

廢家電製品の 리사이클링 現狀

申 熙 德
산업기술정보원

1. 머리말

家電製品은 생활필수품으로 가정생활의 향상에 공헌하였고, 일상생활에 없어서는 안되는 존재로 되어 널리 보급되고 있다. 한마디로 家電製品이라 불리지만 그 범위는 매우 넓고, 텔레비전, 냉장고, 에어컨 등의 이른바 大型製品에서 電球·乾電池 등의 소형제품에 이르기까지 多種多様な 제품이 존재하여, 리사이클링 쪽은 廢棄物處理의 관점에서 보아도 일괄해서 논하는 것은 무리이다.

家電製品은 耐久性消費財로 성격상 5년에서 10년여 동안 사용후 재물로서의 역할을 끝내게 된다. 따라서 수명, 고장 등으로 교체되는 시기에 가전제품은 폐기되게 되고, 일반폐기물로 처리된다.

현재 家電製品의 보급은 전국적으로 광범위하게 행하여지고 있으며, 수명에 따른 廢棄보다는 대형화의 선호 경향 및 신제품개발에 의한 교체로 廢家電製品의 발생은 크게 증가되고 있는 것으로 알려져 있다.

그러나 다른 폐기물과 마찬가지로, 노동력부족과 노임상승으로 인하여 家電製品의 처리 및 재생은 사업추진에 있어서 부진을 면치 못하고 있다.

2. 家電製品의 素材構成과 廢棄量

2.1. 家電製品의 構成素材

家電業界에서는 製品의 安定性 確保와 低價格化의 추구에 노력하고 또한 消費者要求를 제품에 반영하기 위한 操作性 및 디자인 개선에 전력을 기울여 왔다.

그 결과 사용재료 면에서도 변화가 일어나 우수한 機能을 가진 新材料가 사용되게 되어, 오늘날의 家電製品은 多種多様化한 재료로 구성되어 있다.

즉 家電製品의 素材構成은 鐵, 플라스틱, 유리, 銅, 알루미늄, 木材가 주요 재료이었으나 근래 鐵의 구성비율이 저하하고 있고, 반면 플라스틱類의 비율이 급증하는 추세를 보이고 있다. 이와같은 素材構成의 변화는 한편으로는 플라스틱類의 物的性質向上에 의한 바가 크

표 1. 가전제품의 소재구성변화 (일본) (단위 : %)

년도 품명		1977폐기물	1977제품	1982제품
		철	27	19
컬	동	6	5	3
	알루미늄	4	3	2
리	플라스틱	8	17	23
	유리	36	36	57
T	목재	16	14	0
	기타	3	6	5
V		합계	100	100
냉	철	69	63	50
	동	4	3	4
	알루미늄	5	2	3
장	플라스틱	12	26	40
	유리	5	2	0
	목재	1	1	3
고	기타	4	3	
	합계	100	100	100
세	철	69	65	53
	동	3	3	4
	알루미늄	8	2	3
탁	플라스틱	12	28	36
	유리	3	0	0
	목재	0	2	4
기	기타	5		
	합계	100	100	100

자료: 家庭電器製品協會(日本)

나, 家庭內에 사용되는 電氣製品으로의 안전성 확보, 사용상의 편리도 향상, 디자인의 변화 등 소비자편의 향상에 설계상 역점을 두고 있는 때문이기도 하다. 또한 사용되는 플라스틱의 종류도 많아 再資源化에 있어서의 장애가 되고 있다.

2.2. 가전제품 구성재료대체 동향

가전제품중 비교적 역사가 길고 주력제품이면서 환경 문제와 에너지문제에 깊이 관련되는 컬러TV, 냉장고, 에어컨, 세탁기를 선정, 이에대한 주요개발소재 대체동향을 요약하면 다음과 같다.

가) 機能·性能

가전제품은 전체적으로 중량이 가벼워지고 성능이 향상 되었다. 다만 가벼워졌어도 결코 強度는 약화되지 않은 것이 특징이고, 가벼워짐으로써 얻는 효과는 에너지절약뿐만아니라, 現代의 다수의 住宅이 高層化하고 있는 상황에서 配送에도 편리하다.

