

地域資源循環プロジェクトに関する研究	
題目	廃電子基板からの製錬忌避元素分離のための焙焼・電気パルス粉碎条件の検討
著者	大和田秀二, 寺田翔, 杉澤建, 瀬尾卓, 所千晴, 川上智, 田畑奨太

## 1. まえがき

日本はほとんどの鉱物資源を海外に依存しており、資源安全保障の観点からも大量に発生する廃棄物からの資源回収が急務である。特に廃電気・電子機器はE-wasteと呼ばれ、これらに含まれるプリント基板にはレアメタルを含む多種の金属が高濃度で含まれており、一定以上の有価物および一定以下の不純物を含有した状態でこれらを安定供給できれば、都市鉱山として資源価値を持つようになる<sup>1)</sup>。

本研究は、電子基板(PCB)の二次原料化を達成するための技術開発の一環である。研究の概要を図1に示す。廃PCBには、銅製錬の濃縮対象となる銅、貴金属、レアメタルのみならず、アルミニウム、可燃性樹脂、難燃(助)剤成分(Br, Sb)ステンレス成分(Cr, Niなど)、ハンダ成分(Sn, Biなど)、ガラス繊維などの忌避成分が含まれており、これらを事前に除去することが望ましい。

本研究室では過去にこうした廃PCBからレアメタルを濃縮することを目的とした研究報告<sup>2)</sup>を行っているが、今回は忌避元素の分離を達成すべく、次の項目を行うこととした。まず従来の粉碎・物理選別処理を行う前に、①ある条件下にて焙焼を行うことで金属相の酸化を抑制しつつ、ハロゲンの除去、はんだの熔融、有機物の灰化・脆化を促し、次に、②焙焼後の粉碎に、基板実装部品の素材単体分離促進の効果が期待される<sup>3)</sup>電気パルス粉碎(ED)を用いた。この①②を組み合わせ、回収元素と忌避元素の総合的な分離を試みる。そして有価金属類を高品位化させた製錬二次原料をつくる処理技術を開発することが、本研究の目的である。

## 2.1 試料

対象とする試料は、国産の廃PCBである。基板は全てDOWAエコシステム(株)が収集、焙焼したものをを使用した。

## 2.2 実験方法

まず、最適の焙焼条件を検討するため、焙焼前の基板と各種雰囲気・温度で焙焼された基板上の部品類を、電子走査型顕微鏡(SEM)およびエネルギー分散型X線分光分析器(EDS)を用い分析した。その後、上記各種焙焼産物について、SEFRAG社Lab S2.0を用いてEDを施し、得られた産物について粒度ごとに、蛍光X線分析(XRF)、X線回折分析(XRD)およびMineral Liberation Analyzer (MLA)を用いた単体分離性分析を行った。

## 3. CuのAl元素に対する分離効率

ここでは紙面の都合上、CuとAlの分離性について結果のみ記すこととする。

上記各種条件でのED産物の種々の分析結果より、各元素の粒群別分配率分布を算出し、各印加回数の産物について、特定のカットサイズで分離した場合のCuとAlの分離効率を求めて図2に示した。各種条件のうち大気雰囲気・500℃での焙焼産物をEDした場合の分離効率がより高値を示し、ED40回照射の際にカットサイズ1mmにて最大分離効率48%を示すことが示された。この時の、Cuの網下への回収率は83%、Alの網目上への除去率は64%であり、単純なふるい分けを施すことにより、比較的良好な相互分離を達成できることが判明した。

この原因は、Alの主たる構成物である基板中のAl電解コンデンサ筐体サイズが大凡4mm以上であり、EDではそれらが非破壊で残ることであり、これは、Cuの粒群別分配率分布とAlのそれを比べると、前者が後者より細粒側に大きくシフトしており、1mm以下の粒群にCu分が、それ以上にAl分が濃縮されていることから証明されている。なお、焙焼温度700℃ではAlの融解が起こり、その熔体と混合したCu粒子等が存在し、同分離効率は大きく低下することも分かった。

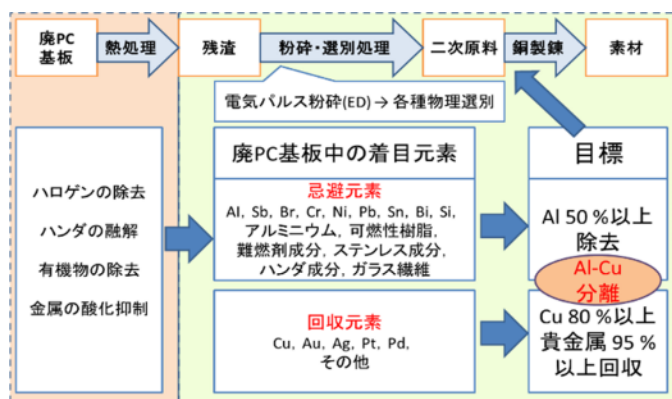


図1 PCB二次原料化技術開発の概要

## 2. 試料, 実験方法

本研究は、平成29年度JOGMEC事業によって行われました。

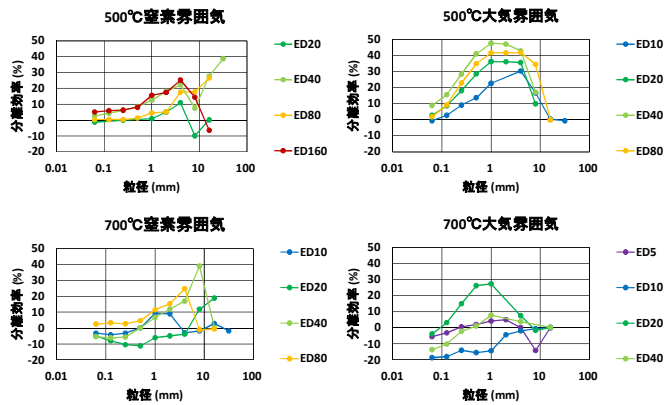


図2 各種焙焼物のED産物におけるカットサイズごとのCu-Al分離効率

#### 4. 製錬前処理としての焙焼・ED処理の特徴

焙焼産物部品の各種分析の結果から、雰囲気によらず Al 電解コンデンサ筐体はほとんど酸化せず、特に 500 °C以下の焙焼条件では融解しないため、そのままの形状でふるい上に除去される可能性が示された。また、大気雰囲気焙焼物では、Cu が ED 後に比較的細粒に分配し、こうした粗粒の Al と分離できることも分かった。一方、はんだ中の Sn や難燃（助）剤として使用される Br, Sb は Cu よりもさらに細粒に分配されるため、これらを Cu と分離するには、ED 中の Cu 素材の破壊を抑制する、あるいは、同 ED 産物への各種物理選別の適用が必要であると判明した。なお、物理選別による忌避元素の除去にあたっては、基板の焙焼により樹脂が分解した後に銅箔とともに残るガラス繊維の除去も課題であることも分かった。これには、ガラス繊維状粒子の単体分離や、繊維の団粒を ED によって解すことにより、その後の比重選別や静電選別による分離が効果的であると考えられた。

#### 引用文献

- 1) 白鳥寿一, 中村崇: 人工鉱床構想-Reserve to Stock の考え方とその運用に関する提案-, 資源と素材 vol.122 pp.325-329, (2006)
- 2) 小室隆将, 鈴木涼, 小野龍幸, 大和田秀二, 所千晴: 資源・素材学会春季大会講演要旨集, pp.210-211, (2012)
- 3) 林輪太郎, 大和田秀二: 資源・素材学会春季大会講演要旨集, pp.212-213, (2012)