

포장필름의 인쇄도수별 탄소발자국 비교분석

Comparative analysis on carbon footprint of the packaging film
by the printing frequency

김명화, 황윤영, 김익
스마트에코(주)

Myeonghwa Kim, Yoon-young Hwang, Ik Kim
SMaRT ECO Co. Ltd

사단법인 한국전과정평가학회
The Korean Society for Life Cycle Assessment

포장필름의 인쇄도수별 탄소발자국 비교분석

김명화, 황윤영, 김익*

스마트에코 주식회사

Comparative analysis on carbon footprint of the packaging film by the printing frequency

Myeonghwa Kim, Yoon-young Hwang, Ik Kim*

SMaRT ECO Co. Ltd

Abstract

The packaging market is increasing day by day, as packaging containers become more luxurious and more expensive, the cost and environmental burden of packing containers are increasing at the same time. In recent years, however, some companies have shifted toward lowering the number of prints while lowering the carbon footprint of products and reducing costs as a means of reducing the weight of containers or making packaging designs more simplified. In this study, the method of printing on packaging containers by using LCA and the comparative analysis of the carbon footprint according to the change of printing frequency and the appropriate alternative for reducing the carbon footprint of product. This study analyzes how the contribution of the carbon footprint according to the printing frequency of packaging containers using LCA. As a result, the total amount of the carbon footprint of one packaging container accounts for 67.5% of the total production process and 32.2% emissions from the production of packaging film. And the result of analyzing the carbon footprint from the production process by frequency, it is found that as the number of prints increases, the contribution from printing in the production process increases. We also assumed the situation of converting the fuel source from LNG to wood pellet boiler and compared the contribution of the carbon footprint of the printing process.

Keywords: LCA, Packaging container, Carbon footprint

1. 서론

포장용기는 시장에서 운반 및 보관이 용이하기 때문에 시장규모는 날로 커지고 있는 추세이다. 또한 포장용기가 화려해지고 고급스러워짐에 따라 포장용기로 인한 원가와 환경부하가 동시에 증

* 교신저자: 김익 대표, (06338) 서울특별시 강남구 개포로 630 공익빌딩 2층 스마트에코, Tel: 02-6216-8809, Fax: 02-447-8815, Email: kohung@smart-eco.co.kr

가하고 있다. 특히 기업들은 시장에서 소비자의 기호를 맞추기 위하여 제품포장용기에 대한 인쇄를 최대한 화려하고 눈에 띄게 디자인하여 출시하고 있다. 하지만 최근에 일부 기업을 중심으로 제품 탄소발자국을 낮추고 원가절감을 위한 방안의 일환으로 용기를 경량화 하거나 포장의 디자인을 세련되게 하는 반면에 인쇄도수를 낮추는 방향으로 전환하고 있는 사례가 늘어나고 있는 상황이다. 실제 한 제과기업은 기존 7~8도 인쇄도수의 포장필름을 3도 이하로 인쇄도수를 낮추는 등 22개 제품에 대해 포장재를 개선하여 연간 약 88ton의 잉크 사용량을 절감하고 포장재 제조 에너지를 절감한 사례가 있다.

이에 본 연구에서는 국내 특정기업의 라면 포장용기를 대상으로 전과정평가 기법을 활용하여 포장용기에 인쇄하는 방법 및 인쇄도수의 변화에 따른 탄소발자국을 비교분석해 보고 이를 토대로 제품 탄소발자국 감축을 위한 적절한 대안을 제시하고자 한다.

2. 전과정평가 수행

2.1 목적 및 범위정의

2.1.1 목적 정의

본 연구는 포장필름의 인쇄 도수변화에 대한 LCCO₂에 대한 비교평가를 수행하는 것을 목적으로 하고 있다. 또한 연구결과는 향후 포장필름 생산으로 인한 온실가스 배출량을 줄일 수 있는 방안을 수립하는데 근거자료로 활용하고자 한다.

2.1.2 범위 정의

2.1.2.1 대상제품 정의

본 연구의 대상제품은 라면 포장용기로, 외부포장필름과 묶음 포장을 위한 멀티 포장필름, 분말 내부포장필름, 건더기 내부포장필름으로 구성된다. 라면 포장필름을 구성하는 포장필름은 인쇄도수와 합지수에 따라 포장의 종류가 달라진다.