따라서 「機能·性能向上」으로는 기계적 강도의 향상 高耐蝕性, 高流動性化 등을 들 수 있다.

또한 소음공해에 대한 관심이 높아지고 있으므로 세탁기·냉장고 등은 특히 노이즈레벨이 문제로 되기 때문에 근래는 靜音化, 制振化材料도 주목되고 있다.

나) 輕薄短小化

구성소재 대체의 목적은 상기한 부분 이외에 포터블機器에 대한 것으로 주로 금속재료 그 자체의 薄肉化 및 합성수지화에 중점을 두고 있다.

다) 低코스트材料로의 轉換

각종 어프로치가 있는데, 주대상은 플라스틱으로 다음 2가지로 요약할 수 있다.

1) 엔지니어링 플라스틱에서 범용플라스틱으로

예) POM.PA→ABS.PP

2) 보다 저렴한 플라스틱으로

예) ABS→PS→PP

라) 工程自動化·간소화·합리화

여러가지의 시도가 이루어지고 있는데, 재료관련으로는 樹脂化에 의한 部品數의 低減과 초음파 용착방식(초음파 용착가능 재료로 전환)의 도입이 있다.

마) 디자인 다양화 및 외관의 고급화

이것은 오히려 코스트가 높아지는 경우도 있으나 고객대응을 위해서는 어쩔수 없다. 그러나 포토블카세트 플레이어와 같은 27가지 색상을 준비하지 않을 수 없는 사례도 있고, 모델교환도 너무 빈번하여 에너지절약 면에서 바람직 하지 않은 면도 있다.

2.3. 廢家電製品의 發生狀況

家電製品은 보통 5~10年間 사용이 끝난 후 廢棄되고 있으며, 소비자에 따라 사용기간이 다소 차이가 있기 때문에 廢棄되는 時点에서의 정확한 통계는 나오지 않고 있다.

우리나라 家電製品의 構成材料와 耐久年數는 日本과

표 2. 廢家電製品의 韓·日比較 (단위: 천대)

품 명	廢 家 電 品 臺 數	
	韓 國(1993)	日 本(1990)
T V	1,117	5,086
냉장고	1,306	3,393
세탁기	450	3,624
에어컨	85	1,848
전자렌지	NA	762
V C R	340	NA

자료: 상공자원부

비슷한 것으로 보여지고 있으며, 생활수준의 향상에 따라 廢棄物量은 크게 증가되고 있는 실정이다.

우리나라는 한해동안 버려지는 가전제품이 1천만대에 육박하고 있다. 이는 8톤트럭으로 2만5천대 분량에 달해 심각한 산업쓰레기 문제를 초래하고 있다. 즉 가전제품의 평균 내구년한을 8년으로 전제, 지난 85년 출고된 물량을 올해 폐기물량으로 추정할 결과 표 2.에서 보인 것과 같은 숫자를 나타내고 있다.

이밖에 소형 녹음기 등을 합치면 9백80만대로 추산된다. 이는 지난해 9백40만대보다 40만대 가량 늘어난 숫자이다.

게다가 최근 제조업체의 신제품 출하주기와 소비자의 구매주기가 점점 빨라지고 있어 내년쯤이면 폐품화하는 가전제품 수량은 1천만대를 넘어 설 전망이다.

현재 정부는 제조업체에 폐기물 예치금 제도를 실시, TV의 경우 6백원, 세탁기 1천2백원을 물려 그 재원으로 처리비용을 충당하고 있다.

3. 廢家電製品의 處理技術

廢家電製品을 리사이클링하는 技術은 家電製品을 構成單素材까지 분해 혹은 단체분리하는 기술과 이들 單素材의 혼합물로 부터 各單素材를 分離回收하는 기술로 되어 있는데, 이들 기술은 資源工學의 選鑛, 冶金技術에 의거한 것이 많다.

