

## 일본의 폐가전품 리사이클링 물질의 회수에 관하여

高木 義文

일본가전제품협회(주) 환경부

### 머릿말

일본의 폐가전품 리사이클링에 관해서는 1991년 10월의 리사이클링법의 실행 및 1992년 7월에 개정된 폐소법(廢掃法)의 실행을 계기로 사업자에 대한 역할이 명기되었다. 즉, 제품을 설계 제조하는 단계에서 리사이클링을 기초로 한 제품이 일정기간 사용된 후 재생 자원으로 이용하는 것을 촉진하는 책임과(리사이클링법 제 4조), 폐소법에 기초한 제품이 폐기물로 된 경우에 있어서 처리의 곤란성에 대한 사전평가를 행하여야 하며 적절한 처리를 하여야만 한다.(폐소법 제 3조) 이들의 업무를 적극적으로 완수하기 위해 당협회에서는 평가 지침서를 작성함과 동시에 폐가전품의 재자원화 기술에 관하여는 많이 연구를 행하여 왔으며 아래에 그 개요를 소개한다.

### 1. 폐가전품의 재자원화 기술을 연구하게 된 경위

#### 1.1. 가진 리사이클링 센터의 설치

1977년 1월에 Clean Japan Center(주) 협조를 받아千葉縣 市原市에 폐가전품 재자원화 실험 플랜트를 설치한 것이 그 시발점이다. 이 플랜트의 특징은 저온 파쇄선별 시스템과 상온 파쇄선별 시스템의 2계통으로 크게 분류할 수 있으며 공정도는 그림 1과 같다.

상온 선별 시스템은 다음과 같다. 우선 상온용 파쇄기로 폐가전품을 파쇄한다. 이 파쇄기는 컴퓨터, 모타, 도란스 등은 파쇄되지 않고 거의 원형 그대로 외부로 나오는 특징을 갖고 있다. 분리된 컴퓨터, 모타, 도란스 등은 홋파에 저장되고 일정량이 모이면 유압식의 전처리기에서 처리된 후, 저온 파쇄기에 투입된다. 한편 상온 파쇄물은 풍력 선별기로 보내져 금속류, 플라스틱 등의 중량물과 나무조각, 발포 스티로폼 등의 경량물로 분류된다. 풍력에 의해 분리된 경량물은 중간에 설치된 관성포집기에 의하여 분리되어 일단 홋파에 저장된후 반출되어 처분된다. 또 관성포집기의 배출공기중에 잔유한 분진은 강력한 백필터에 의하여 제거되어 공해방지에 만전을 기하고 있다.

풍력 조선별 후의 중량물은 자력선별기에 의해 자

성물인 철류와 그 이외의 비자성물로 분류된다. 철류는 일정량 홋파에 저장된 후 매각된다. 비자성물은 다시 체선별기로 보내져 유리 와 토사 등의 불필요한 물질이 제거되고 홋파에 저장한 다음 매립 등을 행한다. 체 위의 회수물은 다단식 체형 선별기를 통과시키고 회수된 구리선류는 홋파에 저장한 후 매각된다.

저온 파쇄선별 시스템은 다음과 같다. 상온용 파쇄기에서 나온 컴퓨터, 모타, 도란스 등의 견고한 물질은 우선 컴퓨터에서 기름을 제거한 후 저온의 질소가스에 의한 예냉장치, 액체질소(-195°C) 침적냉각장치를 통해 냉각되고 충격, 전단식의 횡형 파쇄기에 넣어져 가늘게 파쇄된다. 파쇄물은 자력 선별기에 넣어져 철류와 구리, 알루미늄의 비철금속으로 분별되고 각각의 홋파에 저장된 후 매각된다. 이상의 시스템에 의하여 구성된 가전제품 리사이클링 센터는 당시로서는 획기적인 시스템으로서 높게 평가되었다. 그후 市原市에 초대형 쓰레기 처리시설로써 이관되었지만 경제적인 면과 처리시설에 맞는 공급 밸런스의 면에서 시스템 운영이 궤도에 오르지 않아 플랜트가 해체되었다.

#### 1.2. 페텔레비전의 고도 재자원화 실험 플랜트의 설치

1985년 (주)기계 시스템 진흥협회의 협조를 받아 당협회의 주도 아래 페텔레비전의 고도 재자원화 시스템의 실험 플랜트가 兵庫縣에 있는 關西環境(주)에 설치되었으며 시스템의 소개를 하면 그림 2와 같다.

