

【3K133006】臭化銅溶媒系を用いた使用済み電子機器からの貴金属・レアメタル回収システムの開発（H25～H27；累計予算額 10,770 千円）

松野 泰也（東京大学）

## 1．研究開発目的

本研究の目的は、臭化銅含溶媒系を用いた使用済み電気・電子機器等から貴金属およびレアメタルの回収システムを構築することにある。本技術を小規模な事業者を含め国内外に広く普及させるためには、操作条件が容易、経済的かつ環境負荷が小さいことが望ましい。それゆえ、70 前後の温度で操作可能で、取扱が困難なガス状の劇物を使用しないシステムとする。そして、溶媒の繰り返し使用を可能とすることで、廃水が極力生じない環境調和型で経済的なりサイクルシステムの構築を実現することを目的とする。

3年間の研究期間を通じて、1) 貴金属およびレアメタルの溶解および析出のメカニズムの解明、2) 臭化銅溶媒系の貴金属・レアメタルの溶解量と溶解速度を増大させ、析出（回収率）を増大させるための最適溶媒組成および操作条件の探索、および他の元素の共存影響の検討、3) 使用済み電子基板等からの貴金属とレアメタルの回収を実証することを目標とする。

## 2．本研究により得られた主な成果

### （1）科学的意義

ハロゲン化銅を含有した有機溶媒にて、容易な操作が可能で、経済的かつ環境調和型の貴金属・レアメタル回収プロセスを構築した。反応のメカニズムを、電気化学測定と電位-pH 図から解明し、貴金属の酸化還元電位と銅イオンの酸化還元電位が、有機溶媒と水溶液では逆転することが鍵となっていることを示した。本研究により開発した溶媒は、有機溶媒系では金の溶解速度は世界最速であり、加水により金を析出・回収することが可能であり、廃液を極力少なくする循環型プロセスを構築することが可能となる。

このような取り組みは世界初であり、国際特許を出願するとともに、学術雑誌や国際会議にて成果を発表した。

### （2）環境政策への貢献

< 行政が既に活用した成果 >

特に記載すべき事項はない。

< 行政が活用することが見込まれる成果 >

#### 1．高校生でも取り扱える容易なプロセスであることを利用し、使用済み電子機器からの貴金属・レアメタルの回収強化が可能

使用済み製品からの金属リサイクルは、対象物の収集、解体、粉碎、物理選別を経て、製錬による分離精製からなる。製錬には、高温での熔融や揮発を利用する乾式法と、水溶液系に金属を溶解させる湿式法がある。一般に乾式法は大規模操業に用いられ、わが国では銅の製錬所など乾式法の施設は数か所しか存在しないため制約がある。一方、湿式は精密分離が可能で小規模操業にも適するとされるが、貴金属を溶解するには、強酸や塩素ガス、シアン化合物水溶液などの劇物を用いるので、ある程度の設備投資が必要となり、小規模な事業者が実施するには障壁となっている。

使用済み電子機器は地域毎に人口密度に比例し発生するので、小規模な事業者が使用済み機器

の発生するオンサイトで極力濃縮し回収するのが効率的であるが、上記の制約により回収が進まず、使用済み機器からの貴金属・レアメタルの回収率が低くなっている。

本技術は、臭化銅有機溶媒を用いて貴金属やレアメタルの溶解および析出を行うものである。用いる溶媒は、汎用性のあるジメチルスルフォキシド(DMSO)や炭酸プロピレンに臭化銅を溶解した溶媒である。この溶媒は、貴金属やレアメタルを高速に溶解できることを見出した。これらの有機溶媒には、毒性がほとんどないこと、高誘電率により多くの無機物質を溶解できる、高沸点ゆえ揮発性が少なく、水と共沸点をとらないゆえ蒸留により容易に分離できる(DMSO)もしくは二層分離できる(炭酸プロピレン)など様々な特長があり、容易な操業を可能にしている。極論すると、高校生でも取り扱える容易なプロセスの構築を可能にするため、全国の小規模な事業者が本技術を利用し、効率的な使用済み機器からの貴金属・レアメタルの回収の実施を実現することができる。このようなシステムを検討した既存研究事例は国内外に無い。

## 2．経済的かつ環境調和型回収システムの構築による回収強化

本研究にて開発したハロゲン化銅含有有機溶媒では、貴金属の酸化還元電位が、水溶液系と比較して大きく卑になることを確認した。それゆえ、ジメチルスルフォキシド(DMSO)や炭酸プロピレン等の有機溶媒中では、70℃の低温にて貴金属を溶解できる。さらに、DMSO系では、貴金属を溶解した溶媒に水を添加することで溶媒の特性を水の特性に戻すことで、溶解した金が析出・還元できることを見出した。また、炭酸プロピレン系では、貴金属の溶解後、硫酸などの二層分離により貴金属を効率的に分離できることを見出した。

それゆえ、経済的かつ廃液を極力生じさせない貴金属・レアメタルの回収システムの構築を実現する。精錬コストを概算すると約20-40円/g-金であり、あとは前処理コストを極力低減するようにプロセスをくみ上げれば、総合的にも既存法よりも低コストなプロセスになる可能性があり、使用済み機器からの貴金属・レアメタルの回収強化に役立つ。

## 3．委員の指摘及び提言概要

研究費の費用対効果が良いメリハリのある研究成果が出ている。前処理プロセスにおけるSnの除去、硫酸の使用などさらに検討すべき事項を残すが、有機王水の考え方はユニークであり、かつ金の回収が水溶液系で簡単なので、実用化に向けた開発研究に期待する。また、金回収の事業システムをデザインして課題を整理すると同時に経済性を評価すべき。

## 4．評点

総合評点：A