与できる。

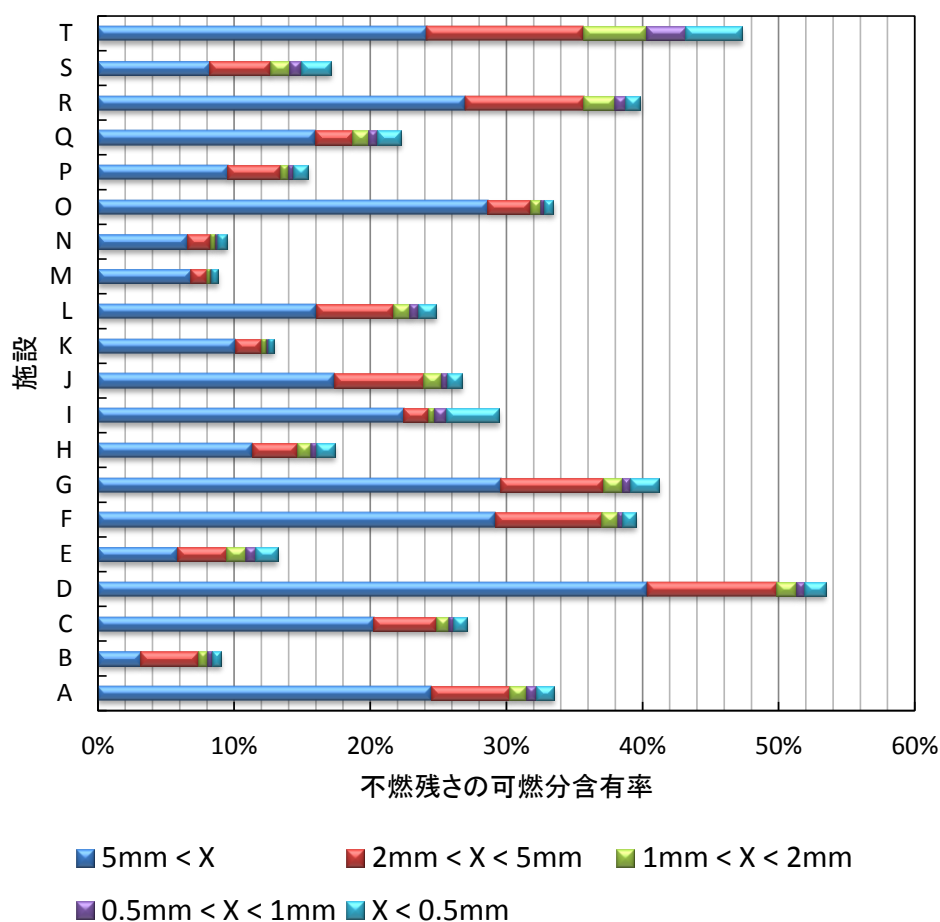


図 3-7 各不燃残渣の可燃分含有率

資源回収及び破碎選別機の維持管理を徹底していると感じた施設 B の可燃分含有率が最も低い値を示していた。また、施設 B のトロンメル選別機の日開き幅は最も狭い 10mm（幅が狭い他の施設 1/2）である。そこで、施設 B の可燃分含有率が低い要因について考察するために、処理対象人口と可燃分含有率の関係（図 3-8-1）、トロンメル選別機の日開き径と可燃分含有率の関係を（図 3-8-2）に示した。さらに、容器リサイクル法の適用プラスチック製品やリサイクルマークが付いたプラスチック以外のプラスチック製品を不燃ごみとして集めている施設（ごみの分類に明記されている施設；プラスチックのみで製造された製品でも、リサイクルマークが付いていないものは不燃ごみに分類）を緑色で示した。

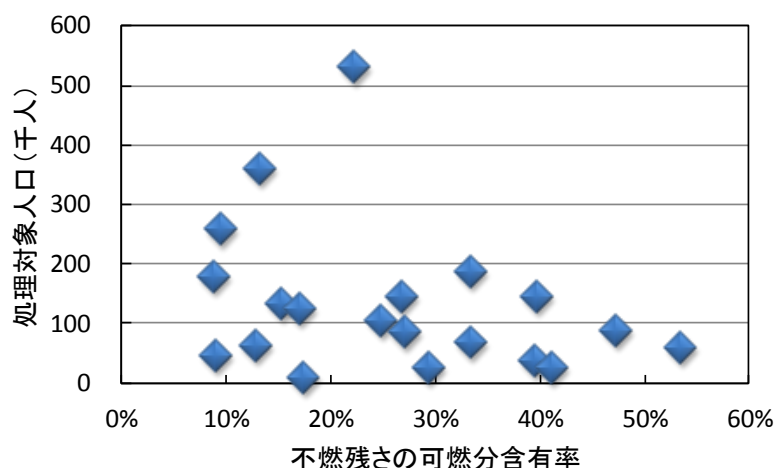


図 3-8-1 可燃分含有率と処理対象人口との関係

処理対象人口が多い市町村の場合、搬入頻度が高く、かつ搬入量が多いため、破碎選別機械投入前の手選別はほとんど不可能であると考えられる。また、搬入された不燃ごみを直接ピット内に落とすため、破碎不適物の除去に対しても、クレーンを用いてつかみ上げる程度であり、処理人口に比例して不燃残渣中の可燃分含有率も増加すると推測した。しかし、図 3-8-1 からわかるように、処理対象人口の多い施設はどちらかといえば可燃分含有率が低い傾向である。一方、処理対象人口が減少するに従い、

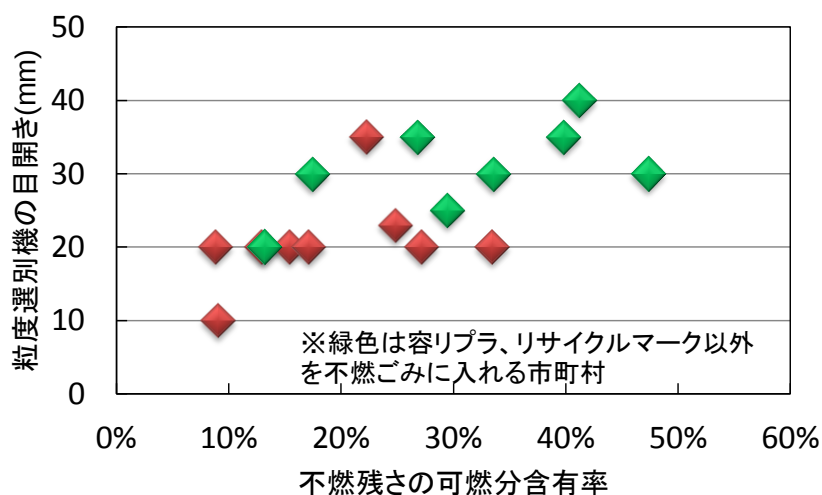


図 3-8-2 可燃分含有率とトロンメルの目開きとの関係

各施設間の可燃分含有率の差が広がっていた。これらの結果から、可燃分含有率は破碎選別前の手選別よりも、ごみの収集分類や破碎選別機の仕様に依存していることが考えられた。そこで、不燃残渣と可燃残渣の分離を行うトロンメル選別機の日開き径と可燃物含有率との関係について検討した(図 3-8-2)。

図 3-8-2 から、可燃分含有率とトロンメル日開き幅との間には、ある程度正の相関があるように見える。しかし、その相関には非常に幅があり、例えば、20mm の日開き径を最小している施設間においても、可燃分含有率は 10%~30%と非常に差がある。また、リサイクルマーク付き以外のプラスチック製品や容器プラ、PET 以外のプラスチック製品を不燃ごみとして分類している施設(緑色)は、例外もあるが、可燃分含有率が高い傾向を示した。

これらの結果から、不燃ごみの破碎選別処理により生じる不燃残渣中の可燃分含有量は、徹底的な手選別処理、プラスチック類の収集分類やトロンメル選別機の日開きにも依存しているが、これら以外の要因もあることがわかった。

3.5.5 粒径分布及び 5mm 以上の組成における経年変化

ごみの資源化を検討する場合、物理化学的な質の変動は検討する要素の一つになる。そこで、不燃残渣の物理化学的質の変動について検討した。

粒径分布(左図)及び 5mm 以上の組成調査結果(右図)を図 3-9 に示した。施設により採取回数は異なっている。アルファベットの次の表記は採取年度を示している。図からわかるように、粒径分布や 5mm 以上の組成は施設間に差がある。粒径分布は各粒径区分がほぼ均一な施設 B、E、N、P、S と 2mm 以上の粒分が多いその他の施設とに分けることができる。このように、採取年度が異なっても粒径分布の傾向は類似していることがわかった。

次に、組成を見てみるとプラスチック類が比較的多量に含まれる施設 C、D、G、O とガラス陶磁器くずが多い施設 B、E、K、M、N、P、金属の多い施設 S がある。また、このような傾向は採取年度が異なっても類似していることがわかった。

粒径分布と 5mm 以上の組成と間に明確な関係はなく、粒径分布は破碎機に依存し、組成は投入廃棄物の質によるものであることが示されている。

不燃残渣を資源として検討する場合、ほとんどの施設において粒径 5mm 以上の極端な組成変化は見られず、また、施設 P のように粒径分布に変化は見られても組成の変化は少ないので資源になりうる可能性があると考えられる。一方、施設 I と施設 W のように粒径 5mm 以上の組成に変化がみられる場合もあるため、一年を通して、質の変動を観察する必要がある。

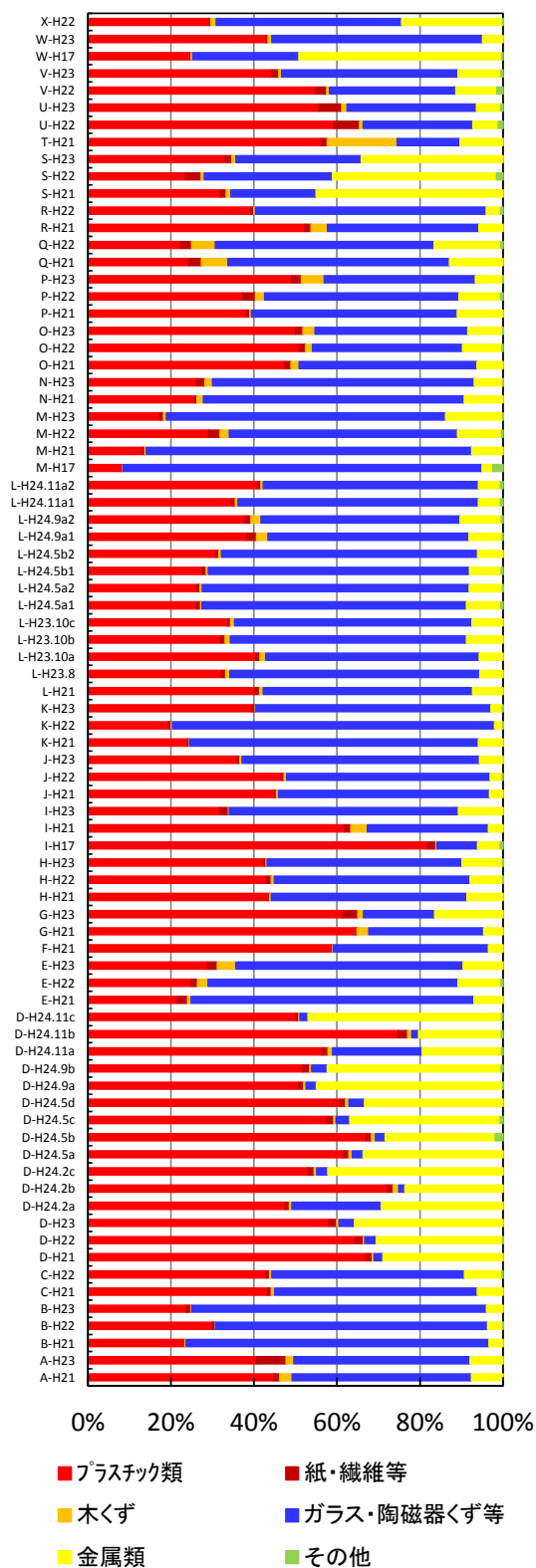
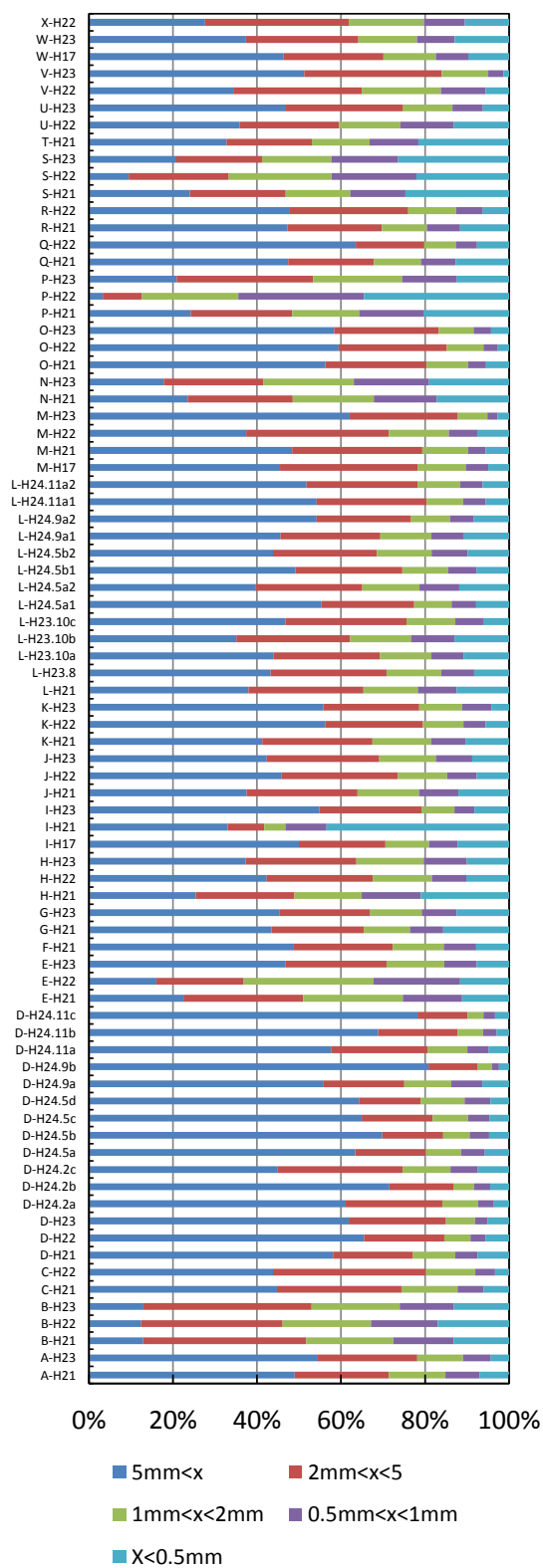


図 3-9 粒径分布（左）及び 5mm 以上の組成（右）

3.5.6 可燃分含有量の経年変化

図 3-10 に各施設から採取された不燃残渣の可燃分含有量の経年変化を示した。

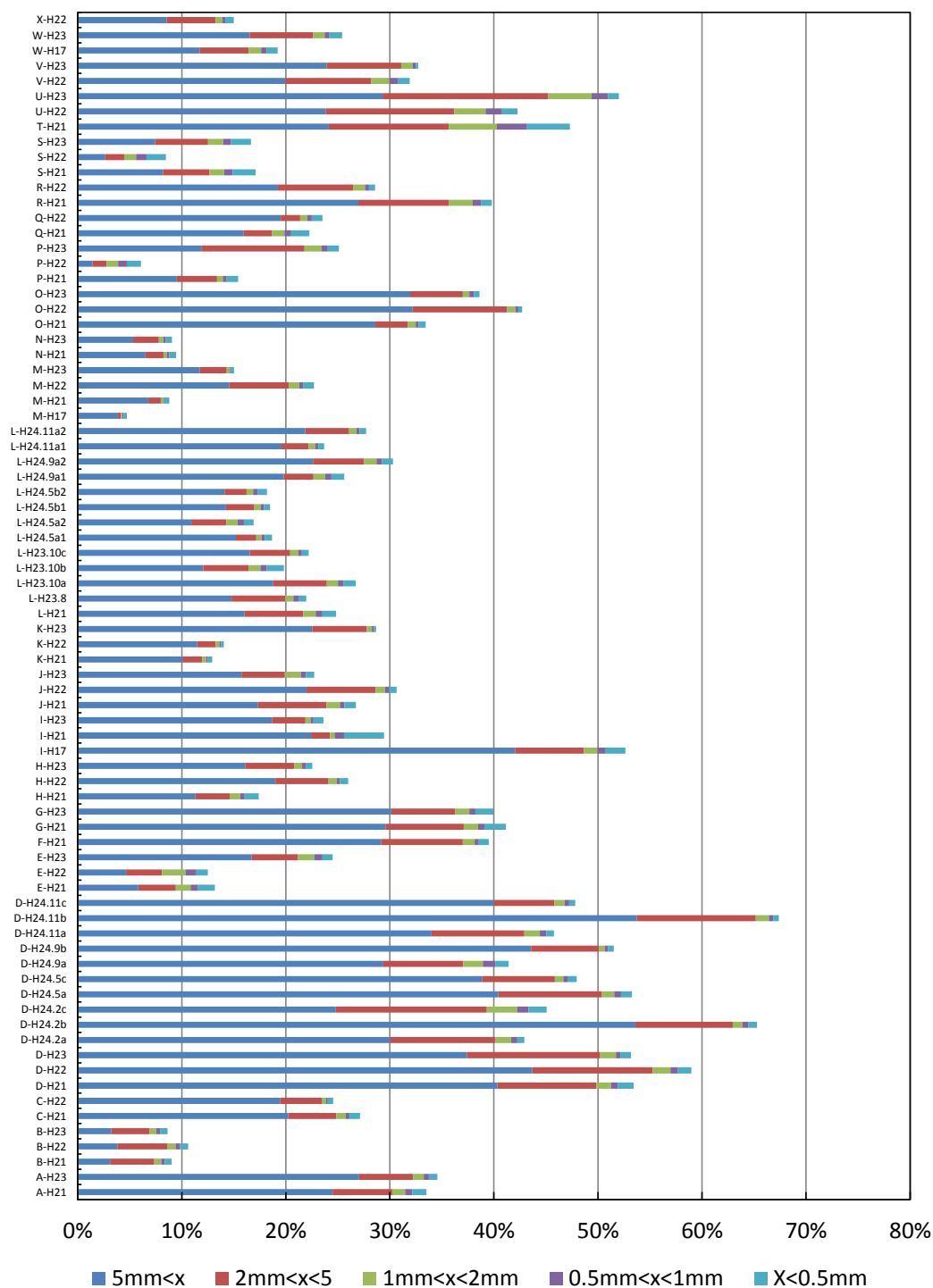


図 3-10 可燃分含有量の経年変化

施設毎に見ると、採取年月日により変動はあるが、採取日によらず可燃分含有量の多い施設 A、D、G、O、U、V と少ない施設 B、E、K、M、N、P、S があり、可燃分含有量の傾向は変わらないと見ることがでる。

3.5.7 金属含有量

各粒径区分の金属含有量試験結果を図 3-11-1 及び 3-11-2 に示した。検出された金属種のうち、各粒径分で含有されていた金属種について示した。また、アルカリ、アルカリ土類金属の粒径毎の含有量変化は図 3-12 に示した。

