

HDPE 스크랩 재활용 공정 적용 생산 폴리에틸렌관의 Eco-efficiency 분석

문영수[†] · 박복재* · 고용배**

[†] 전남대학교 여수창업보육센터

* 전남대학교 경상학부

** 주식회사 엠에스

Eco-efficiency Analysis of the Production of Polyethylene Pipe through Reduction Scrap in the HDPE

Young-Soo Moon[†] · Bok-Jae Park* · Yong-Bae Ko**

[†] Yeosu Business Incubator, Chonnam National University

* Division of Business & Commerce, Chonnam National University

** MS Co., Ltd.

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the environmental and economic efficiency on the reduction scrap technology in producing Polyethylene Pipe for Drainage Pipe. In this study, life cycle assessment of environmental analysis has been made and life cycle costing has been used for economics Analysis, which altogether leads to the evaluation of eco-efficiency. For the system boundary in this study, the method of cradle-to-gate including all the manufacturing process from the acquisition of raw material to finished products has been used. This production method shows the environmental efficiency much improved especially in global warming and abiotic resource depletion compared with the existing production method of polyethylene pipe. And economic efficiency is also outstanding. Conclusively, from the perspective of the environmental economics, the reduction scrap technology for recycling polyethylene pipe can be a sustainable alternative.

Keywords : HDPE, LCA, Recycle PE, Eco-efficiency, Polyethylene Pipe

1. 서론

폴리에틸렌관(Polyethylene Pipe : PE)은 물이나 유체가 이동하는 관으로 가격적인 이점과 더불어 가혹한 외부 환경 조건에 부식 저

항성이 크고, 설치의 용이성, 경제성, 내환경성의 장점을 지니고 있어 플라스틱 파이프에 가장 보편적으로 사용된다. PE는 LDPE, HDP E, LLDPE, EVA로 나뉘지며, 상/하수도관으로 사용되는 것은 경질 폴리에틸렌으로 불리

[†]Corresponding author E-mail: yosubi@jnu.ac.kr

우는 고밀도폴리에틸렌관(High-density polyethylene : HDPE)으로 가공성, 충격강도, 내환경용력 균열성 등이 우수한 특징이 있다. 이러한 HDPE관은 이중벽관, 삼중벽관 등으로 제조되어, 금속관을 대체하여 대형의 상/하수도관 및 가스관, 그리고 소형의 정수기용 플라스틱 관까지 광범위하게 사용되고 있다.

그러나 HDPE관의 생산과정에서 스타팅 로스 스크랩¹⁾, 공정 트러블 로스 스크랩²⁾, 공정 교체 및 엔딩 로스 스크랩³⁾ 등 다양한 과정에서 폐스크랩이 발생된다. 스크랩은 1 ton 생산시 약 30 kg이 발생하게 되는데, 대부분의 스크랩은 플라스틱 재생업체를 통해 재생 원료로 가공, 처리되고 있다. 그러나 플라스틱 재생업체를 통해 재 가공된 원료를 사용해 생산한 HDPE관은 KS규격이나 관급에서 요구하는 품질에 미치지 못한 단점이 있다. 이는 재생업체에서 PE, PP, PVC 스크랩 등을 분리하는 과정에서 일부 다른 성분의 플라스틱이 혼입되어 발생하는 것으로 추정된다. 이로 인해 재생원료를 사용한 HDPE관의 경우 관급이 아닌 민수시장에서 낮은 가격으로 판매가 이루어진다. 따라서 폐스크랩은 생산현장에서 즉시 재활용되어야 최적의 품질을 갖출 수 있으며, 이를 통해 재활용 비용절감과 품질을 담보할 수 있다.

현재 이러한 HDPE 자체 재활용 기술에 대한 환경적·경제적 효과의 정확한 평가가 이루어지지 않은 상태이다. 이에 따라 재활용 기술에 대한 정량적 효과를 평가하고 타당성을 부여하는데 어려움이 있었다.

