

〔報告〕

蛍光X線分析を用いた小型電子機器等の簡易定量分析(2)

— 希少金属等の部位別分析結果 —

茂木 敏 山崎 幸一* 辰市 祐久 荒井 康裕** 小泉 明**

(*現・東京都多摩環境事務所 **首都大学東京大学院)

1 はじめに

小型電子機器に含有される希少金属等の資源循環を目的として、都内においても小型家電製品のボックス回収によるモデル事業や粗大ごみからの金属回収など、様々な取り組みが始まりつつある。¹⁾²⁾³⁾

資源を循環していくためには、希少金属等を含む廃棄物を直接、精錬所等に運搬する方法や、予め一定の濃縮プロセス(機器の手分解による部位の選別又は焼却による減容化など)を経た後に運搬する方法などがあるが、資源の循環システムとして構築するためには、静脈物流に関するエネルギーやコストも考慮しなければならない。

小型電子機器に含有される希少金属等の種類と含有量の分析結果については既報⁴⁾で報告しているが、本報では濃縮プロセスを検討するために必要とされる基板や樹脂ケースなどの部位別の希少金属含有量を把握するために簡易定量分析を行ったので、その結果を報告する。

2 調査対象及び分析方法

調査対象及び分析方法は既報⁴⁾と同様に表1の試料分類に示す携帯型電子機器(A)のほか、情報・通信・音響機器(B)、調理・生活家電(C)、その他の希少金属含有機器等(D)について、エネルギー分散型蛍光X線分析(以下EDXという。)を用いた簡易定量分析を行った。

表1 対象試料の分類

A: 携帯型電子機器 01: デジタルカメラ, 02: ビデオカメラ, 03: ポータブル音楽プレーヤー, 04: ポータブルテレビ, 05: ポータブル DVD プレーヤー, 06: ポータブルラジオ, 07: 電子手帳・PDA・電子辞書, 08: ボイスレコーダー, 09: 携帯電話, 10: 電卓
B: 情報・通信・音響機器 11: ゲーム機, 12: 電話機(携帯電話以外のもの), 13: カーナビ, 14: ワークプロ, 15: プリンター, 16: スピーカー, 17: ラジカセ, 18: HDD, 19: ファクシミリ
C: 調理・生活家電 20: 電気ポット, 21: 電気炊飯器, 22: 電気掃除機, 23: 電気式シェーバー
D: その他の希少金属含有機器等 24: リモコン, 25: 電子機器付属品(アダプタ等), 26: 回路基板, 27: その他の希少金属含有機器

EDX は SEA1200VX (エス・アイ・アイナノテクノロジー社製)を用い、簡易定量分析方法として標準物質(BCR

Reference material No.176)により補正を加えたファンダメンタルパラメータ法(FP法)を用いた。分析対象とする希少金属等は既報と同様の47元素とした。また、樹脂含有率は強熱減量から求めた。

試料は資源循環可能性や作業性、判断や作業の容易性などから図1の例に示すように部位別に手分解を行い、重量を測定した後、破碎にはウィレー式粉碎機(池田理化社製)、粉碎には高速振動試料粉碎機(シー・エム・ティー社製)等を用い、微粉末試料をハンドプレスで圧縮し、平滑な表面を持つ試料ディスクとした。

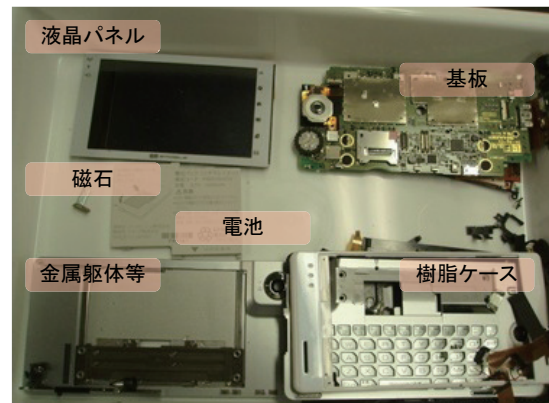


図1 小型電子機器等の部位別分解事例

3 調査結果及び考察

小型電子機器等の部位別の希少金属等の含有比率及び重量比率を図2、表2、表3に示す。

基板部に着目すると、表2に示すように試料分類A~Dで、15.2~18.7%と希少金属等の含有比率には大きな差は見られなかった。重量比率は、表3に示すように試料分類Aの携帯型電子機器では27.9%を占めていたが、試料分類Cの調理・生活家電では3.1%程度であった。

