

# LCA기법을 이용한 플라스틱 파렛트 풀링시스템에 대한 환경성 평가

이영설<sup>1</sup> · 박광호<sup>1,\*</sup> · 위대형<sup>1</sup> · 서병륜<sup>2</sup> · 김덕열<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(주)에스오알지 지속가능전략연구소

<sup>2</sup>로지스올 그룹

<sup>3</sup>(사)한국파렛트컨테이너협회

## Environmental Impact Evaluation of Plastic Pallet Pooling Systems Using the LCA Methodology

Young-Seol Lee<sup>1</sup> · Kwang-Ho Park<sup>1</sup> · Dae-Hyeong Wie<sup>1</sup> · Byong-Yoon Suh<sup>2</sup> · Deok-Yeol Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Research Center of Sustainable Strategy, YESSorg Co., Ltd

<sup>2</sup>LogisALL

<sup>3</sup>Korea Pallet and Container Association

### 요 약

플라스틱 파렛트는 물류산업현장에서 한 번 사용이 끝난 플라스틱 파렛트를 다시 회수하고 풀링시스템을 통해 반복 사용하는 리터너블 물류 운반 도구로 Closed-loop 순환 시스템을 통해 신品的 생산을 최소화하는 자원순환형 제품이다. 본 연구에서는 전과정평가(LCA) 기법을 이용하여 플라스틱 파렛트 풀링시스템의 파렛트 반복·재사용에 따른 환경영향을 정량적으로 평가하였으며, 이를 이용하여 1회 사용 대비 풀링시스템의 환경적 개선효과를 분석하였다. 시스템 경계는 원료취득단계, 제조단계, 사용(유통)단계, 세척단계, 폐기 및 재활용단계로 설정하였으며, 사용(유통)단계는 생산공장, 사용자, 도착지, 회수센터, 세척센터 등으로 세분화하여 분석하였다. 환경적 개선효과 분석결과, 플라스틱 파렛트 풀링시스템은 1회 사용 대비 6대 영향범주 기준 평균 73.3% 감소하는 것으로 나타났으며, 영향범주 중 자원고갈 영향범주가 91.5% 감소하여 효과가 가장 큰 것으로 나타났고, 지구온난화에 대한 환경적 개선효과는 72.8%로 나타났다.

**주제어:** LCA, 플라스틱 파렛트 풀링시스템, 환경영향

**ABSTRACT:** The plastic pallet is a resource-circulating product that minimizes the production of new products through a closed-loop circulation system as a returnable logistics transport tool that recovers plastic pallets that have been used once in the logistics industry and uses them repeatedly through a pooling system. In this study, the environmental impacts of repetition and reuse of plastic pallet evaluated using LCA. And the results were used to compare with single used plastic pallet. The system boundary was set to raw material extraction stage, product manufacturing stage, use (distribution) stage, cleaning stage, and disposal and recycling stage. And use (distribution) stage was analyzed by subdividing into production plants, users, destinations, collection centers, and washing centers. As a result of the analysis of environmental improvement effects, the plastic pallet pooling system showed an average decrease of 73.3% based on the six impact categories compared to single use, and the impact category of resource depletion among the impact categories decreased by 91.5%, showing the greatest effect, and 72.8% environmental improvement effect on global warming.

**Key words:** LCA, Plastic Pallet Pooling system, Environmental Impact

### 1. 서 론

현재 전지구적으로 폐기물의 다량 발생으로 인한 친환경적 폐기물 처리 및 재자원화가 주요한 환경이슈로 급부상하였으며, 특히 미세플라스틱에 의한 해양오염 등 플라스틱 폐기물로 인한 환경문제 해결이 시급한 환경문제로 떠올랐다. 이에 따라 2018년 EU 집행위원회는 플라스틱을 순환경제의 리스크 요인으로 판단하고 이에 대응하기 위

해 플라스틱 전략 및 일회용 플라스틱 사용 제한 지침안을 발표<sup>1)</sup>하는 등 플라스틱에 의한 환경오염을 해결하기 위한 노력을 기울이는 중이다.

우리나라의 경우, 2018년 중국의 폐비닐 및 폐플라스틱 수입 금지 정책에 의한 국내 수거업체의 폐플라스틱 및 폐비닐 수거 중단 사태가 발생하여 폐플라스틱의 발생 및 처리에 대한 관심이 증대하였으며, 최근에는 플라스틱 1회용품 사용 관련 규제, 플라스틱 폐기물 수입을 제한 등 플라

\* Corresponding author: 박광호, Tel: 070-4322-0460, Email: toyess@yess.or.kr

스틱 폐기물의 발생과 처리 관련된 규제가 강화되고 있다.