따라서 본 연구에서는 환경성 평가 기법인 환경 전과정평가(Life Cycle Assessment : LCA)와 전과정의 비용 발생 인자를 고려하여 경제성을 평가하는 기법인 전과정 비용평가(Life Cycle Costing : LCC)를 활용하여 HDPE 스크랩 자체 재활용 기술을 평가하였다. 평가 대상 기술은 HDPE 스크랩의 폐기처리와 외부 위탁 재생, 공정내 자체 재활용으로 구분하여 환경적·경제적 효율성을 도출

하였다. 이를 통해 개발된 기술과 기존 기술에 대한 환경성과 경제성에 대한 비교 평가를 수행하였다.

2. 연구 내용

2.1. 시스템 경계 설정

본 연구의 대상은 HDPE 스크랩 재활용 공정을 적용하여 폴리에틸렌관을 생산하는 공정과 스크랩이 발생된 이후 스크랩 폐기 공정, 외부 위탁 재활용 공정, 생산 공정내 재활용 공정으로 나누어 각기 시스템 경계를 설정하였다.

- 전과정단계 : 대상제품의 원료물질 채취 및 제품제조단계(Cradle-to-Gate)
- 스크랩 처리 공정
 - 폐기 처리
 - 외부 위탁 재활용
 - 공정 내 재활용

2.2. 데이터 수집 및 계산

환경성과 경제성 평가를 위해서는 기능, 기능단위 및 기준흐름의 설정이 필요하다. 본 연구에서 환경성과 경제성 평가를 위하여 설정한 기능, 기능단위 및 기준흐름은 아래와 같다.

- 기능 : 수돗물과 하수 이송에 사용되는 HDPE관
- 기능단위 : HDPE를 사용하여 직경 300 mm의 관 생산
- 기준흐름 : HDPE를 이용하여 생산된 폴리에틸렌관 1 kg

본 연구에서는 대상 시스템의 환경성과 경제성을 평가하여 eco-efficiency 분석에 활용하기 위해 실제 공정의 데이터를 수집하였다. 데이터 수집을 위한 시간적·공간적 범위는 2013년 대한민국을 기준으로 하였으며, 현재 개발 완

료된 대상기술의 기술적 범위를 고려하였다.

2.3. 환경성 평가

본 연구에서는 환경성 평가는 환경 LCA 방법론을 적용하였다. LCA 방법론에 대한 국제 표준인 ISO14044⁴⁾에서 제시하는 절차에 따라 연구를 진행하였다. 이를 통해 eco-efficiency 도출에 활용할 환경성 인자 도출을 수행하였다.

2.3.1. 목적 및 범위 정의

본 연구의 환경성 평가 수행 목적 eco-efficiency 도출에 환경성 인자로서 활용에 있다. 연구 범위의 시스템 경계와 기능, 기능단위 및 기준흐름 설정의 내용은 시스템 경계 설정과 데이터 수집 및 계산에서 설정한 것과 같다.

2.3.2. 전과정 목록분석

전과정 목록 분석은 목적 및 범위 정의에

따라 대상시스템과 관련된 투입물과 산출물에 대한 데이터를 물질 수지나 에너지 수지, 할당 등을 적용하여 정량화 하고 이를 분석하는 단계이다.

기준흐름인 300 mm HDPE 직관 1 kg을 기준으로 수집 및 계산된 데이터를 환경부에서 개발한 LCA 소프트웨어 TOTAL ver4.1.5에 입력하여 전과정 목록분석을 실시하였다. 데이터 입력화면은 그림 1과 같다.

그리고 전과정 목록분석을 HDPE관 1 kg 기준의 목록 테이블을 도출하였다. 목록분석의 결과 중 중요 항목 일부를 표 1에 나타내었다.

2.3.3. 전과정 영향평가

환경성 평가는 수집된 데이터를 바탕으로, 영향평가 방법론을 적용하여 수행된다. 본 연구에서는 대상 공정의 환경성 평가를 수행하기 위해, 우리나라의 환경성적표지의 특성화 인자를 모두 적용하였다.

