

CO₂削減・循環型社会の実現をめざすリサイクル技術

Recycling Technologies for Both Carbon Dioxide Reduction and Resource Saving

根本 武 Takeshi Nemoto
馬場 研二 Kenji Baba

吉田 卓弥 Takuya Yoshida
弘重 雄三 Yuzo Hiroshige

赤津 昌幸 Masayuki Akatsu

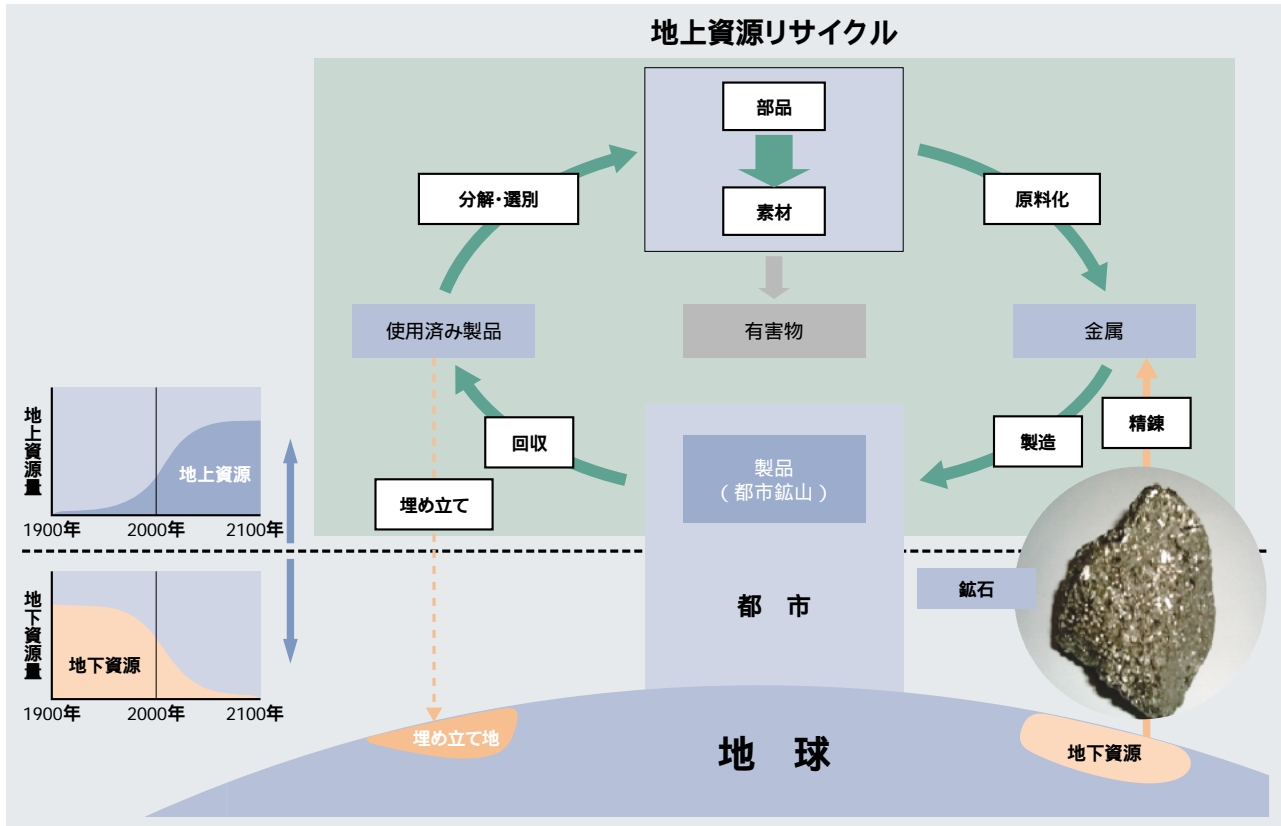


図1 地上資源リサイクルの概念

20世紀の地下資源依存型文明では、地下資源を採掘して製品を製造し、使用済み製品は廃棄物となっていた。21世紀は、地上に移行した資源を循環する時代になる。都市に埋められた資源を回収・分解・選別し、部品や素材を生産すると同時に、有害物を除去する。この循環を行うことで持続可能な社会の構築に貢献する。

