

플라스틱 패키징 감축의  
사회적 가치

Social  
Value  
Measurement  
Review

## 들어가며

‘사회적가치측정리뷰(Social Value Measurement Review, 이하 SVMR)’는 사회적 가치를 만들어내는 사례와 그 결과로 창출된 사회적 가치를 측정할 수 있는 방법을 소개하는 사회적가치연구원의 시리즈 보고서입니다. SVMR을 통해서 사회적 가치를 만들어내는 다양한 사회 주체들의 임팩트 있는 사례를 더욱 확산하고, 이를 측정하는 여러 사회적 가치 측정 방법을 탐색하고자 합니다.

지난 SVMR 제1호에서는 사회(Social) 영역의 사례를 다뤘습니다. 2021년 상반기, 국내 코로나19 재확산과 장기화로 심화된 독거노인과 노숙인의 결식 문제를 해결하기 위해 기획된 SK그룹의 「한 끼 나눔 온(溫)택트」 프로젝트의 사회적 가치를 살펴보았습니다. 프로젝트 운영 프로세스에 따른 핵심 이해관계자를 정의하고, ‘독거노인, 노숙인 결식해소 성과’, ‘소상공인 소득 증진 성과’, ‘소상공인 폐업 위기 극복 성과’ 등 각 단계에서 창출된 다양한 사회적 가치를 화폐단위로 측정했습니다.

이번 SVMR 제2호에서는 환경(Environment) 영역의 사례를 다루고자 합니다. 계속해서 중요한 사회문제로 주목받고 있는 플라스틱 패키징 이슈를 주제로 여러 기업들의 플라스틱 패키징 감축 사례를 살펴보고, 플라스틱 패키징 감축의 사회적 가치를 측정하는 방법으로 전과정평가(LCA)를 소개하고자 합니다. 기업들의 다양한 플라스틱 패키징 감축 노력이 ①원료 채취, ②원료 가공, ③포장재 생산, ④수송, ⑤폐기까지의 패키징 전과정에서 지구온실가스에 어떤 영향을 미치는지 여러 기업사례와 측정 예시를 통해 살펴보고자 합니다.

사회적가치연구원장  
나 석 권

# TABLE OF CONTENTS

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| <b>들어가며</b>                                           | 1  |
| <b>보고서 요약 - 플라스틱 패키징의 지구 온실가스 측정</b>                  | 3  |
| <b>Chapter 1   플라스틱 패키징</b>                           | 5  |
| 1) 플라스틱 패키징과 환경 영향                                    | 6  |
| 2) 국내외 규제 현황                                          | 8  |
| <b>Chapter 2   전과정평가 (Life Cycle Assessment, LCA)</b> | 11 |
| 1) 전과정평가 개요                                           | 12 |
| 1단계 : 목적 및 범위 정의 (Goal and Scope definition)          | 13 |
| 2단계 : 전 과정 목록분석 (Life cycle inventory analysis, LCI)  | 16 |
| 3단계 : 전 과정 영향평가 (Life cycle impact assessment, LCIA)  | 17 |
| 4단계 : 결과해석                                            | 19 |
| 2) 전과정평가의 적용: 지구온실가스 계산 예시                            | 20 |
| <b>Chapter 3   플라스틱 패키징 감축 사례와 전과정 평가의 적용</b>         | 27 |
| 1) 패키징 원천감량                                           | 29 |
| 2) 패키징 재사용                                            | 33 |
| 3) 패키징 재활용                                            | 37 |
| 4) 패키징 폐기물 소각                                         | 41 |
| <b>Chapter 4   시사점</b>                                | 45 |
| 1) 이해관계자들의 중요성                                        | 46 |
| 2) 전과정평가의 개선점                                         | 46 |
| <b>참고문헌</b>                                           | 48 |

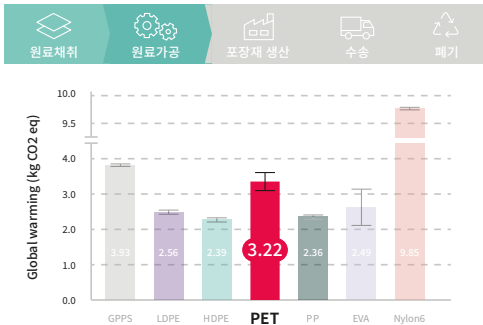
## 보고서 요약 - 플라스틱 패키징의 지구 온실가스 측정

플라스틱 패키징의 전과정은 ①원료 채취, ②원료 가공, ③포장재 생산, ④수송, ⑤폐기 크게 5단계로 구분할 수 있으며, 각 단위공정별로 환경영향을 계산할 수 있다.

PET병 1kg의 생산부터 폐기까지 방출되는 지구온실가스 배출량을 예시적으로 계산해 보면, 총 6.865kg CO<sub>2</sub> eq로 계산될 수 있다.

### 1 원료 채취 / 가공

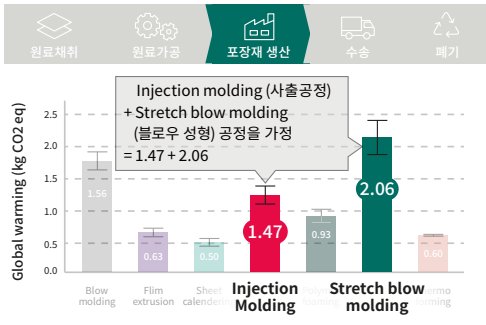
플라스틱 패키징 소재 별 지구온실가스 배출량



PET 원료 1kg 채취 및 가공 (3.22 kg CO<sub>2</sub> eq)

### 2 포장재 생산

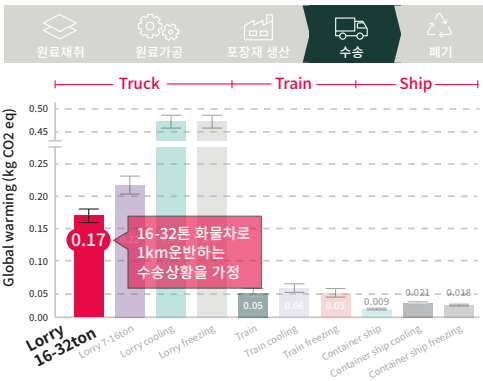
플라스틱 패키징 생산 공정 별 지구온실가스 배출량



PET 병 1kg 생산 (3.53 kg CO<sub>2</sub> eq)

### 3 포장재 수송

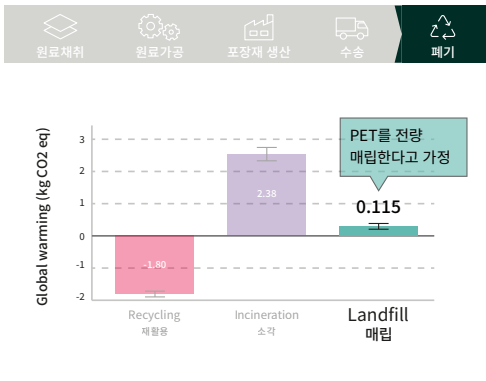
1ton(1,000kg)의 화물을 1km 운반 (1tkm)하기 위한 운송수단 별 지구온실가스 배출량



PET 병 1kg 수송 (0.00017kg CO<sub>2</sub> eq)

### 4 포장재 폐기

플라스틱 폐기물 1kg의 폐기물 처리 방법 별 지구온실가스 배출량



PET 병 1kg 폐기 (0.115kg CO<sub>2</sub> eq)



---

# Chapter 1

플라스틱 패키징

## 플라스틱 패키징

패키징이란 제품(product)의 상태를 보호하고 가치를 높여 소비자에게 제조 정보 및 마케팅을 위해 적합한 재료·용기 등으로 포장(packaging)하는 산업으로 근대의 패키징은 “물품의 생산에서부터 소비에 이르기까지 수송, 보관, 하역, 판매, 사용 등의 물품의 보호 및 취급에서부터 물품의 판매 촉진과 사용, 사용 후 처리까지 포함하는 것”으로 정의되고 있다.

패키징은 식품, 화장품, 생활용품, 전기·전자, 물류 등이 주요 적용 산업군으로 제조업에서부터 물류·유통업에 이르기까지 다양한 산업과 이해관계자들이 연계되어 있다. 크게는 패키징 소재 생산업체(Raw Material), 패키징 제품생산·가공업체 (Converter), 패키징 기계업체(Converting Equipment), 패키징 디자인 및 수송 업체(Design & Logistics)로 나뉘질 수 있다. 패키징이 다양한 산업 및 이해관계자와 연결되어있기 때문에 패키징이 미치는 환경 영향을 줄이기 위해서는 각 패키징과 연결되어 있는 프로세스와 공급망 관계에 대해서 살펴볼 필요가 있다.

### 1) 플라스틱 패키징과 환경 영향

#### ▪ 플라스틱 패키징 현황

패키징 산업의 30-40%는 플라스틱을 기반으로 하고 있다.<sup>1</sup> 플라스틱은 가공 또는 성형이 편하고 가벼우며 싸고 외부 환경(진동, 충격, 수분, 온도 등)에 강하다는 장점이 있어 패키징 분야에서 많이 사용된다. 전 세계 플라스틱 생산량의 46.5%가 포장재 및 용기 산업에서 발생한다.<sup>2</sup>

OECD 보고서에 따르면 전 세계 연간 플라스틱 폐기물은 2000년 156백만톤에서 2019년 353백만톤으로 두 배 이상 증가했다.<sup>3</sup> 2019년 플라스틱 폐기물의 9%는 재활용되었고, 19%는 소각되었으며, 50%는 매립되었다. 나머지 22%는 통제되지 않은 매립지에 버려지거나, 불에 타거나, 환경으로 유출되었다.

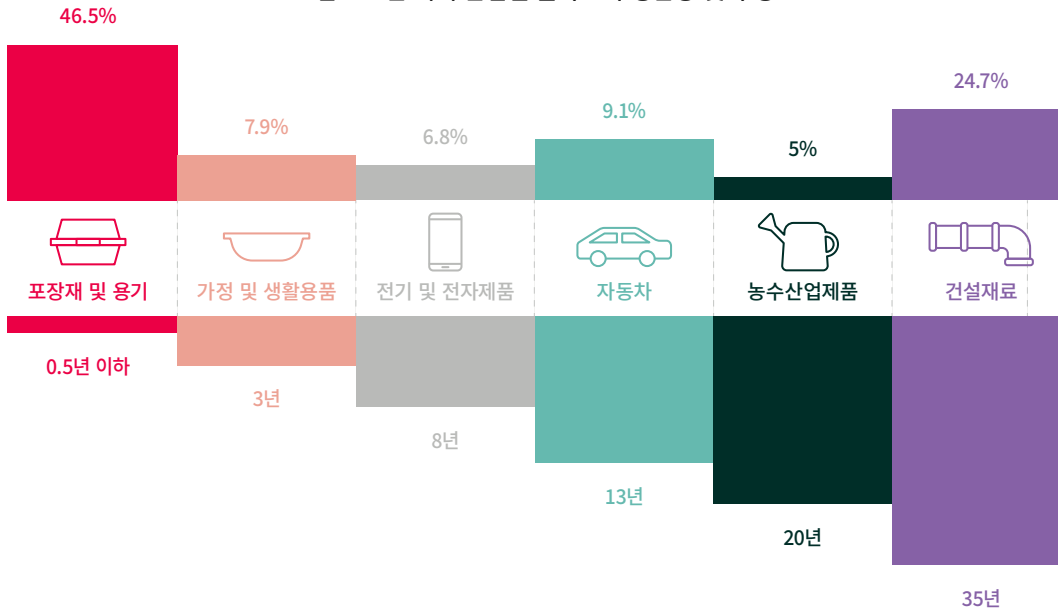
---

1 David Platt, 2021, The Future of Global Packaging to 2026, Smithers Pira

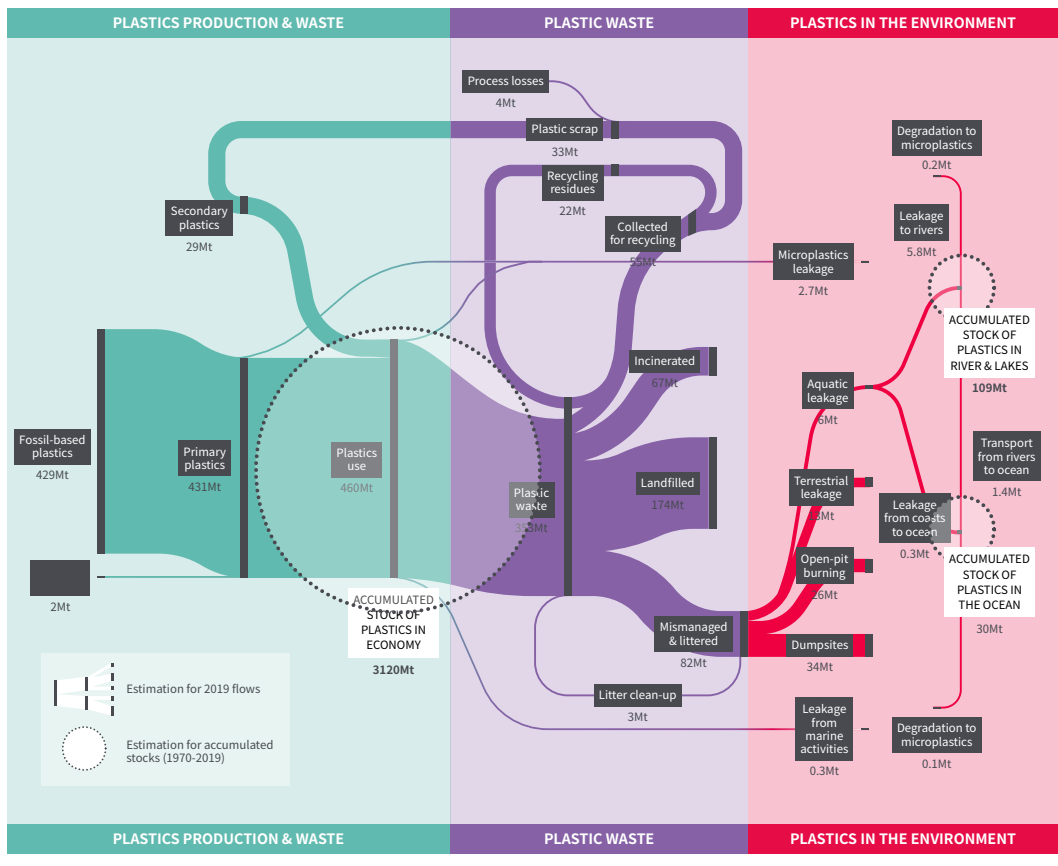
2 김이서, 2019, 플라스틱 대한민국-일회용의 유혹, 그린피스 동아시아 서울사무소

3 OECD, 2022, Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options, OECD Publishing

< 그림 1 > 전 세계 산업별 플라스틱 생산량 및 수명<sup>4</sup>



< 그림 2 > 플라스틱 현황 (2019년)<sup>5</sup>



4 김이서, 2019, 플라스틱 대한민국-일회용의 유혹, 그린피스 동아시아 서울사무소

5 OECD, 2022, Global Plastics Outlook Database



## ▪ 플라스틱의 환경 영향<sup>6</sup>

플라스틱은 생산부터 사용 이후 폐기 과정에서 여러 환경 영향을 발생시키는데 먼저, 생산 공정에서 많은 온실가스를 배출하게 된다. 플라스틱의 99%는 천연 화석연료를 기반으로 생산되고, 플라스틱 제품을 생산하기 위해서는 석유나 가스를 채굴하고 운반하여 정유 공정을 거치게 되는데, 엘렌맥아더재단(Ellen MacArthur Foundation)에 따르면 세계 석유 소비량의 약 6%가 포장재를 비롯한 플라스틱 원료의 추출 및 생산에 쓰인다고 추정하고 있다. 본 연구에 따르면 미국에서는 2015년 플라스틱 생산을 위한 석유나 가스 채굴 및 운반에 9.5~10.5백만 톤의 CO2 eq<sup>7</sup>가 발생하였으며 이외 나라에서는 대략 108백만 톤의 CO2 eq가 발생하였다.

