

폐소형가전 선별·회수 공정의 전과정평가 연구

최우진, 박은규, 박기학
수원대학교 폐기물자원화기술연구소

Study on Life-Cycle Assessment for Recycling Process of Used Small Household Appliances

Woo Zin Choi, Eun Kyu Park, Ki Hak Park
Waste Recycling Institute, The University of Suwon

Abstract

This study aims at evaluating the environmental impacts on recycling process for used small household appliances. The recycling process mainly consists of 1st-stage crushing, manual dismantling, magnetic separation, 2nd-stage crushing, eddy-current separation and near-infrared ray(NIR) separation. The overall capacity of the process is about 15 ton per day to treat used small household appliances. In this study, life-cycle assessment(LCA) methodology is applied to analyze major environmental parameters such as GWP, ADP, POCP, EP, etc. One of the major impact categories on the weight basis in the recycling process is global warming(GWP) 57.1%, next to ADP 35.4% and POCP 4.8%, respectively. As a result of environmental impact on recovery of valuable resources/ton, the GWP of plastics for ABS is highest(51.41%) compared to ferrous(8.61%). The effects of environmental and economical benefit are also analyzed to compare with the amount of virgin materials to be recycled by recycled materials. In addition, recycled materials are also more economical in comparison to virgin materials due to the environmental avoiding effect by recycling. In conclusion, the key environmental issues related to the recycling of e-wastes are analyzed and therefore, the effective recycling process will contribute to mitigate global warming potential in the near future.

요약문

본 연구에서는 폐소형가전으로부터 유용자원 회수를 위한 재활용 공정의 전과정평가를 수행하였다. 재활용 공정은 1차 파쇄, 해체(manual), 자력선별, 2차 파쇄, 입도선별, 와전류 선별 및 근적외선 선별 등으로 구성되어 있다. 본 공정은 일일 약 15톤의 폐소형가전 처리가 가능하며, 1톤의 폐소형가전으로부터 각각의 유용자원을 선별/회수할 경우 지구온난화(GWP)는 약 8.60E+00 kg CO₂-eq./ton으로 분석되었다. 또한, 산성화(AP)는 약 1.45E-02 kg SO₂-eq./ton, 자원고갈(ADP)은 약 3.00E-02 1/yr 등의 환경영향이 발생하는 것으로 조사되었다. 환경영향범주 중 지구온난화

(GWP)에 대한 환경영향이 전체 환경영향의 약 57.1%를 차지하는 것으로 나타났으며, ABS가 4.41E+00 kg CO₂-eq./ton으로 약 51.41%로 환경영향이 가장 큰 것으로 분석되었다. 폐소형가전 재활용 공정에서 유용자원을 선별/회수함으로써 2.75E+04 kg CO₂-eq./kg의 환경회피 효과가 발생하는 것으로 분석되었으며, 이를 탄소배출권 거래가격으로 환산할 경우에는 연간 약 213,225 천원의 경제적 효과가 발생하는 것으로 나타났다. 폐소형가전으로부터 발생하는 유용자원을 선별/회수하여 효율적으로 재활용함으로써 이산화탄소의 배출량 저감이 가능하여 국가 온실가스 감축 계획의 실행에 크게 기여할 것으로 예측된다.

1. 서론

최근 소득수준의 향상과 쾌적한 주거환경의 추구로 인하여 생활가전제품의 보급률이 증가하고 있으며, 사용이 편리한 제품을 추구하는 요구의 증가에 따라 가전제품의 교환주기도 단축되고 있다. 또한, 세계 경기의 불황으로 인한 원자재 가격의 상승 및 국제 환경규제의 강화 등으로 인하여 순환자원의 사용에 대한 관심과 경제적 가치가 높아지고 있는 실정이다. 2003년 도입된 생산자 책임재활용제도(Extended Product Responsibility, EPR)는 폐전기·전자제품의 재활용을 촉진시키는데 크게 기여하였으며, 2014년도에는 폐소형가전을 포함한 17개 품목을 확대 지정하였다¹⁾. 최근 폐가전의 무상방문수거 서비스를 대형가전 위주에서 중소형가전으로 확대 실시함으로써 재활용 대상 폐소형가전의 발생량은 향후 대폭 증가할 것으로 예측되고 있다²⁾.

