



포장재폐기물 재활용을 통한 온실가스 감축 효과 분석

Packaging Materials Waste Recycling and the Greenhouse Gases Reduction

이 남 훈 / 안양대학교 환경에너지공학과 교수, 박 진 규 / (주)에코윌플러스 대표

1. 서론

기후변화가 전 세계적인 환경문제로 인식됨에 따라, 우리 정부는 UNFCCC 사무국에 37%의 국가온실가스 감축목표를 제출하였다. 37% 중 25.7%가 국내 감축량이며, 특히 에너지 다소비 산업이 주종을 이루는 우리 산업계의 구조를 고려하여, 산업계가 온실가스 배출량의 약 56%를 차지함에도 불구하고 산업부문의 감축목표를 BAU 대비 12%로 제한하였다. 그만큼 비산업 부문인 수송, 가정, 상업에서 줄여야 하는 감축량이 커진 상황이며, 또한 37% 중 나머지 11.3%는 국제 탄소시장을 활용해 감축한다는 계획이다.

다시 말해서, 세계 8위의 온실가스 배출국인 한국이 현 상황에서 국내 산업부문에서 줄일 수 있는 감축량이 크지 않은 상황이기 때문에, 우리는 산업과 비산업을 막론하고 감축 잠재력이 있는 분야를 발굴하고 연구하여 전 지구적 온실가스 감축에의 노력에 동참할 수 있는 방안을 적극적으로 모색해야 할 것이다.

이러한 맥락에서 포장재폐기물의 재활용은 시민들의 철저한 분리배출을 통해 더욱 활성화될 수 있는 부분인 만큼 포장재폐기물 재활용을 통한 온실가스 감축 방안을 적극적으로 모색해야 하며, 이를 위해서는 재활용이 온실가스 감축에 기여하는 정도와 배출 방지 및 관리를 통해 기여할 수 있는 잠재력을 분석하는 것은 매우 필요하다.

2. 포장재 폐기물의 범위

자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 시행령 제 18조에 의해 생산자책임재활용제도(이하 ERP제도)를 시행함에 따라, 재활용 의무대상 품목을 지정하고 있으며, 4개 포장재군(종이팩, 유리병, 금속캔, 합성수지재질 포장재)과 5개 제품(전지류, 타이어, 운할유, 형광등, 양식용부자)군이며, 전자제품은 폐자동차와 함께 2008년도부터 재활용 뿐만 아니라 유해물질 함유까지 제어하는 환경성보장제로 확대 운영되고 있다. EPR제도 재활용 의무대상 포장재군은 종이팩,

[표 1] 재활용 의무대상 포장재군 품목 및 제품

품목		재활용의무대상 제품 포장재
포장재	음식료품류, 농·수·축산물, 세제류, 화장품류, 의약품 및 의약외품, 부탄가스 제품, 살충살균제, 의복류, 종이제품류, 고무장갑제품류 등의 포장재, 부동액 브레이크 및 윤활유, 모든 제품(합성수지재질의 포장재로 한정, 일부 유독물 등 제외)	종이팩 (합성수지 또는 알루미늄박이 첩합 도포된 종이팩) · 유리병 · 금속캔 · 합성수지재질의 포장재 (용기류, 필름 시트형 포장재 및 트레이를 포함) ※ 부동액·브레이크 및 제6호에 따른 윤활유(합성수지재질 포장재로 한정) ※ 모든 제품의 합성수지 포장재 중 제품 기능의 수행을 위해 포장재가 일체를 이룰 수 밖에 없는 제품(전동드릴, 볼펜 등) 및 운반이나 수송을 위한 주류상자 등은 제외
	전기기기구 등의 합성수지재질 포장재	필름·시트형 포장재 및 발포합성수지 완충재
	1회용 봉투·소평백	합성수지재질 (종량제 봉투 제외)

유리병, 금속캔, 합성수지재질 포장재, 방향제, 페인트통, 담배, 완구·문구류, 자동차용품, 청소용품, 공구류, 사료·비료 등의 포장재로 그 품목과 재활용의무대상 제품 포장재는 [표 1]과 같다.