특히, 플라스틱 생산 공정 중 지구온난화에 가장 많은 영향을 미치는 공정은 정유 공정이다. 2015년 기준 미국에서만 어림잡아 17.5백만 톤의 CO2 eq이 정유 공정에서만 발생하였으며 이는 자가용 380만대가 내뿜는 온실가스량과 같다. 전 세계적으로 봤을 때에는 184.3~213.0백만 톤의 CO2 eq를 배출하였으며 이는 자가용 4500만 대가 배출한 온실가스량과 동일한 수치이다.

이렇게 생산된 플라스틱은 사용 이후 주로 재활용, 매립 또는 소각되는데, 미국에서는 2015년 기준 소각으로 5.9백만톤의 CO2 eq가 나왔으며 전 세계적으로 16백만톤의 CO2 eq가 발생하였다. 플라스틱 생산부터 폐기까지의 전과정에서 발생하는 지구 온난화 가스를 추산해보면, 2019년 기준 86억 톤 CO2 eq에 달하며 2050년 280억 톤 CO2 eq에 달할 것으로 예측된다. 280억 톤 CO2 eq는 615개의 석탄 발전소에서 발생하는 온실가스량과 동일한 수치이다.

## 2) 국내외 규제 현황

이렇듯 플라스틱 문제가 심각해짐에 따라, 플라스틱 및 플라스틱 패키징의 국내외 규제가 강화되고 있다.

### ▪ 글로벌 규제

EU는 2015년 발표한 ‘순환경제 패키지(Circular Economy Package)’, 2020년 ‘순환경제 실행계획(Circular Economy Action Plan)’을 발표하고, 2020년 ‘플라스틱세(Plastic Tax)’를 채택하였다. 먼저, ‘순환경제 패키지’에서는 포장 폐기물을 2030년까지 70% 재활용하는 것을 목표로 하고 있으며, 이중 플라스틱 포장재는 재활용 목표는 55%이다. 이어서 발표된 ‘순환경제 행동계획’에서도 플라스틱과 포장재에 대한 규제는 지속되고 있는데, 2030년까지 포장재는 재사용 또는 재활용 가능한 포장재로 대체하도록 하는 내용을 담고 있다. 마지막으로 ‘플라스틱세(Plastic

---

6 CIEL, 2019, Plastic & Climate: THE HIDDEN COSTS OF A PLASTIC PLANET

7 Carbon dioxide equivalent를 의미하며, 지구온난화를 일으키는 모든 가스를 이산화탄소를 기준으로 변환하여 합산한 값이다.

Tax)’는 21년부터 시행되었는데, EU 회원국들은 연간 각 회원국에 할당된 포장재 플라스틱 발생량에서 재활용된 플라스틱을 제외하고 재활용이 불가능한 플라스틱 폐기물에 kg당 0.8 유로를 EU에 납부해야 한다.

뿐만아니라 최근 2022년 3월 개최된 제5차 유엔환경총회(UNEA)에서는 전세계 163개국이 2024년까지 플라스틱 오염을 방지하기 위해 법적 구속력이 있는 국제협약을 체결하기로 합의하였다. 합의안 초안은 플라스틱의 생산부터 재활용, 폐기까지 전과정을 포함하고 있다.

#### ▪ 국내 관련 규제<sup>8</sup>

정부는 2020년 12월 「생활폐기물 탈(脫)플라스틱 대책」을 확정해 발표했다. 플라스틱 발생자체를 줄이기 위한 방법으로(원천감량) 먼저 플라스틱 용기류의 생산과 사용을 제한하였으며, 이를 위해 일정 규모 이상의 용기류 생산업체를 대상으로 플라스틱 용기류의 생산 비율을 설정하여 권고한다. 또한 2022년부터 자원순환기본법에 따라 업체별로 자원 재활용이 쉬운지 평가하는 순환이용성 평가 제도를 활용해서 재활용이 상대적으로 어려운 플라스틱 용기는 생산 목표를 낮추고, 대신 재사용이나 재활용이 유리한 유리병은 생산 목표를 높인다. 플라스틱 재활용을 높이기 위해서는 포장 용기류 중 재활용이 어려운 포장재의 비율을 현재 34%에서 2025년에는 15%로 절반 이상 줄이겠다는 목표하에, 무라벨 용기를 사용하는 업체에는 생산자분담금을 절반으로 경감한다는 내용도 포함되어 있다.

---

<sup>8</sup> 환경부 보도자료, 플라스틱 전주기 발생 저감 및 재활용 대책 수립, 2020.12.24.,  
(<https://me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=1420640&menuId=286>)



---

# Chapter 2

전과정평가

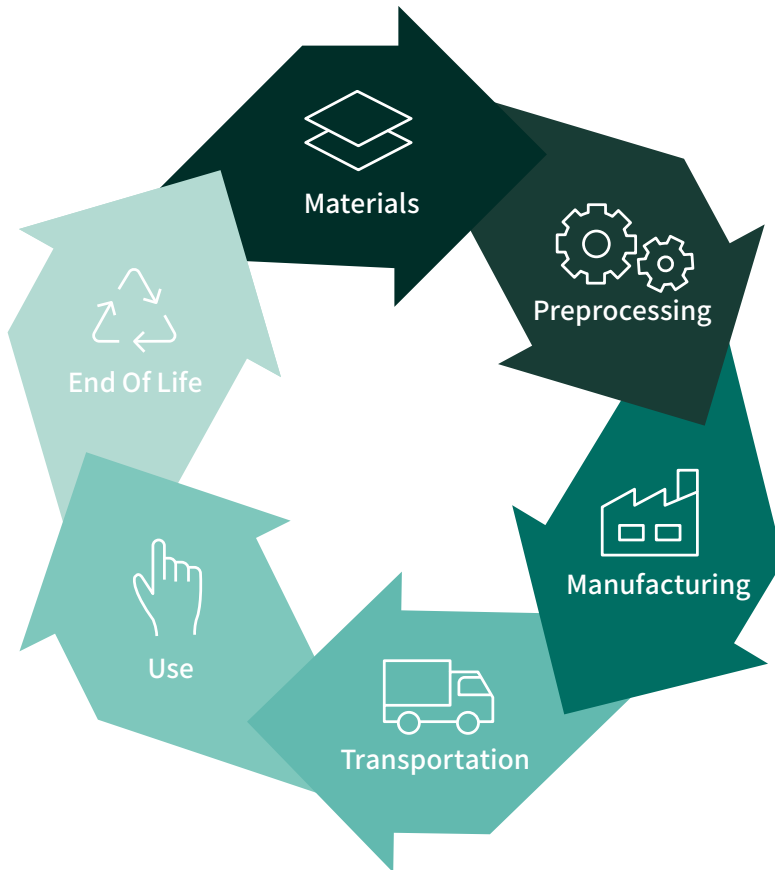
Life Cycle Assessment, LCA

## 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)

이번 장에서는 플라스틱 패키징 감축의 사회적 가치를 측정하는 방법 중 하나로 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)를 소개하고자 한다. LCA 방법론은 제품 및 서비스의 환경영향을 파악하는데 매우 중요한 방법론이라고 할 수 있으며, 특히 최근 기업이 환경이 미치는 영향을 줄이기 위한 노력이 강조되면서 기업들은 제품의 생산부터 폐기까지에 이르는 제품의 전과정에서 발생하는 환경영향을 고려하지 않을 수 없게 되었다.

플라스틱 패키징에서도 LCA 방법론을 적용하여 환경에 미치는 잠재적인 영향을 평가할 필요가 있다. 이를 통해 제품 개별 공정별로 가장 많은 환경부담 (Environmental burden)을 만들어내는 공정을 찾아내고 이를 개선하기 위한 해결책을 찾을 수 있게 된다.

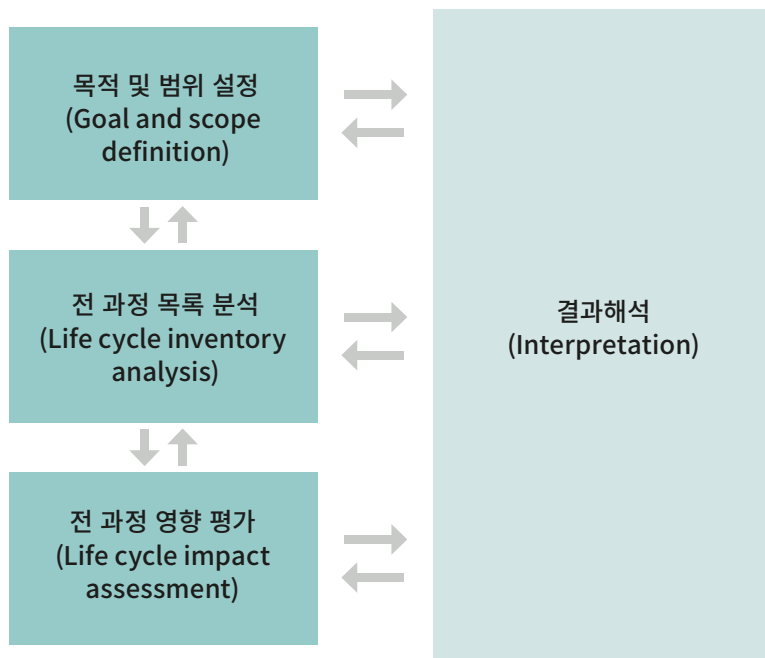
< 그림 3 > 제품의 전 과정



## 1) 전과정평가 개요

전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)는 제품의 전과정에서의 원료, 에너지, 화학물질 등의 투입과 폐기물, 오염물질, 재활용 등의 산출 흐름을 규명하고 잠재적인 환경영향을 평가하는 기법이다. 전과정평가에서는 제품 전 과정에서 사용되는 원재료 및 제품과 그에 따른 오염 물질 방출이 전부 정량화되어 도출되어진다. 전 과정 평가는 ISO 14040에 표준화되어있으며 ①목적 및 범위 설정 (Goal and scope definition), ②전 과정 목록 분석 (Life cycle inventory analysis), ③전 과정 영향 평가 (Life cycle impact assessment), ④결과해석 (Interpretation)의 4단계로 구성되어 있다. 본 장에서는 전과정 평가의 각 단계를 간단히 살펴보고, 특히 플라스틱 패키징과 관련하여 전 과정에서 발생한 환경영향을 어떻게 측정할 수 있는지를 중점적으로 살펴보고자 한다.

< 그림 4 > 전과정평가 구성요소



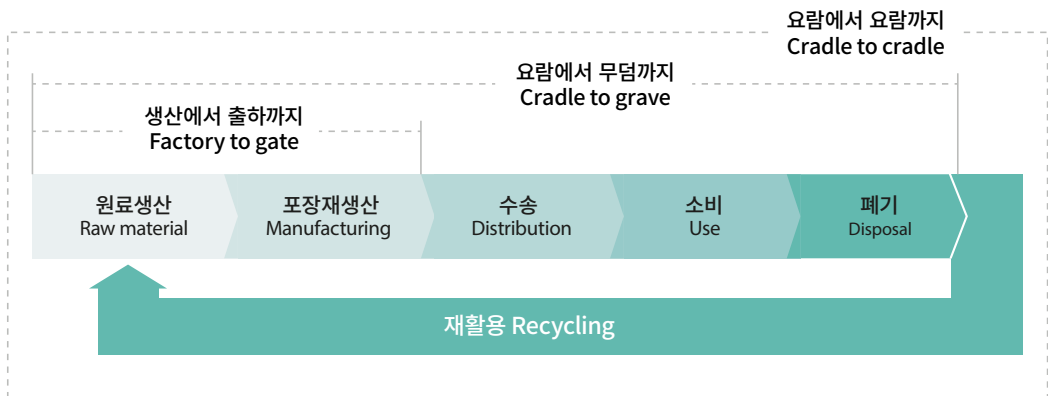
### 1 1단계: 목적 및 범위 정의 (Goal and Scope definition)

먼저, 전과정 평가의 사용목적에 따라 수집하는 자료, 분석방법 및 결과가 달라지기 때문에 전과정 평가를 수행하는 목적을 명확히 설정하는 것이 중요하다. 이때 전과정평가로 연구하고자 하는 대상(제품)이 무엇인지, 제품을 제조, 운송, 사용, 폐기하는 단계인 제품시스템과 기능, 측정범위를 설정할 필요가 있다.

