

家電リサイクルの歴史・現状・課題



松藤 敏彦



家電リサイクル, 粗大ごみ処理, 製品アセスメント, 公害輸出

1. 家電製品の登場と処理

家電製品は、1960年ごろから始まる高度成長期に、一気に普及した。生活の豊かさの象徴となったのが、「三種の神器」と呼ばれた電気洗濯機、電気冷蔵庫、白黒テレビである。洗濯機、掃除機などは主婦の負担を軽減し、冷蔵庫とテレビは快適さと娯楽を提供してライフスタイルの変化を誘導した。1970年には冷蔵庫、洗濯機の普及率が90%を超え、掃除機と、白黒テレビに代わって登場したカラーテレビは1975年に90%を超えた。その後も相次いで新たな家電製品が登場し、家庭生活はそれらの製品なしには成り立たなくなっている。表1に家電製品（電子機器も含む）の出荷量（2005年度）を示すが、田崎⁽¹⁾によれば平均寿命はテレビ9.6年、エアコン14.9年、冷蔵庫11.6年、洗濯機11.0年と推定されており、表1の製品はおおよそ10年後には廃棄物となる。

家電製品は、従来は大部分が粗大ごみ（大型ごみ）として処理されていた。定期的収集が開始されたのも、ごみ量が増加した高度成長期である。それまで不定期であった収集は、ごみ処理を市民サービスとする考え方が広まり、定期的な無料収集へと変化していった。日本は焼却処理を中心としたため、不燃ごみの分別は早くから行われていたが、1990年ごろから粗大ごみ（大型ごみ）の分別が設けられ、可燃、不燃、粗大の3分別が日本の標準であった。

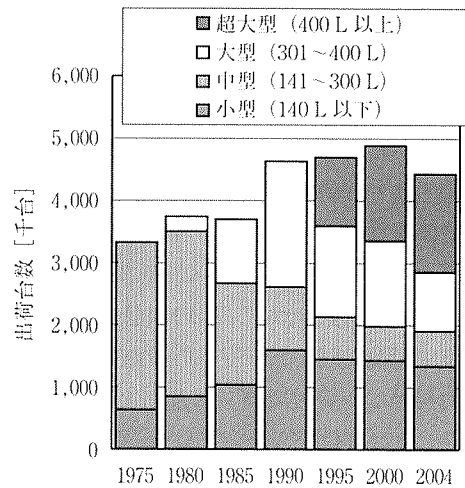
大型の家電製品は目立つが、その量はそれほど多くはない。札幌市における調査（1997年）では粗大ごみのうち家具類が42%を占め、家電製品は27%、そのうちテレビ、洗濯機、冷蔵庫、エアコン（以上を主要4品目という）および電子レンジの合計は9%であった⁽²⁾。ステレオ、ガスレンジなどを含めた大型家電製品が家庭ごみ全体

表1 2005年度の出荷台数

製品名		出荷台数
家電製品	電子レンジ	3,686
	電気がま	7,026
	食器洗い乾燥機	895
	電気冷蔵庫	4,389
	エアコンディショナ	8,071
	電気洗濯機	4,465
	電気掃除機	6,048
	温水洗浄便座	2,729
	テレビ	
ブラウン管テレビ	3,403	
プラズマテレビ	514	
液晶テレビ	4,490	
DVDービデオ	6,955	

(千台)

(データ：家電製品協会, 電子情報技術産業協会)



(データ：日本電機工業会自主統計)

図1 電気冷蔵庫の容量別出荷台数

に占める割合は、1%以下にすぎない⁽³⁾。しかし家電製品のごみ処理には、三つの問題があった。

その第一は大型化によって、自治体での処理が困難となったことである。冷蔵庫は図1に示すように、1980年代に大型が増加し、1995年以降は「超大型」の分類が新た

まつとう・としひこ 1978年北海道大学工学部卒業, 1983年北海道大学大学院工学研究科博士課程修了, 1983年北海道大学工学部助手, 1992年助教授, 2006年教授, 現在に至る。専門は廃棄物処理全般のハードからソフトまで。工学博士。

