

# 使用済みエアコンを対象とした金属資源リサイクル効果

立命館大学 理工学部 (正) 天野耕二  
 立命館大学大学院 理工学研究科 峰松良寿  
 立命館大学大学院 理工学研究科 佐藤文郎  
 建設省 土木研究所 二村貴幸

## 1. はじめに

廃家電製品のリサイクルについては、処分場不足の問題などから法案の整備に伴う早急な対応が求められている。家電製品は現時点でその多くが大量に廃棄されており、リサイクル技術の開発や回収システムの整備が課題とされている。そこで本研究では、使用済みエアコンに着目し、LCA 的な考え方に基づいて製品を構成する金属資源のリサイクル効果について検討した。具体的には、製品重量の多くを占める鉄・アルミニウム・銅について、新規製造・リサイクルに伴うエネルギー消費量、エネルギー消費に伴う CO<sub>2</sub> 排出量の算出とその比較を行った。

## 2. 評価対象について

### (1) 評価対象製品

評価対象製品の構成素材<sup>1)</sup>を図 1 に示す。本研究では、ルームエアコン・業務用エアコンの代表機種製品について評価を行うこととする。

### (2) リサイクル効果の考え方

各金属を新規製造する場合と使用済みエアコンから回収してリサイクルする場合のエネルギー消費量と

CO<sub>2</sub> 排出量の比較を行う。ここでは、リサイクルされた金属は質の差がないものとして考える。図 2 に評価対象範囲のフローを示す。新規製造については、統計資料<sup>2,3,4)</sup>により積み上げ計算を行い、各金属のエネルギー消費・CO<sub>2</sub> 排出原単位(以下、原単位)を求めた。CO<sub>2</sub> 排出原単位における海外排出割合については、既報の値<sup>5)</sup>を引用した。ただし、アルミニウムについては新地金をほぼ海外からの輸入に依存しているため、本研究では新規・リサイクル工程に投入される燃料使用量<sup>6)</sup>を用いて積み上げ計算を行った。次に、使用済みエアコンの破碎・処理工程を図 3 に示す。使用済みエアコンはフロンが取り除かれた状態で搬入され、その他の搬入物とともにシュレッダーにかけられる。ここでは、ひと月当たりの搬入量が約 50,000 トンの解体処理業者のデータをもとに、使用済みエアコン全体が処理され、各金属の回収率を 90%と仮定して計算を行った。各金属へのエネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 排出量の配分は、エアコンの構成重量比(図 1)により割り振ることとした。ここでの破碎・処理工程と各金属の再生工程をあわせたものをリサイクルと考える。なお、本研究では、輸送に伴うエネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 排出量は考慮していない。