플라스틱 파렛트는 산업계 전 분야에 걸쳐 수요가 증가하고 있는 반복 사용 물류운반 도구로, 현재 자발적 협약을 통해 회수 및 재활용을 위한 노력을 기울이고 있으며, 국내 규제 강화 추세에 맞춰 향후 EPR 품목으로 포함될 예정이다. 하지만, 플라스틱 파렛트 및 컨테이너는 풀링시스템(Pooling system)을 통해 지속적으로 회수되어 계속해서 반복 사용<sup>2)</sup>하는 순환물류 용기(RTI<sup>3)</sup>, returnable transtort item)로 물류산업 현장에서 플라스틱 사용량을 절감하는 자원 순환형 제품이라고 할 수 있으나, 우리나라는 아직까지 이에 따른 환경적 영향에 대한 평가가 이뤄지고 있지 않아 플라스틱 파렛트 풀링시스템에 대한 환경적 효과에 대한 분석이 필요한 실정이다.

LCA (Life Cycle Assessment)란 제품 및 공정들에 대하여, 원료의 취득에서부터 제조, 사용 및 처리에 이르기까지의 전과정에 관련된 환경측면 및 잠재적인 환경영향을 정량화하여 해석하는 과정으로 ISO (International Organization for Standardization) 14040<sup>4)</sup> 및 14044<sup>5)</sup>에 따라 다양한 분야에서 활용되고 있다.

이에 본 연구에서는 LCA기법을 통해 플라스틱 파렛트 풀링시스템의 환경영향을 평가하고, 1회 사용과의 비교를 통해 풀링시스템으로 인한 환경적 개선효과를 정량적으로 분석하였다.

## 2. 기존 연구사례 분석

파렛트 풀링시스템은 원료 취득, 제품 제조, 사용, 폐기 및 재활용의 일반적인 life cycle과는 달리 사용 중 회수 및 반복 재사용으로 인한 유통과정이 매우 복잡하여 국내에서는 아직까지 LCA를 수행한 사례가 없으며, 일본, 유럽을 중심으로 관련 연구가 진행되었다.

일본 JPR (Japan Pallet Rental Corporation)은 파렛트 풀링시스템 운영과 기업의 자사 파렛트 구매 운영에 대한 LCA를 수행하였다. 분석결과, 파렛트 풀링시스템을 통한 반복사용은 자사 파렛트 구매 운영에 비해 CO<sub>2</sub> 배출량이 약 79.5% 감소하는 것으로 나타났으며, 연간 약 32만톤의 CO<sub>2</sub> 배출이 저감되는 결과<sup>6)</sup>를 나타내었다.

스웨덴 식품 무역협회(SvDH, Svensk Dagligvaruhandel)와 스웨덴 식품 및 음료 소매상 협회(DLF, Dagligvaruleverantörers Förbund)는 공동으로 식료품 유통을 위해 반복사용 가능한 파렛트와 상자로 된 시스템을 운영하는 별도의 회사인 '스벤스카 레투르 시스템(Svenska Retursystem)'을 출범<sup>7)</sup>시켰으며, 레투르 시스템의 환경영향 저감효과를 분석하기 위해 LCA를 수행하였다. 분석결과, 레투르 시스템은 일회용 포장에 비해 CO<sub>2</sub> 배출량이 약 74% 감소하는 것으로 나타났으며, 2019년 기준 CO<sub>2</sub> 배출량을 31,900톤을 감축<sup>8)</sup>시켰다.

유럽 등에서 풀링 프로그램을 통해 파렛트를 공급하고

있는 CHEP (Commonwealth Handling Equipment Pool)는 LCA기법을 이용하여 파렛트 풀링시스템이 환경에 미치는 영향을 평가하였다. 분석결과, 파렛트 풀링시스템은 1회용 파렛트에 비해 온실가스 배출량, 자원(나무) 소비량, 폐기물 매립량이 낮은 것으로 나타났으며, 특히 온실가스 배출량은 1회용 파렛트 대비 약 55% 절감<sup>9)</sup>되는 것으로 나타났다.