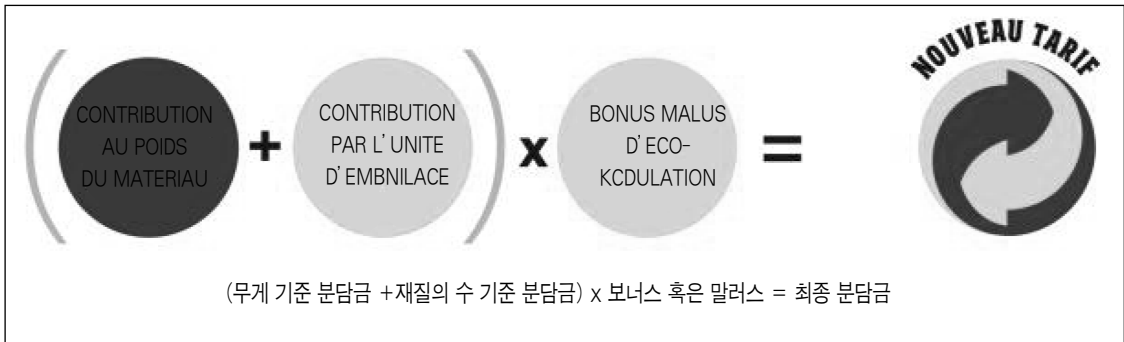
한편, 법률 개정에 따른 주요 편입 포장재는 방향제, 페인트통, 담배, 완구·문구류, 자동차용품, 청소용품, 공구류, 사료·비료 등의 포장재(합성수지 재질 포장재에 한함)이고 전동드릴, 볼펜 등 그 기능 수행을 위해 포장재가 일체를 이룰 수밖에 없는 제품 및 운반이나 수송을 위한 주류 상자 등 합성수지 재질(폐기물 종량제 봉투는 제외)은 예외이다.

3. 국외 포장재폐기물 재활용에 의한 온실가스 감축 사례

3-1. 프랑스 보너스-말러스제도

프랑스의 PRO(Producer Responsibility Organization)는 전국적으로 Eco-Emballages 와 Adelph의 2개 업체가 있으며, 5년 단위로 국가와 계약을 체결하여 폐기물의 회수와 재활용의 업무를 담당한다. 프랑스의 생산자들은 제품 포장재에 'Point Vert' 마크를 인쇄하는 방식으로 PRO에 포장재 처리 비용을 지불하며, 재활용이 어려운 포장재의 사용을 줄이고 '에코컨셉'에 부

[그림 1] 최종분담금 산정방식





특 집

[표 2] 포장재 재질별 기준 분담금(2015)

폐기물 성상	분담금(단위 : Cent €/kg)
철	3.15
알루미늄	9.28
종이박스	16.33
종이팩	17.04
PET병	24.22
병	24.47
플라스틱 기타	28.06
유리	1.21
기타	23.29

[표 3] 포장재 재질 개수에 따른 기준 분담금(2015)

폐기물 무게	분담금(단위 : Cent €/kg)
0 ~ 0.1g 이하	0.010
0.1g 초과 ~ 0.5g 이하	0.030
0.5g 초과 ~ 1.0g 이하	0.068
1.0g 초과	0.068

합하는 포장재의 사용을 유도하면서 소비자의 분리배출을 용이하게 하기 위해 보너스-말러스 제도를 도입하여 운영하고 있다. 분담금 계산을 위한 생산자들의 신고 방법은 두 가지로 구분된다.

① 상세내역 신고

② 카테고리 신고(출시한 제품의 개수가 18만 개 미만인 경우)

이 중 보너스-말러스 제도는 상세내역 신고 품목에만 적용되며, 생산자의 분담금은 (그림 1)과 같이 계산된다.




무게 기준 분담금은 포장재 재질별 킬로당 분담금을 의미하며, 재질의 수에 따른 분담금은 제품 사용 후 재활용을 위해 분리해야 하는 포장재 재질의 수를 의미하는 것으로 각 기준 분담금은 [표 2]와 [표 3]에 나타내었다.

재활용이 용이한 포장제품에 대해서는 보너스를, 그렇지 않은 경우에는 말러스를 적용하는데, 세부적인 기준은 아래와 같다.

- 보너스(Bonus)

보너스는 '포장재 축소 노력' 과 '인식제고에의 기여도'에 따라 지급되며, '포장재 축소 노력'은 다시 1) 무게 축소 2) 볼륨 축소 3) 리필 가능 여부로 구분되며, '인식제고에의 기여도'는 1) 분리배출표시 2) Eco-Emballages 협약 제품 표시

