



플라스틱 포장용기 LCA 연구

Study on LCA of Plastic Containers

(사)한국폐기물학회 자료제공

제조와 폐기단계에서 유해한 물질의 발생, 그리고 유해용제의 처리 문제가 현장의 새로운 애로기술로 부각되면서 플라스틱 포장산업은 플라스틱 포장재에 대한 규제가 강화되는 어려움에 직면하고 있다.

(사)한국폐기물학회와 (사)한국플라스틱포장용기협회는 플라스틱 포장용기 LCA(Life Cycle Assessment) 기법을 이용하여 정량화된 평가를 수행하고, 기존에 수행됐던 지류 재질의 포장용기 LCA 수행 결과와 비교함으로써 플라스틱과 지류제품의 환경적 측면을 과학적으로 비교, 분석했다.

본 고에서는 플라스틱 포장용기 LCA 연구보고서의 일부를 발췌, 게재한다.

- 편집자 주 -

1. 국내·외 플라스틱 환경규제

1-1. 국내 플라스틱 포장산업 환경규제

우리나라의 플라스틱 포장산업과 관련한 규제는 “자원의절약과재활용촉진에관한법률”(이하 폐촉법이라 부름)에 의거하여 발생억제를 위해서 포장재질, 포장방법에 대한 규제, 합성수지 재질로 된 포장재에 대한 연차별 줄이기, 1회용품 사용억제, 폐기물 부담금, 생산자 책임 재활용 제도 등이 적용되고 있다.

1-1-1. 1회용품 사용규제 정책

1회용품 규제제도는 예방적 폐기물 관리정책으로 1회용품 대신 다회용품으로 대체 사용토록

함으로써 폐기물 발생 자체를 원천적으로 억제하고 1회용품 사용을 줄이는 양적 감량화 제도이다. 식품제조 및 가공업소, 즉석 판매제조 및 가공업소 등 생산 부문외에 백화점, 음식점, 목욕탕 등 유통·소비 분야에서의 감량화도 포함하며 장바구니 사용 등 지속 가능한 소비 패턴으로 전환을 유도함으로써 생산과 소비과정 모두에 적용되고, 환경친화적 대체품 개발 및 사용을 유도하는 청정생산 촉진정책이다.

1-1-2. 포장재질 규제 정책

PVC는 염소와 여러 물질이 첨가되어 제조과정에서 다이옥신, 장기 체류 오염물질 등이 공기, 토양으로 유출되고 매립시 독성첨가물이 유

출되고 소각시 다이옥신과 중금속을 배출하며 구성성분이 균일하지 않는 특성으로 인해 재활용이 어렵고, 재활용하더라도 질이 저하(down cycling)되며 고형연료화나 유화처리 시에도 염소성분으로 인하여 막대한 어려움이 예상되고 있다. 이에 따라 합성수지 폐기물의 원활한 재활용을 도모하기 위하여 PVC 재질 포장재의 사용 규제 수단을 도입하여 2001년 1월부터 PVC 수축포장재와 PVC를 접합 또는 코팅한 포장재의 사용을 금지했다.

2004년 1월부터는 계란, 메추리알, 튀김식품, 김밥류, 햄버거류, 샌드위치류를 포장하는 포장재에 대하여 폴리염화비닐(poly vinyl chloride, PVC) 재질 포장재의 사용을 금지하였다.

1-1-3. 포장공간비율 및 포장횟수 규제 정책

과대포장 사례를 방지하고자 제품의 포장공간 비율 및 포장횟수를 규제하는 정책은 1993년 8월부터 도입되었으며 1999년 2월에 과대포장으로 인정되는 제품에 대해 포장전문기관의 검사를 받도록 하는 '포장검사명령제'와 포장공간비율·재질·횟수를 표시하도록 권장하는 '포장표시 권장제'를 도입·운영하고 있다.

포장공간비율 및 포장횟수 규제는 과대포장을 억제하기 위하여 제품을 포장하는 경우 상자 안에 남은 공간(포장공간비율)을 일정 비율로 제한하고 여러 번 포장(포장횟수)하는 사례를 규제하는 제도로서, 2003년 4월 포장방법 규제대상 제품을 종전 6개 제품(식품류, 화장품류, 잡화류, 의약부외품, 의류, 종합제품) 21개 품목에서 7개 제품(세제류 추가) 23개 품목(방향제, 세제류 추가)으로 확대하고, 종전 포장공간비율을 준수하

는데 현실적으로 어려움이 있는 케이크류와 향수류에 대하여는 완화된 포장공간비율을 적용하도록 하였다.

1-1-4. 포장재 연차별 줄이기 정책

합성수지재질로 된 포장재의 연차별 줄이기는 합성수지로 된 포장재의 사용량을 줄이고 친환경적인 재질의 포장재로 대체하도록 연차별 기준을 부여하고 이를 이행해 나가는 제도로서, '가전제품포장용합성수지재질완충재감량화지침' 고시(95. 8) 및 '합성수지재질포장재의연차별감량화지침'을 고시(96. 7)에 의거 도입되었으며 2003년 4월 "제품의포장재질·포장방법에 관한기준등에관한규칙"을 전면 개정하여 그 동안의 문제점을 개선하였다.

합성수지재질로 된 포장재의 연차별 줄이기 대상제품을 계란난좌·팩, 사과·배 받침접시, 농·축·수산부류 받침접시, 면류 용기로 규정하고, 줄이기 방법을 재질대체와 사용량 감량으로 한정(재활용, 회수·소각 제외)하고, 줄이기 기준을 생산자책임 재활용제도와 연계하여 현실적인 수준으로 조정하여 연차별 줄이기 제도의 실효성이 증진되도록 하였다.

합성수지재질로 된 포장용 완충재를 줄이기 위하여 합성수지재질 포장용 완충재 연차별 줄이기 적용대상 제품을 대형위주에서 소형위주로 전환하고, 줄이기 방법을 재질대체 위주로 변경하였다.

종전에는 컴퓨터, 냉장고, 세탁기, 에어컨, TV, 전자레인지 등 6개 가전제품을 대상으로 용적 3만cm³ 이상인 제품을 대상으로 하였으나 동제품은 크기가 크고 무거워 골판지, 펄프몰드와 같은



[표 1] 합성수지재질 포장재 연차별 줄이기 기준

제품종류	대상 포장재	연차별 줄이기 기준		
		2003년~ 2004년	2005년~ 2006년	2007년~ 이후
가. 오수 분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률시행령 제14조의 규정에 의한 신고대상 닭사육시설에서 생산되는 계란	난좌	60% 이상	70% 이상	80% 이상
	팩	35% 이상	40% 이상	45% 이상
나. 농수산물 유통 및 가격안정에 관한 법률 제2조의 규정에 의한 농수산물 도매시장, 농수산물공판장, 민영농수산물도매시장, 농수산물종합유통센터를 통하여 거래되는 사과·배	발침접시	15% 이상	20% 이상	25% 이상
다. 매장면적 165㎡ 이상의 판매업소에서 판매되는 청과부류·축산부류·수산부류	발침접시	10% 이상	20% 이상	25% 이상
라. 식품위생법시행령 제7조의 규정에 의한 식품제조 가공업소에서 제조·가공하는 면류	용기	20% 이상	30% 이상	35% 이상

재질로의 대체가 이루어지지 않았던 문제점이 있어 대상제품을 소형·경량제품인 안전인증대상전기용품 중 전기기기류, 오디오·비디오 응용기기, 정보·사무기기로 전환하고 품목수도 81개 품목으로 확대하여 실질적으로 재질대체가 이루어지도록 하였다.

