

폐소형기전의 유용자원 선별회수에 대한 전과정평가 연구

Study on Life-Cycle Assessment for Valuable Recovery of Used Small Household Appliances

박은규, 박기학, 최우진
수원대학교 IT-환경융합연구센터

Eun Kyu Park, Ki Hak Park, Woo Zin Choi,
Environmental Research, The University of Suwon

사단법인 한국전과정평가학회
The Korean Society for Life Cycle Assessment

폐소형가전의 유용자원 선별·회수에 대한 전과정평가 연구

박은규, 박기학, 최우진*
수원대학교 IT-환경융합연구센터

Study on Life-Cycle Assessment for Valuable Recovery of Used Small Household Appliances

Eun Kyu Park, Ki Hak Park, Woo Zin Choi*
Center for IT and Environmental Research, The University of Suwon

Abstract

This study aims at life cycle assessment on valuable sorting/recovery from small household appliances was carried out. The recycling process mainly consists of 1st-stage crushing, manual dismantling, magnetic separation, 2nd-stage crushing and wet gravity separation process. This process is designed to process about 8 tons of used small household appliances per day, but it processes 800 kg per day for efficient sorting/recovery of the downstream wet gravity separation process.

GWP was estimated to be about $9.24E+02$ kg CO₂-eq./f.u when each valuable resource was sorting/recovered from 1 tonne used small appliances. The environmental impacts on GWP among the environmental impact categories for sorting/recovery by valuable resources were about 65.7% for PS/ABS $6.07E+02$ kg CO₂-eq., about 29.0% for PP $2.68E+02$ kg CO₂-eq., about 2.9% for ferrous metals $2.72E+01$ kg CO₂-eq., and $2.22E+01$ kg CO₂-eq. for copper And about 2.4%.

The effects of environmental and economic benefits are analyzed compared to the amount of virgin material recycled as recycled material, and the environmental impacts of $1.93E+03$ kg CO₂ yield were analyzed. If it translates into carbon emissions reduction, it will result in an economic impact of about 5,777 thousand won per year.

In addition, environmental avoidance effects were analyzed to reduce carbon dioxide levels of about 237.8 tons per year. Recycling process including gravity separation techniques used in recycling process, which is used in the recycling companies, the environmental avoidance effect on the sorting/recovery of the final valuable resources is inefficient. In addition, when the wet gravity separation system for sorting plastics is applied, it is analyzed that the environmental load is caused by the use of the water and the treatment of the generated wastewater. It is urgently required to develop a crushing, disassembling technique and sorting

* 교신저자: 최우진 교수, (18323)경기도 화성시 봉담읍 와우안길 17, Tel: 031-229-8126, Fax: 031-222-468, Email: wzchoi@suwon.ac.kr

technology in order to efficiently sorting and recover the valuable resources generated in the recycling process of used small household appliances made of various constituent materials.

Keywords: Used small household appliances, Valuable resources, LCA, Recycle

1. 서론

전자제품의 사용량은 매년 급속하게 증가하고 있으며, 중소형가전제품의 보급량은 대형가전보다 매년 약 두 배 이상 증가하고 있는 실정이다. 이러한 전자제품 보급량의 빠른 증가량으로 인하여 폐기물의 발생량도 증가하고 있으며, 발생된 폐기물의 안정적인 처리에 관심이 증가하고 있다¹⁾. 최근에는 연간 약 5천만톤의 가전제품 폐기물이 전 세계에서 발생하고 있으나, 재활용되는 폐기물의 양은 연간 발생량의 약 15%미만이다. 사용상의 편리성 강조로 인하여 중소형가전제품의 기능이 지속적으로 추가되고 있으며, 그로 인하여 매우 다양한 종류의 물질들이 사용되고 있다^{2), 3)}.