본 연구의 대상인 라면 포장용기는 [Table 1]과 같이 4가지 종류로 구성되며, 인쇄도수는 3도와 8도 인쇄를 하며, 합지수는 2겹과 3겹이다. 또한 드라이 종류는 Tdie 싱글과 Tdie 텐덤 공정을 포함하며, 가공공정은 슬리터공정이 포함된다.

본 연구에서는 라면 포장용기에 포함된 4 종류의 포장필름 중에서 인쇄도수가 8도이고 합지수가 2겹인 외부 포장필름을 연구대상으로 선정하였다. 라면 포장필름 중에서 인쇄도수가 8도이며 합지수가 2겹인 외부 포장필름은 Table 1에서 보는바와 같이 라면 포장필름 중에서 무게비중이 54.8%로 가장 크기 때문에 연구 대상제품으로 선정하였다.

Table 1. 라면 포장필름의 용도별 특성

	인쇄도수	드라이 종류	합지수	가공공정	포장필름 무게	포장필름 크기 (가로x세로)
외부 포장필름	8도	Tdie싱글	2	슬리터	4.6g	360mmX210mm
멀티 포장필름	8도	드라이	3	슬리터	1.3g	570mmX320mm
분말 내부포장필름	3도	Tdie텐덤	3	슬리터	1.2g	190mmX90mm
건더기 내부포장필름	3도	Tdie텐덤	2	슬리터	1.3g	200mmX95mm

2.1.2.2 기능 및 기능단위 설정

본 연구의 평가기준인 기능단위는 [Table 2]와 같이 라면 1개에 대한 외부포장필름으로 정의하였으며, 이를 위한 기준흐름은 외부포장필름 1개로 설정하였다.

Table 2. 라면 포장필름의 기능, 기능단위 및 기준흐름

기능	라면 등의 식품 포장
기능단위	라면 1개에 대한 외부포장필름
기준흐름	라면 외부포장필름 1개

2.1.2.3 시스템경계 설정

라면 포장필름은 중간재에 속하므로 본 연구의 시스템경계는 원료물질의 채취 및 가공에서부터 포장 필름 제조 공정까지를 포함하였다. 95%의 제외기준을 적용하여 공정 투입물과 산출물에 대한 목록을 수집하였고 작업복과 장갑과 같은 작업자의 소모품은 cut-off 되어 제외 되었다.

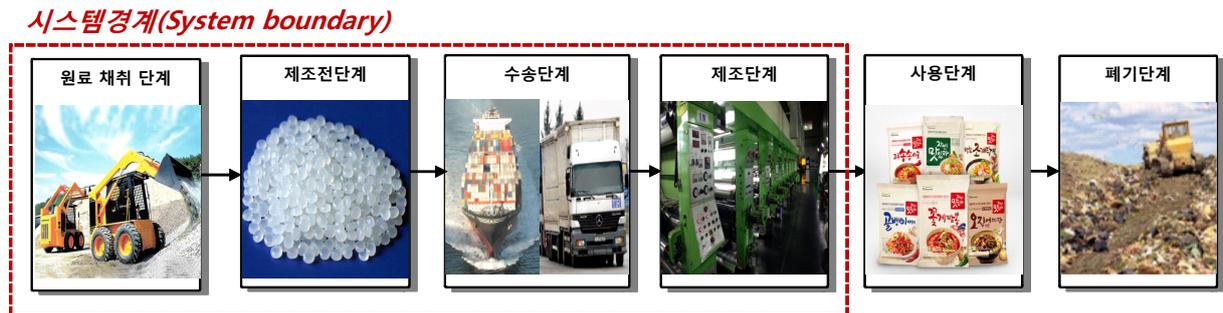


Figure 1. 라면 포장필름의 시스템 경계

2.1.2.4 데이터 품질요건 설정

수집한 데이터의 품질은 연구결과에 지대한 영향을 미치는 매우 중요한 요소이다. 이에 따라 본 연구에서는 생산공정에서 수집한 데이터는 현장데이터이어야 함을 원칙으로 하였으며, 수집기간은 2015

년도 1년간의 생산실적이 반영된 데이터를 수집하기로 하였다. 또한 상위 및 하위흐름에 대한 환경부하를 산정하기 위해 필요한 일반데이터는 최신의 국가 LCI 데이터베이스를 우선적으로 적용하되 여의치 않는 경우에는 Eco-Invent DB와 같은 공인된 출처의 최신의 데이터를 활용하기로 하였다.

