

폐소형가전제품 재활용 현황과 전망

정인상 · 박지환 · 황종수 · *최원희

한국전자제품자원순환공제조합

Overview and Recent Development of Recycling Small Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)

Insang Jung, Jihwan Park, Jongsoo Hwang and *Wonhee Choi

Korea Electronics Recycling Cooperative, Seoul, 135-739, Korea

요 약

폐전자제품의 증가로 인해 재활용의 중요성이 대두되었으며, 그 중 폐소형가전제품은 다양한 품목과 구성품으로 인해 재활용이 어려운 실정이다. 폐소형가전제품에 함유되어 있는 주요금속은 철, 구리, 알루미늄이며, 그 외에 PCBs, 플라스틱 등 다양한 구성품으로 이루어져 있다. 국내외에서 폐전자제품에 대한 재활용 규제가 시행되고 있지만 폐소형가전제품의 재활용 기술은 그 규제를 따라가지 못하는 실정이다. 폐소형가전제품의 재활용 공정은 아직 제대로 보급화 되지 않았으며, 개발이 된다면 국가 기술경쟁력(자원재활용률 등)이 증가할 뿐만 아니라, 자원비축, 환경문제 해결 및 경제성 확보 등 많은 긍정적 효과를 기대할 수 있을 것이다. 따라서 폐소형가전제품의 재자원화 가치와 국내외 기술현황 분석을 통하여 재활용공정 제언 및 앞으로 나아가야 할 방향을 살펴보고자 한다.

주제어 : 폐소형가전제품, 재활용, 리사이클링, 전기·전자제품, 파분쇄, 선별

Abstract

The importance of recycling came to the fore by increasing of waste electrical and electronic equipment(WEEE) generation. Small WEEE recycling in particular represents a big challenge in Korea because it has various items and components. Main materials of small WEEE are typically well known for metals (copper, iron, aluminum, etc.), PCBs and plastics. Not only Korea but also overseas, the laws for small WEEE were in effect in order to recycle effectively, but the technology is not caught up with the regulation which has to recycle an allocated account of WEEE. In addition, recycling technologies and processes for small WEEE are not developed enough to recycling center properly. In that sense, if we develop the recycling process, have not only technology competitiveness but also resource conservation, improving the environment and economic profits. Therefore, through the analysis of economic value of recycled small WEEE, and current technologies both domestically and internationally, we design conceptual recycling process of small WEEE, and consider the way forward.

Key words : small WEEE, WEEE, recycling, separation, home appliance, E-waste

· Received : June 1, 2015 · Revised : June 26, 2015 · Accepted : July 6, 2015

*Corresponding Author : Wonhee Choi (E-mail : wh.choi@k-erc.or.kr)

Research & Development Team, Korea Electronics Recycling Cooperative, 7F, 262 Gangnam-daero, Gangnam-gu, Seoul, 135-739 Korea

©The Korean Institute of Resources Recycling. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

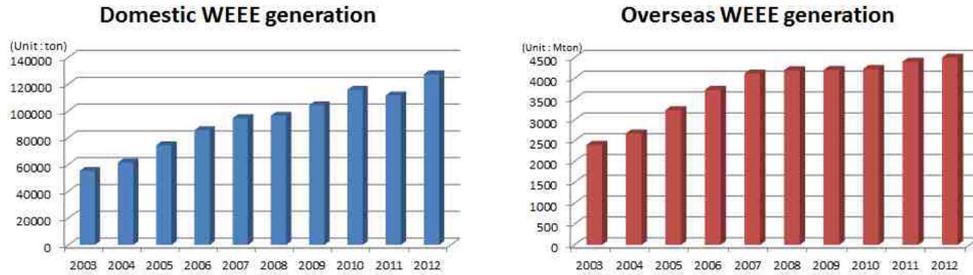


Fig. 1. Domestic (left) and overseas (right) annual WEEE generation amount 2003-2012.

1. 서 론

2007년도 전 세계적으로 원자재 가격이 급등하고 국가 간 전략금속의 수급 불균형으로 인해 일시적인 수요 부족현상을 겪으면서 특정 국가에 편중된 희유금속에 대한 각국의 물량 확보경쟁이 치열해졌다. 우리나라는 금속의 대부분을 수입에 의존하고 있으므로 2007년도와 같은 원자재 대란이 재발하면 부품소재산업의 근간이 되는 전략금속의 안정적 확보가 어렵게 되므로 국내에서 발생되는 도시 광산(urban mine), 즉 폐전자제품(Waste Electrical and Electronic Equipment, WEEE)로부터 유가금속을 회수하는 방안에 대한 관심이 급증하였다.¹⁾

또한 전자제품 제조기술이 발달함에 따라 전자제품의 대량생산과 대량소비가 이루고 있는 동시에 교체주기가 짧아지면서 Fig. 1과 같이 폐전자제품이 지속적으로 발생되고 있어 환경적으로도 큰 문제가 대두되고 있다. 따라서 폐전자제품 재활용의 중요성이 한층 더 강조되고 있다.²⁾

폐전자제품 재활용의 핵심은 현재 재활용되고 있는 철스크랩이나 알루미늄 등의 재료, 이외에 폐전자제품의 Printed Circuit Boards (PCBs)나 전자부품, Integrated Circuit (IC) 등에 사용된 귀금속과 희토류를 회수, 재활용하는 것이다.³⁾

현재 우리나라는 금속광물의 99%를 해외에서 수입하고 있는 실정이며, 금속가격의 급등 및 천연자원 고갈에 대한 대책으로 폐전자제품으로부터 자원을 회수함으로써 자원확보에 대한 효율적인 대안이 될 수 있다. 이를 위해 1992년 “자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률”이 제정되었으며 폐기물 관련 규제가 강화됨에 따라 2003년 생산자책임재활용제도(EPR)를 도입하였다.