[표 4] 프랑스의 포장재 무게 및 볼륨 축소를 통한 온실가스 감축 효과 사례

 <p>AVANT APRÉS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 프랑스의 데오도란트 제품인 Rexona는 같은 용량을 유지하면서 포장재의 볼륨을 절반으로 축소 - 연간 알루미늄 47톤을 절감함으로써, 연간 788톤의 온실가스를 감축
 <p>AVANT APRÉS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 식사 대용 시리얼 제품인 Gerblé를 생산하는 식품기업 Nutrition et Santé는 제품 포장재의 무게/볼륨을 축소하고, 시리얼 배출구의 알루미늄을 제거하여 포장재의 재질을 단순화 - 제품 무게/볼륨 축소를 통해 기업은 운송비와 생산단가를 절감
 <p>AVANT APRÉS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 초콜렛 비스킷 제품을 생산하는 기업 LU는 플라스틱 용기를 제거하고 6개 들어 비닐포장재로 바꾸고 종이박스를 경량화 - 연간 300톤의 온실가스를 감축

[표 5] 말러스의 재활용이 용이하지 않은 포장 적용

유리	· 도자기나 세라믹 재질의 뚜껑 사용
종이팩	· 음료 제품의 종이팩 포장재 중 화이바의 함유율이 50% 미만인 경우 · 포장재 강도를 강화하기 위해 구조물을 넣은 포장재
플라스틱	· 알루미늄, PVC, 실리콘 재질이 섞인 PET병

마크인 <off pack> 표시로 구분된다. [표 4]는 포장재 무게 및 볼륨 축소를 통한 온실가스 감축 효과 사례를 나타낸 것이다.

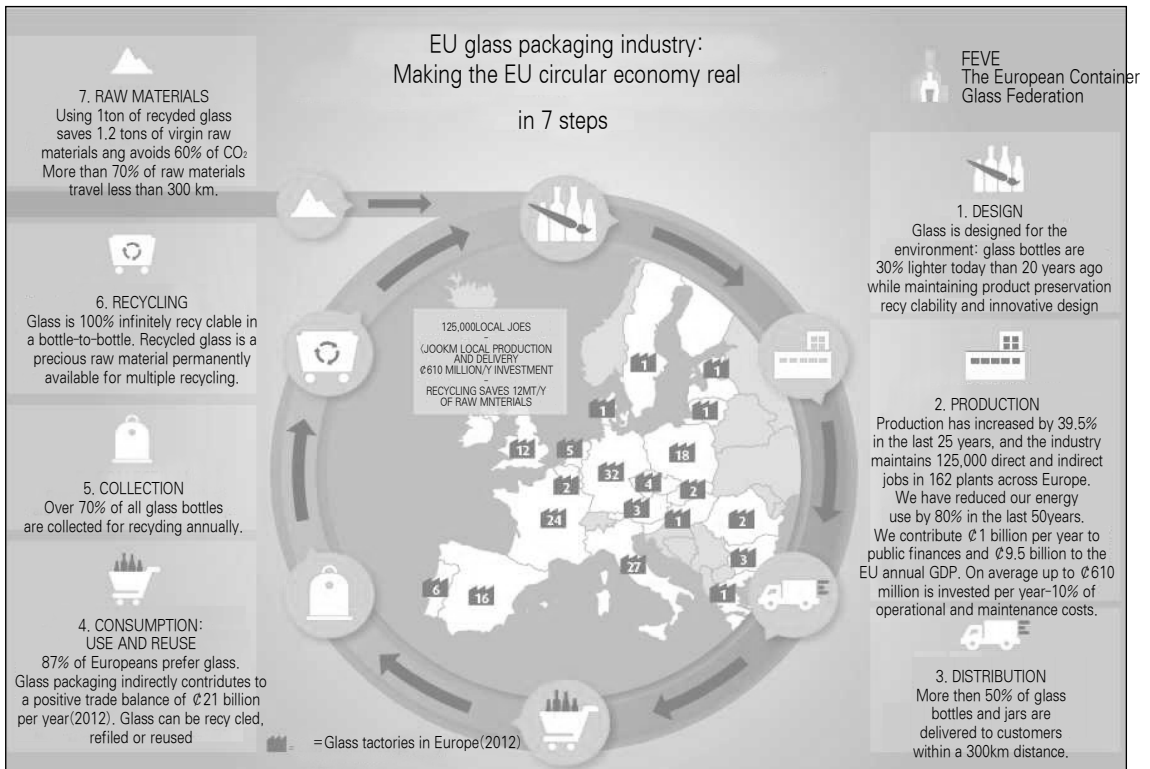
- 말러스(Malus)

말러스는 1) 재활용이 용이하지 않은 포장 2) 재활용이 불가능한 포장에 대해 각각 최대 50%,

100%의 패널티가 부과되는 것을 의미한다. 재활용이 용이하지 않은 포장은 아래의 3개 품목에 적용이 된다.