日本에서는 廢家電製品을 專門으로 리사이클링하는 것을 목적으로 건설한 플랜트로 「家電리사이클링 센터」와 「廢TV 高度再資源化시스템」을 들 수 있는데, 이곳에서 활용하고 있는 常溫破碎 選別시스템과 低溫破碎選別시스템 등에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

3.1. 常溫破碎 選別시스템

상온파쇄계통은 衝擊·剪斷力을 사용하는 豎形의 파쇄

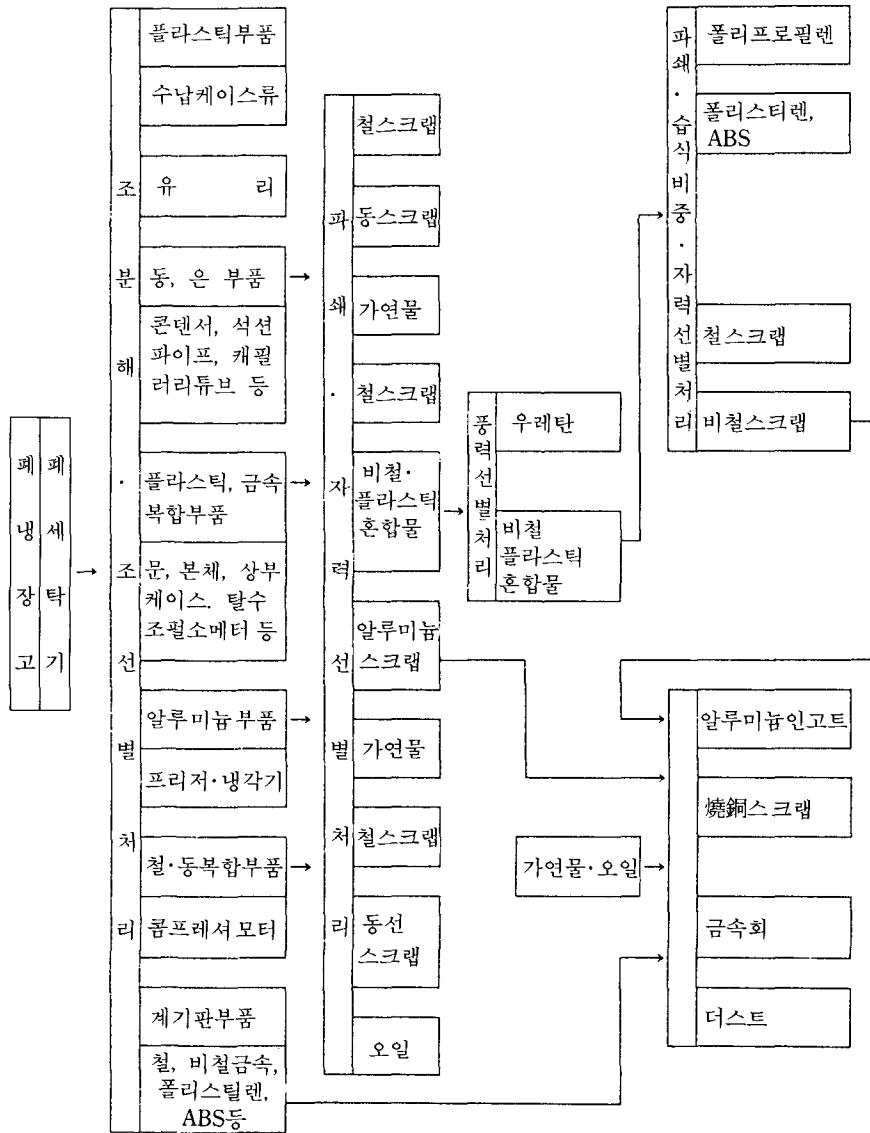


그림 1. 폐냉장고·폐세탁기의 처리계통도.

기로 파쇄하는 것으로 냉장고용 콤프레셔, 세탁기용 모터, TV용 변압기 등의 파쇄가 어려운 것은 파쇄하지 않고 골라내어 분리하는 機構로 되어 있다. 즉 常溫破碎產物은 風力選別機(粗選用)로 金屬類 등의 重量物과 木材, 글라스울(glass wool), 발포폴리스티렌 등의 輕量物로 분리한다. 또한 重量物은 磁力選別機로 鐵物과 기타 非磁性物로 분리되고, 非磁性物은 篩分機에 걸여 유리사 등의 不用物이 網下에 남게된다.

그리고 網上에는 碎屑형 선별기로 銅線이 회수되고,

잔류물로 알루미늄, 銅, 플라스틱, 고무, 木片 등의 혼합물이 있다.