2.1.2.5 영향평가 방법

본 연구는 다중 환경영향을 산출하는 것을 목적으로 하지 않고 제품 탄소발자국을 산정하는 것을 목적으로 하였기 때문에 본 연구에서는 영향범주는 지구온난화 1개 범주만을 고려하였고, 지구온난화 영향을 산정하기 위한 방법론으로는 환경부의 환경성적표지에서 활용하는 영향평가 방법론인 IPCC 1996에 따른 GWP 계수를 활용하기로 하였다.

2.1.2.6 할당

포장용기를 생산하는 과정에서 별도의 부산물이 발생하지 않기 때문에 다중산출(multi-output)에 의한 할당은 고려대상에서 제외하였으나, 사업장에서 발생한 포장 폐기물에 대한 열린고리재활용은 환경성적표지에서 적용하는 Cut-off 방법을 적용하기로 하였다. 이에 따라 폐합성수지 재활용 공정에서 발생하는 환경부하는 제외되었다.

2.1.2.6 가정 및 제한사항

본 연구를 수행하는 과정에서 설정한 가정 및 제한사항은 다음과 같다.

- (1) 대상공정까지의 원료물질 수송을 고려하기 위하여, 출발지와 도착지에 대한 정보를 수집하였으며, 정확한 출발 위치 파악이 어려운 경우 시·군 단위의 위치를 파악하여, 해당 시·군의 기준점으로부터의 거리를 활용하였다.
- (2) 라면용기를 생산하기 위한 설비 및 공장의 건축과정에서 발생하는 환경부하는 고려대상에서 제외하였다.
- (3) 직원의 출퇴근 및 식사, 기타 부대시설 이용 등에 따른 환경부하는 대상에서 제외하였다.
- (4) 포장 폐기물의 폐기과정에서 재활용과 소각, 매립에 대한 비율을 명확히 파악할 수가 없어서 환경부의 대상 재질에 대한 폐기물 처리 통계데이터를 활용하였다.
- (5) 전력 사용 데이터는 기기별 정격전력 및 가동시간을 토대로 산출한 전력사용량 계산치와 실제 전력사용량에 대한 비율을 고려하여 공정별 전력 사용량을 계산하였다. 반면에 LNG 사용량은 계측기에 의한 실제 흐름량을 파악할 수가 없어 회사 내부의 설계자료를 활용하여 공정별 LNG 사용량을 배분하였다.

2.3 전과정 목록분석

2.3.1 공정현황 및 공정흐름도

라면 외부포장필름은 인쇄공정, 합지공정, 드라이/Tdie공정, 경화공정, 검사, 가공공정, 검사공정을 거쳐서 생산된다. 주요 원료물질은 VMCOPP film(Vacuum-matellized Cast polypropylene film), OPP film(Oriented Polypropylene film), PE(Polyethylene), 잉크, 그 밖의 유기용제이며, 전기와 LNG가 에너지원으로 인쇄과정에서 별도의 공정수는 사용되지 않는다. 산출물은 라면 외부포장필름과 대기배출물, 폐합성수지, 폐잉크, 그 밖의 폐유기용제이다.