재활용이 불가능한 포장은 도자기, 세라믹 등 재활용이 불가능한 재질을 사용한 경우와 기타 재활용 품목이 아닌 재질을 사용한 경우에 해당하는

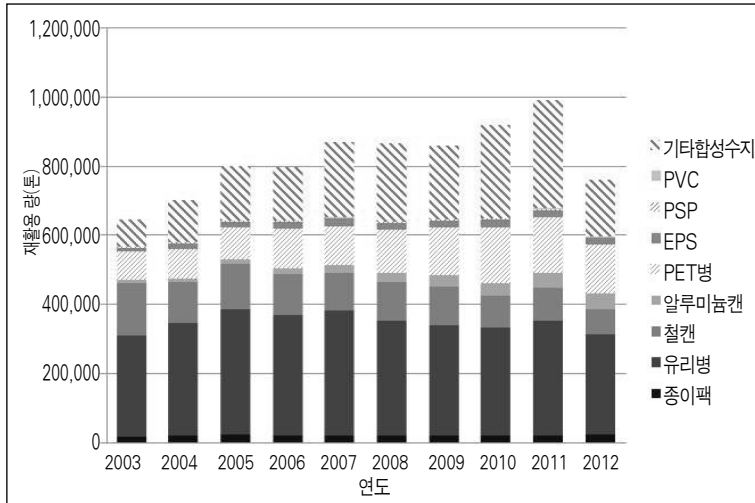
[그림 2] 유럽 유리용기 산업의 순환경제 모델





특 점

[그림 3] 국내 포장재폐기물 재활용 현황



다. Eco-Emballages는 보너스율을 2013년 2%에서 2014년 8%로 상향조정하여 보너스-말리스 제도를 강화하고 있다. 프랑스는 2014년 기준으로 32억톤의 포장재를 재활용하여 2.1백만톤의 온실가스 감축 효과를 보였다.

3-2. 유럽 유리용기 분야의 순환경제 패키지 계획

유럽유리용기협회(The European Container Glass Federation)는 유럽 순환경제 패키지 계획의 일환으로 유리용기 산업 분야에서도 순환경제를 구현할 수 있는 전략을 제시했다. 유리용기 생산부터 재활용에 이르는 전 과정에서 실천해야 하는 액션 플랜은 다음과 같다.

먼저 유리용기 설계에 있어서는 20년 전 유리용기와 비교할 때 30%가 가벼운 병을 디자인하고, 생산에 있어서는 유리용기 제조 분야에서 전 유럽에 걸쳐 162개 공장에서 12만 5천개의 직접적 혹은 간접적 일자리를 창출하고 있으며, 지난

50년 동안 에너지를 80% 절감하였다.

유통 단계에 있어서는 공장에서 생산한 유리용기의 50%가 생산공장 반경 300km 내에서 소비되도록 하고 있다. 또한 유리용기 재활용률을 70% 이상으로 높여 병에서 병으로 재사용되는 비율을 높임으로써 신원료의 사용을 절감한다.

재활용 유리를 1톤 사용하면 신원료 1.2톤을 절감하는 이익을 가져오며, 이는 이산화탄소를 60% 감축하는 효과를 낸다.

유럽은 다수의 국가가 공동경제 연합체제를 구성하고 있는 만큼, 그러한 특징은 지역순환 완결형(closed loop)의 구조를 구현하는데 유리하게 작용할 것으로 전망된다.

4. 포장재폐기물 재활용 온실가스 감축 효과 분석

4-1. 국내 포장재폐기물 재활용 현황

[그림 3]은 국내 포장재폐기물 재활용 현황을 정리한 것이다. 포장재폐기물의 연도별 재활용 현황을 살펴보면 EPR 제도가 처음 시행된 2003년에는 총 642,845톤이 재활용되었으며, 이후 해마다 점차 증가하는 경향을 나타내며 2011년에 총 988,629톤의 포장재폐기물을 재활용하였다.

그러나 2012년에는 재활용 양이 758,569톤으

로 2011년에 비하여 감소되었으며, 이는 포장재 폐기물의 발생량이 감소하였기 때문이다.

포장재폐기물의 종류별 재활용 현황을 살펴보면 2012년 기준으로 유리병이 290,070톤으로 가장 많은 재활용량을 나타내었다. 기타합성수지(용기류, 필름시트형)는 재활용량이 점차 증가하여 2011년에 311,091톤으로 가장 높았으나 2012년에는 163,948톤으로 감소하였다.