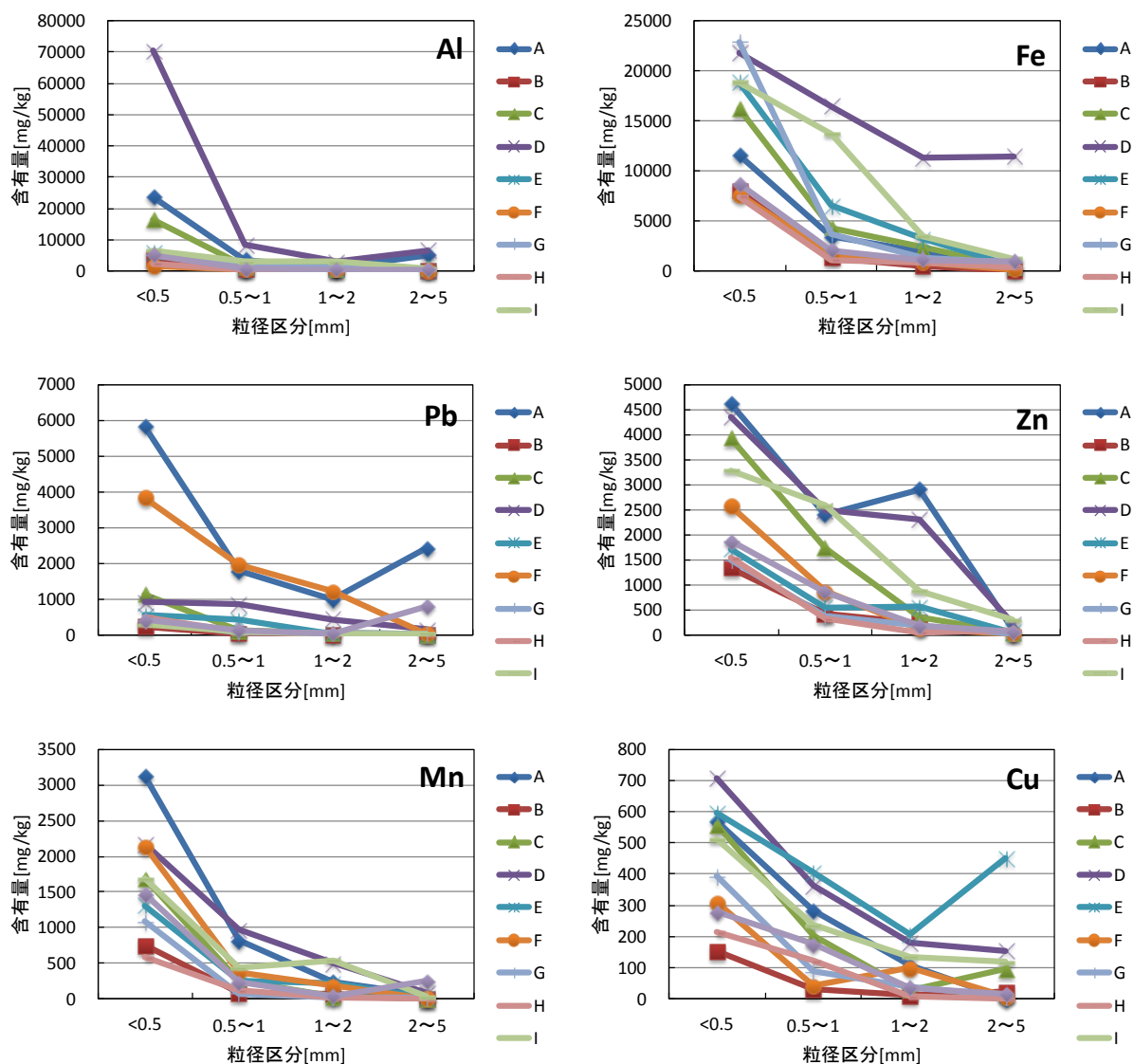


図 3-11-1 粒径毎の主要成分金属含有量

図 3-11-1 には、不燃残渣中の金属種含有量が高い Al、Fe、Pb、Zn、Mn 及び Cu の粒径区分別含有量を示した。例外もいくつかあるが、全ての金属種において、0.5mm 以下の粒径区分の濃度が著しく高く、粒径が大きくなるに従い、金属濃度が減少していることがわかった。

施設 A、C、D、E、F の金属濃度が比較的高い傾向がある。しかし、金属種により、高い金属濃度を示す施設は異なっていた。一方、手選別を徹底している施設 B の金属含有量はいずれの金属種においても低い傾向があり、手選別の効果としてとらえることができる。

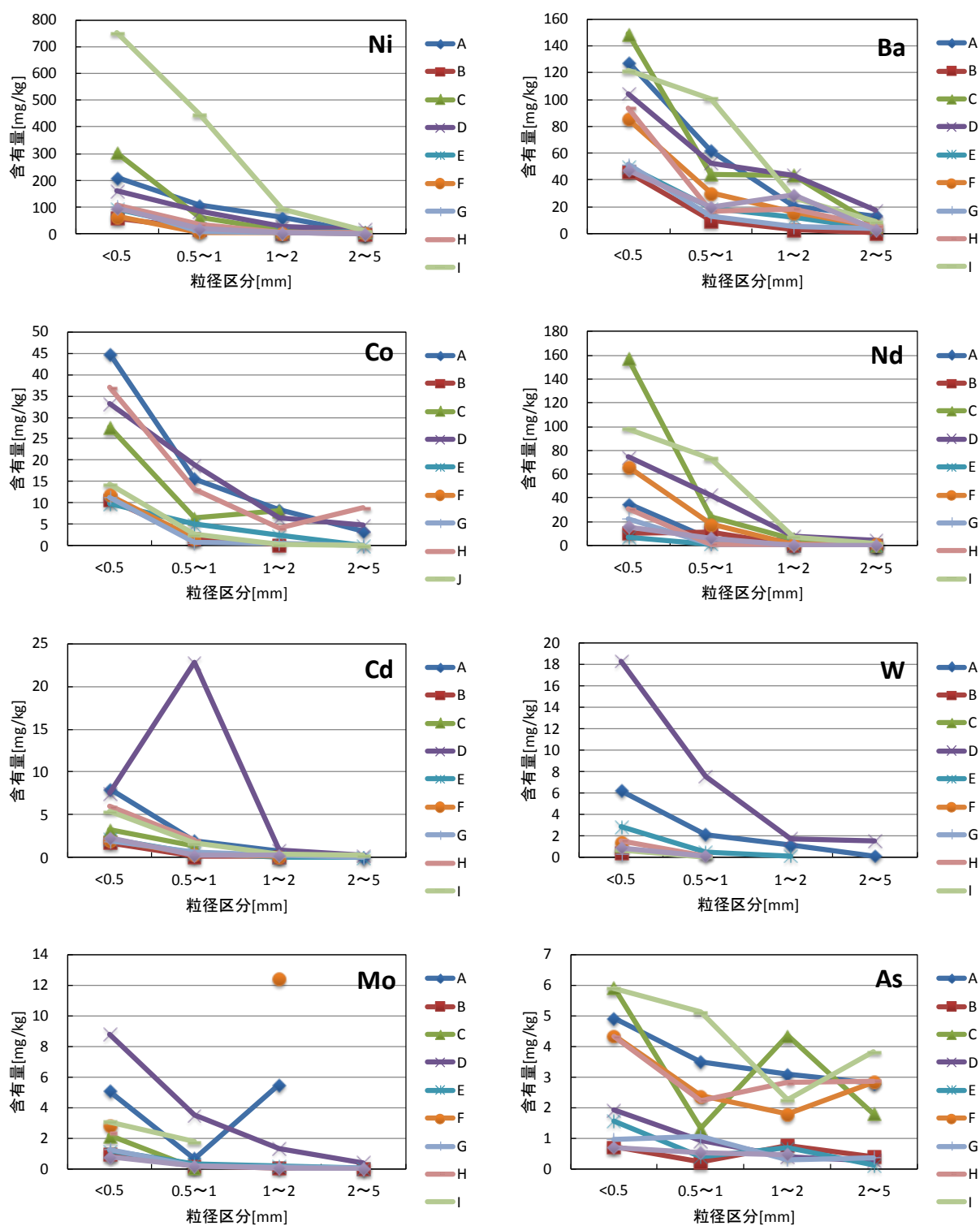


図 3-11-2 粒径毎の金属含有量

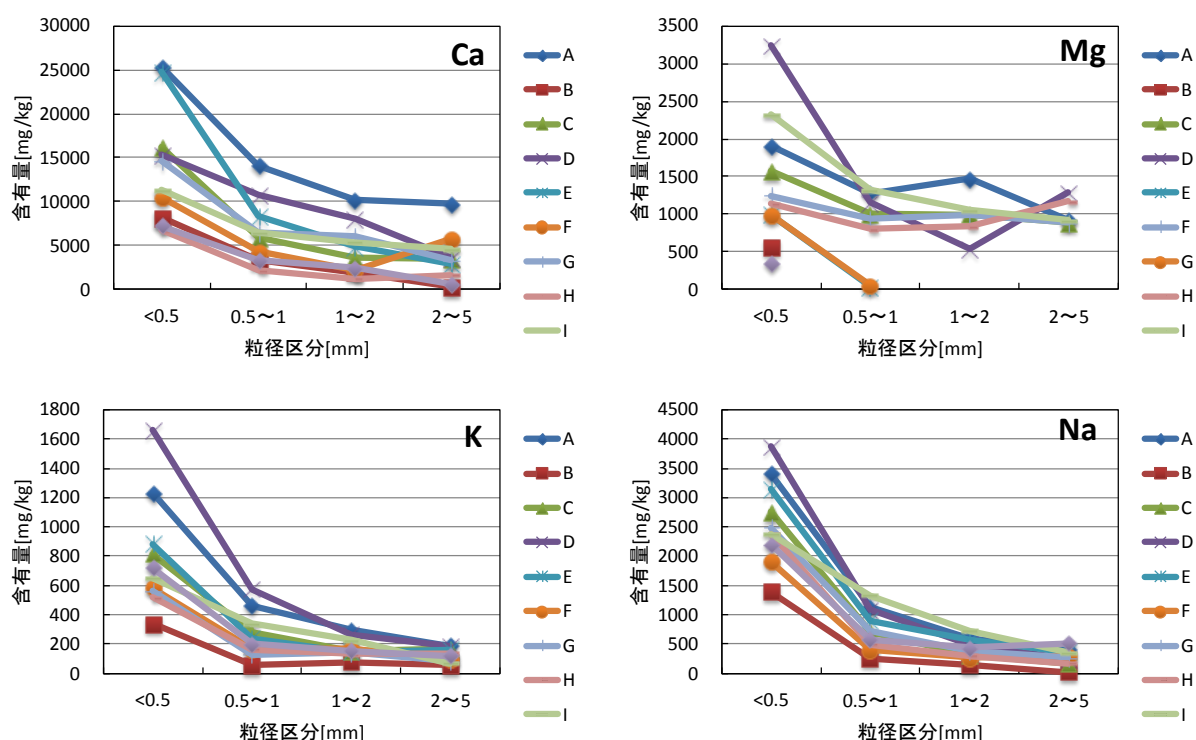


図 3-12 粒径毎のアルカリ、アルカリ土類金属含有量

ヒ素は含有量が少ないため、粒径区分間でのばらつきが顕著に見られた。不燃残渣を経口摂取する可能性は極めて低いものの、ヒ素含有量は食品衛生法で規定されている食品中の基準値（1.0mg/kg：As₂O₃換算）を超える値の施設もあることから、有害性の点では取扱いに留意すべきである。しかし、ほとんどの金属種において、0.5mm以下の粒径区分で濃度が高く、粒径が大きくなるに従い濃度が減少する傾向は変わらない。これは、含有量分析における前処理方法として、環境省告示19号で行ったため、絶対含有量ではなく、条件付き溶出量であるため、細かい粒径の表面積は大きく、結果的に溶出しやすかったことが考えられるまた、粒径が大きくなるに従い、一片の影響が大きく、かつ、均一に採取することが難しくなることも影響していると考えられる。

施設毎の金属濃度を比べてみると、施設Bはどの金属種においても低い濃度レベルを示している。一方、施設A、C、Dは比較的どの金属においても他と比べ濃度が高く、施設HはCo、As、施設FはMn、As、Pbの含有量が比較的高い濃度である。施設Dが全ての元素において比較的濃度が高いことの要因として、施設Dは不燃ごみとして収集せず、金属ごみとして収集し、かつ、ガラス陶磁器くずを別に収集しているため、比重の大きなガラス陶磁器くずによって低減効果がないことも金属濃度が高い要因であると考えられる。

これら特色のある元素に着目しながら、各施設で破碎選別処理物を観察するとその要因を見つけられる可能性があると考えられる。

3.5.8 金属含有量の評価

全金属種及び全施設における微小粒径側で金属含有量が高いことから、各施設の 0.5mm 以下の粒径区分における金属種含有量、使用済み小型家電からのレア金属の回収及び適正処理に関する研究会がとりまとめた小型家電類中の金属含有量¹⁾及び地殻濃度²⁾を表 3-3 に示した。

表 3-3 粒径 0.5mm 以下の粒分中に含まれる金属濃度

	施設名										小型家電含有量* 最小値～最大値	地殻 濃度
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
Ca	25,360	8,220	16,190	15,390	24,720	10,530	14,670	6,710	11,380	7,280		41,000
Mg	1,910	570	1,580	3,240	1,000	1,250	990	1,130	2,319	350		23,000
K	1,230	340	820	1,660	880	580	560	520	654	720		21,000
Na	3,410	1,400	2,760	3,870	3,140	1,900	2,480	2,380	2,384	2,200		23,000
Al	23,720	3,980	16,520	70,390	5,650	1,540	5,210	2,410	6,650	5,080	3,900～313,000	82,000
Fe	11,530	7,980	16,220	21,830	18,820	7,580	22,850	7,410	18,822	8,650	7400～254,00	41,000
B	130	210	170	570	160	<0.05	130	110	58	180	7.0～2,200	10
Cr	46	29	140	32	26	45	50	47	182	30	180～45,500	100
Mn	3,130	760	1,690	2,180	1,320	2,140	1,100	590	1,694	1,470	56～4,300	950
Co	45	11	28	33	10	12	11	17	37	14	3.0～500	20
As	4.92	0.72	5.93	1.92	1.56	4.36	0.97	4.32	5.91	0.70	1.0～160	1.8
Se	0.52	0.27	1.32	1.23	0.40	0.26	0.29	0.04	1.14	0.33	6.0～22	0.05
Mo	5.06	0.92	2.16	8.79	1.18	2.84	1.26	2.35	3.05	0.76	2.0～1,600	1.5
Cd	7.98	1.76	3.24	7.51	2.18	2.02	1.90	6.04	5.42	2.32	0.4～32	0.11
Pb	5,830	230	1,140	920	560	3,840	390	490	275	410	350～9,100	14
Ni	210	60	300	160	94	67	100	110	753	97	630～39,600	75
Cu	570	150	560	710	600	310	400	220	513	280	13,400～130,000	55
Zn	4,620	1,340	3,940	4,370	1,720	2,570	1,490	1,540	3,292	1,870	230～75,500	70
Sb	7.64	2.26	3.02	10	4.20	10	3.02	5.39	3.49	1.94	66～2,300	0.2
Ba	130	46	150	100	50	85	50	94	122	47	130～4,700	500
Nd	35	10	160	74	7.31	66	23	31	98	15	2.0～1,400	38
W	6.19	0.39	1.09	18	2.83	1.38	0.35	1.53	0.72	0.84	3.0～2,500	1

※出典：使用済み小型家電からのレア金属の回収及び適正処理に関する研究会が行った小型家電の含有量データ

[mg/kg]

0.5mm 以下の粒径区分に含まれる金属含有量は小型家電類の含有量や地殻濃度と同等の濃度レベルであり、不燃残渣中に約一割含まれる 0.5mm 以下の粒分を効率的に回収できるならばレア金属、ベース金属といった有用金属資源としてのポテンシャルを有していると考えられる。

このように、既に埋め立てられた不燃残渣や今後埋立られる不燃残渣は、細粒分を金属資源、粗粒分を熱資源に利用できるため、最終処分場を”Final disposal”ではなく”Resource stock”の場として捉え、今後埋立処分を行う場合は、埋立位置の詳細な記録や、選択的な埋め立てを行うといった技術の導入が重要であると考えられます。

現在、レア金属類を取り出す技術は確立されているものの、回収率や経済性を考慮すると導入は難しいと考えられる。施設 B のように手選別の徹底など上流側での選別技術の導入が、レア金属類を含む小型家電類回収効率の点からも、最終処分場での溶出負荷低減の点からも重要である。

3.5.9 蛍光 X 線簡易定量法による主成分含有量

不燃残渣に最も多く含まれている元素は炭素 (CO₂ 換算で平均 47%)、次に多い元素はケイ素 (SiO₂ 換算で平均 31%) である。その他、測定した全ての不燃残渣 (13 検体) に含まれている元素は、アルミニウム、ナトリウム、カルシウム、鉄、カリウム、マグネシウム、塩素、硫黄、チタン、亜鉛、鉛、マンガン、銅、リン、バリウム、ジルコニウム、ストロンチウム、臭素、ニッケルである。

これらの元素の中で炭素及びケイ素を除く比較的含有量の高い元素について図 3-13 に示した。ホウ素は、全てに含有しているわけではないが、含有濃度が比較的高いため、加えた。

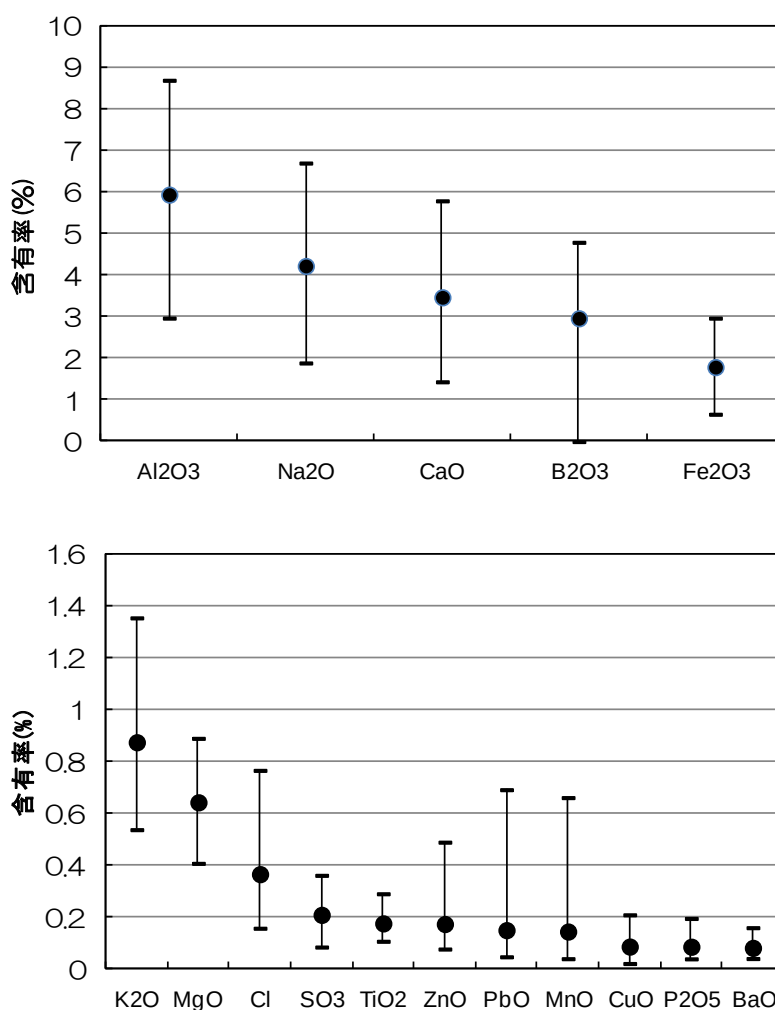


図 3-13 蛍光 X 線による含有量分析結果

蛍光 X 線分析の結果から、不燃残渣中の主成分は亜鉛や鉛を除き、そのほとんどが地殻中の主要成分（クラーク数が高い元素）であるため、亜鉛や鉛等の重金属及びプラスチック類等炭素分（含有量が非常に高い）を除くことにより、土木資材としての利用可能性を検討することができる。