또한 그 동안 시행해 온 가전제품 포장완충재 감량화 목표는 94년도 합성수지재질 포장완충재 사용량을 기준으로 현재까지 감량된 비율을 기준으로 설정·운용해 오며 따라 94년도 이후 신설된 제조업체의 경우 기준 적용이 불가하고 그

동안 감량된 비율을 합산하여 적용하기 때문에 더 이상의 재질대체나 감량이 이루어지지 않는 문제점이 있어 왔기 때문에 줄이기 기준을 일정 규모 미만의 제품에 대하여는 연차별로 발포폴리스틸렌(EPS) 재질 이외의 재질을 사용하는 것으로 변경하였다.

아울러 전기용품을 제조·수입·판매하는 업체는 포장용적 10만㎤ 이하의 제품에 대하여 발포폴리스틸렌 재질외의 포장재를 사용하도록 노력해야 하는 것으로 규정, 자율적으로 재질대체를 하도록 하였다.

[표 2] 전기용품 포장용 완충재 연차별 줄이기 기준

제품의 종류	대상포장재	연차별 줄이기 기준		
		2004년·2005년	2006년·2007년	2008년 이후
전기용품안전관리법시행규칙 제3조의 규정에 안전인증대상전기용품중 전기기기류, 오디오·비디오 응용기기, 정보·사무기기	포장용완충재	포장용적 2만㎤ 이하의 제품은 발포폴리스틸렌 재질외의 포장용 완충재를 사용	포장용적 3만㎤ 이하의 제품은 발포폴리스틸렌 재질외의 포장용 완충재를 사용	포장용적 4만㎤ 이하의 제품은 발포폴리스틸렌

[표 3] 포장재 재활용 의무대상 업종 및 규모(폐촉법 시행령 별표 4)

업종	규모
1. 종이팩·유리병·금속캔·합성수지재질포장재를 사용하는 음료식품류, 세제류, 화장품류, 의약품류, 부탄가스제품, 살충살균제의 제조업 및 수입업	연간매출액 10억원 이상인 제조업자 및 연간수입액이 3억원 이상인 수입업자
2. 받침접시 등 합성수지재질의 포장재를 사용하는 농·축·수산물물의 판매업 및 수입업	연간매출액 10억원 이상인 판매업자 및 연간수입액이 3억원 이상인 수입업자
3. 폴리스틸렌페이퍼(PSP)·폴리에틸렌테레프탈레이트(PET)·폴리프로필렌(PP) 재질의 받침접시·용기 등 기타 포장재의 제조업 및 수입업	연간매출액 10억원 이상인 제조업자 및 연간수입액이 3억원 이상인 수입업자
4. 발포합성수지 재질의 완충재를 사용하는 전자제품의 제조업 및 수입업	연간매출액 10억원 이상인 제조업자 및 연간수입액이 3억원 이상인 수입업자
5. 발포합성수지(PSP 제외) 재질의 농축수산물 상자 제조업 및 수입업	연간매출액 10억원 이상인 제조업자 및 연간수입액이 3억원 이상인 수입업자

[표 4] 생활계 배출 폐플라스틱 중 EPR 대상 품목 및 비EPR 대상 품목

EPR 대상 품목	비EPR 대상 품목	
	고형연료화 가능	고형연료화 불가능
- 계란난좌 - 화장품용기(소형), 받침 - 과일트레이 - 생선트레이 - 과자케이스 - 어묵케이스 - 요구르트병 등 - 의약품케이스, 캡슐 - 컵라면 용기 - 장류(고추장, 된장) 용기 등 - 음료식품류, 화장품류, 의약품류, 농·수·축산물류 등의 용기 - 과자 봉지 등 포장용 필름	- 옷걸이 - 물컵 등 가정용품 - 문구류(크레파스 케이스 등) - 원구류 - 화분 및 받침대 - CD, 테이프 및 케이스 - 컴퓨터용 디스켓 - 일회용 봉투 - 변기커버 - 에어 캡 등	- 계산기 - 손전등 - 전자제품 - 열경화성 용기류 - PVC 파이프, 호스 - 가전제품 - 전선류 - 밥솥, 정수기 필터 - 카트리지 등

1-1-5. 생산자 책임 재활용 제도

생산자 책임 재활용제도(EPR, Extended Producer Responsibility)는 제품 생산자들에게 자신들이 시장에 판매한 제품이 폐기물로 발생

할 경우에 이를 생산자가 책임지고 수거하여 재활용하도록 한 폐기물 관리제도이다.

우리나라에서는 2003년부터 “자원의절약과재활용촉진에관한법률”에 근거하여 합성수지 재질



[표 5] 시행규칙 (별표 4) 제품·포장재별 재활용 방법 및 기준(제13조관련)

<p>6. 합성수지재질 포장재(제4호 및 제5호를 제외한다) 다음 각목의 1에 해당하는 방법으로 재활용하되, 라목 및 마목의 방법으로 재활용하는 양의 합계가 총 재활용량의 70% 이하일 것</p> <p>가. 페플라스틱을 사용한 재생원료 제조(단, 플러프, 플레이크는 세척품에 한한다)</p> <p>나. 페플라스틱을 사용한 성형제품 제조</p> <p>다. 유류 제조(폐기물관리법시행규칙 별표4 제6호의 규정에 의한 폐유를 정제연료유로 재활용하는 경우의 기준에 적합한 것이어야 한다)</p> <p>라. 페플라스틱을 사용한 고형연료제품 제조(환경부장관이 정하여 고시하는 기준과 방법에 적합하게 제조한 것에 한한다)</p> <p>마. 폐기물관리법시행규칙 제2조의2의 규정에 의한 에너지회수기준에 적합하게 재활용</p> <p>바. 재활용을 목적으로 한 수출</p>

포장재(용기류, 필름·시트형 포장재 및 트레이를 포함)에 대한 재활용을 촉진하고 있으며, 2004년부터는 대상품목을 필름류 포장재까지 확대하였다.

이에 따라 제품 및 포장재의 생산자들에게 전 전년도 출고량을 기준으로 의무재활용량을 부과하고, 이를 달성하지 못할 경우 재활용 비용의 1.15~1.3배까지의 부과금을 부과하고 있다.

포장재의 재활용 의무대상 업종 및 규모는 [표 3]에 나타내었다.

플라스틱 포장재를 사용하는 음식료품류, 세제류, 화장품류, 의약품류의 경우에는 용기생산자가 아닌 용기필러들이 의무생산자가 되고, 받침접시 등 합성수지 재질의 포장재를 사용하는 농·축·수산물 판매업 및 수입업의 경우에는 별도 상표를 부착하여 판매하는 사업자기 의무생산자가 된다.

합성수지 재질의 받침접시, 용기 등 기타 포장재의 제조업 및 수입업의 경우 용기제조업자가 의무생산자가 된다. 기타 포장재란 음식료품류

및 농·축·수산물을 랩이나 뚜껑 등으로 단순 포장하여 판매하는 것을 말한다. 시장의 노점이나 소규모 상점에서 채소나 과일을 포장하여 판매할 경우에 판매자의 수가 너무 많아 관리할 수가 없기 때문에 용기제조업자를 의무생산자로 지정하였다.

