

## 審査の結果の要旨

氏名 高橋 國彦

本論文は「携帯電話の素材リサイクルに関する研究」と題し、廃棄携帯電話からの素材リサイクルに関する総合的な研究に取り組み、廃棄携帯電話の完全な機能破壊から製錬までの事業化、および、完全リサイクルに向けての研究を行ったものであり6章からなる。

第1章の序論では、携帯電話の状況、研究目的の具体的な指標として、廃棄携帯電話本体の解体分離・マテリアル素材の製錬・精製、最終廃液からのマテリアルの回収、プラスチックのリサイクルにおよぶ素材の有効活用について概説した。

第2章では、「廃棄携帯電話の収集と分解方法」について述べ、資源の有効活用には人工的解体方法(手解体分別処理)が物理的解体方法(破碎・焼却処理)より優れていることを示した。携帯電話を構成している部品の約28%を占める基板を除き、全体の約72%の部品は、現在、一般的には再資源化されていないが、手解体分別処理により、10,000台の廃棄携帯電話において、貴金属以外にもAl、Fe、プラスチックが再資源化できることを実証した。また、基板に含まれる貴金属が将来的に減少した場合、例えば貴金属の含有量が1/10や1/40となった場合、物理的解体方法(破碎・焼却処理)では、技術的および経済的に製錬原料として価値の無いものとして見なされるが、人工的解体方法(手解体分別処理)では、未だ製錬原料として対応できることを明らかにした。

第3章では「廃棄携帯電話中の基板、コンデンサ等からの金属素材リサイクル」について述べた。まず、著者の事業所における廃棄携帯電話基板からの貴金属のリサイクルをその事業経緯と成果を、物理的処理方法(破碎・焼却処理)から人工的解体方法(手解体分別処理)へとデータを交えて収集ルート確立、分別処理から製錬・精製方法について示した。ついで、電子部品製造時に発生する積層コンデンサからのAg-PdおよびNi-Cuの分離・回収を試みた。Pd価格の高騰や技術革新に伴い、積層コンデンサの主要マテリアルは、

Ni-Cu への代替が進むことになり、Ni マテリアルリサイクルでは磁力選別を試作し、Ni を効率良く回収した。

第 4 章では「廃棄携帯電話中の液晶ディスプレイ (LCD) の素材リサイクル」について、LCD ディスプレイから主として In のリサイクルを試みた。LCD 中の In は  $\text{In}_2\text{O}_3$  の状態で存在しているがこれを僅かな塩酸に浸漬させると  $\text{In}_2\text{O}_3$  は  $\text{InCl}_3$  となり、生成した  $\text{InCl}_3$  の揮発温度は 573K と低温で揮発させることができる。もし、すべて浸漬させて湿式法で回収すると In が希薄水溶液となり、ロスの多いことと、廃液処理に問題が生じる。よって、In を塩化揮発焙焼法により回収し、試料粒度 (LCD)  $-75\mu\text{m}$  で最大の塩酸浸出率を示し、窒素雰囲気中が大気中より高い揮発率を示し、加熱温度 673K、加熱時間 90 分の最適の条件で、In84.3%の回収率が得られたことを示した。

第 5 章では「廃棄携帯電話中の電子回路基板処理液を主としたリサイクル」について述べた。廃棄携帯電話の基板を含む各種スクラップ原料(工業材系・宝飾材系・歯科材系)を扱う貴金属のリサイクル工場では、湿式製錬で処理している場合が多く、その工程から発生する廃液中には、微量ではあるが、貴金属が残留しており(例 10ppm 程度)、商業ベースでは、総廃液量が多いことを考慮すると、その量は無視できない。中和法、還元法、ついで、中和殿物および還元殿物を大気中で熔融し、金属塊とスラグを形成させ、金属塊中に貴金属を濃縮回収した。貴金属の回収率は Au・Ag は 96%以上、Pd は 90%以上であり、Cu:73%・Fe:92%であることを示した。

第 6 章では、「廃棄携帯電話中のプラスチックの素材リサイクルおよび LCA による比較」を試みた。様々な貴金属およびベースメタルが廃棄携帯電話から回収され、リサイクルされているが、プラスチック材料は貴金属の回収・製錬工程において異物として取り扱われ、一般的に焼却処分されている。本研究の目的は、手解体分離されたプラスチック 48.1% (ABS:47.4%・PC:43.0%・PMMA:9.6%)を出発原料とし、LCA を用いて廃棄携帯電話からの廃プラスチックに関する焼却処分とマテリアルリサイクルの 2 つのリサイクル手法を比較して最適な手法を検討し、「マテリアルリサイクル」の手法が環境影響の面で優れていることを明らかにした。

第 7 章は結論である。

本研究の成果は、廃棄携帯電話から有用な資源の素材リサイクルを考える上で、重要な指針を示すものであり、今後、ますます増加すると考えられる廃棄携帯電話へのリサイクルの必要性が高まる中で、本研究で取り扱った実操業におけるデータおよび、新たな処理方法は、素材リサイクルの基礎的実験データとして、非常に有効であると考えられる。

よって本論文は、博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。