

携帯電話のリサイクル

な かつ ま けん い ち
早稲田大学環境総合研究センター 招聘研究員 中島 賢一

私たちが毎日便利に使っている携帯電話は、現在日本での契約数は約1億8,300万台で世界7番になっている。ちなみに世界1位は中国で11億台、2位はインドで8億6,400万台となっている。(一社)電子情報産業協会(JEITA)の統計データによると¹⁾、2012年度の携帯電話国内出荷数は2,610万台、その内の約70%の1,780万台が機種変更・更新等で廃棄されていると推定される。また携帯電話リサイクル推進協議会によると、回収されている数は2012年で686.8万台であり、残り1千万台はリユース・家庭内退蔵・自治体へごみとして出されている。

回収された携帯電話はどのようにリサイクルされて、どのような金属が回収されているのかをみてみよう。

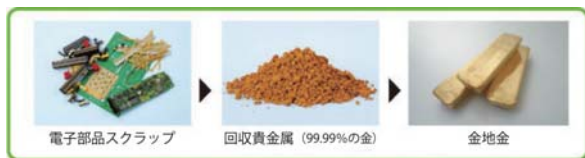


図1 レアメタルのリサイクル・回収 (出典:DOWA エコシステム(株) HP より²⁾)

1 使われている金属

携帯電話には多種類の部品で組み立てられており(図2)、金・銀・銅・アルミの主要金属以外に20種類以上のレアメタルも使われている。これら多くの貴金属・レアメタルを使わなければ小型で高性能な携帯電話を作ることはできない。図3にどの部品・部位に金属が使用されているかを示す。基板に多くの稀少金属が使われているが、基板以外に使われている貴金属・レアメタルとして、本体のプラスチックにはアンチモン、二次電池にはリチウム・ニッケル・コバルト、液晶画面にはインジウム、バイブレータに使われる振動モーターにはタングステン・ネオジウム・鉄、コンデンサーにはタンタル・パラジウム・マンガン、などがある。



図2 携帯電話の構成部品 (出典:(株)リーテム環境教育用教材)

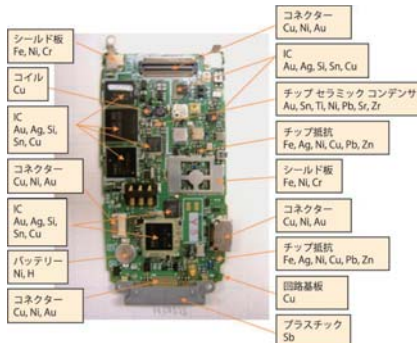


図3 携帯電話に使われている貴金属類・レアメタル (出典:(独)物質・材料研究機構資料より³⁾)

2 携帯電話の分解・リサイクル

リサイクル事業者に集まってきた携帯電話は、まず、二次電池を取るためにはずした電池カバー等のプラスチック、二次電池（リチウムイオン電池）、そして多種類の電子部品のついた基板に分けられる。

プラスチック

筐体（主に電池カバー）のプラスチックは主にサーマルリサイクル（燃料熱源として使われる）されるが、リアルリサイクル（もう一度プラスチックとして使われる）されているケースもある。

二次電池

携帯電話には主にリチウムイオン電池（有用金属はコバルトとリチウム）が使われている。捨てられた時に電池に電気が残っていると火災の原因になる。そこで、絶縁あるいは放電の処理が必要になる。+極と-極を絶縁テープで絶縁するか、塩水に数日漬けて放電処理された後リサイクル工場に搬入される。

搬入された電池は、通常焼却・破碎され、磁石選別で非磁性の銅・金・レアメタル等が含有されている銅滓として回収された後、非鉄製錬所でそれぞれの金属としてリサイクルされる。磁石につく磁性物は篩（ふるい）で選別され、篩上の鉄くずは製鋼所（電気炉）で鉄筋原料等の建設資材になる。篩下

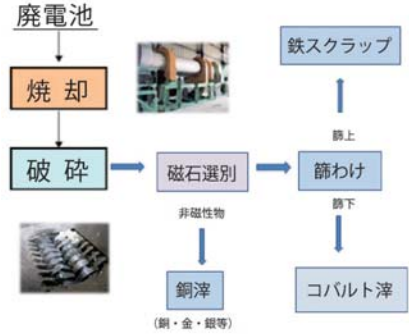


図4 電池の処理フロー（出典：JX日鉱日石金属（株））

にはコバルトを多く含むコバルト滓がある。これらはコバルト精錬設備のある海外（中国・韓国・ベルギー等）のリサイクル工場に売却されていたが、最近では国内でも回収ができるようになった。

リチウムイオン電池の原料であるコバルトの価格が高くなったこともあり、近年コバルトの使用量が少ない三元系のリチウムイオン電池が増えてきている。三元系の電池というのは少なくなったコバルトの代わりにニッケル・マンガ・リチウムが使われているため、焼却された正極材等を溶解し、溶媒抽出[†]、電解採取[‡]することにより、それぞれ電解マンガ・炭酸リチウム・炭酸ニッケル・金属ニッケルとして回収される。この技術の実証化試験がJX日鉱日石金属（株）で始まっている（図4）。