중소형가전의 경우 대형가전에 비해 구성 물질이 매우 다양할 뿐만 아니라 사용 후 발생하는 폐가전제품(e-waste)에는 철금속류, 알루미늄, 스테인레스 및 구리 등 비철금속류 및 PCBs 등의 유용금속 뿐만 아니라 다량의 플라스틱류가 포함되어 있다. 특히, 소형가전제품은 앞서 언급한 바와 같이 다양한 종류의 자재를 사용하여 제조함으로써 발생하는 폐기물의 종류도 매우 다양하고 복잡하다^{3)~5)}. 특히, 대형가전에 비해 흑색 플라스틱의 함유량이 많으며, 플라스틱의 강도 발현, 화재 예방, 제품의 상품성 향상, 제품을 보호하기 위한 코팅제 및 대전방지제 등 각종 첨가제를 다양으로 사용하고 있다. 또한, 폐소형가전의 구성물질이 매우 다양하여 일반적인 해체 공정 및 기존 선별기술의 적용이 어려울 뿐만 아니라, 효율적인 재활용을 위한 특정 파쇄기술 및 선별기술을 적용하기 곤란한 실정이다^{4)~8)}. 사용 후 폐기되는 소형가전의 안정적인 처리뿐만 아니라 폐소형가전의 재활용 공정에서 발생하는 유용자원을 효율적으로 선별/회수하여 재활용하기 위해서는 파쇄기술 및 선별기술의 개발이 필요하다. 최근 해체, 파쇄 및 선별기술이 개발되어 일부 재활용 업체에 적용되고 있으나, 기술의 보급이 미흡하여 대부분의 재활용 업체에서는 일부 자원만을 선별/회수한 후 혼합물의 형태로 매각 또는 단순 소각 처리되고 있다.

본 연구에서는 일반적인 공정기술을 적용하여 폐소형가전을 재활용하고 있는 민간재활용 업체의 재활용 공정에서 발생하는 유용자원의 선별/회수에 대하여 전과정평가(LCA)를 수행하였다. 또한, 폐소형가전으로부터 유용자원을 선별/회수하여 재활용할 경우와 신재를 생산할 경우의 환경영향을 지구온난화(Global Warming Potential, GWP)의 영향범주로 비교 분석하였으며, 이를 바탕으로 대상공정에 대한 경제적 효과 등을 검토하였다.

2. 전과정평가 수행

2.1 목적 정의

본 연구의 대상 재활용 업체의 경우 수도권과 경기도 지역에서 발생하는 폐소형가전을 고물상 등을 통해 중간 수집업체를 통하여 반입되고 있으며, 일부 지자체의 재활용 선별장에 반입되는 폐소형가전이 반입되고 있다. 중간 수집업체에서 가전제품의 전원용 전선류 등을 대부분 제거하여 반입되고 있으며, 파쇄, 부분 해체, 선별 및 회수하는 공정으로 플라스틱은 선별/회수하기 위하여

습식 비중선별(물 및 소금) 기술이 적용되어 있다. 대상 재활용 업체에 반입된 주요 폐소형가전의 품목은 전기압력밥솥, 선풍기, 진공청소기 및 컴퓨터 관련 주변기기 등으로 1일 8톤의 폐소형가전을 해체, 파쇄, 선별 및 회수하는 공정이 구축되어 있으나, 후단의 습식 비중선별 공정의 효율적인 선별을 위하여 시간당 약 800 kg을 처리하고 있다.

Figure 1에는 본 연구의 대상 민간 재활용 업체의 폐소형가전 재활용 공정을 제시하였으며, 경량물(PP)를 회수하는 1차 비중선별공정과 잔재물 등을 제거하는 공정 등 습식비중선별 공정이 적용되어 있다. 또한, 습식 비중선별 공정에서는 용수를 사용하기 때문에 공정의 가동 중에 유실되는 양의 보충이 필요하며, 일정 기간이 경과하면 비중선별에 사용된 용수를 교환하고 발생한 폐수의 처리를 위한 공정이 필요하다.

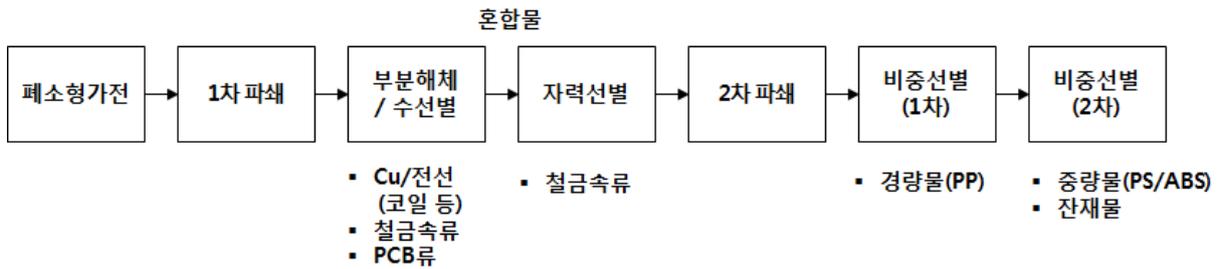


Figure 1. 민간 재활용 업체의 폐소형가전 재활용 공정도

2.2 범위 정의

2.2.1 기능 및 기능단위 설정

Table 1에는 본 연구의 기능 및 기능단위를 제시하였으며, 대상시스템은 폐소형가전을 해체, 파쇄, 선별 및 회수하는 공정으로 기능단위는 1톤의 폐소형가전 투입이며, 이때 회수되는 결과물은 철금속류, 구리 및 플라스틱류 등의 유가물이다.