대형가전의 경우 민간 재활용업체에서 수집, 운반, 처리되거나 물류센터를 통하여 권역별 재활용센터(Recycling Center, RC) 등에서 비교적 체계적으로 처리되고 있다. 그러나, 폐소형가전의 경우 제품 특성상 플라스틱류의 함량이 높을 뿐만 아니라 특히, 플라스틱의 경우 검정색 플라스틱의 비율이 상대적으로 높아 플라스틱의 재질별 선별이 곤란하다²⁾. 일부 중소민간업체에서는 인력에 의존하여 일부 유가물의 선별/회수하고 있으며 검정색 플라스틱류의 경우 재질선별이 불가능하여 혼합물의 형태로 저가로 매각되거나 소각 처리되고 있는 실정이다^{2), 3)}. 폐소형가전은 크기와 종류 뿐만 아니라 구성물질의 종류가 매우 다양하고 품목에 따라 재질이 다양하며 일반적인 해체 공정 및 기존 선별기술의 적용이 어려울 뿐만 아니라, 효율적인 재활용을 위한 파쇄기술 및 선별공정의 개발이 시급한 실정이다^{3), 4)}. 또한, 폐소형가전제품의 경우 철금속류, 구리 및 알루미늄 등의 비철 금속, 플라스틱류 및 PCBs 등 매우 다양한 품목으로 구성되어 있어, 대형 폐가전과는 달리 다양한 해체 및 선별 기술이 요구되고 있다⁵⁾.

본 연구에서는 폐소형가전을 재활용하기 위하여 해체, 파쇄, 선별 및 회수 공정이 설치되어 있는 민간재활용 업체의 회수/선별 공정에 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. 연구 방법

본 연구의 대상공정은 가정 및 사무실 등에서 사용 종료 후 배출되는 폐소형가전을 수집업체를 통하여 민간재활용업체에 반입되어 전선류 등 일부를 제거하고 해체된 폐소형가전의 파쇄, 선별

및 회수하는 재활용 공정이다. 본 연구에서는 민간수집상으로부터 폐소형가전을 구입하여 해체, 파쇄, 선별 및 회수하는 A 업체의 자료를 사용하였으며, 업체에 반입된 주요 폐소형가전의 품목은 전기압력밥솥, 선풍기, 전기히터 및 진공청소기 등으로 1일 15톤의 폐소형가전을 해체, 파쇄, 선별 및 회수하는 공정이 구축되어 있다.

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

Table 1 기능 및 기능단위 정의

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

Table 2에는 본 연구에 사용한 데이터의 품질을 제시하였으며, 2015년도 7월 1일부터 12월 31일 까지 반입되어 해체, 파쇄, 선별 및 회수공정을 거친 폐소형가전의 자료를 통해, 본 공정의 연간 가동시간을 300 일로 가정하여 계산하였다.

Table 2 데이터 품질

항 목	설 명
시간적 경계	2015년 7월 1일 ~ 12월 31일
공간적 경계	대한민국 민간 재활용업 업체
기술적 경계	국내 해체, 파쇄, 선별 및 회수가 적용된 최신 기술

Figure 1에는 폐소형가전의 해체, 파쇄, 선별 및 회수 공정을 개략적으로 도식화하였으며, 시스템 경계는 수선별, 자력선별, 입도선별, 와전류선별 및 근적외선 선별 등의 공정으로 구성되어 있다. 본 공정을 통하여 코일류, 콘덴서류, 고무류 등 부품의 경우 1차 파쇄공정 전에 사전제거가 어렵기 때문에 폐소형가전을 통째로 파쇄하고 있다. 1차 파쇄기의 용량은 시간당 약 5톤의 폐소형가전의 파쇄가 가능하며, 코일류, 콘덴서류, 고무류 등은 후단의 부분 해체설비에서 인력에 의해 분리 선별이 용이하도록 파쇄기가 제작/설치되었다. 부분 수선 및 해체설비에서 코일류, 콘덴서류, 고무류 등을 제거한 후 자력선별기에서 철금속류를 제거한 후 입도선별을 위한 2차 파쇄를 실시한다. 2차 파쇄 후 입도선별공정에서 작은 전선류 등을 제거하고, 와전류선별기에서 알루미늄 및 구리 등의 비철금속류와 플라스틱류로 선별한다. 선별된 플라스틱류는 근적외선분광기(NIR 선별기)에 투입되어 약 1m/sec의 고속컨베이어 벨트로 이송되면서 설치되어 있는 8개의 선별장치에 의하여 PP, ABS, HIPS 등으로 각각 선별/회수된다.

