

最先端電子機器(携帯電話等)からの貴金属リサイクル技術と環境

Precious metal recycling from the most advanced electronic devices (e.g. cellular phones) and its ecological aspects

横浜金属株式会社 高橋 國彦

Yokohama Metal Co.,Ltd.

Kunihiko TAKAHASHI

1. はじめに

一昨日の日本経済新聞に「携帯電話出荷 昨年 27%増 買い替え加速」との記事が掲載されていた。2002年の国内総加入者数7,279万件から、2003年は7,978万件へと約700万件増加し、出荷台数(販売台数)では前年比27.4%増加を記録したと報じている。携帯電話の所持率は、日本の人口1億2,750万人に対して62%となり、更に15歳から65歳までの年齢層で考えると、人口8,525万人に対しては93%の普及率となっている。この近年まれに見るヒット商品は、まさに一人1台に行き渡り、産業の円熟期を迎えたと言える。特に2003年は、「第三世代携帯電話」の出現により、買い替え需要が加速化し、カメラ付き携帯電話が本格的な普及をみせたが、それに伴い、機種変更や買い替え等で不要となり、廃棄される携帯電話の数も、当然増加していると言える。

ここで携帯電話の沿革を述べてみる。1994年4月より普通電話同様に、携帯電話は「売り切り(買取り)制度が始まった。これより以前は、キャリア(販売元売会社)が、レンタル契約を個人別に行っていた。国内加入者台数は、1992年度160万台、1993年度200万台、1994年度600万台となった。当初1台5万円～10万円となり、2000年度の関係筋の予測は780万台～1,090万台と言われた。1994年当時、携帯電話世界普及率は、北欧三国8.5% 北米5.1% 香港・シンガポール4.5% オーストラリア3.9% 台湾2.3% 日本1.5% 南米0.5% 中国0.3%との記事を思い出す。携帯電話は、自動車電話(移動式電話)からPHSに至る。増加傾向にあると同時に、1990年～1994年にかけては、ポケットベルが個人的通信手段としては主流を占めていた。携帯電話の普及と増加に伴い、ポケットベルは反比例して減少していった。図3に示すように当時携帯電話の必要な場所(国)とは、①寒冷地帯の国、②文明国で人口密度の少ない国、③インフラが追いつかないビジネス発展国等が考えられた。携帯電話のメーカーがまさに、①ノキア(フィンランド)、②モトローラ(USA)であること理由である。



図 1. 携帯電話出荷台数の増加

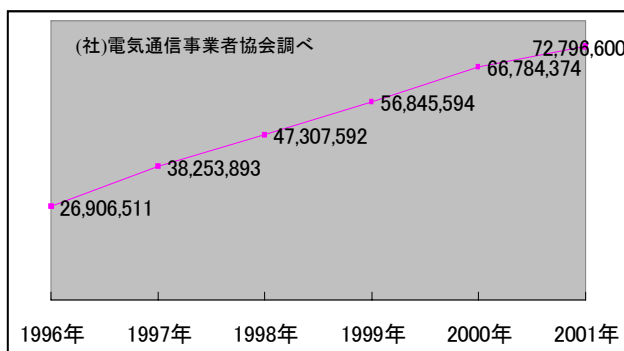


図 2. 携帯電話加入者数の推移

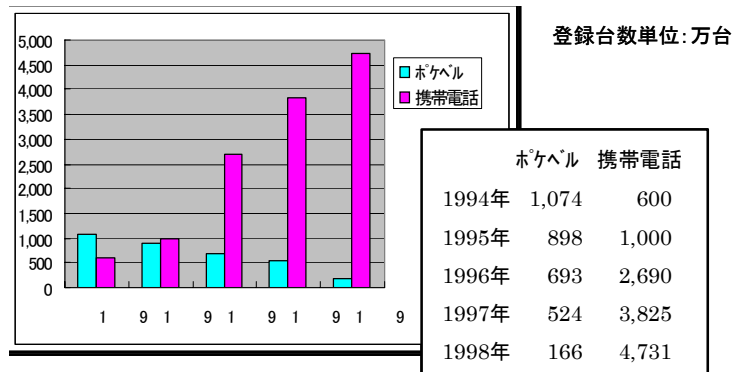


図 3. ポケベルと携帯電話登録台数の年代変化

2. 電子部品からの貴金属リサイクル

(1) 貴金属とは、金・銀・白金族6元素をいう。ここでいう貴金属スクラップとは、貴金属を原料あるいは加工材料として使用し、製造工程上における歩留材、工程間における不良品、そして製品不良品である。また市場に出た故製品のスクラップである。