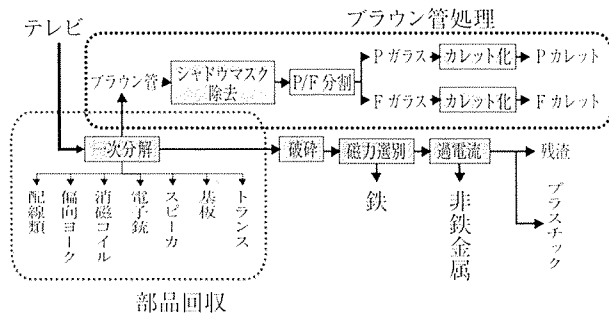


図2 テレビの解体フロー

に加えられた。2004年の割合は、大型22%、超大型36%であった。テレビは85年以降22型以上が増加し、1990年には45%を占めるようになった⁽⁴⁾。大型冷蔵庫の重量は70kg、超大型は100kgを超え、テレビも大型製品は40～50kgあり、人力で収集車に積み込むことが困難になってきた。このため、大型冷蔵庫(250リットル以上)と25インチ以上のテレビは、破碎が困難なタイヤ、スプリング入りマットレスとともに1994年に「適正処理困難物」に指定され、製造者や販売者などの事業者と協力を求める、つまり自治体が処理を拒否できるようになった。

第二には、有害金属を含むことである。粗大ごみとして処理されると、鉄類を磁力選別機により回収したのちに残渣が埋立処分される。廃棄物の埋立に関しては水と試料を10:1とし、振とうして溶出する量を測定する溶出試験の基準を満足しなければならないが、粗大ごみの破碎残渣は鉛、カドミウムなどが高い。この原因は家電製品であると推定されている⁽⁵⁾。

第三に、製品に鉄、アルミ、銅などの有用金属が含まれており資源としての価値が高いことである。粗大ごみとして収集されると、破碎機で細かくしたあと磁力選別機で鉄類を回収するのみで、不十分な金属回収しか行われていなかった。残りはふるいで選別したのち、焼却あるいは埋立されていた。

このうち第一、第三の理由が、家電リサイクルが開始された主な理由である。

2. 家電リサイクルの経緯

以上の経緯のもとで、1998年に家電リサイクル法が制定された(施行は2001年)。対象となったのはエアコン、テレビ、冷蔵庫、洗濯機の4品目であり、不要となった家電製品は消費者が小売店に引き渡し、小売店は引き取りとメーカーへ引き渡し、メーカーはリサイクルの義務を負うという役割分担が定められた。メーカーは使用済み製品についても責任を負うことになったが、これは「生産者が生産・使用段階だけでなく、廃棄物となった後まで一定の責任を負

う」という拡大生産者責任(EPR: Extended Producer Responsibility)を具体的な仕組みとしたものである。EPRの考え方はまず容器包装リサイクルに適用され、家電の後に自動車リサイクル法にも生かされている。ただし、リサイクル費用は、直接、間接的に消費者が負担する。家電リサイクルの場合は小売店引渡し時に、消費者が支払う。料金はメーカー一律で、2006年時点で冷蔵庫4,830円、エアコン3,675円、テレビ2,835円、洗濯機2,520円⁽⁶⁾である。

小売店に引き取られた使用済み製品は、いったん全国380か所の指定引取場所に集められたのち、全国47か所のリサイクル施設で再商品化される。自社製品の引き取りが原則だが、国内の家電メーカーはA、Bふたつのグループに分かれて対応している。Aグループは従来の、いわゆるスクラップ施設を利用・拡充したのに対し、Bグループは新たに家電専用のリサイクル施設を建設した。家電メーカーは、通産省の補助の下で1995年より4年間にわたって家電4品目の一貫処理システムの開発を進めた。荷捌きや分解の自動化、コンプレッサ等の低温破碎、AI利用システム、プラスチックの素材別選別など、高度技術の利用可能性を検討した⁽⁷⁾が、最終的には主としてコスト制約のため高度技術の利用は見送られた。主たるプロセスは手解体工程、破碎工程、選別・回収工程から構成されており、種別別に処理されている。図2にテレビの解体フローの例を示すが、まず手作業で部品がとりはずされ、ブラウン管を分離・回収し、残りは破碎後に金属等を回収する。冷蔵庫、エアコンにはフロン回収など、製品ごとにフローが異なっている。

3. 製品アセスメント

破碎、選別処理するならば、製品中に複数素材や複合素材があったとしても有害物さえ含まなければ問題にならない。しかしリサイクルを進めるには、図2のような回収プロセスを考えた工夫が必要となる。1990年代前半には、1990年に地球サミットが開催されて「持続可能な発展」が21世紀に向けた共通の課題となり、1991年には廃棄物処理法が改正されて、「資源化」が処理の一部であると明記された。リサイクルに関しては、同年「再生資源利用促進法」が制定され、家電製品は自動車とともに「リサイクル可能な構造、材質の工夫をしなければならない製品(第一種指定製品)」に指定された(なおこのとき、ガラスびんと紙の製造における再生資源利用率を高めること、ペットボトル、スチール缶、アルミ缶にリサイクルのための表示を行うこととされた)。家電製品協会はこれに対応するため製品アセスメントマニュアルを作成し、分解の容易