## 3. 분석방법

본 연구는 ISO 14040에서 규정한 LCA 연구 절차에 따라 Fig. 1에 나타낸 것과 같이, 목적 및 범위 설정(Goal Definition and Scope), 전과정 목록분석(Life cycle Inventory Analysis), 전과정 영향평가(Life cycle Impact Assessment), 결과해석(Interpretation)의 4단계로 진행하였다.

## 4. 플라스틱 파렛트 풀링시스템 LCA 분석

### 4.1 목적 및 범위 설정

본 연구에서는 파렛트 풀링시스템(반복사용)에 따른 환경적 효과를 평가하기 위하여 전과정 단계를 파렛트가 제조되어 풀링시스템을 통해 반복 사용되는 모든 단계인 원료취득, 제조, 유통, 세척, 폐기 및 재활용 단계로 설정하고, 파렛트 풀링시스템에 따른 리터너블 흐름과 풀링시스템을 사용하지 않고 직접 구매하여 1회 사용하는 흐름을 비교하

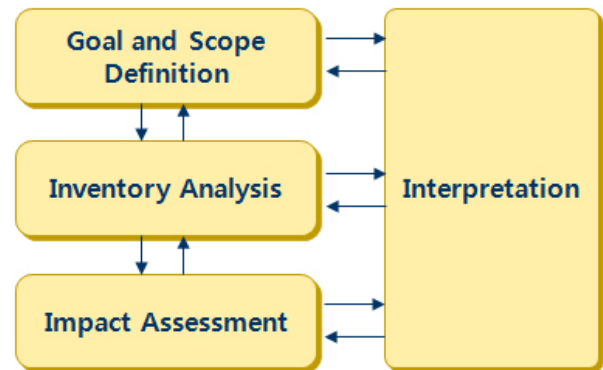


Fig. 1. LCA Process.



Fig. 2. NF11 Plastic pallet.

여 반복사용에 따른 효과를 분석하였다. 대상 제품은 국내 생산되는 파렛트 중 국내 생산량이 가장 많은(55.3%) NF11형 파렛트로 선정하였으며, 기능 단위는 NF11형 파렛트 1매가 반복사용되는 순환사이클 1회이며, 효과 분석 시 풀링시스템의 회전횟수 48~50회를 고려하여 산정하였다.

4.2 전과정 목록분석

전과정 목록분석을 위한 각 단계별 세부 데이터 수집은 크게 일반정보와 연간 투입 산출 실적 항목을 중심으로 데이터 조사서를 이용해 정보를 수집하였다.

4.2.1 원료취득단계

원료취득단계에서는 대상제품을 생산하는 제조업체의 원부자재 투입량, 수송거리 및 수송수단을 조사하였으며, 업체의 생산량 비율을 이용하여 업체별 가중평균 값을 적용하였다.

대상제품의 투입 원부자재는 HDPE, 고무패킹, 안료로 구분되며, 투입비율 기준으로 HDPE가 대부분(97.8%)을 차지하는 것으로 조사되었다. 세부적인 원부자재 투입량 조사 결과는 Table 2와 같다.

4.2.2 제조단계

제조단계에서는 대상제품을 생산하는 3개 제조업체의

유틸리티, 폐기물 처리량 등을 조사하였으며, 각 업체의 생산량 비율을 적용하여 업체별 평균 값 도출 시 가중평균을 적용하였다.

조사결과, 제품 제조 시 전력사용량은 제품 1개당 14.743 kWh의 전력이 사용되며, 용수사용량은 제품 1개당 0.00138 톤이 사용되는 것으로 나타났다. 제조 시 발생하는 폐기물은 HDPE이며, 폐기물 발생비율은 파렛트 생산량 대비 0.678%가 발생되고, 처리방식은 자체재활용하거나 위탁 처리(재활용) 하는 것으로 나타났다.

4.2.3 유통(사용)단계

유통단계에서는 한국파렛트폴 조사결과를 바탕으로 생산공장에서 파렛트가 생산된 후 사용자에게 의해 유통되어 제품의 목적지인 도착지를 거쳐 풀링회수 및 세척센터를 통해 다시 사용자로 회수되는 흐름의 각 구간별 수송거리, 수송량 등을 조사하였다. 파렛트 1,000개 물량 기준의 유통 단계 순환흐름은 Fig. 3과 같으며, 풀링유통 항목별 정의를 Table 3에 나타내었다.