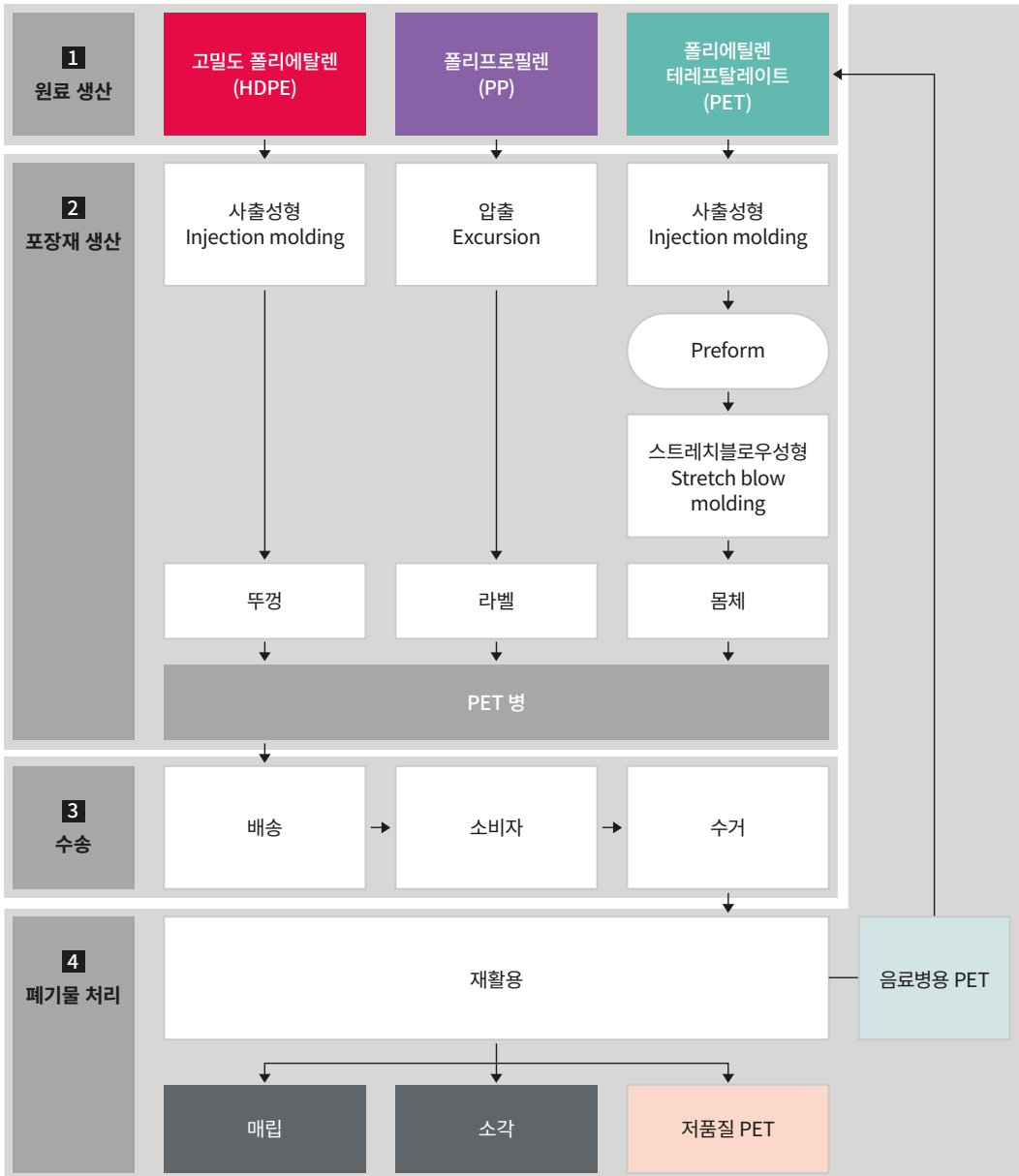
전과정평가를 수행하는 대상을 설정할 때는 제품의 기능, 기능단위, 기준 흐름을 정의하게 된다. 기능은 제품이 제공하고 의도하는 기능으로 음료 패키징의 경우 음료를 담아 소비자에게 전달하는 것이라 할 수 있다. 기능단위는 앞서 정의한 기능을 정량화하는 것으로서 500ml, 1L 등으로 정의될 수 있다. 기준 흐름은 기능을 수행하는데 필요한 제품의 총량으로 정의된 기능단위에 맞춰서 선정되며 이 기준흐름에 맞춰서 제품 시스템 전체의 흐름이 정해진다.

전과정평가는 제품의 전 과정에 대한 환경영향평가이다. 그러나 연구 목적 및 제품 특성에 따라 전 과정 단계에 대한 범위(시스템 경계)를 한정할 수 있다. 제품의 전과정은 제품의 이용목적과 특성에 따라 ①생산에서 출하까지(Factory to gate) ②요람에서 무덤까지(Cradle to grave) ③요람에서 요람까지(Cradle to cradle) 크게 3가지로 분류될 수 있다. 패키징의 경우 제품의 특성상 폐기 단계에서 재활용이 많은 비중을 차지하므로 모델을 구축 시 재활용까지 포함하는 ‘요람에서 요람까지(Cradle to cradle)’로 범위를 설정하는 것이 일반적이다.

< 그림 5 > 전과정 평가의 단계별 측정 범위



< 그림 6 > PET의 시스템 경계 예시

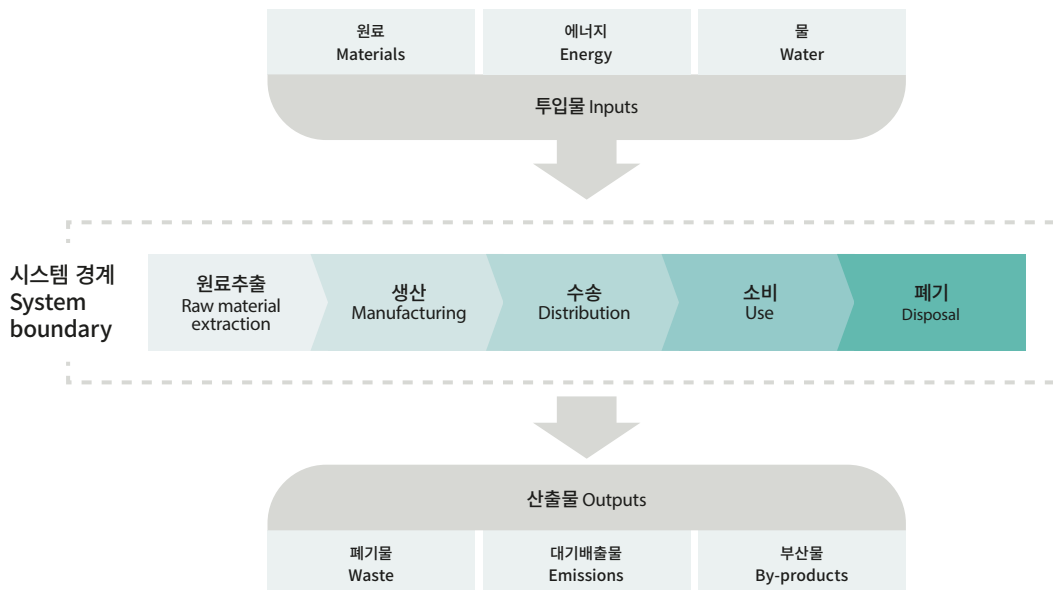




## 2 단계: 전 과정 목록분석 (Life cycle inventory analysis, LCI)

전 과정 목록분석(LCI) 단계는 연구의 목적 및 범위 정의 단계에서 설정한 연구의 목적 및 범위에 따라 데이터를 수집하고 검증 및 계산하는 데이터 처리과정이다. 연구 목적 및 범위 정의 단계에서 정의된 기준 및 요건에 따라 데이터를 수집해 사전에 정의된 기준흐름(Functional unit)을 계산한다. 전과정흐름도 작성을 통해 대상제품의 전과정에 걸친 단위공정을 규명 후 이를 공정흐름도로 도식화하고 데이터 할당을 위해 단위공정을 두개 이상의 공정으로 분할하여 데이터를 수집한다.

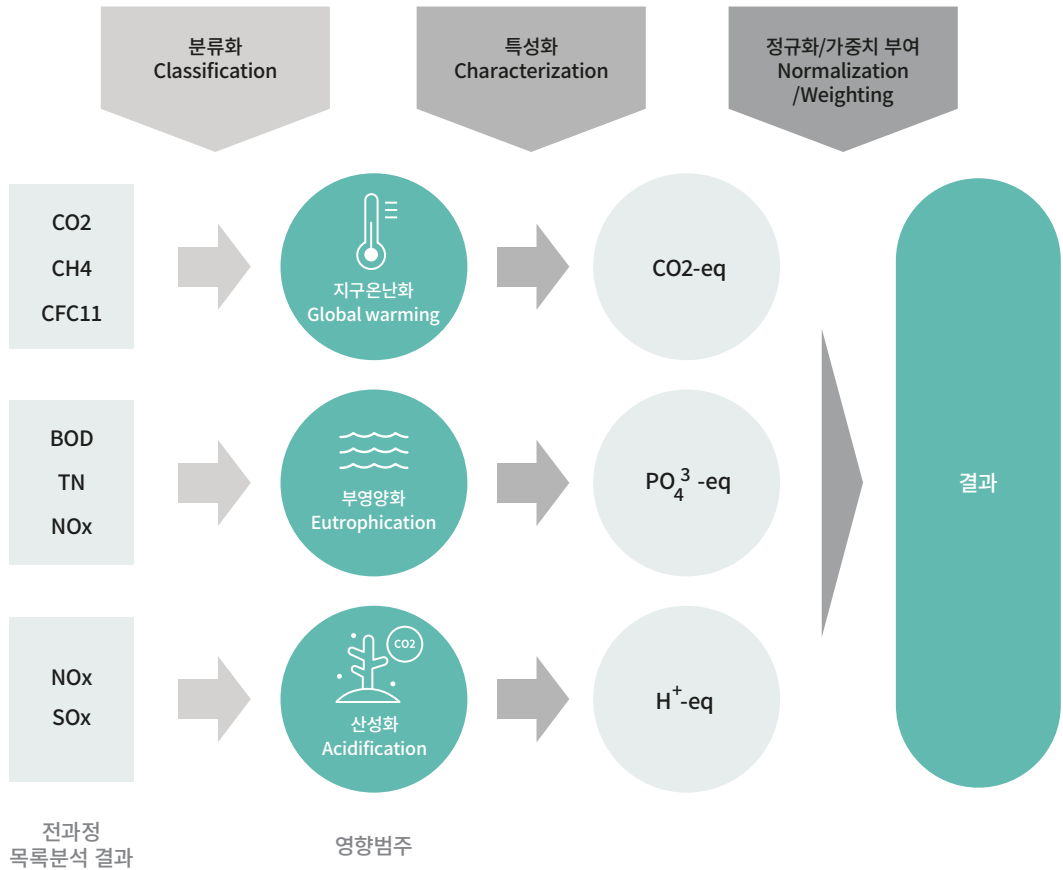
< 그림 7 > 전과정 목록분석



### 3 단계: 전 과정 영향평가 (Life cycle impact assessment, LCIA)

전 과정 목록분석을 수행한 후 대상 제품 및 시스템에 대한 환경영향을 파악하기 위해 전과정 영향평가를 수행하게 된다. 전과정 영향평가는 분류화(Classification), 특성화(Characterization), 정규화(Normalization), 가중치 부여(Weighting)단계로 구성된다.

< 그림 8 > 영향평가 프로세스



먼저, 분류화(Classification)는 전과정 목록분석 결과를 영향 범주별로 분류하는 과정이다. 영향범주는 전과정 평가 방법에 따라 달라지기는 하지만 일반적으로 자원고갈, 오존층파괴, 지구온난화, 부영양화, 산성화, 광화학적 산화물, 인체독성, 토지사용 등이 포함된다. 특정 물질은 하나 이상의 영향범주에 영향을 미칠 수 있다.

다음, 특성화(Characterization)는 영향범주별로 분류된 전과정 목록들이 각 영향 범주에 미치는 영향을 정량화하는 단계이다. 범주별 등가계수(특성화 계수)를 사용하여 각 영향범주와 관련된 물질의 환경영향을 하나의 단위로 통일할 수 있으며 이렇게 정량화된 영향을 통합할 수 있다. 예를 들어, 지구 온난화에 영향을 미치는 물질에는 이산화탄소(CO2), 메탄(CH4), 아산화질소(N2O), 프레온가스(CFCs)등이 있는데, 각 물질의 등가계수는 이산화탄소가 온실효과에 미치는 기여도를 1로 두었을 때, 다른 물질들이 온실효과에 미치는 영향을 나타낸다.

< 표 1 > 지구온난화 영향 범주의 물질별 등가계수

| 영향범주                     | 단위          | 물질명            | 등가계수 (특성화 계수) |
|--------------------------|-------------|----------------|---------------|
| 지구 온난화<br>Global warming | Kg CO2eq/kg | 이산화탄소 (CO2)    | 1             |
|                          |             | 메탄 (CH4)       | 56            |
|                          |             | 이산화질소 (N2O)    | 280           |
|                          |             | 사불화탄소 (CF4)    | 4400          |
|                          |             | 프레온가스 (CFC-11) | 5000          |

다음으로 정규화(Normalization)는 범주별 환경영향을 지역적인 인자 또는 시간적인 인자, 인구수에 의한 인자 등으로 나누는 단계이며, 가중치 부여(Weighting)는 영향 범주 별 상대적인 중요도(가중치)를 결정하는 단계로 필수적이기 보다는 선택적인 단계로 간주된다.

#### 4 4단계: 결과해석 (Interpretation)

연구 목적을 바탕으로 전과정영향평가의 결과를 해석하는 단계이다.

< 표 2 > 전과정 해석의 5가지 분석방법

| 분석                                            | 내용                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>기여도 분석<br/>(Contribution analysis)</p>     | <p>전과정평가를 통해 나온 결과값 중 각 단위공정들이 미치는 정도를 파악하는 과정이다. 통합 되어있는 전과정목록평가나 전과정영향평가의 결과값들을 몇 개의 하위 단계들로 재편성하여 어떤 하위 단계가 얼마큼의 환경 영향을 일으키는지 파악한다.</p>                                       |
| <p>민감도 분석<br/>(Sensitivity analysis)</p>      | <p>주요 가정과 데이터 변수가 전과정 목록 분석 및 영향평가의 결과에 미치는 영향을 검사하기 위해 수행된다. 전체 데이터 베이스 중 중요하다고 생각되는 한 부분을 결정해 데이터의 값을 조금씩 변화시켜서 전과정 목록평가 및 전과정 영향평가를 재계산한다. 재계산한 값들을 비교하여 변화한 값의 영향을 평가한다.</p> |
| <p>불확실성 분석<br/>(Uncertainty analysis)</p>     | <p>Pedigree matrix에 따라 각각의 데이터별 가진 확률밀도함수 및 표준오차를 가지며, 환경 영향 평가 또한 불확실성을 가진다. 이를 Monte Carlo Simulation을 사용하여 측정한다. 전과정목록 분석 및 전과정 영향평가의 결과별로 표준 오차값을 구할 수 있다.</p>               |
| <p>비교 분석<br/>(Comparative analysis)</p>       | <p>여러 개의 제품에 대한 전과정 평가의 결과를 비교하는 분석방법이다.</p>                                                                                                                                     |
| <p>통계 비교 분석<br/>(Discernibility analysis)</p> | <p>통계 비교 분석은 비교 분석과 불확실성 분석을 합친 것으로 이 분석 또한 Monte Carlo Simulation을 사용한다. 이를 통해 전과정평가의 비교 값들의 불확실성을 측정하고 줄이기 위한 개선 계획을 세울 수 있다.</p>                                              |

## 2) 전과정평가의 적용: 지구온실가스 계산 예시

본 보고서에서는 플라스틱 패키징 폐기물 감축의 사회적 가치를 측정하기 위해 전과정평가 방법을 적용하였다. 본 예시에서 다루고자 하는 플라스틱 패키징의 전과정을 단위공정별로 구분하면 ①원료 채취, ②원료 가공, ③포장재 생산, ④수송, ⑤폐기 크게 5단계로 구분할 수 있다.