基板

多種類の電子部品がついた基板は貴

† 溶媒抽出：分離させたい物質を溶解している水溶液に有機溶媒（エタノール・クロロホルム等）を接触させることにより、その物質を有機溶媒に選択的に移す操作

‡ 電解採取：塩水溶液の形で抽出し、不溶性陽極を用いて電気分解して、陰極に金属を得る精錬法

金属・レアメタルを含むことから金属回収すべき部分である。基板は中間処理工場か非鉄製錬所で破碎された後、溶鉱炉で溶かされる(図5)。溶かされると、金属によっては気体(排ガス)、溶融物(上部にはスラグ層、下部には粗銅の層)に分離する。揮発しやすい金属類として鉛・亜鉛・錫・アンチモン・ビスマス・インジウム・カドミウム他があり、これらは排ガスから集塵装置で揮発性煙灰として回収される。溶解炉の中では上昇部(スラグ)と下層部(粗銅)の2層に分かれる。上層部のスラグは石と同じような成分を含んでいるが、溶けている状態で水の中に落とし込み、細かく砕かれて建築用の石(主に路盤材)として使われる。スラグの中にはタンタル・コバルト・ネオジム・ディスプレイシウム・タンゲステン等の金属が含まれているが、回収する技術がまだなく、金属として回収することができていない。

下層部の粗銅には金・銀・プラチナ・パラジウム・ニッケル・アンチモン・ビスマス・セレン・テルル等が含有されている。粗銅は精製炉で再度溶かされて精

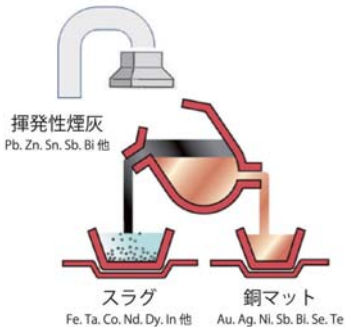


図5 銅精錬溶鉱炉

製銅を作り、これを型に流してアノード(陽極:電気銅を作る前の銅板、陽極として用いるのでアノードと呼ばれる、写真1)をつくる。アノードは銅電解設備で電解され(図6)、銅99.99%の電気銅が得られる。電気分解の過程で、貴金属といくつかのレアメタルはアノード(陽極)の下部に泥状物(アノードスライム)としてたまる。このスライムから、湿式貴金属精錬プラントで貴金属の金・銀・プラチナ・パラジウムと、セレン・テルル・ニッケル・アンチモン・ビスマス等のレアメタルが回収される。

非鉄精錬各社では回収する金属の種類を増やしてきており、約30種類の金属を回収できるようになっている。



写真1 粗銅のアノード
(上 鑄造中、下 できあがったアノード)
(協力:パンパシフィック・カッパー(株))

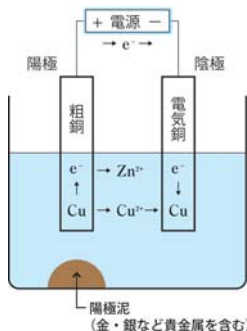


図6 粗銅から電気銅へ（電気分解）

まとめ

携帯電話をリサイクルするうえで一番重要なことは、どれだけ廃棄された携帯電話が回収できるかということである。現在携帯電話リサイクル推進協議会、モバイルリサイクルネットワーク等で回収を進めているが、ここ数年回収台数が減ってきている。2013年より小型家電リサイクル法が施行されて小型家電の回収が始まっており、このルートから自治体でごみとして捨てられていた携帯電話が回収されだしたが、まだ少量である。

リサイクルルートに載らない携帯電話をどうするのか、家庭内に退蔵されている物はどうするのか、関係する人々（ステークホルダー）が一体となって取り組まなければいけない課題だと思われる。

技術的な課題として、主要な非鉄金属（銅・鉛・亜鉛）の製錬所で回収できない金属は別途に回収する技術（実用的レベル）が必要である。小型家電（ケータイも含まれる）中の金・銀・銅

等は、回収コスト（製錬コスト）にみあう程度の金属が含有されており、その他のレアメタル（ニッケル、アンチモン、ビスマス、セレン、テルル）も銅精錬の副産物として精錬コストの内で回収されている。その他にも、非鉄製錬所で技術的には回収できるが、含有率が低い精錬コストに合わずに回収されていない金属を回収するためには濃縮する技術が必要である。

また非鉄製錬所の溶解過程で、スラグの中に入って回収できない金属は、中間処理をする段階で分けることも必要であろう。国の資源戦略として2008～2010年にかけて「使用済み小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会」を開催し、リサイクル検討優先鉱種として同製錬所では回収できない14種（タングステン・コバルト・リチウム・インジウム・ガリウム・タンタル・レアアース）を選定し、技術開発が始まっており、期待している。

循環型社会にしていくためには都市鉱山からの資源循環を進めていかなければいけないが経済的理由で電子ごみとして海外に流出し、相手国で環境問題を起こしてしまっている物を国内資源循環にする対策をしていかなければならない。また循環型社会とはどういうものなのかというグランドビジョンを早急に政策として進めていかなければならない。

参考文献

- 1) JEITA：統計資料、2013年3月移動電話国内出荷実績（JEITA/CIAJ）
<http://www.jeita.or.jp/japanese/stat/cellular/2013/03.html>
- 2) DOWA エコシステム（株）ホームページ：貴金属のリサイクル
www.dowa-eco.co.jp/business/recycle/metal_recycle/
- 3) (独) 物質・材料研究機構ホームページ
<http://www.nims.gp.jp/research/elements/rare-metal/urban-mine/>