4.2.4 세척단계

파렛트는 풀링세척센터를 통해 세척, 건조되며, 세척, 건조 시 전력, 용수, LPG 등의 유틸리티가 사용된다. 풀링 세척센터의 연간 NF11형 파렛트 세척량 및 세척 시 투입

Table 1. Goal and Scope Definition.

Category	Definition
Purpose	- Environmental Impact evaluation of plastic pallet pooling systems
Functional	- Used for product transportation and storage in distribution centers and supermarket, and protects products from moisture and contaminants.
Functional Unit	- NF11 Plastic pallet 1ea·1Cycle - Size (mm): 1,100×1,100×150, weight: 19.5 kg

Table 2. Input materials.

Category	Material	Unit	Value
Raw material	Pallet	HDPE	kg/ea 19.2123
	Rubber	PVC	kg/ea 0.2282
Sub material	Pigment	PE	kg/ea 0.0756
		TiO <sub>2</sub>	kg/ea 0.0302
		Carbon black	kg/ea 0.0028
		Pigment	kg/ea 0.0179
		LDPE	kg/ea 0.0623
		Total	

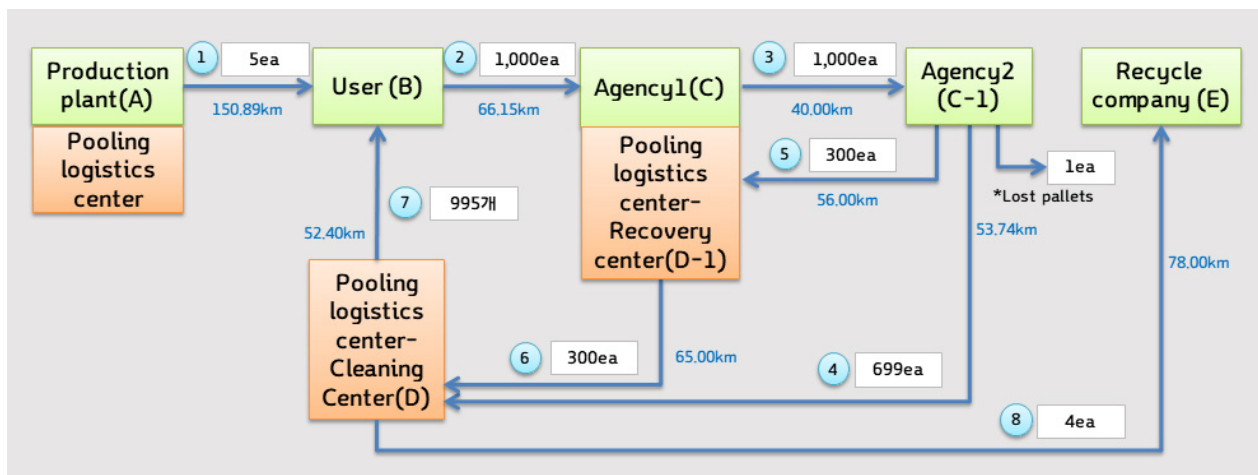


Fig. 3. Pallet pooling system of Use (Distribution) stage (pallet 1,000 ea) - Closed-loop system.

물질 및 유틸리티 사용량을 조사하여 세척단계에서의 데이터를 수집하였으며, 조사결과, 세척단계에서 개당 전력 0.412 kWh, 용수 0.002톤, LPG 0.023kg을 사용하는 것으로 조사되었다.

**4.2.5 폐기 및 재활용단계**

파손 등으로 인해 재사용이 불가능한 파렛트는 재활용 업체로 인계되며, 재활용 공정을 통해 HDPE로 재생된다. 재활용 시 전력, 용수 등의 유틸리티가 사용되며, 연간 N11형 파렛트 입고량 및 유틸리티 사용량을 이용하여 조사하였다. 조사결과, 재활용 시 개당 전력 0.1393 kWh, 용수 0.0011톤을 사용하는 것으로 조사되었으며 1개 재활용 시 18.7012kg의 HDPE가 재생되는 것으로 나타났다.

**4.2.6 LCI database 적용**

LCI database는 전과정에 대한 투입물(자원, 에너지, 광물) 및 배출물(대기, 수계, 폐기물)을 종합하여 정량화한 데이터베이스로, 전과정평가를 수행하는 기초 데이터이다. 본 연구에서는 Table 4에 나타난 국가 LCI DB(산업통상자원부, 환경부 등)<sup>10)</sup> 및 해외 DB(ecoinvent)<sup>11)</sup>를 활용하였다.

