

## 유한킴벌리의 그린파트너십 구축 - 통기성필름에 대한 전과정평가 -

서창석, 이준호, 안중우, \*허진호, \*\*이길중, \*\*최기석

(유한킴벌리(주) 환경경영연구소, \*네오에코시스템, \*\*대명화학)

### Life cycle assessment on porosity film in YK's supply chain green partnership

ChangSeok Suh, JunHo Lee, JoongWoo Ahn, \*JinHo Huh, \*\*GilJung Lee, \*\*KiSeok Choi

(Yuhan-Kimberly Co.Ltd, \*Ecosian Co.Ltd, \*\*Daemyung Chemical Co.Ltd)

#### ABSTRACT

Green Partnership with suppliers becomes more important in that the better environmental aspect leads better quality of products. So it is expected that the Life Cycle Assessment of Porosity Film manufactured in a supplier is helpful to understand Self Environmental Evaluation and the analysis of improvements. Single environmental point was  $3.20E-01$  after the Life Cycle Assessment through weighting stage. Material Input stage represented as the biggest environmental loads factor, over 97%, in the Porosity Film's manufacturing process system. 10% of the environmental benefits resulted from the waste recycling during Slitting & Winding manufacturing process. Both the manufacturing process and material of Porosity Film was relatively simple. Therefore, smaller material-input and higher recycling rates of wastes was recommended as a conclusion.

Key word : Green Partnership, Supply Chain, Porosity Film, Single Environmental Point

#### 요 약 문

제품의 환경성을 개선하기 위해 협력업체와의 그린파트너십은 더욱더 중요해지고 있다. 그런 점에서 협력업체의 통기성 필름에 대하여 전과정평가를 통하여 자체환경성평가를 하고 또한 개선점을 파악하는데 일조할 것으로 생각된다. 전과정평가 결과 가중화 단계를 거쳐 최종 도출된 단일 환경지수는  $3.20E-01$ 로 나타났다. 대상 제품 시스템을 구성하는 공정 중에서 환경부하에 대한 기여율이 가장 높은 공정은 원료투입 공정으로 약 97% 이상의 기여율을 보이는 것으로 나타났다. 그러나 Slitting & Winding공정의 폐기물 재활용으로 인하여 약 10%의 환경이득을 보이는 것으로 분석되었다. 통기성필름의 생산공정의 특성상 투입되는 원료와 공정이 단순하므로 되도록 원료사용량을 줄이고 폐기물의 재활용율을 높여야 한다는 결론을 얻었다.

주제어 : 그린파트너십, 전과정평가, 협력업체, 통기성필름, 단일환경지수

#### 1. 서 론

최근들어 소비자들의 환경에 대한 관심은 더욱더 증가되고 있으며 또한 제품 환경성에 대한 이슈들에 대

하여 각종 언론매체를 통한 다양한 보도를 접하면서, 환경에 대한 인식이 변화하고 있는 것을 느낄 수 있다.

또한 국제적인 환경규제에 적합한 제품을 생산하기 위해서는 자체적인 관리뿐만 아니라 협력업체의 친환경

성이 점점 증대되고 있다. 이러한 추세에 순응하여 유한킴벌리는 협력업체와의 그린파트너십을 꾸준히 유지하고 있으며 그 일환으로 대·중소 그린파트너십 구축 사업을 시작하여 지속적으로 제품에 대한 환경성을 개선시키고 있다. 특히, 중소기업으로는 보기 드물게 협력업체에서 생산하는 통기성 필름에 대하여 전과정 환경평가를 진행하였다. 본 연구를 통하여 유한킴벌리의 협력업체인 대명화학의 생산제품에 대한 전과정 환경성 분석을 통하여 대상 제품의 환경성 개선점을 파악하고자 하는 것이다. 또한 유한킴벌리의 협력업체들이 생산하는 제품들에 대한 환경성 개선 작업을 통하여 최종적으로는 공정관리뿐 아니라 제품에 대한 환경영 기법을 도입함으로써 유한킴벌리의 SECM체제 구축을 보다 확고히 하는 것이 최종 목적이다.

## 2. 연구 내용

### 2.1 연구목적

본 연구의 목적은 유한킴벌리의 협력업체 중 하나인 주식회사 대명화학(이하 대명화학)이 생산하여 유한킴벌리에 납품하는 고투습 Baffle(통기성필름, 이하 통기성필름)제품에 대한 환경성평가를 하여 내부 개선을 통한 그린파트너십 향상이다.