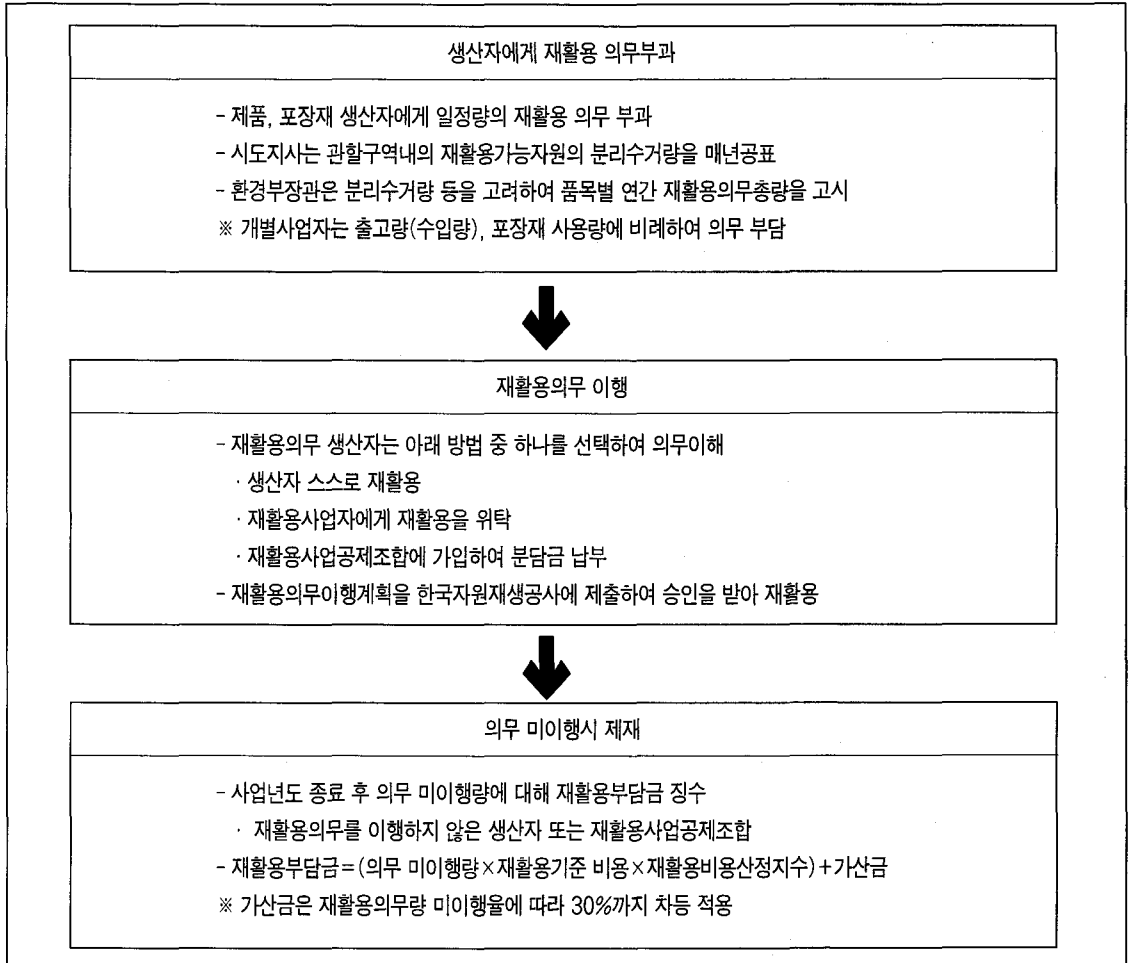
가전제품 완충재나 농·축·수산물 상자에 사용되는 스티로폼 용기의 경우에도 스티로폼 용기 제조업자나 수입업자에게 의무를 부과하고 있다.

생활계에서 배출되는 페플라스틱 중 생산자 책임재활용제도가 적용되는 것과 적용되지 않는 것들을 구체적으로 구별하면 [표 4]와 같다.

한편, 제품·포장재별 재활용 방법 및 기준은 폐촉법 시행규칙 [표 5]에 나타나 있는데, 이중 합성수지재질 포장재 관련 사항만 아래에 나타내었다.

생산자책임재활용제도의 적용과정은 재활용 의무 부과단계, 재활용 의무 이행단계, 재활용 의무이행 점검단계로 나눌 수 있다.

(그림 1) 생산자 책임 재활용 제도 실행 절차



재활용의무 부과는 생산자가 매년 3월말까지 전년도에 제품포장재의 출고실적을 환경부(한국환경자원공사)에 제출하면 환경부 장관은 출고량, 분리수거량, 재활용 실적 및 재활용 여건(재활용 기술, 재활용 시설 등)을 고려하여 9월달에 품목별 의무 재활용량을 고시한다. 개별 생산자들의 의무재활용량은 총 출고량 중에서 개별 생산자의 출고량이 차지하는 비율을 품목별 재활

용 의무 총량과 곱하여 결정한다.

생산자들은 다음 연도의 의무재활용량이 9월에 고시되면, 11월 말까지 재활용 의무이행계획서를 환경부에 제출하여야 하며, 환경부는 12월 말까지 이행계획서를 검토하여 승인해야 한다.

이행계획서 승인이 떨어지면 생산자들은 다음 연도에 재활용 의무를 이행하게 된다.

생산자들이 의무이행연도 다음해 3월 말까지



[그림 2] 재활용 의무 이행절차 흐름도

재활용의무이행	기한	비고
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 전년도 제품, 포장재 출고실적 제출 (생산자 → 자원공사) </div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 품목별 재활용의무총량 고시 (환경부장관) </div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 재활용의무이행계획서 제출 (조합, 생산자 → 자원공사) </div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 재활용의무이행계획서 승인 (자원공사 → 조합, 생산자) </div>	<p>매년 3월 말</p> <p>9월말</p> <p>11월말</p> <p>12월말</p>	<p>별지 제1호서식</p> <p>별지 제10호서식</p> <p>별지 제12호서식</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 재활용의무이행 </div>	<p>당해년도</p>	
<div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 재활용의무 이행결과보고서 제출 (조합, 생산자 → 자원공사) </div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 재활용 실적조사 (자원공사 → 재활용사업자) </div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 재활용부과금 납부고지 (자원공사 → 조합, 생산자) </div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 재활용부과금 납부 (조합, 생산자 → 환득회계) </div>	<p>다음해 3월말</p> <p>6월 15일까지</p> <p>7월 5일까지</p>	<p>별지 제13호서식</p> <p>별지 제2호서식</p>

재활용 의무 이행결과보고서를 환경부에 제출하면, 환경부는 재활용 사업자를 대상으로 재활용 실적은 조사하여 의무를 이행하지 못한 생산자에 대해 미이행 양만큼 부과금을 부과하며, 부과금 납부고지를 받은 생산자는 7월 15일까지 부과금을 납부해야 한다. 재활용 부과금은 의무 미이행 양에 따라 실제 재활용에 소요되는 비용의 1.15배에서 1.3배를 곱하여 부과한다. 이상의 내용을 [그림 1]과 [그림 2]에 정리하여 나타내었다.