페텔레비전은 우선 브라운관과 본체, 타부품과의 조분해, 조선별 처리된다. 브라운관은 조파쇄, 수선별 처리와 파쇄, 체처리를 거쳐 핀넬분말, 패널분말, 회토류형광체, 철편 등으로 분류되어 재자원화된다. 한편, 본체, 타부품은 열처리, 자력선별처리에 의해 철, 구리, 알루미늄, 금속회 등으로 재자원화된다. 본 플랜트는 실험가동 후 關西環境(주)에서 실용운영 되었지만 소재가 격의 저하에 의한 채산 악화와 저온가열건유로의 상태가 좋지 않음으로 인하여 플랜트의 가동율은 떨어졌지만, 최근에는 브라운관 유리에 대한 소재 생산업체로부터의 요청에 의해 재자원화가 궤도에 오르고 있다.

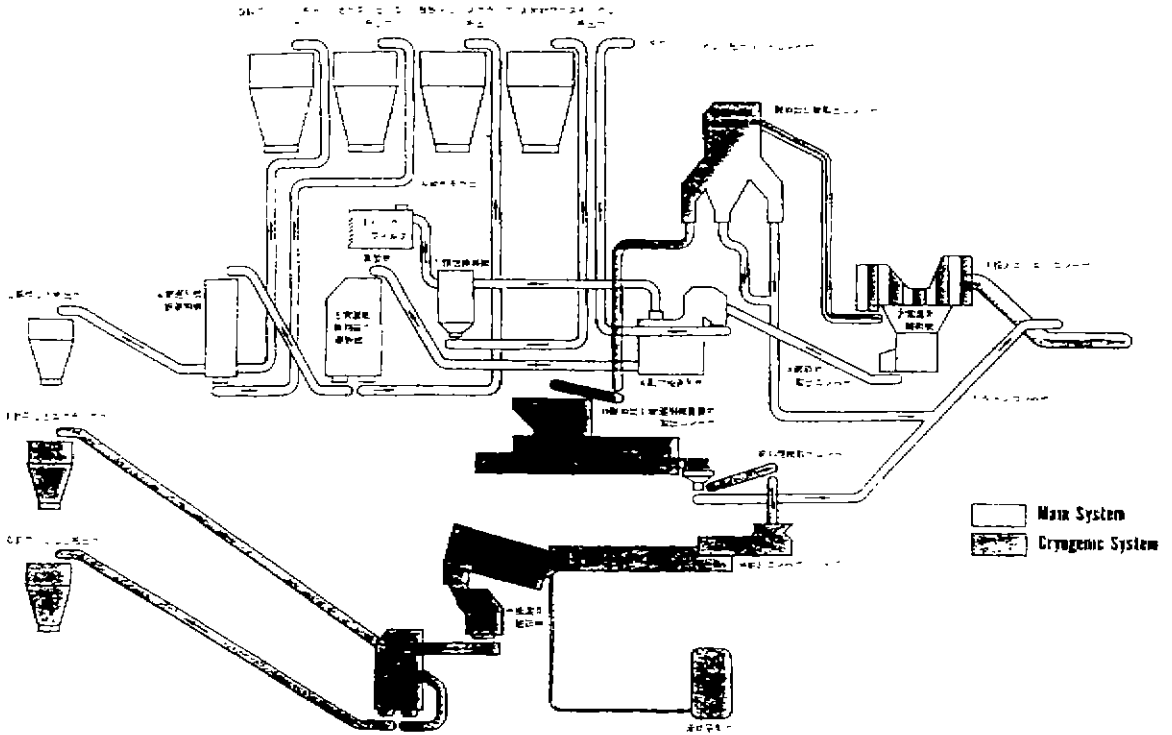


그림 1. 가전 리사이클링 센터의 시스템

2. 제품 평가

리사이클링법 제1종 지정제품으로 에어컨, 텔레비전, 냉장고, 세탁기의 4가지 제품이 1991년 10월에 지정되고, 또 니켈-카드뮴전지 사용제품인 비디오카메라, 전기면도기등 15제품이 1993년 6월에 추가 지정되었다. 이 제1종 지정제품으로 지정된 제품의 제조, 가공, 수리 또는 판매의 사업을 하는 사람에 대해 재생자원의 이용 촉구에 관한 판단 기준으로 다음의 9가지 사항이 요구되고 있다.