생산자책임재활용제도는 재활용이 가능한 폐기물의 일정량 이상을 재활용하도록 생산자에게 의무를 부여하고, 재활용 의무를 이행하지 못할 경우 실제 재활용에

소요되는 비용 이상을 생산자로부터 징수하는 제도이다. 2003년부터 폐전자제품 중 적용 대상은 냉장고, 세탁기, 휴대폰, 컴퓨터 등 10품목으로 정하였다. 또한 폐전자제품은 환경정보장제가 운영 중으로 유해물질 사용을 억제하고 재활용이 쉽도록 제조하며, 그 폐전자제품의 적절한 재활용을 촉진하기 위해 제품의 설계·생산단계부터 폐기시까지 전 과정에 걸쳐 EcoAS를 통해 체계적인 관리를 하고 있다.

2014년부터는 Table 1과 같이 국내 폐전자제품 재활용의무 대상품목도 10개에서 소형가전제품과 이동통신기기가 추가되어 27개 품목으로 확대되면서, 대형가전제품에 비해 제품의 종류가 다양하고 기능성 복합물질의 사용이 많아 폐소형가전제품의 선별기술 연구개발이 필요한 실정이다.⁴⁾

본 논문에서는 폐소형가전제품의 구성 및 가치를 살펴보고, 국내 폐소형가전제품 재활용 처리공정 현황 및

Table 1. Extend duty list of WEEE recycling

Existed WEEE ('03~'13)	Added WEEE ('14)	
TV	Water purifier	Electric rice cooker
Refrigerator	Electric oven	water softener
Air conditioner	Microwave	Humidifier
Washer	Food disposal	Electric iron
Computer	Dish dryer	Fan
Audio	Electric bidet	Blender
Cell phone	Air cleaner	Vacuum cleaner
Copy machine	Electric heater	Video player
Facsimile	Vending machine	
Printer		

국내외 폐소형가전제품 재활용 공정 기술에 대해 요약 소개하였으며, 최적의 재활용 공정을 제시하였다.

2. 폐소형가전제품의 구성 및 가치

2.1. 폐소형가전제품의 구성

전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률에

서 소형가전제품은 전기비데, 공기청정기, 전기히터, 오디오, 전기밥솥, 연수기, 가습기, 전기다리미, 선풍기, 믹서, 청소기, 비디오플레이어 등을 포함하고 있다. 이들은 케이스, PCBs, 모터 및 기타 부품 등의 구성품으로 이루어져 있다. Fig. 2는 폐소형가전제품을 구성품별로 수작업 분리/해체한 사진이다. 많게는 공기청정기, 전기밥솥 및 오디오와 같이 7~8개의 구성품으로 나눌 수

 Air cleaner				 Rice cooker			
							
case	PCBs	inner case	motor	case	PCBs	inner case	heat transfer
							
lamp	inner case	cable	filter	pot holder	pot	parts	cable
 Vacuum Cleaner				 bidet			
							
case	hose	cable roller	cable	case	PCBs	motors	heat ray
							
motor	PCBs	support		fan	parts		
 Audio				 Video player			
							
case	parts	PCBs	motors	case	PCBs	heads	case
							
speakers	cable	case	antenna		cable	motor	
 Humidifier				 Heater			
							
case	cable	PCBs	motor	case	fan cover	reflect plate	cable
 Fan				 Iron			
							
case	motor	cover	cable	case	cable	part	soleplate

Fig. 2. Components of small WEEE.