4-2. 온실가스 감축량 산정 모델

Waste Reduction Model (WARM)은 온실가스 감축 방안을 고려한 폐기물 관리 정책 결정을 돕기 위해 미국 EPA(Environmental Protection Agency)에서 개발한 모델이다. WARM은 기존 폐기물 관리 정책과 대안 정책에 대한 온실가스 배출량을 비교할 수 있게 온실가스 저감량

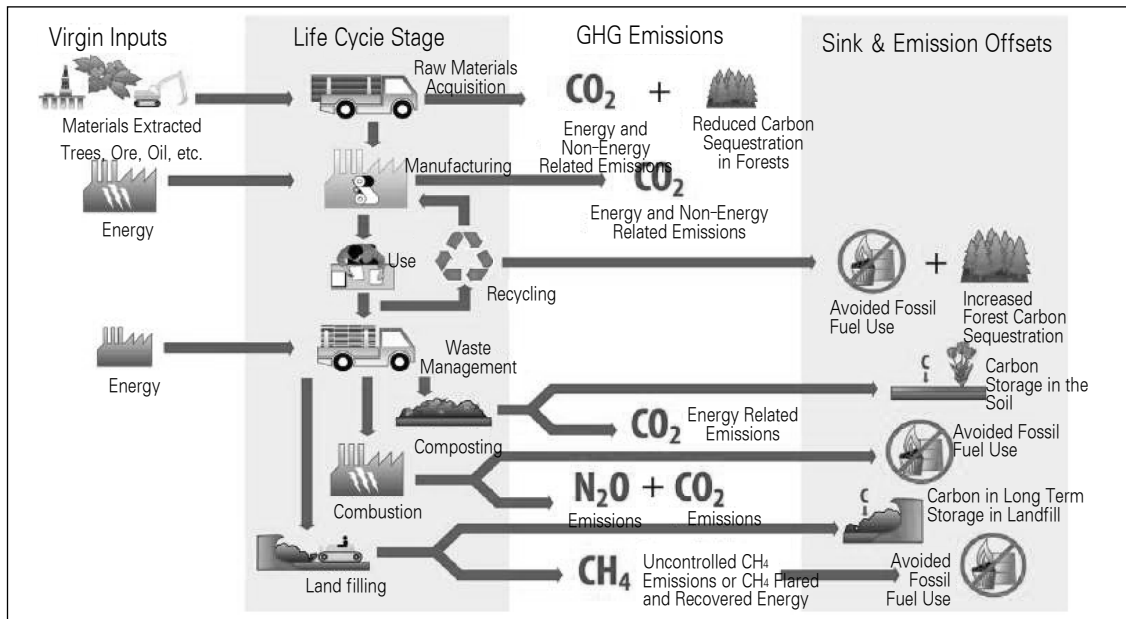
을 계산하며, 2015년 현재 Ver. 13이 공개되어 있다. WARM에서 고려하는 폐기물 관리 정책은 폐기물 배출량 감소, 재활용, 소각, 매립, 퇴비화의 총 5가지 방안을 대상으로 하고 있으며, [그림 4]는 WARM의 경계범위를 나타낸 것이다.

4-3. 포장재폐기물 처리방법별 온실가스 배출량 산정

포장재폐기물 재활용에 의한 온실가스 저감량을 산정하기 위하여 아래의 식을 이용하여 산정하였다. 재활용에 의한 온실가스 저감량 산정을 위해 폐기물을 재활용하지 않았을 경우 처리방법인 소각 또는 매립에 의한 온실가스 배출량을 산정하여야 한다.

또한 재활용을 하지 않음으로 인해 원재료를 생산하게 되며 이로 인한 온실가스 배출도 포함시켜야 한다.

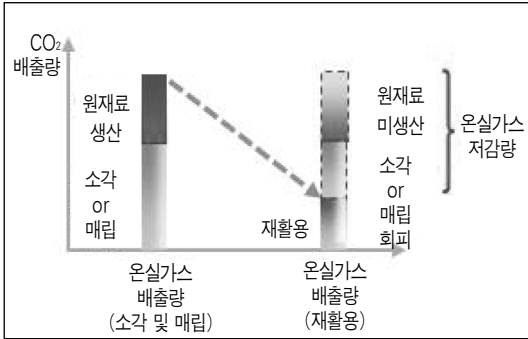
[그림 4] WARM에서의 경계 범위





특 점

[그림 5] 재활용에 의한 온실가스 저감량 산정



다음으로 폐기물 재활용에 의한 온실가스 저감량 산정을 살펴보면 포장재폐기물을 재활용하게 됨으로 인해 처리방법인 소각, 매립의 온실가스 발생량과 원재료 생산에 의한 온실가스 발생량을 회피할 수 있게 된다.