亜鉛や鉛等の重金属はメッキ製品、合金、電子部品等で使用されているため、金属類の手選別前処理によって、ある程度、含有率を抑制することが可能であると考えられる。

3.5.10 高位発熱量

不燃残渣は上記したように施設によって可燃分が多く含まれているため、埋立量の削減を考慮すると焼却処理も考えられる。そこで、不燃残渣の高位発熱量の測定を実施した。ここでの高位発熱量は不燃残渣の一定量を採取、かさ密度を測定した後、全て粉砕し、測定試料として用いていた。同一試料でも粉砕が十分ではないため誤差が 30%程度ある試料もある。各不燃残渣の高位発熱量及び粉砕前に測定したかさ密度、粉砕試料を 1000℃で 2 時間以上強熱後測定した強熱減量の関係を図 3-14 に示した。

不燃残渣の発熱量は 2~24MJ/kg (平均: 10 ± 6 MJ/kg, $n=34$) であった。図 3-3-1、-2 に示したように、2mm 以上粒径分のかさ密度はほとんどの場合 1.0g/L 以下であり、ある程度高い発熱量を有していると考えられるため、2mm 以上粒径分を分けることができれば、再生燃料資源となる可能性がある。また、発熱量が高い残渣、すなわちかさ密度の低い不燃残渣については、発熱量及び強熱減量を考慮すると埋立量削減の観点からは、焼却処理も処理方法の一つの選択肢であると考えられる。

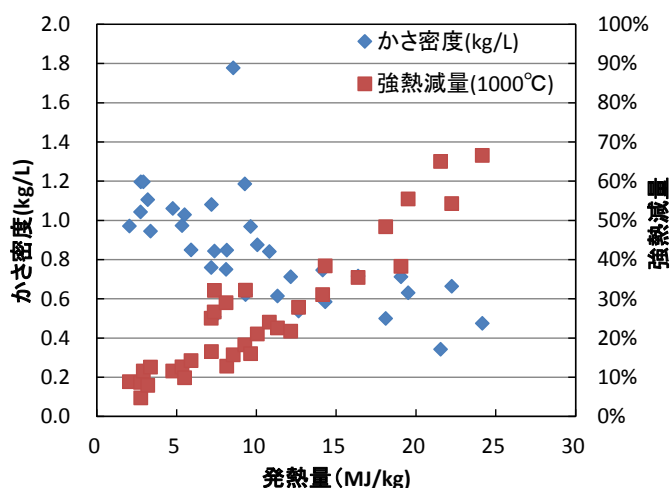


図 3-21 不燃残渣の発熱量とかさ密度、強熱減量との関係

3.6 まとめ

不燃残渣の物理化学特性について検討した。粒径毎に篩別したところ、不燃残渣の 70%程度は 2mm 以上の粒径であり、かつ、それらの粒径分には可燃分が多く含まれていることがわかった。また、不燃残渣は不燃ごみ処理に由来する不燃物という分類ではあるが、可燃分含有量の高い不燃物は約 50%含んでいた。一方、可燃分含有率が 10%以下の施設もあるため、その要因について検討したが、収集品目、手選別前処理の状況、収集人口や粒径選別機の仕様からは全てを説明することはできなかった。

金属溶出量及び含有量分析結果から、重金属や塩類などは 0.5mm 以下の粒径分に濃縮されているため、これらの粒径分を除くことができれば、埋立地負荷減少、金属資源として有用である。

不燃残渣の資源化を考慮し、物理化学的な質の経年変化について調査した。その結果、粒径分布、可燃分含有量、主成分含有量等の傾向は変わらないことがわかった。

これらの結果から、不燃残渣を 2mm 以下の粒径分、主成分であるプラスチック類及びガラス陶磁器に簡易に分けることが可能ならば、埋立量の削減及び資源化を促進できる可能性があると考えられる。

参考文献

- 1) 使用済み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、参考資料 3、環境省・経済産業省、2011、http://www.env.go.jp/recycle/recycling/raremetals/conf_ruca.html
- 2) 桜井弘 (編)、元素 111 の新知識、講談社、1997 年

4. 不燃ごみ中からの廃家電製品の抜き取り調査

現在、多くの自治体では調理道具や金属製品等のある程度大きな金属類の回収や中古家電のリユース、廃家電類のコードの回収等を実施し、不燃ごみのリサイクルの推進が図られている。それら以外で、不燃ごみリサイクルの推進に有望な廃棄物として廃家電製品が挙げられる。現在、埼玉県内では、廃家電製品からの資源回収システムの設計に関するプロジェクト¹⁾の効果もあり、かなりの自治体が廃家電製品の回収を始めている。また、東松山市にある民間工場では（平成23年10月時）、家電リサイクル法適用外かつ、本体中にモーター等の銅線を多く含んでいる“掃除機”、“炊飯器”、“扇風機”、“電子レンジ”に限り自治体から集め、身障者を雇用して分解・分別を行い、ほぼ100%に近いリサイクルを推進していた企業もある（現在は、経済性の面から一般廃棄物のリサイクルに関しては撤退し、産廃（事業系廃家電）のリサイクルに変更している）。

そこで、本研究においても不燃ごみ中の廃家電製品に着目した。本研究では、不燃ごみ中に混入する廃家電製品（電気を動力として使用している製品及び関連部品全て）を対象として抜き取り、種類別重量、見かけ容積（保管容積）、抜き取り労力、作業面積等について調査を実施した。また、廃家電製品の抜き取りを行いながら対象以外の不燃ごみの観察を行い、今後の不燃ごみ処理についての課題についても検討を行った。

調査は平成23年9月中旬から10月中旬にかけ、久喜宮代衛生組合の協力、支援の下、久喜宮代清掃センターにおいて実施した。

4.1 研究方法

4.1.1 不燃ごみの収集地区、調査対象搬入量及び初期作業条件

久喜宮代清掃センターが回収する不燃ごみの収集品目は、金属製品、ガラス・陶磁器、飲食用以外のビン缶、廃家電製品や金属の部品が取れないもの（バック、おもちゃ等含む）であり、各地区月1回の収集が行われている。久喜宮代清掃センターでは、収集地域を久喜地区Aブロック、久喜地区Bブロック、久喜地区C、久喜地区D、宮代町Eブロック、宮代町Fブロックの6つにブロックを分けている。本調査は、久喜地区Aブロック及び久喜地区Bブロック（人口34,299人：22%、世帯数13,963：23%、図4-1）から収集した不燃ごみ約32トン（ゴミ収集車両25台分）を対象に実施した。

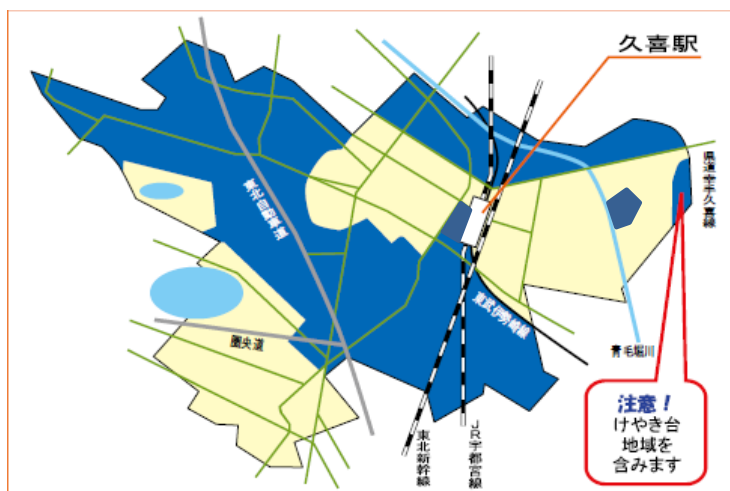


図4-1 久喜地区A、Bブロックの位置（青色）

これらの地区の特徴として、都市部から農村部まで様々な住居形態を含んでいる。

収集した不燃ごみは、久喜宮代清掃センター敷地内の建屋内に集めた。

作業建屋内の初期作業配置見取り図を図 4-2 に示した。敷地面積は 112m^2 、集積廃棄物の見かけ容量は約 170m^3 である。調査前の集積廃棄物の状況を図 4-3 に示した。

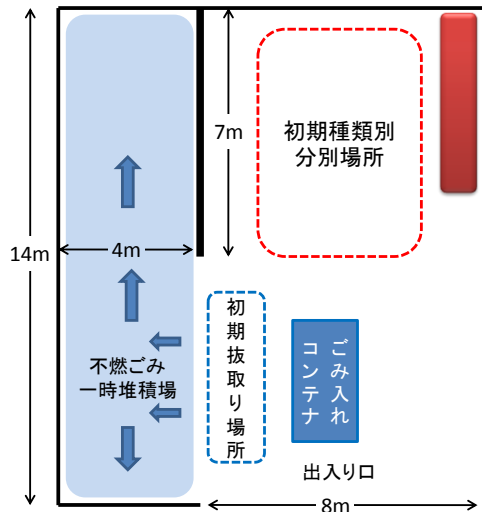


図 4-2 作業建屋見取り図



図 4-3 調査開始前の集積廃棄物

搬入された廃棄物をホイールローダーで奥の方から山積みにしたため、多くの廃家電製品は積上げ時に圧縮破壊された。初期の選別場所は約 6m^2 、初期の廃家電製品種類別分別場所は約 42m^2 である。

選別はまず図中青点線で囲った位置から開始した。壁まで達したら次に手前のごみを選別し、徐々に奥に向かった。

4.1.2 廃家電製品の抜取り分別方法

図 4-3 からわかるように、家庭からの排出時にはビニール袋が多く使用されている。そこで、可能な限り廃家電製品を抜き取るために、次の手順で抜き取り調査を実施した：

- 1) 対象外の大物の除去
- 2) 大物廃家電製品の抜取り（扇風機、電子レンジ、炊飯器等）
- 3) ビニール袋の破袋除去
- 4) 小物廃家電製品の抜き取り（図 4-4 の写真、コード類や小型の廃家電製品は別に集めた）
- 5) 種類別に分別；廃家電製品の種類分別には小型バック（図 4-4 の緑色の袋：ドライヤー、ゲーム機等小型の廃家電製品）またはフレコン（図 4-5：扇風機、炊飯器等比較的大きな廃家電製品）を使用した。

これらの作業を繰り返し実施することによって、細かい小物廃家電製品（イヤホン、ボタン電池、乾電池、体温計、メモリーレコーダー等）についても極力抜き取りを行った。

不燃ごみから抜き取りした廃家電製品は、品目ごとに分別して、個数、重量及び見かけ容量の測定を行った。また、廃家電製品以外のごみは、アームロールコンテナに積み込み、台貫で重量測定を行った後、通常の処理ラインに投入した。



図 4-4 回収した廃家電製品



図 4-5 フレコン

4.1.3 不燃ごみ組成調査

廃家電製品の抜き取り調査期間中、1日を不燃ごみの組成調査に充てた。その際、重機で崩した集積ごみの一山を調査対象不燃ごみとした。その重量は522kgであった（組成分類したごみ重量を加算）。

組成調査分類は、金属、布・草類、プラスチック、木くず・紙くず、ビニール、廃家電製品、大物ごみ（三輪車、スーツケース、子供用大型遊具）、残渣であり、分類毎に図4-6に示した便利バックに分別した。分別後、重量及び見かけ容積の計量を行った。見かけ容積は便利バックを用いたため、金属、廃家電製品、大物ごみは空隙がかなり存在していた。



図 4-6 便利バックに分別された廃家電製品

4.1.4 抜き取り廃家電製品の破砕試験

抜き取りした廃家電製品の破砕試験を実施した。破砕選別は通常業務の不燃ごみの破砕選別ラインを用いた。前処理は、通常業務と同様に、廃家電製品のコード類の切断、除去・回収及び電池類の回収を行った（廃家電製品では外部に出たコード類の切断はほぼ完全に実施しているが、機器内部の配線は除去していない。また、乾電池は既に外れているもの及び外しやすいものを対象に作業を行い、完全に取り外すことはしなかった）。破砕選別処理後、選別物である可燃残渣、不燃残渣、鉄類、アルミ類の重量を測定するとともに、可燃残渣及び不燃残渣については、一部を持ち帰り、実験室で組成調査を行った。

4.2 結果と考察

4.2.1 廃家電製品抜き取り調査概況

廃家電製品抜き取り調査は、9月中旬から10月中旬までの間、19日間、1～5人で実施した。廃家電製品の抜き取り作業には14日間、延べ37人、延べ作業時間3018時間（1日6時間労働）を要した。抜き取り作業に長時間を要した要因は、コンテナの搬入搬出及び集積廃棄物を大規模に崩す作業以外は全て手作業で行ったためである。ピックアップ回収を行う場合も適切な作業環境、例えば選別ラインの設置

等を行えば、効率の高い抜き取り作業ができると考えられる。廃家電製品の種別分離に要した日数は15日間、延べ26名、延べ作業時間は2340時間であった。

4.2.2 不燃ごみからの廃家電製品抜き取り調査結果

不燃ごみから抜き取りされた廃家電製品の総重量は、6,008kgであり、不燃ごみ搬入重量の19%を占めていた。また、廃家電製品以外の不燃ごみの重量は、26,160kg(81%)であった。

久喜地区Aブロック及びBブロックにおいて、月間の廃家電製品排出原単位を算出すると、175g/人・月(430g/世帯・月；年換算すると2.1kg/人・年となる)となる。抜き取りされた廃家電製品の見かけ容量は32m³、かさ密度は188kg/m³と非常に小さい。これは、同一種を可能な限り同じバックに充てんしたため、空間が多く生じたこと、及び、集積した不燃ごみをホイールローダーで崩しながら作業を行ったため、かなりの家電が破損・変形したため空間が生じ、密に詰めることができなかったことに起因していると考えられる。

本調査結果で得られた見かけ容積から、もし、これらの廃家電製品を市町村の資源化施設で抜き取りする場合、多く見積もると4トン車用アームロールコンテナ(8m³)4台が一時保管のために必要となる。今回抜き取りされた廃家電製品の中には、PCマウス、ラジオ放送受信機、リモコン、使い捨てカメラ、電卓等小物も多く、これらは他の大物廃家電製品の隙間に入ると考えられる。そこで、これら小物廃家電製品の見かけ容量を結果から算出すると、それら小型廃家電製品全てを合わせても2.5m³であり、全体の見かけ容積は29.5m³なので、一時保管コンテナ必要量(8m³×4台)は同じである。抜き取り分別調査終了後の一時保管状況を図4-7及び図4-8に示した。今回の調査では、バックを用いて分別したため、積み上げ高さが限られるため、一時保管に必要な面積は約47m²であった。



図 4-7 分別後一時保管状況（約 12m²）



図 4-8 分別後一時保管状況（約 35m²）

4.2.3 抜き取りした廃家電製品の詳細

これら廃家電製品の品目ごとの重量及び容積の結果を表4-1（多量な廃家電製品）及び表4-2（少量な廃家電製品）に示した。廃家電製品のうち、最も多く排出されたものは、扇風機で、重量427kg（廃家電製品のうち7.1%）、容量3.3m³、台数113台である。その他に多く排出されている品目として暖房器具(446kg, 3.7m³)、照明器具(273kg, 1.3m³)、DVD・ビデオデッキ(277kg, 1.2m³)、オーブントースター類(223.9kg, 1.8m³)が多くあった。扇風機が多く排出された要因としては、古い扇風機の廃棄が多いので、東日本大震災影響による今夏の電力不足を見越し、節電対策として省エネルギー型の扇風機への買い換えをおこ

なったためと考えられる。また、照明器具においても、廃棄された照明器具類はつりさげ型が多く、地震対策及び省エネ型に買い換えたため、廃棄されたと考えられる。

一方、少量の廃家電製品についてみると、携帯電話は105台（10.74kg、17,100cm³）、PHS1台、デスクトップパソコン1台（6.1kg）、ノートパソコン2台（3.86kg）があった。携帯電話の105台は、その特性（普及率、保有数量、買い替え状況）²⁾を考慮すると少ない数ではない。

地区の世帯数：13,963世帯、携帯電話の普及率：92.2%、保有数：2.27台、平均使用年数：3.6年から、同地区の携帯電話買い替え台数を見積もると1ヶ月あたり、682台であり、約15%が不燃ごみとして廃棄されたことになる。携帯電話は販売店による回収の取り組みがなされているが、このような状況であるため、市町村廃棄物処理施設での回収は必要であると考えられる。

一方、既存の法制度により一定のリサイクルが行われているパソコンの場合、同様に計算すると1ヶ月あたり、177台（3台：1.7%）であり、法制度に従ったリサイクルが進んでいることがわかる。

その他の小型廃家電製品の中で、多量に排出されていたものとして、ACアダプター737個（121.9kg、151,250cm³）、ステレオセット17台（96.18kg、274,625cm³）、ファクシミリ本体21台（76.05kg、274,625cm³）、ヘッドライヤー・ヘアーアイロン（69.1kg、274,625cm³）、アイロン65台（65.05kg、147,875cm³）、時計（101.8kg、551,435cm³）、体重計（51kg、166,375cm³）等であった。また、都市部が収集地区に含まれていたためか、ゲーム関係の電子機器や玩具が目についた。

ゲーム関係の電子機器として、ハンドヘルドゲーム（99個）があったが、その半数以上は、教育用のゲーム機器であり、高価な英語教材やバーコードリーダー等も含まれていた。非常に多数回収されたため計数はしなかったが、ファーストフードの子供用セットについてくるおまけ（図4-9）は非常に多い。これらの製品はボタン電池を内蔵しているものが多数あり、安全上電池設置部の蓋がねじ止めされているため、取り出していない場合がほとんどである。また、捨てられているものを見ると入手から廃棄に至る期間が非常に短いため、企業側もおまけに対する企業倫理を再考するべきである。



図4-9 ファーストフードのおまけ

乾電池電池は、有害ごみとして分類されており、分別排出されるはずであるが、受話器、時計、懐中電灯、電気カミソリ等に内蔵されたものが、不燃ごみとして排出されており、回収された電池及びバッテリーは重量46.93kg、容量30,780cm³であった。