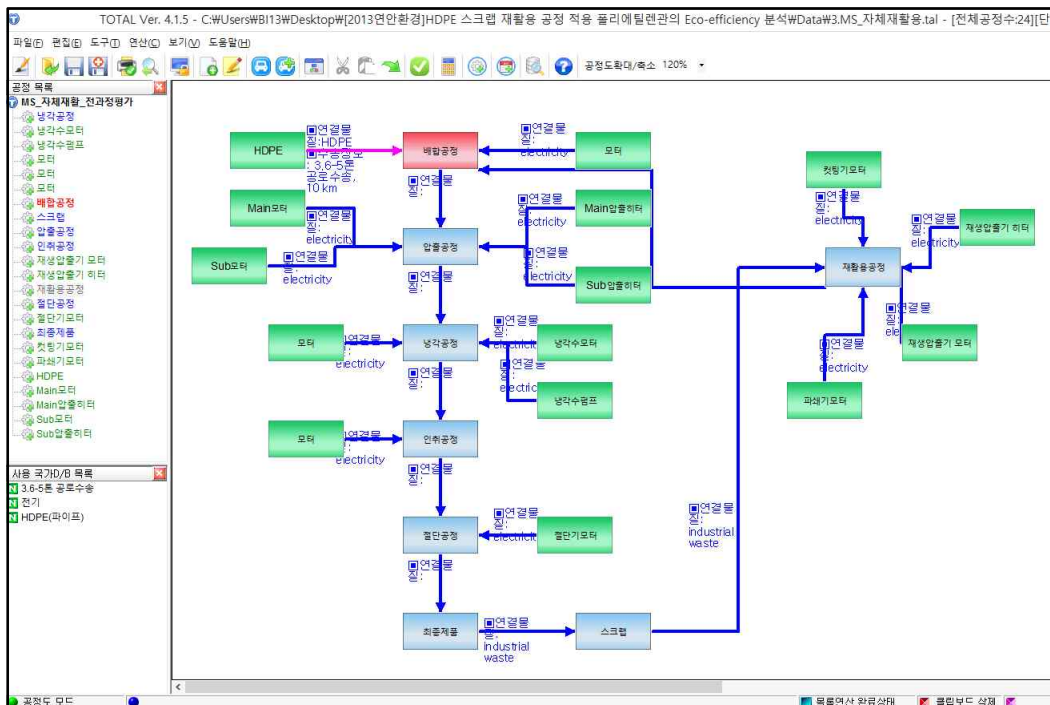


그림 1. Total 소프트웨어 HDPE관 데이터 입력에 따른 공정도(자체 재활용 공정).

2.3.4. 전과정 해석

본 연구에서 환경성 평가의 전과정 해석은 연구 결과의 분석 내용과 eco-efficiency 분석 내용으로 대체된다.

2.4. 경제성 평가

경제성 평가를 위한 방법론으로 전과정 비용분석을 활용하였다. 그러나 전과정 비용분석은 표준화된 방법론이 제시되어 있지 않은

표 1. 폴리에틸렌관 전과정 목록분석 결과 일부(300 mm HDPE직관 1 kg 기준)