Table 1 기능 및 기능단위 정의

항 목	설 명
기 능	폐소형가전 파쇄, 해체, 선별 및 회수공정
기능단위	폐소형가전 재활용 1 ton
기준흐름	폐소형가전 1 ton

2.2.2 시스템 경계

Table 2에는 본 연구에 사용한 데이터의 품질을 제시하였으며, 2016년 7월 1일부터 2017년 6월 30일까지 반입된 폐소형가전 중 파쇄, 해체, 선별 및 회수 등 재활용 공정을 거친 폐소형가전의 자료를 사용하였다.

Table 2 데이터 품질

항 목	설 명
시간적 경계	2016년 7월 1일 ~ 2016년 6월 30일
공간적 경계	대한민국 민간 재활용업 업체
기술적 경계	국내 파쇄, 해체, 선별 및 회수(비중선별 포함) 기술

2.2.3 가정 및 제한사항

본 연구의 대상인 민간재활용업체의 재활용 공정의 일일 가동시간은 7시간이며, 연간 가동시간을 264일로 가정하여 계산하였다. 잔재물 소각의 경우 구리류, 철금속류, PP 및 PS/ABS의 일부분이 잔재물로 발생하여 소각되므로 잔재물 소각에 대한 환경영향은 소각되는 물질에 대하여 중량으로 할당하였으며, 폐수처리의 경우에는 습식비중선별만 적용이 되므로 습식비중선별공정에서 발생하는 PP, PS/ABS, 잔재물에 대하여 중량비중으로 할당하여 계산하였다.'

2.3 목록분석

Figure 2에는 폐소형가전의 재활용 공정도를 개략적으로 도식화하였으며, 제시한 투입물과 배출물의 양은 재활용 업체의 일 년간 가동 자료를 이용하였다. 시스템 경계는 부분 해체/수선별, 자력선별, 습식비중선별(물) 및 습식비중선별(소금물) 등의 공정으로 구성되어 있다. 본 공정에서는 제품의 내부 구성물질인 전선 및 구리(코일류) 등의 부품을 사전에 제거하기 어렵기 때문에 폐소형가전을 통째로 파쇄하고 있다. 1차 파쇄공정은 시간당 약 5톤의 폐소형가전의 파쇄가 가능한 파쇄기가 설치되어 있으며, 전선류 및 구리(코일류) 등은 후단의 부분 해체/수선별 공정에서 인력에 의한 선별/회수가 용이하도록 파쇄하고 있다. 부분 해체 및 수선별 공정에서 전선류, 구리(코일류) 및 일부 철금속류 등을 제거한 후 자력선별기에서 철금속류를 제거한 후 습식비중선별을 위하여 2차 파쇄를 실시한다. 2차 파쇄 후 혼합 플라스틱류는 1차 습식 비중선별 공정에 투입되어 PP(경량물)를 우선 선별/회수한 후 후단의 2차 습식 비중선별 공정에 투입된다. 2차 습식 비중선별 공정에서는 PS/ABS(중량물)을 선별/회수하고 잔재물을 배출한다.

Table 3에는 폐소형가전 1톤을 투입하여 재활용하는 공정의 물질수지를 제시하였으며, 이 때 사용된 전력은 전력 235.250 kwh이다. 본 공정을 통하여 1 ton의 폐소형가전으로부터 구리 약 0.15000 ton, 철금속류 약 0.17125 ton, 플라스틱류는 PP 약 0.16250 ton, PS/ABS 약 0.36875 ton의 유용자원이 선별/회수되며 약 0.14750 ton의 잔재물이 발생한다.