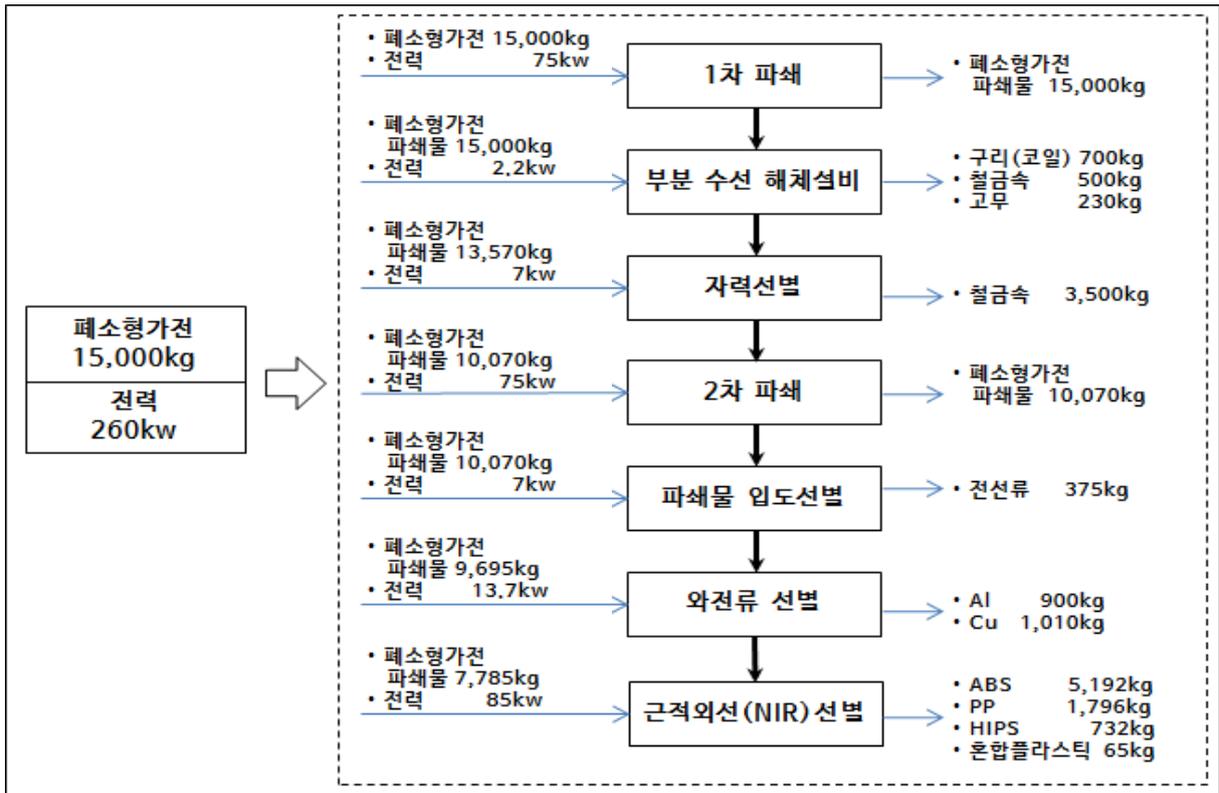


Figure 1 폐소형가전 해체, 파쇄 및 선별/회수 공정도

Table 3에는 폐소형가전 1톤을 투입하여 해체, 파쇄 및 선별 및 회수 공정의 물질수지를 제시하였으며, 이 때 사용된 전력은 전력 260kwh이다. 본 공정을 통하여 1 ton의 폐소형가전으로부터 구리 약 0.114 ton, 알루미늄 약 0.060 ton, 고무류 약 0.015 ton, 철금속류 약 0.267 ton, 전선류 약 0.025 ton, 플라스틱류는 ABS 약 0.346 ton, PP 약 0.120 ton, HIPS 약 0.049 ton, 혼합플라스틱 약 0.004 ton의 유용자원이 선별/회수된다.