表 4-1 多量な廃家電製品の品目（フレコンバック）

品目	台数	重量 (kg)	容量 (m ³)	品目	台数	重量 (kg)	容量 (m ³)
扇風機	135	386	3	生活環境改善機器	26	88	0.8
掃除機	180	240	2	空気清浄機	10		
(本体)	(107)	(187)	(1)	加湿器	13		
(電線入りホース)	(73)	(53)	(1)	布団乾燥機	3		
照明機器	145	216	1	暖房機器	79	446	3.7
据付型（天井・壁）	110			石油ファンヒーター	21		
スタンド	35			石油ストーブ	22		
調理機器	364	988	7.3	電気ストーブ	18		
炊飯器：合計	60			セラミックファンヒーター	2		
(炊飯器)	(45)	(144)	(1)	ガスファンヒーター	2		
(電子レンジ)	(13)	(70)	(1)	コタツ	12		
オーブントースター・魚焼き器	80			コードハンガー	2		
トースター	12			テレビ関連機器	61	220	1
ホットサンド	5			ビデオデッキ	31		
電気ポット	47			DVDデッキ	24		
ホットプレート・たこ焼き器	25			BSチューナー	2		
ミキサー	35			CSチューナー	3		
コーヒーメーカー	19			WOWOWデコーダー	1		
ミル	16			音響機器	119	328	2
パン焼き器・餅つき器	5			(CDラジカセ)	(41)	(140)	(1)
電気コンロ・パネルキッチン	6			(スピーカー)	(78)	(188)	(1)
お菓子製造関係機器	3			PC関連機器	31	140	1
換気扇	21			プリンター	24		
(ガスコンロ)	(17)	(130)	(1)	スキャナー	7		
おもちゃ	多数	150	1	コード類	多数	180	1
電化製品破砕物		309	1.3	電気基板破砕物		36	0.3

※太字はフレコンバックの分類品目

※括弧書きは1種類でフレコンバック一つ分回収された品目

表 4-2 少量な廃家電製品の品目

	品名	個数	重量(kg)	容量(cm ³)
車関係	カーナビゲーション	7	5.61	71,060
	カーオーディオ	5	6.93	
	車用電源アンプ	2	4.91	
	カーラジオ	2	2.04	
	カー無線	2	3.16	
	VICS	1	1.84	
	ETC	2	0.2	
	レーザー探知	2	0.38	
	カーチューナー	1	1.29	
	カーステレオ	2	2.4	
パソコン	マウス	68	6.19	23,940
	マウス	6	0.48	
	キーボード	12	8.31	
	テンキー	1	0.21	
	ノートパソコン	2	3.86	
	デスクトップパソコン	1	6.1	
	HDD	7	4.27	
	CDドライブ等	13	11.76	25,650
	モデム	8	2.54	
	スイッチングハブ・ルーター	36	12.23	
	PC関係その他ユニット	17	7.25	23,940
	基盤（無傷）	4	2.5	
	ワープロ	2	9.7	
	破壊ワープロ	2	3.65	
	タブレット+高価系		2.78	
音楽	CDプレイヤー	22	5.44	
	MDプレイヤー	16	1.75	
	ICレコーダー	2	0.38	
	HDDプレイヤー	1	0.12	
	ポケベル	1		
	iPod	1		
	デッキを除くテープレコーダー	30	5.83	
	トランシーバー	5	0.94	
	ラジオ放送受信機	77	20.01	72,600
	ラジオ等（1個トランシーバー）	5	0.76	
	ラジカセ	24	36.27	166,375
	ステレオセット	17	96.18	274,625
	レコードステレオ	1	4.73	26,400
	ステレオアンプ	5	44.04	274,625
	サウンドチューナー	3	6.6	
	サウンドコントローラー	1	1.33	
	カセットデッキステレオ	6	32	
	CDステレオ	1	3.3	
	Hi Fi compontet system	1	7.29	

表 4-2 少量な廃家電製品の品目（続き）

	品名	個数	重量(kg)	容量(cm ³)
音楽	キーボード	2	10.06	166,375
	キーボードミキサー	1	6.08	
	カラオケセット	1	4.32	
	ギターアンプ	1	12.7	
	オーディオタイマー	1	1.37	
	ステレオアンプ	1	5.78	
	AVコントローラー	1	1.89	
	音楽ペダルタイプスイッチングシステム	1	2.07	
	イヤホン&マイク		10.22	42,750
電話	携帯電話	105	10.74	17,100
	PHS	1		
	FAX本体	21	76.05	274,625
	本体高機能電話	47	25.5	147,875
	1回タイププッシュ	3	1.83	
	ダイヤル	2	2.92	
	高機能子機	100	15.44	
	受話器	88	14.47	
	FAX読み取り機	7	3.27	
	ハンディーコピー	1		
	電話受器		17.92	76,950
映像	DVDデッキ	5	16.96	211,250
	ビデオデッキ	9	39.98	
	デジタルビデオ	7 (3台壊れ)	4.16	
	デジタルカメラ	20	2.99	
	使い捨てカメラ	53	4.88	17,100
	ノーマルフィルムカメラ	28	7.72	17,100
	ボラロイドカメラ	5		
	オールドカメラ	5	3.31	
	小型テレビ	31	15.42	45,375
	DVDプレイヤー	1	0.81	
	アンテナ	2	3.42	
	テレビブースター	25	8.13	34,200
リモコン等	リモコン	240	21.43	68,400
	リモコン	208	16.68	64,980
	リモコン類	66	4.09	
	電卓	145	12.97	47,880
	電卓	3	0.16	
	電子手帳	35	4.14	6,840
	ACアダプター	737	121.9	151,250
ゲーム	据え置きゲーム機	24	29.2	90,750
	据え置きゲーム機付属器	9	1.72	
	携帯型ゲーム機	21	3.41	3,420
	ゲームコントローラー	61	12.56	42,750
	ゲームカセット大	33	3.58	
	ゲームカセット小	52	1.76	

表 4-2 少量な廃家電製品の品目（続き）

	品名	個数	重量(kg)	容量(cm ³)
ゲーム	メモリーカード	17	1.06	
	ハンドヘルドゲーム	99	8.01	25,650
	PICO	1	1.52	
	おもちゃパソコン	4	3.63	
	公文マスター（英語）	2	0.84	
	バーコードリーダー	1	0.76	
	シールプリンター	3	1.56	
	ブザー付おもちゃ	20	1.16	
	おもちゃ（余り）		14.2	68,400
時計	普通時計	136	36.83	166,375
	普通時計		55.5	274,625
	腕時計	118	4.73	
	ストップウォッチ	41	2.03	
	デジタル時計	4	2.35	39,375
	アナログ時計	8	3.99	
	普通タイプライター	31	3.13	71,060
照明	天井照明	36	57.44	253,500
	スタンド照明	13		
	懐中電灯	218	60.21	169,000
家庭用家電	ハンドクリーナー	30	36.37	274,625
	掃除機	11	33.72	
	掃除機吸入口	24	12.15	42,250
	ルンバ本体	1	2.49	
	ハンドクリーナー	4	3.42	
	ミシン	5	31.62	75,625
	アイロン	65	65.05	147,875
	シュレッダー	10	22.2	68,400
	ワインセラー	1	9.78	
	ポンプ	115	46.42	99,825
	コンプレッサー	3	21.9	
	エアーコンプレッサー	1	8.85	
	アースノーマット	109	15.19	72,600
	電気アンカ	21	14.67	54,450
	ホットマット	3	1.88	
	扇風機	18	40.37	274,625
	冷風機	1	4.08	
	扇風機（余り）		30.4	274,625
	プラグ、コンセント		78.23	274,625
	鉛筆削り	10	10.47	25,650
	包丁研ぎ器	2	1.17	
	浄水器	7	29.78	90,750
	ビールサーバー	1		
	カーペット等のコントローラー		34.01	126,750
	電池、バッテリー		46.93	30,780
	その他家電		39.93	151,250

表 4-2 少量な廃家電製品の品目（続き）

	品名	個数	重量(kg)	容量(cm ³)
家庭用家電	電動芝刈り機	8	20.96	126,750
	ドリル等	18	30.82	
	コード類（余り）		24.68	121,000
	少し高価		2.93	
	液晶付小型器	22	0.84	
	メモリ&メモリプレイヤー		1.44	
健康美容器具	婦人体温計	1	0.27	
	イヤー体温計	2	0.09	
	普通体温計	22	0.28	
	電動歯ブラシ	43	3.72	
	電子天秤（料理）	3	0.91	
	毛玉取り	7	1.11	
	万歩計	6	0.16	
	電気カミソリ	140	23.36	34,200
	バリカン	16	1.69	
	シェーバー等	37	2.6	
	ウォッシュレットトイレ	6	37.32	274,625
	ドライヤー	157	69.1	274,625
	ヘアーアイロン	51		
	ホットカーラー	4	6.59	
	体重計ノーマル	6	9.74	166,375
	体重計ノーマル+α	2	2.66	
	ヘルスメーター	17	40.86	
	血圧計	15	5.32	
	マッサージ器	4	2.34	
	足マッサージ	8	23.45	166,375
	もみアンマ	8	10.56	
	あやしい健康装置	5	17.99	
	ロデオマシーン	1	19.3	
	その他健康美容器具	50	8.1	27,360
その他	ゴルフクラブ	170	71.5	

4.2.4 不燃ごみから回収された廃家電製品中の有用金属含有量の金額換算

小型の廃家電製品には種々の有用金属が利用されていることが知られている。特に基板などは、有用金属が含まれており、資産価値は高い。そこで、本研究で不燃ごみから回収された廃家電製品中に含まれる有用金属を金額換算した結果を表 4-3 に示した。廃家電製品の金額換算は森下の文献³⁾を参考に算出した。

最も金額が高い製品は、ステレオセットで 33,388 円であり、続いて、携帯電話 24,990 円、据え置きゲーム機 22,968 円、DVD-ビデオ 21,489 円である。基板に含有される有用金属含有量及び素材構成を把握している 41 品目を対象として、今回の調査で回収した廃家電製品全体の金額は、238,201 円/月である。

ただし、この計算された数値がそのまま廃家電製品の市場価格を表すわけではない点に留意する必要がある。

一方、小型家電リサイクル法施行以後市町村により集められた小型家電類の現在の引き取り価格は 5～8 円/kg なので、今回抜き取った廃家電製品を売却すると

約 $6000\text{kg} \times 5 \sim 8 \text{ 円/kg} = 30,000 \text{ 円} \sim 48,000 \text{ 円}$ となる。

表 4-3 不燃ごみから回収した廃家電製品の金額換算¹⁾

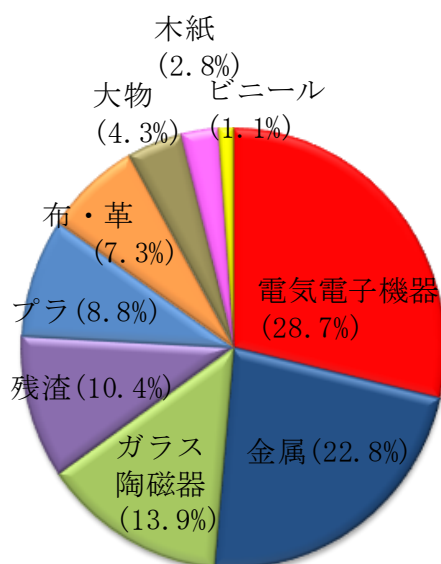
	金額換算 (1台当り/円)	台数	金額 (円)
PC (デスクトップ型)	2,146	1	2,146
ステレオセット	1,964	17	33,388
PC (ノートブック型)	1,508	2	3,016
据置型ゲーム機	957	24	22,968
DVD-ビデオ	741	29	21,489
カーナビゲーションシステム	392	7	2,744
ビデオカメラ (放送用を除く)	343	7	2,401
電子レンジ	319	13	4,147
モニター (電子計算機用)	273	0	0
デジタルカメラ	260	20	5,200
ファクシミリ	253	21	5,313
携帯電話	238	105	24,990
ビデオテープレコーダー	205	40	8,200
炊飯器	202	60	12,120
公衆用PHS端末	189	1	189
ホットプレート	151	20	3,020
MDプレイヤー	144	16	2,304
電話機	144	52	7,488
デッキ除くテープレコーダー	141	24	3,384
電気暖房機器	135	30	4,050
デジタルオーディオプレイヤー (HDD)	115	2	230
電気掃除機	109	118	12,862
CDプレイヤー	107	22	2,354
トースター	99	89	8,811
扇風機	82	113	9,266
電気照明器具	75	194	14,550
デジタルオーディオプレイヤー (フラッシュメモリー型)	74	0	0
ラジオ放送用受信機	61	77	4,697
電気カーペット	59	3	177
電子辞書	56	35	1,960
携帯型ゲーム機	51	21	1,071
ジャーボット	47	47	2,209
空気清浄機	46	10	460
スピーカーシステム	25	78	1,950
電子血圧計	24	15	360
加湿器	22	13	286
ヘアドライヤー	20	208	4,160
電子キーボード	18	2	36
電卓	15	148	2,220
電気カミソリ	14	140	1,960
電子体温計	1	25	25

4.2.5 不燃ごみ組成調査の結果

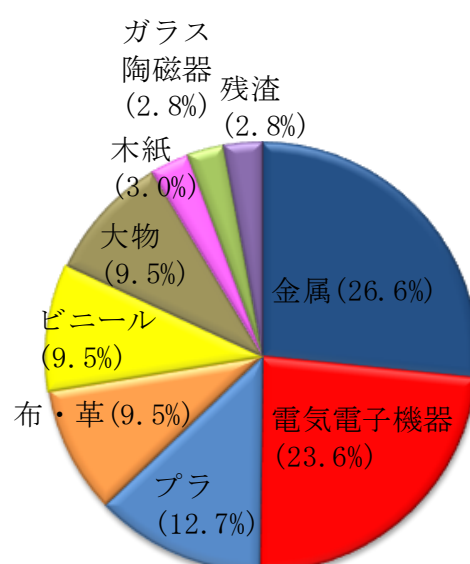
不燃ごみ 522kg を対象とした組成調査を行った結果を表 4-4 及び図 4-10 に示した。重量では廃家電製品の比率が 28.7%と最も高く、図 4-3 で示した 32t 不燃ごみ中の廃家電製品割合 19%と比較すると多少高い値である。廃家電製品に続いて、金属主体物 22.8%、ガラス・陶磁器くず 13.9%、プラスチック主体物 8.8%、バック等の布・革類 7.3%であった。一方、容積では最も高い比率は、金属主体物の 26.6%であり、続いて廃家電製品 23.6%、プラスチック主体物 12.7%、ビニール 9.5%、布・革類 9.5%である。プラスチックやビニールなどの比重の小さいものがかさ張る結果となった。金属主体物もほぼ同等の重量及び容積であるため、廃家電類をピックアップ回収するならば、同時に金属主体物も抜き取ることによって、破碎選別機の稼働時間はほぼ半減できる可能性がある。

表 4-4 不燃ごみ組成調査の結果（不燃ごみの一部、552kg を対象）

組成	重量 (kg)	重量率	容積 (m ³)	容積率
金属主体物	118.8	22.8%	0.878	26.6%
布・革類（鞆が多）	38	7.3%	0.314	9.5%
プラスチック主体物	45.75	8.8%	0.419	12.7%
ガラス・陶磁器くず	72.6	13.9%	0.092	2.8%
木くず・紙くず（可燃物）	14.7	2.8%	0.098	3.0%
ビニール	5.65	1.1%	0.314	9.5%
廃電化製品（電気使用物）	150	28.7%	0.780	23.6%
残渣（未分別）	54.05	10.4%	0.092	2.8%
大物（三輪車、ボストンバック等）	22.2	4.3%	0.314	9.5%
合計	522	100%	3.304	100%



重量比



容積比

図 4-10 不燃ごみ組成調査結果、各成分の重量比及び容積比

4.2.6 抜き取り廃家電製品の破砕選別試験

回収した廃家電製品及び通常業務で使用している不燃・粗大ごみ破砕選別処理ラインを使用して破砕選別試験を実施した。結果を表 4-5 に示した。

鉄類が 48.4% (2,780kg) と全体の約半分程度を占めていた。その他の分類では、可燃分が 34.8% (2,000kg)、不燃物分が 14.1% (810kg)、アルミ分が 1.4% (80kg)、プラスチック分が 1.2% (70kg) を占めていた。

廃家電製品を不燃ごみから除いた場合、埋立て処理される不燃分を 2.6%、焼却処理される可燃分は 6.5%削減できることがわかった。また、廃家電製品破砕選別可燃分は硬質プラスチックの割合が多く、熱量が高いため、単純焼却処理をおこなうよりは、サーマルリサイクル等、再生燃料資源として利用価値があると考えられる。

選別された鉄類及びプラ類の写真を図 4-11 及び 4-12 に示した。電源コード類は破砕選別処理前に除去したが、製品内部のモーター、コンデンサー、内部配線等に多くの銅線が使用されているため、金属類及びプラスチック類だけでなく、可燃分や不燃分の中にも多くの銅線が存在していた。既存の破砕選別システムでは、不燃ごみとして排出された廃家電製品から、資源として鉄、アルミが回収されているが、選別物を見ると銅線や基板などに用いられているレアメタル等は回収することができないため、金属類の資源化を推進するためには、廃家電製品の分別収集か、または、破砕選別処理前の抜き取りが必要である。

表 4-5 抜き取り廃家電製品の破砕選別試験結果

処理後分類	重量(kg)	重量率
鉄類	2,780	48%
不燃分	810	14%
可燃分	2,000	35%
アルミ類	80	1.4%
プラスチック類	70	1.2%
コード(処理前除去)	164	



図 4-11 鉄類に交じった銅線



図 4-12 プラスチック類に交じった銅線

4.2.6 抜き取り廃家電製品の破砕選別試験で選別された不燃残渣及び可燃残渣の組成

図 4-13 に抜き取り廃家電製品の破砕試験由来の不燃残渣の組成を、図 4-14 に不燃ごみ、粗大ごみ処理施設由来の不燃残渣の組成を示した。ただし、粗大ごみ処理施設由来の不燃残渣の組成調査においては電子基板や銅線は少量であるため金属に含めた。

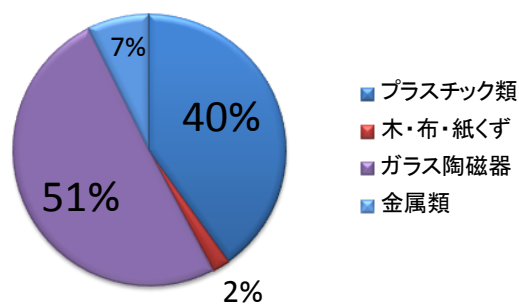
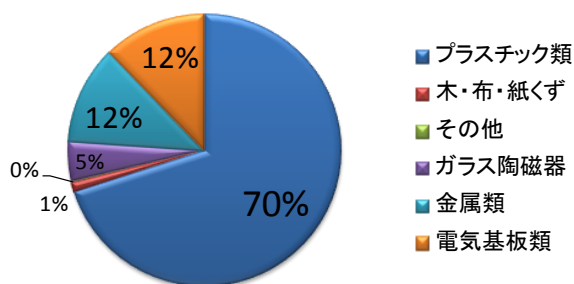


図 4-13 抜き取り廃家電製品由来の不燃残渣組成 図 4-14 不燃・粗大ごみ処理由来の不燃残渣の組成

廃家電製品掃除機、炊飯器、扇風機、ラジカセ、ドライヤー等の廃家電製品の多くは多量のプラスチック類を含むため、プラスチック類の割合が多くなった。一方、電子レンジ、液晶、時計等に使用されている量が限られているガラス陶磁器くずの割合は、著しく低くなった。また、電気基板等の電子部品が混入していた。