방향	데이터범주	전과정목록		
		물질명	단위	양
투입물	자원	water(unspecified)	kg	1.51E+01
투입물	자원	crude oil	kg	1.26E+00
투입물	자원	air	kg	7.63E-01
투입물	자원	hard coal	kg	4.82E-01
투입물	자원	natural gas	kg	1.31E-01
투입물	자원	sodium chloride(NaCl)	kg	9.22E-04
투입물	자원	aluminium(Al)	kg	4.87E-04
투입물	자원	baryte(BaSO ₄)	kg	1.43E-04
투입물	원/부자재	ancillary material(unspecified)	kg	4.53E-01
투입물	원/부자재	sodium hydroxide(NaOH,50%)	kg	1.11E-05
투입물	원/부자재	hydrogen chloride(HCl)	kg	9.75E-06
투입물	원/부자재	sodium carbonate(Na ₂ CO ₃)	kg	1.97E-06
투입물	원/부자재	raffinate	kg	1.92E-06
투입물	원/부자재	hydrogen chloride(HCl,35%)	kg	1.35E-06
투입물	에너지	energy(unspecified)	kg	6.22E-03
산출물	폐기물	industrial waste	kg	8.36E-01
산출물	폐기물	hazardous waste	kg	3.76E-02
산출물	토양배출물	dust	kg	2.11E-06
산출물	토양배출물	calcium(Ca)	kg	6.26E-09
산출물	토양배출물	carbon(C)	kg	4.70E-09
산출물	토양배출물	iron(Fe)	kg	3.13E-09
산출물	토양배출물	aluminium(Al)	kg	1.57E-09
산출물	수계배출물	water emission(unspecified)	kg	1.88E+00
산출물	수계배출물	water(unspecified)	kg	3.70E-01
산출물	수계배출물	dissolved solids	kg	8.66E-03
산출물	수계배출물	chloride(Cl ⁻)	kg	4.28E-03
산출물	수계배출물	ammonia(NH ₃)	kg	2.03E-03
산출물	수계배출물	sulfate(SO ₄ ²⁻)	kg	8.11E-04
산출물	수계배출물	sodium(Na)	kg	1.81E-04
산출물	수계배출물	suspended solid(SS)	kg	1.51E-04
산출물	대기배출물	carbon dioxide(CO ₂)	kg	2.74E+00
산출물	대기배출물	air emission(unspecified)	kg	1.59E+00
산출물	대기배출물	carbon monoxide(CO)	kg	7.38E-02
산출물	대기배출물	off-gas	kg	1.31E-02
산출물	대기배출물	exhaust	kg	6.39E-03
산출물	대기배출물	nitrogen oxides(NOx)	kg	5.10E-03
산출물	대기배출물	sulfur oxides(SOx)	kg	4.95E-03
산출물	대기배출물	hydrocarbons	kg	2.82E-03
산출물	대기배출물	methane	kg	1.22E-03

상태이다. 이에 따라 전과정평가에 대한 지침인 ISO 14044의 내용을 일부 차용하여 수행하였다.

2.4.1. 목적 및 범위정의, 데이터 수집 및 계산

경제성 평가의 목적 및 범위 정의와 데이터 수집 및 계산은 앞서 환경성 평가에서의 내용과 동일하게 수행되었다. 이는 연구 수행상의 범위를 통일함으로써 전체 연구의 일관성을 유지하기 위한 것이다.

2.4.2. 전과정 비용평가

대상 시스템의 전과정 비용을 아래 식 (1)과 같이 정의하였다.

전과정 비용 (1)

$$= \text{원료취득 비용} + \text{생산 비용} \\ + \text{폐기 비용} + \text{재활용 처리 비용}$$

- 원료취득 비용 : 원료 구입 및 처리 비용
- 생산 비용 : 제품 생산 공정 소요 비용
- 폐기 비용 : 공정에서 발생하는 스크랩의 폐기 처리 비용
- 재활용 처리 비용 : 스크랩의 재활용 처리 비용

원료취득 비용은 원료의 구입비이며, 가공 및 생산 비용은 모든 보조물질, 에너지 등과 관련된 비용이 고려되며, 폐기 비용은 폐스크랩의 폐기물의 처리 비용, 재활용 처리 비용은 외부 위탁 재활용할 경우 비용과 자체 재활용할 경우를 각각 구분하여 비용을 산정하였다.

2.5. Eco-efficiency 평가

Eco-efficiency는 아래 식 (2)과 같이 환경영향과 창출된 제품의 경제적 가치의 상대적인 비율로 정의된다.

$$\text{에코효율성}(Eco-efficiency) \quad (2) \\ = \frac{\text{창출된 제품의 경제적 가치}}{\text{환경영향}}$$

본 연구에서는 대상 공정의 환경·경제적 효율성을 정량화하여 eco-efficiency를 도출하였다. 환경·경제적 효율성을 도출하기 위하여, 기존의 스크랩을 폐기와, 외부 위탁 재활용, 자체 공정내 재활용에 대한 환경영향과 경제성을 각기 평가하여 environmental-efficiency와 economic-efficiency를 평가하였다.