### 2.2 연구 범위

#### 2.2.1 연구 대상 제품

연구 대상 제품은 대명화학에서 생산하여 유한킴벌리에 납품하는 고투습 통기성필름이다.

#### 2.2.2 기능, 기능단위, 기준흐름

통기성필름은 기체 또는 수증기 등은 투과할 수 있지만, 액체는 투과할 수 없는 플라스틱 필름을 말하며 필름전체에 미세한 기공이 다수 존재하는 다공성 재질로 이루어져 있다. 본 연구의 대상제품인 통기성 필름은 Poly ethylene과 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ )이 주성분이고 소량의 기타첨가제가 투입된다. 일반적인 사용 용도는 현재 보편화 되어 있는 일회용 아기기저귀의 겉 커버와 여성용 생리대의 겉 커버, 그리고 일회용 방수작업

복의 원단 등에 사용되는 것이다. 그러나 기본적인 기능은 기저귀 또는 생리대에 부착되어 공기의 순환을 가능하게 하여 피부의 짓무름을 방지하는 것이라 할 수 있다. 따라서 대상제품인 통기성 필름은 본 연구의 목적에 따르면 통기성보다 기저귀 또는 생리대를 구성하는 부품으로써의 기능을 주 기능으로 보아야 한다. 그러므로 본 연구대상 제품인 통기성필름의 주 기능은 “기저귀 또는 생리대 구성요소로서 통기성 제공”으로 정의하였다.

본 연구 대상 제품은 기저귀 또는 생리대를 생산하기 위해서 벌크형태로 포장되어 납품되는 중간재이므로 개수 등의 단위로 기능을 정량화할 수는 없다. 따라서 제품 판매단위 등으로의 정량화가 필요하나 전과정평가 연구의 효율적인 수행을 위해서는 생산량 기준의 정량화가 더욱 용이한 데이터처리를 할 수 있다. 따라서 통기성필름의 기능단위는 “통기성 기능이 있는 통기성필름 1톤”으로 정의하였다.

〈표 1〉 기능, 기능단위, 기준흐름

구분	내용
기능	기저귀 또는 생리대 구성요소로서 통기성 제공
기능단위	기저귀 또는 생리대구성요소로서 통기성을 제공할수 있는 통기성필름 1톤
기준흐름	기저귀 또는 생리대구성요소로서 통기성을 제공할수 있는 통기성필름 1톤

#### 2.2.3 시스템 경계

시스템 경계의 설정은 시스템 경계 안에 모델링 되어 포함되는 모든 단위공정을 정의하는 것이다. 일반적인 경우, 제품시스템은 그 시스템 경계에서의 투입물과 산출물질 들의 기본흐름(elementary flow) 형태로 나타내어져야 한다. 그러나 많은 경우 이상적인 경우를 만족시키는 연구를 수행하는데 필요한 시간, 자료 및 여러 자원이 충분하지가 않다. 따라서 연구 목적에 비추어 어떠한 단위 공정들이 모델링 되어 연구에 포함되어야 하는지, 그리고 모델링 된 단위공정을 어느 정도로 자세하게 연구에서 다룰 것인지를 결정해야 한다. 연구의 전체 결과물에 심각한 영향을 미치지 못하는 투입물 및 산출물을 제외시키는 것도 시

스텝 경계를 선정할 때 정해야 하는 것이다.

(1) 대상시스템 범위설정

본 연구의 대상제품인 통기성필름은 대명화학에서 생산하여 유한킴벌리에 납품하는 제품이다. 따라서 대명화학에서 제품 출하가 된 이후의 단계인 사용단계 및 폐기단계에 대한 고려는 하지 않고 본 연구에 포함되는 전과정단계는 “원료물질채취 및 제조단계”, “제품제조단계”로 정의하였다.

(2) 제품시스템 내에 포함되는 공정흐름도

일반적으로 시스템 경계에 포함시켜야 되는 전과정 단계 및 단위공정 들을 정의하는 데 다음과 같은 사항들이 포함된다.