의무생산자들의 의무재활용량 이행 방법은 3가지로서 ① 생산자가 직접 수거하여 재활용하는 방법, ② 생산자가 전문적인 수거 및 재활용 업체에게 직접 위탁하는 방법, ③ 생산자가 재활용사업공제조합에 가입하는 방법 등이다. 플라스틱 포장재에 대해서는 (사)한국플라스틱리사이클링협회가 2003년 3월 28일 재활용 사업공제조합 설립인가를 받았다.

1-2. 유럽 포장폐기물 관련 규제

EU의 포장 및 포장폐기물법(Directive 2004/12/EC on Packaging and packaging waste)은 1994년에 제정된 Directive 94/62/EC가 개정된 것으로 포장폐기물의 발생 억제와 재이용, 재사용을 규정하고 있다.

이 법에 의하면 2001년까지 중량 기준으로 최저 50%부터 최고 65%까지 자원화(물질 및 에너지 회수)하도록 규정하고 있다.

또한 2008년까지 중량기준으로 최소 60%까지 물질 및 에너지 회수를 하도록 규정하고 있다.

2001년까지 포장폐기물 전체 중량의 최소

25%에서 최대 45%까지 재활용되어 포장재 무게의 최소 15% 수준까지 원료로서 재활용 되도록 규정하고 있다.

2008년까지 중량기준으로 최소 55%에서 최대 80%까지 포장폐기물이 재생되어야 하며, 이중 플라스틱류는 플라스틱으로 다시 재생되는 것만 계산하여 중량비로 22.5% 이상이 되어야 한다.

1-3. 독일 포장폐기물법

독일에서는 「포장폐기물의 회피에 관한 정령」이 1991년에 제정되어, 용기포장의 리사이클이 본격적으로 실시되었으며, 1998년에는 개정이 이루어져 명칭이 「폐기물의 회피 및 리사이클에 관한 정령」으로 바뀌었다.

이 법에 의하면 플라스틱의 회수율은 60% 이상으로 규정하고 있다.

또한 생분해성의 플라스틱 포장재는 별도로 분리수거하여 최소한 60% 이상이 퇴비화 시설에서 처리되도록 규정하고 있다.

1-3-1. DSD 제도

DSD는 Duales System Deutschland의 약자로 독일의 포장법령과 함께 확대생산자책임을 처음으로 적용한 경우로서 여타 유럽국가의 포장폐기물 관련제도에 많은 영향을 미치고 있다.

Duales System은 상품제조회사들로부터 돈을 받고 포장 쓰레기를 처리해 준다.

처리비를 낸 상품은 포장에 녹색마크를 표시할 자격을 얻는다.

여기서 '처리'란 매립이나 소각이 아닌 재사용



또는 재활용을 말한다.

Duales System은 독일 전국에서 포장쓰레기의 수거, 분류, 재활용 작업을 하는 500여개의 개별회사와의 계약 하에 이러한 일을 해낸다.

일반 가정에서는 종이는 빨간 통에, 알루미늄과 양철 캔은 파란 통에, 플라스틱은 노란 통에, 이렇게 정확하게 포장쓰레기를 분류해야 한다.

1-3-2. DSD 설립배경 및 역사

90년대 초반에 독일 각 가정에서 발생하는 생활폐기물의 양이 연간 3,200만톤에 이르고 그 중에서도 특히 각종 포장재 및 포장용기가 문제화되었다(포장폐기물의 비율이 전체폐기물 부피의 50%, 중량의 30%를 차지).

서독의 환경부에서는 유리 49%, 종이류의 40%가 재활용되고 있는 반면 플라스틱류는 단지 1%만이 재활용되고 있음을 밝힌바 있다.

따라서 각종 폐기물 처리시설이 혐오시설로 인식되고 자원을 효율적으로 재활용하기 위하여 1991년 6월 12일 포장폐기물법을 제정하여 각종 포장 용기류 생산업자, 유통업자 및 소재생산업자에게 그들이 생산 판매한 포장 및 용기류 등을 회수 처리하도록 의무화하였다.

그리고 포장폐기물법이 제정되기 전인 1990년에 연방 환경부 Prof. Dr Klaus Topfer의 주도 하에 95개 회사가 Duales System Deutschland 유한회사를 설립하였는데 이것이 Dual waste management system의 시작이다.

1-3-3. DSD 운영방식

Dual System의 법적 근거는 포장폐기물법이다.

법적 규제에 의해 Dual System은 포장폐기물의 분류와 수집을 책임진다.

두 가지 종류의 포장폐기물 수집시스템이 있다. 하나는 Kerbside system이고 다른 하나는 Bring system이다. Kerbside system으로 다루어지는 포장 폐기물은 플라스틱, 알루미늄, 양철 종류이다.

각 가정에서 이들 포장 폐기물을 노란 상자나 노란 가방에 모으면 Dual System 폐기물관리파트너들이 수집된 포장폐기물을 수거한다.

Bring system에서는 유리와 종이로 주로 수거된다. 소비자들이 포장폐기물을 재활용센터나 재활용 수거함에 직접 가져가서 버리게 된다.

1-4. 영국 플라스틱 포장 산업 규제

생산자 책임 재활용 제도는 1994년에 시행된 유럽연합의 Packaging Waste Directive (94/62)으로부터 시작되었다.

영국은 환경청의 규제의 결과로 2003년에 포장폐기물 5백만톤이 재활용되었다. 1997년에 개정된 포장폐기물에 대한 생산자 책임 재활용법 (Producer Responsibility Obligations Regulations 1997)에 따라 약 5,000개의 회사가 의무를 지고 있다.

이러한 의무를 지는 생산자는 연간 2백만 파운드 이상의 매출을 갖거나, 50톤 이상의 포장을 취급하는 회사가 해당된다. 생산자에는 제조자, 형태 변환을 통한 제품 생산자, 수입업자, 필러, 판매자 등이 포함된다.

해당업체는 환경청에 등록하고 자체적으로 회수하거나 또는 재활용단체인 VALPAC 등에 동참하고 있다.

1-4-1. 생산자별 재활용 의무 부담률

포장재 재활용 책임에 대한 생산자 그룹의 부담율은 원료업체 6%, 포장용기 생산자 11%, 포장제품 생산자 36%, 판매자 47%이다.

1-4-2. 재활용 목표 이행 증명서

1998년도 포장재 자원회율은 38%에 재활용율은 10%였다. 각 의무자는 환경청이 인정하는 지정재활용업체를 통하여 재활용 목표 이행증명서를 구입할 수 있으며, 플라스틱 포장재의 경우 이행증명서 구입비용은 1998년 말 현재 톤당 150파운드(287,100원)이다.

1-5. 프랑스 플라스틱 포장 산업 규제

프랑스는 '포장법'에 따라 '93년부터 제조업자나 수입업자에게 가정에서 발생하는 포장 폐기물을 회수하여 재활용하도록 의무를 부과하고 있다.

가정에서 배출되는 포장용기의 회수를 위해 Eco-Emballages라는 생산자 기구를 설립하여 운영 중이다.