본 연구에서는 environmental-efficiency를 도출하기 위하여, 국가 LCI 데이터베이스의

표 2. 각 스크랩 처리 방법을 포함한 폴리에틸렌관 1kg 생산 환경영향평가 결과(Grave-to-gate)

환경영향범주	원료물질채취 및 제품제조단계		
	스크랩 폐기	외부재활용	자체재활용
자원소모 [g antimony eq./[HDPE1 kg]	4.04E+01	3.43E+01	3.42E+01
지구온난화 [g CO ₂ eq./[HDPE1 kg]	3.23E+03	2.89E+03	2.88E+03
오존층영향 [g CFC11 eq./[HDPE1 kg]	3.81E-05	3.30E-05	3.02E-05
산성화 [g SO ₂ eq./[HDPE1 kg]	8.80E+00	7.68E+00	7.53E+00
부영양화 [g PO ₄ ³⁻ eq./[HDPE1 kg]	1.64E+00	1.43E+00	1.41E+00
광화학적산화물생성 [g C ₂ H ₄ eq./[HDPE1 kg]	3.78E+00	3.28E+00	3.25E+00

환경영향을 평가하였다. 그리고 economic-efficiency의 도출을 위해, 생산된 제품의 판매가격을 이용하였다.

3. 연구 결과

3.1. 환경성 평가 결과

환경성 평가는 환경부의 환경성적표지제도에서 적용하고 있는 자원소모(ADP), 지구온난화(혹은 탄소성적, GWP), 오존층영향(ODP), 산성화(AP), 부영양화(EP), 광화학적산화물생성(POCP) 6개의 영향범주를 적용하였다. 수집 및 계산된 데이터를 적용하여 도출한 환경영향은 표 2와 같다. 환경영향은 폴리에틸렌판 300 mm, 1 kg 생산을 기준으로 계산된 값이다.

6개 영향범주 모두 스크랩 폐기 > 외부재활용 > 자체재활용으로 환경영향이 큰 것으로 나타났다.

자원소모에 대한 영향은 그림 2와 같이 스크랩 폐기공정을 포함할 경우 $4.04\text{E}+01$ g antimony eq.이며, 외부 재활용의 경우 $3.43\text{E}+01$ g antimony eq.이고, 자체 공정 내 재활용할 경우 $3.42\text{E}+01$ g antimony eq.으로 나타났다.

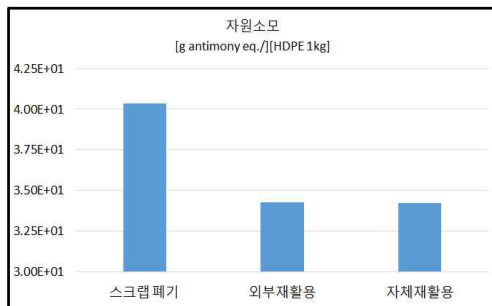


그림 2. 스크랩 처리별 자원소모 영향.

지구온난화에 대한 영향은 스크랩 폐기 공정을 포함할 경우 $3.23\text{E}+03$ g CO₂ eq.이며, 외부 위탁 재활용 공정의 경우 $2.89\text{E}+03$ g CO₂ eq.로 나타났고, 자체 재활용을 할 경우

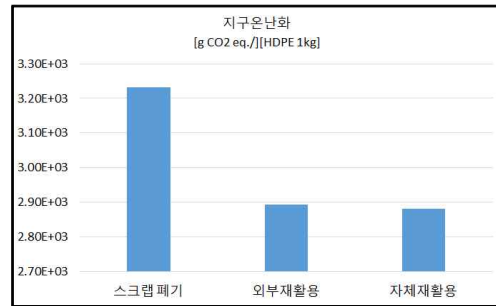


그림 3. 스크랩 처리별 지구온난화 영향.