해당제품 제조공정으로의 물질 및 에너지 유입, 운반, 에너지 취득 및 이용 가능한 연료로의 가공, 전력 및 열 생산, 제품 사용, 공정 폐기물 및 사용 후 제품의 폐기, 사용된 제품의 회수(재사용, 재활용 및 에너지 회수) 및 부자재 생산 등이다. 이러한 제품과 관련 있는 사항들을 파악하여 제품 시스템을 구성한다. 이때 연구 결과에 영향을 미치지 못한다고 판단되는 공정은 제외시킬 수 있다.(그러나 제외시키는 기준-Cut off Criteria 를 투명하게 제시할 수 있어야 하며 연구 목적에 비추어 타당해야 한다.) 또한 Life Cycle을 정의하면서 시스템 경계 내에 있는 단위공정들 간의 상호 관계를 정립하는 것도 중요하다. 이를 위하여 전과정평가 연구대상이 되

는 제품을 중심으로 Upstream/Downstream 공정 들을 연결시키는 공정흐름도(Process tree)를 작성하는 것이 일반적이다. [그림 1]에 통기성필름의 생산에 대한 공정흐름도를 나타내었다.

(3) 자연계, 기술계

본 연구에서는 원료채취단계의 경우, 원료채취 전을 자연계로 보고 채취 후를 기술계로 보았다. 또한 폐기물 매립의 경우 100년 동안은 기술계로 보았으나 매립데이터가 있는 경우로 한정하였고 데이터가 없는 경우는 데이터 부재 또는 자연계로 간주하였다. 소각로의 경우는 소각 직후부터 폐기물 매립의 경우와 마찬가지로 방법으로 취급하였다. 마지막으로 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 경우는 배출 후 100년 이후부터 자연계로 취급하였다.

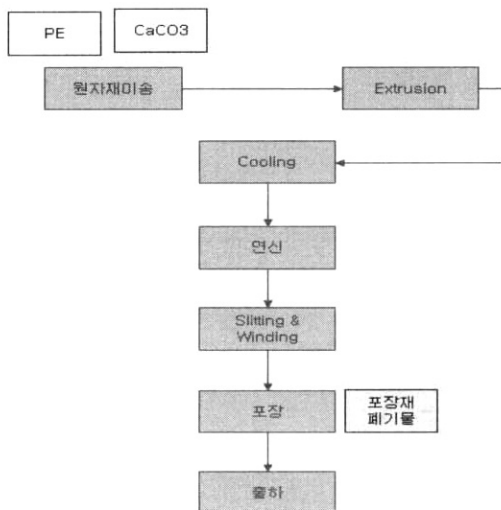
본 연구에서는 제품의 폐기에 관한 경우는 고려할 필요가 없고 생산 공정 폐기물에 관해서만 고려하였다. 기본적으로 Open loop recycle에 관한 여러 가지 할당방법론 중에서 하나를 선택하여 Life Cycle System간에 환경부하를 적절히 분배해 주어야 하나 재활용에 관한 데이터는 국가 데이터베이스를 사용하였고 해당 데이터가 없는 경우에는 데이터 누락으로 처리하였다.

2.3 데이터 수집, 품질 검증 및 계산

2.3.1 데이터 품질요건

데이터 품질요건 즉 시간적 범위, 지리적 범위, 기술적 범위에 대한 기술은 연구결과의 신뢰성을 판단하는 것과 적절한 결과해석을 위해서 무척 중요하며 데이터 품질의 요구사항이 연구 목표와 범위에 부합하도록 규정되어야 한다. 이외에도 현장수집 데이터인지 문헌 자료의 데이터인지 또는 측정치, 계산치, 추정치 등의 데이터의 출처 및 특성들이 반드시 고려되어야 정해져야 한다.

또한 제품 시스템안의 질량 및 에너지 흐름의 큰 부분을 차지하는 단위공정의 데이터는 현장데이터나 대표성 있는 평균 데이터가 사용되는 것이 바람직하다. 환경연관성이 깊은 물질은 배출하는 단위공정에 대해서는 현장데이터를 직접 수집하는 것이 바람직하다.



(그림 1) 통기성필름 생산 공정도

본 연구의 지리적 경계는 사용한 국가 데이터베이스 및 일반 데이터의 지리적 경계를 그대로 따르는 것으로 하였다. 또한 수송 관련 데이터는 수송의 발생 지역과 상관없이 국가 데이터베이스를 그대로 사용하였다.

본 연구의 시간적 경계는 생산 공정 데이터는 2004년 7월부터 2004년 12월까지의 6개월간의 데이터를 사용하였다. 그 외, 연구에 사용한 국가 데이터베이스 및 일반 데이터들의 시간적 경계는 해당 데이터의 시간적 경계를 그대로 따르는 것으로 하였다.