< 그림 9 > PET 병의 전과정

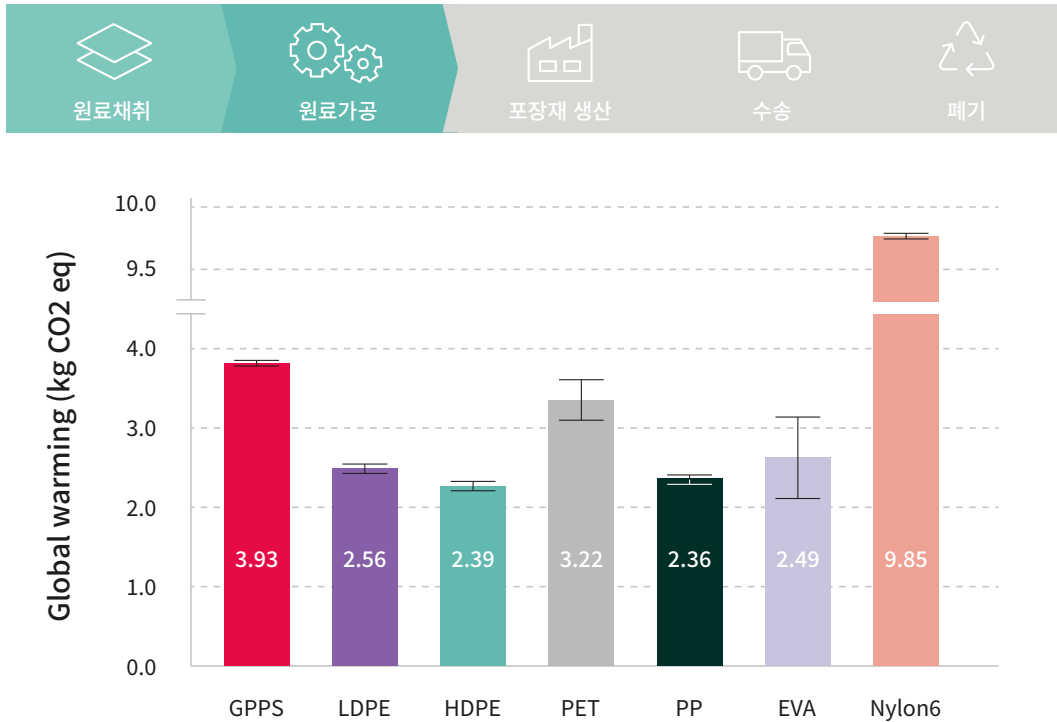


다음으로는 앞서 구분한 단위 공정 별로 투입물 및 산출물을 파악하고 그에 따른 환경 영향을 계산하게 된다. 실제 전과정평가에서는 다양한 환경영향을 모두 고려해야 하지만, 본 보고서에서는 전과정평가를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위하여 여러 영향범주 중 지구 온난화에 미치는 영향만을 고려하였다. 지구 온난화의 경우 Global warming potential (kg CO<sub>2</sub> eq)로 표현되는데 이는 지구 온난화를 일으키는 잠재적 물질을 이산화탄소의 지구온실영향력을 기준으로 환산 후 총합으로 나타낸 값이다.

앞서 설명한대로 패키징의 전과정을 단위공정 별로 나누어 소재 및 공정 별로 환경영향을 계산할 수 있다. 본 보고서에서 지구온실가스 영향을 도출하기 위하여 Ecoinvent 3.7(데이터베이스)과 ReCiPe2016 Midpoint(영향평가 방법)를 활용하여 계산하였으며, 각 지구온실가스 배출량은 평균값과 표준편차를 통해 데이터의 신뢰도를 나타내고 있다.

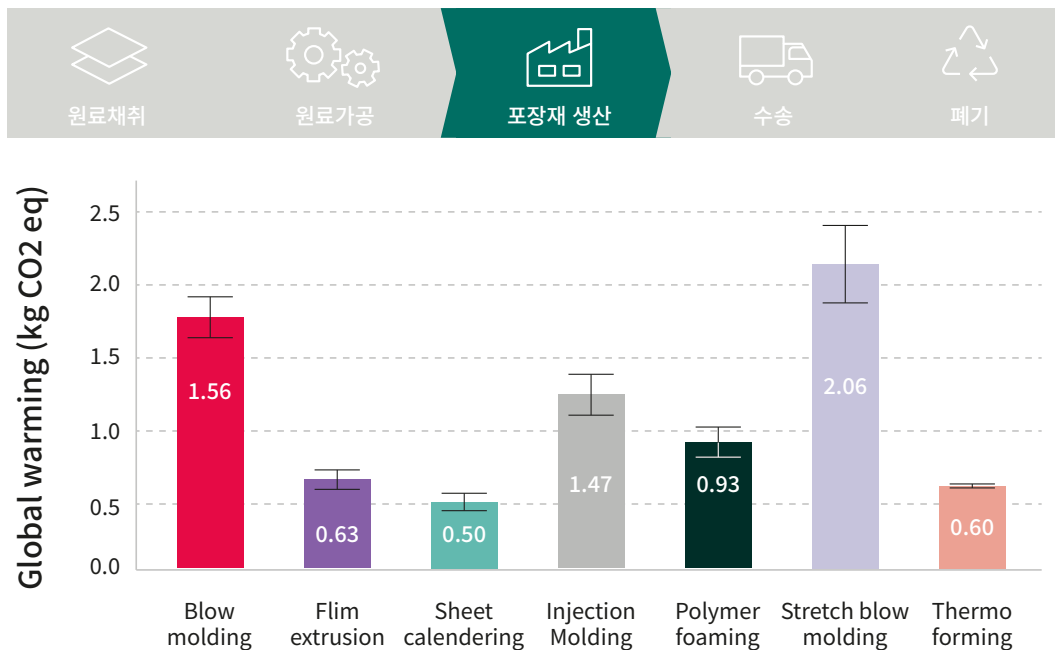
먼저 원료 채취 및 가공단계(원유 채취에서부터 중합을 통한 해당 플라스틱 소재의 생산까지)에서 1kg의 플라스틱 패키징 소재별 지구온실가스 배출량은 다음과 같다. 소재 별 지구온실가스 배출량이 가장 높은 것은 Nylon 6 (9.85 kg CO2 eq) 이며 General Purpose Polystyrene(GPPS), Polyethylene terephthalate (PET) 등의 순으로 나타났다.

< 그림 10 > 플라스틱 별 지구온실가스 배출량\*



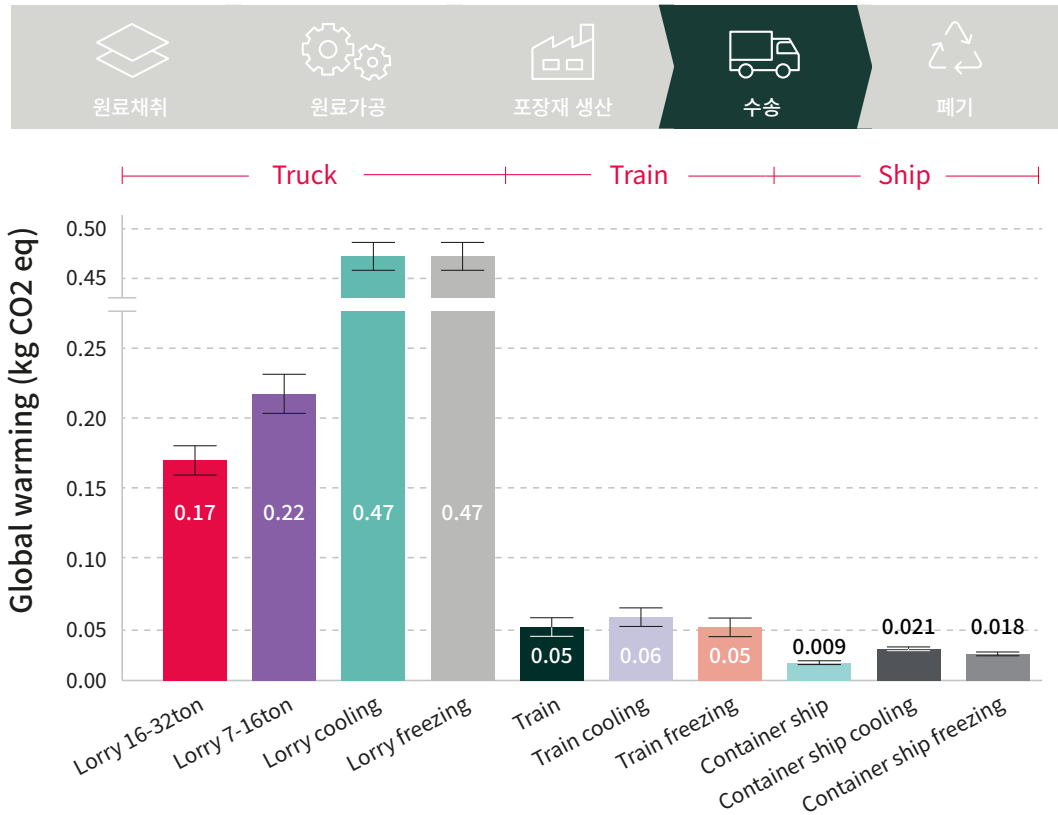
다음으로는 플라스틱 패키징 1kg의 생산 공정 별 지구온실가스 배출량을 계산했다. 대표적으로 비닐 봉투 생산에 많이 사용되는 블로우 성형 (Blow molding), 필름 생산을 위한 필름 압출 성형 (Film extrusion), 사출 공정(Injection molding), 발포 성형(Polymer foaming), PET 병 생산에 사용되는 스트레치 블로우 몰딩(Stretch blow molding), 용기 성형을 위한 열성형 공정 (Thermoforming)에 대한 지구 온실 가스 배출량을 계산하였으며 순전히 공정에 필요한 투입 및 산출물에 대한 계산으로 이전 단계인 원료 채취 및 원료 가공 단계는 제외되어있다. 즉, 공정 라인을 운용하기 위한 투입 및 산출물이므로 데이터 베이스의 주요 투입물은 전력, 공업용수, 가열을 위한 경유 및 천연가스 등이며 산출물로는 폐수, 스팀, 가공 중 발생하는 플라스틱 폐기물 등이 있다.

< 그림 11 > 플라스틱 패키징 생산 공정별 지구온실가스 배출량



다음으로는 **1ton의 화물을 1km 운반 (1tkm)**하기 위한 **운송 수단별 지구온실가스 배출량**을 정리하였다. 화물트럭 16-32톤 급 (Lorry 16-32 ton), 화물트럭 7-16톤 급 (Lorry 7-16 ton), 냉장 및 냉동 트럭, 화물열차, 냉장 및 냉동 화물열차, 화물선, 냉장 및 냉동 화물선에 대한 지구온실가스 배출량이 정리되어있다. 화물선과 화물기차가 화물 운송 시 화물 트럭 대비해서 월등히 지구온실가스 배출량을 적게 배출한 것을 볼 수 있다.

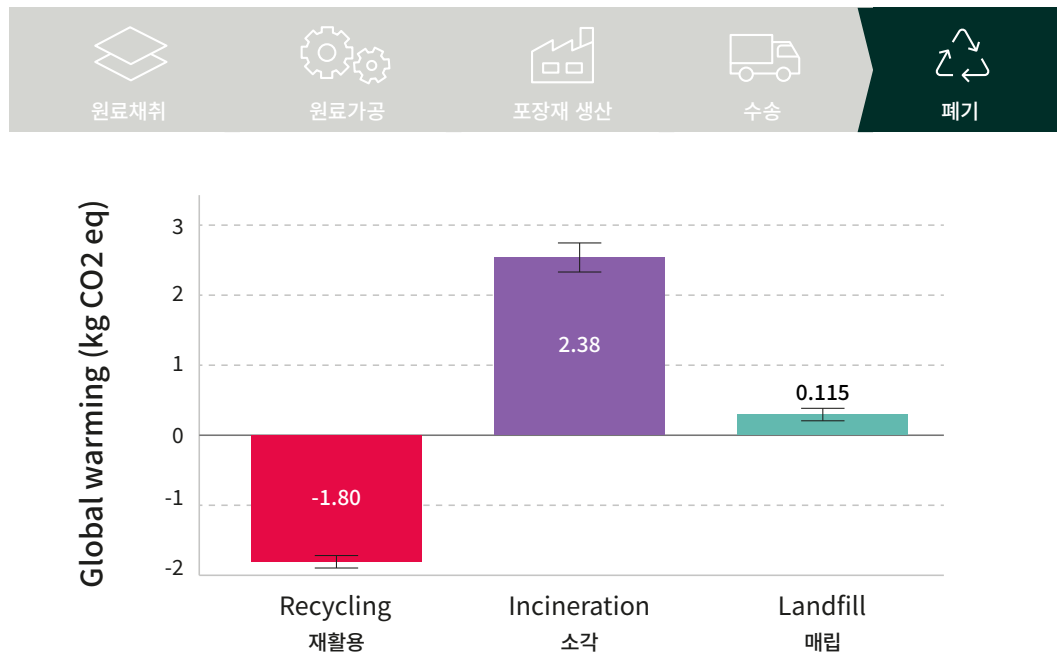
< 그림 12 > 운송 수단별 지구온실가스 배출량





마지막으로 플라스틱 폐기물 1kg의 폐기물 처리 방법 별 지구온실가스 배출량을 보여주고 있다. 재활용의 경우 플라스틱 폐기물을 재활용하는 공정 대비 재활용에 의한 신재 대체에 따른 환경 이득이 더 커서 지구온실가스 배출량이 마이너스로 계산되었으며 소각의 경우 폐기물 소각 중 배출하는 각종 대기 배출물에 의해 높은 배출량을 기록하였다. 플라스틱의 경우 매립 시 지구온실가스 배출량이 매우 적으나 매립의 경우 한정된 자원인 토지를 사용하게 된다는 단점이 있어서 폐기물 관리 대책에서 가장 후순위에 속해있다.

< 그림 13 > 폐기물 처리 방법 별 지구온실가스 배출량



지금까지 설명한 결과 값을 기반으로 간단하게 PET병 1kg의 생산부터 폐기까지 방출되는 지구온실가스 배출량을 계산해 보면, 생산부터 폐기까지 각 단계에서의 지구온실가스 배출량을 합하여 총 6.865kg CO2 eq로 계산될 수 있다.