에는 $2.88\text{E}+03$ g CO₂ eq.로 나타났다.

오존층에 대한 영향은 스크랩 폐기 공정을 포함할 경우 $3.81\text{E}-05$ g CFC11 eq.이며, 외부 위탁 재활용 공정의 경우 $3.30\text{E}-05$ g CFC11 eq.이고, 자체 재활용 공정의 경우 $3.02\text{E}-05$ g CFC11 eq.로 계산되었다. 오존층에 대한 영향은 3가지 스크랩 처리 공정적용 모두 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

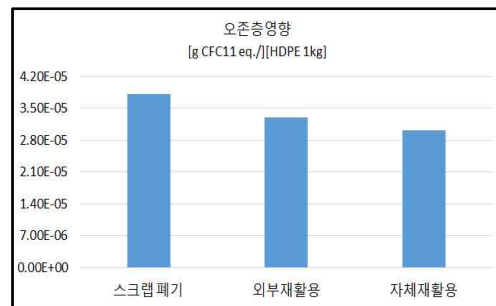


그림 4. 스크랩 처리별 오존층 영향.

산성화에 대한 영향은 스크랩의 처리 방법별로 폐기가 $8.80\text{E}+00$ g SO₂ eq., 외부재활용이 $7.68\text{E}+00$ g SO₂ eq., 자체 재활용 공정 적용이 $7.53\text{E}+00$ g SO₂ eq.로 나타났다.

부영양화에 대한 영향은 폐기 처리시 $1.64\text{E}+00$ g PO₄³⁻ eq., 외부 재활용 공정을 적용할 경우에는 $1.43\text{E}+00$ g PO₄³⁻ eq., 자체 재활용 처리의 경우에는 $1.41\text{E}+00$ g PO₄³⁻ eq.로 나타났다.

광화학적산화물 생성에 대한 영향은 스크랩의 폐기시 $3.78\text{E}+00$ g C₂H₄ eq., 외부 재활

용을 할 경우 $3.28\text{E}+00 \text{ g C}_2\text{H}_4 \text{ eq.}$, 자체 재활용의 경우 $3.25\text{E}+00 \text{ g C}_2\text{H}_4 \text{ eq.}$ 로 계산되었다.

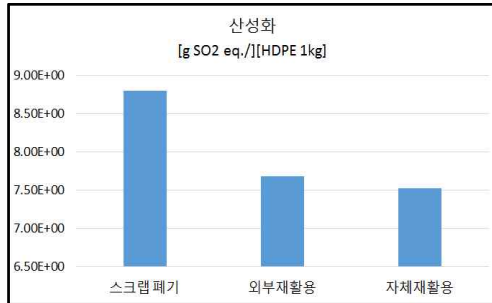


그림 5. 스크랩 처리별 산성화 영향.

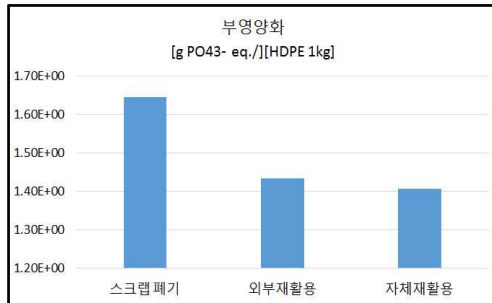


그림 6. 스크랩 처리별 부영양화 영향.

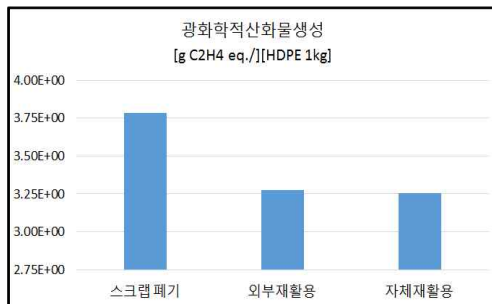


그림 7. 스크랩 처리별 광화학적산화물 생성 영향.