貴金属スクラップ発生形態には3つある。①貴金属を主原料とした加工材料を製造する部署で発生するもの、②貴金属加工原料、あるいは、加工材料を使用し、部品あるいは部品を製造するところで発生するもの、③使用済みとなった製品、つまり故製品等である。

これらの貴金属加工材料は、技術革新・製品加工技術の目覚ましい発展に伴い、いわゆる重厚長大から軽薄短小へと、大きな時代の流れに即応し、その役目を十分に果たしてきたものであり、時代の変遷による金属相場の変動、材料革命そして産業構造の変化によって、貴金属スクラップはその内容と使用量が大きく変貌してきている。それに伴って回収技術も総合的な技術が要求されてくるわけで、従来の精製・精錬技術をもってしては処理出来ぬ多種多様なスクラップからの回収・抽出技術力が常に必要となる。目覚ましい材料革命に対して、その回収技術は常に後追いの感じであり、複合する材料から貴金属を抽出し、回収する技術力は、回収率何パーセントという答が、回収技術そのものの価値である。しかし、経済的な価値は回収技術の価値とイコールではない。回収率100%近くの技術であっても、製造コストが回収される貴金属の総体の価値よりも高いものであるならば、経済的な価値ある技術とは言えない。この貴金属スクラップの経済的価値判断の基準が何かというと、その時の貴金属の価格なのである。

一般的に貴金属スクラップを業として取り扱う企業にとって、いつの時代でも常に業務上考慮しなければならない要点が4つある。それは、①為替相場、②地金相場、③市場に対応する集荷能力、④回収技術力である。これらは、貴金属スクラップを長期に渡り、業として営む者にとって、避けては通れない、また経営の骨子となるべき最重要ポイントである。端的に言って、相場商品である貴金属の売買にあたってその価値のリスクを回避する事に最大限努めなければ、業としては成り立たない。



図 4. 携帯電話を人手により解体した部品類

特に携帯電話の心臓部分である、電子制御基板の配線部分や端子部分に、これら貴金属が使われており、電子制御基板部分単体の貴金属含有成分は1 t(1,000kg)あたり、Au(金)1,430g、Ag(銀)5,700g、Pd(パラジウム)430g、銅(Cu)310 kg となり、この数字は金鉱山から採掘される成分を大幅に上回り、携帯電話リサイクルが『都市鉱山』・『都会のエル・ドラード(黄金郷)』等とよばれる所以である。

(2) 電子制御基板の配線部分は、銅・銀・金・メッキされた部分・ICのチップ・積層セラミックコンデンサー(MLCC)が搭載されている。各電子部品の製造メーカー及び、各貴金属マテリアルを提供している各社からの歩留品・不良品を含め、長年に渡り個別に各社との契約に基づく含有貴金属のリサイクルを行ってきている。つまり、電子部品メーカーからの貴金属をリサイクルしてきた実績を踏まえ、携帯電話からの貴金属リサイクルを、集荷から精製まで、国内で初めてプロモートし、リサイクルし、実績を伸ばして来た。

(3) 廃携帯電話リサイクルプロセスでは、これらの貴金属は破碎・焼却によって、貴金属精錬に不必要な物を取り除く事により、貴金属の含有成分比を高め、貴金属を効率良く回収する事が出来る。

(4) 上述の様にキャリアの地域会社毎に集約された携帯電話は、着払いで横浜金属・工場に運搬され、キャリアの担当者の確認の下、破碎作業と写真撮影が行われる。これは個人情報保護の目的であり、この背景となっているのは、平成10年12月2日郵政省告示題 570 号における『電機通信事業者における個人情報保護に関するガイドライン』である。同ガイドライン第 5 条 2 には、「電気通信事業者が管理する個人情報については、利用目的に必要な範囲内で保存期間を定める事を原則とし、当該期間経過後又は利用の目的を達した後は、遅滞なく消去するものとする。」とあり、また第 5 条 5 では、「電気通信事業者が個人情報の取り扱いを外部に委託する場合には、個人情報を適正に取り扱っていると認められる者を選定し、委託契約等において、前項に定める個人情報の適切な管理の為の必要な措置、機密保持、再提供の禁止等情報の維持管理に関する事項について定めるものとする。」とあり、横浜金属において、廃携帯電話を破碎する事を、キャリアが確認する作業が、この「必要な措置」である事をあらわしている。しかしながら横浜金属にとっては、流れ作業の一環として、本来ならば滞りなく行いたい破碎作業を、キャリアの担当者が立ち会うタイミングに合わせて作業ラインを調整しなければならない為、労力のロスが生じていた。破碎による個人情報漏洩防止が確認された後、重量計測を行い、それに基づいて廃携帯電話の売却が行われる。取引の相場は、携帯電話 1 t あたり 15 万円前後であった。リサイクル事例は次のようになった。破碎時携帯電話元量1,000kg 中に含有する貴金属は約、金150g・銀2,000g・パラジウム100g・銅7,000g である。元量1,000kg から、《破碎》⇒《焼成》された乾量は50%~60%(500kg~600kg)となる。元量の約半分となった結果、