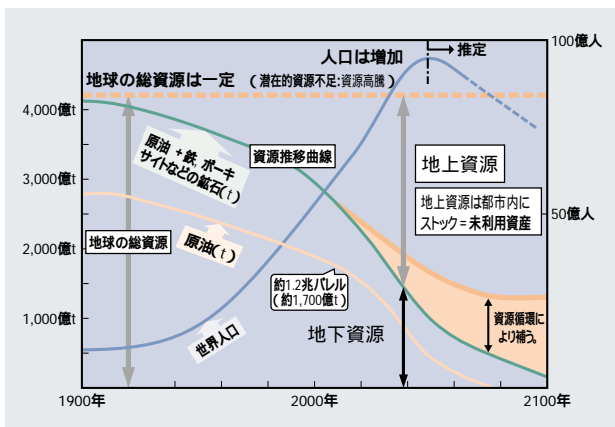
21世紀は、人口増加、温暖化、資源の枯渇が相互に絡み合いながら同時並行に進行する。化石燃料はいずれ枯渇し、金属資源も採掘可能な量は減少していく。しかし、見方を変えると、金属資源は存在場所を地下から地上に移行しただけであり、地球上から消えてなくなったわけではない。その地上資源を循環させることは、次世代に少しでも多くの有限な資源を残すために有力な手段となる。「地上資源で生きる循環型社会」を最終目標に設定し、家電製品やパソコンをはじめ、さまざまな電機・電子製品をリサイクルする時代が到来するものと予想される。

日立グループは、こうした将来展望を見据えながら、CO₂排出抑制と循環型社会に貢献するために、家電製品のリサイクルについて積極的に技術開発を進めている。

1.はじめに

家電リサイクル法(特定家庭用機器再商品化法)が2001年4月から施行され、現在、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機、エアコン、テレビ(ブラウン管式)の4品目が対象となっている。この法律は製造者責任の一環として、廃棄された製品の回収・リサイクルをメーカーに義務づけ、資源循環を明示的に意図した初めての法律である。今後、FPD(Flat Panel Display:薄型テレビ)と衣類乾燥機が追加される見込みであり、資源循環のニーズがますます高まっていくことが予想される。

有限の資源で持続可能な社会を構築するためには、資源の循環利用が不可欠である(図1参照)。この先100年までを考えると、地球の人口増加は避けられない(図2参照)。一方、石油と金属資源(鉄+ボーキサイト)の減少カーブが示すように、地下資源は急速に枯渇している。他の金属類も、多くは



注:略語説明ほか 地下資源(可採埋蔵資源),地上資源(地球上に存在する製品)
 * 資源推移曲線は社団法人環境情報科学センターの調査データを基に現在の確認埋蔵量,年間生産量などから算出

図2 世界の人口と埋蔵資源の推移概念
 人口増加とともに地下資源の探掘が進み,資源は枯渇の一途をたどることが予想されている。

残り数十年しか可採年数がない¹⁾。しかし,なくなるのは地下資源であり,地上に移行した資源は都市に眠っている。このことから,資源を延命させるためには,地下からの採掘量を減らし,地上資源をリサイクルで補うしか道はない。

独立行政法人物質・材料研究機構によると,わが国の地上資源量は,鉄で約12億t,アルミニウム6,000万t,銅4,000万tとなっている²⁾。その大半は,製品として大都市に存在(蓄積)している。天然資源の乏しい日本においては,ほとんどの資源を海外に依存しているため,今後の価格高騰,輸入量制限などの問題に備える必要がある。

従来,資源の消費者「動脈産業」だった日立グループは,資源循環「静脈産業」の役割も併せ持つ企業をめざし,家電製品のリサイクルを積極的に推進している。

ここでは,CO₂削減と循環型社会の実現に向けて,日立グループが取り組んでいるリサイクル技術について述べる。

2.日立グループの家電リサイクル技術・事業

2.1 技術開発と事業運営

日立グループは,1991年から家電リサイクルにいち早く取り組み,政府・業界の指導と協力を得ながら,技術開発を推進させるとともに,みずからリサイクル事業に参画してきた。日本の家電リサイクルプロセスの骨格は,日立グループを中心に開発・確立した技術であり,多くの基本特許を有する。今では一般的なプロセスとして国内に普及し,いずれも法定基準より高いリサイクル率を実現している(図3参照)。

日立グループは,家電リサイクル法に積極的に対応するために,株式会社関東エコリサイクル,北海道エコリサイクルシステムズ株式会社,東京エコリサイクル株式会社³⁾(以下,東京エコと言う)を設立した(図4参照)。この3社の取扱量は合計で年間約5万tであり,全国の対象家電製品4品目のリ