- PET 플라스틱 1kg 생산 (3.22 kg CO2 eq)
- PET 병 생산 (Injection molding + Stretch blow molding = 3.53 kg CO2 eq)
- PET 병 수송 (16-32톤 화물차로 1kg을 1km 운반 = 0.00017 kg CO2 eq)
- PET 병 폐기 (전량 매립 = 0.115 kg CO2 eq)





---

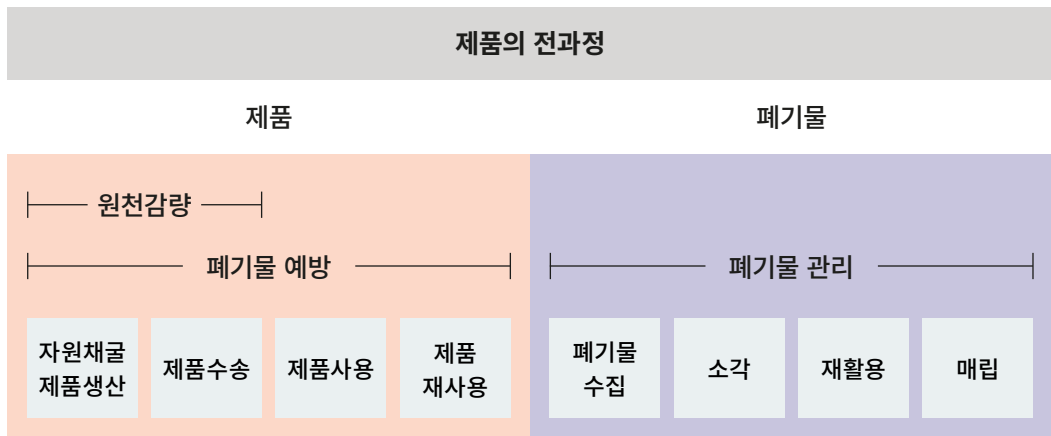
## Chapter 3

플라스틱 패키징 감축 사례와  
전과정 평가의 적용

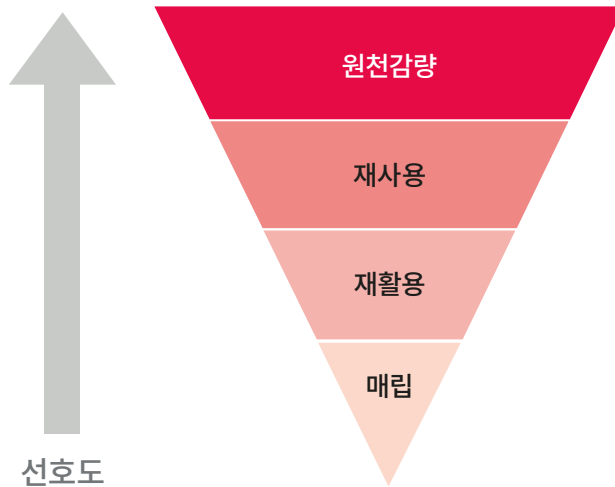
## 플라스틱 패키징 감축 사례와 전과정 평가의 적용

플라스틱 패키징 이슈가 견잡을 수 없는 지경에 이르자 플라스틱의 해양 오염, 그리고 땅과 바다의 생태계 위협이 중요한 의제로 떠올랐다. 전 세계 각국은 플라스틱과 관련된 다양한 정책과 전략을 마련 중이다. 사용량 저감, 소비 억제 및 폐기물 발생 억제(원천감량)부터 해양 투기 최소화와 예방, 회수 및 재활용, 그리고 제조 혹은 사용 금지에 이르는 다양한 방안이 제시되고 있다.

< 그림 14 > 폐기물 감량 관련 용어의 정의



< 그림 15 > 폐기물 관리 우선순위



지속가능한 폐기물 관리체계는 우선 폐기물 발생 자체를 미리 막는 것(Waste prevention)이 가장 중요하고 발생된 폐기물을 최대한 자원화한 뒤 마지막으로 남은 폐기물을 환경적으로 안전하게 처리하는 것이다. 이런 우선순위에 따라 폐기물을 관리해야 한다는 것은 오랫동안 각국이 공통적으로 겪은 경험의 산물이기도 하다.

이번 장에서는 플라스틱 패키징으로 인한 환경영향을 줄이기 위한 방법으로 원천감량, 재사용, 재활용, 소각 및 매립 사례를 살펴보고, 전 과정에 걸친 환경영향을 어떻게 측정할 수 있을지 예시적으로 보여주하고자 한다.

## 1) 패키징 원천감량

제품이 소비자에게 도달하기 전 단계 (자원채굴·제품 생산과 제품 수송·공급 단계)에서 발생량을 줄이는 것을 원천감량이라고 한다. 이러한 원천 감량은 1차 패키징 (제품을 직접적으로 보호하는 포장재)와 2차 패키징 (단위 포장된 제품을 효율적으로 운송·수송하기 위한 포장재)에 모두 적용될 수 있다.

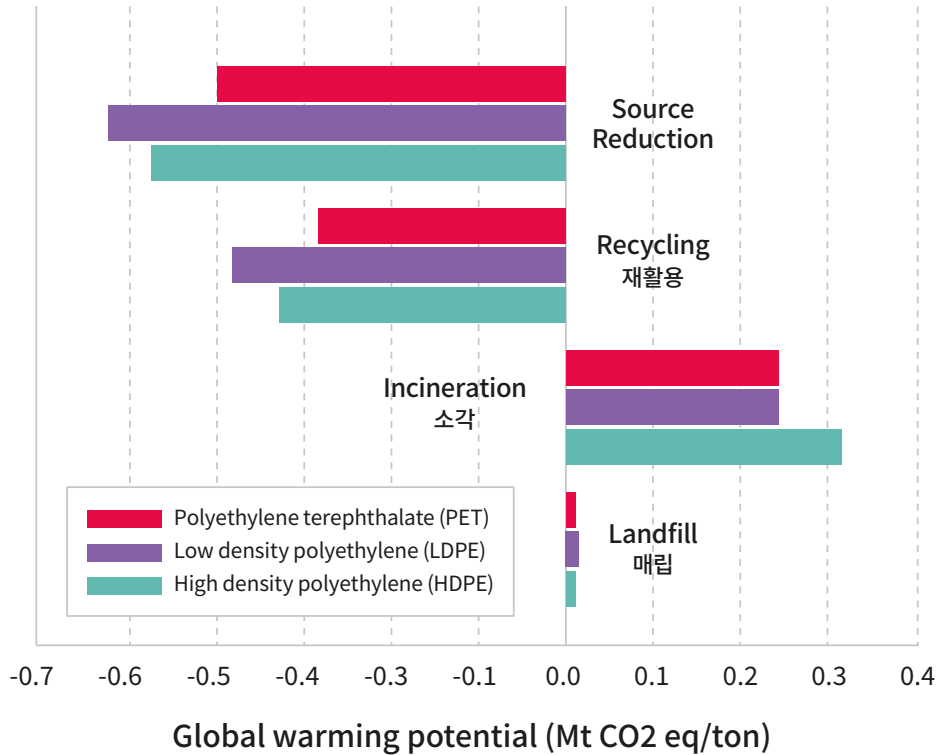
플라스틱 패키징으로 인한 환경영향을 줄이기 위한 방법으로 원천감량이 가장 중요한 이유는 원천감량이 제품의 전 과정에서 환경부하를 줄이는 역할을 하기 때문이다. 원천감량은 플라스틱 폐기물이 발생하기 이전에 이를 예방하는 조치 방안으로 이를 통해 후속 단위공정 별 투입량 및 공정 에너지 소모량이 전체적으로 줄어들게 되는 효과를 얻게 된다. 즉, 원천감량은 플라스틱 폐기물에 의한 환경부하를 줄이는 가장 효과적인 방법이라고 할 수 있다.

미국 환경부 (US Environmental Protection Agency, USEPA)에서는 2006년도 기준 1400만톤의 플라스틱 패키징 중 50% 절감 시 1485만 톤의 CO<sub>2</sub> eq가 절감된다는 연구를 진행하였다.<sup>9</sup> 추가적인 연구에서는 플라스틱 소재별 (PET, LDPE, HDPE)의 폐기물 처리 방법 별 (원천감량, 재활용, 소각 및 매립) 온실가스 방출량에 대해 비교 분석하였는데 그 결과는 다음과 같다.

---

<sup>9</sup> USEPA, 2009, Opportunities to reduce greenhouse gas emission through materials and land management practices.

< 그림 16 > 원천 감량과 폐기물 관리 방법에 따른 온실가스 총 배출량



다양한 플라스틱 소재에서 여러 폐기물 관리 방법의 온실가스 배출량을 비교하였을 때 원천감량(Source reduction)은 재활용(Recycle)과 같이 마이너스 값을 보여준다. 즉, 소각(Incineration)과 매립(Landfill)에 비해 온실가스 배출량을 줄이는데 효과적인 방법인 것이다.

▪ 원천감량 사례 - 풀무원 샘물<sup>10</sup>

풀무원은 ‘사람과 자연을 함께 사랑하는 로하스(LOHAS) 기업’이라는 가치와 정체성을 가지고 ‘환경을 생각한 포장원칙’을 준수하고 있다. 이 원칙은 네가지 구체적인 실천으로 이어지는데, 먼저 ①포장재의 플라스틱 사용량을 줄이고, ②재활용을 더 쉽게 할 수 있는 포장을 적용하며, ③화학물질이 없는 포장재를 사용하고, ④불필요한 포장을 줄이는 것이다. 본 보고서에서는 이 중에서도 포장재에서 플라스틱 사용량 자체를 줄이는 원천감량 사례를 소개하고자 한다.

대표적인 사례로는 풀무원 샘물 음료병이 있다. 풀무원은 용기 경량화를 통해 500ml 샘물 페트병 무게를 2009년 15g에서 2018년 11.1g 초경량 수준으로 줄였다. 이로써 2018년 연간 플라스틱 사용량을 2017년 대비 87톤이나 절감했다. 또한 2L 페트병도 지속적인 경량화 노력 결과 2019년 32.6g으로 줄였으며, 이를 통해 2018년 연간 플라스틱 사용량을 2017년 대비 58톤 줄였다.

10 풀무원 뉴스룸 보도자료, [풀무원의 ESG경영⑩] 지구 환경을 생각하는 풀무원 친환경 포장, 2021.06.25., (<https://news.pulmuone.co.kr/pulmuone/newsroom/viewEsg.do?id=2471>)

뿐만 아니라 풀무원샘물은 2013년 기준 뚜껑보다 낮은 높이의 뚜껑인 1.4g의 초경량 뚜껑을 국내 최초로 도입해 업계 평균 대비 42%의 이산화탄소 배출량을 절감하고, 플라스틱 사용량도 기존 대비 40% 절감했다.

< 그림 17 > 풀무원 원천 감량(용기 경량화) 사례



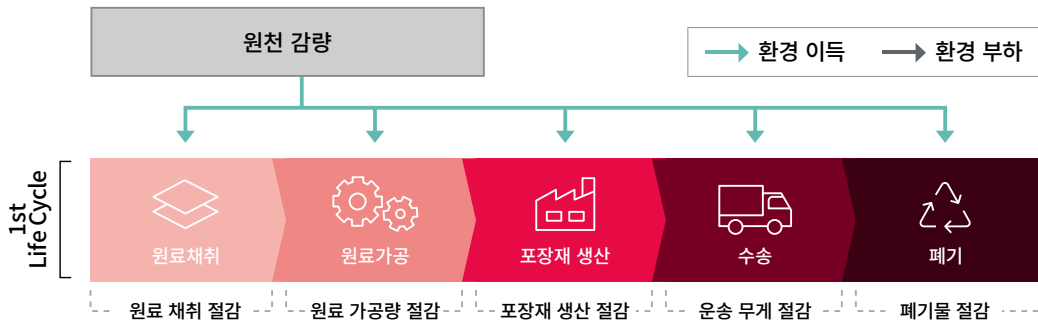
▪ 원천 감량의 환경영향 저감

풀무원 사례와 같이 경량화 노력을 통해 플라스틱 사용량 자체를 줄이게 되면, 기존 패키징 대비 원천 감량 무게 분 만큼 원료 채취를 덜하게 되고, 그만큼 적은 원료를 가공하여 동일한 품질의 패키징을 생산하게 되면서 온실가스 배출량 또한 줄어들게 된다. 또한 적은 무게의 패키징을 수송하게 되면서 운반 효율이 높아지고 이후 폐기물 감축에 따른 환경 이득 또한 확보할 수 있게 된다. 이러한 원천 감량에 따른 환경이득과 환경부하를 단위공정 별로 나누어 정리하면 아래와 같다.

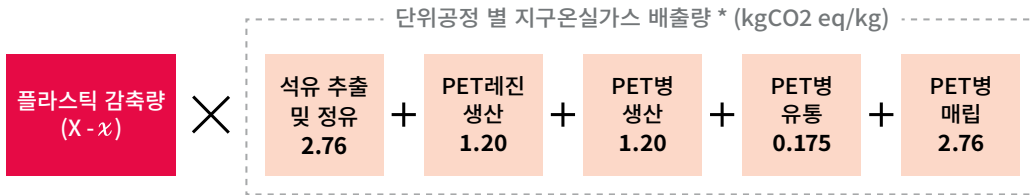
예를 들어, 원천 감량을 통해 플라스틱을 감축한 경우, 일반적인 플라스틱 병 생산 공정과 각 단위공정 별로 발생하는 지구온실가스 배출량을 기반으로 지구온실가스 저감량을 아래와 같이 계산할 수 있다. 기존 패키징에서 사용한 플라스틱 무게와 원천감량 이후 패키징에서 사용된 플라스틱 무게를 비교하여 플라스틱 감축량을 도출하고, 여기에 각 단위공정 별로 발생하는 지구온실가스 배출량을 곱하는 것이다. (참고로, 아래 지구온실가스 배출량은 위 사례에 맞게 연구자가 예시적으로 산출한 값으로, 앞 장의 지구온실가스 배출량 산출 예시에서 활용한 값과는 차이가 있다.)



< 그림 18 > 원천 감량이 제품의 전과정에 미치는 영향



< 그림 19 > 원천 감량에 따른 지구온실가스 저감 계산 예시



X = 기존 포장재의 무게

x = 원천감량 이후 포장재의 무게

## 2) 패키징 재사용

패키징의 재사용은 산업에서 다양한 의미로 사용되고 있다. 특히, 사용 후 버려지는 폐기물을 별도의 가공 없이 재사용을 하는 재활용의 개념과 비슷하게 사용되기도 하나 본 세션에서 다룰 패키징 재사용은 유통 포장재의 재사용을 의미한다. 이는 다른 말로 회수용 물류 용기 (Reusable transport packaging)로 지칭하며 이를 운용하는 시스템을 회수 물류라고 한다.

회수 물류를 구성하는 요소는 재사용, 재활용, 수리, 재생산, 반품, 회수, 수거/분류, 소각/매립 등으로 이루어져 있다. 본 보고서에서는 협의의 회수 물류 개념인 ‘물류활동에 사용된 포장 및 포장용기 등을 공급자가 고객, 또는 소비자로부터 회수하는 과정을 담당하는 물류’에 대하여 그 사례와 측정 예시에 대해 살펴보고자 한다.

### ▪ 재사용 사례 - 쿠팡 프레시백<sup>11</sup>

패키징 재사용의 대표적인 사례로는 쿠팡 프레시백이 있다. 국내 대표 이커머스 업체인 쿠팡은 지난 2019년 9월 송파구에서 시범운영을 실시한 것을 시작으로 현재는 전국에 재사용이 가능한 프레시백 포장을 도입했다. 프레시백을 도입한 이후 현재 쿠팡에서 전국으로 배송되는 신선식품 10개 중 7개는 친환경 프레시백으로 포장되고 있다.