- ① 재료의 연구: 재생자원으로서 이용 가능한 재료의 사용
- ② 구조의 연구: 분해가 용이한 부품의 설치방법, 회수 및 운반을 쉽게할 수 있는 구조의 채용 등에 의한 처리의 용이화
- ③ 분별에 관한 연구: 합성수지계 부품의 재질명 표시 등에 의한 분별의 용이화
- ④ 처리에 관계된 안전성 확보: 재료의 독성 그 이외의 특성을 배려하여 처리에 관계된 안전성의 확보
- ⑤ 안전성 등의 배려: ①~④ 사항에 입각하였을 때 제품의 안전성 및 내구성 등을 배려한다.

- ⑥ 기술의 향상: 재생자원의 이용을 촉진하기 위해 필요한 기술의 향상을 꾀한다.
- ⑦ 사전평가: ①~④ 사항에 입각해서 미리 제품의 평가를 한다.
- ⑧ 정보의 제공: 제품의 구조, 제품의 분해, 부품의 재질명 그 이외의 재생자원의 이용 촉진에 도움이 될 정보의 제공을 요구받았을 때는 협력한다.
- ⑨ 포장재의 연구: 재생자원으로의 이용이 쉬운 재료 또는 재생자원을 이용한 재료를 포장재로서 사용한다.

다음에 추가 지정된 니켈-카드뮴전지 사용제품의 판단기준으로는 다음의 6가지 사항이 있다.

- ① 구조의 연구
- ② 재생자원의 이용촉진을 위한 표시 등: 제품이 전지를 사용하는 기구인 것을 표시
- ③ 안전성에 관한 배려
- ④ 기술의 향상
- ⑤ 사전평가
- ⑥ 정보의 제공

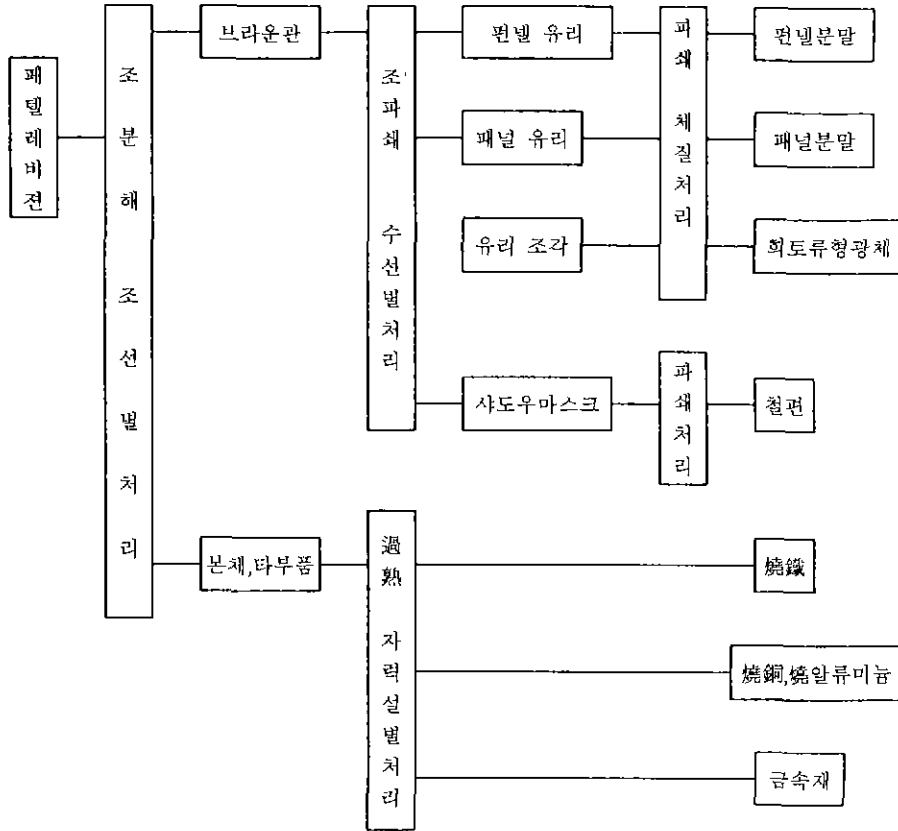


그림 2. 페텔레비전의 고도 재자원화 시스템

2.1. 제품평가 지침서 작성

가전업체에서는 리사이클링법의 공표(1991년 4월)와 병행하여 당협회내에 “제품평가 위원회”를 신설하고 자주적인 “제품평가 지침서”를 1991년 10월에 작성하고 가전제조업체가 실시하는 제품평가에 이바지하도록 하였다. 제품평가 지침서의 골자는 다음과 같다.