Table 3 폐소형가전 해체, 파쇄 및 선별/회수 공정의 물질수지

투입물	단위	산출물	단위
- 폐소형가전	1 ton	- 구리	0.114 ton
- 전력	17.34 kw	- 알루미늄	0.060 ton
		- 고무류	0.015 ton
		- 철금속류	0.267 ton
		- 전선류	0.025 ton
		- 플라스틱류 - ABS	0.346 ton
		- 플라스틱류 - PP	0.120 ton
		- 플라스틱류 - HIPS	0.049 ton
		- 플라스틱류 - 혼합플라스틱	0.004 ton

본 연구에서는 폐소형가전의 해체, 파쇄 및 선별/회수 공정에 대하여 전과정평가를 수행하였으며, 산업통상자원부의 특성화 및 가중화 방법으로 8개의 범주 및 영향평가 방법론의 경우 환경부의 TOTAL 프로그램을 이용하였다⁶⁾. 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 300 일로 가정하여 환산 적용하였으며, 전력의 분배는 가동시간과 기계의 정격용량을 기준으로 분배하였다. 또한, 각각의 공정에서 선별/회수되는 유용자원의 중량비로 전력을 분배하여 환경영향을 정량화하였다. 플라스틱류가 선별 회수되는 공정은 NIR 선별기 공정으로 ABS, PP, HIPS 및 혼합 플라스틱이 각각 0.346 ton, 0.120 ton, 0.049 ton, 0.004 ton 선별 회수되어 중량기준으로 전력사용량을 할당하여 환경영향을 분석하였다. 또한, 신품과 회수된 순도의 비교평가는 정확하게 비교분석 할 수 없으나, 국내 LCI DB 중 유사한 물질과 비교하였으며, 추후 순도에 대한 재활용 기준이 만들어질 경우 정확한 비교분석을 수행할 예정이다.

3. 연구 결과

폐소형가전을 해체, 파쇄 및 선별/회수하는 공정에 대하여 환경영향을 각각의 환경영향범주별로 분석하였으며, 그 결과를 Table 4에 제시하였다. 환경영향범주별 분석 결과 지구온난화(GWP)는 약 8.60E+00 kg CO₂-eq.으로 분석되었으며, 산성화(AP)는 약 1.45E-02 kg SO₂-eq., 자원고갈(ADP)은 약 3.00E-02 1/yr 등의 환경영향이 발생하는 것으로 조사되었다. 폐소형가전의 각 공정별 환경영향을 가중화하였으며, 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향이 4.48E-04 Pt로 전체 환경영향의 약 57.1%를 차지하는 것으로 분석되었다. 그 다음으로는 자원고갈(ADP) 2.78E-04 Pt로 약 35.4%, 광화학산화물 형성(POCP) 3.76E-05 Pt로 약 4.8%, 산성화(AP) 1.32E-05 Pt로 약 1.7% 등으로 분석되었으며, 인간독성(HTP), 오존층 파괴(ODP) 및 생태독성(TETP)에 대한 환경영향은 미미한 것으로 조사되었다.

Table 4 폐소형가전 해체, 파쇄 및 선별/회수 공정의 환경영향 결과 (기준 : 폐소형가전 1 ton)

영향범주	특성화 결과		가중화 결과
ADP	3.00E-02	1/yr	2.78E-04
AP	1.45E-02	kg SO ₂ - eq.	1.32E-05
EP	2.71E-03	kg PO ₄ ³⁻ - eq.	7.85E-06
GWP	8.60E+00	kg CO ₂ - eq.	4.48E-04
HTP	1.92E-03	kg 1,4 DCB eq.	1.36E-07
ODP	1.98E-10	kg CFC 11- eq.	1.42E-09
POCP	5.96E-03	kg ethylene eq.	3.76E-05
TETP	3.47E-10	kg 1,4 DCB eq.	4.61E-11

Table 5에는 폐소형가전을 투입하여 해체, 파쇄 및 선별/회수하는 공정 중 다중산출물이 배출되는 공정은 산출물의 중량비로 할당하였으며, 유용자원별 선별/회수 공정에 대한 환경영향을 분석하여 그 결과를 나타내었다. 구리의 경우에는 자원고갈(ADP)에 대한 환경영향은 2.13E-03 1/yr, 산성화(AP)는 1.03E-03 kg SO₂-eq., 지구온난화(GWP)는 6.11E-01 kg CO₂-eq. 등으로 분석되었으며, 철금속류의 경우 자원고갈(ADP)은 2.57E-03 1/yr, 산성화(AP) 1.25E-03 kg SO₂-eq., 지구온난화(GWP) 7.40E-01 kg CO₂-eq.으로 나타났다. ABS의 경우 자원고갈(ADP) 1.54E-02 1/yr, 산성화(AP) 7.47E-03 kg SO₂-eq., 지구온난화(GWP) 4.41E+00 kg CO₂-eq. 등이었으며, PP의 경우 자원고갈(ADP) 5.32E-03 1/yr, 산성화(AP) 2.58E-03 kg SO₂-eq., 지구온난화(GWP) 1.53E+00 kg CO₂-eq. 등으로 분석되었다.