図 4-15 に抜き取り廃家電製品由来可燃残渣の組成、及び図 4-16 に不燃ごみ、粗大ごみ処理施設由来の可燃残渣の組成結果を示した。

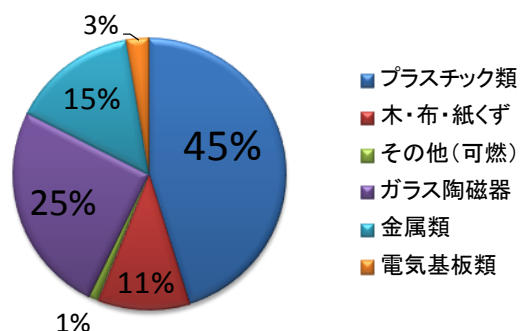
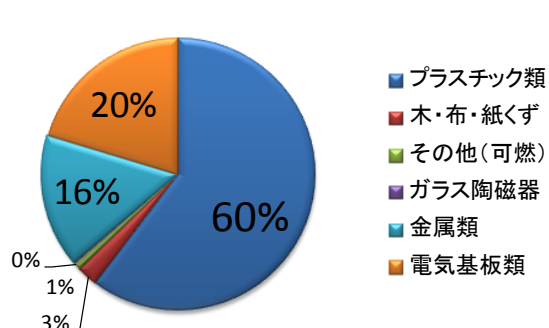


図 4-15 廃家電製品由来の可燃残渣組成 図 4-16 不燃・粗大ごみ処理由来の可燃残渣組成

可燃残渣は不燃残渣（図 4-13）と比べて可燃物の割合が低くなっている。一方、金属及び電子基板等の含有率は高くなった。これは、可燃残渣及び不燃残渣の分離が質の差ではなく粒径の差で分けられているためと考えられる。一方、不燃ごみ、粗大ごみ処理施設由来の可燃残渣と比較した場合、プラスチック類や木・布・紙くず等可燃分の割合と不燃分の割合はほぼ同様である。

以上の結果から、実施設の破碎選別処理時においても不燃残渣や可燃残渣には金属や電子基板類等の資源が含まれていることが確認された。

4.2.8 X市における家電類の回収量の変化

埼玉県内の市町村の中には、回収した不燃ごみの中から家電類を抜き取り、分解、資源化を行っている施設や抜き取った家電類を民間の資源リサイクル事業者へ引渡している市町村もある。そこで、引渡しデータの整っている X 市の情報を今回の家電抜き取り試験結果と比較するために家電製品排出原単位の変化を図 4-17 に示した。また、分別作業状況を図 4-18 に示した。

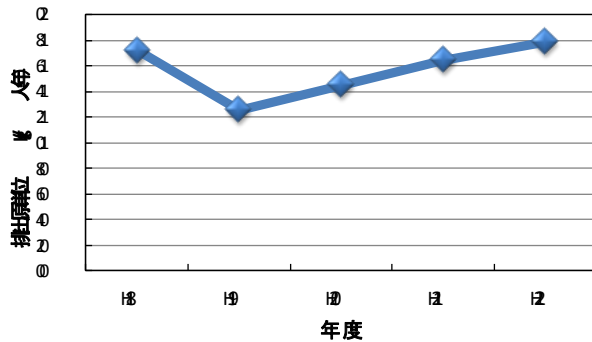


図 4-17 廃家電製品排出原単位の変化 (X 市)



図 4-18 X 市での分別作業状況

X 市の生活ごみ排出量は年々減少している（データは示していない）。一方、廃家電製品の排出原単位は平成 18 から平成 19 年度には減少しているが、それ以後は徐々に増加している。平成 22 年度の排出原単位は 1.8kg/人・年であり、平成 19 年度からほぼ同様な傾向で単純に増加すると考えた場合、平成 23 年度には約 2.0kg/人・年になると推測できる。X 市と今回調査した久喜宮代地区とは立地状況は異なっているが、今回の調査結果 2.1kg/人・年及び X 市の排出原単位を考慮すると、埼玉県民の廃家電製品排出原単位は約 2.0kg/人・年であると推測できる。

補足説明：現在（平成 23 年度実績）、既に小型家電の集積所回収に取り組んでいる所沢市の場合、排出原単位は 1.65kg/人・年、施設内でのピックアップ回収に取り組んでいる加須市の場合、1.19kg/人・年である。本研究における抜きとり試験や X 市のピックアップ回収は、かなり丹念に回収しているため、現実的な回収原単位は 1.2～1.6kg/人・年程度であると考えられる。

埼玉県の人口は平成 24 年 4 月現在 7,204 千人であり、廃家電製品排出原単位から計算すると年間約 14.4 千トンの廃家電製品が廃棄されている。その中に含まれる金属量を計算すると約 8.2 千トン／年になる。廃家電製品中の金属の中で、選別処理により回収されるものもあるが、約 7.3%、1 千トン（電子基板類は計算に入れていない）は焼却処理及び埋立処理されていると推計できる。

このように、不燃ごみ中には金属資源が含まれるため、効率よく回収するためには、分別回収または抜き取り回収を行う必要がある。

4.2.9 文献値と他調査の比較

環境省中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会の下に「小型電化製品リサイクル制度及び使用済み電化製品中の有用金属の再生利用に関する小委員会」が立ち上がり、使用済み電化製品の適正かつ効率的なレアメタルのリサイクルシステムの検討が行われている。それによると、1 年間に使用済みとなる小型電化製品の台数及び重量はそれぞれ 1,157,704,978 台、及び 651,755t と推計された⁴⁾この推計値から使用済み小型廃家電製品の排出原単位は 5.9kg/人・年となる。本研究で算出された不燃ごみとして排出された廃家電製品の原単位は、2.1kg/人・年と 1/3 程度の量である。また、小口らの使用済み廃家電製品の排出実態調査⁵⁾からは、2.0kg/人・年と算出され、本研究結果と同じになった。

小口らの調査結果⁵⁾では、廃家電製品の品目はファンヒーター(10.2%重量ベース)、電子レンジ(7.4%)、掃除機(6.8%)、炊飯器(5.0%)、プリンター(3.9%)が多く排出されている。本研究では、扇風機(7.1%)、

暖房器具 (7.4%)、DVD ビデオ (4.6%)、オーブントースター (3.7%) が多く排出されており、小口らの結果と異なっていた。

これは、調査時期の違いや地域特性などに起因しているものと考えられる。そのため、今後、不燃・粗大ごみの適正処理を検討していくためには、調査回数及び対象施設数を増やして実態調査を行い、調査時期や地域特性を考慮した検討を行っていく必要が考えられる。

4.3 まとめ

不燃ごみ中の廃家電製品の抜き取り調査を実施した。その結果、廃家電製品の含有率は約 19wt%であることがわかった。また、対象地区から収集された不燃ごみから抜き取りした廃家電製品 (41 品目) の有用金属の金額は、238,201 円/月となった。このように本研究では不燃ごみとして排出された廃家電製品の有用金属資源としての経済ポテンシャルを評価することができた。今回、不燃ごみから廃家電製品の抜き取り・分別作業に関わった延べ人数は 63 名、延べ作業時間は 5448 時間 (抜き取り作業 3108 時間、分別作業 2340 時間) に達した。また、廃家電製品を抜き取りして分別するために、作業スペースとして不燃ごみ保管施設 168m² (12m×14m) が必要であった。小型の廃家電製品を抜き取らないとしても、約 30m³ の廃家電製品があるため、一時保管スペースは準備する必要がある。今回の取り組みは、丹念に廃家電製品を抜き取ったため、かなりの時間を費やした。今後、不燃・粗大ごみの適正処理について検討していくためには、実現可能性及び経済的合理性を考慮して処理システムの検討を行っていく必要がある。

参考文献

- 1) 小野田弘士：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、平成 23 年度環境研究総合推進費補助金研究事業、課題番号：K111028
- 2) 主要耐久消費財等の普及率・保有数量・買い替え状況：内閣府消費動向調査 HP、
<http://www.esri.cao.go.jp/jp/stat/shouhi/shouhi.html#taikyuu>
- 3) 森下哲：小型電気電子機器リサイクル制度の検討ー循環型社会形成の観点からー、都市清掃、Vol. 64、No. 303、pp. 439-444 (2011)
- 4) 環境省中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会：小型電化製品リサイクル制度及び使用済み製品中の有用金属の再生利用に関する小委員会 (第 6 回) (2011)
- 5) 小口正弘、肴倉宏史、寺園淳：使用済み電化製品の排出実態と破碎選別における物質収支の調査、都市清掃、Vol. 64、No. 301、pp. 248-252 (2011)

5. 小型電子機器の分解試験

平成 24 年度 4 月に小型家電リサイクル法が施行さ、現在、小型家電の回収について検討している自治体が増えている（平成 25 年度 4 月現在、県内の 26 市町村が（内ステーション：4 自治体、ピックアップ：2 自治体、外はその他の方式）小型家電リサイクルに取り組んでいる）。これまで、多くの市町村は小型家電を不燃ごみとして回収していた。自己搬入された小型家電の中で、綺麗でかつ中古販売可能なもの（CD プレイヤー、ラジカセ等）はリユースに回している自治体も多数ある。しかし、これまで多くの自治体では、リユース価値のない小型家電に対する資源回収の取り組みは破砕機投入前のコードを切断・回収及び破砕選別機による金属回収のみでる。

一方、自治体の一部や民間のリサイクル会社では回収した小型家電の資源化価値を高めるために、シルバー人材や身障者による、小型家電の手分解・選別・資源化を実施している。手分解を実施していない自治体の担当者に聞くと「場所がない」、「時間がかかる」、「人を雇う金がない」といった意見が多い。そこで、手分解にかかる“時間”を確かめるために埼玉県環境科学国際センターのごみ置き場に廃棄されている小型電子機器を用いて分解・選別試験を実施した。

5.1 小型電子機器の分解試験方法

回収した小型電子機器及び基板類は 103 個、全重量 119kg である。全ての分解は同一作業者が一人で実施した。分解には電動ドライバー、ニッパ、モンキーレンチを用いている。小型電子機器の重量を測定後、最初のねじを回し初めた時をスタートとし、可能な限り分解を行い、分解終了までの時間の計測を行った。選別分類は、鉄類、非鉄類、基板、コード、プラスチック類、ガラス類、その他（製品により異なる。たとえば、掃除機の場合はモーター及び内部にあるごみ、MO ディスクの場合は、内部より取り出した磁気ディスク、PC キーボードの場合はフィルム回路等である）に分類し、各重量を測定した。電気炊飯器の分解前後の状況を図 5-1 に示した。電子基板を除き、取り外し可能な部品は全て取り外している。



図 5-1 電気炊飯器の分解前後

5.2 小型電子機器の製品別分解時間及び組成調査結果

分解試験を行った主な製品の分解に要した時間及び各組成割合を表 3.1 に示した。

表 3.1 小型電子機器分解試験結果

品目	検体数	分解時間/個	含有率						
			鉄	非鉄	基板類	コード	プラスチック類	ガラス	その他※
電気炊飯器	3	18分	21%	27%	3.9%	4.2%	44%	0.1%	0.8%
掃除機	2	15分	5.0%	0.6%	2.3%	13%	45%	—	33%
電子レンジ	1	37分	42%	0.2%	—	1.1%	5.3%	6.9%	45%
コーヒーマーカー	3	10分	16%	1.9%	—	6.7%	62%	0.3%	8.5%
ラジカセ	1	21分	14%	—	19%	0.8%	36%	—	18%
蛍光灯スタンド	4	4分	56%	0.7%	3.5%	7.7%	25%	—	—
ノートPC	1	68分	11%	17%	17%	0.8%	36%	—	10%
ワープロ	1	50分	24%	2.1%	17%	1.4%	11%	—	15%
PC マウス	29	1分	1.0%	—	7.9%	31%	52%	—	8.1%
PC キーボード	13	12分	8.7%	—	6.5%	6.9%	78%	—	1.7%
インクジェットプリンター	3	36分	36%	1.0%	4.9%	0.5%	50%	—	4.4%
スキャナー	1	25分	44%	—	7.4%	2.7%	27%	14.6%	4.2%
旧型コピー機	1	82分	25%	2.1%	8.9%	1.6%	48%	7.9%	6.1%
スピーカー(PC付属品)	4	6分	10%	—	9%	6%	51%	—	27%
MOドライブ(外付け用)	5	27分	51%	10%	8.9%	7.6%	12%	0.1%	6.8%
MOディスク	40	1分	1.4%	11%	—	—	63%	—	24%

※その他は混合物や紙類等可燃物である。例えば掃除機や電子レンジの場合、鉄と非鉄の混合物である。

表からわかるように、家電製品は金属、電子機器類及びプラスチックで個体重量のほとんどを占めている。分解時間はPCマウスのような小さな製品では約1分、プリンターやスキャナーのようなものは約30分程度の時間を要した（PCマウス及びMOディスクは検体数が多く、慣れが生じるため徐々に分解に要する時間は短くなってたため、最低単位時間を1分とした）。そこで、製品重量と分解時間の関係を図 5-2 に示した。

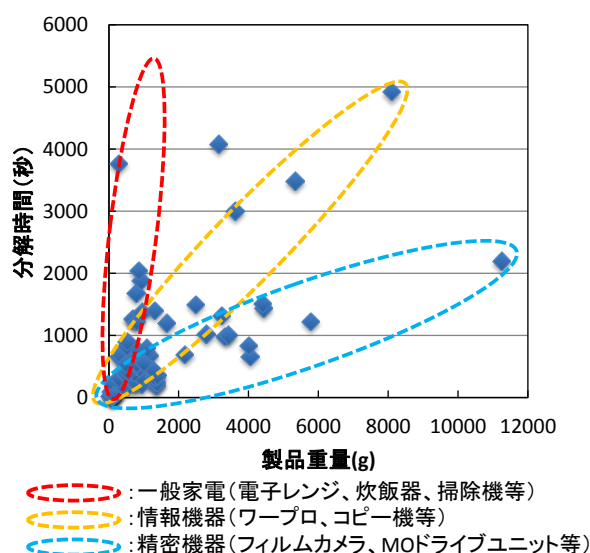


図 5-2 製品重量と分解時間の関係

製品重量と分解時間の関係を見ると、一般家電である電子レンジや炊飯器、掃除機等は青の点線で囲まれた領域に、情報機器であるワープロやコピー機は製品重量と分解時間がほぼ正比例関係の黄色の点線で囲まれた領域にある。一方、製品重量の割に分解時間を要するもの（赤い点線枠）は、フィルムカメラ

ラや MO ドライブユニット、無線の PC 機器のような精密機器であった。このように、レア金属の回収として価値の高い機器は、重量の割に分解時間がかかるということがわかった。

5.3 まとめ

各自治体が回収した小型家電の資源価値を高めるためには、製品別の分類、分解、素材毎の分別・保管といった方法がある。しかし、価値の高い電子基板を含む情報関連小型電子機器類は一般家電類と比べ、回収量も少なく、固体重量が軽く、かつ分解に時間を要する。一方、一般家電類の場合、分解にかかる時間も短く、回収量も多いので、分解に対する慣れも見込まれる。また、多量の金属及びプラスチック類を得ることができる。

このように、今後、市町村が小型家電類を集め、資源価値を高めることを考える場合、回収量の確保が見込め、かつ、分解がある程度容易な一般家電類を対象に分解・選別を行い、情報機器のような精密機器の場合は引き取り価格も高いので分別し、認定事業者に引き渡すことが適していると考えられる。

6. 比重差選別機による不燃残渣の処理

市町村の不燃ごみ・粗大ごみ処理施設の破碎選別機の主な機器構成は破碎機、磁選機、粒度選別機（トロンメルまたは振動篩）、渦電流選別機である。加えて風力選別が磁選機やトロンメル選別機に付設されている。不燃ごみや粗大ごみはこのような機器構成の処理施設で処理され、鉄類、不燃残渣、アルミニウム、可燃残渣に選別される。本研究において着目している不燃残渣は、第3章で示したように、プラスチック、ガラス陶磁器、金属のように比重が異なる様々な物質が混在している。

現在の不燃ごみ処理施設はその機器構成をみると鉄類及び非鉄類をとり、減容化するため機器構成であり、金属以外のごみを素材毎に選別する仕様にはなっていない。“混ぜればごみ、分ければ資源”という言葉があるように、この不燃残渣を構成成分の比重差によってわけることができるならば、資源として利用される可能性がある。そこで、構成成分の比重の差によって選別することを目的として、エアテーブル型の乾式比重差選別機を用いて不燃残渣の分離試験を実施した。

6.1 乾式比重差選別機及び試験方法

6.1.1 乾式比重差選別機

今回実験で使用した乾式比重差選別機はエアテーブル型の小型テスト機 SH2（原田産業株式会社）を用いた。乾式比重差選別機の概略を図6-1及び図6-2に実機を示した。

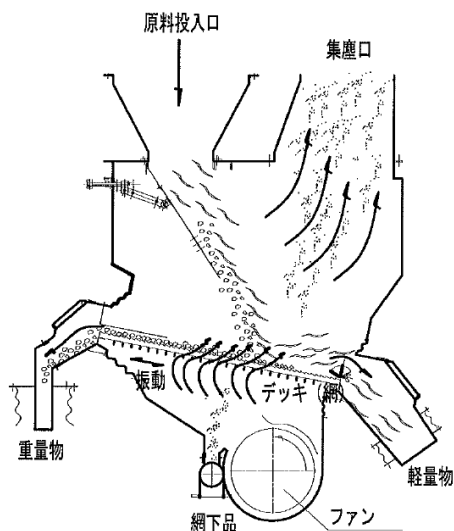


図 6-1 比重差選別装置の概略



図 6-2 比重差選別装置 SH2（原田産業）

装置の構成は、分離が行われるデッキ（エアテーブル）、デッキに風を送るファン、デッキの振動機、原料供給装置及び集塵装置である。今回使用した選別機には磁選機、渦電流選別機が無いいため、鉄類やアルミニウム等金属類の除去はでない。デッキ（ステンレスまたはスチール製）には1mm～3mm径の孔が開いており、下から風を送ることによってごみを浮かすことができる。乾式比重差選別の原理は、デッキ下部からの空気の吹き込みとデッキの振動によって、重量物は振動によりデッキの上部へ、軽量物は浮上により振動の影響が少なくなり下部に移動し、装置外へ排出されるというものである。