**4.3 영향평가**

영향평가는 전과정 목록분석결과를 이용하여 환경부하를 정량화할 수 있는 단계이며, 본 연구에서는 국내 환경성적표지제도에서 활용중인 TypeIII 방법론<sup>12)</sup>을 이용하였고, LCA 툴은 한국환경산업기술원에서 개발한 LCA 소프트웨어 TOTAL Ver 5.1.0<sup>13)</sup>을 사용하였다. 특히, 전세계적으로 기후변화협약에 따른 온실가스 감축이 요구되는 상황이며, 이에 따라 본 연구에서도 지구온난화에 따른 온실가스 배출량을 대표인자로 설정하여 효과 분석에 활용하였다.

**4.3.1 원료취득 및 제조단계**

원료취득 및 제조단계의 데이터 수집결과에 따른 원부재료 투입량, 에너지 및 유틸리티 사용량, 원부재료 수송량, 발생 폐기물 재활용량에 해당 LCI DB를 적용하여 원료취득 및 제조단계에서의 환경영향을 산정하였다.

**Table 3.** Definition of Pallet Pooling System.

Place	Symbol	Definition
Production Plant	A	- Pallet manufacturing
User	B	- Pallet supply and recover
Agency1	C	- Pallet user (Supermarket etc.)
Agency2	C-1	- Each agency's store
Pooling logistics center - Recover	D-1	- Pooling recovery center inside the each agency
Pooling logistics center - Cleaning	D	- Pooling Cleaning center
Recycle company	E	- Pallet recycle

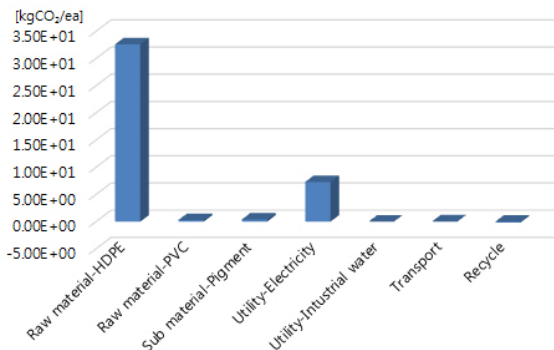
파렛트의 특성화 분석결과, 온실가스 배출량은 약 40.5 kgCO<sub>2</sub>-eq.로 나타났으며, 원재료인 HDPE의 투입에 따른 온실가스 배출량이 전체 배출량 중 약 80%를 차지하였으며, 에너지(전기) 사용에 따른 배출량이 약 18%로 그 다음 순으로 나타났다. 영향평가 세부적인 내용은 Table 5와 Fig. 4에 나타내었다.

**Table 4.** Life cycle inventory database used.

Life cycle stage	Items	LCI DB	Source	
Raw material extraction	Pallet	HDPE	Korea Ministry of Trade, industry and Energy	
	Rubber	PVC		
		PE additive		HDPE LDPE
	Pigment	TiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Korea Ministry of Environment
		Carbon toner (pigment)	Carbon black toner (pigment)	ecoinvent v2.2
	Manufacturing	Electricity	Electricity	Korea Ministry of Trade, industry and Energy
industrial water		industrial water	Korea Ministry of Environment	
Distribution /Use	Road Transport	Transport (lorry 1t-3t)	Korea Ministry of Environment	
		Transport (lorry 5t-8t)		
		Transport (container trailer)		
		Transport (lorry 8t-12t)		
Cleaning	Electricity	Electricity	Korea Ministry of Trade, industry and Energy	
	LPG	LPG		
Disposal	industrial water	industrial water	Korea Ministry of Environment	
	PE recycling	HDPE recycling	Korea Ministry of Trade, industry and Energy	
	Electricity	Electricity		
	LPG	LPG		
		HDPE	HDPE	Korea Ministry of Environment
		PVC	PVC	
	industrial water	industrial water	Korea Ministry of Environment	

**Table 5.** Raw material extraction & Product manufacturing stage result of characterization.

Category	Raw material extraction & Product manufacturing
ADP (kg antimony eq.)	1.12E-01
AP (kg SO <sub>2</sub> eq.)	5.25E-02
EP (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.)	1.00E-02
GWP (kg CO <sub>2</sub> eq.)	4.05E+01
ODP (kg CFC11 eq.)	6.93E-07
POCP (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq.)	6.18E-02



**Fig. 4.** GHG emissions by input materials of raw material extraction & Product manufacturing stage (pallet 1ea).

**4.3.2 유통단계**

유통단계의 순환사이클은 최초 1회 사이클과 최초 1회 이후 순환사이클로 구분되기 때문에 각각의 특성화 결과를 도출하였다.