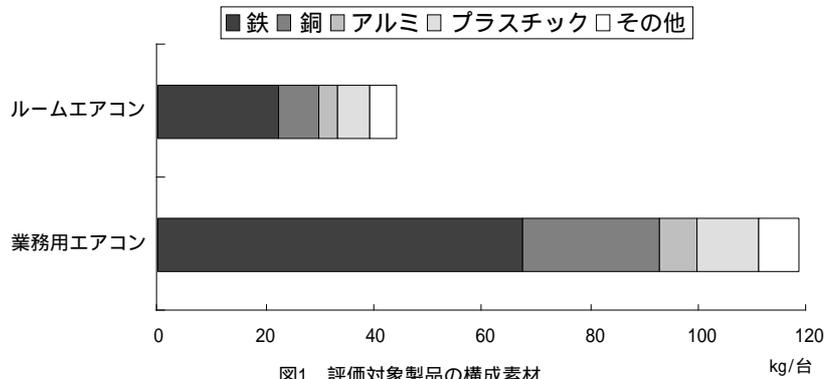


図1 評価対象製品の構成素材  
 ルームエアコン：メーカー10社代表機種製品の平均組成  
 業務用エアコン：代表機種製品の組成

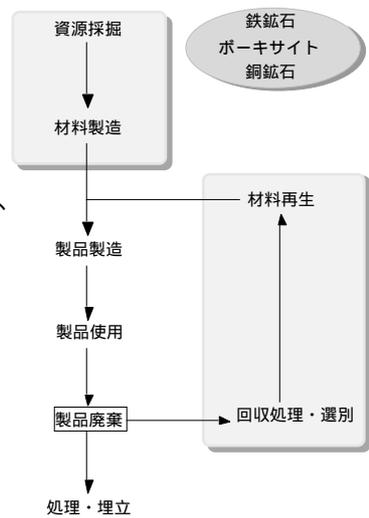


図2 評価対象範囲のフロー

(3) 各金属のエネルギー消費・CO<sub>2</sub> 排出原単位の算出  
鉄について

新規製造は国内での製鉄・製鋼・圧延表面処理工程（電気炉分も含む）を、リサイクルはエアコンの破碎処理・電気炉・圧延表面処理工程を対象とした。

アルミニウムについて

アルミニウムは、文献から引用した新規製造・リサイクル工程に投入される各種燃料使用量により原単位を算出した。リサイクルはエアコンの破碎処理工程も含んでいる。

銅について

新規製造は国内での溶錬・電解・加工工程を、リサイクルはエアコンの破碎処理・加工工程を対象とした。加工工程は伸銅製品とし、回収された銅くずはすべて伸銅製品加工に投入されるものとする。ここでは、投入されている電気銅（電解工程で生産）と銅くずのエネルギー消費量・CO<sub>2</sub> 排出量の総量を伸銅製品 1t 当たり換算することにより、新規製造とリサイクルの比較を行うこととする。

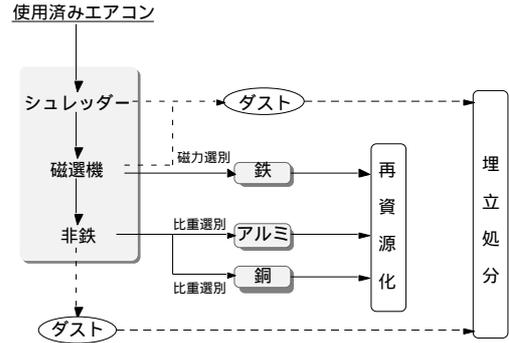


図3 使用済みエアコンの破碎・処理プロセス

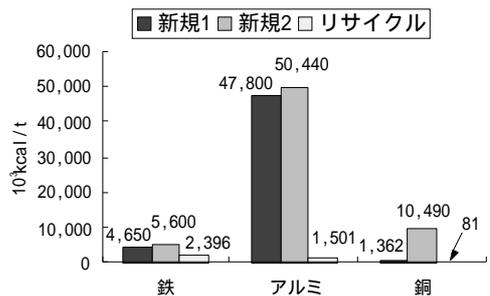


図4 金属1t製造に伴うエネルギー消費量

3. 評価結果

積み上げ計算の結果を図4～図7に示す。新規製造（新規1）に関しては、文献から引用した原単位<sup>7,8)</sup>（新規2）との比較も行った。エネルギー消費原単位は資源協会検討会での採用値<sup>7)</sup>を、CO<sub>2</sub> 排出原単位は未踏科学技術協会の値<sup>8)</sup>を用いた。

(1) 各金属 1t 当たりのリサイクル効果

エネルギー消費量は鉄で約 48%・アルミニウムで約 97%・銅で約 94%のリサイクル効果となった（図4）。新規1と新規2を比較すると、鉄とアルミニウムではわずかではあるが、銅では大きな差がみられる。銅については、前述の通り、伸銅製品当たりの原単位を求めていないためである。また、CO<sub>2</sub> 排出量は鉄で約 71%・アルミニウムで約 96%・銅で約 97%のリサイクル効果となった（図5）。エネルギー消費量ほどではないものの、銅では同様に新規1と新規2との間に差がみられる。

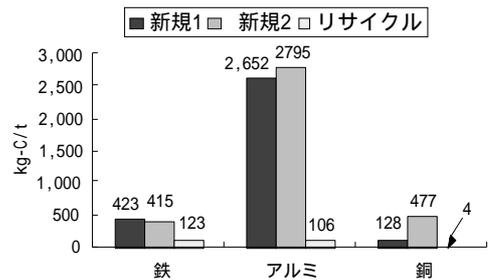


図5 金属1t製造に伴うCO<sub>2</sub>排出量

(2) エアコン 1 台当たりのリサイクル効果

エネルギー消費量はルームエアコンで約 76.9%・業務用エアコンで約 73.7%のリサイクル効果（図6）、CO<sub>2</sub> 排出量はルームエアコンで約 84.0%・業務用エアコンで約 82.2%のリサイクル効果となった（図7）。新規1と新規2を比較すると、エネルギー消費量の中でも特に業務用エアコンで大きな差がみられる。これは、製品重量の銅の構成比がルームエアコンよりも大きいためである。