여기에 재활용 공정 시 배출되는 온실가스 배출량을 고려하면 재활용에 의한 온실가스 저감량

을 산정할 수 있다(그림 5) 참조).

$$\text{온실가스 저감량 산정} = \text{온실가스 회피 저감량(원재료 미생산+소각 또는 매립 회피 저감량)} - \text{재활용 시 온실가스 배출량} \quad (1)$$

[표 5]는 포장재폐기물을 대상으로 온실가스 배출량 산정을 위해 WARM에서의 온실가스 산정 대상물질과 각 물질별 적용 가능한 폐기물 관리 방안을 나타낸 것이다. 합성수지재질 포장재의 경우 PET 병을 제외하고 WARM에서 일치하는 항목이 없어 혼합플라스틱(Mixed plastics)을 대상으로 온실가스 저감량을 산정하였다. 적용가능 폐기물 관리 방안의 경우 불연성 물질인 유리병, 철캔, 알루미늄캔은 소각을 할 수 없는 물질이기 때문에 폐기물 관리방안으로 재활용과 매립만을 고려하였으며, PET 병, 합성수지, 종이팩

[표 5] WARM 적용 물질 및 폐기물 관리방안

EPR에서의 포장재 폐기물		WARM의 온실가스 산정 대상물질 (고유 배출계수 제시 물질)	적용가능 폐기물 관리방안	
유리병		Glass	재활용/매립	
금속캔	철캔	Steel Cans		
	알루미늄캔	Aluminum Cans		
합성수지 재질포장재	PET병	무색	PET	
		유색		
		복합		
		합계		
	EPS			Mixed Plastics
	PSP			
	PVC			
기타합성수지	용기류, 트레이			
	필름시트형			
합계				
종이팩		Mixed Paper (general)	재활용/소각/매립	

의 폐기물 관리방안은 재활용, 소각, 매립의 3가지를 고려하였다.

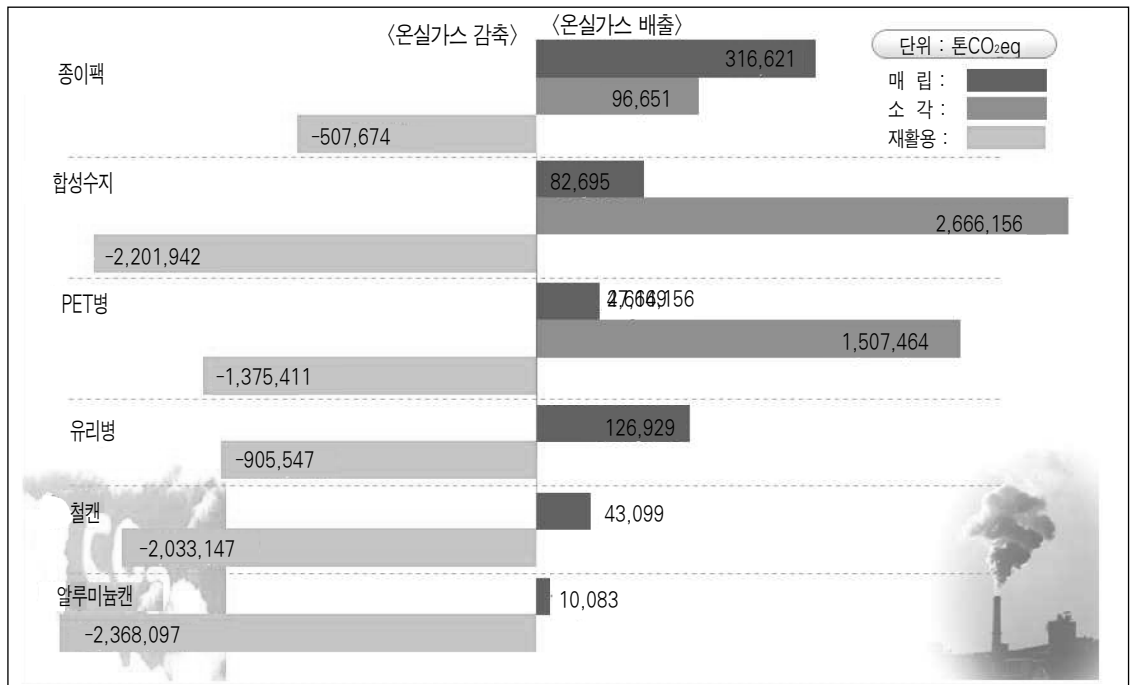
[그림 6]은 2003년부터 2012년까지 포장재폐기물 처리방법별 총 온실가스 배출량 및 저감량을 나타낸 것이다. 산정결과 매립 및 소각의 경우 온실가스가 배출되나 재활용은 온실가스가 감축되는 것으로 나타났다. 소각에서는 합성수지가 2,666,158톤CO₂eq로 가장 많은 온실가스를 배출했으며, 다음으로 PET병이 1,507,464톤CO₂eq를 배출하였다. 이에 반해 종이팩은 96,651톤CO₂eq로 합성수지 및 PET병과 비교하여 매우 낮은 온실가스 배출량을 나타내었으며, 이는 합성수지와 PET 병의 경우 소각 시 생물기원으로 인하여 소각 시 배출되는 CO₂가