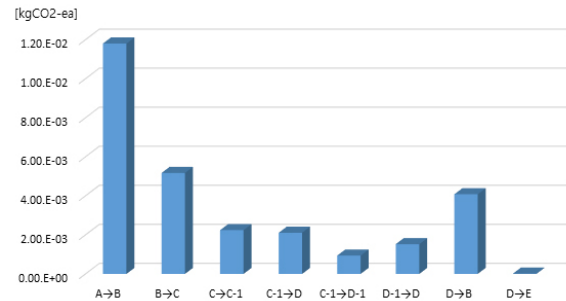
유통단계 중 반복사용 최초 1회 사이클에 대한 특성화 분석결과, 생산공장에서 사용자(A→B)까지의 온실가스 배출량이 1.18E-02 kgCO<sub>2</sub>으로 가장 높은 것으로 나타났다. 최초 1회 이후 반복사용 순환사이클에서는 생산공장에서 사용자까지의 수송량이 적기 때문에 최초 1회 순환사이클에 비해 환경영향이 적은 것으로 나타났으며, 사용자에서 도착지(B→C)의 배출량이 1.62E-02 kgCO<sub>2</sub>로 가장 높은 것으로 나타났다. 영향평가 세부적인 내용은 Table 6과 Fig. 5, Fig. 6에 나타내었다.

**4.3.3 세척단계**

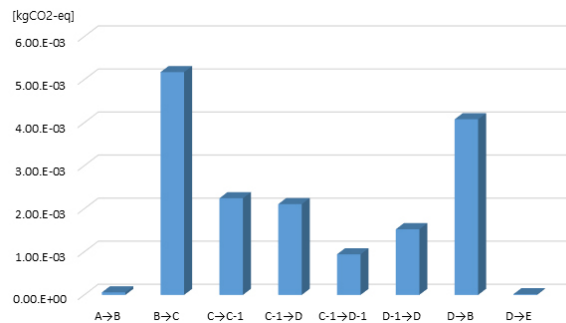
세척단계의 데이터 수집결과에 따른 에너지 및 유틸리티 사용량에 해당 LCI database를 적용하여 세척단계에서의 환경영향을 산정하였다. 세척단계에서는 전력, 용수, LPG가 사용되며, 특성화 분석결과 파렛트 1개의 세척단계 온실가스 배출량은 약 2.14E-01kgCO<sub>2</sub>로 나타났다. 영향

**Table 6.** Use(Distribution) stage result of characterization.

Category	Use (Distribution)	
	1st cycle	After 1st cycle
ADP (kg antimony eq.)	8.00E-04	4.02E-04
AP (kg SO <sub>2</sub> eq.)	2.13E-04	1.23E-04
EP (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.)	3.23E-05	1.92E-05
GWP (kg CO <sub>2</sub> eq.)	2.79E-02	1.62E-02
ODP (kg CFC11 eq.)	4.37E-08	2.20E-08
POCP (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq.)	1.31E-04	6.93E-05



**Fig. 5.** GHG emissions by sections of Use (Distribution) stage (1st cycle).



**Fig. 6.** GHG emissions by sections of Use (Distribution) stage (After 1st cycle).

평가 세부적인 내용은 Table 7과 Fig. 7에 나타내었다.

**4.3.4 폐기 및 재활용단계**

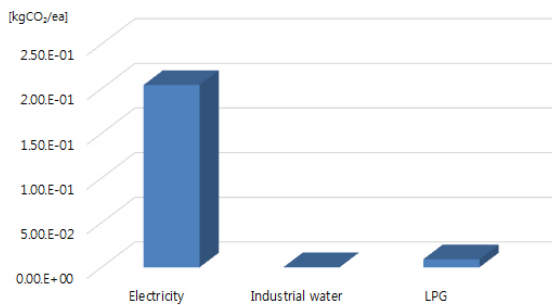
폐기 및 재활용단계에서는 에너지 및 유틸리티 사용 및 재생원료 생산에 대한 환경영향을 산정하였으며, 재생원료 생산 따른 환경영향은 음(negative)의 환경영향으로 분석하였다.