サイクル総重量(約44.7万t)³⁾の約11%に相当する。

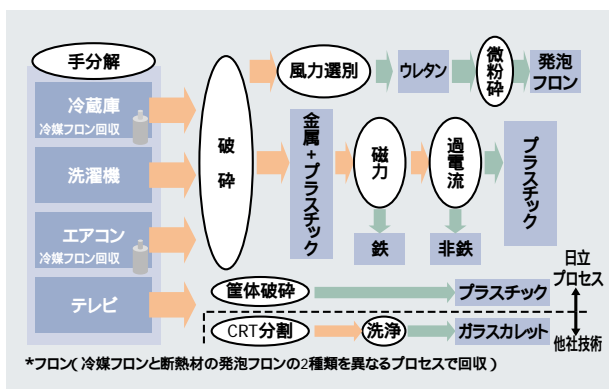
2.2 EUのWEEE指令との比較

全国の対象家電製品のリサイクル総重量である44.7万tとは,国民一人当たりの重量に換算すると3.5 kgに達している。2003年2月に発効されたEUの「WEEE(Waste Electrical and Electronic Equipment):廃電気・電子機器指令」は,電気・電子機器98品目を対象に国民一人当たりの分別収集量を4 kgとすることを目標にしているが,日本では家電製品4品目でその大半をカバーしていることになる。WEEE指令98品目(掃除機,シェーバ,ビデオカメラなど)を想定した場合,素材構成比や構造に違いがある。しかし,鉄,非鉄金属,プラスチックが主構成素材であることから,資源循環の対象範囲が他の家電製品や電機品に及んだとしても,家電リサイクルの経験と仕組みを生かし,即座に対応する準備をしている。

3.資源循環型社会への寄与

3.1 コンプレッサ分割装置

家電製品は多くの部品で構成されるが,銅やアルミニウム



注:略語説明 CRT(Cathode Ray Tube)

図3 家電リサイクルプロセス(東京エコリサイクルの例)
 廃家電製品は手分解と機械選別のバランスで処理される。基本プロセスは日立グループで開発された。

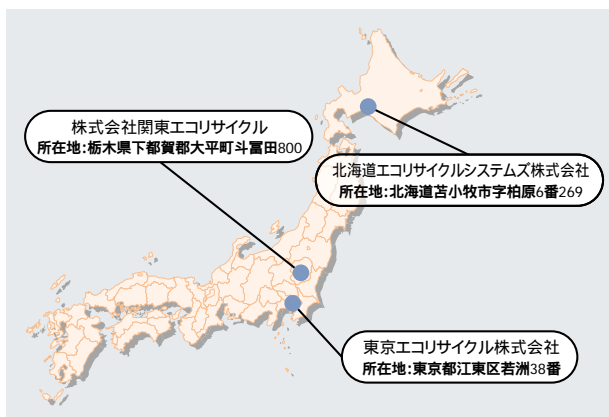


図4 日立グループの家電リサイクル拠点
 家電リサイクルの拠点となる東京エコリサイクル株式会社,株式会社関東エコリサイクル,北海道エコリサイクルシステムズ株式会社の所在地を示す。

を多く含む部品としてコンプレッサがある。コンプレッサは、冷蔵庫やエアコンに使われ、厚い鉄で溶接接合されたシェル（外装）内部に圧縮用モータが入っている。シェルを取り除けば有価なモータを回収できるため、シェルの切断装置が必要であった。

従来はガス切断などの方式で溶断していたが、冷凍機油への着火や油煙発生の問題があった。また、コンプレッサはレシプロタイプとロータリタイプの2方式があり、両者に対応できる切断装置が求められていた。そこで東京エコは、これらの問題を解決できるコンプレッサ分割装置を株式会社日立プラントテクノロジーと共同開発した。装置概観と分割結果を図5に示す。

コンプレッサは自動車や自動販売機にも多数使われている。このような部品を分解する自動装置の開発は、WEEE指令相当品へ拡大させる際にいっそう重要となる。

3.2 資源循環の効果

鉱床から鉱石を採掘、精錬していく過程では、多くのエネルギーが使用されるため、資源循環（リサイクル）によって金属を再生産していくことは、エネルギーの節減につながる。鉄製品を例に、製品ができるまでの工程（流れ）を図6に示す。資源循環によって工程、またエネルギーが短縮できることがわかる。鉄をリサイクルすれば、エネルギーは鉄鉱石から製造する場合の約 $\frac{1}{3}$ 、銅は約 $\frac{1}{7}$ 、アルミニウムは約 $\frac{1}{20}$ で済む。このように資源循環は、金属生産用のエネルギーを削減できる効果がある。また、リサイクル過程で得た鉄やアルミニウムの純度は99%以上であり、鉱石（50～65%）より高純度である。

金属やプラスチックから成る製品類をリサイクルすることは、資源の節約、省エネルギーに役立つことから、今後は法規制された品目以外についても自主的にリサイクルを試行していく。

