

폴리에틸렌 & PET 음료용기에 대한 전과정 평가 기법(LCA)의 응용 연구

김창열, 박선원

한국과학기술원 화학공학과

Application of LCA on Polyethylene & PET Beverage Containers

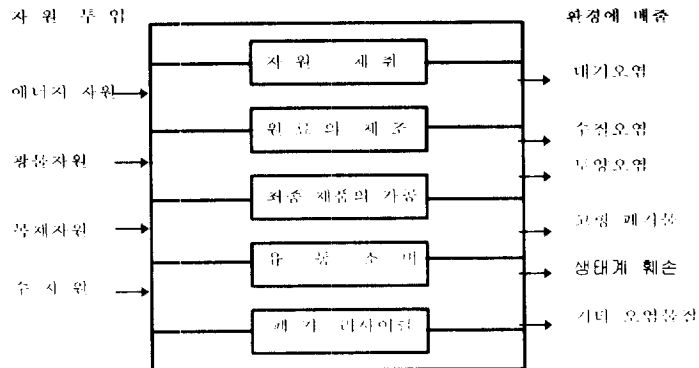
Chang-Ryol Kim and Sunwon Park

Dept. of Chem. Eng., KAIST

1. 서론

환경문제의 해결은 오염문제가 발생했을 때 처리하는 과거의 대책만으로는 한계가 있고, 환경오염 문제가 생기지 않도록 하는 예방적인 노력이 필요하다. 또한 최근에 일어나고 있는 다양한 환경문제에 적절히 대응하고 바람직한 환경정책결정과 대안을 제시하기 위해서는 좀 더 체계적이고 과학적인 환경관리가 필요하다. 이러한 분위기를 바탕으로 새롭게 부각되고 있는 환경관리기법 (Environmental Management Tool)의 하나가 바로 전과정 평가(LCA: Life Cycle Assessment)이다.

LCA는 제품, 재료, 공정 및 각종 경제산업 서비스활동, 정책 결정들이 에너지 자원소비 및 환경에 미치는 각종 부하를 전 과정(원료 채취-생산-유통-사용-리사이클- 폐기)에 걸쳐 가능한한 정량적으로 분석 평가하여 현재 인류가 직면하고 있는 자원의 고갈 및 생태계 파괴현상, 지구환경문제 등을 근본적으로 해결하기 위한 각종 개선방안을 모색하는 기술적 체계적 과정이라고 정의할 수 있다. 개념적으로는 설계와 개선방법의 선택을 가르쳐주는 사고 과정이며, 방법론적으로는 환경부하 혹은 배출에 관한 질적 양적 자료 목록을 작성 평가하여 환경성과를 개선시키기 위한 대안을 검토하는 과정이다. Figure 1에 LCA의 간략한 체계도를 나타내었다.



자료 : SETAC & SETAC Foundation, A Technical Framework for Life-cycle Assessment (1991.1)

Figure 1 LCA 의 체계도

LCA는 Figure 2와 같이 4부분 - 목적 및 범위의 설정(Goal Definition & Scope), 목록분석(Inventory Analysis), 영향평가(Impact Assessment), 개선평가(Improvement Assessment)로 구성되어 있다.

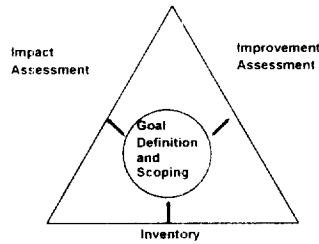


Figure 2. Life-cycle assessment technical framework

2. 플라스틱 음료용기에 대한 LCA

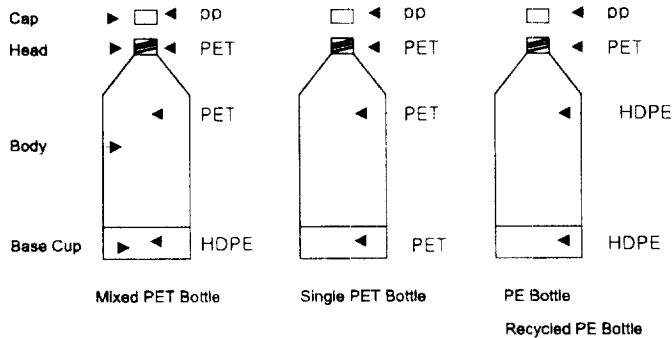
본 연구는 전과정 평가 및 플라스틱 음료용기의 대한 생산, 폐기량, 재활용량 등에 대한 조사를 수행했고, 3종류의 플라스틱 음료용기에 대해 전과정 평가를 수행하였다. 본 연구의 자료는 APME(Association of Plastics Manufactures in Europe)에 의해 수행되어진 자료와 Simapro3.0 과 PEMS 자료를 인용하였다[6, 7, 8, 9].

2-1. 대상

혼합형 PET 음료 용기와 단일형 PET 음료 용기에 대해 전과정 평가를 수행하고, 이들의 환경성을 비교하였다. PE 음료 용기에 대해 전과정 평가를 수행하고 재활용율에 따른 환경성을 분석하였다.

대상은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

- ① 혼합형 폴리에틸렌 테레프탈레이트 음료 용기 : 폴리 프로필렌 꼭지, 폴리에틸렌 테레프탈레이트 몸체, 그리고 고밀도 폴리에틸렌 바닥(PET Body, HDPE Bottom-cup)
- ② 단일형 폴리에틸렌 테레프탈레이트 음료 용기 : 폴리 프로필렌 꼭지, 폴리에틸렌 테레프탈레이트 몸체 및 바닥(PET Body, PET Bottom-cup)
- ③ 폴리에틸렌 음료 용기 : 폴리 프로필렌 꼭지, 폴리에틸렌 몸체 및 바닥(PET Body, PE Bottom-cup)



2-2. 범위

분석 대상이 되는 플라스틱 음료 용기는 그림과 같다.