온실가스 배출량으로 산정되나 종이팩은 생물기원으로 인하여 소각 시 배출되는 CO₂가 온실가스 배출량에 미포함되기 때문이다.

포장재폐기물을 매립하는 경우에는 소각과 반대로 종이팩이 316,621톤CO₂eq로 가장 많은 온실가스 배출량을 나타내었으며, 다음으로 유리병, 합성수지 순으로 나타났다. 다만, 매립 시 분해가 발생하지 않는 유리병과 합성수지의 온실가스 배출량이 철캔 및 알루미늄캔보다 높게 나타난 것은 재활용되는 양이 많아 수거 시 발생하는 온실가스 배출량이 많기 때문이다.

포장재폐기물을 재활용하였을 경우에는 알루미늄캔이 2,368,097톤CO₂eq로 가장 많이 감축되는 것으로 나타났으며, 다음으로 합성수지

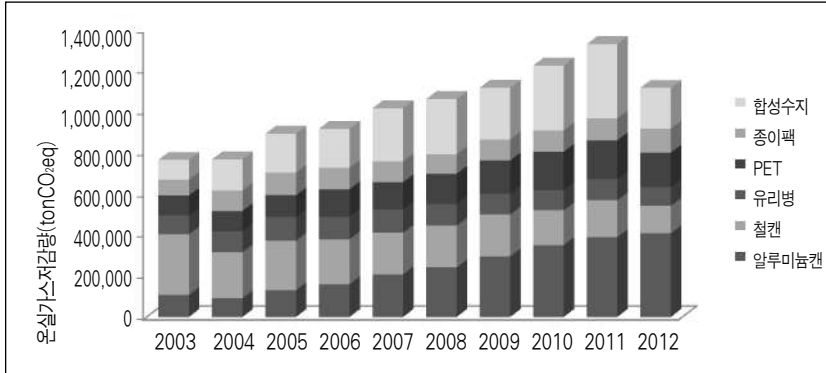
[그림 6] 폐기물 관리방안별 온실가스 배출 및 저감량(2003년~2012년)





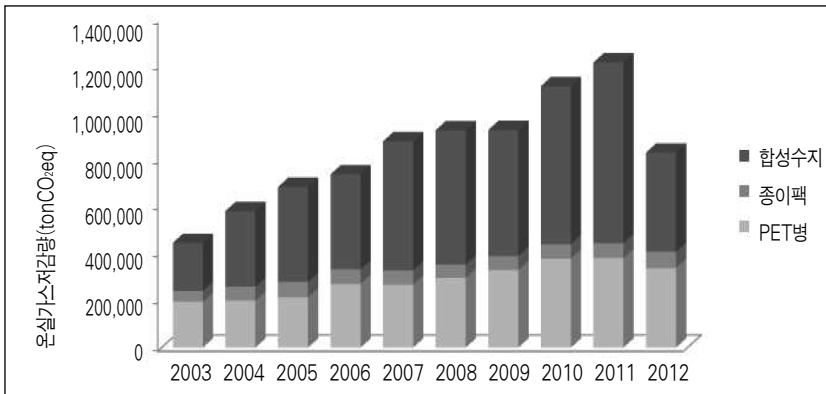
특징

[그림 7] 매립대비 재활용 온실가스 저감량



[그림 7]은 연도별로 포장재폐기물 종류에 따라 매립대비 재활용 온실가스 저감량을 나타낸 것이며, [그림 8]은 연도별로 포장재폐기물 종류에 따른 소각대비 재활용 온실가스 저감량을 나타낸 것이다.

[그림 8] 소각대비 재활용 온실가스 저감량



매립 및 소각회피에 따른 재활용 온실가스 저감량을 살펴보면 2003년부터 2012년까지 매립대비 10,211,696톤CO₂eq가 감축되는 것으로 나타났으며, 소각 대비로는 8,355,298톤CO₂eq가 감축되는 것으로 분석되었다([표 6] 참조).