3.3 レアメタルの回収

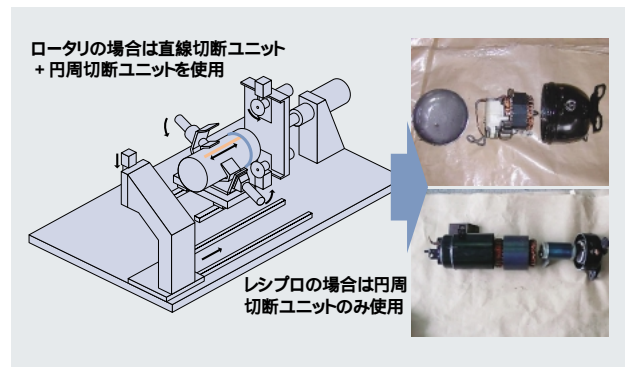
FPDなどの高度な電子機器類は、レアメタル、希少金属なしには製造できない。この回収・リサイクルのスキームは政府でも検討され始めている。日立グループも、自社製品を中心にレアメタルの経済的回収の可能性を見極めていく。

4.CO₂排出削減効果

4.1 ライフサイクルアセスメント

家電製品のリサイクルは資源循環に寄与するばかりでなく、CO₂の排出量削減につながる。東京エコを例にリサイクルによるCO₂排出量の削減効果を算出する。

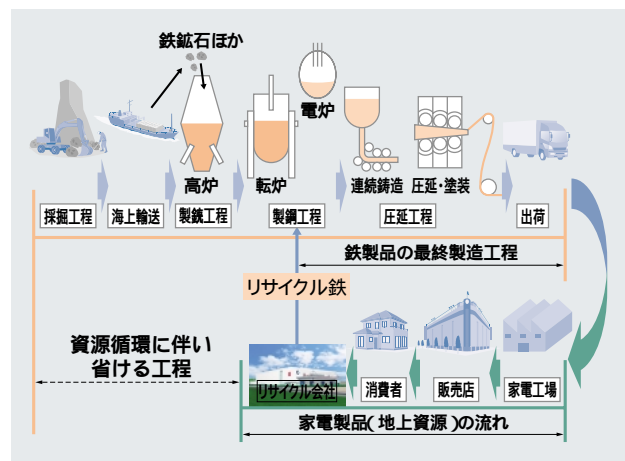
現在、実施中の家電リサイクルを例にCO₂の排出量をLCA（ライフサイクルアセスメント）³⁾で評価した。LCAは処理プロセスや製造プロセスの連鎖をたどって資源の消費量や環境へ



注:用語解説 レシプロ(ピストン機構によるコンプレッサ)
ロータリ(ロータ 回転子 を用いたコンプレッサ)

図5 コンプレッサ分割装置の機能

1台の装置でレシプロもロータリも切断・分割が可能である。なお、動力源はCO₂発生が少ない電気を使用している。



注:用語解説 製鉄(鉄鉱石の還元工程), 製鋼(鋼鉄製造工程)

図6 鉄の資源循環工程

資源循環は天然資源の乏しい日本にとって有効な手段である。

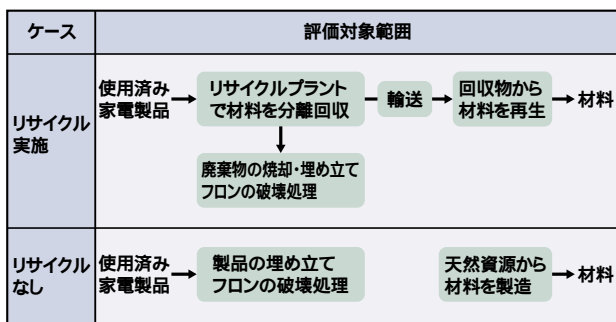
の排出物量を集計し、環境影響を評価する手法である。このうち、インベントリ分析と呼ばれる排出量集計手順に従い、CO₂排出量を評価した。

4.2 評価方法

東京エコでは年間約35万台(約1万3,000 t)の使用済み家電製品を受け入れて処理し、素材や部品ごとに分離回収している。これらの回収物は出荷先でさらに二次処理されたのち、最終的に大半が材料として再生されている。

CO₂排出量の削減効果の評価方法を図7に示す。家電製品を東京エコで処理し、回収した素材・部品が輸送された出荷先で二次処理され、最終的に材料に再生されるまでを対象にCO₂の排出量を集計した。一方、リサイクルせずに埋め立てた場合、同じ量の材料を天然資源から製造する際に排出されるCO₂量を集計した。この差がリサイクルによるCO₂排出削減量になる。