(1) 목적

가전업체의 입장에서 제품의 설계, 제조에 관하여, 또한 사용한 후의 처리, 처분 등을 고려하여 가전제품의 감량화, 자원화, 처리의 용이화 등을 촉진하기 위하여 가전제품에 관계된 제품평가 지침서를 만들고 제품평가를 실시하여 가전제품 폐기물 문제의 해결에 도움을 주고자 하는 것이다.

(2) 대상

새로이 설계 제작하는 가전제품 모두를 대상으로 한다.

(3) 제품마다의 평가항목 및 기준설정

제조 사업자는 제품의 안전성 및 내구성들을 기안한 후 각 제품의 특성에 따라 적절한 평가항목 기준을 설계하는 것으로 한다.

(4) 제품평가의 실시방법

제조사업자는 아래 내용을 포함한 자사제품 평가의 실시규정을 만들고 제품평가를 행하여야 한다.

- ① 제품의 개발규정 중에 제품평가 항목을 부여하여야 한다.
- ② 설계시점, 시험시점, 제품양산 시점 중 어느 한시점 또는 여러시점에서 실시한다.
- ③ 평가기준은 가능한 한 정량화하고 평가항목, 평가방법과 병행하여 제조회사 및 제품특성에 맞는 것으로 한다.
- ④ 제품의 새로운 규격과 환경에 미치는 영향도에 합당한 평가항목, 평가기준 그리고 평가방법을 정하여야 한다.
- ⑤ 제품평가의 실시상황을 확인하고, 제품평가 결과에

## 평가항목 및 기준의 발췌

	목 적	평가항목의 예	평가기준의 일예
1	감량화	① 사용원재료의 감량평가	① 사용원재제는 감량. 절약할 수 있을까
2	재자원화	① 부품의 재료변경 가능성평가 ② 재생자원의 이용촉진	① 부품의 재료 변경 가능성은 있는가 ② 재생재료를 사용할 수 있을까
3	파쇄감량 처리의 용이성	① 파쇄기 등에 의해 파쇄처리의 용이성 평가	① 파쇄기 등에 의해 파쇄가 쉽게 될 수 있는가
4	분해, 분리처리의 용이성	① 부품의 설치 평가	① 부품은 나사고정, 그 이외의 분해를 쉽게 할 수 있는 구조설계 및 조립방법인가
5	분별처리의 용이성	① 합성수지제품 등 의 재질 표시 평가	① 재료 기호의 표시는 있으며 보기 쉬운 장소에 있는가
6	회수와 운반의 용이성	① 회수 운반 용이화 평가	① 대용량, 중량품에 있어서는 차륜의 설치, 손잡이의 위치 등 운반성이 용이한 구조인가
7	안전성과 환경보전성	① 유해성 평가 ② 위험성 평가	① 법규 등의 기준을 만족하고 있는가 ② 분해, 해체 시에 있어서 위험한 구조 등은 아닌가
8	포 장	① 포장의 감량, 소형화 평가	① 포장은 감량, 소형화할 수 있는가
9	정보의 공개	① 처리정보의 공개평가	① 처리를 쉽게 할 수 있는 구조, 분해방법 등의 필요한 정보 공개는 가능한가

기초한 처리결과를 기록으로 남겨야 한다.

## (5) 조직, 체제

제조사업자는 사업소마다 또는 본사에 제품평가 실시의 책임자를 두어야 하고 제품평가의 실시 및 그 기록을 보관하는 체제를 유지하여야 한다.

## 2.2. 평가 대응제품

가전제품회사는 당협회가 작성한 제품평가 지침서를 기초로 하여 각사에 맞는 제품평가 실시규정을 작성, 1991년 10월 이후 새롭게 설계하는 제품부터 사전평가를 실시하고 있다. 이 성과는 1994년 1월千葉県에서 열린 "국제 플라스틱 전시회 94"에서 발표되었으며 그 발표내용은 다음과 같다.

## ① 제품평가 대응제품의 소개

a) 분리, 분해처리의 용이화: 텔레비전, 냉장고, 세탁기

b) 포장재의 감소: 텔레비전

## ② 플라스틱 재질명 표시 샘플

텔레비전, 냉장고, 세탁기, 에어컨

## ③ 재생플라스틱 이용 부품 샘플

텔레비전, 냉장고, 세탁기, 전열기

## ④ 니켈-카드뮴전지 사용제품의 표시 샘플

액상텔레비전, 전기면도기, handcleaner

⑤ 상이한 재료를 제거한 샘플  
텔레비전, 청소기

## 3. 플라스틱의 리사이클링 연구

앞에서 기술한 바와 같이 제품평가는 시행 이래 금년으로 3년째를 맞이하고 있지만 최대의 과제는 플라스틱의 리사이클링이다. 가전제품은 복합소재로 구성되어 있고 그 재료구성을 보면 표 1과 같다.