液晶部については、試料分類B, C, Dには付属しているものが少なかったため、試料分類Aの携帯型電子機器のみについて分析を行った。

液晶部の重量比率は8.9%を占めており、希少金属等の含有比率は6.9%であった。希少金属等の組成(図4)は、基板部(図3)と比較すると銅以外の希少金属等の含有比率が比較的高い傾向であった。

磁石部は、試料分類Cでの重量比率はごく少なく、試

料分類 A, B, D においても、0.3~2.6%程度であった。しかしながら部位中の希少金属等の含有比率は比較的高く、12.9~15.6%であった。希少金属等の種類別の含有比率に着目すると、図 5、図 8 及び図 13 に示すようにネオジム、バリウム、ストロンチウムが、いずれの試料分類においても上位を占めていた。

樹脂ケース部は、いずれの試料分類においても 26.3~41.7%と重量比率の多くを占めるが、希少金属等の含有比率は、0.7~2.7%程度であった。希少金属等の種類別の含有比率では図 6、図 9、図 11 及び図 14 に示すように、いずれの試料でもチタンが最も含有されていた。

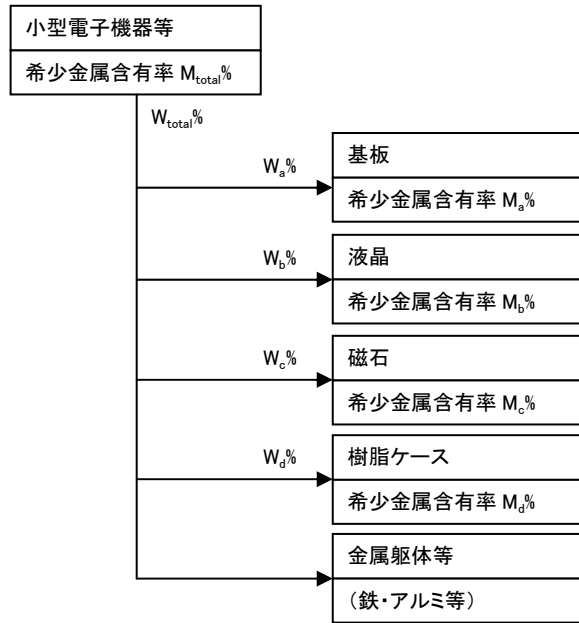


図 2 重量組成と希少金属含有率との関係

表 2 部位別の含有希少金属等の比率

試料分類	M _{total} %	M _a %	M _b %	M _c %	M _d %
A	8.6	18.7	6.9	15.6	2.7
B	7.6	17.8	—	12.9	0.7
C	7.5	18.4	—	—	1.0
D	6.9	15.2	—	15.4	1.6

表 3 小型電子機器等の部位別重量比率

試料分類	W _a %	W _b %	W _c %	W _d %
A	27.9	8.9	1.6	39.3
B	12.9	—	2.6	40.1
C	3.1	—	—	41.7
D	16.0	—	0.3	26.3

手分解による部位の選別を濃縮工程として見た場合、例えば携帯型電子機器（試料分類 A）全体の希少金属等の含有比率は、8.6%であったが、基板を取り出すことにより希少金属等の含有比率は18.7%と約2倍に濃縮さ

れると考えられる。他の試料分類においても、それぞれ得られる重量は異なるが、手分解で基板のみを集めた場合には、全体の希少金属等の含有比率に対して2倍程度の濃縮効果が見込まれる。

また、ネオジムのようなレアアースを回収することを目的とした場合には、重量比率は低いが磁石部のみを回収することにより効率的な回収が可能となる可能性があり、同様にストロンチウムやバリウムの回収を目的とした場合には磁石部を、チタンの回収を目的とした場合には樹脂ケースを回収することが適切であると考えられる。しかしながら、これらの金属のリサイクル技術は、選別技術も含め開発途上にあるため、現時点では実際に回収される可能性は低いと考えられる。

