

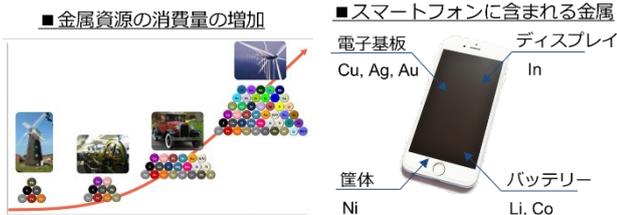
# 都市鉱山から金属を作る

化学工学会未来人材育成委員会



現代の私たちの豊かな生活は、多くの非鉄金属によって支えられています。

人類は、製錬法によって金属を積極的に濃縮・精製して純度を高める方法を編み出し、様々な道具や材料を創り出すことを覚えました。その結果、金属の使用量は、時代と共に飛躍的に増加してきました。



スマートフォンの電子基板や部品には銅や錫の他に、金や銀、パラジウムなどの高価な貴金属、ニッケルやニオブなどのレアメタルが使用されています。また、ディスプレイにはインジウム、バッテリーにはリチウムやコバルトなど、多種多様なレアメタルが使用されています。

資源循環型社会の構築が重要な近年では、使用済み製品からの金属の回収が求められています。スマートフォンに含まれる金属の中では、銅が最も大きな含有量を占めています。そのため、スマートフォンから金属を回収するうえでは、銅のリサイクルは欠かせません。

## ◆銅の生産プロセス

銅が集中的に使用されている電子基板が原料です。そのほか、銅線や銅箔、銅スクラップなど、多種多様なリサイクル原料が銅鉱石と共に原料となります。銅の生産プロセスは、製錬工程と電解精錬工程に分けられます。

製錬工程では、銅原料中に含まれる鉄と硫黄を酸化して銅と分離します。この鉄と硫黄の酸化の反応熱でリサイクル原料を溶解します。

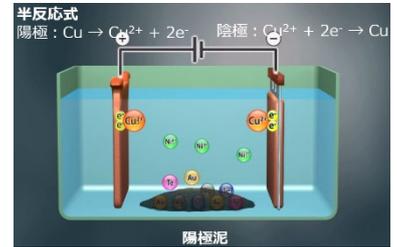


製錬工程では、純度が99%程度の粗銅と呼ばれる銅板を作成します。粗銅には、金や銀などの貴金属もわずかに含有されています。これを電極にして、電解精製を行い、銅の純度をさらに高め、併せて貴金属も回収します。

## ◆銅の電解精錬

陽極では粗銅板から銅が電子を受け取り酸化されて

銅イオンが溶液に溶出します。その際に、粗銅板に含まれている不純物のうち、イオン化傾向が小さい貴金属などのイオン化されないものは陽極泥として、沈殿します。陰極では溶液中の銅イオンが銅に還元され、純度の高い銅板が生成されます。



## ◆陽極泥からの貴金属の回収

槽の底に溜まった陽極泥には、金や銀のような貴金属が含まれていますが、まず、硫酸や塩酸を使用してそれらを浸出させます。塩酸で浸出させると、金は溶解し、銀は塩化銀となって陽極泥の中に残ります。この銀は、鉄粉を使用した銀メタルへの還元反応を使って粗銀板に鋳造された後、硝酸銀水溶液中で、電解精錬を行い、純度の高い銀を得ることができます。また、溶解した金も溶媒抽出法と呼ばれる分離方法によって回収され、還元されて製品金が製造されます。



このように、酸化還元反応や、溶解反応などを組み合わせ、この陽極泥から多種多様な貴重な金属が分離回収されているのです。実は、この陽極泥から回収される金属は金や銀だけでなく、白金やパラジウムなどの貴金属や、テルルやセレンといったレアメタルなど、多種多様な金属がそれぞれに適した分離方法を利用して回収されます。

## ◆将来の展望

リサイクルで大きな役割を果たすのが解体や破碎、選別工程です。この工程はいわば固体を固体のまま分離濃縮する技術ですが、低エネルギー型の分離濃縮を達成する方法として、その高度化が求められています。

製錬工程では、使用済み電子基板などリサイクル原料に特化した製錬技術の開発や実用化、電解精錬工程では、陽極(アノード)表面への不純物被膜の生成防止技術の開発やその機構解明なども求められています。