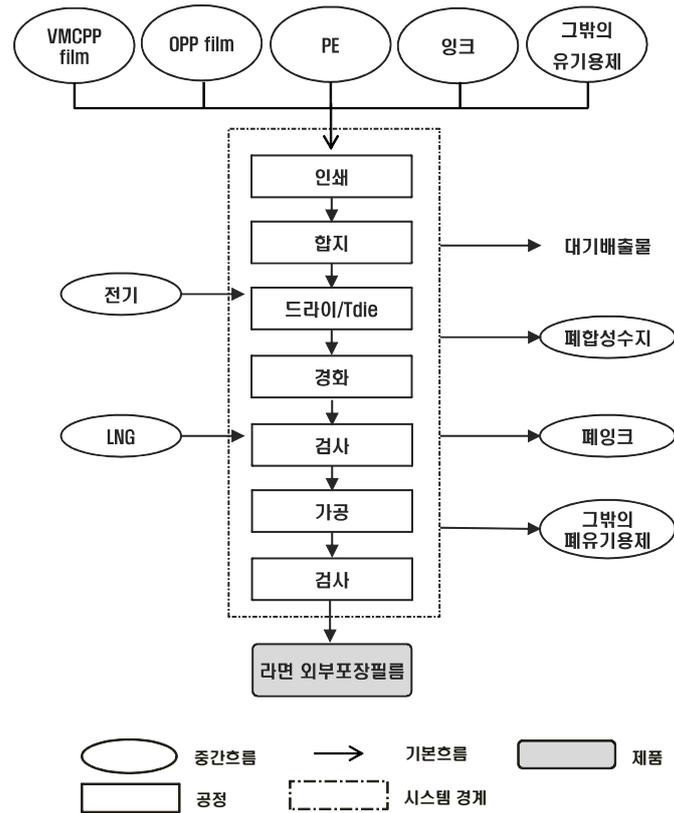


Figure 2. 라면 외부포장필름의 공정흐름도

라면 외부포장필름을 생산과정에서 거치는 6단계의 생산공정에 대한 설명은 다음과 같다.

(1) 인쇄

각 도에 다른 색상의 음각된 동판(철)에 잉크를 묻혀서 피인쇄물(투명한 필름)에 전이시켜 다량의 복제물을 만든다. 색상 제어 방식은 칼라 콘트롤러를 이용한 자동 제어이며, 스크린을 이용하여 실시간으로 인쇄 상태를 확인할 수 있다.

(2) 합지

Anchor Coating한 1급지(인쇄물, 투명필름)와 2급지 사이를 300~330℃ 온도로 가열, 용융시켜 슬릿형의 다이를 통과시킨 폴리에틸렌 원료를 냉각 로라를 이용하여 급냉각하여 합지하는 방법이다.

(3) 드라이/Tdie

1급지(인쇄물, 투명필름)에 용제형 접착제를 균일하게 도포하여 스팀히터를 이용한 온도가 90~100℃ 정도 유지된 챔버를 통과하면서 필름면에 있는 잔류용제를 없애면서 히팅 로라를 통하여 필름과 필름을 압착하는 방식이다.

(4) 경화

용제형 접착제를 도포하여 스팀히터 및 히팅로라를 통과한 필름을 40~50℃ 경화실에서 숙성한다.

(5) 가공

합지된 제품을 클린룸에서 규격에 맞게 절단을 함과 동시에 완제품을 철저한 품질관리기준에 의해 출하한다.

(6) 검사

경화공정과 가공공정 다음에 위치하며, 경화 상태와 규격에 맞는 가공이 되었는지 검사한다.

2.3.2 데이터 수집 및 계산

(1) 데이터 수집

본 연구에서는 설문지를 사용하여 [Table 3]과 같이 투입물(원료물질, 에너지)과 산출물(제품, 대기배출물, 고형폐기물)로 구분하여 데이터를 수집하였다.

Table 3. 라면 외부포장필름의 데이터 범주

구분		라면 외부포장필름
투입물	원료물질	VMCPP film, OPP film, PE, 잉크, 그밖의 유기용제
	에너지	전기, LNG
산출물	대기배출물	H ₂ O, CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO, NO _x , SO _x , TSP, PM10, VOC, NH ₃
	고형폐기물	폐합성수지, 폐잉크, 그밖의 폐유기용제

공정데이터는 포장필름 제조업체로부터 2015년 1년 동안의 현장데이터를 수집하였다. 하지만, 계절적 편차에 의해 현장데이터 수집이 어려운 LNG의 발열량은 에너지법 시행규칙의 ‘연료별 국가 고유 발열량’을 활용하였으며, 폐합성수지의 폐기방법별 처리비율에 대해서는 환경부의 ‘전국 폐기물 발생 및 처리현황(2011)’를 활용하였다.

또한 중간흐름을 기본으로 전환시키기 위해 활용한 LCI 데이터베이스는 환경부와 산업통상자원부에서 개발한 국가 LCI 데이터베이스를 사용하였다. [Table 4]는 본 연구에서 사용한 LCI 데이터베이스의 출처이다.