Table 5 폐소형가전의 유용자원별 선별/회수 공정의 환경영향 결과 (기준 : 폐소형가전 1 ton)

구 분	ADP	AP	EP	GWP	HTP	ODP	POCP	TETP	가중치 (%)	
	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	2.13E-03	1.03E-03	1.92E-04	6.11E-01	1.37E-04	1.41E-11	4.23E-04	2.47E-11	8.35E-04	7.11
알루미늄	1.53E-03	7.40E-04	1.38E-04	4.38E-01	9.80E-05	1.01E-11	3.03E-04	1.77E-11	5.99E-04	5.10
고무류	1.36E-04	6.61E-05	1.23E-05	3.91E-02	8.73E-06	9.00E-13	2.71E-05	1.58E-12	5.35E-05	0.46
철금속류	2.57E-03	1.25E-03	2.33E-04	7.40E-01	1.65E-04	1.70E-11	5.12E-04	2.99E-11	1.01E-03	8.61
전선류	5.75E-04	2.79E-04	5.19E-05	1.65E-01	3.69E-05	3.80E-12	1.14E-04	6.67E-12	2.26E-04	1.92
ABS	1.54E-02	7.47E-03	1.39E-03	4.41E+00	9.87E-04	1.01E-10	3.05E-03	1.79E-10	6.04E-03	51.41
PP	5.32E-03	2.58E-03	4.80E-04	1.53E+00	3.41E-04	3.51E-11	1.06E-03	6.17E-11	2.09E-03	17.78
HIPS	2.17E-03	1.05E-03	1.96E-04	6.22E-01	1.39E-04	1.43E-11	4.31E-04	2.51E-11	8.51E-04	7.25
혼합플라스틱	1.10E-04	5.35E-05	9.93E-06	3.16E-02	7.07E-06	7.27E-13	2.19E-05	1.28E-12	4.33E-05	0.37

Figure 2에는 각각의 유용자원별 선별/회수 공정에 대한 지구온난화(GWP) 영향을 비교하여 결과를 나타내었으며, 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향은 ABS가 4.41E+00 kg CO₂-eq.으로 약 51.41%로 가장 큰 것으로 분석되었다. 다음으로 PP가 1.53E+00 kg CO₂-eq.으로 약 17.78%, 철금속류가 7.40E-01 kg CO₂-eq.으로 약 8.61%, HIPS가 6.22E-01 kg CO₂-eq.으로 약 7.25%, 구리가 6.11E-01 kg CO₂-eq.으로 약 7.11% 등으로 분석되었다.