1-6. 일본 플라스틱 포장 산업 규제

일본에 있어서의 플라스틱 리사이클은 1995년 6월에 공포된 용기포장 리사이클법에 의해 제2종 지정 PET병의 분별회수와 리사이클이 1997년 4월부터 개시되었으나 2000년 4월부터 PET병 이외의 기타 플라스틱에 대해서도 리사이클이 의무시 되어 지방자치체에 의한 리사이클이 시작되었다.

이것에 대응하기 위하여 관련업계에서는 Material Recycle 외에 유화, 가스화, 고로환원

체로서의 이용 등 Chemical Recycle 및 Thermal Recycle 방법 등이 검토되고 있다.

2. 국내외 LCA 수행 사례

2-1. 국내 사례

1992년 종이기저귀 제조 단체에서 외국의 자료를 근거로 하여 환경 부담금의 불필요 또는 감소를 요청한 적이 있고 1993년에 경제정의 실천연합 산하 환경개발센터에서 포장용기에 대한 외국의 결과를 비교하였을 뿐이다.

최근에는 일부 대기업을 중심으로 전과정평가 기법이 도입되어 부분적이고 극히 초보적인 연구가 진행되거나 추진 중에 있다.

정부에서는 표준화 관장부서인 공업진흥청이 1993년 TC207 창립 총회에 참석한 이후 표준화 과제별 분과회의에 적극 참여하고 있으며 이에 발맞추어 국내에서도 경영자총협회를 총사무국으로 하고 5개 대기업 및 환경보존협회를 각 작업반 간사로 하는 6개의 실무작업반이 구성되었다. 전과정평가 분야에도 학계의 자문위원과 기업체의 관련자들이 참여하여 개념과 방법론에 대한 이해와 국내외의 관련자료를 수집, 분석하고 있으나 재원, 조직, 전문인력, 기업의 대응력 등의 미비로 인하여 그 실적은 저조한 실정이다.

2-1-1. LCA 기법 이용 페발포폴리스틸렌 관리

전과정평가 기법을 이용한 페발포폴리스틸렌의 관리에서는 복잡하지 않고 실용적으로 이용할 수 있는 할당규칙을 제안하고 있으며, 이를 소각, 퇴비화, 매립 등과 같은 고�형폐기물 처리



방식의 전과정 목록 작성 시에 적용하여 고품폐기물에 대한 전과정평가가 아래와 같다.

현재 포장재로 널리 사용되고 있는 발포폴리스틸렌(expended polystyrene: EPS)의 전과정 목록을 제시한 할당 방법론을 적용하여 작성하고, 환경영향을 평가하여 개선점을 모색했으며, 데이터는 국내자료에 기초하고 데이터 갭이 생기는 부분은 국내 실정과 비슷한 외국 자료로 대체하여 평가하였다. 시스템은 EPS를 생산하는데 필요한 전과정, 즉 원료취득, 스티렌 생산, 폴리스틸렌 생산, EPS 생산, 사용, 재활용, 폐기 등의 모든 과정을 포함하며, 특히 폐기부분은 우리나라의 실제 비율을 적용하여 계산하였다.

1995년을 기준으로 할 때 폐발포폴리스틸렌의 처리는 소각이 12%이고, 재활용은 26%이며, 58.4%는 매립되고 나머지 3.6%는 미확인이다.

계산시 기능단위인 EPS 1,000kg에 대하여 미확인 양을 다시 각 비율로 할당하여 재활용률을 27%로 설정하고 이를 적용하였으며, 이미 제시한 방법대로 본 재활용은 열린 재활용계로 40%의 질 저하가 발생했다고 가정하였다.

따라서 이 시스템은 재활용 중 발생하는 환경부하량의 40%만을 부과하도록 하였으며, EPS는 1kg을 소각시킬 때 40.32MJ의 열량을 발생되었고, 여기에 소각률을 적용시켜 소각시에 회수되는 에너지와 배출물도 목록화하였다.

목록분석 결과는 단순히 배출물과 배출량을 나열했을 뿐, 실제적으로 그 물질들이 환경에 어떤 영향을 주고 있는지는 영향평가 단계에서 수행했으며, 먼저 목록파라미터들을 어떤 영향범주(지구온난화, 오존층 파괴 등)에 속하는 지를

나열하고, 이들 중 하나를 기준으로 하여 상대적인 영향정도를 모델화하여, 영향범주 간에 가중치를 주어 영향평가를 수행했다.

2-1-2. 사출성형공정 전과정 분석 모델링

대표적인 범용플라스틱인 polyethylene(PE)과 polystyrene(PS)에 대해서 플라스틱 성형공정의 대표적인 공정인 사출성형공정에서 발생하는 환경파라미터를 규명했고 전과정 목록분석 데이터베이스를 구축하여 사출성형공정의 전과정 목록분석 모델링을 수행하였다. 일반적으로 제품에 대하여 LCA를 수행하는 것은 많은 시간과 비용, 인력이 요구되는 작업이다.

그러나 주요 원료나 공정에 대하여 미리 투입물과 산출물의 흐름을 규명하고 수집하여 데이터베이스를 구축해서 기업의 제품에 대한 환경성 평가 시에 단위공정 또는 원료별로 구축된 데이터베이스 정보를 상호 연결시켜 분석에 이용한다면 많은 시간과 비용을 단축하고 수행상의 오류를 줄일 수 있을 것이다. 이런 이유로 유럽과 선진국들은 일찍부터 LCA를 위한 데이터베이스를 수집해 놓은 상태이다.

플라스틱제품 또는 부품에 대한 LCA를 수행하기 위해서는 원료채취, 제조공정, 성형공정, 사용, 폐기에 대한 LCA 데이터베이스가 필요하며, 플라스틱 성형의 대표적인 공정인 사출성형의 LCA 데이터베이스를 구축하는 것은 필수적이라고 할 수 있다.

공정부분의 LCA는 제품의 LCA와는 달리 투입물의 양 뿐만 아니라, 투입물의 성형특성에 따라 다르게 나타나는데, 이는 투입물의 강도나 성분에 따라 성형조건을 다르게 해야 하기 때문이며, 성형

조건을 고려한 적절한 시나리오를 작성하여 플라스틱 사출성형공정에 대한 데이터베이스가 구축되었으며 사출성형공정의 LCA 데이터베이스 시나리오 형태를 갖추어야 하는 이유는 다음과 같다.

첫째, 사출성형공정에서 발생하는 가장 큰 환경영향이 전기소비에 관련된 부분인데 국내의 사출성형업체의 대부분이 영세한 소기업으로 사출성형기의 전기사용량을 측정하기 위한 계량기가 설치되어 있지 않고 하나의 사업장에서 여러 가지 방식의 성형기를 다루고 전기사용량은 사무실을 포함하는 공장단위로 관리를 하기 때문에 실제로 사출성형공정에서 소비되는 전기사용량을 산출하는 것은 불가능하다. 따라서 보다 현실적이고 적용이 용이한 시나리오의 작성이 절실히 필요하다.

둘째, 외국 소프트웨어 데이터베이스는 원료의 LCA 데이터베이스 경우와 마찬가지로 사출성형공정에 대해서도 제품 1kg의 성형에 대해서 데이터베이스가 구축되어 있는데 이를 사용하여 전과정 평가를 수행하였을 때는 사출성형기의 특성이나 성형조건의 변화에 대한 부분을 고려하지 못함으로써 목록분석 결과에 상당한 오류가 발생할 수 있다. 따라서 LCA 데이터베이스를 구축함으로써 사출성형공정의 실제상황이 충분히 고려된 결과를 얻을 수 있다.