Table 4. LCI 데이터베이스 목록별 출처

목록 명칭	해당 공정	출처	연도
폴리프로필렌	인쇄공정	국가 LCI DB	1999
저밀도 폴리에틸렌	인쇄공정	국가 LCI DB	2000
옵셋잉크	인쇄공정	국가 LCI DB	2007
전기	전공정	국가 LCI DB	2000
LNG(제조업 및 건설)	인쇄공정, 합지공정	국가 LCI DB	1996
천연가스	인쇄공정, 합지공정	국가 LCI DB	2007
지정폐기물소각	인쇄공정	국가 LCI DB	2003
혼합폐플라스틱 재활용	가공공정	탄소성적표지 배출계수	-

(2) 데이터 검증 및 계산

수집된 데이터에 대하여 질량보존의 법칙에 의한 물질수지 검증을 수행하였으며, 대상 제조공정의 내부흐름에 대해서는 물질별로 경로를 파악하여 산출물 기준으로 보충량이 기입되었는지를 확인하였다. 물질수지 검증이 끝난 데이터는 ISO14044에 따라 기능단위별 환산과정을 통해 Gate to gate(GtG) 데이터를 작성하였는데, 원료물질의 투입량은 생산업체의 ERP 데이터를 활용하여 제품별 원료물질 투입량 데이터를 활용하여 제품별로 배분하였다. 또한 유틸리티 중 전기와 LNG는 1차적으로 공정특성을 고려한 유틸리티 배분을 하였으며, 2차적으로 인쇄도수(1도~8도)에 따른 유틸리티 사용량 배분을 통해 계산하였다.

가공공정에서 발생하는 폐합성수지는 100%재활용되며, 재활용 공정을 시스템 경계에 포함시켜 계산하였다.

① 공정별 유틸리티 배분

실제 전력 사용 데이터는 공정전체에 대해서만 관리되는 데이터이므로 기기별 정격전력 및 가동시간을 토대로 산출한 전력사용량 계산치와 실제 전력사용량에 대한 비율을 고려하여 공정별 전력 사용량을 계산하였다. 반면에 LNG 사용량은 계측기에 의한 실제 흐름량을 파악할 수가 없어 회사 내부의 설계자료를 활용하여 공정별 LNG 사용량을 배분하였다. 에너지를 주로 소비하는 공정은 인쇄공정, 합지공정, 가공공정이며, 합지공정은 네 가지 종류의 기기(드라이, 무용제드라이, Tdie싱글, Tdie텐덤)를 사용하고 가공공정은 두 가지 기기(슬리터, 제대기)를 사용한다.

[Table 5]에 따르면 전력사용량은 합지공정에서 전체의 68.3%를 사용하였고, 다음으로 인쇄공정에서의 사용량이 많았다. 반면에 [Table 6]에 따르면 LNG 사용량은 인쇄공정과 합지공정에서 동일하게 50%를 사용하였다.

Table 5. 공정별 전력 사용량

	단위	인쇄공정	합지공정				가공공정		합계
			드라이	무용제 드라이	Tdie싱글	Tdie텐덤	슬리터	제대기	
정격전력	kW	177.2	113.5	113.5	176.2	254.1	39.0	33.0	
가동시간	h	4,559	7,804	939	4,511	1,584	2,700	2,400	
전력사용량 (계산치)	kWh	807,796	885,944	106,584	794,613	402,534	105,300	79,200	3,181,971
비율	-	25.4%	27.8%	3.3%	25.0%	12.7%	3.3%	2.5%	
실제 전력량	kWh	868,307	952,310	114,568	854,137	432,688	113,188	85,133	3,420,331

Table 6. 공정별 LNG 사용량

	단위	인쇄공정	합지공정				가공공정		합계
			드라이	무용제 드라이	Tdie싱글	Tdie텐덤	슬리터	제대기	
비율		50%	43.7%	-	6.3%	-	-	-	-
실제 LNG 사용량	Nm ³	212,615	186,038	-	26,577	-	-	-	425,230

②인쇄도수(1도~8도)에 따른 유틸리티 배분

공정별로 산출한 전력사용량과 LNG 사용량을 활용하여 단위면적(1m²)당 1도 인쇄에 따른 유틸리티 사용량을 계산하기 위해 유틸리티 사용기간과 동일 기간 동안의 인쇄도수별 생산면적 데이터를 수집하였다. 수집한 인쇄도수별 생산량을 활용하여 인쇄면적을 계산하였다. 즉, 2도 인쇄의 경우 인쇄를 두 차례 하기 때문에 생산면적인 3,341,601m²에 2를 곱한 6,683,203m²가 인쇄면적이 된다. 이렇게 1도에서 8도까지의 생산면적을 활용한 총 인쇄면적으로 산출하고 이를 토대로 단위면적당 1도 인쇄에 따른 전력사용량을 계산하였다.