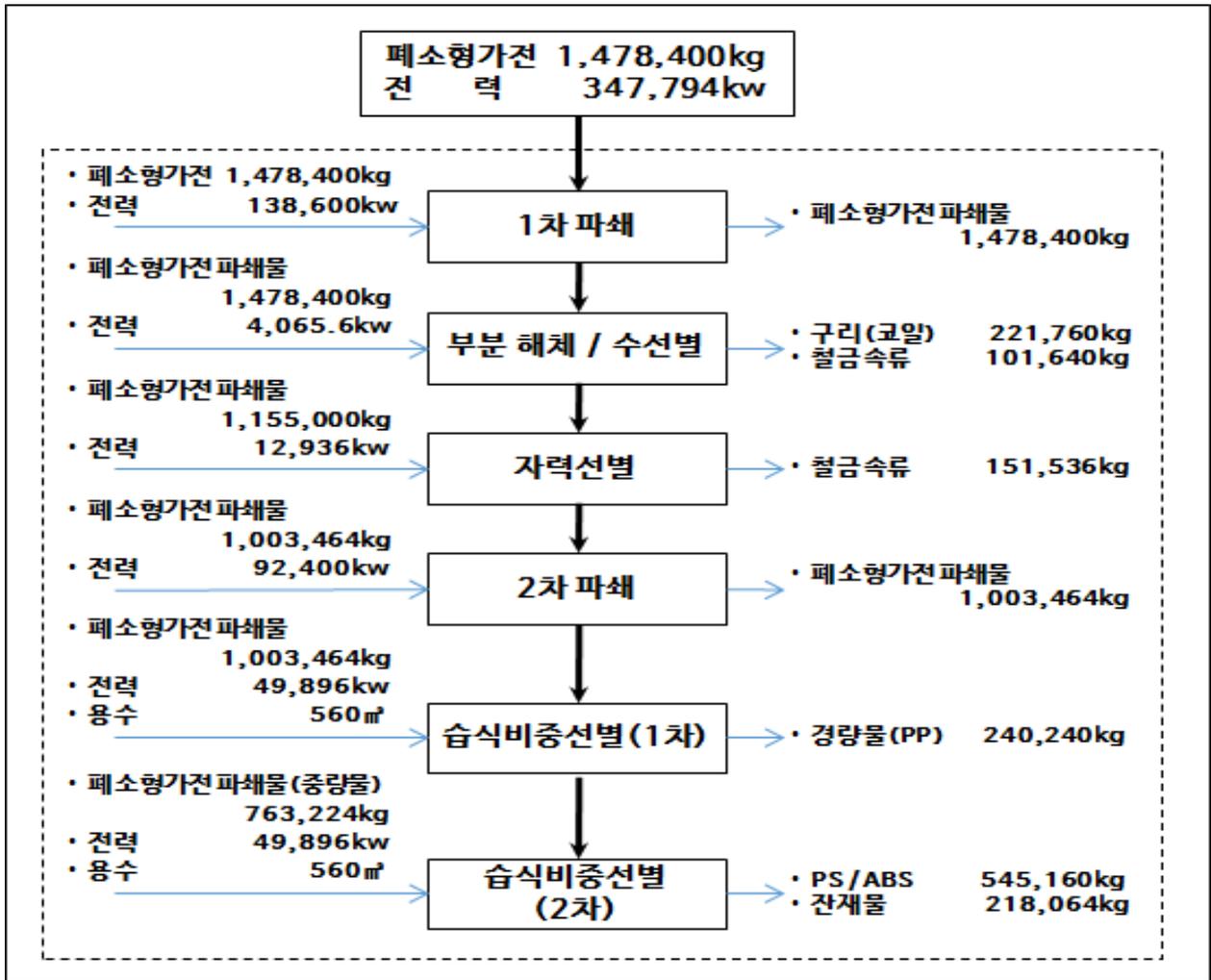


Figure 2. 폐소형가전 해체, 파쇄 및 선별/회수 공정도

Table 3 폐소형가전 해체, 파쇄 및 선별/회수 공정의 물질수지

투 입 물	단 위	산 출 물	단 위
- 폐소형가전	1 ton	- 구리	0.15000 ton
- 전력	235.250 kw	- 철금속류	0.17125 ton
- 용수	0.568 m ³	- 플라스틱류 - PP	0.16250 ton
		- 플라스틱류 - PS/ABS	0.36875 ton
		- 잔재물	0.14750 ton

본 연구에서는 폐소형가전의 재활용 공정에 대하여 전과정평가를 수행하였으며, 산업통상자원부의 특성화 및 가중화 방법으로 8개의 범주 및 영향평가 방법론의 경우 환경부의 TOTAL 프로그램을 이용하였다⁹⁾. 폐소형가전으로부터 유용자원의 선별/회수 공정에 대한 환경영향을 정량화하였으며, 유용자원을 선별/회수하여 재활용함으로써 발생하는 환경회피 효과 및 경제적 효과를 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향범주를 이용하여 비교 분석하였다.

본 연구의 가정 및 제한사항은 본 대상공정의 실제 가동시간을 연간 264 일로 가정하여 환산 적용하였으며, 전력의 분배는 가동시간과 기계의 정격용량을 기준으로 분배하였다. 또한, 각각의 공정에서 선별/회수되는 유용자원의 중량비로 전력을 분배하여 환경영향을 정량화하였다. 플라스틱류를 선별/회수하는 습식 비중선별 공정에서 PP 약 0.16250 ton, PS/ABS 약 0.36875 ton이 선별/회수되어 중량기준으로 전력사용량을 할당하여 환경영향을 분석하였다. 회수된 플라스틱 순도를 이용하여 신제와의 비교평가는 정확하게 분석이 곤란하여 국내 LCI DB 중 유사한 물질과 비교하였다.