3.2. 低溫破碎選別시스템

콤프레셔, 모터, 변압기 등을 前處理機로 일정한 용적으로 성형, 절단한 것을 液體窒素로 약 -100°C 까지 냉각시켜, 衝擊剪斷式의 橫形破碎機에 투입한다. 이때 鐵은 -100°C 가까이에서 低溫脆性이 커지고, 파쇄작용으로 銅線과 鐵片이 단체 분리가 이루어져 磁力選別機에 의

해서 鐵이 銅, 알루미늄 등의 非磁性物과 분리할 수 있게 된다.

3.3. 廢TV高度再資源化시스템

가) 시스템 개요

본 시스템은 廢TV를 브라운관과 TV 本體로 분해하는 粗分解工程, 브라운관을 유리의 재질별로 분리회수하는 브라운관 처리공정 및 TV 본체를 소각, 분리하는 TV 본체처리공정으로 되어 있다. 이 처리공정에서 나오는 제품은 鐵스크랩, 銅스크랩, 알루미늄스크랩, 금, 은, 동이 함유된 소각회, 바륨유리, 鉛유리, 마그네트 형광도료 등이다.

나) 低溫乾溜에 의한 有價物의 高率回收

플라스틱, 목재 등의 가연물혼합원료를 저온건류 함으로써 金屬의 酸化를 억제하고, 쉽게 유가금속의 분리회수가 가능하다.

다) 브라운관 유리의 리사이클링

종래 폐기되었던 브라운관 유리를 재질별로 회수하여 불순물을 제거함으로써 부가가치를 높일 수 있다.

라) 회토류의 리사이클링

브라운관에 코팅되어 있는 螢光塗料를 습식박리하고 여기에 함유되어 있는 유로피움(EU) 이트륨(Y)을 리사이클링 할 수 있다.

마) 공해방지

목재, 플라스틱 등의 가연물을 건류가스화하여 완전연소 시키고 또한 가스세정 함으로써 공해방지를 도모한다.

바) 경제성

乾溜爐의 자동제어에 의한 활성화, 가연물의 自然에 의한 에너지절약 및 가연물을 제외한 소재의 회수가 가능하여, 전체적으로 경제성을 유지할 수 있다.

3.4. 廢TV高度再資源化工程

가) 粗分解工程

반입된 廢TV는 작업대에 놓고 수작업으로 브라운관을 떼어낸다. 즉 햄머로 TV의 측면을 쳐서 브라운관의 조임너트를 공기구동형 임팩트렌치로 빼내고 브라운관을 트롤리 콘베이어에 매어달아 2단계 처리공정으로 운반한다.

나) 브라운관 처리공정

브라운관의 깔대기형 유리를 파쇄하고 고정스크린에서 사분한다. 파쇄한 유리는 스크린 밑의 호퍼로 들어가고, 剝離 밑에서 鉛鉛 등이 박리한 후 洗淨, 脫水되어 로타리콜러에서 냉각시킨 후 불밀로 -100 mesh 정도로 건

식분쇄한다.

이때 생산된 유리분말은 도자기의 釉藥으로 쓰이게 되고, 패널유리는 螢光塗料를 박리한 후에 파괴하여 조크라샤와 篩分機로 분쇄, 분급한다. 이것은 연마재로 이용된다. 螢光塗料는 稀土類를 약 20% 함유하며, Y(이트륨) EU(유로피움)원료로 재이용 된다. 또한 브라운관은 깔대기형 부분과 패널부분을 별도로 파쇄 洗淨한 후 브라운관 메이커에 재이용을 위하여 공급된다.

다) TV 본체 처리공정

브라운관을 제외한 텔레비전 본체를 건류로에 넣고 자체연소 시키면서 건류하고, 건류가스는 燃燒爐에서 연소시켜 배기가스는 세정장치를 통하여 배출된다.

燒成物은 50 mm의 固定形 스크린으로 분리하고, 鐵, 銅, 알루미늄을 手選한다. 網下產物은 磁選機로 鐵이 제거되고, 金, 銀, 銅을 함유하는 소각회가 제련소에 재처리를 위하여 순환 공급된다.