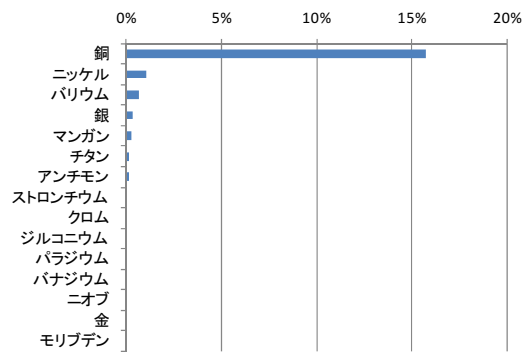


図 3 携帯型電子機器(試料分類 A) 基板

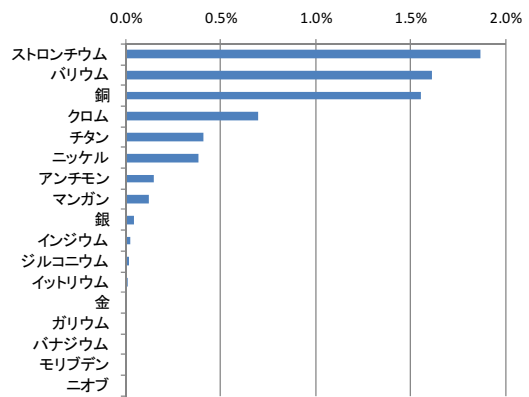


図 4 携帯型電子機器(試料分類 A) 液晶

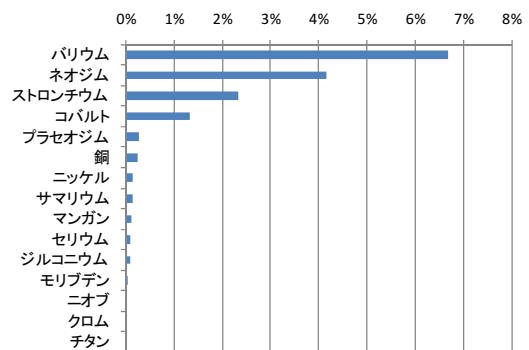


図 5 携帯型電子機器(試料分類 A) 磁石

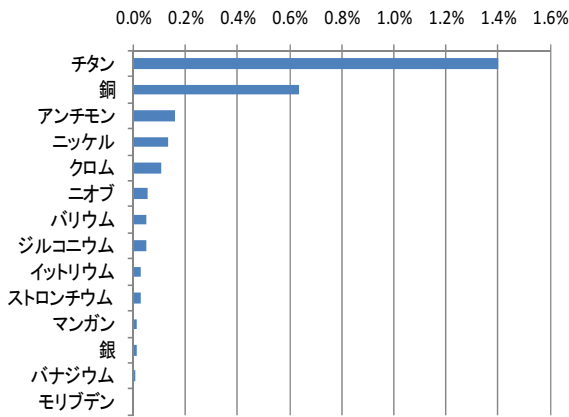


図6 携帯型電子機器(試料分類A)樹脂ケース

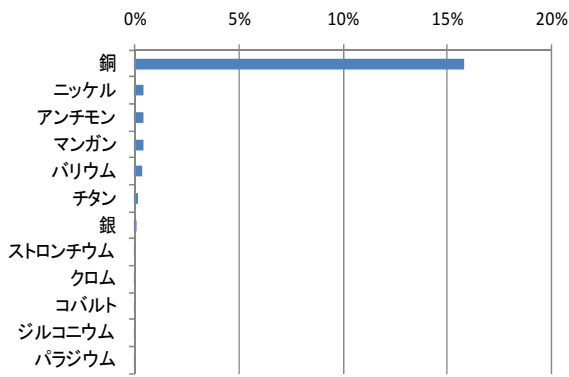


図7 情報・通信・音響機器(試料分類B)基板

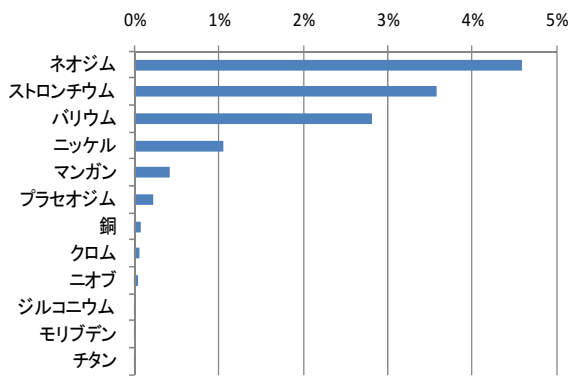


図8 情報・通信・音響機器(試料分類B)磁石

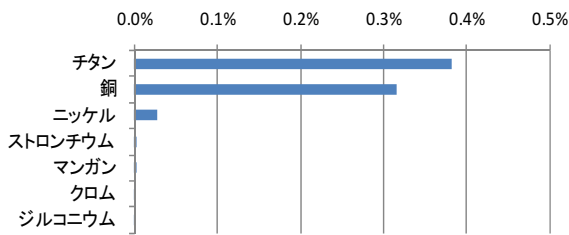


図9 情報・通信・音響機器(試料分類B)樹脂ケース

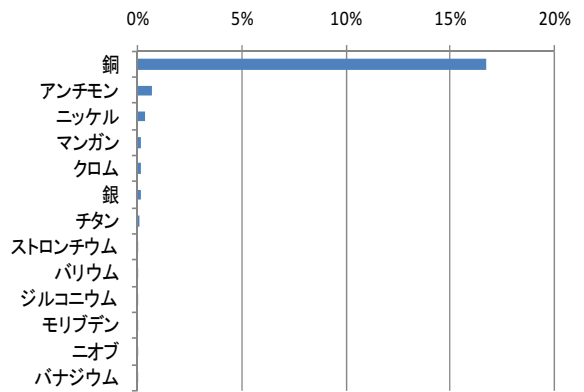


図10 調理・生活家電(試料分類C)基板

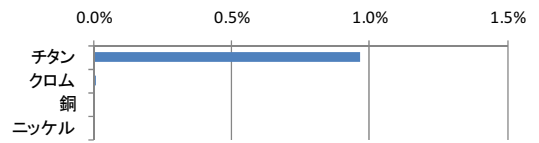


図11 調理・生活家電(試料分類C)樹脂ケース

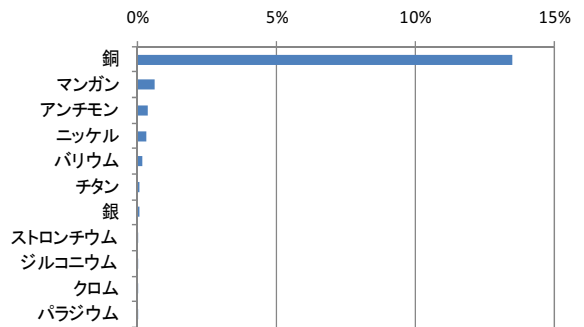


図12 その他の希少金属含有機器等(試料分類D)基板

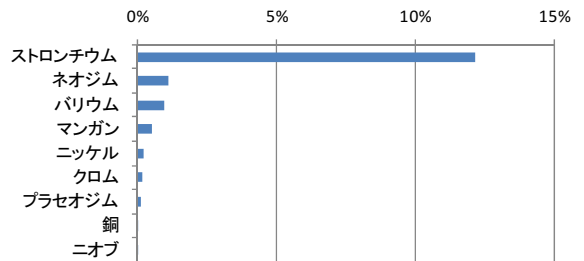


図13 その他の希少金属含有機器等(試料分類D)磁石

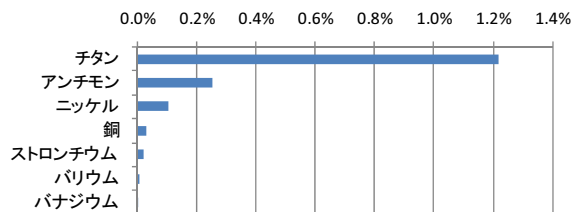