〈표 2〉 데이터 품질요건 및 데이터 출처

구 분	전과정단계	
	원료채취, 원료제조및 운송	제품 제조
시간적 범위	최근 3년 이내의 데이터 2. 3년 이전의 데이터 중 이용 가능한 최신 데이터 3. 데이터 누락 처리	2004.7~ 2004.12, 6개월간 데이터
지리적 범위	1. 원료 생산지 데이터 2. 동일 물질에 대한 국내 데이터 3. 데이터 누락 처리	국내
기술적 범위	1. 업계 평균 데이터 2. 데이터 누락 처리	누적 평균 실제 데이터
데이터 출처	1. 국가 공인 데이터베이스 2. 문헌 데이터	현장 데이터 (측정, 추정 또는 계산)

2.3.2 투입물 분석

데이터 조사기간에 대한 통기성필름의 총생산량은 672,332kg이고 <표 3>에 총 투입물에 대한 분석결과이다. 본 연구의 투입물질분석은 질량기여도에 따라 수행하였으며 제외하는 물질 없이 모든 투입물을 고려하였다.

2.3.3 데이터 계산

(1) 공정별 데이터

단위공정 데이터들의 대부분은 회사에서 실제로 측정, 관리하는 데이터들이지만 폐기물과 같은 것들은 공정 수율 등을 참고하여 계산하여야 하는 경우가 많다. 또한 공장 전체량으로 관리되는 전력, 스팀, 압축 공기 등과 같은 유틸리티 등도 해당 제품의 생산량 등을 기준으로 삼아 할당을 해주어야 하는 경우가 대부분이다. 본 연구에서도 이와 같이 계산을 하여 도출

〈표 3〉 투입물 분석 결과

물질명	투입량 (kg)	누적질량 (kg)	기여도 (%)
합 계	841433.7		100.0%
CaCO3	395995.2	395995.2	47.0620%
PE	417444.9	813440.1	49.6112%
기타첨가제	11549.9	824990.0	1.3726%
CaCO3+PE포장재	2150.6	827140.6	0.2556%
수돗물(보충수)	100.0	827240.6	0.0119%
열매체유(미네랄오일)	27.2	827267.8	0.0032%
지관	10858.6	838126.3	1.2905%
비닐(PE)	1942.7	840069.0	0.2309%
라벨지	46.1	840115.2	0.0055%
골판지	1193.9	841309.1	0.1419%
OPP TAPE	124.6	841433.7	0.0148%

〈표 4〉 계산 데이터 및 근거

항 목	계산 근거
공정별 전력 및 압축공기 생산용 전력	통기성필름의 생산비×공장전체 생산량=T 각 공정별 설비용량=t1, t2, t3... 각 공정별 소모전력량=T1×t1,t2,t3...
지관, 라벨, 골판지, 포장재 투입량	공장전체 제품생산량에서 통기성필름이 차지하는 생산비를 적용하여 산출
PE, CaCO <sub>3</sub> 투입량	공장전체 투입량에서 통기성필름의 생산비를 적용하여 산출

한 데이터 들이 존재하고 이에 대한 계산 근거를 다음 <표 4>에 정리하였다.

(2) 전력, 원자재 데이터

기준흐름(통기성필름 1톤) 전력 사용량은 약 1004kWh를 소모하는 것으로 나타났다.

〈표 5〉 기준흐름(통기성필름 1톤) 전력 사용량

공 정	전력(kWh)	전력(MJ)
원료투입	36.10	129.9443
Extrusion	496.73	1.78823E+03
Cooling	36.27	1.30569E+02
연신	400.25	1.44088E+03
Slitting & Winding	34.64	1.24697E+02
합 계	1003.9792	3614.325

기준흐름(통기성필름 1톤) 당 원자재인 PE와 CaCO<sub>3</sub>부직포의 투입량은 각각 620.89, 588.99kg을 소모하는 것으로 나타났다.

〈표 6〉 기준흐름(통기성필름 1톤) 원자재 투입량

물질	양(kg)
PE	620.89
CaCO <sub>3</sub>	588.99

## 2.4 영향평가

### 2.4.1 영향범주 및 영향평가 방법

일반적으로 많이 사용하는 영향범주는 자원고갈(Abiotic Resource Depletion), 지구온난화(Global Warming), 산성화(Acidification), 오존층 파괴(Ozone Depletion), 부영양화(Eutrophication), 광화학적 산화물 생성(Photochemical Oxidant Creation)이나 최근에는 생태독성(Eco Toxicity) 및 인간독성(Human Toxicity) 영향범주도 많이 사용하는 추세이다. 언급한 생태독성 영향범주는 다시 세분화 될 수 있는데 Freshwater aquatic ecotoxicity, Marine aquatic ecotoxicity, Terrestrial ecotoxicity가 그것이다. 본 연구에서 최종적으로 선정한 영향범주는 앞의 6개 영향범주이다. 독성과 관련된 영향범주는 과학적으로 그 타당성의 불확실성으로 적용하지 아니하였다. 이 영향범주들을 선정한 근거는 2000년 산법자원부 주관의 “청정생산기술사업” 과제의 일부인 “환경친화적 산