< 그림 20 > 일회용 스티로폼상자와 재사용 가능한 로켓프레시 에코백

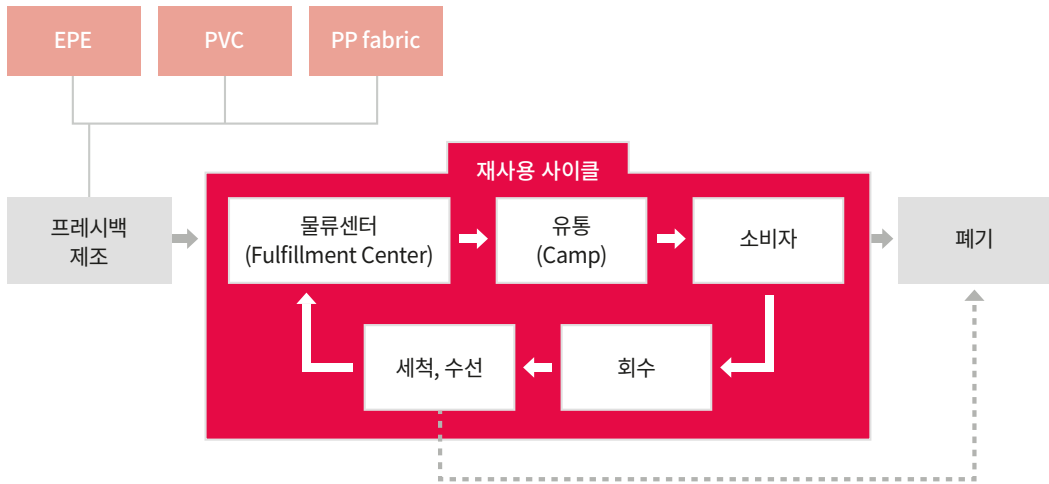


프레시백은 2021년 12월 기준 하루 평균 약 31만 개의 스티로폼 상자 사용을 대체하고 있으며, 이를 통해 2021년 연간 약 1억 개, 무게로는 약 3만톤에 달하는 스티로폼 상자 사용을 줄인 셈이다. 이를 환산하면 여의도 면적의 6.5배에 달하는 토지에 약 9백만 그루의 나무<sup>12</sup>를 심은 것과 맞먹는 탄소저감 효과가 있다. 쿠팡 프레시백의 회수율은 98%이며 회수 후 선별 과정에서 폐기율은 2% 정도이다.

<sup>11</sup> 쿠팡 뉴스룸 보도자료, 쿠팡 친환경 프레시백으로 연간 1억 개 스티로폼 상자 절약했다, 2022.01.27., (<https://news.coupang.com/archives/13290>)

<sup>12</sup> 30년산 소나무 1그루 연간 CO2흡수량 (국립산림과학원 기준) 기준

< 그림 21 > 쿠팡 프레시백 재사용 흐름



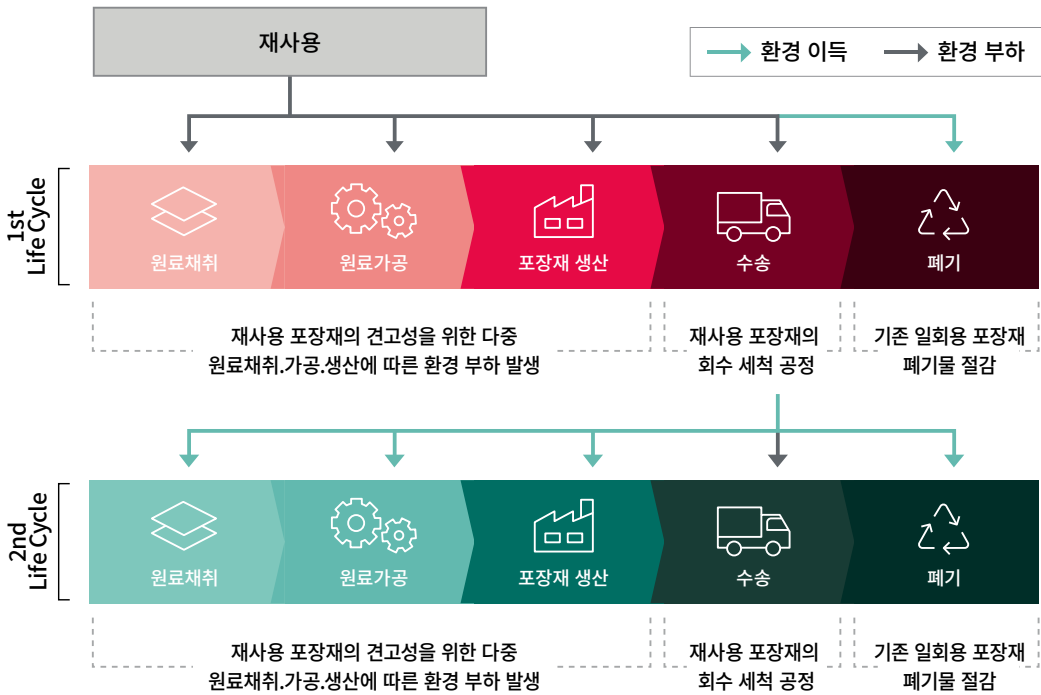
▪ 재사용의 환경영향 저감

쿠팡의 프레시백 사례와 같이 포장재를 재사용하게 되면 한 번만 사용하고 폐기되는 종이상자나 스티로폼(플라스틱) 박스를 사용하는 것에 비해 폐기물 절감 효과가 있다. 이러한 패키징 재사용에 따른 환경이득과 환경부하를 단위공정 별로 나누어 정리하면 아래와 같다.

한편, 패키징을 재사용하기 위해서는, 일회용 포장재에 비해 포장재를 견고하게 제작하기 위해해야 하므로 제품 생산과정에서 원재료 및 에너지가 더 많이 들어갈 수밖에 없고, 보관, 세척, 회수, 재사용하는 프로세스가 추가되어 이로 인한 환경 부하가 늘어나게 된다.

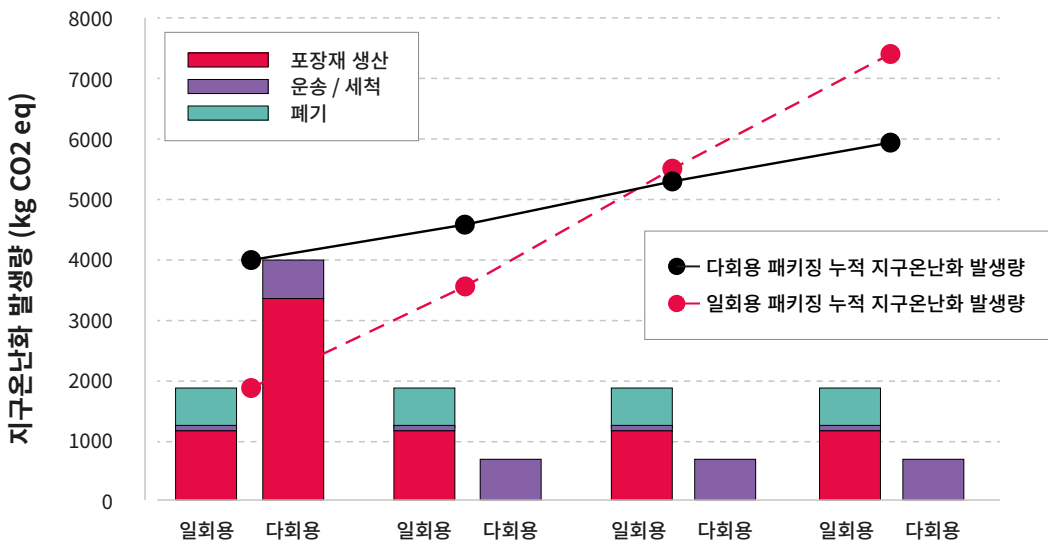
그러나, 제품의 전 과정을 고려할 때 제품의 첫 번째 사용주기 (1st life cycle)만을 고려하는 것이 아니라 두 번째, 세 번째 사용주기 이상을 고려한다면 첫 번째 사용주기에서 발생하는 재사용 포장재의 환경 부하는 이후 재사용에 의한 포장재 생산 절감을 통해 상쇄되고 추가적인 환경 이득을 확보할 수 있기 때문에 여러번 재사용 가능한 포장재를 사용할수록 환경부하는 줄어들게 된다. 이러한 패키징 재사용에 따른 환경이득과 환경부하를 단위공정 별로 나누어 정리하면 아래와 같다.

< 그림 22 > 재사용이 제품의 전과정에 미치는 영향



재사용 횟수에 따라 환경영향이 어떻게 달라지는지 알아보기 위해 기존 연구 (Accorsi et al.)에서 일회용 운송 패키징(골판지 상자)과 다회용 운송 패키징 (플라스틱 상자) 1,000개를 기준으로 환경 영향을 비교한 연구결과를 살펴 보았다.

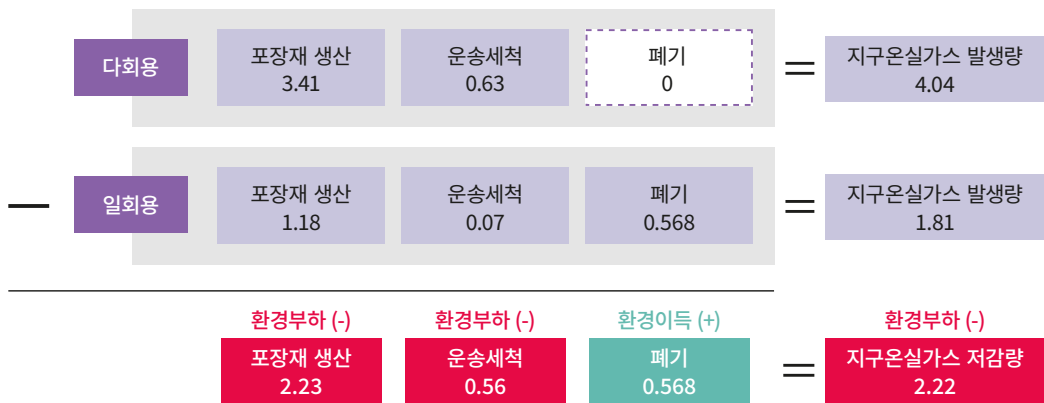
< 그림 23 > 일회용 운송 패키징(골판지 상자)과 다회용 운송 패키징(플라스틱 상자)의 지구온실가스 발생량 비교



첫 번째 전과정(1st Life Cycle)에서는 일회용 패키징의 지구온난화 발생량이 다회용 패키징보다 낮게 나왔다. 하지만, 두 번째, 세 번째 전 과정이 지나가면서 일회용 패키징은 매회 포장재 생산과 폐기가 수반되어 누적 지구온난화 발생량이 가파르게 증가하나 다회용 패키징의 경우 첫 번째 전과정에서 생산된 패키징을 회수·세척하여 재사용하면서 포장재 생산 및 폐기 단계에서의 지구온난화 발생량이 줄어들게 된다(환경이득). 그 결과 세 번째 재사용 부터는 다회용 패키징의 누적 지구온난화 발생량이 일회용 패키징 누적 발생량보다 낮아지기 시작하였다. 이렇듯 다회용 패키징은 재사용 횟수가 늘어 날수록 누적 환경영향은 줄어들고, 누적 환경이득은 늘어나는 시스템이다. 예를 들어, 패키징을 재사용한 경우 지구온실가스 저감량을 아래와 같이 계산해 볼 수 있다.<sup>13</sup>

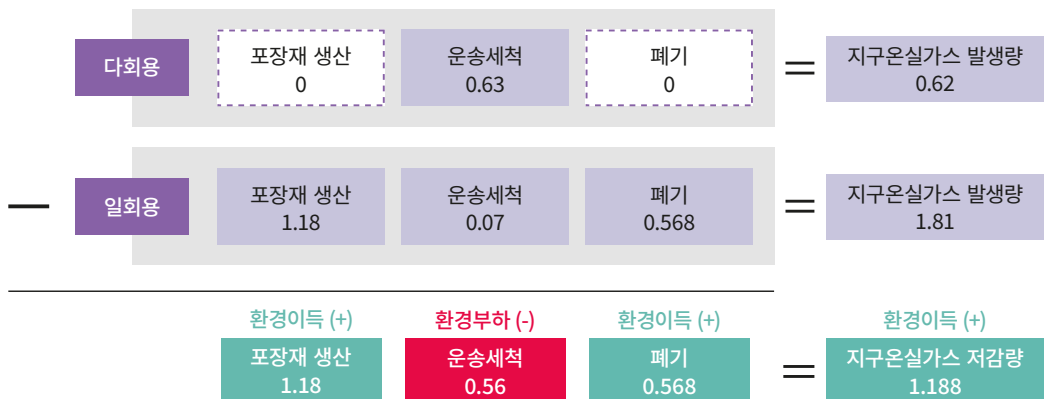
< 그림 24 > 패키징 재사용에 따른 지구온실가스 저감 계산 예시 - 1st Life Cycle

1st Life Cycle < 단위공정 별 지구온실가스 배출량 (kgCO2 eq)>



< 그림 25 > 패키징 재사용에 따른 지구온실가스 저감 계산 예시 - 2nd Life Cycle

2nd Life Cycle < 단위공정 별 지구온실가스 배출량 (kgCO2 eq)>



13 그림에서 사용된 수치는 위 연구결과에서 사용된 수치를 바탕으로 예시적으로 적용한 값으로, 실제 사례에 적용하기 위해서는 실제 data를 바탕으로 도출된 지구온실가스 배출량 수치를 사용하는 것이 적절할 것이다.

### 3) 패키징 재활용

패키징 재활용은 물리적 재활용, 화학적 재활용, 열적 재활용으로 나눌 수 있다. 본 장에서 ‘재활용’은 물리적 및 화학적 재활용에 한하여 다루고 있으며 열적 재활용은 다음 ‘소각’파트에서 다루고자 한다.

먼저, 물리적 재활용은 플라스틱의 물성을 변화시키지 않고, 다시 플라스틱 제품으로 재생하여 이용하는 방법을 말한다. 주로 페트(PET)나 폴리스티렌(PS) 등이 이러한 방법으로 재활용된다. 파쇄기 같은 기계적인 수단을 활용해 깨끗하게 씻은 폐플라스틱을 파쇄하고, 그 분쇄물을 플라스틱 원재료로 재생하여 이용하거나, 열로 녹인 다음 여러 가지 형태로 재생형하여 활용하는 물리적 재활용 방법이 있다.

화학적 재활용은 플라스틱 폐기물을 모노머 또는 기본 구성요소 또는 기본 화학 물질로 전환하여 다시 플라스틱 제품으로 재생하는 방식을 말한다. 그러나 물리적 재활용 방식의 경우 선별과정이 까다롭고, 복합재질의 재활용이 어렵다는 한계가 있어, 최근 화학적 재활용이 주목받고 있다.

국내 PET 병은 2019년 기준 하루 523.4 톤씩 발생하고 있으며 전량 재활용을 통해 처리되고 있다. 주로 물리적 재활용이 적용되고 있으나 수거된 사용 후 PET 병의 품질에 따라 재활용 PET 물성이 크게 달라지게 되어 다양한 제품군에 적용하는데 한계가 있다. 따라서 고품질 재생 PET를 얻기 위해 화학적 재활용이 논의되고 있으며 재생 PET 사용량은 갈수록 증가하여 2023년도에는 20억 달러의 시장을 이룰 것으로 예상하고 있다.