2-1-3. 폐플라스틱 재생 원료화 전과정 평가

폐플라스틱의 자원화방법에 대한 전과정 평가를 통해 자원화 방법들에 의한 환경부하를 평가하고 중요한 환경측면 및 영향을 규명하였다.

폐플라스틱의 자원화 방법에는 일반적으로 재활용이라 일컬어지는 재생 원료화(material

recycling)와 연료화(thermal recycling), 화학적 재활용(chemical recycling)의 방법 등이 있으며, 어떠한 자원화방법을 선택하는 것이 환경에 영향을 적게 미치면서 자원화의 목적을 효과적으로 달성하는 환경친화적인 방법인가를 파악하기 위해서 전과정 평가를 실시하였다.

폐플라스틱의 재생원료화에 대한 전과정평가는 국내 폐플라스틱 재생원료화 방법에 대한 전과정평가를 통해 폐플라스틱 1kg을 원료로 재활용할 때의 환경영향을 살펴보았으며, 또한 폐플라스틱의 물리적 특성을 고려하여 재질별 전과정평가를 수행하였으나 환경부하에는 큰 차이가 없었으며 재활용률에 대해서만 차이를 보였는데 이것은 재질에 따라 용도가 다르기 때문이고 신재료 생산 시스템과 재생원료의 비교결과는 재생원료화 과정이 신재료 생산에 비해 전기사용량 및 스팀, 연료 등 에너지 사용량은 현저히 적게 사용되어 환경적인 측면에서 우수한 것을 알 수 있었다.

폐플라스틱의 재활용 방법은 원료재생 뿐만 아니라 에너지회수 혹은 유화 방법들이 활용될 수 있으므로 이들 중 어떠한 자원화 방법이 더 환경 친화적인가를 판단하기 위해서는 앞으로 에너지 회수 또는 유화 등의 재활용 방법들에 대하여 LCA 연구를 통한 환경성 평가가 필요하며 이러한 비교를 위해서 각 재활용방법에 대하여 동일한 방법론을 적용시켜야 할 것이며 각 방법에 따라 회수되는 에너지나 한정된 자원의 재이용이라는 측면을 고려하여 LCA가 수행되어야 할 것이다. 각각의 재활용방법에 대한 LCA 수행을 통하여 환경성에 대한 평가와 비교분석이 이루어지면 향후 국내 재활용업체의 경제성 기술



적 측면을 통합하여 국내의 플라스틱 폐기물에 관한 정책 수립시 환경성 뿐만 아니라 경제적으로도 최적화된 처리방안을 모색할 수 있을 것이다.

2-1-4. EPS와 골판지(펄프물드) 환경 영향

외국에서 수행된 두 제품에 대한 전과정평가의 비교 연구 자료를 수집하여 객관으로 분석하고, 이를 토대로 하여 각각의 환경영향을 평가하였으며, 이때 사용과 폐기단계 등과 같이 국내에서 입수 가능한 데이터를 부분적으로 적용시켜서 가능한 한 국내 실정에 근접한 결과를 도출하고자 하였다.

EPS와 골판지의 제조 단계까지 나오는 배출물과 그 발생량을 보여주고 있으며, EPS보다는 골판지에서 발생하는 배출물의 종류가 다양할 뿐만 아니라 그 양도 상당히 많다.

특히 이산화탄소의 경우는 지구온난화에 크게 책임이 있다고 알려져 있는데, 그 배출량이 골판지의 경우에 EPS에 비해서 7배가 많이 배출되고, 다른 영향 인자에 비하여 훨씬 많은 영향을 주고 있어서 EPS와 골판지의 비교에 있어서 매우 큰 영향력을 차지하고 있다.

한편, NO_x의 경우는 EPS와 골판지의 경우에 거의 같은 양이 배출됨을 볼 수 있다. 그 외에 EPS에서는 배출되지 않는 aldehyde, N₂O, HF, Ammonia, Cl₂, 수은, H₂SO₄, methyl mercaptane, Na₂SO₄가 골판지의 제조 단계에서 발생함을 알 수 있다. 또한 이 중에서 수은 성분은 인체에 아주 유독한 것으로 소량으로도 치명적인 성분이므로 간과해서는 안된다.

대기 배출물 중에서 유일하게 SO_x의 경우는 골판지보다는 EPS에서 2배 정도 많이 배출되고

있고, 이 물질은 산성비의 원인이 된다.

그 외에 metal은 골판지에서는 배출되지 않는 반면에 EPS는 4kg을 배출하나, 중금속 면에서는 골판지 쪽이 약간 많다. 수계 배출물을 보아도 수질에 많은 영향을 주는 BOD, COD가 골판지의 경우에 상당히 높다.

골판지와 EPS의 폐기 현황은 매립, 소각, 재활용으로 이루어진다.

페스티로폼의 경우 재활용률이 21%(94년도 기준)로써 제지류의 재활용률인 55%에 비하면 아주 적은 양일 뿐만 아니라, 폐EPS의 매립률은 62.2%나 되는데, 98%가 공기로 되어 있는 폐EPS는 부피를 많이 차지하여 매립시에 필요한 매립지가 매우 크다는 단점을 가지고 있으며, 현재 계속 매립률을 낮추고 재활용률을 높이고는 있지만 아직 개선의 여지가 많다.

국내에서 정책적으로 폐EPS가 분리수거 가능 품목으로 지정되었고 앞으로 재활용 체제가 정비된다면 매립율은 더욱 낮아지고, 재활용율이 높아지리라 기대된다(97년 폐EPS 재활용률 36.3%, 매립율 34%).

에너지의 회수를 병행하는 소각을 하면, 폐EPS의 발열량은 1kg당 40.32MJ이고, 제지류(골판지)의 경우는 15.96MJ이며, 프린터 1,000개를 포장하고 개발한 폐EPS를 현재의 소각 비율에 따른 소각시 약 2,975MJ이 회수될 수 있고 골판지는 약 211MJ의 에너지를 회수할 수 있다. 또한 제지류의 소각시 나오는 배출물의 종류가 다양하고 그 양도 페스티로폼의 경우보다 훨씬 많은 것으로 나타났다.

위와 같이 전과정 목록을 비교·분석함으로써 다음과 같은 사항을 발견할 수 있었다.

EPS의 경우에는 전과정에 걸쳐서 적은 양의 에너지를 필요로 하고, 적은 양의 배출물(SOx는 제외)을 발생시키지만, 발포체로서의 특성으로 인해 매우 큰 부피의 고�형폐기물을 발생시키므로 매립시에 상당한 토지 점유 문제를 유발시키고, 이를 해결하기 위해서는 폐EPS의 재활용을 높이고, 재활용 하부구조를 구축시킴으로써 폐기되는 고�형폐기물의 양을 감축시켜야 할 것이다.

한편, 골판지의 경우는 상대적으로 많은 에너지를 필요로 하며, 대기 및 수질오염 배출물의 양 또한 많이 발생시키므로 공정 개선을 통하여 환경부담을 감소시키도록 해야 할 것이다.