3. 전과정 영향평가

Table 4에는 폐소형가전의 재활용 공정에서 유용자원의 회수에 대한 환경영향을 각각의 환경영향범주별로 분석하였으며, 그 결과를 제시하였다. 환경영향범주별 분석 결과 지구온난화(GWP)는 약 9.24E+02 kg CO₂-eq.으로 분석되었으며, 인간독성(HTP)는 약 6.62E+06 kg 1,4 DCB eq., 생태독성(TETP) 약 5.16E+04 kg kg 1,4 DCB eq. 등의 환경영향이 발생하는 것으로 분석되었다. 폐소형가전으로부터 유용자원을 선별/회수 할 경우의 환경영향을 가중화하였으며, 가중화 결과 생태독성(TETP)에 대한 환경영향이 6.84E-03 Pt로 전체 환경영향의 약 93.57%를 차지하는 것으로 분석되었다. 그 다음으로는 인간독성(HTP) 4.70E-04 Pt로 약 6.43%로 분석되었으며, 다른 환경영향은 미미한 것으로 조사되었다.

Table 4 폐소형가전 재활용 공정에서 유용자원의 회수에 대한 환경영향 결과

(기준 : 폐소형가전 1 ton)

영향범주	특성화 결과		가중화 결과
ADP	4.20E+00	1/yr	5.12E-08
AP	1.80E+00	kg SO ₂ - eq.	2.21E-09
EP	6.84E+01	kg PO ₄ ³⁻ - eq.	1.99E-07
GWP	9.24E+02	kg CO ₂ - eq.	6.78E-08
HTP	6.62E+06	kg 1,4 DCB eq.	4.70E-04
ODP	1.85E-04	kg CFC 11- eq.	1.33E-09
POCP	1.17E+00	kg ethylene eq.	9.02E-09
TETP	5.16E+04	kg 1,4 DCB eq.	6.84E-03

Table 5에는 폐소형가전을 투입하여 파쇄, 해체 및 선별하는 재활용 공정에서 유용자원의 선별/회수, 잔재물의 발생 및 폐수 등 다중 산출물이 배출되는 공정은 산출물의 중량비로 할당하였으며, 유용자원별 선별/회수 공정에 대한 환경영향을 분석하여 그 결과를 나타내었다. 구리의 경우에는 자원고갈(ADP)에 대한 환경영향은 2.50E-02 1/yr, 산성화(AP)는 1.21E-02 kg SO₂-eq., 지구온난화(GWP)는 7.17E+00 kg CO₂-eq. 등으로 분석되었으며, 철금속류의 경우 자원고갈(ADP)은 3.05E-02 1/yr, 산성화(AP) 1.48E-02 kg SO₂-eq., 지구온난화(GWP) 8.75E+00 kg CO₂-eq.으로 나타

났다. PP의 경우 자원고갈(ADP) 8.39E-02 1/yr, 산성화(AP) 4.08E-02 kg SO₂-eq., 지구온난화(GWP) 2.41E+01 kg CO₂-eq. 등이었으며, PS/ABS의 경우 자원고갈(ADP) 1.90E-01 1/yr, 산성화(AP) 9.25E-02 kg SO₂-eq., 지구온난화(GWP) 5.47E+01 kg CO₂-eq. 등으로 분석되었다. 습식 비중선별 공정에서 발생하는 잔재물의 경우 자원고갈(ADP) 7.62E-02 1/yr, 산성화(AP) 3.70E-02 kg SO₂-eq., 지구온난화(GWP) 6.88E-03 kg CO₂-eq. 등이었으며, 이를 소각 처리할 경우 산성화(AP) 1.33E-01 kg SO₂-eq., 지구온난화(GWP) 1.81E+01 kg CO₂-eq., 인간독성(HTP) 1.99E+00 kg 1,4 DCB eq. 등으로 분석되었다. 또한, 습식 비중선별 공정에서 발생하는 폐수의 처리할 경우 부영양화(EP) 6.83E+01 kg PO₄³⁻ - eq., 지구온난화(GWP) 7.89E+02 kg CO₂-eq., 인간독성(HTP) 6.62E+06 kg 1,4 DCB eq. 등으로 분석되었다.