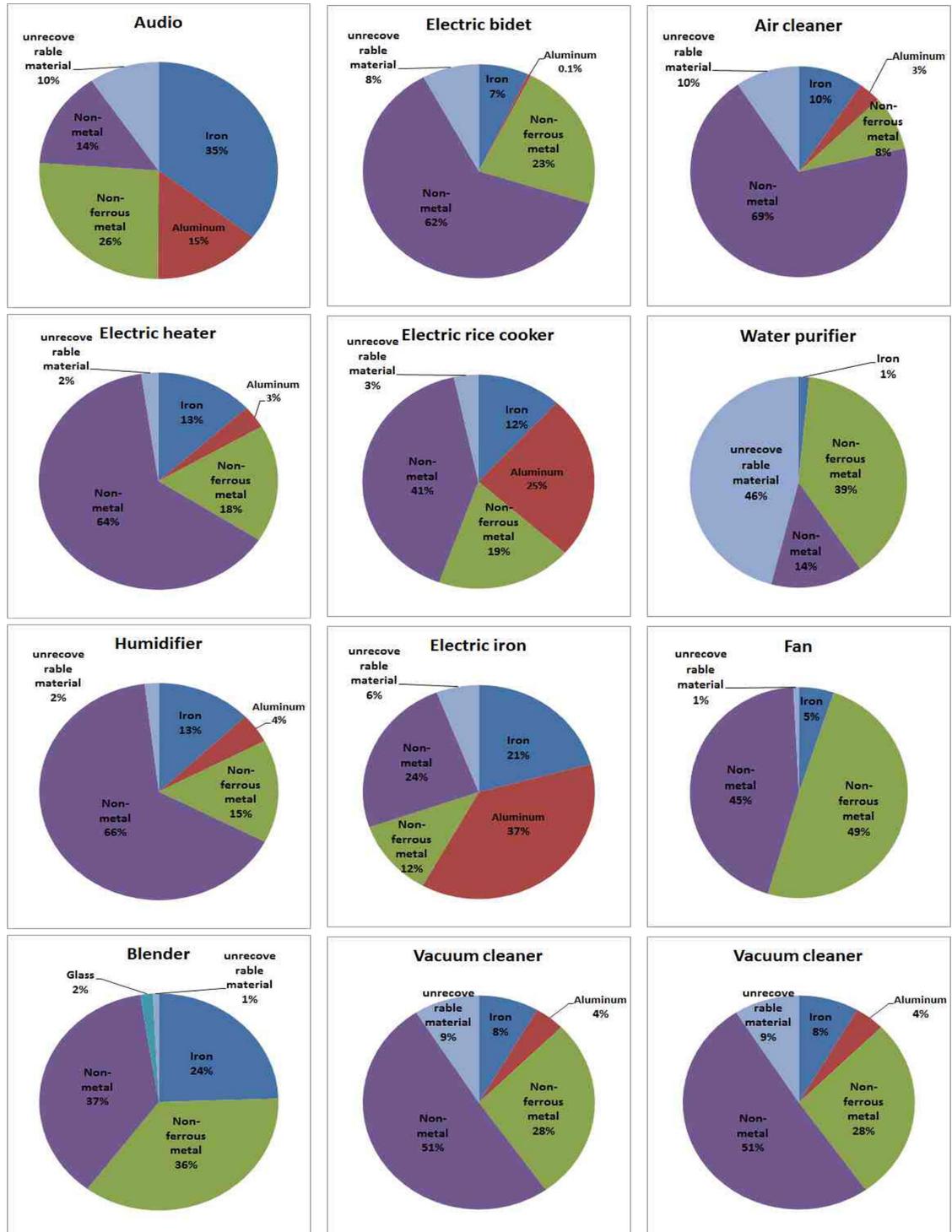


Fig. 3. Material contents and compositions of small WEEE (wt%).

있으며, 적게는 가습기, 선풍기 그리고 다리미처럼 4개 정도의 구성품으로 나눌 수 있다. 재활용은 유가물 내에 있는 금속이나 플라스틱을 회수하는 것이다.

일반적으로 폐소형가전제품의 유가물들은 철, 알루미늄, 기타비철(구리, 전선, PCBs), 합성수지(플라스틱), 폐기물(폐지, 목재)등으로 구성되어 있다. Fig. 3은 폐소형가전제품별 유가물의 재질 비율을 나타낸 것이다. 비데, 공기청정기, 전기히터, 가습기 및 청소기는 합성수지의 비율이 50%이상이며, 이는 플라스틱으로 구성된 케이스의 비율이 높기 때문으로 사료된다. 오디오나 비디오는 철이 35%이상 함유 되어 있으며, 연수기, 선풍기, 믹서기는 구리나 기타 비철이 약 35%이상 함유되어 있다. 전기밥솥과 다리미 같은 경우는 알루미늄의 함유량이 높는데 그 이유는 전기밥솥 안에는 밥솥이 알루미늄으로 되어 있고, 다리미는 플레이트 부분이 알루미늄이기 때문으로 사료된다. 또한 연수기는 다른 품목과 달리 유가물로 사용할 수 없는 폐기물이 46%로 품목 중 가장 높은 비율을 차지하고 있는 것으로 조사되었다. 이와 같이 소형가전제품마다 구성품이 다르며 사이즈와 디자인도 각기 다르기 때문에 폐소형가전제품의 재활용 공정을 자동화하는 것이 어려운 실정이다. 따라서 대부분의 재활용 업체에서는 폐소형가전제품의 전처리가 수작업으로 이루어지고 각 구성품별로 모아 회수 및 납품하고 있는 상황이다.

2.2. 폐소형가전제품의 가치

Table 2와 같이 한국전력거래소의 통계에 따르면 2013년 국내 소형가전제품 보급량은 선풍기 29,695천대, 전기밥솥 16,001천대, 청소기 14,226천대 순으로 많았다. 소형가전제품들이 내구연수가 평균 10.3년이므로 국내 소형가전제품 보급량과 폐소형가전제품의 가치를 곱

하면, Table 3과 같이 2025년 이후 폐소형가전제품의 잠재적 가치를 구할 수 있다. 폐소형가전제품의 가치는 유가물 내에 함유된 각 재질의 양과 정부에서 발표한 재질 가격의 곱으로 환산되었다. 재질 가격은 한국환경공단이 2015년 3월에 발표한 철스크랩 331원/kg, 기타비철 841원/kg, 알루미늄 1,400원/kg, 합성수지 230원/kg을 적용하였다. 이때 한 대당 전기밥솥은 3,576원, 오디오는 3,356원, 연수기는 3,347원, 공기청정기는 2,792원, 청소기 2,313원, 비데는 2,004원, 선풍기는 1,986원, 비디오는 1,819원, 가습기는 1,226원, 믹서기는 1,126원, 전기히터는 1,054원, 다리미는 639원으로 총 잠재가치총액은 약 2,000억원으로 추정된다.⁵⁻⁷⁾