Table 7. 인쇄도수를 고려한 총 생산면적

인쇄도수	생산면적(m ²)	인쇄면적(도수X생산량)(m ²)
1도	767,129	767,129
2도	3,341,601	6,683,203
3도	3,850,086	11,550,259
4도	3,326,403	13,305,612
5도	1,896,194	9,480,971
6도	4,699,602	28,197,610
7도	3,323,652	23,265,566
8도	11,998,364	95,986,913
합계	33,203,032	189,237,263

한편, 인쇄공정에서 소비되는 LNG 사용량에 대하여 [Table 7]에 따른 인쇄도수별 전력사용량을 배분하는 방식과 동일한 방식으로 LNG 사용량을 배분하였다. 이렇게 계산한 단위면적당 인쇄도수별 전력사용량과 LNG 사용량은 [Table 8]과 같다.

Table 8. 단위면적당 인쇄도수별 전력 및 LNG 사용량

	전력 사용량(kWh/m ² · 도)	LNG 사용량(Nm ³ /m ² · 도)
인쇄공정	4.59E-03	1.12E-03

2.4 전과정 영향평가

연구의 목적이 제품 탄소발자국을 산출하는 것이기 때문에 분류화와 특성화 단계만을 수행하여 지구온난화에 대한 잠재적 환경영향을 산출하였다. 이를 위해 지구온난화 지수(GWP)로 UNFCCC, 1996 IPCC 가이드라인 2차보고서의 온실가스별 지구온난화지수를 적용하였다.

3. 제품 탄소발자국 비교

3.1 인쇄 도수변화에 따른 영향 비교

8도 인쇄 및 두 겹으로 된 라면 외부포장필름 1개의 전과정 온실가스 배출량은 $2.41E-02\text{kgCO}_2\text{e}$ 으로 산출되었다. 이를 세부적으로 분석해 보면 생산공정에서 전기 및 LNG의 사용에 따른 온실가스 배출량이 전체의 67.5%를 차지하여 가장 많았고, 다음으로 포장필름의 원료에 의한 영향이 전체의 32.2%이고, 마지막으로 용제에 의한 영향은 0.3%으로 매우 미약한 것으로 나타났다.

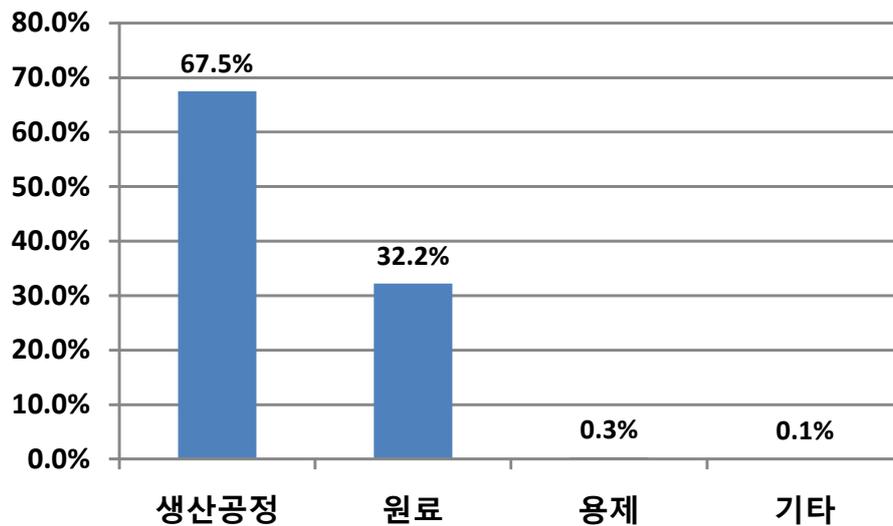


Figure 3. 온실가스 발생원별 배출량 기여도

[Figure 3]에서 인쇄에 의한 온실가스 배출량 기여도를 보다 자세히 분석하기 위하여 전체 영향 중에서 생산공정과 용제에 의한 영향을 합한 온실가스 배출량 기여도를 인쇄도수별로 비교분석해 보았다. Figure 4에 따르면 인쇄도수가 1도일 때 전체 온실가스 배출량의 63.4%이던 것이 8도 인쇄로 전환되었다고 가정할 때 67.8%로 기여도가 4.4%가 늘어나는 것을 확인할 수 있었다. 1도보다 8도의 인쇄 기여도가 4.4%가 늘어난 것은 생산공정 내에서 실제로 도수별 인쇄기 가동에 따른 영향의 차이로 인한 것이다. 이에 생산공정 내에서 도수별로 인쇄에 의한 기여도가 얼마인지를 분석해 보았다. Figure 4의 빗금무늬의 막대 그래프를 통해 알 수 있듯이 1도 일때의 생산공정에서 인쇄가 차지하는 기여도는 불과 3.0%이었지만 8도로 인쇄도수가 높아질 경우에는 생산공정에서 인쇄로 인한 영향이 23.7%로 높아지는 것을 알 수 있다.

