

使用済み家電製品のリサイクル技術

Waste Home Appliance Treatment Process for Resource Recycling

河村 豊
KAWAMURA Yutaka

秋本 弘司
AKIMOTO Hiroshi

市橋 利夫
ICHIHASHI Toshio

「特定家庭用機器再商品化法」(家電リサイクル法)が2001年4月1日に施行され、家電製品のリサイクルが本格的に始まった。対象となる家電製品は、4品目(冷蔵庫、洗濯機、エアコン、テレビ)である。これらは、鉄、銅、各種プラスチック、ガラス、プリント基板などにより構成されており、破碎・分別などの技術により有価物やフロンなどの有害物を回収している。2000年3月末日竣工した西日本家電リサイクル(株)以下、NKRCと略記)の家電リサイクル工場は、当社が建設を担当した。プラントの性能は、再商品化率に関する性能評価試験を行い、家電リサイクル法の規定を十分満たすことを確認した。

A new law on the treatment of waste home appliances came into effect in Japan on April 1, 2001, marking the commencement of full-fledged recycling of waste home appliances. The specified home appliance products that must be treated under the law are refrigerators, washing machines, air conditioners, and television sets. Among the constituent materials of these products are iron, copper, various plastics, glass, and printed circuit boards. Nishinihon Kaden Recycle Corporation (NKRC) was established for waste home appliance recycling in March 2000.

This paper presents an outline explanation of the recycling methods for waste home appliances used in NKRC and the recovery method for chlorofluorocarbons (CFCs). A performance evaluation of the plant was conducted, and it was confirmed that the plant conforms with the provisions of the recycling law.

1 まえがき

20世紀の後半から、環境問題は地球規模の問題となり、従来からの大量生産、大量消費、大量廃棄型の社会の在り方が問われてきた。すなわち、生産から流通、消費、廃棄に至るまでの物質の効率的利用やリサイクルを進め、天然資源の消費抑制、環境負荷の低減を図る資源循環型社会への転換が不可欠になってきた。

このような状況を背景に、資源循環型社会の構築を目指した新たな社会システム作りが様々な産業分野で活発化している。家電製品に関しても、2001年4月1日から家電リサイクル法が施行され、冷蔵庫、洗濯機、エアコン、テレビの4品目を対象にリサイクルが義務づけられた。この法律により、消費者はリサイクルに必要な費用を負担し、家電メーカーは廃棄される家電製品4品目の引取りとリサイクルを行う義務を負うことになった。

この法律への対応のため、当社及び家電各社の出資により1998年12月に設立されたNKRCは、「国のエコタウン第1号認定を受けた北九州市エコタウン 環境総合コンビナート」(北九州市若松区響町)に家電リサイクル工場を建設した。工場建設は、NKRCからの発注を受けた当社が元請となり、99年5月に着工、2000年3月末日に竣工した(図1)。NKRCの処理能力は、300日/年稼働の2直体制で、約50万台/年である。処理方法は機械破碎と分別を基本としており、4品目



図1.家電リサイクル工場の外観 品目ごとの処理ラインを備え、約50万台/年の処理能力を持っている。

View of waste home appliance recycling factory

の特徴に合った処理をするため、品目ごとに処理ラインを備えている。

以下、家電リサイクル法で対象となる4品目の材料組成からリサイクルの着眼点を述べ、NKRCでの家電製品処理プロセスの特徴、及びプラント性能について述べる。

2 家電製品4品目の素材構成と再商品化

家電リサイクル法の対象となる家電製品は、冷蔵庫、洗濯機、エアコン、テレビの4種類である。これらは、鉄、銅、ア

ルミニウム、プラスチック類、ガラスなどにより構成されており、金属やプラスチックなどの複合製品と言える(表1⁽¹⁾)。

家電リサイクル法における再商品化(リサイクル)は、家電製品を処理してできるものが有償・無償で引き取られること、及びみずから使用することを条件としており、品目ごとにリサイクル率(各製品から有償・無償で引き取られた重量/製品重量)が定められている。それぞれ、冷蔵庫50%、洗濯機50%、エアコン60%、テレビ55%である。

リサイクル率を達成するためには、表1からわかるように、金属類、ガラス、プラスチック類などの回収が必須であるが、プラスチックは種類も多く異物除去などの手間が掛かるため、有償化が難しい。そのため、家電製品の処理においては、製品ごとに手分解や機械破碎により素材に分離し、金属類とガラスの回収を主体とするプロセスが一般的である。