東京エコのCO₂排出量は2006年度の電気・燃料の消費実績にCO₂排出係数を乗じて算出した。回収物のお荷先での



注:用語解説 リサイクル実施(家電製品を処理した回収物を材料に再生) リサイクルなし(天然資源から同等の材料を製造)

図7 リサイクルによるCO₂排出削減効果の評価方法
リサイクルした場合と、しない場合の差がリサイクルによるCO₂排出削減量になる。

処理や天然資源からの材料製造に伴うCO₂排出量は、国内の公開データ類に基づいて計算した。

4.3 CO₂排出量の削減効果

CO₂排出削減量の評価結果を図8に示す。家電製品をリサイクルして材料ごとに再生することにより、同量の材料を天然資源から製造する場合と比べると年間約1万2,000 tのCO₂排出量を削減できることがわかった。

また、家電製品の処理から材料の再生までのCO₂排出量全体のうち、リサイクルプラントの運転が占める割合は約1割である。しかし、リサイクルプラントで材料を分離・回収することによって天然資源からの製造が不要になることから、システム全体としてはCO₂排出量が半減している。このようにリサイクルプラントは、物質循環システム全体のCO₂排出量削減に大きく貢献している。

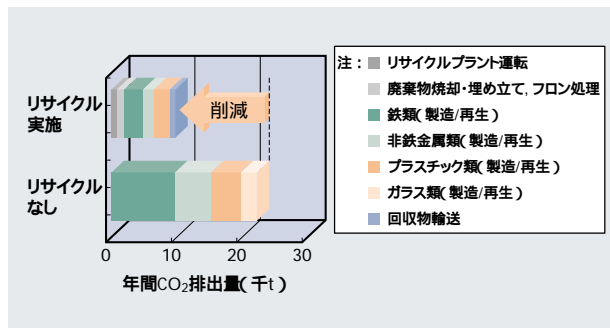


図8 家電リサイクルによるCO₂排出削減効果
東京エコリサイクルで回収した材料を再生することにより、年間CO₂排出量を約1万2,000 t削減した。

5. おわりに

ここでは、CO₂削減と循環型社会の実現に向けて、日立グループが取り組んでいるリサイクル技術について述べた。

地下資源が枯渇する中、地上資源のリサイクルで資源を生み出すニーズがますます高まっていくと予測する。これに応える具体事例に家電リサイクルを位置づけ、特にCO₂効果を算出した結果、1 tの家電製品を東京エコリサイクル株式会社の方式でリサイクルすると、約0.92 t(1万2,000 t(CO₂削減量)÷1万3,000 t(リサイクル量))のCO₂発生を削減できることを明らかにした。日立グループは、今後、適用品目の拡大やレアメタルの回収をめざしていく考えである。

参考文献など

- 1) 社団法人環境情報科学センター, <http://www.ceis.or.jp/>
- 2) 独立行政法人物質・材料研究機構, <http://www.nims.go.jp/jpn/>
- 3) 馬場, 外: 進化する家電リサイクルと環境配慮設計, 環境研究, Vol.143, p.95~105(2006)
- 4) 財団法人家電製品協会: 家電リサイクル年次報告書, 平成18年度版(2007.11)
- 5) 伊坪, 外: LCA概論, 産業環境管理協会(2007)
- 6) 財団法人エネルギー総合工学研究所, <http://www.iae.or.jp/>

執筆者紹介



根本 武
1992年株式会社日立システムテクノロジー入社, 株式会社日立プラントテクノロジー 環境システム事業本部 環境ソリューション本部 所属
現在, 東京エコリサイクル株式会社の技術開発に従事



弘重 雄三
1992年日立製作所入社, 生産技術研究所 生産システム第一研究部 所属
現在, 環境対応生産システムの研究開発に従事



馬場 研二
1978年日立製作所入社, 株式会社日立プラントテクノロジー 環境システム事業本部 環境ソリューション本部 所属
現在, 東京エコリサイクル株式会社ならびに北海道エコリサイクルシステムズ株式会社非常勤取締役として事業経営に従事
工学博士
環境システム計測制御学会会員



赤津 昌幸
1991年日立製作所入社, トータルソリューション事業部 プロジェクト統括本部 環境エネルギーソリューションセンター 所属
現在, 環境・省エネルギーソリューションの業務に従事



吉田 卓弥
1993年日立製作所入社, 電力グループ 電力・電機開発研究所 ターボ機械研究開発センター 流体科学プロジェクト 所属
現在, エネルギーシステムおよび環境システムのシミュレータ・診断技術・評価モデルの開発に従事
日本エネルギー学会会員, 廃棄物学会会員