전체적인 경향으로는 금속류가 감소하고 그 대신에 플라스틱류가 증가하고 있다. 예를 들면 1977년 폐품과 1982년 폐품의 소재별 중량구성비를 비교해보면 텔레비전에서는 금속류가 약 40%에서 15%로 감소하고, 한편 플라스틱류는 8%에서 23%로 증가하고 있다. 냉장고에서는 금속류가 80%에서 60%로 감소하고 플라스틱은 12%에서 40%로 증가하고 있다. 또 세탁기에서는 금속류가 약 80%에서 60%로 감소하고 플라스틱류는 12%에서 36%로 증가하고 있다. 이와같은 가전제품의 재료구성 변화를 근거로 해서 플라스틱류의 리사이클링 연구에 박차를 가하고 있고 아래에 연구개요를 소개한다.

## 3.1 플라스틱 재료의 리사이클링

가전제품의 플라스틱 부품에 대해서는 제품 평가

표 1. 가전제품의 재료구성

(단위 : 중량비율 %)

제 품	년 도	철	구 리	알루미늄	플라스틱	유 리	목 재	기 타
텔레비전	1977년 폐품	27	6	4	8	36	16	3
	1981년 폐품	23	5	3	12	35	15	7
	1977년 제품	19	5	3	17	37	14	6
	1982년 제품	10	3	2	23	57	—	5
냉 장 고	1977년 폐품	69	4	5	12	5	1	4
	1981년 폐품	65	3	4	19	4	1	4
	1977년 제품	63	3	2	26	2	1	3
	1982년 제품	50	4	3	40	—	—	3
세 탁 기	1977년 폐품	69	3	8	12	3	—	5
	1981년 폐품	68	3	5	20	—	—	4
	1977년 제품	65	3	2	28	—	—	2
	1982년 제품	53	4	3	36	—	—	4

지침서에 기초하여 질량 100g 이상의 플라스틱 제품에 대하여 재질명을 ISO1043이라는 약호로 표시하고 있다. 이 플라스틱 제품이 재생재로서 이용 가능한지를 조사하기 위해 플라스틱 처리촉진 협회(주)의 협조를 받아 리사이클링법에 제1종 지정인 4제품의 주요 플라스틱 부품을 대상으로 재생 플라스틱의 물성 평가와 그 용도에 대해서 조사하였다(1992년). 조사의 공정은 다음과 같다.

주요 플라스틱 부품의 선정 → 폐가전제품 4제품의 수집과 플라스틱 부품을 꺼내 → 플라스틱 제품의 세정과 펠렛트화 → 재생 플라스틱의 물성시험과 평가

조사결과는 다음과 같다.

- (1) 폐가전제품의 해체
  - 폐가전제품에서 플라스틱 부품을 꺼내어 해체하는 시간은 최단 5분에서 최장 30분까지 걸렸다.
- (2) 플라스틱 제품의 분별, 전처리
  - 오물과 쓰레기는 완전하게 제거할 수 없었다.
- (3) 물성평가
  - 물성 저하는 최소한으로 유지되었다.
- (4) 재생 이용의 가능성
  - 재생수지만으로 또는 친연수지와 혼합하여 가전 제품 분야에 몇개의 용도로 사용할 수 있다.
- (5) 리사이클링 설계
  - 다음과 같은 가전제품의 설계가 필수요건이다.
    - ① 해체하기 쉬운 구조로 한다.
    - ② 같은 종류의 부품에는 같은 종류의 플라스틱을 사용한다.
    - ③ 사용 플라스틱의 종류를 적게 한다.

④ 금속 내부 라벨과 파킹의 접착 등을 동반한 설계는 피한다.

⑤ 도장 및 장식은 배지와 부위에 대해서 설계상의 배려를 한다.

(6) 앞으로의 검토과제

- ① 소비자로부터 플라스틱 재생업자까지의 폐가전 제품의 회수, 운송을 적은 비용으로 운영할 시스템
  - ② 해체, 분별된 플라스틱의 선정, 분쇄, 펠렛트화까지의 재생시스템
  - ③ 재생 재시장의 활성화
- 이상의 조사 결과에서 알 수 있는 바와 같이 향후의 최대 문제점은 시스템의 구축이고 현재의 시점에서는 천연재료와 비교하면 수작업을 거친 재생재료가 비용이 높게되는 것은 당연하고, 시장경제 원리에 좌우되지 않는 리사이클링의 활성화를 검토하지 않으면 재료의 리사이클링은 조금도 발전하지 않을 것이다.