2-2. 국외 사례

2-2-1. 유럽

유럽에는 제품의 LCA를 제품개발에 적용하고 환경부하가 작은 제품 개발을 목표로 활발히 연구되고 있다. EC는 LCA에 근거한 Eco-Label 제도 도입(Udo, 1994)하였고, 스웨덴의 경우는 폐기물 연구 자문기구(SWRC)에서 LCA에 의한 폐기물정책 기안(Ryding, 1994)에 사용하고 있다.

영국에서는 환경부의 고�형폐기물 정책에 LCA 사용(Curran, 1996)하고 독일에서는 연방환경청 독자적 LCA 방법론을 개발하여 폐기물정책에 적용(UBA, 1995)하고 있다.

유럽 플라스틱제조사협회(APME)는 플라스틱제 포장폐기물을 재활용한 경우 환경성을 평가한 연구 결과를 발표(1999)한 사례가 있으며 플라스틱제와 관련하여 EUMEPS(유럽), AFPR(미국)과 연대를 이루어 국제EPS생산자

동맹(INEPSA)을 조직하여 전세계의 EPS 재활용사업을 상호협력하고 있다. 한편 PS 포장재와 관련하여 미국의 PSPC와도 협력 관계를 유지하고 있으며 EPS 산업에 대한 많은 연구와 관심을 갖고 있다.

1) APME 연구사례

APME(Association of Plastics Manufacturers in Europe)에서 2001년 2006년 플라스틱의 재활용 잠재성 평가결과 다음과 같은 연구를 발표하였다.

- 서부유럽에서 플라스틱 폐기물의 기계적 재사용은 1995년 1200만톤에서부터 2006년 2700만톤까지 두배가 증가(성장을 연간 8.4%)
- 플라스틱 포장 폐기물의 기계적 재활용은 2001년에 유럽평균 14.8%(1800만톤)가 증가하고 2006년에 15.4%(2400만톤) 증가
- 재활용율을 증대시키기 위한 주요 제약들은 폐기물 수집과 재활용된 플라스틱의 폐기 시장의 불균형과 많은 혼합 플라스틱 폐기물의 양이다.
- 기계적으로 재활용된 플라스틱에 대한 잠재적 요구에는 상위 제한이 있다.

또한 APME에서는 플라스틱 포장용기의 재활용율의 시나리오에 따라 Eco-efficiency를 평가하였다(1998).

플라스틱 포장용기 회수에 관한 Eco-efficiency 연구사례(APME 1998)를 살펴보면 다음과 같은 결론을 갖고 있다.

- 플라스틱 포장지 회수 옵션으로서 재활용을 너무 강조하는 것은 비용증가를 불러올 수 있다.
- 15%~50%까지의 재활용을 증가는 3배 정도의 비용이 증가된다.



세미나

- 15% 이상 재활용율이 증가하면 에코 에피션쉬 개념에서 이익이 없다.

- 현재 상황에서, 가정 쓰레기로부터 에너지 회수의 사용을 증가시킴으로 환경상 영향을 개선할 수 있다. 동시에 가정용 쓰레기 보다는 공업용 쓰레기를 기계적으로 재활용 하는 것에 집중함에 의해 경제적 비용을 줄일 수 있다.

- 케이스 스터디면에서 15%의 기계적 재활용율과 85%의 에너지 회수가 가장 에코 에피션쉬가 좋다.

- 현재 유럽 상황과 비교해서 에너지 회수의 사용을 증대시키는 것이 비용적인 측면에서나 환경적인 측면 모두 이익을 볼 수 있다.

- 인구가 조밀한 지역에서 에너지 회수 프로젝트의 효율을 증대시키는 것이 환경적으로나 비용적으로 이익이다(지역난방).

APME에서 수행한 모델대상은 MSW, IW(industrial waste)로써 MSW 플라스틱의 성분조성을 보면 PE/PP film(47.1%), PE/PP병(19.1%), PET병(13.1%), PS/EPS 병(10.9%), PVC 필름(3.9%), PVC병(5.9%)이다. IW 플라스틱의 성분조성을 보면 PE/PP 필름(57.3%), PE/PP 상자 또는 조각(26.5%), 다른 PE/PP 성분(10%), PS/EPS 성분(6.2%)로 MSW와 IW의 무게비로 7대 3이다.

기계적 재활용율 15%까지는 일반적인 플라스틱 제품 또는 원 플라스틱 재료로 만들어진 섬유에 사용되어지기 충분한 품질인 것으로 나타났다.

각각 환경성을 평가하기 위해 자원고갈, 지구 온난화, 오존층파괴, 산성화 등 12개 범주로 환경성을 분석하였고 비용을 평가하였다.

사나리오 작성

- Landfill: 100% 매립
- Now: 현재 상황(15% 재활용, 15% 에너지 회수, 70% 매립)
- I: 15% 재활용(기계적), 85% 에너지 회수
- II: 25% 재활용(15% 기계적, 10% 원재료), 75% 에너지 회수
- III: 35% 재활용(25% 기계적, 10% 원재료), 65% 에너지 회수
- IV: 50% 재활용(35% 기계적, 15% 원재료), 50% 에너지 회수

플라스틱 포장쓰레기 관리 에코효율을 분석한 결과 100% 매립의 환경영향이 가장 높으나 가장 낮은 가격 옵션을 가지고 있었고 50% 재활용이 가장 낮은 환경영향을 가지고 있으나 비용은 가장 높았다. 그리고 15% 재활용이 가장 크게 환경영향을 줄일 수 있고 현재 평균상황과 비교해서도 가격을 줄일 수 있다. 따라서 환경기준 어떠한 것을 적용해도 15% 재활용이 가장 좋은 에코 에피션쉬를 보여주고 있다.

2) 확장폴리스틸렌포장 LCA 사례

유럽의 EPS 포장산업계는 TV 세트의 포장시스템을 연구하여 환경적인 영향의 개선이 가장 큰 파라미터를 찾아내었다(현재는 25%의 재활용을 하고 있다). 즉, 환경영향이 가장 큰 파라미터(키 이슈)를 도출하였으며 EPS의 환경적인 임팩트를 정량화하였다. 사례를 연구한 결과 EPS는 상품을 보호하는 포장재 중에 우수함을 알 수 있었다.

연구대상은 TV 세트의 포장시스템으로 TV 포장에 사용된 EPS의 전과정평가를 수행하여 EPS 포장재 사용의 주요 환경 영향의 원인을 규명하고 재활용에 의한 개선의 정도를 알아보았다. 유럽 10개 도시의 15개 EPS 제조업체를

대상으로 2001년의 데이터를 사용하였으며, 25인치 TV 세트를 연구대상으로 하였다. TV 전체 무게는 27.6kg, 포장재는 3.6kg(EPS 포장 : 0.7kg, 카드보드 박스 : 2.8kg, PE foam : 0.1kg)으로 평균데이터를 이용하였다.

원료채취부터 폐기까지 8개 단계로 나누어 각각 분석하였으며 ISO 14010-14043에 따라 수행하였다. 11개 시나리오로 30개의 주요 환경지표를 분석하였다. 연구결과 이 연구의 전과정평가 결과는 참고문헌을 이용한 시나리오 데이터를 이용하여 전과정평가를 수행한 것과 키 파라미터의 다양한 민감도 분석(EPS 포장재의 무게 변화에 따른, 닫힌고리 재활용율의 변화에 따른, 폐기물처리방법의 변화에 따른)으로 이루어져 있다.