図 6-4-1 一回目重量物（ガラス陶磁器）



図 6-4-2 二回目重量物（硬質プラスチック）

6.1.4 施設 D から採取した不燃残渣の比重差選別試験方法

施設 D 不燃残渣の比重差選別試験の概要を図 6-5-1 及び 6-5-2 に示した。

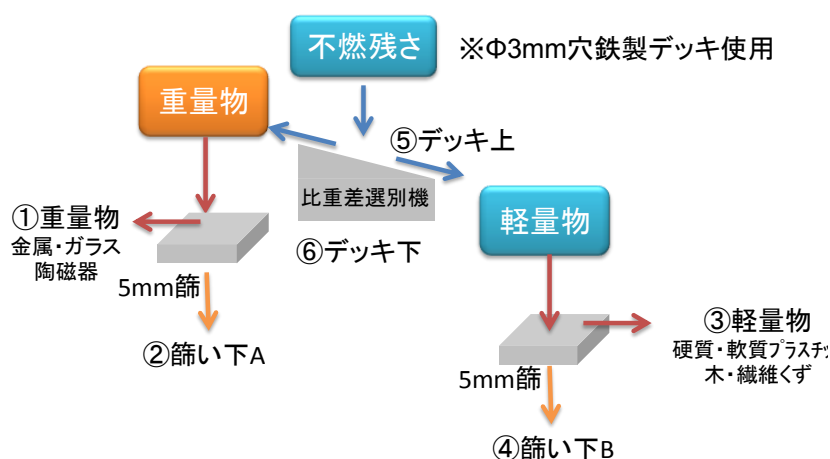


図 6-5-1 比重差選別試験の概要

施設 L 不燃残渣を用いた比重差選別試験では、2mm メッシュの篩いを通過する細粒分が約 15%含まれていたため、 $\phi 3\text{mm}$ 細孔のデッキを使用した。ただし、ステンレス製のデッキがなかったため、鉄製のデッキを用いた。

施設 D 不燃残渣は金属くず及び硬質プラスチック類を多く含むため、金属くずを主体とする重量物と硬質プラスチック類を主体とする軽量物に分離することを試みた。重量物及び軽量物はともに細粒分を含むため、両方とも 5mm メッシュの篩で細粒分を篩別した。

運転開始約 5 分後、分離精度が著しく悪化したため、運転を停止し原因調査を行った。その結果、細かな磁性物がデッキ細孔を塞いでいたため、ステンレス製（ $\phi 1\text{mm}$ 細孔）のデッキに交換し、比重差選別試験を再開した。

まず、金属くずを主体とする重量物を取り除き、次に、ビニール等軟質のプラスチック類、紙、木くずを除くために一回目の軽量物を再度比重差選別機で選別した。選別物はどちらも細粒分を含んでいたため、両方とも 5mm メッシュの篩を用いて篩別した。

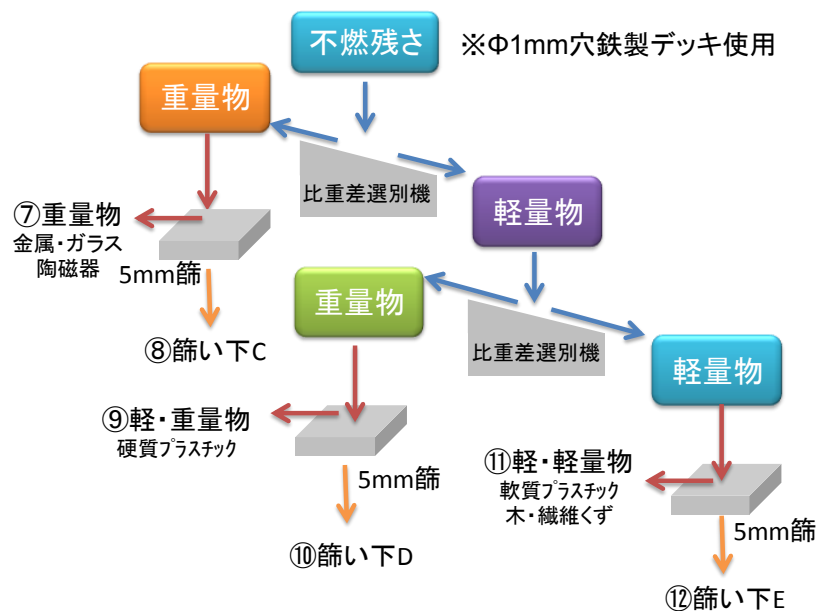


図 6-5-2 比重差選別試験の概要

最終的な選別物は⑦重量物（金属くずを多く含む；図 6-6-1）、⑨軽・重量物（硬質プラスチック主体；図 6-6-2）、⑪軽・軽量物（ビニール、発泡スチロール、繊維くず、木くず主体；二回目比重差選別軽量物；図 6-6-3）である。



図 6-6-1 一回目重量物（金属くず）



図 6-6-2 二回目重量物（硬質プラスチック）



図 6-6-3 二回目軽量物（ビニール、繊維）

6.1.5 施設 B から採取した不燃残渣の比重差選別試験方法

施設 B 不燃残渣の比重差選別試験の概要を図 6-7 に示した。

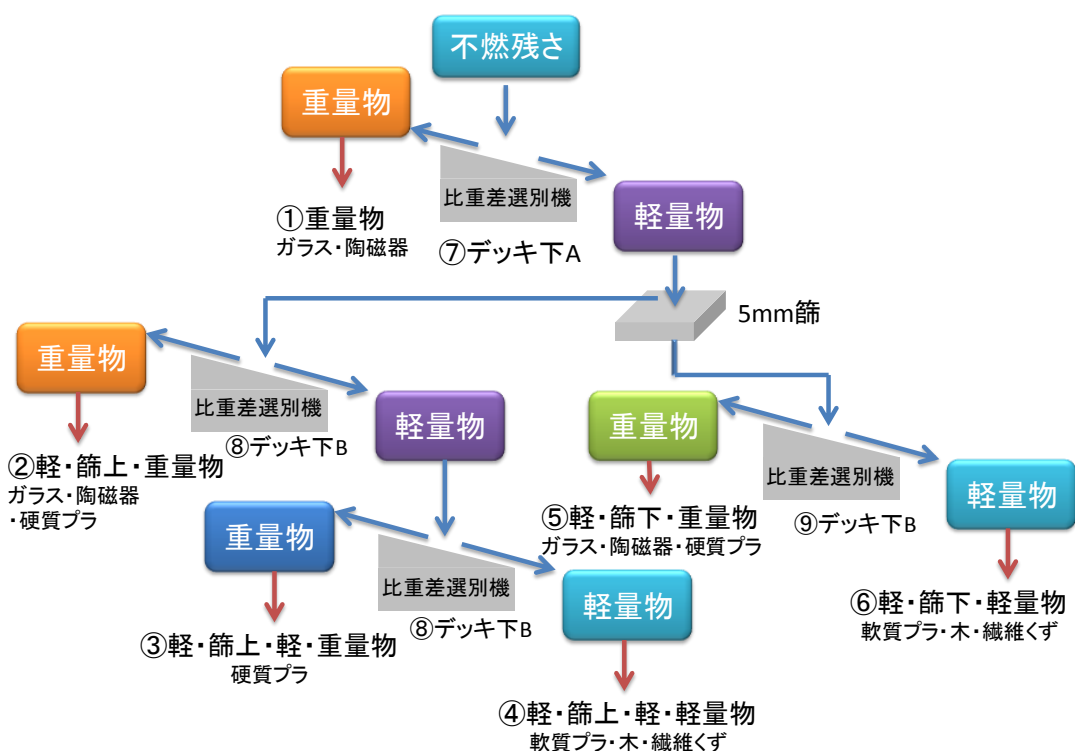


図 6-7 比重差選別試験の概要

施設 B 不燃残渣は調査した不燃ごみ処理施設の中で最も径の小さなトロンメルスクリーン（φ10mm）から選別された残渣なので、細かく、かつ、かさ密度も高い（1.34kg/L；全施設の不燃残渣の平均は1.04kg/L）。また、可燃分含有率は9%と最も低い。そこで、ガラス陶磁器くずと可燃分を精度良く分離することを試みた。

一回目比重差選別の選別物、①重量物に比重の重たい廃プラスチック類の混入を抑える設定にしたため、軽量物中には粒径の小さな多量のガラス陶磁器くずが混入した。そのため、5mm メッシュの篩を用いて粒度を調整した後、篩い上及び篩い下に対し、比重差選別を行った。最終選別物としては、①重量物（ガラス陶磁器くず主体；図 6-8-1）、②軽量物・篩い上・重量物（ガラス陶磁器くず、黒色の硬質プラスチックを含む；図 6-8-2）、③軽量物・篩い上・軽量物（硬質プラスチック主体；図 6-8-3）、④軽量物・篩い上・軽量物・軽量物（軟質プラスチック、木くず、繊維くず主体；図 6-8-4）、⑤軽量物・篩い下・重量物（ガラス陶磁器くず、硬質プラスチック主体；図 6-8-5）、⑥軽量物・篩い下・軽量物（軟質プラスチック、木くず、繊維くず主体；図 6-8-6）、⑦～⑨デッキ下（φ1mm 孔を通過したもの；砂上物）である。



図 6-8-1 ①重量物



図 6-8-2 ②重量物



図 6-8-3 ③重量物



図 6-8-4 ④軽量物



図 6-8-5 ⑥軽量物



図 6-8-6 ⑤重量物

6.1.6 混合不燃残渣を用いた選別工程の簡素化の検討

これまでの検討結果から、不燃残渣に乾式比重差選別を適用することにより、高い分離精度でその主成分であるガラス陶磁器とプラスチック類を選別できることがわかった。しかし、分離精度を高めるた

めには数段の処理工程が必要である。そこで、一回の処理工程で、分離精度を高めるための検討として、選別デッキの孔径に着目し、分離精度に与える影響について検討した。

実験に使用した不燃残渣はこれまでに県内各所で採取した不燃残渣を混合したもの(300kg 以上を混合；以後、混合不燃残渣と記す)を用いて実施した。混合不燃残渣は実際の不燃残渣(市町村の破碎選別機から排出されて直後の残渣)に比べ、採取から時間を経ているため含水率が低いと考えられる。混合不燃残渣のかさ密度は 0.98g/ml である。混合不燃残渣の他の特性として、粒径分布及び 5mm 以上粒径分(かさ密度：0.69g/ml)の組成調査結果を図 6-9 及び図 6-10 に示した。

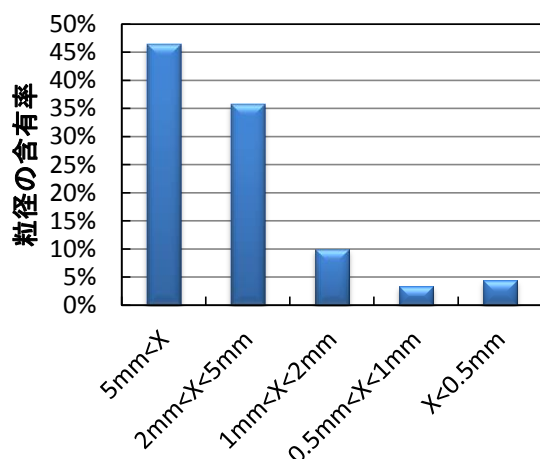


図 6-9 混合不燃残渣の粒径分布

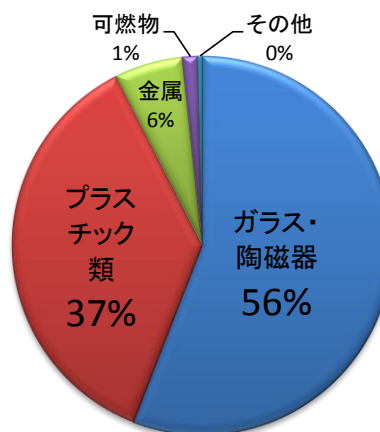


図 6-10 粒径 5mm 以上組成

混合不燃残渣は市町村から採取した各不燃残渣と同様な粒径分布、2mm 以上の粒径を 82%含んでいる。混合不燃残渣の組成分類は、プラスチック類(硬質のみ)、金属類(鉄類、非鉄類、銅線及び電子基板を含む)、可燃物(紙・布・繊維、ビニール、木くず、スポンジ、発泡スチロールを含む)、及びその他(付着細粒分等)である。混合不燃残渣は 5mm 以上の粒径分に、今回の分離対象物であるガラス・陶磁器を 56%及びプラスチック類を 37%ふくんでいる。試験毎の投入量は約 100kg である。選別試験には孔径 φ 3mm 及び φ 2mm のデッキを用いた。その他の機器の操作条件、風力、振動強さ等は全て同じ設定で実施した。

6.1.7 比重差選別効率に対する残渣中の含水率の影響

比重差選別を行う場合、試料中の含水率が選別効率に影響を与えと考えられる。不燃ごみの破碎選別処理工程では、粉塵発生の抑制や火災の発生防止のため水や薬剤を噴霧する場合が多くある。そのため、採取直後の不燃残渣中には 4～6%の水分が含まれている。そこで、乾式比重差選別に対する水分の影響について検討した。

選別デッキは φ 3mm 孔を用いた。選別実験試料は 6.1.6 で用いた混合不燃残渣と同じ試料である。含水率の調製は試験直前に混合不燃残渣(約 90kg)に水道水を 4.5L、または 2.2L 加え、スコップを用いて良く攪拌した。機器設定は、水分未添加と添加とではデッキ孔の詰まりを抑えるため、風量及び振動強さを調整したため、若干の差違がある。

6.2 結果と考察

6.2.1 施設 L から採取した不燃残渣の比重差選別試験

各選別区分の重量、体積及びかさ密度を表 6-1 に示した。

表 6-1 各選別物の割合及びかさ密度

選別物	重量 (kg)	含水率 (Wt%)	体積 (L)	体積率 (Vol%)	かさ密度 (kg/L)
①一回目重量物	94.6	64	66.1	43	1.43
②二回目重量物	30.4	21	56	37	0.54
③篩下A	11.5	7.8	9.3	6.1	1.23
④二回目軽量物	2.9	2	13.5	8.8	0.21
⑤篩下B	7.6	5.1	7.9	5.1	0.97
⑥デッキ下	0.9	0.6	0.62	0.4	1.42

ガラス陶磁器くず主体の① 1 回目重量物は重量比で 64%、体積比で 43%であり、プラスチック主体の② 2 回目重量物は重量比で 21%、体積比で 37%である。また、①のかさ密度は 1.43 (kg/L) であり、ガラス陶磁器くずが主体である。一方、②2 回目重量物はプラスチック主体で、ある程度大きなプラスチック片が多く、間隙も多いので、かさ密度は 0.54 (kg/L) であった。一般ごみ中のプラスチック類の主成分は PP や PE なので、比重はほぼ 1.0kg/L であるが、間隙が多いため小さな値となったと考えられる。そこで、重量物①及び②の組成調査を行った。結果を図 6-11-1 及び 6-11-2 に示した。

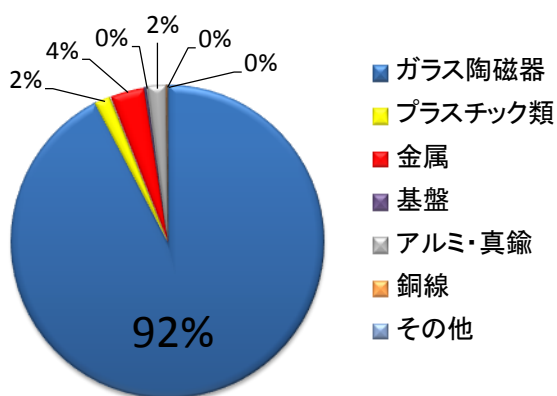


図 6-11-1 ①一回目重量物の組成調査結果

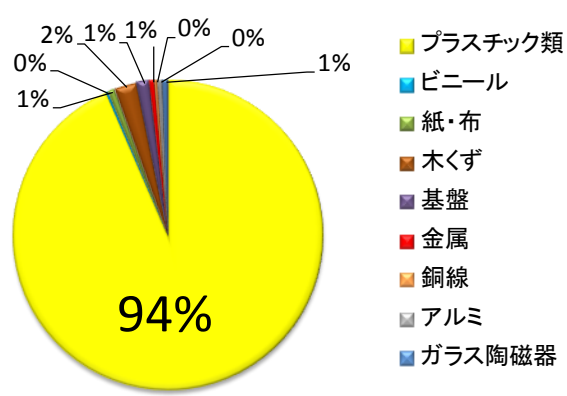


図 6-11-2 ②二回目重量物の組成調査結果

両者ともひとつの成分が 9 割を超えており、効果的な選別であることがわかった。①一回目重量物の場合、磁選機や渦電流選別機によって鉄類や非鉄類を除けばさらに分離度が高まる（98%）ので、再生砂等の有効利用の道も開ける可能性がある。

一方、②二回目重量物の場合は表 6-1 に示したようにかさ密度は 0.54 (kg/L) と低く、かつ組成調査結果をみると、金属ガラス陶磁器の混入はわずか 2wt%であり、かつ、ビニール、紙・布、木くずの混入も少ないことから、プラスチック類の形状が、かさ密度を低くした要因であることを確認できる。②二回目重量物は、プラスチックは高精度で選別されており、また、プラスチック以外の可燃物も含めると 97%が可燃物であるため、サーマルリサイクルとしての利用も考えられる。③二回目重量物の篩い下 A、

⑤二回目軽量物の篩い下 B 及び⑥デッキ下のかさ密度は、それぞれ、1.23、0.97、1.42(kg/L)であり、かつ、見た目にもガラス陶磁器細粒分を多く含んでいるため、デッキの細孔径をある程度広くし、吹き上げる風量を適度に増せば、今回行った篩別作業を省ける可能性がある。

6.2.2 施設 D から採取した不燃残渣の比重差選別試験

各選別区分の重量、体積及びかさ密度を表 6-2 に示した。

表 6-2 各選別物のかさ密度及び選別割合

選別物名	デッキ 孔径	重量 (kg)	含有率 (wt%)	体積 (L)	体積率 (vol%)	かさ密度 (kg/L)
①重量物	3mm 鉄製	4.0	22	2.1	8.3	1.9
②篩い下 A		0.94	5.2	0.6	2.1	1.7
③軽量物		8.3	46	18	70	0.46
④篩い下 B		2.7	15	3.7	14	0.74
⑤デッキ上		1.1	5.8	0.7	2.5	1.6
⑥デッキ下		1.2	6.4	0.9	3.3	1.4
⑦重量物	1mm ステンレス	21	26	13	11	1.6
⑧篩い下 C		8.5	10	5.7	4.9	1.5
⑨重量物		39	48	79	67	0.50
⑩篩い下 D		12	14	14	12	0.81
⑪軽量物		0.52	0.63	3.0	2.6	0.17
⑫篩い下 E		1.2	1.5	2.0	1.7	0.60

孔径の異なるデッキのかさ密度結果を比較すると、①重量物：1.9kg/L と⑦重量物：1.7kg/L、及び③軽量物：0.46kg/L と⑨重量物：0.50kg/L であり、デッキの孔径をある程度広げた方が、精度の高い選別（不図 6-10-2 ⑨重量物の組成調査結果燃と可燃の分離精度）を行えることが示唆された。また、各かさ密度の結果から、高い分離精度であることが示唆されたため、⑦一回目重量物及び⑨二回目重量物について組成調査を行った。結果を図 6-12-1 及び 6-12-2 に示した。