図14 その他の希少金属含有機器等(試料分類D)樹脂ケース

4 おわりに

本報告では、前年度に引き続き、不燃ごみとして埋め立てられている小型電子機器等の資源循環可能性について、簡易定量分析により検討を行った。

希少金属等の資源循環を進めていくためには、多くの物質が多く電子部品として使用され廃棄されている実態を把握する必要があり、基板を取り出すことにより希少金属等の含有比率が約 2 倍に濃縮されるなど部位別の希少金属含有比率等を一定程度明らかにした。

なお、今回の調査では、二次電池など既存の回収システムがある部位は対象外としたが、調査対象とした機器の多くは二次電池を含んだまま廃棄されていたため、これらの回収を強化していくことにより資源循環率を向上させていくことも必要と考える。

また、希少金属等の分析方法についての標準化⁵⁾も進みつつあるため、今後は分析手法についても、簡易性と定量性を含めて検討を進めていく。

参考文献

- 1) 環境省：平成 21 年度 使用済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とりまとめ, 平成 22 年 3 月
- 2) 調布市：「使用済家電製品に含まれるレア金属などの金属のリサイクルを開始」, 平成 22 年 11 月
- 3) 武蔵野市, レア金属などの資源化に向け都市鉱山開発事務所を開設, 平成 23 年 4 月
- 4) 茂木敏、山崎幸一：蛍光 X 線分析を用いた小型電子機器等の簡易定量分析, 東京都環境科学研究所年報 2010, pp.100-102(2010)
- 5) 廃棄物資源循環学会物質フロー研究部会：「製品中のレア金属等暫定分析方法 (v. 2)」, (2010)