〈표 7〉 영향범주별 정규화 인자

Impact Category	Value	Unit
Abiotic Resource Depletion	2.49E+01	kg/person-yr
Global Warming	5.53E+03	kg CO <sub>2</sub> -eq/person-yr
Ozone Depletion	4.07E-02	kg CFC-eq/person-yr
Photochemical Oxidant Creation	1.03E+01	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq/person-yr
Acidification	3.98E+01	kg SO <sub>2</sub> -eq/person-yr
Eutrophication	1.31E+01	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq/person-yr

출처 : (산업자원부) “청정생산기술사업” 내 - “환경친화적 산업 기반 구축을 위한 환경경영 표준화 사업”

〈표 8〉 영향범주별 가중화 인자

Impact Category	N/T <sub>i</sub> <sup>a</sup>	f <sub>i</sub> <sup>b</sup>	W <sub>i</sub> <sup>c</sup>
Abiotic Resource Depletion	1.06	0.218	0.231
Global Warming	1.05	0.274	0.288
Ozone Depletion	1.71	0.171	0.292
Photochemical Oxidant Creation	1.09	0.060	0.065
Acidification	1.05	0.034	0.036
Eutrophication	1.46	0.026	0.038

1) Ni/Ti : Reduction Factor

2) fi : Relative Significance Factor

3) Wi : Weighting Factor

출처 : (산업자원부) “청정생산기술사업” 내 - “환경친화적 산업 기반 구축을 위한 환경경영 표준화 사업”

업기반 구축을 위한 환경경영 표준화 사업”의 결과로 위의 영향범주들에 대한 “국내 정규화 값과 영향범주별 weighting factor”를 발표했기 때문이다.

### 2.4.2 영향범주별 영향평가 결과

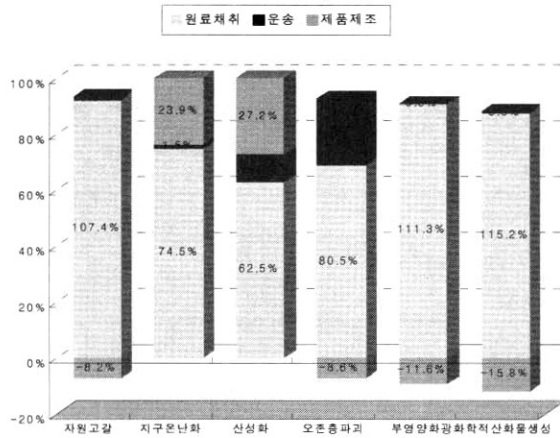
앞서 선정된 영향평가방법론을 사용하여 도출한 가중화 결과를 보면 3.20E-01로 나타났다. 또한 전과정 단계별 기여율을 보면 원료채취 단계가 96.13%, 제조 단계가 2.23%, 운송단계는 1.64%로 상대적으로 덜 중요하게 나타났다.

〈표 9〉 영향평가 결과

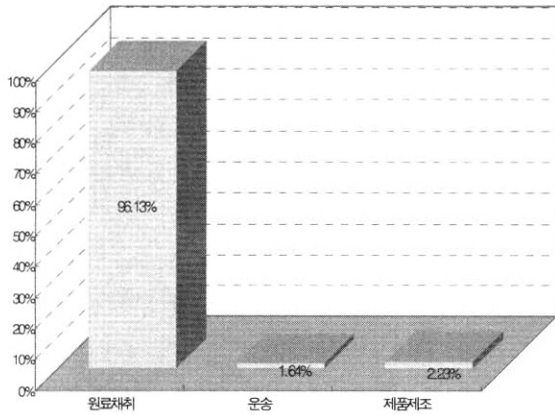
영향범주	특성화 결과	정규화 인자	정규화 결과	가중화 인자	가중화 결과	영향범주 기여율
자원고갈	2.25E+01	2.49E+01	9.05E-01	0.231	2.09E-01	65.43%
지구온난화	1.60E+03	5.53E+03	2.90E-01	0.288	8.34E-02	26.10%
산성화	2.75E+00	3.98E+01	6.90E-02	0.292	2.02E-02	6.31%
오존층파괴	2.68E-05	4.07E-02	6.58E-04	0.065	4.28E-05	0.01%
부영양화	2.43E-02	1.31E+01	1.85E-03	0.036	6.67E-05	0.02%
광화학적 산화물 생성	1.84E+00	1.03E+01	1.79E-01	0.038	6.81E-03	2.13%
단일 지수					3.20E-01	