Figure 3에는 폐소형가전 재활용 공정에서 각각의 유용자원 선별/회수물 및 공정에서 발생하는 잔재물 및 잔재물의 소각과 폐수처리에 대한 지구온난화(GWP) 영향을 비교하여 결과를 나타내었다. 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향은 습식 비중선별 공정에서 용수의 사용 후 발생하는 폐수를 처리할 경우 7.89E+02 kg CO₂-eq.으로 약 72.61 %로 가장 큰 것으로 분석되었으며, 다음으로 폐기물소각 1.81E+02 kg CO₂-eq.으로 약 16.66 % PS/ABS 5.47E+01 kg CO₂-eq.으로 약 5.03 %, PP 2.41E+01 kg CO₂-eq.으로 약 2.22 %,철금속류 8.75E+00 kg CO₂-eq.으로 약 0.81 %, 구리 7.17E+00 kg CO₂-eq.으로 약 0.66 % 등으로 분석되었다.

Table 5 폐소형가전의 유용자원별 선별/회수 공정별의 환경영향 결과

(기준 : 폐소형가전 1 ton)

구 분	ADP	AP	EP	GWP	HTP	ODP	POCP	TETP
	1/yr	kg SO ₂ - eq.	kg PO ₄ ³⁻ - eq.	kg CO ₂ - eq.	kg 1,4 DCB eq.	kg CFC 11-eq.	kg ethylene eq.	kg 1,4 DCB eq.
구리	2.39E-02	1.21E-02	2.25E-03	7.17E+00	1.60E-03	1.62E-03	4.96E-03	2.90E-10
철금속류	3.05E-02	1.48E-02	2.75E-03	8.75E+00	1.93E-03	2.01E-10	6.06E-03	3.54E-10
PP	8.39E-02	4.08E-02	7.58E-03	2.41E+01	5.45E-03	5.84E-10	1.67E-02	3.02E-09
PS/ABS	1.90E-01	9.25E-02	1.72E-02	5.47E+01	1.24E-02	1.33E-09	3.79E-02	6.85E-09
잔재물	7.62E-02	3.70E-02	6.88E-03	2.19E+01	4.95E-03	5.30E-10	1.51E-02	2.74E-09
폐수처리	3.73E+00	1.47E+00	6.83E+01	7.89E+02	6.62E+06	1.84E+06	1.07E+00	5.16E+04
폐기물소각	7.40E-02	1.33E-01	1.80E-02	18.1E+01	1.99E+00	1.27E-06	2.02E-02	8.89E-05