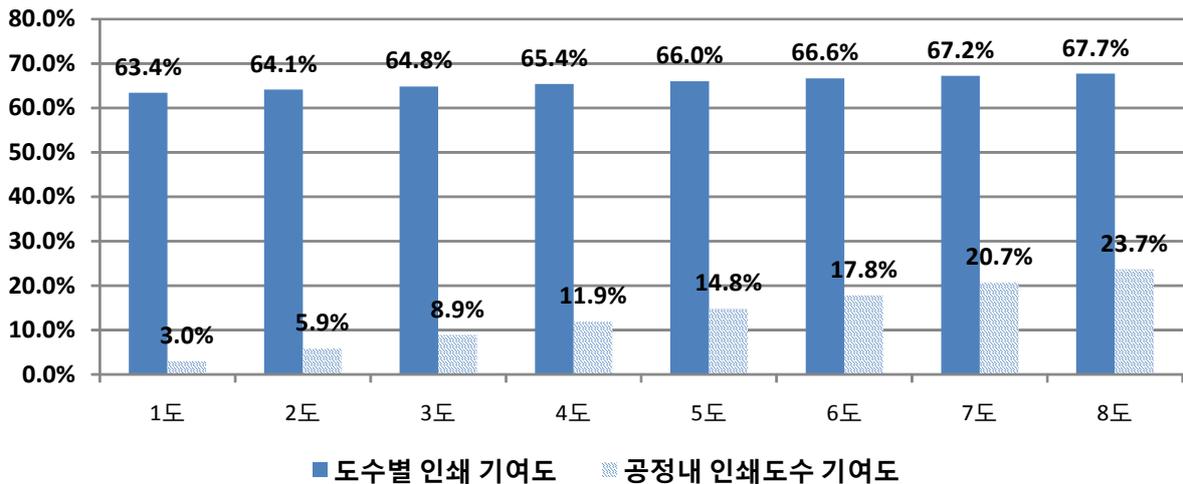


Figure 4. 인쇄도수별 배출량 기여도

이상의 결과에서 알 수 있듯이 인쇄공정에서 전기와 LNG 사용에 따른 온실가스 배출량 기여도 전체 생산공정의 최대 23.7%를 차지함에 따라 이에 대한 기여도를 낮추기 위한 방안으로 인쇄도수를 낮추거나 스팀을 생산하는 연료원을 LNG에서 온실가스 배출기여도가 낮은 목재펠릿 보일러로 전환하는 것을 대안으로 고려해 볼 수 있다.

3.2 연료원 변경에 따른 온실가스 기여도 변화

지역적 여건이나 기술적 한계, 경제적 상황 등을 고려하지 않고 단순히 환경측면만을 고려하여 스팀 생산을 위한 연료원을 LNG에서 목재펠릿으로 전환한다고 가정할 때, 인쇄공정에서의 온실가스 배출량 기여도가 인쇄도수 변화에 따라 어떻게 달라지는지를 분석하였다. 목재펠릿 보일러의 사용으로 인한 온실가스 배출량을 산정하기 위하여 목재펠릿 생산과정의 온실가스 배출계수는 한국에너지공단의 KVER 등록사업에서 사용한 생산배출계수를 적용하였으며, 목재펠릿 보일러에서 목재의 연소에 따른 온실가스 배출량은 상쇄되는 것으로 간주하였다.

이렇게 연료원 변경에 따른 온실가스 배출기여도를 분석한 결과, 8도 인쇄 및 두 겹으로 된 라면 외부포장필름 1개의 인쇄공정에서 발생한 온실가스 배출량은 최대 50%가 감축되는 것으로 분석되었다. 이와 더불어 인쇄도수의 변화에 따른 온실가스 배출량 기여도를 추가적으로 분석해 보았다. [Figure 5]를 통해 알 수 있듯이 1도 인쇄일 때의 생산공정에서 인쇄가 차지하는 기여도는 3.0%에서 1.5%로 감소하였고 8도로 인쇄품질이 높아질 경우에는 생산공정에서 인쇄로 인한 영향이 23.7%에서 11.0%로 낮아지는 것을 알 수 있다. 이상의 결과에서 알 수 있듯이 인쇄공정에서 스팀을 생산하는 연료원을 LNG에서 온실가스 배출기여도가 낮은 목재펠릿 보일러로 전환하면 인쇄공정로 인한 기여도가 감소됨을 알 수 있다.