하지만 현재 철스크랩, 알루미늄 그리고 혼합플라스틱으로만 분류를 하여 재활용하고 있는 실정이기 때문에 회유금속이나 재질별 플라스틱 선별 등 좀 더 세분화해서 자원화한다면 현재 폐소형가전제품의 경제적 가치는 더 증가할 것이다. 예를 들어 PCBs 경우 구리 뿐만 아니라 금, 니켈, 알루미늄, 탄탈륨 등 다양한 희유금속들을 함유 있기 때문에 이들도 함께 회수한다면 폐소형가전제품의 가치는 더욱 증가할 것으로 보인다.⁸⁾

Table 2. Domestic total amount of supply of small WEEE

Small WEEE	unit (thousand)	Small WEEE	unit (thousand)
Fan	29,695	Humidifier	1,784
Rice cooker	16,001	Audio	1,509
Vacuum cleaner	14,226	Video player	1,380
Electric iron	13,724	Air cleaner	1,242
Blender	10,317	Electric heater	932
Electric bidet	4,594	water softener	868

Table 3. Estimation potential value of small WEEE in 2025

Small WEEE	Value (won/unit)	Potential value (million won)	Small WEEE	Value (won/unit)	Potential value (million won)
Fan	1,986	58,961	Audio	3,356	5,064
Rice cooker	3,576	57,221	Air cleaner	2,792	3,468
Vacuum cleaner	2,313	32,903	water softener	3,347	2,905
Blender	1,126	11,614	Video player	1,819	2,509
Electric bidet	2,004	9,206	Humidifier	1,226	2,187
Electric iron	639	8,773	Electric heater	1,054	982
Total(billion won)		195.8			



Fig. 4. Manual process of small WEEE (left), collected small WEEE for using wash machine process (right).

3. 국내 폐소형가전제품 재활용 처리 공정

가정에서 배출된 폐소형가전제품은 물류센터를 통하여 재활용 센터에 수집되어 처리되고 있다. 냉장고, 세탁기 및 TV 같은 폐대형전자제품은 독립적인 재활용 공정을 이용하여 처리하고 있으나 폐소형가전제품은 대부분이 재활용 센터에서 수작업으로 처리를 하거나 일부는 기존에 있는 세탁기 재활용 공정을 함께 이용하고 있다. Fig. 4는 국내 폐소형가전제품 수작업 공정을 나타내는 사진과 세탁기 처리공정을 이용하기 위해 모아둔 폐소형가전제품이다.⁹⁾

세탁기 처리공정을 사용할 경우 청소기 줄이나 밥통 내 밥술 등 파분쇄기에 무리가 가는 제품들은 먼저 제거 후 나머지 폐소형가전제품만 세탁기 공정으로 처리한다. 세탁기 공정에 투입된 폐소형가전제품은 파분쇄 후 자력선별을 거치게 된다. 하지만 자력선별만으로는 폐소형가전제품에 있는 유가물들을 선별하지 못하기 때문에 적절한 공정이라고 할 수 없다.

반면에 재활용업체들 중 폐소형가전제품의 개별적 처

리공정을 가지고 있는 곳도 있다. 하지만 기계적 처리를 한다고 해도 세탁기 처리공정과 같이 간단한 선별과 수작업에 의지하기 때문에 제대로 된 유가물 선별은 힘든 실정이다.

앞서 언급했듯이 폐대형전자제품들의 재활용 공정은 잘 갖춰져 있지만 폐소형가전제품들의 재활용 공정은 제대로 이루어져 있지 않아, 많은 유가물들이 손실되고 있는 실정이다. 따라서 폐소형가전제품 재활용의 기술 개발과 실증화를 위한 연구지원이 더욱 활발히 이루어져야 한다.

4. 국내외 폐소형가전제품 재활용 공정 기술

4.1. 국내현황

국내는 폐기물 처리를 위한 규제를 1990년대부터 추진해왔으며, 쓰레기 분리수거제도(1991), 폐기물 예치금 제도(1993), 쓰레기 종량제(1995) 등이 도입되었고, 2003년에 생산자책임재활용제도(Extended Producer Responsibility, EPR)를 도입하였다. 이로 인해 전자제품 10개 제품이 EPR 재활용의무대상품목에 포함하였고, 2014년 전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률이 제정되면서 전자제품은 소형가전제품을 포함해 27개로 재활용의무대상품목이 확대되어 관리되고 있다.¹⁰⁾

이런 규제 아래 전자제품 사용량의 증가와 교체주기의 감소로 인해 폐전자제품의 발생량이 증가하여, 관련 연구개발의 필요성을 느끼고 폐금속·유용자원재활용기술개발사업 등 국책사업이 진행 중이며, 각 기술별 부족한 기술을 선택하여 개발과 동시에 실증기술 확립 및 상용화를 목표로 진행되고 있다. Table 4는 현재의 환

Table 4. Related research, managing department, committed research institution and participation company in R&D Center for Valuable Recycling

Research	Managing department	Committed research institution	Participation company
Development of commercial recycling technology for recovery valuable metal from WEEE	KIGAM	Kyungpook Univ. NML	Recytech Co.,LTD
Development of crushing/separation technology for high efficiency of valuable metal from WEEE	KIGAM	Seoul National Univ.	MRC Co.,LTD IoniaEnT Co.,LTD
Development of commercial technology for high efficiency recycle from WEEE	IAE	Ajou Univ.	Weltop Technos Corporation Co.,LTD MRC Co.,LTD
Development of dismantling/crushing/sorting process for effective recycling of used small home appliances	KIGAM	Seoul National Univ. Gyeongsang National Univ.	Sejong Major International Co.,LTD



Fig. 5. Mechanical process of small WEEE (left), Production of mechanical process (right).