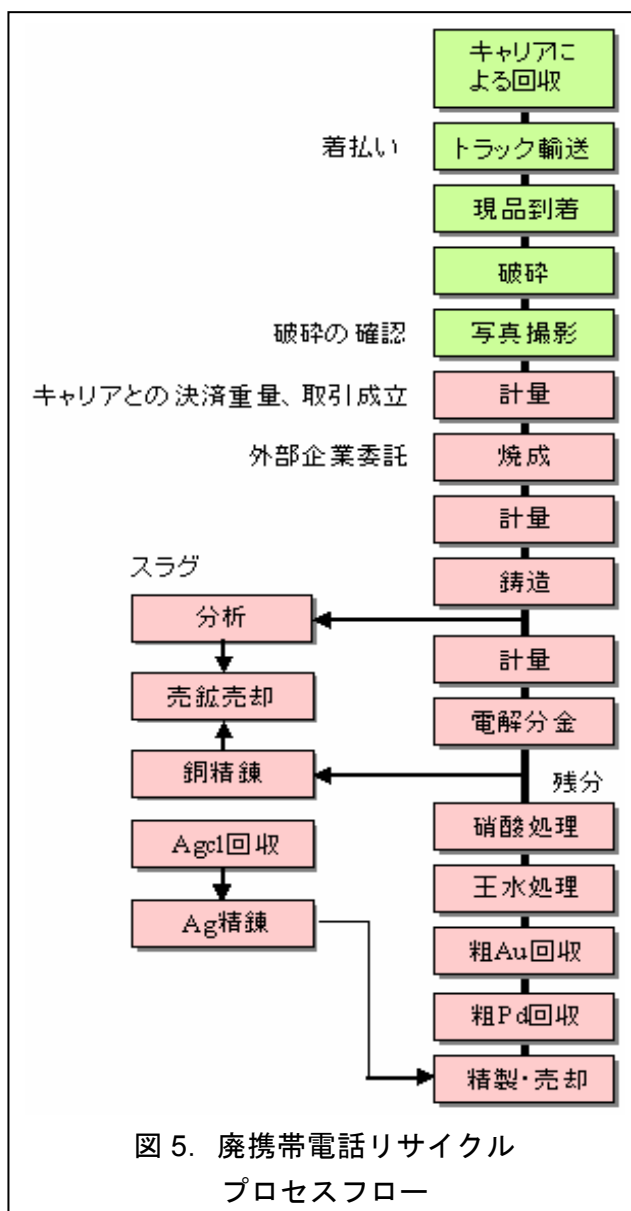


図 5. 廃携帯電話リサイクル
プロセスフロー

銅・金・銀等の品位は、金300g～350g/t ・ 銀300g～3,800g/t ・ パラジウム150g～250g/t ・ 銅25%～30%となった。

3. 携帯電話のリサイクルを通じて、環境ビジネスとは？

表 1. 携帯電話を手作業で解体した場合のリサイクル可能物とリサイクルされない部分の重量

内 容	1台重量	1t重量	
基板	0.013 Kg	282.6 Kg	リサイクルされる原料(金属系)約54%
液晶	0.007 Kg	152.2 Kg	
スピーカー(銅材)	0.002 Kg	43.5 Kg	
振動モーター(銅材)	0.001 Kg	21.7 Kg	
螺子	0.002 Kg	43.5 Kg	リサイクルされない原料(樹脂等)約46%
プラスチック(ラバー)	0.002 Kg	43.5 Kg	
ABS筐体	0.019 Kg	413.0 Kg	
産廃物	0.000 Kg	0.0 Kg	
合計	0.046 Kg	1,000.0 Kg	