분석결과, 재생원료 생산에 따른 온실가스 배출량이 -3.79 E+01 kgCO<sub>2</sub>로 나타나 재활용단계의 온실가스 배출량은 약 -3.66E+01 kgCO<sub>2</sub>로 나타났다. 영향평가 세부적인 내용



**Table 7.** Cleaning stage result of characterization.

Category	Cleaning
ADP (kg antimony eq.)	1.80E-03
AP (kg SO <sub>2</sub> eq.)	4.79E-04
EP (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.)	7.09E-05
GWP (kg CO <sub>2</sub> eq.)	2.14E-01
ODP (kg CFC11 eq.)	3.80E-10
POCP (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq.)	2.30E-04

**Fig. 7.** GHG emissions by utility of Cleaning stage (pallet 1ea).

은 Table 8과 Fig. 8에 나타내었다.

## 5. 파렛트 풀링시스템의 환경영향 저감효과

### 5.1 분석 조건

풀링시스템으로 인한 파렛트 반복사용에 의해 신제품의 사용량은 절감되며, 이에 따른 환경영향 저감효과를 분석하기 위해 1회 사용과 비교 분석하였다.

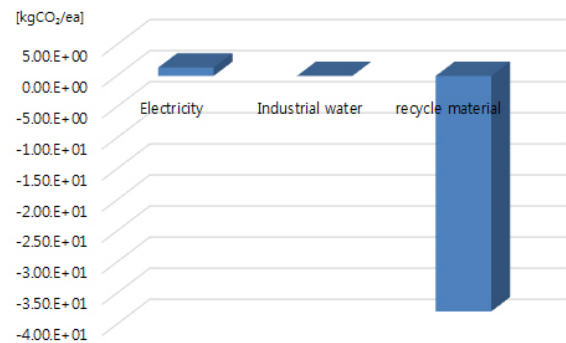
비교 분석 시, 파렛트의 연간 총 반복 사용량(약 4.2천만 매) 및 내구연한 동안 파렛트가 사용되는 횟수를 고려하였으며, 파렛트의 내구연한(12~13년) 및 연간 평균 회전수(4~5회)를 고려할 경우, 총 회전횟수는 약 48~50회인 것으로 나타났다. 또한 비교대상인 1회 사용은 신제품이 계속 공급되어 1회전 시 사용량이 계속 유지되나, 반복사용은 회전을 반복할수록 파렛트의 사용량이 감소하므로 감소되는 양만큼 신제품을 공급되는 것으로 가정하였다.

### 5.2 분석결과

파렛트 풀링시스템을 통한 파렛트의 총 회전횟수를 고려할 경우, 풀링시스템 및 1회 사용에 따른 LCA 분석결과는 Table 9에 나타난 것과 같으며, 자원고갈 영향범주의 환경영향이 91.5%로 가장 높고, 그 다음 부영양화 88.5%, 산성화 87.4%, 광화산화물 생성 79.4%, 지구온난화 72.8%, 오존층파괴 20.3% 순으로 나타났다.

**Table 8.** Disposal & recycle stage result of characterization.

Category	Disposal & recycle
ADP (kg antimony eq.)	-5.67E-02
AP (kg SO <sub>2</sub> eq.)	-3.88E-02
EP (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.)	-7.39E-03
GWP (kg CO <sub>2</sub> eq.)	-3.66E+01
ODP (kg CFC11 eq.)	-6.80E-07
POCP (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq.)	-5.41E-02

**Fig. 8.** GHG emissions by utility of Disposal & recycle stage (pallet 1ea).**Table 9.** Environmental reduction effect of pooling system compared to single use.

Category	Pooling system	Single use	Reduction rate(%)
ADP (kg antimony eq.)	8.08E+05	9.54E+06	-91.5%
AP (kg SO <sub>2</sub> eq.)	2.97E+05	2.36E+06	-87.4%
EP (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.)	5.24E+04	4.55E+05	-88.5%
GWP (kg CO <sub>2</sub> eq.)	1.84E+08	6.76E+08	-72.8%
ODP (kg CFC11 eq.)	6.35E+00	7.97E+00	-20.3%
POCP (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq.)	2.74E+05	1.33E+06	-79.4%

Life cycle 단계별 온실가스 배출량 산출결과는 Table 10에 나타난 것과 같으며, 전체 온실가스 배출 저감율은 72.8%로 분석되었고, 신제품 생산량 절감에 따른 원료취득 및 제조단계의 온실가스 배출 저감율이 97.6%로 가장 높은 것으로 분석되었다. 폐기 및 재활용 단계에서는 1회 사용 후 처분되어 재활용되는 폐파렛트 양이 풀링시스템보다 매우 많기 때문에 풀링시스템의 환경영향이 1회 사용보다 99.6% 높은 것으로 분석되었다.