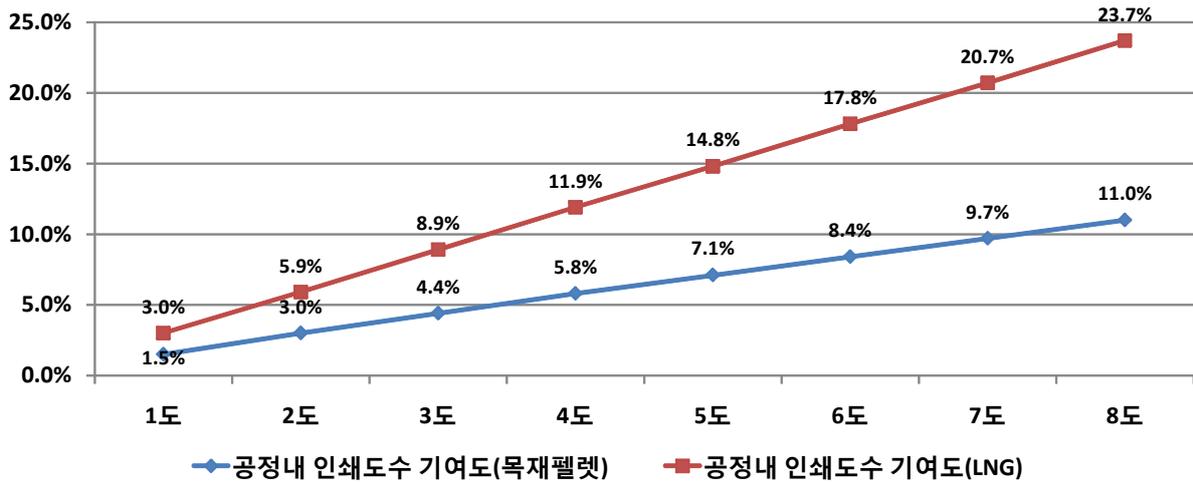


Figure 5. 연료원별 인쇄공정 온실가스 배출량 기여도

4. 결론

본 연구는 전과정평가 기법을 활용하여 포장용기의 인쇄품질 수준에 따라 포장필름 개당 온실가스 배출량 기여도가 어떻게 변화하는지를 분석하였다. 이를 위하여 국내 대상업체로부터 2015년 연간 데이터를 수집하여 분석하였다. 그 결과 라면 외부포장필름 1개의 전과정 온실가스 배출량은 $2.41 \times 10^{-2} \text{kgCO}_2\text{e}$ 이며, 이는 생산공정이 전체의 67.5%를 차지하고 포장필름 원지의 생산에 따른 온실가스 배출량 기여도가 32.2%임을 알 수 있었다. 그리고 생산공정에서 발생하는 온실가스 배출량을 도수별로 세분화하여 분석한 결과 1도일 때 생산공정 내에서 인쇄로 인한 기여도가 3.0%이었지만 8도일 때는 23.7%로 급격히 증가함을 알 수 있었다. 이에 인쇄공정에서 온실가스 배출량을 낮추기 위하여 LNG 보일러 대신에 목재펠릿 보일러로 전환한다고 가정하면 인쇄공정에서의 온실가스 배출량이 최대 50%가 감축되는 것을 확인할 수 있고, 인쇄공정에 의한 온실가스 배출 기여도도 최대 50% 감축되는 것을 확인할 수 있다.

5. 참고문헌

1. 허탁 외 2명, 환경 전과정평가(LCA)의 이론과 지침, 한국품질환경인증협회(KAB). 1998
2. 탄소성적표지 인증지침, 한국환경산업기술원, 2015
3. 목재 펠릿 연료전환 사업의 온실가스 감축 효과 및 경제성 분석, 목재공학 41(6): 594~605, 2013
4. ISO 14040: Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines, ISO; 2006.
5. ISO 14044: Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines; 2006