경부 폐금속·유용자원재활용기술개발사업단에서 수행 중인 폐소형가전제품 재활용 관련 과제명과 국내 연구기관 및 대학을 나타낸 것이다. 폐전자제품으로부터 유가 금속회수 상용화기술 개발, 폐가전제품 내 유가금속의 회수를 향상을 위한 파쇄/선별기술 개발, 폐소형가전제품의 효율적 재활용을 위한 해체/파쇄/선별 공정기술 개발 등 매년 25개 정도의 과제 중 3~4개의 관련 연구들이 진행 중이기 때문에 앞으로 폐소형가전제품 처리 공정에 대한 기술이 어느 정도 확보 가능할 것으로 보인다. 하지만 재활용업체의 폐소형가전제품의 입고량이나 재고량이 점점 증가하는 추세이기 때문에 연구되고 있는 것들을 모니터링만 할 수는 없는 실정이다.

앞서 언급했듯이 몇몇의 재활용업체에서는 스스로 어느 정도의 폐소형가전제품의 재활용 공정을 구축하여 처리량을 늘려 처리하고 있다. Fig. 5는 한 재활용 업체가 자체 구축한 폐소형가전제품 재활용 공정과 생산된 플라스틱 유가물 사진이다. 하지만 간단한 자력선별 외에는 모두 수작업으로 처리 중이다. 국내 대부분의 폐소형가전제품 재활용 처리시설은 유가물의 재질에 따른 세부적인 선별 공정을 보유하고 있지 않아 유가물의 품위가 상대적으로 저조하다. 일례로 플라스틱의 경우, 폐냉장고의 파쇄·선별 후 생산된 플라스틱은 색상이 대체적으로 흰·회색 계열로 비슷하여 단가가 높게 책정되지만 폐소형가전제품의 파쇄·선별된 플라스틱은 다양한 색상이 존재하며, 이러한 경우 단일 색상의 플라스틱 단가 대비 30%밖에 미치지 못한다. 물론 기술적으로 더 발전된 공정을 가지고 있는 재활용업체도 있지만, 대부분 수작업 하거나, 자력선별까지만 활용하기 때문에 플라스틱 선별까지는 하지 못하는 실정이다.

따라서 처리시간도 오래 걸리며 철 스크랩 이외는 선별의 한계가 있다. 앞서 언급한 재질을 살펴보면 금속은 철 이외도 구리, 알루미늄 등이 함유되어 있고, 플라스틱은 색상도 다양하고, 재질도 ABS, PP, PS 및 PVC등과 같이 종류가 많기 때문에 선별과정을 거칠수

록 유가물의 가치가 올라갈 수 있다. 특히 PVC 같은 경우 연소 시 염소 가스를 배출하기 때문에 따로 처리가 필요한 플라스틱 재질 중의 하나이다.

이와 같이 재활용 기술 부족으로 제대로 된 재활용이나 유가물 생산을 못하고 있는 상황을 해결하기 위해서는 먼저 폐소형가전제품들의 특성을 파악하고, 기존에 있는 선별공정에 새로이 개발 중인 기술 적용 방법을 모색하는 등 재활용기술 개발이 절실한 상황이다. 예를 들어 금속과 플라스틱 같은 경우 비중선별이 용이하고, 플라스틱 사이에서도 재질에 따라 특징이 다르므로, 물이나 중액을 이용한 비중 선별을 하거나 근적외선을 이용한 광학선별기로 재질별 선별을 할 수 있을 것으로 보인다. 그러나 모든 유가물을 선별하는 것도 좋지만 경제적인 요인도 배제할 수는 없다. 따라서 폐소형가전제품들의 가치와 선별 시 소요하는 가격 그리고 물류비, 유가물 가격변동 등 기타 사항을 모두 고려한 경제성 분석도 함께 필요하다.

4.2. 국외현황

국외도 국내처럼 폐전자제품 재활용에 중요성을 알고 여러 가지 규제를 통해 재활용을 도모하고 있다. 선진국들은 1990년대 초부터 폐전자제품 재활용 촉진을 위한 규제를 제정하기 위해 노력하였다. Table 5와 같이 유럽연합(EU)은 ErP, RoHS, REACH 및 WEEE 지침 등을 시행하였고, 일본은 ‘가전제품 재활용 법’과 순환형사회형성추진기본법 및 폐기물처리법과 더불어 자원유효이용촉진법을 시행하여 폐전자제품 재활용을 활성화 시키고자 하였다. 중국은 전기·전자제품의 환경성을 관리하기 위해 중국 폐가전 및 전자제품의 회수·처리·관리·조례의 시행을 발표했으며, 유럽연합과 같이 중국 RoHS를 발표하여 유해 요소 사용을 제한 또는 금지하고 있다. 미국은 생산자, 정부, 판매자 그리고 소비자가 함께 재활용의 의무 책임을 공유할 수 있게 장려 중이며, 폐전자제품 재활용법, 폐전자제품 관리법, 휴대폰 재활용법 등 폐전자제품 재활용의 필요성을 인식하고 관련 규제를 시행하고 있다.¹¹⁾