更に、有害物を出さないという方針から、冷蔵庫、エアコンの冷媒用フロン、及び冷蔵庫断熱材ウレタン中のフロンの

回収を進めているプラントもある。

3 家電製品処理プロセスの特徴

NKRCに持ち込まれた家電製品は、受入場所で品目別に分類されて、各処理ラインに搬送される。各家電製品は個別にマニフェスト(管理票)がはり付けられており、受入時にバーコードで入力される。そして、処理ラインへの投入口において現物と照合され、確実に処理されたことを確認できるようにしてある。

NKRCの全体処理プロセスを図2に示す。手分解、機械破碎、分別を基本構成に、テレビはガラス、その他の品目は金属類を主体に回収するように構成している。回収されたプラスチック類は埋立てのため最終処分場へ送られるが、プラスチックのリサイクルは今後の課題である。

3.1 テレビ処理ライン

テレビは手分解で、ケース、基板、偏光ヨーク、ブラウン管などに分解される(図3)。

ケースはプラスチック製が主体であり、手分解後、破碎・減容し最終処分場へ送られる。ブラウン管はガラスメーカーの引取り要求仕様に適合させるため、ファンネルガラスとパネルガラスに分離し、ファンネルガラスは洗浄、カレット化する。洗浄は、シリコンカーバイド(SiC)の粉末をカレット化されたガラス片に衝突させることでガラス表面を浄化する、乾式プラスト法を採用している。

3.2 洗濯機・エアコン処理ライン

洗濯機はそのまま一次破碎機へ投入される。一次破碎機

表1. 家電製品の素材構成(代表例)

Materials constituting home appliances (typical examples)

単位: wt%

家電製品品目	冷蔵庫	洗濯機	エアコン	テレビ
鉄	49	52	54	12
銅	4	2	18	3
アルミニウム	1	4	9	1
プラスチック	43	33	16	26
ガラス	-	-	-	53
塩水	-	6	-	-
その他	3	3	3	5

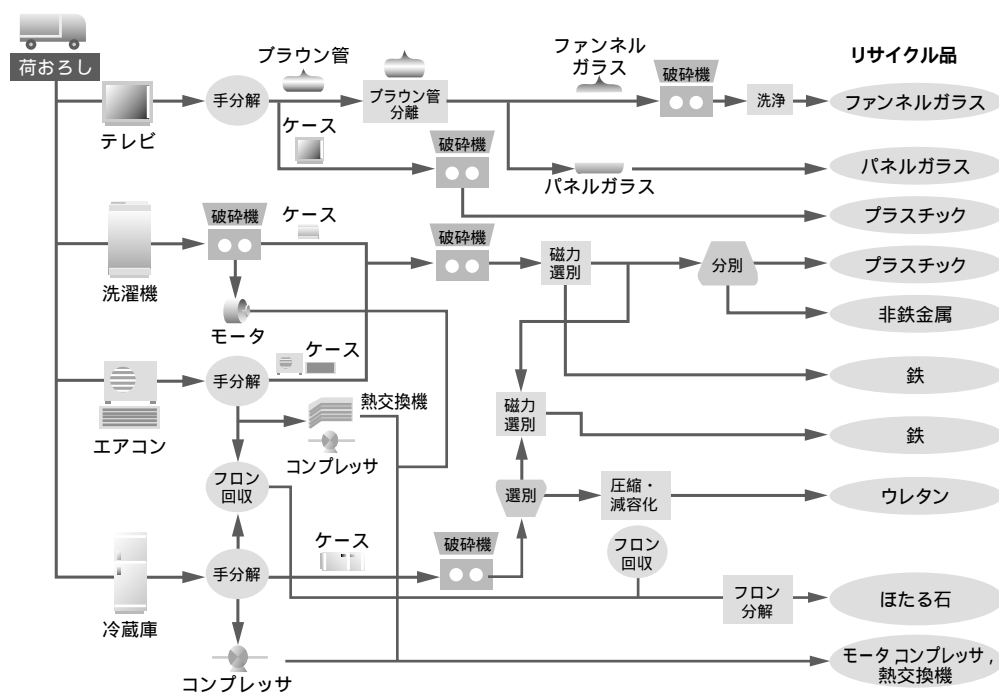


図2. 家電製品の処理フロー
家電製品の処理は品目ごとに、手分解、機械破碎、分別を基本構成として処理される。Schematic of waste home appliance treatment processes