구분 \ 대상	PET	고밀도 폴리에틸렌	폴리프로필렌
시간적 범위	제품 수명		
공간적 범위	KOREA		

2-3. 시스템 설정

시스템 경계 : 원료 채취
 사용/재사용/유지 관리
 재활용/처분

2-4. 기능 단위

혼합 PET :

(PP Cap 10.00 g
 + PET Head 11.67 g
 + PET Body 38.58 g
 + HDPE Base Cup 15.01 g) × 1000

단일 PET :

(PP Cap 10.00 g
 + PET Head 14.41 g
 + PET Body 47.86 g
 + PET Base Cup 6.08 g) × 1000

재활용 bottle:

(PP Cap 10.00 g
 + HDPE Body 50.00 g) × 1000

버진(virgin) bottle :

(PP Cap 10.00 g
 + PET Body 50.00 g) × 1000

3. 결론

세 종류의 음료용기에 대하여 원자재 획득, 원료 제조, 음료용기 제조, 음료수 채움(Bottle Filling), 사용, 재활용, 그리고 폐기물 관리의 전과정에 대해 에너지 소비량 및 환경오염 물질 배출량을 평가하는 전과정 평가가 수행되었다.

혼합형 및 단일형 PET 음료용기에 대하여는 전과정 평가에 의해 상호간의 환경성을 비교하였으며, PE 음료 용기의 경우에는 재활용에 따른 환경성 변화를 추정하였다.

3-1. PET 음료 용기의 전과정 평가 결과

- 혼합 PET 음료 용기와 단일 PET 음료 용기의 전과정 평가 결과 전체적으로 에너지의 소비량은 혼합 PET가 근소하나마 적었고, 전체적인 오염 물질의 배출량도 혼합 PET가 적었다.

이는 같은 용량인 경우, 단일 PET 병의 중량이 크기 때문에 플라스틱의 제조 과정과 폐기 과정에서 그만큼 자원의 소비량이 많기 때문이다.

- 총 에너지(Total extracted energy)와 프로세스 에너지는 근소한 차이로 혼합 PET가 적게 소비하고 있다. 이는 혼합 PET는 같은 용량을 담을 수 있는 단일 PET보다 무게 중량이 더 적기 때문이다.

- PET 음료 용기의 경우, 재활용을 고려하지 않거나 재활용율이 미미할 경우 플라스틱을 많이 사용할 때 자원 및 에너지가 소비량과 환경 부하가 증가한다.

- 전과정 단계별 에너지 소비량을 보면, 혼합 PET 음료 용기와 단일 PET 음료 용기 모두 PET 재료 제조 단계에서 많은 에너지 소비가 이루어 졌고, 음료 용기를 제조하는 과정에서 다음으로 많은 에너지가 소비되었다.

- 폐 PET 음료 용기를 소각하는 경우에는 에너지 회수가 발생하므로 오히려 에너지 소비량에 마이너스(-)의 효과를 가져온다. 즉, 에너지 절감 차원에서는 소각 비율이 증가할수록 에너지 절감에 기여한다.

3-2. PE 음료 용기의 전과정 평가 결과

- PE의 경우 전체적으로는 재활용 PE가 더 환경에 친화적인 것으로 나타났다. 재활용 PE의 경우 폐수 발생량을 제외한 모든 환경오염 물질의 배출량이 재활용하지 않는 PE보다 적었다.

- 재활용 PE 음료용기와 재활용하지 않는 PE 음료용기 모두 가장 많은 에너지를 소비하는 단계는 PE 재료 제조 공정이며, 그 다음으로는 PE 음료용기 제조공정이다.

- 재활용율에 따른 환경 영향을 분석한 결과, 만일 재활용하는 데 필요한 에너지가 회수율에 따라 0%에서 100%로 선형적으로 변화한다면, 재활용율이 100%일 때, 에너지 소비량이 가장 적었다. 회수 전처리 (Waste management) 에너지가 현실을 고려하여, 재활용율이 비선형적으로 증가한다면, 재활용율 63%일 때 전체적인 에너지 소비량이 가장 적은 것으로 나타났다.

<Acknowledgement>

포항공대 지능 자동화센터를 통한 한국과학재단의 부분적 재정지원에 감사드립니다.

4. 참고 문헌

1. Boustead, I and Fawer, M.: " Eco-profiles of the European plastics industry " ,1994
2. SETAC & SETAC Foundation, " A Technical Framework for Life-cycle Assessment " , 1991
3. Azapagic, A. and Clift, R.: Computers chem. Engng Vol. 19, Suppl., ppS229-S234, 1995
4. 김 선희: " LCA 개론 ", 전과정 평가(LCA)의 이론과 실제, 한국과학기술원 산학협동공개강좌, 1995
5. 허탁, 안중우, 정재춘: " 전과정 평가의 기본원리 ", 한국경영자 총협회, 1995
6. Ian Boustead, Eco-profiles of the European plastics industry REPORT 2: OLEFIN FEEDSTOCK SOURCES, PWMI, Brussels, May, 1993
7. Ian Boustead, Eco-profiles of the European plastics industry REPORT 3: POLYETHYLENE and POLYPROPYLENE, May, 1993
8. "PEMS LCA Computer Model Demo Version User manual", Pira International, 1995. 8.
9. "SimaPro 3.0 Analyst", PR Consultants, 1994.
10. 국내 폐플라스틱 발생 현황 및 그 처리동향, PLSATIC SCIENE, 11, 1993
11. 음료용기의 역할과 환경영향 및 관리대책에 관한 공개토론회, 숭실대학교 폐기물 자원화 연구센터, 한국 식품공업 협회, 1995. 5.