3.2. 경제성 평가 결과

본 연구에서 정의한 전과정 비용은 원료취득 비용, 생산비용, 폐기 비용, 재활용 처리비용 등으로 해당 항목에 대한 값을 현장 데이터를 이용하여 수집, 계산하였다. 이러한 방법

을 통해 도출된 각 공정 적용 항목별 비용은 표 3이며, 이를 통해 판매된 제품의 1 kg당 경제적 가치는 표 4와 같다

표 3. 전과정 비용(Grave-to-gate)

스크랩 처리 공정	폐기	외부위탁 재활용	자체 공정 재활용
1kg 생산비 (단위 : 원)	1,963	1,670	1,603

표 4. 제품 경제적 가치

스크랩 처리 공정	폐기	외부위탁 재활용	자체 공정 재활용
1kg당 가치 (단위 : 원)	687	980	1,047

3.3. Eco-efficiency 분석 결과

표 5는 스크랩 처리 공정별 경제성을 반영한 환경영향 개선 효과를 정리한 것이다.

도출된 결과에 따르면, 폐기 처리보다 자체 재활용의 경우 자원소모에 대한 eco-efficiency는 79.83%이며, 지구온난화에 대한 eco-efficiency는 70.99%이고, 오존층 영향은 92.00%, 산성화는 78.22%, 부영양화는 78.20%, 광화학적산화물생성은 77.18%의 결과를 보였다.

그리고 현재 대부분의 HDPE관 생산기업이 하고 있는 외부 위탁 재활용 대비 자체 재활용의 경우 eco-efficiency는 자원소모 7.06%, 지구온난화 7.23%, 오존층영향 16.84%, 산성화 8.97%, 부영양화 8.93%, 광화학적산화물생성 7.59%의 효율을 보였다.

이러한 대상 공정의 eco-efficiency는 환경성적표지 영향범주 모두에서 개선 효과를 보였다. 따라서, 본 연구의 대상 공정인 페스크랩 자체 재활용 공정 적용은 기존의 폐기는 물론 외부 위탁 재활용과 비교하여 훨씬 높은 지속가능한 대안이라고 할 수 있다. 또한, 향후 공정의 최적화 등을 통해 환경성, 경제성측면의 eco-efficiency는 더욱 개선될 수

표 5. 공정별 경제성 반영 환경영향 개선 효과 (단위 : %)

환경영향범주	폐기 대비 외부 재활용 개선 효율	폐기 대비 자체 재활용 개선 효율	외부 재활용 대비 자체 재활용 개선효율
자원소모	67.97	79.83	7.06
지구온난화	59.47	70.99	7.23
오존층영향	64.32	92.00	16.84
산성화	63.56	78.22	8.97
부영양화	63.60	78.20	8.93
광화학적산화물생성	64.68	77.18	7.59

있을 것으로 예측된다.

4. 결 론

본 연구에서는 HDPE관 생산의 폐스크랩 재활용 기술에 대하여 기존 폐기 처리부터 외부 위탁 재활용, 자체 공정내 재활용을 실제 데이터를 기반으로 환경성, 경제성을 평가하고 이 결과를 통해 eco-efficiency를 분석하였다.

HDPE관 1 kg 생산을 기준으로 자체 재활용 공정에 대한 환경성을 평가한 결과, 자원소모에 대해 $3.42\text{E}+01$ g antimony eq.의 영향이 발생하는 것으로 분석되었으며, 지구온난화는 $2.88\text{E}+03$ g CO_2 eq.가 오존층영향은 $3.02\text{E}-05$ g CFC11 eq., 산성화는 $7.53\text{E}+00$ g SO_2 eq., 부영양화는 $1.41\text{E}+00$ g PO_4^{3-} eq. 광화학적산화물생성은 $3.25\text{E}+00$ g C_2H_4 eq.의 영향이 조사되었다. 이는 기존의 폐기 처리는 물론 외부 위탁 재활용에 비해 환경성이 높은 결과이다.