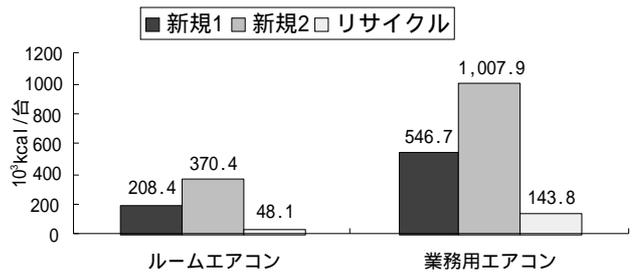


図6 エアコン1台製造に伴うエネルギー消費量

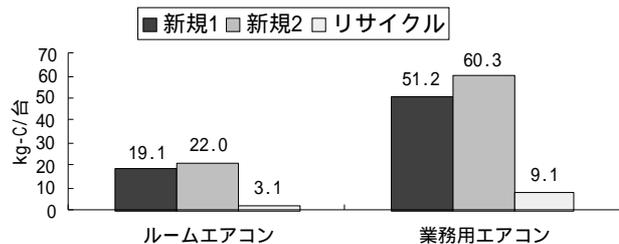


図7 エアコン1台製造に伴うCO<sub>2</sub>排出量

#### 4.まとめ

##### (1)鉄について

リサイクルすることにより、エネルギー消費量は約 50%、CO<sub>2</sub> 排出量は約 30%ですむという結果が得られた。エアコンの製品重量の 50%以上を占める鉄のリサイクルは非常に重要である。今後は、廃自動車・廃家電のような不純物元素の含有量が高いスクラップについて、不純物除去を考慮したリサイクルを検討する必要がある。

##### (2)アルミニウムについて

アルミニウムの特徴は他の金属と比べてリサイクル性が高いということである。リサイクルすることにより、エネルギー消費は約 3%、CO<sub>2</sub> 排出量は約 4%ですむという結果が得られた。アルミニウムを新規製造する場合、大量に電力を消費するとともに、電力はアルミニウムの製造エネルギーの中でも大きなウェイトを占めている。そのため、他の金属と比較してエアコンの構成重量比は少ないにもかかわらず、エネルギー消費量・CO<sub>2</sub> 排出量は大きくなっている。問題はスクラップの収集で、比較的容易であると考えられる電線・サッシ・アルミ缶などを含めた、合金別の仕分けを考慮した回収システムの整備が必要である。

##### (3)銅について

リサイクルすることにより、エネルギー消費量は約 6%、CO<sub>2</sub> 排出量は約 3%ですむという結果が得られた。これは、伸銅製品の加工工程への電気銅の投入量をすべて銅くずで補うと仮定して算出したので、高いリサイクル効果となった。すなわち、伸銅製品加工に投入される銅くずのリサイクルシステムの究極的な結果である。伸銅製品の生産に投入される原材料の約 27%が電気銅、約 23%が銅くずであることを考えると、今後の銅くず回収量の増加や不純物の除去技術が開発されることにより、リサイクルによるCO<sub>2</sub> 排出量・エネルギー消費量の削減効果が向上すると考えられる。

##### (4)エアコンについて

新規製造に関して、文献から引用したエネルギー消費原単位との間に大きな差がみられるが、これは銅くずの再生工程の考え方により生じた結果である。そのため、本研究では銅の取り扱いが評価結果へ重要な影響を与えている。実際には、不純物などの混合による銅の回収・再生の困難さやリサイクルの条件設定により、得られた結果よりも効果は低くなると思われる。しかし、分解・再生を考慮した製品設計や使用済みエアコンの回収システムの整備などにより、金属資源のリサイクル効果はさらに向上するものと考ええる。

##### <参考文献>

- 1) 財団法人家電製品協会・社団法人日本冷凍空調工業会；廃エアコン処理実態調査研究報告書,平成8年3月
- 2) 通商産業大臣官房調査統計部編；鉄鋼統計年報、平成2年(1990)
- 3) 通商産業大臣官房調査統計部編；資源統計年報、平成2年(1990)
- 4) 通商産業省資源エネルギー庁公益事業部編；電力需給の概要(1991)
- 5) 稲葉敦；家電製品のライフサイクルアセスメントの実施とその問題点、環境管理、Vol.32、No.9、68-80、1996
- 6) 村田徳治；最新リサイクル技術の実際、オーム社、1993
- 7) 社団法人資源協会；家庭生活のライフサイクルエネルギー、平成6年9月
- 8) 未踏科学技術協会；「環境負担性評価システム構築のための基礎調査研究」調査報告書(別冊)  
-金属素材インベントリーデータ-、平成7年3月
- 9) 和田安彦；家電製品のリサイクルへのLCAの適用 -冷蔵庫を例としたケーススタディ-、エネルギー・資源、Vol.17、No.6、552-556、1996