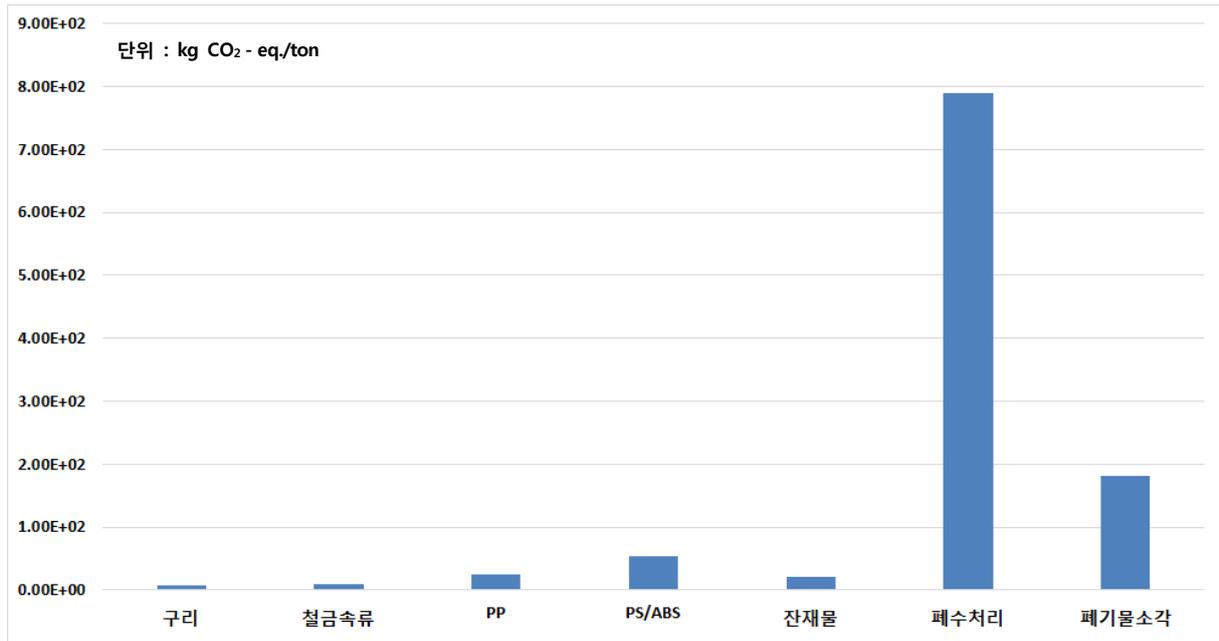


Figure 3. 폐소형가전 재활용 공정의 회수물(또는 산출물)에 대한 지구온난화 영향

4. 전과정평가 해석

Table 6에는 폐소형가전을 재활용 공정에서 유용자원으로 선별/회수되는 구리, 철금속류, PP, PS/ABS 등으로 각각의 유용자원을 회수하여 재활용할 경우의 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향과 각각의 신재를 생산할 경우의 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향을 분석하여 결과를 나타내었다.

신재의 경우에는 유사물질별로 비교하였으며, 국내 LCI DB(탄소성적표지 인증 안내서, 붙임. 탄소성적표지 배출계수(부문별 배출계수), 한국환경산업기술원, 2015.5)인 구리, 폴리프로필렌, 아크로니트릴 부타디엔 스타이렌, 폴리스틸렌 등을 사용하였다. 분석 결과 폐소형가전 1 ton으로부터 각각의 유용자원을 선별/회수하여 재활용할 경우의 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향은 9.24E+02 kg CO₂-eq.으로 나타났으며, 회수된 각각의 유용자원과 동일한 양의 신재를 생산할 경우의 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향은 1.93E+03 kg CO₂-eq.으로 분석되었다. 본 공정에서 각각의 유용자원을 선별/회수하여 재활용할 경우 신재를 생산하는 공정보다 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향에 대하여 1.00E+03 kg CO₂-eq.의 환경회피 효과가 발생하였으며, 유용자원별로 각각 철금속류 5.98E+02 kg CO₂-eq., 구리 4.99E+02 kg CO₂-eq, 구리가 5.21E+02 kg CO₂-eq.의 환경회피 효과가 발생하였다. 그러나, PP의 경우 9.15E+01 kg CO₂-eq., PS/ABS 4.11E+00 kg CO₂-eq. 등의 환경영향이 발생하는 것으로 분석되었으며, 이는 습식 비중선별 공정에서 용수의 사용 및 처리로 인하여 환경영향 값이 높은 것으로 판단된다.

Table 6 유용자원의 선별/회수 재활용과 신재 생산의 환경영향 비교
(단위 : kg CO₂-eq./ton 폐소형가전)

구 분	폐가전 1 ton으로부터 자원회수의 환경영향 (a)	동일한 양의 신재 생산 시 환경영향 (b)	환경 영향(a)-(b)
구리	2.22E+01	5.21E+02	- 4.99E+02
철금속류	2.72E+01	6.25E+02	- 5.98E+02
PP	2.68E+02	1.76E+02	9.15E+01
PS/ABS	6.07E+02	6.03E+02	4.11E+00
합 계	9.24E+02	1.93E+03	- 1.00E+03

*주) 한국환경산업기술원 탄소성적표지 LCI DB 탄소배출계수 적용

Table 7에는 폐소형가전의 재활용 공정에서 유용자원을 재활용 할 경우의 환경회피 효과를 탄소배출권 거래가격을 이용하여 경제적 효과를 분석하여 제시하였다. 본 폐소형가전 처리공정에서 선별/회수되어 재활용이 가능한 유용자원의 양은 1일 4,774kg으로 연간 약 1,260톤의 유용자원 재활용이 가능한 것으로 분석되었다. 폐소형가전으로부터 유용자원을 선별/회수하여 재활용함으로써 발생하는 환경이득을 탄소배출권 거래가격으로 환산할 경우의 경제적 효과는 연간 약 5,777천 원이며, 이는 연간 약 237.8톤의 이산화탄소 저감 효과가 발생하는 분석되었다.

Table 7 유용자원의 선별/회수에 대한 사회적 효과 분석

구 분	회수량 (kg/일)	회수량 (톤/년)	경제적 효과 (천원/년)	이산화탄소 저감 (ton/년)
구리	840	222	2,688	- 110.6
철금속류	959	253	3,678	- 151.4
PP	910	240	534	+ 22.0
PS/ABS	2,065	545	54	+ 2.2
합 계	4,774	1,260	5,777	237.8

* 1) 폐소형가전 선별/회수 공정 연간 264일 가동

2) 탄소배출권 거래가격 : 한국거래소 201년 10월 11일(목) 종가기준 24,300원/톤

5. 결론 및 고찰

본 연구에서는 폐소형가전의 재활용 공정에서 유용자원의 선별/회수에 대한 전과정평가를 수행하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 폐소형가전의 재활용 공정에서 유용자원을 선별/회수할 경우의 환경영향 분석결과, 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향 9.24E+02 kg CO₂-eq./ton, 인간독성(HTP)는 약 6.62E+06 kg 1,4 DCB eq., 생태독성(TETP) 약 5.16E+04 kg kg 1,4 DCB eq. 등의 환경영향이 발생하는 것으로 분석되었다.