또한 비용적 측면에서도 기존 폐기처리시 1 kg당 생산비가 1,963원이었으나, 외부위탁 재활용시 1,670원, 자체 재활용시에는 1,603원으로 절감되었다. 이로 인해 kg당 경제적 가치는 폐기시 687원에서 외부 위탁 재활용의 경우 980원, 자체 공정 재활용일 경우에는 1,047원으로 경제적 가치가 높아졌다. 특히 대부분의 제조기업이 외부 위탁 재활용하고 있는 현실

에서 제품의 경제적 가치가 약 7% 가량 개선된 것은 큰 의미가 있다고 할 수 있다.

이러한 환경적·경제적 측면의 개선은 재자원료를 사용함에 있어 품질관리와 함께 저감된 원료물질 사용량 및 외부 비용 절감에 의한 것으로 볼 수 있다.

이러한 환경성·경제성 평가 결과를 바탕으로 기존의 기술 대비 자체 재활용 공정 기술은 6가지 영향범주에서 모두 지속가능한 기술로 평가되었다. 하지만 본 연구를 통해 도출된 결과는 현재 본격적인 상용단계의 기술은 아니므로 공정의 최적화를 통해 투입물/산출물의 종류 및 양이 변동될 수 있어 확정된 환경성/경제성 평가라고 볼 수 없다.

하지만 기술에 대한 개발이 완료단계에 있다는 점과 지속적인 공정 개선을 시도하고 있다는 점에서 향후 eco-efficiency의 향상을 기대할 수 있다.

주 석

- 1) 스타팅 로스 스크랩 : 파이프 제조 운전시 초기에 발생하는 로스 스크랩으로서 파이프의 압출과정 공정 특성상 가동 초기에는 비균일화된 파이프 로스가 항상 발생된다. 이 공정에서 발생하는 스크랩이 전체 로스 스크랩의 70% 이상을 차지한다.
- 2) 공정 트러블 로스 스크랩 : 파이프의 압출 및 성형과정에서 균일하게 제품 성형이 이

루어져야 하나, 진공불량 및 운전 부주의 등으로 인한 공정 트러블로 발생하는 스크랩이다. 엄격한 공정관리를 통해 로스를 줄일 수 있으나, 기계의 과부하 및 조작 트러블 등으로 인해 발생하는 경향이 있다.

- 3) 공정 교체 및 엔딩 로스 스크랩 : 파이프 제조의 마무리 부분에서 발생하는 스크랩으로 최종 제품화 되지 못한 파이프 스크랩이다. HDPE 제조 공정은 단일 품목이 아닌 형태 및 크기 등에 따라 약 50가지 제품으로 나뉘어 지는데, 다양한 제품을 생산하기 위해 공정 라인을 교체할 경우 발생한다. 또한 압출의 공급통로에서 필수적으로 발생하는 잔여 스크랩도 여기에 포함된다.
- 4) KS I ISO 14044:2011 환경경영-전과정평가-요구사항 및 지침, 기술표준원

목록분석에서의 KS I ISO 14044 활용보기.

References

1. 김정인(2011), 환경전과정평가 기법을 이용한 Eco-Energy 녹색산업 공정의 온실가스 배출권 확대 및 C-trade를 통한 녹색산업 기술개발, 환경부.
2. 오길중, 박찬혁, 김규연, 정재춘(2003), 폐플라스틱 재활용방법의 환경성 비교에 관한 연구, 폐기물자원화, 11(1), p. 77-83.
3. 환경부(2006), 2006 환경성과평가 가이드라인.
4. 기술표준원(2011), KS I ISO 14044:2011 환경경영-전과정평가-요구사항 및 지침.
5. 기술표준원(2011), KS I ISO 14040:2011 환경경영-전과정평가-원칙 및 기본구조.
6. 기술표준원(2010), KS I ISO 14047:2010 환경경영-전과정영향평가-KS I ISO14044 활용사례.
7. 기술표준원(2010), KS I ISO 14049:2010 환경경영-전과정평가-목적 및 범위설정과