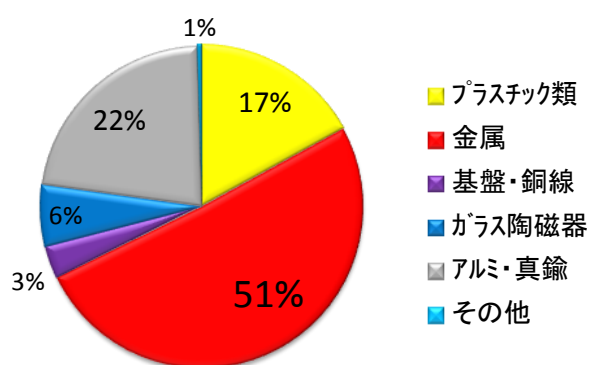


図 6-12-1 ⑦重量物の組成調査結果

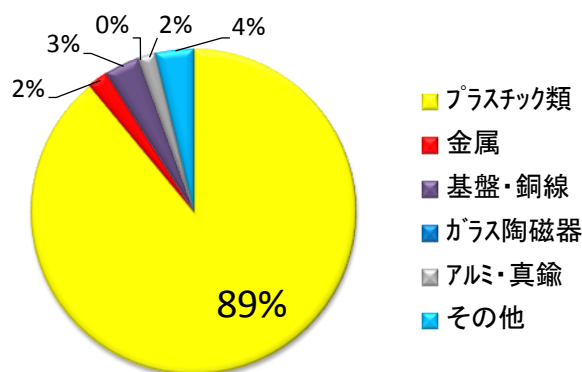


図 6-12-2 ⑨重量物の組成調査結果

施設 D は金属ごみとして収集したごみ（ガラス陶磁器くずは別収集）を処理しているため、一回目の比重差選別における重量物⑦には金属類（金属：磁石に付くもの、アルミ・真ちゅう等非鉄類、基板・銅線）が約 79%含まれていた。金属が多いため、体積率は 11vol%と低い、磁性物の割合が 51%であり、処理施設の磁選機の設定、または仕様・設置方法等を変更することにより、資源回収率を向上できる可能性がある。

一方、二回目の比重差選別重量物⑨では、硬質プラスチックが 89wt%、その他（ビニール、紙、繊維くず、木くず）を含めると 93wt%の可燃分が含まれていた。これらの成分をサーマルリサイクルに利用した場合、見かけ密度が低いことから、埋立容積の削減に寄与できる。

6.2.3 施設 B から採取した不燃残渣の比重差選別試験

各選別区分の重量、体積及びかさ密度を表 6-3 に示した。

表 6-3 各選別物のかさ密度及び選別割合

選別物名	重量 (kg)	含有率 (wt%)	体積 (L)	体積率 (vol%)	かさ密度 (kg/L)
①一回目重量物	93	70	62	61	1.5
②篩上二回目重量物	19	14	14	13	1.4
③篩上三回目重量物	5.8	4.4	11	11	0.54
④篩上三回目軽量物	0.50	0.38	2.4	2.4	0.20
⑤篩下二回目重量物	5.9	4.5	5.9	5.8	1.0
⑥篩下二回目軽量物	1.7	1.3	2.6	2.6	0.66
⑦デッキ下 A	0.14	0.11	0.12	0.12	1.2
⑧篩上デッキ下 B	0.44	0.33	0.35	0.35	1.3
⑨篩下デッキ下 C	5.8	4.4	4.2	4.2	1.4

施設 B は調査した施設の中で最も孔径（φ10mm）の小さなトロンメル選別機を利用しているため、粒径の細かな不燃残渣である。また、第 3 章で示したように可燃分含有率が最も低いという特徴がある。

一回目の重量物①及び二回目の重量物②は、かさ密度（それぞれ、1.52kg/L 及び 1.39kg/L）からわかるように、多量のガラス陶磁器くずを含んでいる。また、それらの体積率は 60.6vol%及び 13.4vol%であり、不燃残渣全体の約 73%である。

一方、比重差選別一回目の軽量物を 5.0mm メッシュ篩で調整した篩下重量物⑤のかさ密度は 1.01kg/L であり、また、図 6-8-5 からわかるように粒径の小さな多くのガラス陶磁器くずを含んでいることがわかる。各比重差選別試験におけるデッキ通過物（デッキ下⑦～⑨）のかさ密度は 1.2～1.4kg/L であり、不燃分（ガラス陶磁器くず）の含有率（wt%）が高いものと考えられる。

図 6-13-1（①重量物）、6-13-2（②重量物）、6-13-3（③重量物）に主な選別物の組成調査結果を示した。

組成調査の結果から、95%以上の高い精度で不燃物残渣中からガラス陶磁器くずや硬質プラスチック類を分離できることが確認できた。しかし、施設 B の不燃残渣は細粒分が非常に多く、かつ使用可能なステンレス製デッキの孔径が 1mm と小さいため数度の篩い分け作業を必要とした。

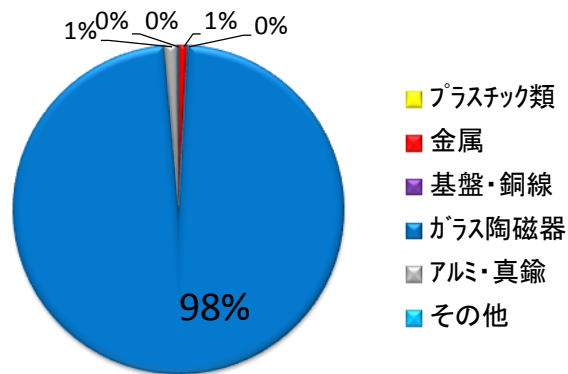


図 6-13-1 ①重量物の組成調査結果

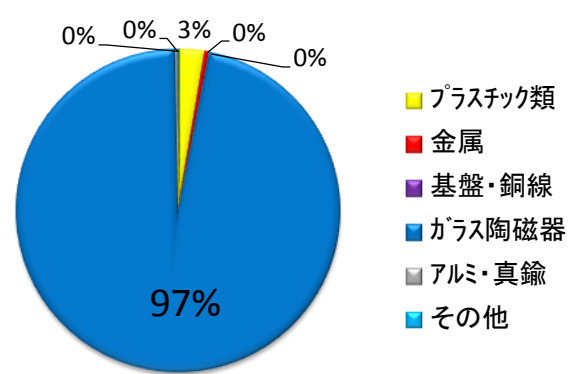


図 6-13-2 ②重量物の組成調査結果

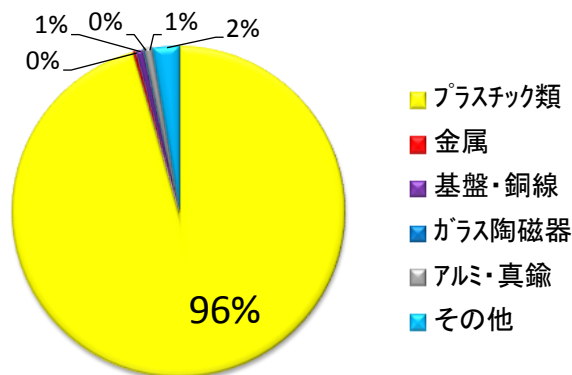


図 6-13-3 ③重量物の組成調査結果

6.2.4 混合不燃残渣の比重差選別試験

各選別物の重量及び含有率、かさ密度及び 600℃での熱灼減量を表 6-4、粒径分布を図 6-14、粒径 5mm 以上の組成調査結果を図 6-15 にそれぞれ示した。

φ 3mm デッキと φ 2mm デッキの選別物重量を比べるとデッキ下の重量が明らかに異なっている。一方、重量物の割合は同じであることから、φ 2mm デッキでは、φ 3mm デッキでデッキ下に落ちていた細粒分のほとんどが軽量物として選別されたことが推測できる。

表 6-4 乾式比重差選別試験における選別物

デッキ	選別物	重量(kg)	比率(%)	比重	熱灼減量
φ 3mm	重量物	67.6	65%	1.34	0.3%
	軽量物	20.5	20%	0.56	77%
	デッキ下	11.5	11%	1.37	1.8%
	残り※	4.28	4.1%	—	—
φ 2mm	重量物	63.4	65%	1.47	0.3%
	軽量物	29.4	30%	0.59	69%
	デッキ下	0.18	0.2%	—	2.6%
	残り※	5.18	5.3%	—	—

※残りはデッキ上の残物及び装置外へ出たものを回収したもの

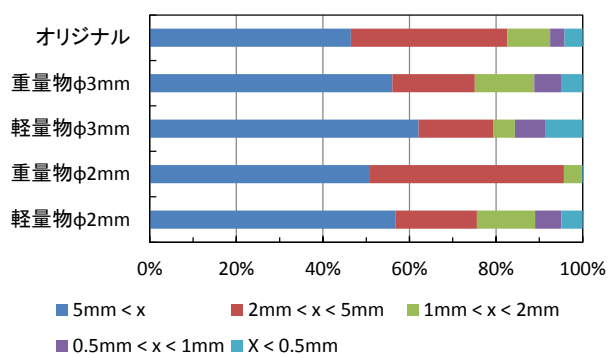


図 6-14 選別物の粒径分布

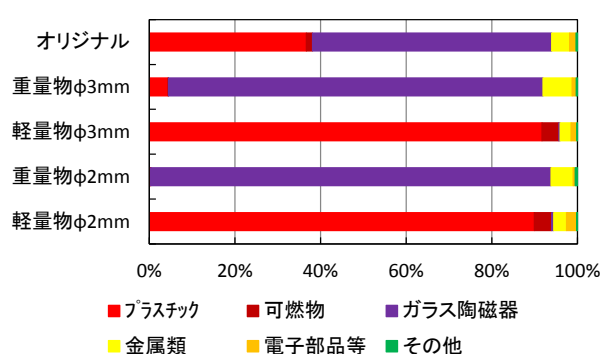


図 6-15 5mm 以上粒径の組成調査

粒径分布を比較した場合、φ2mm のデッキを用いた場合、1mm 以上、2mm 未満の粒径物も軽量物または重量物として選別されている。一方、φ3mm デッキを用いた場合でも、軽量物中には 2mm 未満の粒径の混入が約 15% 見られるが、重量物中には 2mm 未満の粒子の混入は数% 程度であり、選別デッキの孔径を大きくすることによって重量物の粒度調整が可能であることがわかった。

各選別物の組成を見ると、分離目的であるプラスチック類及びガラス陶磁器を高い精度で分離できていることがわかった。しかし、金属類、電子基板片、コード等が全ての選別物に含まれていた。金属類は、その大きさ、重さにより重量物にも軽量物にも含まれることがわかった。乾式比重差選別機を用いて不燃残渣の資源化を行う場合、磁力選別機や渦電流選別機も装備することによって分離精度の向上及び金属類の資源化が期待できる。

6.2.5 含水率の影響試験結果及び考察

各試験における投入量、水分添加量、及び選別物重量割合を表 6-5 に示した。

表 6-5 各試験における水分添加量及び選別重量割合

		Run 1	Run 2	Run 3
投入重量(kg)		93	88	83
水分添加量(L)		0	4.5	2.4
分離割合	重量物	51%	53%	45%
	軽量物	33%	38%	39%
	デッキ下	8.7%	3%	9%
	残物	5.2%	7%	10%
	合計	98%	101%	103%

表からわかるように、水分を添加した場合、デッキ孔から落ちる細粒分が極端に少なくなり、逆に重量物及び軽量物は細粒分が表面に付着するため選別量が増えることが示唆された。

そこで、図 6-16 に各試験における軽量物の粒径分布を示した。水分未添加の場合 (Run1)、2mm 以下粒径分は約 7% ですが、水分を添加した場合、それぞれ 15% (Run2)、14% (Run3) である。このように、試料中の含水率が高くなるとプラスチック表面に細粒分が付着するため、細粒分が増加することがわかった。

図 6-17 に各試験における軽量物 5mm 以上粒径の組成調査結果を示した。

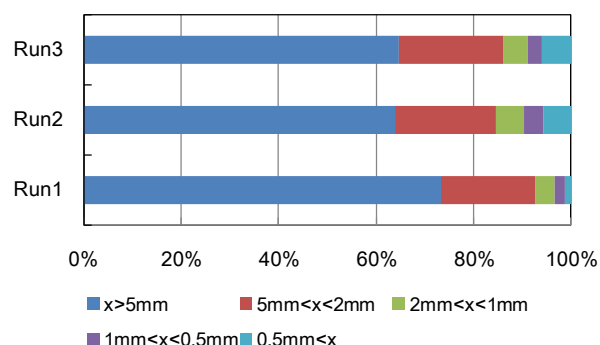


図 6-16 軽量物の粒径分布

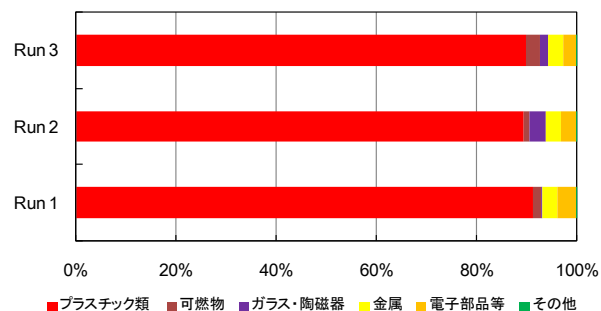


図 6-17 軽量物粒径 5mm 以上の組成調査結果

水分添加時においても選別されたプラスチックの分離精度は約 90%を保っていた。最も水分添加量が多い Run 2 の場合は、付着の影響と考えられるガラス陶磁器の混入割合が他の試験の場合よりも多い (Run 1 の 10 倍、Run 3 の 2 倍)。

表 6-6 に各選別物の含水率、熱灼減量、及び試料、軽量物についてはかさ密度及びボンベ熱量計で測定した発熱量を示した。

表 6-6 各選別物の物理化学的質

	含水率	熱灼減量	かさ密度 (kg/L)	熱量 (MJ/kg)
Run1 重量物	0.1%	1.4%		
Run1 軽量物	0.9%	81%	0.55	32
Run1 デッキ下	0.3%	0.8%		
Run2 試料	6.1%	24%	1.0	9.7
Run2 重量物	3.4%	9.5%		
Run2 軽量物	7.6%	55%	0.66	25
Run2 デッキ下	2.5%	1.2%		
Run3 試料	2.7%	26%	1.0	10
Run3 重量物	1.2%	0.6%		
Run3 軽量物	4.1%	65%	0.92	12
Run3 デッキ下	23%	1.2%		

Run2 及び Run3 含水率を比較すると、含水率が高い場合 (Run 2、含水率 6%) は水分を含む細粒分が軽量物に付着し、軽量物と一緒に選別されるため、軽量物の含水率が高くなり、一方、含水率が約 3%程度の場合は (Run 3)、細粒分が適度な水分を含みデッキ下へ落ちるため、デッキ下の含水率が高くなることから推測できる。

熱灼減量の結果から、含水率が高い場合 (Run2) は重量物へも可燃性の細粒分が付着し、含水率が 3%程度の場合 (Run3)、熱灼減量への影響はあまり無いことがわかった。

これらの結果から、乾式比重差選別機を適用し、不燃残渣中のプラスチック類とガラス陶磁器の精度の高い分離を行う場合、含水率を数%程度に調節する必要があることがわかった。また、分離された軽量物の熱量は約 30MJ/kg であり、熱量換算では 3 倍程度濃縮されていることもわかった。この分離された

軽量物の熱量は原料炭やコークスと同程度であり、不燃残渣からプラスチック類を分離し、さらに金属を回収したら、サーマルリサイクルに十分利用できると思われる。

6.3 まとめ

市町村の不燃ごみ・粗大ごみ処理施設では、現在あまり利用されていない乾式比重差選別機を不燃残渣処理に適用し、ガラス陶磁器くずや硬質プラスチック類を 9 割以上の分離精度で選別できることを確認した。したがって、これらの選別物の利用方法が確立された場合、リサイクルの推進及び埋立地の延命化に寄与できることがわかった。なお、選別物の分離精度を高め、資源として使用するためには磁力選別機及び渦電流選別機を併せて用いることが必要になる。

乾式比重差選別機は、建設系混合廃棄物の選別施設では既に利用されており、確立された技術である。本機は災害廃棄物処理においても利用可能なことから、市町村の粗大ごみ処理施設に導入することにより災害廃棄物処理に多大な貢献をすることが期待できる。

7. 民間資源化施設に関わるヒアリング調査

一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理、すなわち資源化の促進及び埋立量の削減を目的として、不燃残渣の質の評価及びその主成分であるガラス・陶磁器とプラスチックの選別技術について検討し、高い精度で選別を行える可能性を示した。一方、たとえ高精度で分けたとしても、それを使用する側の基準を満たさねば意味がないことになる。そこで、プラスチック類及びガラス陶磁器のリサイクル企業及び不燃残渣のリサイクルできる可能性が高い企業としてセメント工業にヒアリング調査を実施した。また、小型家電製品の分解選別に対して先進的な取り組みを実施している企業に対してもヒアリング調査を行い、課題をまとめた。

7.1 ヒアリング調査対象企業

ヒアリング調査は、埼玉県内のプラスチック類のマテリアルリサイクル会社として株式会社エコバンク（埼玉県南埼玉郡白岡町野牛 186）及び有限会社丸松産業（埼玉県比企郡川島町大字戸守 494-1）、ガラス陶磁器のマテリアルリサイクル会社として千葉県のカラスリソーシング株式会社（千葉県銚子市春日町 740-1）及び不燃残渣をリサイクルできる可能性が高い企業として県内に工場のある太平洋セメント株式会社（東京都港区台場 2-3-5）に実施した。小型家電の分解・分離選別会社としては株式会社 浜屋（埼玉県東松山市下唐子 1594）を対象とした。

7.2 ヒアリング調査結果

7.2.1 プラスチックのマテリアルリサイクル推進のための課題

ヒアリング対象企業では廃プラスチックをマテリアル資源として利用するため、買い取りを実施しているが価値が高いわけではなく、かつ、搬入される廃プラスチックはかさ高いものが多いため、リサイクルの推進する場合、輸送費が重要な要素となり、工場の近隣かつ大量取引が必要である。

一般廃棄物からの容り法関連以外のプラスチック類のマテリアルリサイクル対象種は選別精製しやすいポリエチレン及びポリプロピレン製品であり、その多くはケースや容器（図 7-1）である。受け入れ要件として、金属を含むものや汚れがひどいものは、除去しなければならない。搬入されたプラスチック類は、まず、人手により金属の混入、汚れ等のチェックを受けたのち、破碎、磁力選別による鉄類の除去、水を利用する比重差選別機（図 7-2 左図）を用いてポリエチレン及びポリプロピレンを回収、乾燥、フレークまたはペレットに加工し、プラスチック原料として販売するという流れである。これら廃プラスチックを原料として、植木鉢、車止め、医療用廃棄物収集容器（図 7-2 右図）、雨水浸透升等が作られている。選別し原料としないものは、サーマルリサイクルでエネルギー源として利用する。エネルギー源として受け入れる工場は受入基準が厳しく、塩素濃度、含有金属量等クリアしなければならない 10 項目程度の基準がある。



図 7-1 一般廃棄物からの廃プラスチック



図 7-2 湿式比重差選別機（左図）及びリサイクル製品（右図）

〈プラスチック再資源化工場での課題〉

○民間では受け入れ先の規定に合わせるように選別するが、行政の場合は民間に合わせさせるため、民間でリサイクルを行う場合に二度手間になり余計な費用が掛かる。

○市町村処理施設での人手による前選徹底選別及び一時保管場所の確保。

○廃プラスチックのリサイクルは精製し、原料化した後でも高価なものではないため、一般競争入札は適していない（過当競争が起き、原料価格が高い間は良いが、低くなった場合、手間がかかる割には利益が少なく民間が手を引く恐れが否めない。地域企業の育成、雇用場所の創生等の考えを一般廃棄物リサイクルに組み込むべきである）。