**Table 10.** GHG emissions by Life cycle stage.

Life cycle stage	Pooling system	Single use	Reduction rate (%)
Raw material extraction & Product manufacturing	1.70E+08	6.94E+09	-97.6%
Use (Distribution)	2.81E+06	4.05E+06	-30.6%
Clean	3.64E+07	0.00E+00	-
Disposal & recycle	-2.51E+07	-6.27E+09	99.6%
Total	1.84E+08	6.76E+08	-72.8%

## 6. 결론

본 연구에서는 파렛트 풀링시스템의 전과정 단계별 환경영향을 정량적으로 산정하고, 1회 사용 시 환경영향과의 비교를 통해 풀링시스템의 환경영향 저감량을 산정하였다.

LCA 분석결과, 파렛트 풀링시스템을 통한 플라스틱 파렛트 반복·재사용은 1회 사용 대비 6대 영향범주 기준 환경영향이 평균 73.3% 감소되는 것으로 나타났으며, 자원 고갈 영향범주에서 91.5%가 감소하여 환경영향 개선효과가 가장 큰 것으로 나타났다. 전과정 단계별로 살펴보면, 신품의 생산량 절감에 따라 원료취득 및 제조단계에서 온실가스 배출량이 97.6% 저감되었으며, 유통단계에서는 효율적인 물류시스템을 통해 온실가스 배출량이 30.6% 저감되는 것으로 분석되었다. 따라서 산업현장에서 플라스틱 파렛트 풀링시스템을 이용할 경우, 플라스틱 자원의 사용량을 크게 줄이고 반복·재사용을 통해 자원 순환성을 높일 수 있다고 판단된다.

기존 연구에서는 플라스틱이나 종이재질의 수송용 박스에 대한 환경성 평가가 일부 수행되어왔으나, 풀링시스템 전체에 대한 환경성 평가는 이뤄지지 않아 본 연구를 통해 반복·재사용이 가능한 플라스틱 파렛트 풀링시스템에 의한 환경영향 저감 효과를 정량화한 것은 의미가 있다고 할

수 있으며, 향후 풀링시스템을 활용한 자원순환성 평가나 친환경성 평가 관련 연구에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## REFERENCES

- 1) European Commission, A European Strategy for Plastics in a Circular Economy (2018).
- 2) 산업표준심의회, KS T 1355:2017, 순환물류 포장-취급 및 운용 체계 가이드라인 (2017).
- 3) International Organization for Standardization (ISO), ISO 17364, Supply chain applications of RFID - Returnable transport items (RTIs) and returnable packaging items (RPIs) (2013).
- 4) International Organization for Standardization (ISO), ISO 14040, in Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework 2006: Geneve (2006).
- 5) International Organization for Standardization (ISO), ISO 14044, in Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. 2006: Geneve (2006).
- 6) Japan Pallet Rental Corporation, Environmental Impact assessment Report (2018).
- 7) Emma Watkins, Susanna Gionfra, Jean-Pierre Schweitzer, Mia Pantzar, Charlotte Janssens, Patrick ten Brink, EPR in the EU Plastics Strategy and the Circular Economy: A focus on plastic packaging, Institute for European Environmental Policy, pp.12 (2017).
- 8) Svenska Retursystem, "The reusable system that simplifies and improves sustainability throughout the supply chain of FMCGs" (<http://www.retursystem.se/en/sustainability/sustainability>).
- 9) CHEP, The Power of Pooling, Cuna de Platero (2017).
- 10) Korea Environmental Industry and Technology Institute, Korea LCI Database Information Network (<http://www.epd.or.kr/lci/lciDb.do>).
- 11) Ecoinvent, Ecoinvent database v3.5 (<http://www.Ecoinvent.ch>).
- 12) International Organization for Standardization (ISO), ISO 14025:2006 - Environmental Labels and Declaration - Type III environmental declarations - Principles and procedures
- 13) 환경산업기술원, "TOTAL 소프트웨어" (<http://www.epd.or.kr/epd/total.do>).