그러나 재활용의 이점에도 불구하고 현실에서는 PET와 HDPE 같이 쉽게 재활용이 가능한 자원조차도 극히 일부만 신재를 대체하여 사용되고 있다. 여기에 더해 플라스틱 생산 중 사용되는 착색제, 첨가제 및 충전제, 소비자 사용에 의한 오염, 재활용 공정 중 수율 손실 등이 재활용을 더욱 어렵게 만들고 있다. 과잉 생산된 신재 플라스틱의 낮은 가격 또한 재활용 플라스틱의 경제적 가치를 낮추고 적절한 기반 시설과 시장에 대한 투자를 방해함으로써 플라스틱 재활용 시장의 성장을 더욱 제한하고 있다.

## ▪ 재활용 사례 - SK케미칼

SK케미칼은 플라스틱 폐기물 문제해결에 앞장서고 있는 기업 중 하나다. 현재 매출 대다수를 차지하는 코폴리에스터 소재의 원료를 2025년 50%, 2030년 100% 재활용 플라스틱으로 교체할 계획이며, 지역 수거 업체들이 버려지는 페트병을 수거하면, SK케미칼이 이를 다시 재생 플라스틱으로 만들고, 기존 판매 네트워크를 통해 완제품 형태로 다시 시장에 공급되는 형태의 폐기물 순환경제 생태계 구축에도 힘쓰고 있다.<sup>14</sup>

특히 SK케미칼은 화학적 재활용을 통해 친환경 패키징을 생산하고 있다. 2021년 10월 세계 최초로 ‘화학적 재활용 코폴리에스터’인 ‘에코트리아(ECO-TRIA) CR’을 상업생산했을 뿐 아니라, 2022년 1월부터 화학적 재활용 기술을 적용한 페트(PET)인 ‘스카이펫(SKYPET) CR’을 식품용기 시장에 본격적으로 공급했다. ‘화학적 재활용 페트(CR-PET)’란 수거된 페트병을 화학적 반응을 통해 깨끗한 PET를 만들 수 있는 원료물질을 회수하는 ‘해중합(Depolymerization)’ 기술을 이용해 다시 만들어진 페트로, 이를 통해 페트병을 계속 반복해서 사용할 수 있게 된다.<sup>15</sup>

< 그림 26 > SK케미칼 ‘화학적 재활용 코폴리에스터’로 만들어진 화장품 용기

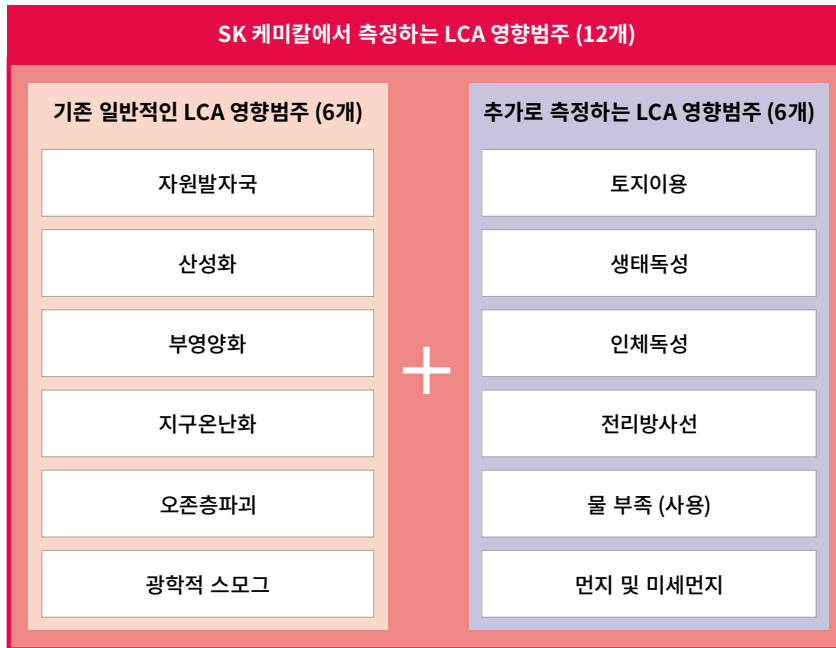


SK케미칼은 코폴리에스터(Copolyester) 제품 약 12종에 대해서는 인체유해성, 환경유해성을 평가하기 위한 LCA를 진행하였다. 일반적으로 측정하는 6개 환경영향 범주 뿐만 아니라, 환경영향과 인체 유해성 저감과 관련이 있는 6개 환경영향 범주에 대한 LCA를 추가적으로 진행하여 제품의 환경영향을 더욱 체계적으로 관리하고 있다.

14 SK케미칼 뉴스룸, SK케미칼, 파인앤셀스토리 공개 그린소재·바이오로 사업 재편 “2025년 매출 4조”, 2022.05.27., ([https://www.skchemicals.com/prcenter/new\\_view.aspx?serno=2979](https://www.skchemicals.com/prcenter/new_view.aspx?serno=2979))

15 SK케미칼 뉴스룸, SK케미칼, 국내 최초 ‘화학적 재활용 PET’ 상용화, 2022.05.27., ([https://www.skchemicals.com/prcenter/new\\_view.aspx?serno=2974](https://www.skchemicals.com/prcenter/new_view.aspx?serno=2974))

< 그림 27 > SK케미칼에서 측정하는 LCA 영향범주



▪ 재활용의 환경영향 저감

재활용은 소각 및 매립 대비 지구온실가스 배출량이 월등히 낮으며 재생 플라스틱 포장재로 제품을 만드는 것은 지구온실가스 배출 가스 측면에서 신재로 동일 제품을 제조하는 것보다 3배 이상 효율적이다.<sup>16</sup> 2014년 기준 미국에서 재활용 된 317만 톤의 플라스틱 폐기물에 대해 USEPA는 320만 톤의 온실가스 배출을 절약한 것으로 추정하고 있으며 이는 1년 동안 도로에서 670,000대의 자동차를 줄이는 것과 같은 효과로 보고 있다.<sup>17</sup>

이론적으로 재활용율을 높일 경우 신재 대체에 따른 원료 채취량을 줄이게 됨으로써 온실가스 배출량을 줄이게 된다. 2017년 기준 신재 플라스틱 생산 공정이 배출하는 온실가스 배출량은 재활용 공정 대비 3.6배 더 높은 것으로 나타났으며 이 격차는 플라스틱 생산 공정 및 재활용 공정의 효율성이 향상됨에 따라 2050년까지 48배 이상 차이가 날 것으로 추정하고 있다.<sup>18</sup> 이러한 패키징 재활용에 따른 환경이득과 환경부하를 단위공정 별로 나누어 정리하면 아래와 같다.

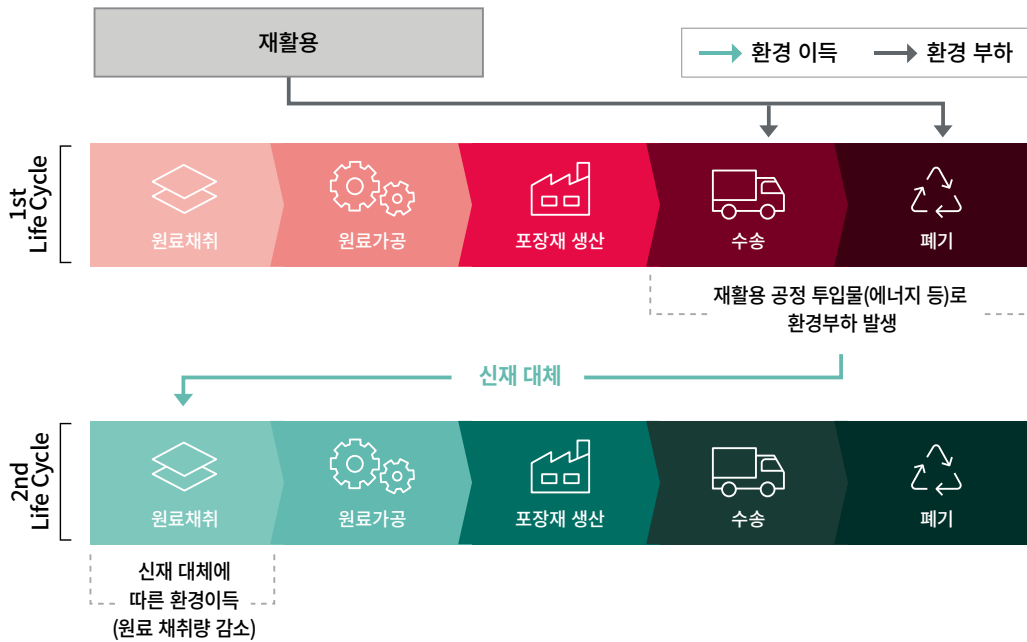
16 USEPA, 2006, Solid Waste Management and Greenhouse Gases: A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks Report, 3rd edition

17 US EPA, 2016, Advancing sustainable materials management: 2014 Fact Sheet

18 NAPCOR, 2018, The Association of Plastic Recyclers, Report on Postconsumer PET Container Recycling Activity in 2017

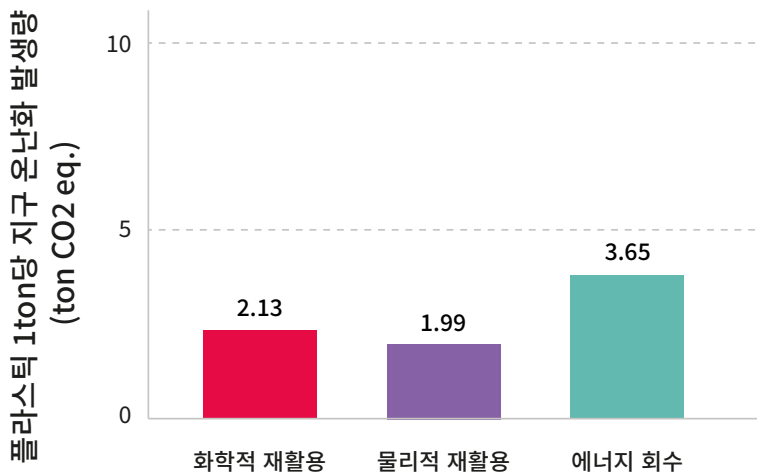


< 그림 28 > 재활용이 제품의 전과정에 미치는 영향



플라스틱 폐기물의 재활용 공정 별 지구온실가스 발생량을 비교한 기존 연구(Harish et.al)를 살펴보면, 제시된 세가지 공정 중에서는 물리적 재활용이 가장 적게 지구온실가스를 배출하고 있으며 화학적 재활용의 경우 열분해(Pyrolysis) 및 정제(Purification) 공정에서 높은 에너지 소비량이 발생함에 따라 물리적 재활용에 비해서는 약간 높은 지구온실가스 발생량이 나타난다.

< 그림 29 > 재활용 공정 별 지구온실가스 발생량 비교



예를 들어, 패키징을 재활용한 경우 지구온실가스 저감량을 아래와 같이 계산해 볼 수 있다. 먼저, 사용 후 폐기되어 재활용 공정을 거치게 되면 재활용 PET 1kg은 화학적 재활용 공정 중 사용된 투입물 및 에너지 소비량에 의한 지구온실가스가 발생(2.13 kg CO<sub>2</sub> eq)한다. 하지만, 재활용을 통해 생산된 재생 PET 1kg을 사용하게 되므로 신재 PET 1kg을 생산하지 않아도 된다. 따라서 신재 PET 1kg을 생산하는데 들어가는 지구온난화 발생량(3.22kg CO<sub>2</sub> eq)만큼을 환경 이득으로 확보할 수 있게 된다. 따라서 전체 지구온실가스 발생량은 -1.08 kg CO<sub>2</sub> eq으로 계산된다.

#### 4) 패키징 폐기물 소각

##### ▪ 소각 및 매립

재활용할 수 없는 플라스틱 폐기물이 결국 향하는 곳은 소각장 또는 매립장이다. 하지만 소각과 매립 모두 상황이 녹록지 않다. 전국적으로 폐기물의 발생량이 급증함에 따라, 처리시설인 매립장 및 소각장의 잔여 용량이 예상보다 빨리 감소하고 있다. 2017년 기준 국내 폐기물 매립시설은 총 281개로 2017년 매립량은 1,169만 톤이다. 기매립량(2017년 매립량 포함)은 전체 매립 가능 용량 중 약 56%이며 잔여 매립량은 28,974만 m<sup>3</sup>이다. 이 추세라면 국내 매립지의 잔존수명은 채 30년도 남지 않았다.<sup>19</sup>

플라스틱 폐기물은 매립되는 양보다 소각되는 양이 훨씬 많은데, 놀라운 사실은 국내 전체 소각시설의 하루 처리량 중 49%를 플라스틱이 차지한다는 것이다. 2017년 기준, 국내 전체 소각시설 용량은 32,083ton/일이고, 플라스틱 폐기물 중 소각되는 용량은 15,846ton/일(단순 소각 7,282ton/일, 에너지 회수 8,564ton/일)이다. 매년 플라스틱 폐기물의 양은 급증하고 있지만, 소각시설의 숫자 및 시설용량은 해마다 감소하고 있다.

유럽과 달리 국내에선 '에너지 회수'도 재활용의 한 방법으로 보고 있다. 이러한 산출방식에 따라 국내 플라스틱 폐기물의 재활용 처리 비율은 다른 나라 대비 높은 편에 속하긴 하지만 '에너지 회수'란 소각의 일종으로 플라스틱을 태워서 에너지를 만드는 것을 의미한다. 이러한 소각은 폐기물을 관리하고 에너지를 생산하는 가장 비싼 방식에 속하며 혼합된 가정 폐기물은 연소성이 낮고 변동이 심할 뿐 아니라 시스템을 유지하려면 지속적으로 폐기물 원료가 필요하여 이상적인 폐기물 처리법과는 거리가 멀다.<sup>20</sup> 그럼에도 불구하고 원천감량, 재사용, 재활용을 통한 폐기물 관리에는 아직 한계가 있는 점을 감안하면 고품연료 (Solid Refuse Fuel, SRF) 제조 기술의 고도화를 통한 폐기물 소각 기술의 지속적인 개발이 필요한 실정이다.

<sup>19</sup> 에너지설비관리 보도자료, 플라스틱 코리아 -끝나지 않은 플라스틱과의 전쟁-, 2019.03.05., (<http://www.energycenter.co.kr/news/articleView.html?idxno=760>)

<sup>20</sup> Vahk J, The Nordics addiction to incineration fuels the controversy on renewable energy, 2018. Zero Waste Europe, 19th April 2018

▪ 소각 사례 - 쌍용C&E 시멘트

국내에서 플라스틱 폐기물을 소각하는 대표적인 사례로는 쌍용C&E의 시멘트가 있다. 쌍용C&E는 Cement & Environment의 이름에서도 볼 수 있듯이 시멘트 사업을 기반으로 그 사업영역을 환경사업으로 확대하고 있다.