○混合物からポリエチレンやポリプロピレンは水を利用した選別装置で精度よく選別することは可能であるが、ポリエチレンの中にも色々な種類が存在するため、一般廃棄物からの質の良いプラスチック原料を製造するためには徹底的な前選別が必要であり、経済性の面から非常に難しい。

○プラスチックはかさ高いため、輸送効率が悪く、リサイクルに占める輸送費の割合が高い。

7.2.2 ガラス陶磁器のリサイクル推進のための注意点及び課題

茶色や無色透明の廃ガラス瓶の多くはガラス原料として有価売却、資源化されているが、他色の瓶、ガラスや陶磁器類の資源化は進んでいない。ガラスリソーシング株式会社は、そのようなガラスや陶磁器から土木資材として使用されるガラス造粒砂（図 7-3）の製造を行っている。搬入されたガラス陶磁器は、破碎機により破碎された後、風力選別機、吊下式磁力選別機、プリー磁力選別機、アルミ選別機、一次スクリーン等により鉄、アルミ、キャップ（図 7-4）、ラベル等が取り除かれ、鋭利な角がとれた造粒物は、二次スクリーンにより粒度調整され、ガラス造粒砂となる。ガラス造粒砂はドレーン砂・パイル砂としてサンドコンパクション等の軟弱地盤改良工、透水性舗装の砂として利用し道路工、雨水貯留浸透施設や埋め戻し工等に利用されている。販売価格は、砂の価格よりも安価（650 円/t: ヒアリング調査時の販売価格）であり、砂や砂利の代替材として利用することが期待さる。



図 7-3 ガラス造粒砂

本研究で乾式比重差選別により分離したガラス陶磁器くずの使用に対する見解は「市町村の破碎選別施設から排出される不燃残渣は、様々な不燃ごみが混合搬入され、混合破碎されるため、たとえ選別を行いガラス陶磁器くずのみ分離できたとしても、有害物質の付着、混入が否めず、安全性を担保できないため、自然環境中で使用する製品を製造するプラントでは受け入れることはできない」との見解であった。今後、一般廃棄物不燃ごみ中の廃ガラス及び陶磁器のリサイクルを推進するならば、収集時に不燃ごみと分離するか、市町村の不燃ごみ資源化施設に入り、他のごみと混合破碎する前に、ガラス・陶磁器の分別を行う必要がある。



図 7-4 選別・除去されたキャップ

〈ガラス陶磁器リサイクルにおける課題〉

○利用先の確保が必要。ガラス造粒砂は熔融スラグと同様に廃棄物から作成されたものであり、リサイクル品のために率先して使用するという意識が行政組織全てに共有されているわけではない。そのため、収集、加工、利用まで全てを含む流れを構築する必要がある。

○リサイクル先の選択肢を増やすことができる。その他ガラス（茶色、透明以外のガラス）や陶磁器のリサイクルは排出量の割には進んでおらず、全国各地の一般廃棄物処分場にはガラスカレット屑が埋め立てられている。

○現在は、処理のみの委託を受けているため、運搬効率が悪い（往路、復路のどちらかが空便）。運搬効率を良くするため、及び処理費を節約するために加工のみの委託を受けることもできる。その場合は、市町村は引き取った人工砂の一時保管場所の確保及び使用先（公共工事等）の確保が必要となる。この考え方は循環型社会の構築としては、適していると考えられる。

7.2.3 セメント工業における不燃残渣の資源化

セメント工業は、一般廃棄物処理に関し既に焼却灰のリサイクルを行い、埋立ごみの削減に貢献している。今回の調査の目的は、不燃残渣投入の可否、及びセメントに不燃残渣を入れる場合、どのような項目を調査する必要があるのかという観点ヒアリング調査を実施した。

〈セメント工業における課題〉

○不燃残渣の成分分析結果から、セメントへの投入の可能性はある。

○不燃残渣中に可燃分が多いので不燃残渣をセメントキルンのエネルギー原料及びセメント原料としての利用可能性はある。

○不燃残渣中の塩素濃度、重金属含有量、全塩分量等を考慮する必要がある。セメントには品質規格（JIS R 5210）があり、全アルカリ含有量が規定されているため、分析結果を考慮するとガラス分を除去することによってセメント資源化は容易になる。

○施設により質に差があるため、施設毎の検討が必要である。

検討結果から、今後、不燃残渣のセメント資源化へ向け、太平洋セメント株式会社と協力してセメント原料化へ向けた検討を行う。

7.2.4 廃家電の分解・分離選別による資源化推進のための課題及び留意点

浜屋は、廃家電類の分解、分離、選別に身障者を雇い、身障者の雇用促進にも貢献している。数年前まで、市町村から掃除機、扇風機、炊飯器、電子レンジを無償で回収し、分解、選別を行い、資源リサイクルを推進していた。しかし、これらの廃棄物を無償で回収したとしても、量が限られており、かつ、場所代、人件費、輸送コストがかかるため、利益が少なく、一般廃棄物の廃家電資源リサイクルを断念していた。現在、市町村からの分解選別を目的とした廃家電の収集は行わず（リユース品の買い取りは実施）、民間企業から多量に排出される家電類（図 7-5 左図）を対象に分解、選別を実施している。



図 7-5 浜屋での作業状況（左図）及び民間から集めた家電類（右図）

分解選別には 7～8 名の身障者（図 7-5 右図）を雇用し、資源としての価値が増すような分解選別（基板：図 7-6、モーター、電源ボックス、内臓電池等）を実施している。

〈家電分解工場における課題〉

- 同一または同類製品を多量に集めなければ効率が悪い（コード類の切断程度ならば可能であるが、分解する場合は同種、多量が必要）。
- 非常に外しづらいねじ形（星形、△、Y 型等）がある。
- 分解後、選別品目が多くなるため、ある程度広い場所が必要である。
- 屑鉄等の価格は景気により変動するため、滞りなく処理をしなければならない一般廃棄物処理では、利益よりも公共性（資源確保、環境保全、社会的弱者の雇用創出等）を重視すべきであり、行政関与が必要不可欠である。

〈留意点〉

分解作業は破壊作業なので、製品を作成するよりは失敗が許され、身障者も働きやすい環境であると考えられる。廃家電の分解作業は身障者の雇用創出及び資源循環の観点から行政としても推進または支援すべき事業であると考えられる。



図 7-6 選別された基板類

7.3 まとめ

不燃・粗大ごみのマテリアルリサイクルを推進する場合、原料として利用するため混合破碎選別物は付着物を除去するための再精製が必要である。このような観点から、付加価値の高い有用金属以外マテリアルリサイクルは適しておらず、一般家庭からの収集時、または、破碎選別機投入前の抜き取りが必要不可欠であると考えられる。しかし、現在の収集システムや処理システムの変更には多大な費用と労

力、時間が必要である。このような現状で、資源化の促進及び埋立廃棄物削減の方向性として、セメント工業におけるリサイクルは、不燃残渣の性状（主成分がプラスチック類及びガラス陶磁器である）を考慮すると、資源化可能性が高いリサイクル手法であることが示唆された。

8. まとめ

(1) 埼玉県の不燃・粗大ごみの現況

埼玉県的一般廃棄物不燃ごみ・粗大ごみの排出量は人口規模を考慮すると決して多いわけではなく、かつ、中間処理後焼却量及び中間処理後埋立量も著しく多いわけではないので、一般廃棄物不燃ごみ・粗大ごみ処理は適切に行われている。しかし、ごみ質変化や、最終処分地の県外依存、県営最終処分場における搬入状況、及び粗大ごみ施設の稼働状況、老朽化等を考慮すると不燃・粗大ごみの資源化の促進及び埋立廃棄物の削減は重要な課題であることを明らかにした。

(2) 不燃・粗大ごみ処理から選別される不燃残渣の調査

不燃ごみ処理残渣の物理化学的特質の調査を行った結果、可燃分含有量は9%~50%とかなり施設による相違があることが明らかとなった。また、2mm以上の粒径のものが多くかつ、それらの粒径区分の成分中に可燃分が多く含まれていることが分かった。また、不燃残渣の物理化学的性質の経年変化を調べた結果、各施設での質の変動は見られるが、施設間での傾向には変化が無く、プラスチック類を多く排出している施設はいつ採取してもプラスチック含有量多く、金属類が多い施設はいつ採取しても金属含有量が多いことが分かった。これらの結果から、不燃残渣を資源とする場合、質の変動が少ないため、適切な処理を行えば今後資源化の可能性があると明らかにした。

(3) 不燃ごみ中からの廃家電製品の抜き取り調査

不燃ごみ中の廃家電製品の抜き取り調査を実施した。その結果、廃家電製品の含有率は約19wt%であった。また、抜き取りした廃家電製品（41品目）の有用金属の推定金額は、238,201円/月となった。このように本研究では不燃ごみとして排出された廃家電製品の有用金属資源としての経済ポテンシャルを評価することができた。今回、不燃ごみから廃家電製品の抜き取り・分別作業に関わった延べ人数は63名、延べ作業時間は5448時間（抜き取り作業3108時間、分別作業2340時間）に達した。今回の取り組みは、丹念に廃家電製品を抜き取ったため、かなりの時間を費やした。また、廃家電製品を抜き取りして分別するために、作業スペースとして不燃ごみ保管施設168m²（12m×14m）が必要であり、市町村がピックアップ回収を行う場合、一時保管スペースは準備する必要がある。今後、不燃・粗大ごみの適正処理について検討していくためには、実現可能性及び経済的合理性を考慮して処理システムの検討を行っていく必要がある。

(4) 小型電子機器の分解試験

廃小型電子機器の資源価値を高める目的として、小型電子機器別、分解に要する時間等について調査を実施した。価値の高い電子基板を含む情報関連小型電子機器類は一般家電類と比べ、固体重量が軽く、かつ分解に時間を要する。一方、一般家電類の場合、個体重量は重い、分解にかかる時間も短い。

このように、今後、市町村が小型家電類を集め、資源価値を高めることを考える場合、回収量の確保が見込め、かつ、分解がある程度容易な一般家電類を対象に分解・選別を行い、情報機器のような精密機器の場合は引き取り価格も高いので分別し、認定事業者引き渡すことが適していると考えられる。

(5) 乾式比重差選別機による不燃残渣の選別処理

市町村の不燃・粗大ごみ処理施設では、現在あまり利用されていない乾式比重差選別機を不燃残渣処理に適用し、ガラス陶磁器くずや硬質プラスチック類を 9 割以上の分離制度で選別できることを確認した。したがって、これらの選別物の利用方法が確立された場合、リサイクルの推進及び埋立地の延命化に寄与できることがわかった。選別物の分離精度を高め、資源として使用するためには磁力選別機及び渦電流選別機を併せて用いるが必要になる。

乾式比重差選別機は、建設系混合廃棄物の選別施設では既に利用されており、確立された技術である。本機は災害廃棄物処理においても利用可能なことから、粗大ごみ処理施設に導入することにより災害廃棄物処理に多大な貢献をすることが期待できる。

(6) 民間資源化施設に関わるヒアリング調査

民間のリサイクル施設におけるヒアリング調査から、マテリアルリサイクルを推進するためには、破碎機投入前の選別が必要であることが分かった。一方、不燃残渣は処理しなくても、セメント原料として使用できることが示唆された。

9. 研究発表

(1) 論文等発表

- ①「一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究（その 1）及び（その 2）」、川寄幹生、磯部友護、鈴木和将、渡辺洋一、都市清掃、第 65 巻、第 307 号、p. 237～248、平成 24 年 5 月
- ②「一般廃棄物処分場の現状と課題」、川寄幹生、磯部友護、鈴木和将、渡辺洋一、廃棄物資源循環学会誌、第 23 巻、第 5 号、p. 366～372、平成 24 年 9 月
- ③「一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究（その 3）－不燃ごみ中の廃電化製品調査－」、川寄幹生、磯部友護、鈴木和将、渡辺洋一、小野雄策、都市清掃、第 66 巻、第 313 号、p. 260～264、平成 25 年 5 月
- ④「一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究（その 4）－資源化の促進及び埋立量削減への方策について－」、川寄幹生、磯部友護、鈴木和将、渡辺洋一、小野雄策、都市清掃、第 67 巻、第 319 号、p. 248～252、平成 26 年 5 月
- ⑤「使用済み化粧品・医薬品・医薬部外品の処理処分の現状と課題」、川寄幹生、廃棄物資源循環学会誌、第 25 巻、第 3 号、p. 165～172、平成 26 年 5 月

(2) 学会等発表

- ①第 33 回全国都市清掃研究・事例発表会（2012 年 1 月、函館）
「一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究（その 1）－各施設の処理方法と破碎選別残渣の組成について－」
- ②同「一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究（その 2）－廃家電類の抜き取りと破碎選別処理残渣中の金属含有量についてについて－」
- ③The 7th Asian-Pacific Landfill Symposium(APLAS Bari 2011:Oct.,2012)
“A study on proper treatment of noncombustible waste in MSW in Japan”
- ④Ditto, “Survey of waste electrical and electronic equipment in non-combustible municipal waste in Japan”
- ⑤第 23 回廃棄物資源循環学会研究発表会（2012 年 10 月、仙台）
「一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究－乾式比重差選別機を用いた処理不燃残渣の選別試験－」
- ⑥第 23 回廃棄物資源循環学会研究発表会 埋立部会企画セッション（2012 年 10 月、仙台）
「不燃ごみ処理不燃残渣埋立の問題・課題」
- ⑦第 39 回環境保全・公害防止研究発表会（2012 年 11 月、熊本）
「一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究」
- ⑧第 34 回全国都市清掃研究・事例発表会（2013 年 2 月、北九州）
「一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究（その 3）～不燃ごみ中の廃電化製品調査」
- ⑨日本分析化学会第 62 年会（2013 年 9 月、大阪）
「不燃ごみ処理残渣の物理化学的特性」
- ⑩第 24 回廃棄物資源循環学会研究発表会（2013 年 11 月、札幌）

「一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究－乾式比重差選別機を用いた処理不燃残渣の選別試験－」

⑪第 40 回環境保全・公害防止研究発表会（2013 年 11 月、松山）

「一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究」

⑫第 35 回全国都市清掃研究・事例発表会（2014 年 1 月、盛岡）

「一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究（その 3）～不燃ごみ中の廃電化製品調査」

⑬3R International and SWAPI at Kyoto University(March,2014, Kyoto)

“A study on the Proper Treatment of incombustible Municipal Solid Waste”

（3）講演等

①平成 24 年度産業廃棄物処理等技術研修会（2013 年 2 月、岡山市）

「一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究」

②平成 25 年度全国都市清掃会議関東地区協議会清掃行政研究会（2014 年 2 月、熊谷市）

「一般廃棄物について～環境科学国際センターにおけるこれまでの取組～」

③平成 26 年度 NPO 法人埼玉エコ・リサイクル連絡会総会（2014 年 5 月、さいたま市）

「一般廃棄物不燃ごみ・粗大ごみの適正処理に関する研究」

10. 知的財産権の取得状況

特に無し

謝辞

本研究を推進するにあたり、県内市町村の担当者の皆様、現場作業員の皆様には試料採取及びデータの提供において大変お世話になりました。また、久喜宮代衛生組合久喜宮代清掃センターの皆様には廃家電の抜き取り調査を実施するにあたり、多方面からの支援を頂きました。埼玉県環境整備センターの皆様には試料採取に協力して頂きました。実験を補助して頂いたみなさんには試料調製、データ収集整理において多大な協力を得ました。さらに、この場を借りて皆様に感謝の意を表します。

課題番号：3K113022

課題名：一般廃棄物不燃・粗大ごみの適正処理に関する研究

一般廃棄物処理における現状

- ・埋立地の逼迫した現状
- ・資源化率の進展が鈍化
- ・排出量の減少も鈍化
- ・廃棄物施策の中心は可燃ごみ
- ・焼却灰の資源化は推進
- ・小型家電リサイクル法の施行

不燃・粗大ごみ処理の現状

- ・排出量の1割程度
- ・排出物には資源化可能物が多い
- ・不燃残渣の一部は県外で最終処分
- ・粗大ごみ処理工程では金属回収のみ
- ・資源化率は減少傾向
- ・施設間の情報共有が少ない

研究目的

不燃・粗大ごみ処理に関連する資源化量の増加及び埋立廃棄物量の削減に対する方法等を示すことによって、市町村廃棄物行政施策立案支援及び廃棄物処理に関わる技術的支援を行う。

主な検討項目

- 1) 不燃・粗大ごみ処理に関わる情報整理
- 2) 不燃残渣の物理化学的質調査
- 3) 廃家電製品抜き取り調査
- 4) 小型電子機器の分解試験
- 5) 乾式比重差選別機による不燃残渣選別
- 6) 民間資源化施設のヒアリング調査

研究成果

- 1) 不燃・粗大ごみ処理の課題を提示
- 2) 主成分はプラスチック類とガラス陶磁器
- 3) 一時保管場所の確保等、課題を提示
- 4) 資源価値を高めるための提案
- 5) 不燃残渣に適した選別方法の提示
- 6) 資源化の課題及び資源化方法の提案

研究の効果

新たな不燃残渣の処理先として、県内の民間資源化施設（セメント工場）の利用を推進することによって、不燃ごみの資源化促進、埋立廃棄物量の削減が期待できる。また、比重差選別機を粗大ごみ処理施設に設置した場合、不燃ごみの資源化の推進及び災害時における有望な処理施設になることが期待できる。

Research title:

A study on the Proper Treatment of incombustible Municipal Solid Waste

Research representative:

Mikio Kawasaki, Center of Environmental Science for Saitama

Colleague:

Yugo Isobe, Center of Environmental Science for Saitama

Kazuyuki Suzuki, Center of Environmental Science for Saitama

Yoichi Watanabe, Center of Environmental Science for Saitama

Abstract :

What is an appropriate disposal of incombustible municipal solid waste (IMSW)? It may have several important stages. First stage is to collect IMSW without delay. Second is to treat collected IMSW smoothly without an environmental pollution. And final is to increase recycling ratio and to reduce dumped solid waste in a landfill site.

We have inspected lots of municipal waste treatment plants and have found they not only treated IMSW smoothly without emission pollutants, but also made much effort for IMSW recycling. However, we have found that there were many cases that administrators and staffs didn't know another plants situation of IMSW treatment. In addition, we have found it was difficult to investigate an IMSW quality, because waste treatment process of a plant is managed by waste weight only.

In this study, physicochemical characteristic and treatment condition of IMSWs were investigated for establishment of a treatment technical support and a waste management planning support for local municipalities.

The following are our results.

- (1) Almost of IMSW treatment plant focused on metal recycle and decreasing waste volume.
- (2) Dumped IMSW residues mainly consisted of hard plastics, glasses and ceramics.
- (3) MISW residues were classified easily using a gravity separation because diameter of most residues is over 2 mm.
- (4) Chemical characteristics of MISW residues were similar with an earth crust except for lead (Pb) and zinc (Zn).
- (5) MISW residues had calorific values of 2 to 24 MJ/kg because they contained much amount of combustible contents.
- (6) A dry type gravity separation system could classify high quality hard plastics, glasses and ceramics from IMSW residues.
- (7) Installation of a hand separation system before a crushing and separation treatment is needed in order to make a material recycle.

(8) Consideration of total alkaline amount in IMSW residues is important for a utilization of it as a cement raw material in order to ensure its quality.

Our future work is to make demonstration tests for a utilization of IMSW as a cement raw material.

Key words :

incombustible MSW, proper treatment, promote recycling, reduction landfilling,
gravity separation