2. 각 공정별 환경영향 가중화 결과 생태독성(TETP)에 대한 환경영향이 6.84E-03 Pt로 전체 환경영향의 약 93.57%, 인간독성(HTP) 4.70E-04 Pt로 약 6.43%로 분석되었으며, 다른 환경영향은 미미한 것으로 조사되었다.
3. 폐소형가전 유용자원의 선별/회수 공정의 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향은 9.24E+02 kg CO₂-eq.이었으며, 폐수 처리 7.89E+02 kg CO₂-eq.으로 약 72.61%, 폐기물소각 1.81E+02 kg CO₂-eq.으로 약 16.66%, PS/ABS 5.47E+01 kg CO₂-eq.으로 약 5.03%, PP 2.41E+01 kg CO₂-eq.으로 약 2.22%, 철금속류 8.75E+00 kg CO₂-eq.으로 약 0.81%, 구리 7.17E+00 kg CO₂-eq.으로 약 0.66% 등으로 분석되었다.
4. 폐소형가전 1톤에서 유용자원을 선별/회수하여 재활용할 경우 신재의 생산으로 발생하는 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향보다 약 1.93E+03 kg CO₂-eq.의 환경회피(환경이득) 효과가 발생하는 것으로 나타났으며, 이는 탄소배출권 거래가격으로 환산할 경우에는 연간 약 5,777천원의 경제적 효과와 237.8 ton의 이산화탄소 저감 효과가 발생하는 것으로 분석되었다.
5. 대부분의 폐소형가전 재활용 업체에서 사용하고 있는 파쇄, 부분 해체/수선별, 자력선별 및 습식 비중선별 공정의 경우 유용자원의 선별/회수에 비효율적이다. 또한, 플라스틱의 재질선별을 위한 습식 비중선별 공정을 적용할 경우에는 용수의 사용 및 발생 폐수의 처리 등에 따른 환경부하가 발생하는 것으로 분석되었으며, 유용자원의 선별/회수로 인한 경제적 효과 및 이산화탄소 저감 효과도 미미한 것으로 분석되었다.
6. 따라서, 다양한 구성물질로 이루어진 폐소형가전의 재활용 공정에서 발생하는 유용자원을 효율적으로 선별/회수하기 위하여 파쇄, 해체기술 및 선별기술의 개발이 시급히 요구되고 있다.

5. 감사의 글

This study was supported by the R&D Center for Valuable Recycling(Global-Top R&D Program) of Ministry of Environment(Project No.: 2016002250002)

6. Reference

- 1) Buenkens, A. and Yang, J., Recycling of WEEE plastics : a review, J. of Material Cycles and Waste Management, Vol.16, p. 415~434
- 2) Choi, W. Z. et. al., Status and Prospects of Plastics Recycling of Used Small Household Appliances, The 13th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology, Proceeding, p. 592~596
- 3) Park E. K. et. al., Analysis of Physical Characteristics of Waste Plastics Generated from Used Small Household Appliances, J. Korean Soc. Miner. Energy Resour. Eng., Vol.54, p. 48~56
- 4) Park E. K. et. al., Study on Life-Cycle Assessment for Recycling Process of Used Small Household Appliances, Kore J.of LCA, Vol.17, p. 101~112

- 5) Park E. K. et. al., A Basic Study on Sorting of Black Plastics of Waste Electrical and Electronic Equipment(WEEE), J. of Korean Inst. of Resources Recycling, Vol.26, p. 69~77
- 6) Choi, W. Z. et. al., A Study on Physical Characteristics and Plastics Recycling of Used Small Household Appliances, J. of Korea Inst. of Resources Recycling, Vol.25, p. 22~38
- 7) Korea Environment Institute, System technical support measures for promoting recycling scrap metal resources, p. 24~25
- 8) Choi, W. Z. et. al., Environmental Impact Assessment on Dismantling · Crushing · Sorting Process for Recycling of Used Small Household Appliances, J. of Korea Inst. of Resources Recycling, Vol.25, p. 17~24
- 9) Kim J. J., A Study on the recycling optimization through material flow analysis of household electric appliances, p. 9~11