2,201,942톤CO₂eq, 철캔 2,033,147톤CO₂eq로 나타나 원재료 미생산에 따른 온실가스 감축량이 매우 큰 것으로 분석되었다.

4-4. 포장재폐기물 재활용 시 온실가스 저감량

재활용되었을 때의 온실가스 저감량과 재활용됨으로 인하여 매립 또는 소각 처리되지 않은 것에 대한 온실가스 회피 저감량을 합산하여 포장재폐기물 재활용에 따른 온실가스 저감량을 산정하였다.

매립 및 소각 회피효

과를 포함한 재활용 온실가스 저감량을 포장재폐기물 1톤당 저감량으로 환산하면 매립 대비 1.3톤CO₂eq가 감축되며, 소각 대비 2.4톤CO₂eq가 감축된다([그림 9] 참조).

따라서 포장재폐기물 1톤을 재활용 하였을 때의 온실가스 감축효과를 비교하면 승용차 1대당 연간 2.4톤CO₂eq가 배출되기 때문에 매립 대비 승용차 0.5대, 소각 대비 승용차 1대의 연간 온실가스 배출량을 감축하는 효과가 있는 것으로 나타났다.

[표 6] 매립 및 소각 회피효과를 포함한 재활용에 의한 온실가스 저감량 (단위 : 톤CO₂eq)

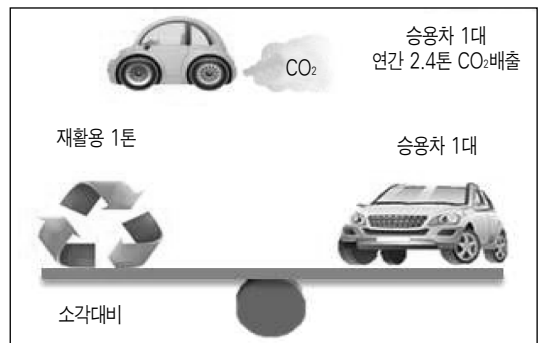
구분	매립기준		소각기준	
	총 저감량	원단위 저감량(톤CO ₂ eq/톤)	총 저감량	원단위 저감량(톤CO ₂ eq/톤)
알루미늄캔	2,378,180	9.2	-	-
합성수지	2,284,637	1.1	4,868,098	2.3
철캔	2,076,246	2.0	-	-
PET병	1,422,560	1.2	2,882,875	2.4
유리병	1,032,476	0.3	-	-
종이팩	1,017,597	5.1	604,325	3.5
합계	10,211,696	1.3	8,355,298	2.4

5. 맺음말

해외의 설문조사를 참고하면, 해외의 경우 이미 재활용을 고려한 녹색소비에 대한 시민들의 인식이 매우 높다는 사실을 확인할 수 있다. 종이팩 제조사인 테트라팩이 2015년 전 세계 12개 국가에서 6,000명의 소비자를 대상으로 실시한 설문조사에 따르면, 소비자의 75% 이상이 음료를 구입할 때 친환경 포장 여부에 영향을 받는다고 답변했다.

또한 프랑스의 PRO인 Eco-Emballages가 2013년 실시한 설문조사에 따르면, 10명 중 8명에게서 상품의 가격과 성분이 구매를 결정할 때 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났지만, 25%가 포장지가 환경에 미치는 영향, 무게, 재활용 가능 여부 등을 고려하는 것으로 나타났다. 또한 86%의 프랑스인이 포장재를 재활용 가능한 자원으로 인식하고 있었으며, 60%의 경우 환경친화적 포장이 상품과 브랜드에 대한 인식제고에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 드러났다. 또한 92%의 프랑스인이 재활용 가능한 포장재에 대해 긍정적인 인식을 하고 있는 것으로 밝혀졌다.

[그림 9] 포장재폐기물 재활용에 의한 온실가스 감축량



따라서 국내에서도 시민들의 재활용에 대한 인식을 높이기 위해서는 우선적으로 시민들이 환경친화적 포장 제품에 대해 관심을 가지고 녹색소비를 실천하게 되도록 동기부여가 이루어져야 할 것이다.

이를 위해 본 연구에서 도출된 정량적 지표를 이용하여 포장재폐기물 재활용에 대한 시민참여의 동기부여에 활용될 수 있을 것이며, 재활용에 대한 시민들의 인식 및 참여가 높아질수록 급변하는 기후변화 속에서 국가 전체의 자원순환 활성화와 온실가스 감축에 긍정적인 영향을 미치게 될 것이다. ☐