3.2 열리사이클링

일반적으로 플라스틱의 현재 리사이클링은 매립이 37%, 소각이 37%, 쓰레기 발전등이 15%, 재생이용(재료의 리사이클링)이 11%로 되고 있다. 통산성의 21세기 계획에 의하면 21세기 초기에는 매립이 10% 이하, 에너지 회수가 약 70%, 재생이용이 약 20%로 목표로 하고 있다.(그림 3)

당협회로서는 폐가전제품의 플라스틱 리사이클링에 관하여 적극적으로 추진하려고 하지만 앞에서 기술한 바와 같은 문제점이 앞을 가로막고 있어 어려움이 많다. 열 리사이클링(에너지 회수를 포함)에 관하여는 플라

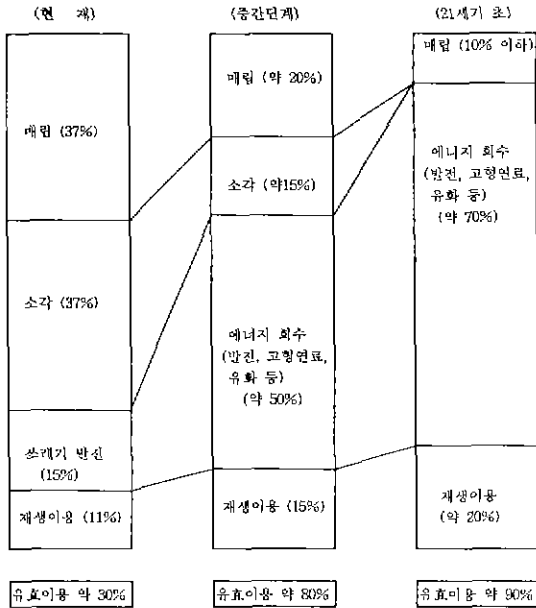


그림 3. 플라스틱 리사이클링의 가능성

스티 처리촉진 협회(주)와 협력하여 연구를 진행하여갈 계획이다.

4. 자원순환형 경제사회의 구축 방향

일본은 철광석, 석유 등 자원의 대부분을 수입하고 있는 자원수입국이고 한계가 있는 자원을 유용하게 활용해야만 한다. 환경 선진국이라고 불리고 있는 유럽, 특히 독일에서는 폐전자, 전기기구 회수정책령이 내

각에서 결정되고 1994년 1월부터 시행할 예정이었지만 독일 산업계 등과의 조정이 이루어지지 않아 아직 시행되고 있지 않다. 또 이미 시행되고 있는 포장재 규제령에 대해서는 운영회사인 DSD가 경영 위기에 빠져있는 상황이다.

당협회에서는 1993년 6월에 독일을 방문하였었는데 그때의 인상으로는 독일에서는 환경보호를 목적으로한 "유해 폐기물의 적정한 처리"라는 시각이 행정, 기업, 소비자 단계에 이르기까지 보편적인 것처럼 생각된다.

일본에서는 개정된 폐소법 제 6조 3항의 규정에 의하면 자치체에서의 일반 폐기물의 처리상황을 조사하고 전국각지에서 처리곤란한 폐기물을 후생성이 지정할 수 있고 지정된 제품(지정 일반 폐기물)의 사업자는 처리 능력이 없는 자치구로부터의 요청에 의하여 적정한 처리를 보완하기 위한 협력을 하는 것으로 되었다. 1993년 3월에는 관련된 폐기물로서 텔레비전과 대형냉장고가 지정되었고 1995년 3월부터 본제도는 시작하는 것으로 되어 있다.

가전업체에서는 폐가전품의 리사이클링을 일괄 추진하기 위해 설계단계에 있어서는 제품 평가에 노력하고 가전제품의 폐기단계에 있어서는 지정일반 폐기물에 관계된 자치구와 협력하여 적정한 처리를 하는 것이 필요하다. 특히 리사이클링 기술개발을 하기 위해서는 폐기물 처리산업과 일체가 된 시스템 구축과 소재 생산업체와의 협력을 꾀하면서 자원 순환형 경제사회 - 21세기 가전산업 리사이클링 활성화를 구축하여야만 한다.