국외는 위와 같은 규제를 바탕으로 특히, 폐대형전자제품 재활용 기술은 국내보다 일찍 개발·발전 되어왔고, 기술수준은 일본과 유럽의 기술수준이 상대적으로 다른 나라에 비해 높은 편으로 분류된다. 또한, 최근 중국의 재활용 기술 개발이 급속도로 성장하고 있어 한국과 비슷한 수준에 이른 것으로 파악된다. 파분쇄나 선별 같은 경우는 국내기술도 많이 개발되어 국외 못지않은 질

Table 5. Comparison with each country's main legislation of WEEE

국가	규제	주요내용
유럽연합	WEEE2 (폐전자제품 처리 지침)	- 폐전자제품 중량기준 85% 회수 ('19년 ~) - WEEE2 지침 대상범위를 '18년 8월 이후 모든 전자제품으로 확대전환 예정
	RoHS (유해물질 사용제한지침)	- 환경오염 우려 유해물질 사용억제 목적 - 전기·전자제품에 6대 유해물질 사용 제한
	ErP (에너지 관련제품)	- 제품의 친환경설계 유도
중국	중국 RoHS (전자정보제품 오염방지법)	- 유럽 RoHS + 정부 지정 유해물질 사용금지 - 유해물질 함유량 및 사용기간 표시 의무화
일본	가전제품 재활용 법	- 폐가전제품의 재활용을 위해 수거 및 처리 의무 부과
	순환형사회형성추진기본법	- 폐기물발생억제, 감량화, 재활용 확대 및 불법거래 방지를 통한 순환형 사회 형성
	자원유효이용 촉진법	- 폐기물 및 재활용 관련 법률 정비
미국	폐전기·전자제품 재활용법	- 폐전자제품에 대해 재활용요금 부과 - 4인치 이상 디스플레이 등 관련 기기에 부과
	핸드폰 재활용법 (캘리포니아 주)	- 폐휴대폰으로 인한 환경영향 저감 및 재활용성 향상을 위해 무료 수거시스템 구축 운영 ('06년 ~)

적 향상을 이루었다. 하지만 회유금속의 회수기술이나, 플라스틱 재활용 기술이 국외보다는 부족한 상황이다.¹²⁾

폐대형전자제품 재활용과는 달리 폐소형가전제품의 전처리와 관련된 공정기술 개발은 선진국도 아직 미진한 상황이며 수작업 또는 부분자동화를 통해 재활용하고 있기 때문에 대량화, 고효율, 환경친화적인 전처리 기술개발이 필요한 실정이다. 폐소형가전제품의 문제는 일단 다양한 제품에 각기 다른 디자인으로 어느 한 기준을 세워 처리하기 어렵고, 냉장고나 세탁기와 달리 색상도 다양해서 선별 시 색상도 고려를 해서 선별해야하기 때문이다. Fig. 6은 독일의 URT사에서 사용하는 폐소형가전제품 처리공정의 순서도이다. 하지만 이 공정은 국내의 일반적인 냉장고 처리라인과 유사하며, 앞에서 언급했던 색상이 있는 플라스틱 선별은 어렵고, 재활용 업체 실정을 고려했을 때 새로운 재활용 공정을 구축하기보다는 현재 사용 중인 냉장고 재활용 공정과 공유하여 사용한다면 더욱 경제성이 있을 것으로 사료된다.^{13,14)}

Fig. 7은 스웨덴의 ELDAN RECYCLING사의 폐소형가전제품 재활용 공정이다. 과거부터 자력선별, 와류선별까지는 국내 냉장고 재활용 공정과 비슷하나 유가물을 최대한 회수하기 위하여 에어 테이블 이후 습식

비중선별기인 *shaking table*을 이용하여 유가물을 회수하고 있다. 하지만 이 공정도 마찬가지로 금속은 최대한 회수하지만 플라스틱은 혼합된 상태로 회수되고 있고, 색상 또는 재질별 선별은 하지 못하고 있는 실정이다. 또한 앞서 언급했듯이 많은 선별기를 사용하여 유가물을 회수하는 것은 좋으나 경제성도 함께 고려되어야 한다.

국내뿐만 아니라 국외도 특화된 폐소형가전제품 재활용 공정을 구축해서 처리하기보단 수작업이나 기존 처리공정을 이용하는 것으로 폐소형가전제품 재활용 기술에 대해서는 큰 차이를 보이지 않고 있다. 하지만 국외와 다른 점은 처리 이후에 유가물로부터 금속이나, 재활용품을 만드는 기술들이 국내보다 발전되어 있는 것이 특징이다.¹⁵⁾

5. 공정제안

앞서 언급한 폐소형가전제품의 구성이나 가치, 국내외 기술 개발현황 및 처리현황들은 결국 국내 재활용업체에 적용할 수 있는 공정을 개발하기 위해 필요한 것들이다. 따라서 앞서 실험하거나 조사를 기반으로 폐소형가전제품 자동화 라인을 제안하고자 한다. 다양한 중