表2 家電製品の製品アセスメント評価項目

評価項目	主な内訳
1 減量化	製品, 原材料, 部品, 希少原材料, 有害物質
2 再生資源・再生部品の使用	
3 長期使用の促進	製品・部品の耐久性, 保守・修理の容易さ
4 収集・運搬の容易化	作業性, 積載性
5 再資源化の可能性の向上	再資源化可能な原材料・部品, 再資源化可能率
6 分離・分別処理の容易化	材料・部品の種類と点数の削減, 表示, 材料・部品の分離・分別の容易さ
7 破碎・選別処理の容易化	
8 包装	減量化・減容化・簡素化, 有害性, 表示, 再生資源使用
9 安全性・環境保全性	環境負荷物質の禁止・削減・管理
10 使用段階における省エネ等	
11 情報の開示	分別排出・長期使用・廃棄時・収集運搬時など
12 LCA	ライフステージごとの環境負荷
13 製造段階における環境負荷低減	有害性・有毒性, 廃棄物, 省エネルギー
14 流通段階における環境負荷低減	製品・包装材の減量化, 輸送方法の工夫

家電製品協会「家電製品アセスメントマニュアル概要版」平成15年1月より作成

さ、素材の単一化など、リサイクルしやすい製品づくりに努めた。当初はリデュース (reduce, 発生抑制), リサイクルを重点としたが、3年後の第2版は上述の適正処理困難物指定に対応するため「処理困難性事前評価」が追加され、2001年発行第3版は、地球環境問題への対応を意図して、ライフサイクルを考慮した評価項目が追加された。表2に、評価項目⁽⁸⁾を示す。5～7がリサイクルの容易さに該当するものとなっている。なお、自動車、オフィス家具、照明器具など他の業界団体も、独自のガイドラインを作成している。製品アセスメントマニュアルは、2006年に第4版が作成されている。

4. 化学物質管理と3R設計

家電製品協会は現在、環境に配慮した設計として、資源の有効利用 (3Rの推進), 省エネルギー, 化学物質の管理に取り組んでいる⁽⁹⁾。3RとはReduce (発生抑制), Reuse (再使用), Recycle (再資源化) を指す。

3R推進としては、例えば、再生材使用、難燃剤不使用、素材の化合物形態など、2007年に制定されたJIS規格に基づいたプラスチックの材質表示が行われている。また、解体・分別を容易化するためのマークが製品アセスメントガイドライン第4版に記載されている。例えば、プラ

スチック部品に金属が含まれているか、穴あけ作業が必要な部品について適切な位置を指示、冷蔵庫の冷媒抜き取りのためのコンプレッサの冷媒封入パイプの向き、などである。これらの表示は、家電リサイクル施設からのフィードバックも生かされている。

有害物質の不使用は、EU (ヨーロッパ連合) のいわゆるRoHS指令に対応するものである。RoHS指令とは、電気電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限であり、2003年に発効した。対象となる物質とは、鉛、水銀、カドミウム、六価クロム、および臭素系難燃剤のPBBとPBDEである。対象品目は電気電子機器のほぼすべてであり、2006年7月から適用されることになっていた。鉛ははんだ材料、顔料、プラスチック安定剤など、水銀はスイッチやセンサ、カドミウムはリレー接点、顔料、プラスチック安定剤などに含まれていた。また六価クロムはねじなどの防錆、耐食表面処理など、臭素系難燃剤はプリント基板、端子台などに使用されていた⁽¹⁰⁾。これに対しては、鉛フリーはんだの利用など、対策が進み、同時に資源有効利用促進法によって、4品目、および電子レンジ、衣類乾燥機、パソコンに対して、6物質の含有状況を管理することが義務化された。基準値を超えた場合には、含有マークの表示と情報提供を行わなければならない。

省エネルギーに関しては⁽¹¹⁾、1998年に目標年次までに達成すべき基準を設けた。基準は、当時最も省エネルギー性能が優れていたものを基準としており、「トップランナー基準」と呼ばれている。冷蔵庫、エアコンなどはインバータ制御、モーター効率向上などによって、省電力が進められている。また、家庭電力の10%程度も占めるといわれる待機電力の削減も行っている。