図3 . テレビ手分解テーブルとブラウン管搬送コンベア テレビは手作業にて分解し、ブラウン管はファンネルガラスとパネルガラスに分離する。

Tables for dismantling TV sets and conveyors for transporting CRTs

の出口でモータが回収され、その後、二次破碎機へ送られる。

エアコンは、冷媒用フロンを回収した後、熱交換器、コンプレッサ、銅線、銅パイプなどを手分解で回収する。残りは洗濯機処理ラインと共用している二次破碎機へ送られ、破碎後、磁力選別機で鉄を回収し(図4)、残りは非鉄選別ラインに送られる。回収された鉄は、回収率、純度とも90%以上である。洗濯機のモータ、エアコンのコンプレッサ、熱交換器などはそのまま価値物として扱われる。



図4 . 磁力選別機で回収された鉄 洗濯機、エアコンを破碎し、磁力選別機にて鉄を選別する。鉄は価値物として引き取られる。
Iron collected with magnetic separator

3.3 冷蔵庫処理ライン

冷蔵庫は、冷媒用フロンと冷凍機油を回収した後、扉パッキン、コンプレッサなどを手分解で取り外し、破碎機に掛けられる。破碎機は2段構成で、前段で300mm程度に破碎し、後段で30mm以下に成るように破碎する。破碎後は、風力選別機により重量の重い鉄、非鉄、プラスチック類から

ウレタンを選別・回収し、ウレタン処理ラインへ送る。

鉄、非鉄を含む破碎物から磁力選別機により鉄が回収され、残さは非鉄選別ラインへ送られる。

なお、破碎機は密閉された部屋に設置し、破碎時に放出される断熱材中のフロンを回収することにより大気放出を防止する。

3.4 ウレタン処理ライン

断熱材のウレタンからのフロン回収には種々の方法があるが、熱処理によるフロン追出しとウレタンの減容化を同時に行う装置を採用した。当社と東芝機械(株)の共同開発によるもので、1軸のスクリーフィーダと加熱機により構成されている(図5)。ウレタンは、加熱・減容工程中に、まずフロンが脱離・回収され、その後、約1/15に圧縮・減容化されて固形状で回収される。残留フロン量は1%以下となっている。

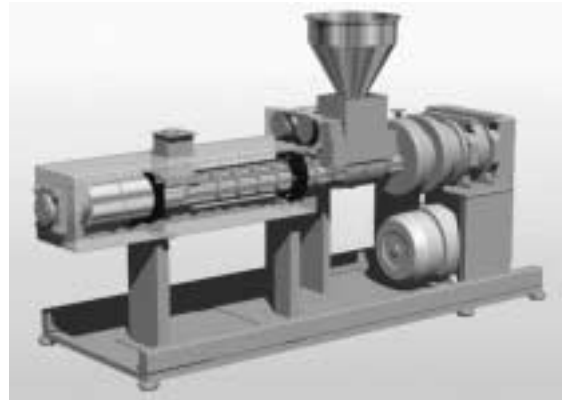


図5 . 断熱材ウレタン加熱脱フロン減容機 冷蔵庫の断熱材として使われているウレタン中のフロンを加熱により脱離・回収し、ウレタンをスクリーフィーダにより圧縮・減容化する。

Facility for separating CFCs from polyurethane and reducing volume of polyurethane

3.5 非鉄選別ライン

鉄回収後の残さから、銅、アルミニウムなどの非鉄金属を高回収率・高品位で回収可能な選別装置の合理的構成を検討した。その結果、家電製品4品目を対象とした破碎物で、かつ破碎粒度が30mm~40mmに適合した装置として、渦電流を利用した選別機を2段、直列に使用する構成を採用した(図6)。回収率、純度とも90%以上を実現してる。

3.6 断熱材中のフロン回収ライン

冷蔵庫の破碎工程中で回収された断熱材ウレタン中のフロンガスと前述のウレタン処理ラインで回収されたフロンガスは、気体状態で活性炭にいったん吸着された後、脱離されて液化回収される。フロンガスの回収フローを図7に示す。