쌍용은 시멘트 제작에 있어 지역 내의 다량의 플라스틱 폐기물을 소성로에서 소각하며 연료로 사용한다. 2019년 화제가 된 의성군의 쓰레기 산의 대부분도 쌍용 C&E에서 맡아 연료로 처리해 사용했다. 소성로에서는 유연탄을 태우며 시멘트를 제작하는데, 이에 보조연료로 폐플라스틱을 사용하는 것이다.

이로 인해 유연탄의 사용량을 줄여 온실가스와 탄소 배출량의 감축에 효과를 얻을 수 있고, 화석연료보다 열량이 높아 좋은 효율을 나타낸다. 내부는 1400~2000°C의 초고온 상태로 완전연소가 이루어지기 때문에 오염물질 배출이 거의 없다는 장점이 있다. 쌍용은 폐플라스틱을 이용해 연간 150만 톤가량 사용하던 유연탄을 지난해 100만 톤 규모로 줄였고 2030년 제로(0)를 목표로 ‘탈석탄 경영’을 업계 최초로 선언했다.

< 그림 30 > 고형연료 (Solid Refuse Fuel) 생산 공정



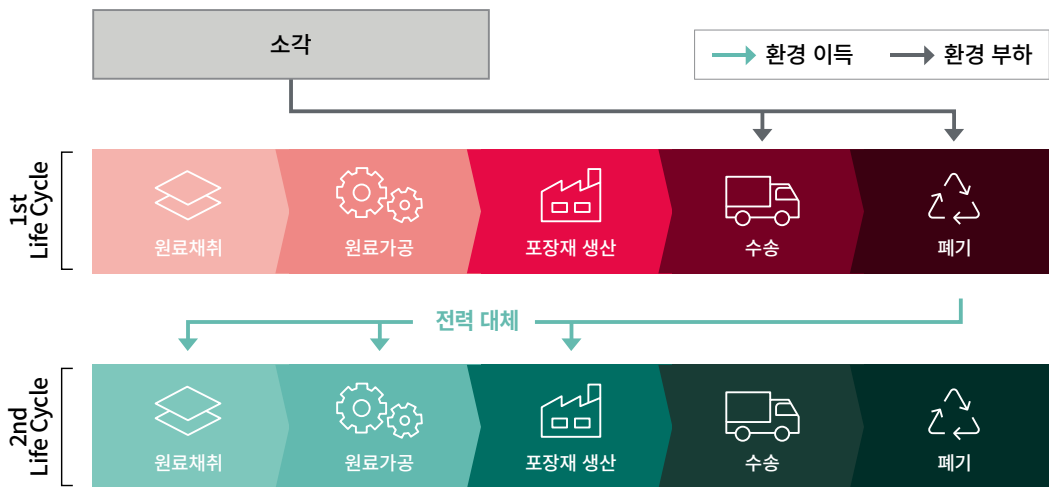
▪ 소각(에너지 회수)의 환경영향 저감

에너지 회수 방법을 살펴보면, 평균적으로 1톤의 플라스틱 패키징은 79%의 가연성 탄소함량을 가지고 있어 이에 따라 소각 시 790kg의 탄소 또는 2.9 Mt의 이산화탄소를 방출하게 된다.<sup>21</sup> 소각에 따른 전력 생산의 환경이득을 감안하더라도 1톤의 플라스틱을 소각하면 총 0.9 Mt의 지구온난화 가스가 발생하게 된다.

소각을 통해 발생하는 전력량은 소각로에서 사용되는 에너지의 유형, 연소되는 폐기물의 조성 등에 따라 차이가 발생하게 된다. 특히, 폐기물의 발열량이 너무 낮던가 수분량이 너무 높다면 연소를 위해 추가적인 화석연료가 필요하게 되며 소각을 통한 전력 생산 효율이 낮아지게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 고체 폐기물 중 발열량이 4,000 kcal/kg 이상인 폐합성수지류, 폐지류, 폐목재류 등 가연성 물질을 선별하여 파쇄, 건조 등의 처리과정을 거쳐 고형연료 (Solid Refuse Fuel)를 만들게 된다.

고형연료는 시멘트 소성로, 화력발전시설, 열병합발전시설 등에서 전력 및 열 에너지로 사용이 가능하며 소각이 전과정에 미치는 영향이 나타나있다.

< 그림 31 > 소각이 제품의 전과정에 미치는 영향



21 CIEL, 2019, Appendix for Chapter 6 of Plastic & Climate: THE HIDDEN COSTS OF A PLASTIC PLANET



---

# Chapter 4

시사점

## 시사점

### 1) 이해관계자들의 중요성

지금까지 패키징의 전 과정 관점에서 폐기물 절감과 폐기물 관리가 환경에 미치는 영향과 사회적 가치에 대해 살펴보았다. 패키징 산업은 제품을 생산하는 제조업에서부터 소비자 편의성과 홍보를 향상시키는 서비스업까지 다양한 산업분야에 관여하고 있으므로, 각 단위공정에 영향을 미치는 이해관계자는 매우 다양하다. 뿐만 아니라, 패키징의 전과정을 살펴보면, 결과적으로는 환경영향이 줄었다고 하더라도, 각 단위공정별로 발생하는 환경이득과 환경부하는 상이하다.

따라서, 각 플라스틱 패키징을 생산, 유통, 사용하는 전 과정에서 발생하는 환경 영향을 줄이기 위해서는 판매를 담당하는 유통사나 소재를 생산하는 제조사를 포함한 전 과정에 관여하고 있는 이해관계자들 간의 협업이 중요하다

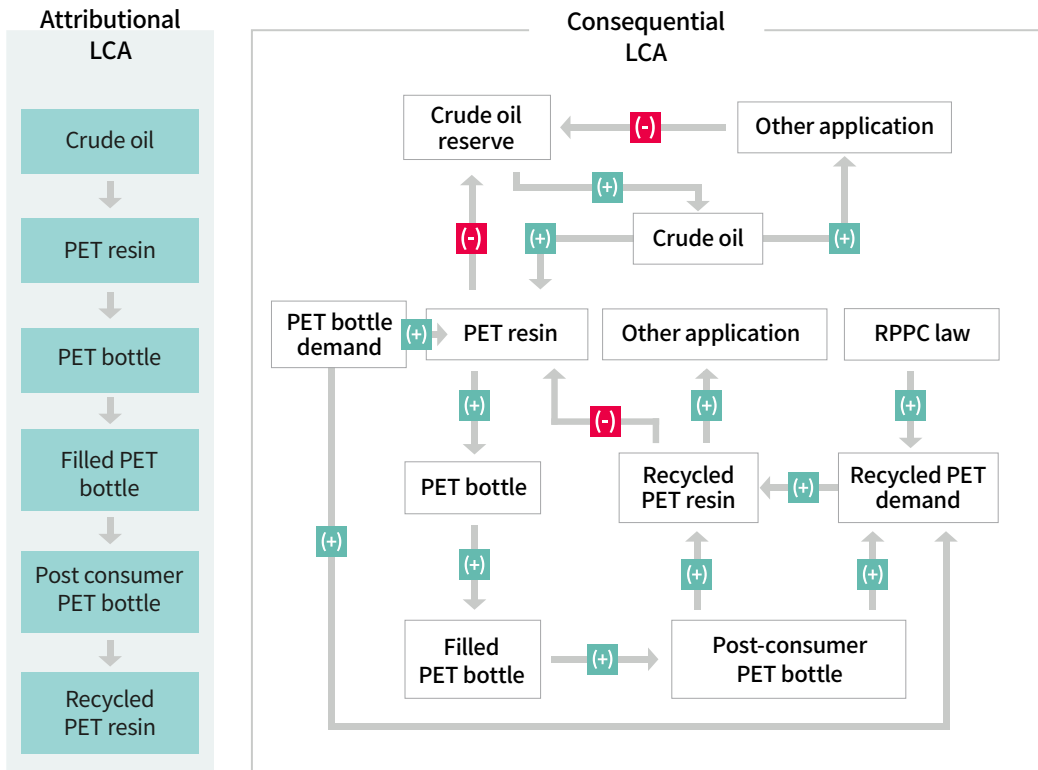
### 2) 전과정 평가의 향후 방향

지금까지 플라스틱 패키징 감축과 감축 사례 별 전과정 평가를 활용하여 환경 이득과 환경 부하를 간략하게 살펴보았다. 패키징 전 과정을 있는 그대로 단위 공정 별로 나누어 환경 부하를 계산하고 총합을 통해 전체를 계산하는 방식을 취했으며 이러한 방법을 귀납론적 전과정 평가 (Attributional LCA)라고 한다. 이러한 귀납론적 전과정평가는 시스템을 있는 그대로 평가하기 때문에 시스템의 잠재적 환경 영향 측정이 목적이며 주로 이전에 벌어진 데이터나 평균 값, 측정 가능한 값들을 중심으로 모든 단위 공정들이 패키징에 기여한다고 가정하여 분석하게 된다.

이러한 평가 방식은 한 시점에서 제품을 자세히 분석하는 목적으로는 충분하지만 시스템의 외부 요인 (유가변동, 폐기물 부담금 증가, 신소재 개발에 따른 시장 대체 등)에 의한 시스템 변동이 일어났을 경우 측정이 불가능하다는 한계가 있다.

이러한 단점을 극복하고자 결과론적 전과정 평가 (Consequential LCA) 방법을 사용할 수 있다. 결과론적 전과정 평가는 패키징 시스템에 영향을 줄 수 있는 외부 요인을 파악하고 시스템 주변의 변화에 따른 패키징 시스템의 변동을 파악하는데 사용하게 된다. 예를 들어, PET 음료 병을 분석 할 경우 외부 요인으로 유가가 하락하여 신재 가격이 하락하였을 경우 시장에서 PET 재생원료가 외면받게 되며 이에 따른 결과 값을 반영하여 환경 영향을 측정하게 된다.

< 그림 32 > ACLA vs CLCA 비교 예시 (PET 음료 병)





## 참고문헌

### ▪ 해외자료

- Accorsi, Riccardo, et al, 2014, Economic and environmental assessment of reusable plastic containers: A food catering supply chain case study. *International Journal of Production Economics* 152
- American Chemistry Council and Trucost, 2016, *Plastics and sustainability: a valuation of environmental benefits costs and opportunities*
- CIEL, 2019, Appendix for Chapter 6 of *Plastic & Climate: THE HIDDEN COSTS OF A PLASTIC PLANET*
- CIEL, 2019, *Plastic & Climate: THE HIDDEN COSTS OF A PLASTIC PLANET*
- David Platt, 2021, *The Future of Global Packaging to 2026*, Smithers Pira
- EC, 2012, *GUIDELINES ON WASTE PREVENTION PROGRAMMES*
- European Parliamentary Research Service Blog, 2013, *Recycling rate and total amount of plastic packaging per inhabitant, EU27*
- GESAMP, 2015, *Sources, Fate And Effects Of Microplastics In The Marine Environment: A Global Assessment*
- Giljong Oh, 2018, *Floating Waste and Marine Litter Management in Korea*, National Institute of Environment Research, Ministry of Environment
- Greenpeace International, 2018, *A crisis of convenience*
- Jeswani, Harish, et al, 2021, *Life cycle environmental impacts of chemical recycling via pyrolysis of mixed plastic waste in comparison with mechanical recycling and energy recovery. Science of the Total Environment* 769
- Mitsubishi Chemical Techno-Research, 2017, *Global Supply and Demand of Petrochemical Products relied on LPG as Feedstock*
- NAPCOR, 2018, *The Association of Plastic Recyclers, Report on Postconsumer PET Container Recycling Activity in 2017*
- OECD, 2022, *Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options*, OECD Publishing
- Smithers Pira, 2019, *The Future of Global Packaging to 2024*
- Thomas Hundertmart et al., 2018, *No time to waste: What plastics recycling could offer*, McKinsey report
- USEPA, 2006, *Solid Waste Management and Greenhouse Gases: A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks Report*, 3rd edition
- USEPA, 2009, *Opportunities to reduce greenhouse gas emission through materials and land management practices*
- USEPA, 2016, *Advancing sustainable materials management: 2014 Fact Sheet*
- Vahk J, 2018, *The Nordics addiction to incineration fuels the controversy on renewable energy*, Zero Waste Europe

## ▪ 국내자료


관계부처 합동, 2020, 사회적 가치 실현을 위한 공공부문의 추진전략  
김이서, 2019, 플라스틱 대한민국-일회용의 유혹, 그린피스 동아시아 서울사무소  
박샘은, 2016, 바다의 숨통을 조이는 미세플라스틱, 그린피스 동아시아 서울사무소  
이성희, 2022, 국제사회의 플라스틱 규제 현황과 시사점, KIEP 세계경제 포커스, Vol. 5 No. 13  
한국생산기술연구원, 2019, 차세대 융합기술 접목 패키징 산업 육성 방안  
한국환경공단, 2020, 2019년도 전국 폐기물 발생 및 처리 현황

## ▪ 보도자료 및 뉴스기사

에너지설비관리 보도자료, 플라스틱 코리아 -끝나지 않은 플라스틱과의 전쟁-, 2019.03.05.,  
(<http://www.energycenter.co.kr/news/articleView.html?idxno=760>)  
쿠팡 뉴스룸 보도자료, 쿠팡 친환경 프레스백으로 연간 1억 개 스티로폼 상자 절약했다, 2022.01.27.,  
(<https://news.coupang.com/archives/13290>)  
풀무원 뉴스룸 보도자료, [풀무원의 ESG경영⑩] 지구 환경을 생각하는 풀무원 친환경 포장, 2021.06.25.,  
(<https://news.pulmuone.co.kr/pulmuone/newsroom/viewEsg.do?id=2471>)  
환경부 보도자료, 플라스틱 전주기 발생 저감 및 재활용 대책 수립, 2020.12.24.,  
(<https://me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=1420640&menuId=286>)  
SK케미칼 뉴스룸, SK케미칼, 국내 최초 '화학적 재활용 PET' 상용화, 2022.05.27.,  
([https://www.skchemicals.com/prcenter/new\\_view.aspx?serno=2974](https://www.skchemicals.com/prcenter/new_view.aspx?serno=2974))  
SK케미칼 뉴스룸, SK케미칼, 파이낸셜스토리 공개 그린소재·바이오로 사업 재편 “2025년 매출 4조”, 2022.05.27.,  
([https://www.skchemicals.com/prcenter/new\\_view.aspx?serno=2979](https://www.skchemicals.com/prcenter/new_view.aspx?serno=2979))







ISSN 2799-2934 제2호

## Social Value Measurement Review

### 플라스틱 패키징 감축의 사회적 가치

|          |                                                                                  |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 기획/집필/편집 | 박소희 (사회적가치연구원)                                                                   |
| 집필       | 강동호 (한국생산기술연구원 패키징기술센터)                                                          |
| 도움       | 정윤형 (사회적가치연구원)                                                                   |
| 발행일      | 2022년 07월                                                                        |
| 발행처      | 사회적가치연구원 ( <a href="http://www.cses.re.kr">http://www.cses.re.kr</a> )           |
| 편집·디자인   | 1-1COMPANY ( <a href="http://www.1-1company.com">http://www.1-1company.com</a> ) |