(サンプル端末解体データ)

(1) 携帯電話を手作業で解体した結果、リサイクルされるものとそうでないものは表 1 の様になった。つまり、フローは次のようになる。

- ① (解体) 本体を 1 台 1 台手作業により解体
- ② (解体後の分別) 解体された資材を、基板・液晶・スピーカー・振動モーター・螺子・プラスチック外装樹脂・ボタン部分(エストラム樹脂)に分別
- ③ (貴金属精錬) 基板・液晶部分のみを精錬し、金・銀・パラジウム・銅を抽出
- ④ (銅原料) スピーカー・モーター部分は銅・鉄・非鉄の原料へ
- ⑤ (プラスチック樹脂) 外装樹脂・エストラム樹脂を分別する。再生プラスチックとして再原料化

(2) 携帯電話を、リサイクルしたときの原料価値はどのようになったのか。

ここでは単純に原料としての価値を計算したので、リサイクル工賃や輸送コスト等のリサイクルに関わる費用は考慮していない。サンプル携帯端末を解体し、基板・液晶部分を当社の精錬施設で分析したところ、以下の結果が得られた。又、プラスチックについては、再生された樹脂量を測定した。

表 2. 各材料のリサイクル単価

原料	回収量	1台辺り	単価	1台金額	1kg辺り
鉄	4.348%	2.0g	0.01円/g	0.0円/台	0.43円/kg
金	0.031%	0.014g	1,400円/g	20.0円/台	433.7円/kg
銀	0.097%	0.045g	19円/g	0.8円/台	18.4円/kg
銅	9.859%	4.5g	0.22円/g	1.0円/台	21.7円/kg
パラジウム	0.007%	0.003g	680円/g	2.2円/台	48.0円/kg
再生樹脂	45.435%	20.9g	0.13円/g	2.7円/台	59.1円/kg
路盤材料等	40.224%	18.5g		0.0円/台	0.0円/kg
合計	100%	46.0g		26.7円/台	581.3円/kg

4. まとめ

筆者が廃携帯電話のリサイクル事業に取り組むに至ったのは、まだ一般に携帯電話が登場する以前、廃棄されたポケットベルが夢の島に埋め立てられていた事実を知り、これらの資源が再利用されていないと認識したことが、その原点となっている。現在、香港・バンコクなど海外では、解体された携帯電話の部品が商品として市場で販売されている。これが真にリユース・リデュースであり、故製品等のリサイクルの正しい姿といえる。しかし、我が国では事情が異なり、本講演で述べたように、材料としてのリサイクルが主流である。

通信手段としての使命を果たし終わった携帯電話の使い道は、もはや国内だけでなく、世界的規模で、そのリサイクルを考える段階に来ている。そして、携帯電話をはじめ、すべての電子機器は、製錬・精製技術を駆使し、資源として再利用されるべきである。

製品に組み込まれる電子部品は、年々歳々、その機能向上にともない、新材料や複合材が開発、使用されている。このことが資源リサイクルをより困難にしている。このためリサイクル技術の開発は、当然ながら、永久に後追いとならざるを得ない。

筆者は、新材料や複合材を製品に使用する事を否定するものではないが、使用后それらが資源リサイクルに至ることを忘れてはならない。つまり、リサイクル技術の裏付けなくして、新材料や複合材を使用すべきではない。環境方針(例:ISO-14001)を第一に考慮して、継続性と経済性ある物作り行程から製品開発されることを望むものである。

謝 辞

本稿は 2004 年 2 月 20 日に埼玉大学総合科学分析支援センターで行なわれた第 1 回定例セミナーの講演内容をまとめたものである。講演および原稿の作成にあたり、埼玉大学大学院理工学研究科環境制御工学専攻 三宅 潔 教授、総合科学分析支援センター長 佐藤 勝 教授、黒川秀樹 助教授、久保正雄 技官にお世話になりました。深く感謝いたします

参考文献

1. 産業技術総合研究所 LCA 研究センター (当社との協同資料)
2. 高橋國彦:日本鉱業会昭和 61 年度秋季大会分科講演会
講演集「Q: 貴金属リサイクリング」Q4,(1986)
3. 「GOLD SURVEY 2002」
4. 高橋國彦, 三宅潔:「携帯電話リサイクルの現状と技術」,
平成 16 年度 資源・素材関係学協会合同秋季大会 (2004,9,14-17,盛岡) 予稿集 p.47,C3-2.