図6．非鉄選別装置 鉄回収後，銅，アルミニウムなどの非鉄金属を渦電流装置にて選別する。

Facility for separating nonferrous metals

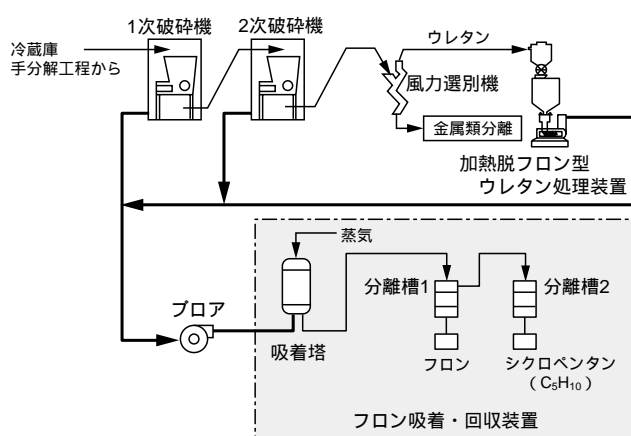


図7．フロンガス回収フロー 冷蔵庫破碎時放出されるフロンガスとウレタンから脱離したフロンガスを集め，活性炭に吸着回収する。

Flow of CFC recovery system

4 再商品化率と断熱材中フロン回収率

プラントの再商品化率に関する性能確認として，冷蔵庫，洗濯機，エアコン，テレビの各家電製品4品目ごとに実証試験を行った。

機械破碎前の手分解による回収，機械粗破碎後のモータ回収，機械細破碎後の磁力選別による鉄回収，非鉄選別機による銅，アルミニウム回収，などによる有価物の回収率を表2に示す。これらの試験結果は，各家電製品の品目ごとに家電リサイクル法に規定された要求を満足している。

冷蔵庫の断熱材ウレタン中の発泡剤フロン含有量を推定できる冷蔵庫80台を用いて，冷蔵庫の破碎過程，及びウレタンの加熱脱フロン装置から回収されるフロン量の測定試験を行い，フロン回収率が約87%となることを確認した。また，断熱材中フロンの吸着装置による回収率の測定試験で

表2．再商品化(リサイクル)率評価試験結果
Recycling rates calculated based on results of operation

家電製品品目	冷蔵庫	洗濯機		エアコン		テレビ
		全自動洗	2槽洗	室内機	室外機	
再商品化率(%)	62	59	63	70	90	70
家電リサイクル法の基準値(%)	50以上	50以上		60以上		55以上

は，約90%の液体回収が確認され，システム全体としての液化回収率は約80%になった。

5 あとがき

家電製品処理の実情についての一部を述べた。プラント性能は鉄，非鉄などを回収することで，家電リサイクル法における再商品化率を十分満足するものであった。

資源の有効活用・適正処理は，今後は法的な再商品化率の引上げや，更に被再商品化製品としてパソコンなどへ範囲が広がってくるものと予想される。家電製品は2001年度に2,100万台，約70万トン排出されると予想されているが，製造者責任の立場から，家電メーカーは家電製品の再商品化に向けた活動を進めている。プラスチックのリサイクルなど課題も多いが，資源循環型社会の実現に向けて，微力ではあるがその一翼を担っていきたくと考えている。

謝辞

NKRCの家電リサイクル工場の建設工事においては，認可手続きなどについて，北九州市環境局から多大なるご支援を賜った。ここに謝意を表します。

文献

- (1) 金属系材料研究センター，資源環境センター．非鉄金属系素材リサイクル促進技術研究開発：基礎調査研究，要素技術研究成果報告書．新エネルギー産業技術総合開発機構，1995，344p.



河村 豊 KAWAMURA Yutaka

社会インフラシステム社 社会・産業システム事業部 環境システム技術部参事。
廃棄物処理システムの開発に従事。
Public & Industrial Systems Div.



秋本 弘司 AKIMOTO Hiroshi

社会インフラシステム社 社会・産業システム事業部 環境システム技術部参事。
廃棄物処理システムの開発に従事。電気学会会員。
Public & Industrial Systems Div.



市橋 利夫 ICHIHASHI Toshio

電力システム社 電力・産業システム技術開発センター 環境機器開発研究所グループ 部長。
廃棄物処理技術の開発に従事。原子力学会，化学工学会会員。
Power and Industrial Systems Research and Development Center