5. 家電リサイクルの現状と問題点

家電製品は、テレビ55%以上、洗濯機50%以上など、製品ごとに再商品化率が定められ、2005年にはそれぞれ目標を20%程度上回っており、良好な状態にある。ただし、再商品化とは「再資源、再生資源として自ら利用する、あるいは譲渡できる状態にすること」と定義されており、家電製品から金属類、ガラス、金属部品、プリント基板、モータ、プラスチックなどが回収され、それらが金属精錬業者 (金属回収), セメント製造業者 (熱利用) などに引き渡された時点で「再商品化」と考え、実際に利用された量を表すものではない。ただし、鉄、銅、アルミ、非鉄類の混合物 (ミックスメタルと呼ばれる), テレビのブラウン管ガラスが90%を占めるので、再商品化率の公表値が大きく変化することはない。

1991年に製品アセスメントが行われるようになってか

らも、大部分は粗大ごみとして処理され、分解の容易な製品作りがリサイクルには生かされていなかった。しかしようやく、家電リサイクル法によって回収とリサイクルが系統だっで行われるようになり、環境配慮設計がリサイクルとつながりつつある。まだ小型の製品はごみとして処理されているが、粗大ごみ破碎残渣中に移行していた重金属量は減少していると思われ、有害化学物質の不使用によって家電製品に由来する環境リスクも低減している。さらには、電子電気製品には、貴金属やレアメタルが多く含有されている。パソコンのリサイクルも、資源有効利用促進法に基づいて進んでいるが、パソコン基板の金含有量は、良質の天然鉱石よりも高く、インジウム、パラジウムなどのレアメタルも多く含有されている⁽¹¹⁾。これらは都市鉱山、都市鉱床などと呼ばれ、資源としての価値が注目されている。すべての製品まで広がるには時間がかかるかもしれないが、家電リサイクル法の資源・環境面での効果は少ない。

しかし経済産業省の推計では、リサイクルされているのは推定廃棄台数の半分にすぎない。国内での不法投棄は依然として問題とされているが、廃家電の1～2%程度とされており、量としては少ない。不明分のうち26%は再利用目的の輸出と推定されており⁽¹²⁾、一部が不適正にリサイクルされている。廃電気電子機器はE-Waste (electrical and electronic waste) と呼ばれる。アジア地域は環境に関する規制がゆるい、あるいは規制があったとしても適正に運用されていないために、酸による貴金属回収、野焼き

などにより、土壌、河川、地下水汚染が起こっている⁽¹³⁾。国際循環という聞こえはよいが、「公害輸出」となっている可能性があり、海外まで目を向けた対応が求められている。

(2008年8月12日受付)

 文 献

- (1) 田崎智宏：「家電リサイクル法の実態効力の評価」, 国立環境研究所研究報告第191号 (2006)
- (2) 松藤敏彦・松尾孝之・田中信寿・三縄教明：「粗大ごみ収集の申し込み制実施状況とそれに伴う収集量変化」, 第9回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.159-161 (1998)
- (3) 松藤敏彦：「都市ごみ処理システムの分析・計画・評価」, 技報堂出版 (2005)
- (4) 環境省：環境白書 (平成14年版)
- (5) T. Sekito, N. Tanaka, and T. Matsuto: "Leach ability and content of heavy metals in incombustible residues from recovery facilities", *Waste Management & Research*, 18, pp.151-159 (2000)
- (6) (財)家電製品協会：「家電リサイクル年次報告書 (平成17年度版)」
- (7) 家電製品協会：「廃家電品一貫処理リサイクルシステム開発」平成10年度成果報告書 (1999-3)
- (8) 家電製品協会「家電製品アセスメントマニュアル概要版」(2003-1)
- (9) 佐藤美津男：「家電業界の環境配慮設計の取り組み」, 第22回グリーンケミストリー研究会講演会講演要旨集, 高分子学会, pp.50-55 (2008-3)
- (10) 山口勲：「電気電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限に関する欧州議会及び理事会指令 (RoHS 指令)」, 平成16年度廃棄物学会研究討論会講演論文集, pp.67-77 (2004)
- (11) 馬場研二：「地上資源が地球を救うー都市鉱山を利用するリサイクル社会へ」, 技報堂出版 (2008)
- (12) 寺園淳：「アジアにおける廃電気電子機器のフロー」, 第22回グリーンケミストリー研究会講演会講演要旨集, 高分子学会 pp.56-61 (2008)
- (13) 小島道一：「アジアにおける不適正リサイクル」, 平成16年度廃棄物学会研究討論会講演論文集, pp.83-88 (2004)