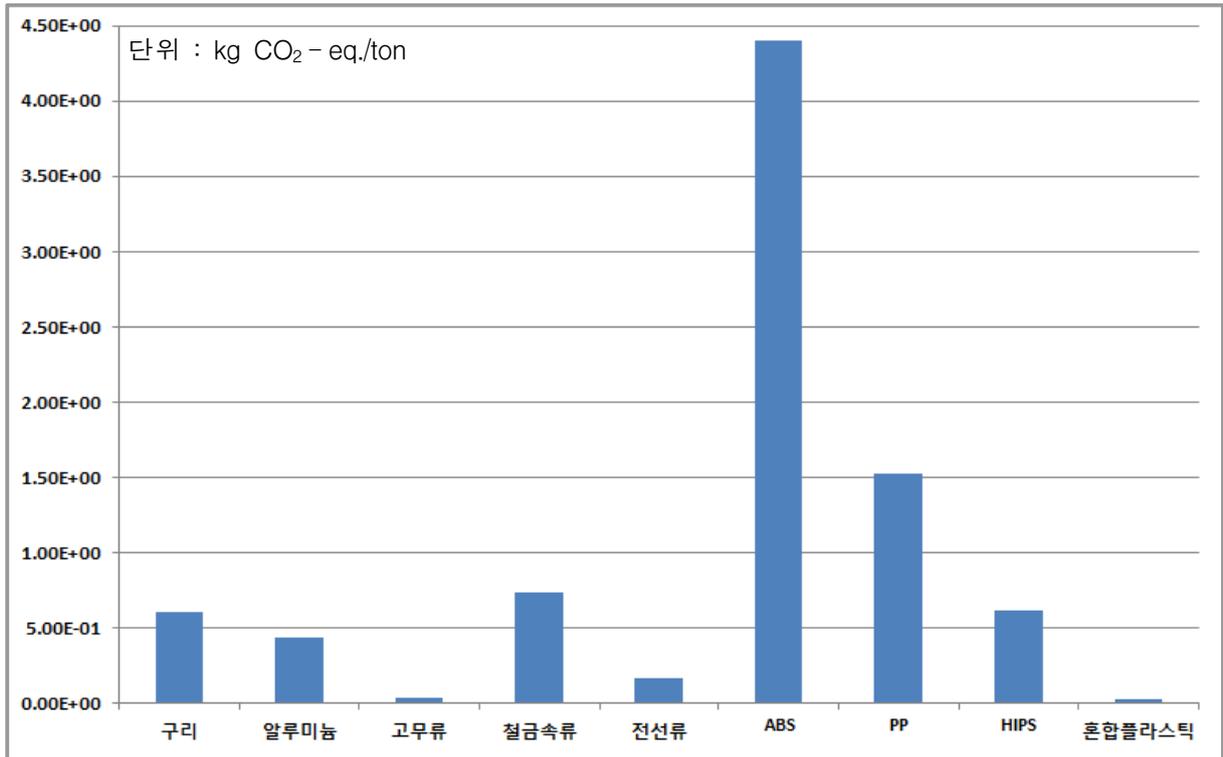


Figure 2 유용자원별 선별/회수 공정에 대한 지구온난화 영향

Table 6에는 폐소형가전을 해체 및 파쇄한 후 각 공정에서 선별/회수되는 고무, 구리, 알루미늄, 고무류, 철금속류, 전선류, ABS, PP, HIPS, 혼합플라스틱 등 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, 불임. 탄소성적표지 배출계수(부문별 배출계수), 한국환경산업기술원, 2015.5)인 탄소강, 구리, 알루미늄박, 에틸렌 프로필렌 디엔 고무, 리드선, 폴리프로필렌, 아크로니트릴 부타디엔 스타이렌, 폴리스틸렌 등을 사용하였다. 분석 결과 폐소형가전 1 ton으로부터 각각의 유용자원을 선별/회수하여 재활용할 경우의 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향은 8.59E+00 kg CO₂-eq.으로 나타났으며, 회수된 각각의 유용자원과 동일한 양의 신재를 생산할 경우의 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향은 2.79E+03 kg CO₂-eq.으로 분석되었다. 본 공정에서 각각의 유용자원을 선별/회수하여 재활용할 경우 신재를 생산하는 공정보다 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향에 대하여 2.78E+03 kg CO₂-eq.의 환경회피 효과가 발생하였다. 각각의 유용자원별로는 ABS가 1.02E+03kg CO₂-eq.으로 가장 큰 것으로 분석되었으며, 다음으로 철금속류가 6.24E+02 kg CO₂-eq., 구리가 5.20E+02 kg CO₂-eq., PP 1.75E+02 kg CO₂-eq., 알루미늄 1.43E+02 kg CO₂-eq. 등의 순으로 나타났다.

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	6.11E-01	5.21E+02	-5.20E+02
알루미늄	4.38E-01	1.43E+02	-1.43E+02
고무류	3.91E-02	6.75E+01	-6.75E+01
철금속류	7.40E-01	6.25E+02	-6.24E+02
전선류	1.65E-01	1.36E+02	-1.36E+02
ABS	4.41E+00	1.03E+03	-1.02E+03
PP	1.53E+00	1.76E+02	-1.75E+02
HIPS	6.22E-01	8.87E+01	-8.81E+01
혼합 플라스틱	3.16E-02	8.32E+00	-8.29E+00
합 계	8.59E+00	2.79E+03	-2.78E+03

*주) 한국환경산업기술원 탄소성적표지 LCI DB 탄소배출계수 적용

Table 7에는 폐소형가전의 해체, 파쇄, 선별/회수하여 재활용하는 공정의 환경회피 효과를 탄소 배출권 거래가격을 이용하여 경제적 효과를 분석하여 제시하였다. 본 폐소형가전 처리공정에서 선별/회수하여 재활용하는 유용자원은 1일 15,000 kg으로 연간 4,500 톤의 유용자원 재활용이 가능한 것으로 분석되었다. 폐소형가전으로부터 선별/회수하여 재활용함으로써 발생하는 환경이득을 탄소 배출권 거래가격으로 환산할 경우 연간 약 213,225 천원의 경제적 효과가 발생하는 분석되었다.