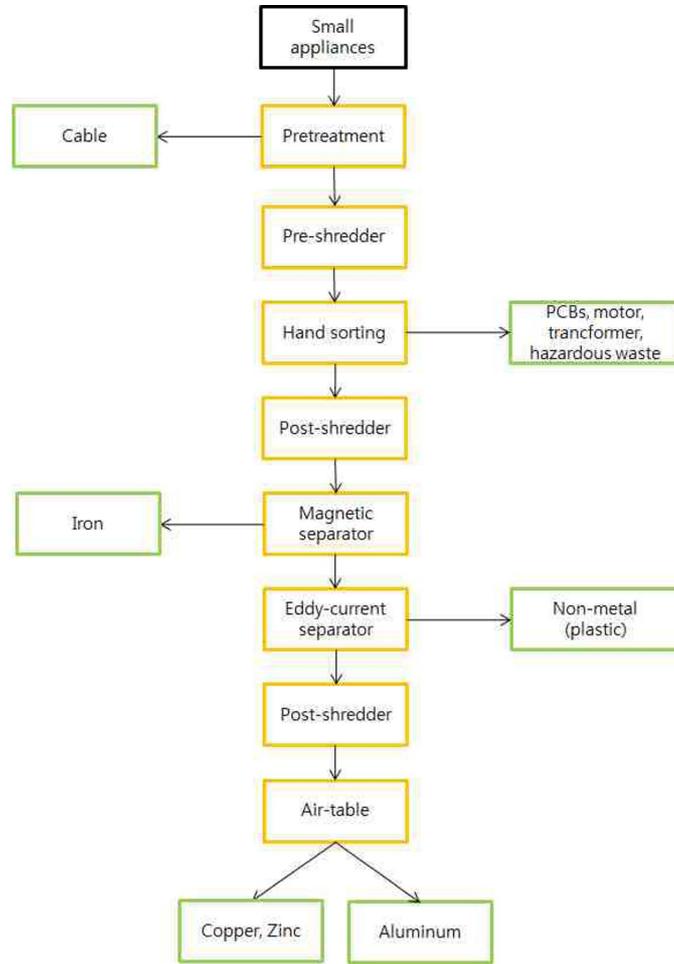


Fig. 6. Recycling process of small WEEE of URT in Germany.

Table 6. Comparison with recycling technology level of countries

Composition	Japan	America	Europe	China	Korea
Plastic	◎	○	◎	△	△
Metal	◎	○	△	○	○
Rare metal	◎	○	○	○	X
Separation	◎	○	◎	△	△
Comminution	◎	○	◎	△	○

◎: Far advanced, ○: Advanced, △: Regression, X: More regression

류와 구성품을 보유한 폐소형가전제품을 일일이 구별하는 것보다 한꺼번에 파분쇄하는 것이 더 효과적일 것이며, 폐소형가전제품 내 철스크랩, 비철금속, 플라스틱 등

을 회수하기 위해서는 자력선별, 와류선별, 비중선별 및 광학선별이 필요한 것으로 보인다. Fig. 8과 같은 공정을 이용한다면 선별 방법에 따라 철스크랩, 전선, 비철

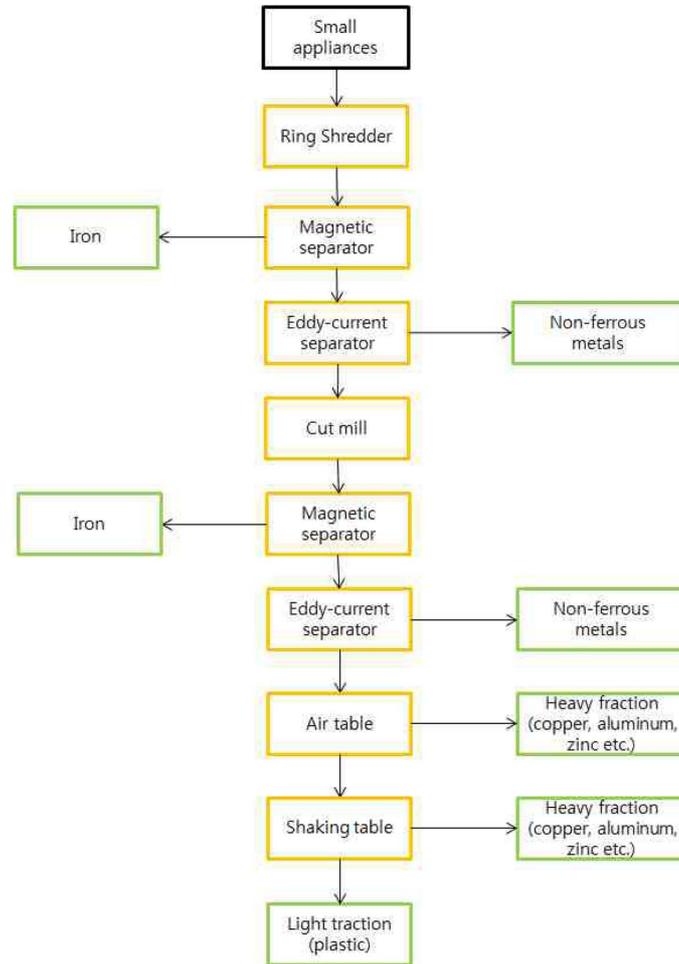


Fig. 7. Recycling process of small WEEE of ELDAN in Sweden.

금속이 선별가능하고 유가물 가치 상승을 위한 플라스틱 색상별 또는 재질 선별도 광학선별을 통해 할 수 있을 것이라고 사료된다. 하지만 재활용업체 실정에 맞는 공정이 되기 위해서는 유가물 단가, 처리용량, 인건비등 공정 외에 드는 비용도 함께 고려되어야 한다. 또한 앞에서 언급했듯이 새로운 공정을 구축하기보단 현재 사용되고 있는 재활용 공정을 함께 사용 할 수 있는 방안이 있으면 재활용업체의 부담을 덜어줄 수 있을 것으로 사료된다.