3) 폴리스틸렌과 재활용 달걀 포장재 사례

유럽 그리스에서는 2003년 Journal of Cleaner Production에 폴리스틸렌으로 만든 달걀 포장재와 종이를 재활용하여 만든 달걀 포장재에 대한 환경성을 비교 분석한 사례가 있다.

이 연구가 수행되는 배경은 재활용된 종이제품과 폴리스틸렌으로 만든 달걀 포장재에 대한 환경성을 분석하여 보다 친환경적인 제품을 선정하는 데 있다. 폴리에틸렌은 포장재물질로써 낙농제품과 같은 공정에서 사용(아이스크림 컵, 요거트 컵 등)된다.

폴리에틸렌 포장은 음식물의 박테리아와 손상에 대해 위생과 보호를 고려했고 반면 우려되는 것은 스티렌 성분이 달걀 속으로 침투할 수 있다고 보고하였다. 반면에 종이로 된 포장재는 습기나 손상에 보호되지 않고 형태의 변형에 손상을 받을 수 있다.

재활용된 종이포장재는 가벼운 물질이나 습기에 강도가 낮아지고 방수나 보강 없이는 많은 음식물 포장에 적용할 수 없다.

플라스틱의 경량화 포장능력은 일반시장에서의 포장재료에 있어서 음식물로써 침투하는 이면에 많은 수송능력이 있고, 재활용제지 산업에서는 종이를 재활용함으로써 28~70%의 에너지 절감을 할 수 있다. 연구의 목적은 LCA를 통해 달걀 포장제품, 폴리스틸렌과 재활용 종이의 에너지의 양과 물질의 사용과 배출에 의해 환경부하를 평가하는 것이고, 두 번째 목적은 원료물질 공정과 추출, 제조공정, 수송과 분배, 사용, 재사용, 유지, 리사이클링과 최종 처리를 포함한 제품전체의 환경영향을 평가하는 것이다.

연구에 사용된 방법론을 살펴보면 평가를 위해 Eco-indicator 95를 이용하였으며, 연구의 기능단위는 300,000개의 달걀의 양을 넣을 수 있는 50,000개의 달걀 컵 6개로 시중에 공급되는 포장재이다. 6개의 달걀을 포함할 수 있는 PS 컵 무게는 15g, 재활용 종이컵은 22g이며 참고 흐름은 PS 0.75톤(15g×50,000), 재활용 종이 1.1톤(22g×50,000)으로 분석하였다. 그리고 연구에서 수송과 배분, 사용단계는 고려하지 않았으며, 달걀 포장재의 폐기처리는 매립에 의한 처리로 가정하였다. 주요 장비와 보조물질은 제외됐으며, 두 시스템의 연구는 지리적으로 그리스로 제한하였다.

연구에 사용된 데이터 수집은 에너지 요구(전기, 열에너지), 재생할 수 없는 연료(석탄, 연료, 천연가스), 원료물질 요구(일반적인 원료 물질), 1차 에너지원 소비(석탄스팀, 원유, 수력전기, 핵연료, 천연가스, 나무의 바이오매스), 대기배



세미나

출물(CH₄, SO₂, NO_x, CO, CO₂), 수계배출물 (TSS), (BOD), (COD), (AOXs), 고형배출물의 자료를 수집하였다.

에너지 소비 고려한 제한사항으로써는 PS의 원료물질로 제품생산에 의한 에너지는 시마프로에 있는 BUWAL 250(1996) and ETH Energy version 2(1994) 사용하였고, 그리스로 원료물질이 수송되어오는 에너지 소비량은 평균 거리 3,000마일, 해양수송은 0.75MJ/tn-mile 사용, 종이생산을 위한 에너지 요구량은 그리스 산업으로부터 얻었다.

빈컵에서 달걀생산자까지, 생산자의 수송 이후 소비자까지의 수송에 드는 에너지와 관련비용은 육상수송과 트럭의 규모에 의해 추정되는데 28 톤을 기준으로 하였다(22MJ/truck-km).

가스배출과 수질, 고형 폐기물의 양은 BUWAL 250와 ETH Energy version 2를 인용하였으며 그리스 전기량은 3개의 다른 에너지원에서 얻어지는 것을 고려하였다(갈탄 50%, 연료 20%, 수력에너지 30%). 영향평가는 Eco-indicator 95 방법으로 GWP, ODP, AP, NP, SS POCP, WS SPM, SC, HMs로 8가지 범주로 분석하였다.

재활용 종이 달걀껍 1.1톤, PS 달걀껍 0.75톤 생산하기 위해 원료 물질 사용은 천연가스는 폴리스틸렌 포장용기가 715m³, 재활용 종이 포장용기는 18.5m³으로 나타났다. 또한 CaCO₃, Bauxite, Mine salt, Iron miner는 폴리스틸렌 포장용기에서는 사용된 반면 재활용 종이에서는 사용되지 않았으며 종이재활용 포장용기에만 사용된 원료 물질로써는 Al₂(SO₄)₃, 14H₂O, Wax, Dye, Anti foaming, Polyelectrolyte이다.

에너지 소비량의 경우 폴리스틸렌 포장용기는 Fuel이 570.5kg 사용된 반면, 재활용 종이 포장용기는 358kg, 디젤은 컨테이너 운반선을 사용하는 폴리스틸렌의 포장용기의 경우 2,250MJ, 트럭운반이 11,000MJ 사용되었으며, 재활용 종이 포장용기는 디젤트럭 13,200MJ이 사용되는 것으로 조사되었다.

영향평가 결과 두 포장용기 모두 대기배출물 CO₂가 가장 큰 것으로 분석되었으며, Zn, B[a]P, N-tot, Cl-, Pb, Cu, Mo, Ni, Hg, phosphate, dissolved inorganics를 제외한 모든 배출물이 PS 포장용기가 종이 재활용 용기보다 많이 배출되는 것으로 나타났다.

전과정 영향평가 결과 폴리스틸렌 포장용기가 종이재활용 포장용기보다 환경영향이 큰 것으로 나타났다. 폴리스틸렌 포장용기는 종이재활용 포장용기보다 NO_x는 7배, SO_x는 16배 많이 배출되는 것으로 나타났고, 반대로 종이달걀껍은 중금속, Pb, Cd, Cr, Cu, Mo, Ni, and solid wastes는 PS 보다 많이 배출되는 것으로 나타났다. 광화학 산화물은 PS가 높게 나타났고, 종이재활용 포장재의 경우는 Greenhouse effect와 중금속이 높게 나타났다. PS와 종이 포장용기를 선택하기 위해서는 cradle to grave로 환경영향을 고려한 친환경적 선택이어야 함은 물론, 이것은 제품생산과 폐기, 배출물의 간접투입 뿐만 아니라 제품의 하위흐름까지 포함하여야 한다.

이 연구 사례는 PS 종이재활용 모두 매립에 의한 처리로 수행하였고 PS와 재활용 종이 포장용기를 비교함에 있어 위생적인 관점, 외관, 내구력, 산소와 습기의 침투성, 포장의 강도는 파라미터의 부재로 고려하지 않았다. ☐