Table 7 유용자원의 선별/회수 공정에 대한 경제적 효과 분석

구 분	회수량 (kg/일)	회수량 (톤/년)	경제적 효과 (천원/년)
구리	1,710	513	39,808
알루미늄	900	270	10,937
고무류	230	69	5,276
철금속류	4,000	1,200	47,679
전선류	375	113	10,418
ABS	5,192	1,558	78,326
PP	1,796	539	13,353
HIPS	732	220	6,722
혼합 플라스틱	65	20	706
합 계	15,000	4,500	213,225

* 1) 폐소형가전 선별/회수 공정 연간 300일 가동

2) 탄소배출권 거래가격 : 한국거래소 2016년 7월 21일(목) 종가기준 17,000원/톤

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 폐소형가전의 해체, 파쇄 및 선별/회수 공정에 대한 전과정평가를 수행하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 폐소형가전을 해체, 파쇄 및 선별/회수하는 공정에서 각각의 유용자원을 선별/회수할 경우의 환경영향 분석결과, 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향 8.60E+00 kg CO₂-eq./ton, 산성화(AP) 1.45E-02 kg SO₂-eq./, 자원고갈(ADP) 3.00E-02 1/yr 등의 환경영향이 발생하는 것으로 분석되었다.
2. 각 공정별 환경영향 가중치 결과 7.85E-04 Pt로 분석되었으며, 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향이 4.48E-04 Pt로 전체 환경영향의 약 57.1 %로 나타났다. 자원고갈(ADP) 2.78E-04 Pt로 약 35.4 %, 광화학산화물 형성(POCP) 3.76E-08 Pt 약 4.8 % 등으로 각각 분석되었다.
3. 유용자원 각각 1톤을 선별/회수하는 공정의 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향은 ABS가 4.41E+00 kg CO₂-eq./ton으로 약 51.41 %로 가장 높았으며, PP가 1.53E+00 kg CO₂-eq./ton으로 약 17.78 %, 철금속류가 7.40E-01 kg CO₂-eq./ton으로 약 8.61 %, HIPS가 6.22E-01 kg CO₂-eq./ton으로 약 7.25 %, 구리가 6.11E-01 kg CO₂-eq./ton으로 약 7.11 % 등으로 각각 분석되었다.
4. 폐소형가전 1톤으로부터 각각의 유용자원을 선별/회수하여 재활용할 경우 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향은 8.59E+01 kg CO₂-eq./ton으로 분석되었으며, 이는 신재의 생산으로 발생하는 지구온난화(GWP)에 대한 환경영향보다 약 2.78E+03 kg CO₂-eq.의 환경회피(환경이득) 효과가 발생하는 것으로 분석되었다.
5. 폐소형가전을 해체, 파쇄 및 선별/회수하는 공정에서 유용자원의 회수 및 재활용으로 인한 환경회피 효과를 탄소배출권 거래가격으로 환산할 경우에는 신재의 생산보다 약 213,225 천원의 경제적 효과가 발생하는 것으로 조사되었다.

5. 사사

This study was supported by the R&D Center for Valuable Recycling(Global-Top Environment Technology Development Program) funded by the Ministry of Environment (Project No : GT-12-C-01-330-0)

6. 참고문헌

1. Korea Environment Institute, System technical support measures for promoting recycling scrap metal resources, pp 24~25(2010).

2. Kim J. J., A Study on the recycling optimization through material flow analysis of household electric appliances, pp 9~11(2014).
3. 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, pp 592~596(2015).
4. 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, No 1, pp 22~38(2016).
5. 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, No 2, pp 17~24(2016).
6. Kim, H. J. et. al., Environmental Impact Evaluation for Glass Bottle Recycle using Life Cycle Assessment, *Journal of Environmental Science International*, Vol. 23, No. 6, pp 1067~1074(2014).