6. 결 론

폐소형가전제품 재활용은 기존 폐대형전자제품과 달

리 품목도 많고 색상 및 구성품들이 다양하여 더 높은 수준의 기술을 필요로 한다. 국외도 특별한 재활용 공정이 없는 것으로 보아 국내에서 먼저 재활용 공정을 개발한다면 기술적 우위를 가져갈 수 있다고 사료된다. 하지만 앞서 언급 했듯이 국외에서는 유가물로부터 금속이나 재활용품을 생산하는 기업과 기술들이 국내보다 발달되어 있으므로, 국내에서도 PCBs나 전자부품으로부터 회유금속 회수기술이나 플라스틱으로부터 재활용 품 생산하는 기술 등을 개발해야하며 관련 기업들이 성장할 수 있도록 장려 되어야 한다. 또한 경제성도 중요하지만 국내 자원비축과 환경적 관점에서도 고려하여 당장이 아닌 미래를 준비하는 것도 중요하다고 사료된다. 이를 위해 정부가 재활용 관련 규제를 강화시키는

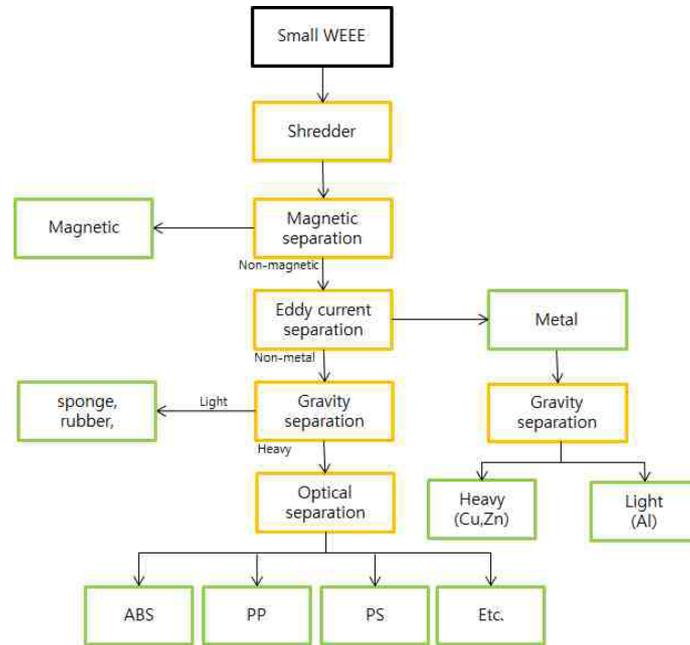


Fig. 8. Conceptual recycling process of Small WEEE.

것만이 아닌 규제를 지킬 수 있는 정책과 경제적 지원이 필요하다. 폐소형가전제품의 발생에서 유가물 회수까지 일련의 과정이 모두 고려되어 국내 재활용업체에 보급할 수 있는 재활용 기술을 개발한다면 국내뿐만 아니라 국제적으로도 경쟁력 있는 선진화 된 기술을 보유하게 될 것이다.

참고문헌

1. Cui, J. and E. Forssdber.,2003 : *Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment : a review*, Journal of Hazardous materials 99(3), 243-263
2. United States Environmental Protection Agency, 2011 : *Municipal solid waste in the united states*, USA
3. Geyer, R., V. Doctori Blass, 2010 : *The economics of cell phone reuse and recycling*, The international Journal of Advanced Manufacturing Technology 47(5-8), 515-525
4. Act on Resource Circulation of Electrical and Electronic Equipment and Vehicles, 2014
5. Korea Power Exchange
6. KDB Research center, 2013 : *Initiation Report*, KDB
7. Korea Environment Corporation, 2015 : *Market survey of*

Resource recirculation, KOREA

8. K.Rousis, et al., 2008 : *Management of waste from electrical and electronic equipment : The case of television sets and refrigerators*, J. Environ. Eng. Sci., Vol.7, pp.105-114
9. 2010 : *10 years history of electronics environment*, Korea Association of Electronics Environment, pp262-281
10. Korea Environment Institute, 2010 : *Institutional and technical support measures to promote recycling scrap metal*, KOREA
11. Li J, et al., 2012 : *Behavior of urban residents toward the discarding of waste electrical and electronic equipment: a case study in baoding, China*, Waste Manag Reg, Vol. 30(11), 1187-1197
12. Japan Science and Technology Agency
13. Yunxia He, Zhenming Xu, 2014 : *The status and development of treatment techniques of typical waste electrical and electronic equipment in China : A review*, Waste Management&Research, Vol 32, 254-269
14. Hyunseok Yang et al., 2013 : *Overview and Recent Development of Recycling Waste Refrigerators*, J or Korean Inst. of Resources Recycling, Vol.22, No.4, 70-80
15. Ministry of Environment, 2009 : *The scrap metal recycling measures*, KOREA



정 인 상

- 한양대학교 자원환경공학과 석사
- 현재 한국전자제품자원순환공제조합
주임



박 지 환

- 광주과학기술원 환경공학부 석사
- 현재 한국전자제품자원순환공제조합
주임



황 종 수

- 아주대학교 환경공학과 박사
- 현재 한국전자제품자원순환공제조합
실장



최 원 희

- 건국대학교 화학과 박사수료
 - 현재 한국전자제품자원순환공제조합
팀장
-