4. 리사이클링 촉진을 위한 대책과 전망

4.1. 리사이클링 기술의 연구개발

前述한 바와 같이 家電製品은 다종다양한 재료로 구성되어 있고, 이들 구성 재료의 변천에 따라 廢家電品 리사이클링 과제로 중요한 것이 플라스틱類, 유리類, 비철금속류 등의 선별기술 확립과 선별된 素材類의 有效利用市場 개척이다.

그림 1에 보인 그림을 日本의 家電製品協會에서 다양화하는 가전제품 구성재료를 효율적으로 재자원화하는 기술 및 시스템개발을 중요과제로 지정하여 「고도재자원화시스템」으로 정리하였다.

이 방식을 1977년 廢家電品의 재자원화시험플랜트인 「가전리사이클링 센터」에서 텔레비전, 냉장고, 세탁기를 처리한 실험자료에서 기술적성능과 경제성을 상세히 검토, 해석평가한 결과 무턱대고 自動選別化를 추진하기 보다는 적시에 적절하게 핸드피킹을 도입함으로써 채산성의 향상과 實用化促進을 도모하도록 하는 것이다. 이 방법은 前處理로 粗分解와 粗選別을 행하고, 파쇄, 자력, 풍력, 인력, 습식비중, 가열 등의 선별처리를 행하여 효율적인 재자원화를 실현하도록 하는 것이다.

이 시스템에 의하면 가전제품을 구성하는 소재의 중량비로 약 80%가 재자원화 가능하다.

4.2. 제품 평가제의 실시

日本은 1991년 3월 「재생자원의 이용촉진에 관한 법률」(리사이클링법)의 시행에 따라 에어컨, TV, 전기냉

장고, 전기세탁기의 4종목이 제1종지정제품으로 지정되었다. 즉 通産産業省에 의하여

- (1) 재생자원으로의 이용이 가능한 재료사용
- (2) 부품의 분해가 용이하고, 회수·운반이 쉬운 구조를 채용
- (3) 합성수지제품의 材質名을 표시
- (4) 재료의 독성 등 처리에 관련한 안전성의 확보 등에 관하여 설계할 때에 사전평가가 요구된다.

日本の 가전메이커는 1991년 10월의 리사이클링법 시행이후 새로운 설계·제조에 있어서 그 제품평가를 실시하고 있다.

4.3. 回收支援시스템의 구축

폐가전제품의 리사이클링을 원활하게 하는데는 처리기술의 개발 다음으로 폐가전제품을 무리없이 대량 수집하는 것이 전제되어야 한다.

大型廢家電品의 판매점루트를 이용한 회수가 많은 실태에 비추어 이 루트에 의한 회수, 처리·처분의 흐름을 강화, 원활화 하여

- ① 대량회수로 재자원화를 촉진하고
- ② 점차 원형그대로의 매립을 줄여서 최종처분지의 유효이용, 수명연장에 기여한다.

등을 목적으로 지방자치단체의 회수업무에 협력·보완하는 효율적인 시스템의 확립이 필요하다.

그러므로 가전업계에서는 가전판매업단체 등 관계자로 구성된 「回收支援協議會」를 설치하여, 이 시스템의 구축에 나서고 있다.

5. 廢家電品 리사이클링의 과제

廢家電品 뿐만 아니라 모든 산업에서 리사이클링業의 중요성은 증가되고 있고, 이를 육성하는 것은 필수적이라 할 수 있다.

이를 위해서는 무엇보다도 收集·運搬段階에서 處理·處分に 이르기까지의 처리업자, 재생자원의 시장육성이 큰 과제이다. 또한 단순한 시장메카니즘에만 맡기지 (이 경우 리사이클링은 극히 제약이 많다) 말고, 환경문제까지도 고려한 총체적 사회시스템의 구축에 대한 컨센서스가 필요하다고 할 수 있다.

또한 廢家電品에는 플라스틱의 사용량이 증가되는 현상으로 미루어, 플라스틱 소재의 재생이용에 관련한 처리기술의 연구개발도 커다란 과제로 대두 되는데 이점에 대해서는 플라스틱 관련 전문기관과 공동연구를 행하는 것이 바람직 하다고 할 수 있다.