### 2.4.3 영향범주별/전과정단계별 영향평가 결과

전과정단계별 기여율을 보면 원료채취 단계가 96.13%, 제조단계가 2.23%, 운송단계는 1.64%로 상대적으로 덜 중요하게 나타났다.



[그림 2] 전과정단계별/영향범주별 가중화 결과



[그림 3] 전과정단계별 가중화 결과

2.5 해석

2.5.1 주요 환경이슈 분석

(1) 공정별 주요이슈

대상 제품 시스템에 포함된 단위공정 중에서 원료 투입 공정이 약 97%의 기여율을 보여 가장 환경부하의 원인이 많은 공정으로 나타났고 다음으로

<표 10> 공정별 기여율

공정	결과	기여율
원료투입	3.10E-01	97.15%
Extrusion	2.18E-02	6.83%
Cooling	1.66E-03	0.52%
연신	1.84E-02	5.74%
Slitting & Winding	-3.43E-02	-10.75%
포장	1.61E-03	0.51%
합계	3.20E-01	100.00%

Extrusion, 연신, Cooling, 포장 공정의 순으로 분석되었다. 또한 Slitting & Winding공정은 약 -10.7%의 재활용 이득을 보이고 있는 것으로 분석되어 생산 수율을 높이는 것과 동시에 재활용 양을 늘리는 것이 중요한 것으로 판단되었다.

(2) 원료투입 공정

원료투입 공정은 통기성필름의 원료인 PE와 탄산칼슘을 투입하는 공정이다. 통기성필름 대상제품 시스템의 주된 환경부하가 원료인 PE와 탄산칼슘의 생산에 원인이 있는 것으로 분석되었으므로 공정 수율을 높여 원자재 투입량을 줄이는 것과 폐기물의 재활용이 중요하다고 할 수 있겠다.

<표 11> 공정별 가중화결과

공정명	가중화결과	기여율
PE	3.00E-01	96.78%
[PE]->[원료투입]	2.67E-03	0.86%
탄산칼슘	2.58E-03	0.83%
[탄산칼슘]->[원료투입]	2.53E-03	0.82%
Electricity	1.60E-03	0.52%
원료포장재	1.40E-03	0.45%
Electricity(압축공기)	4.99E-05	0.02%
[원료포장재]->[원료투입]	1.38E-05	0.00%
[원료투입]->[폐원료포장재_재활용]	3.25E-08	0.00%
폐원료포장재_재활용	-8.60E-04	-0.28%
합계	3.10E-01	100.00%

(3) 주요 영향인자 물질

통기성필름의 생산 전과정에 걸쳐 환경영향을 일으키는 물질별 기여도 분석을 수행한 결과 Crude oil, CO2, NOx, Coal 등의 영향이 약 90% 이상의 큰 비중을 차지함을 보여준다. 이 중 Crude oil과 Coal은 자원소모에 관련이 있고 나머지는 온실가스로 구성된다.

2.5.2 민감도 분석

본 연구에서는 투입물에 대한 데이터는 생산 당시의 현장데이터를 사용하였고, cut-off를 하지 않았고, 데이터 품질의 변경이 없으므로 민감도 분석을 수행하

지 않았다.

본 연구에서 적용한 정규화 인자는 산업자원부에서 발표한 국내자료이므로 지역적 경향이 강한 산성화, 부영양화, 인간독성, 광화학적산화물생성 등의 국지적 성격이 강한 영향범주 결과가 지역경제를 설정할 때 Environmental mechanism을 따를 것을 권유하는 ISO 14042에 비추어 볼 때 바람직하다 할 수 있다.

그러나 영향범주의 상대비교 보다는 단위제거에 의미를 둘 때 일관된 지역경제를 가지는 World95 값을 이용하여 정규화를 하는 것도 의미가 있을 수 있다. 이는 제품 시스템이 포함되어 있는 기준지역을 전 세계로 넓게 잡음으로서 제품시스템과 정규화 기준지역 간에 일관성을 유지할 수 있다는 장점이 있다. 다만, 전 세계 규모의 정규화 인자를 적용할 경우에는 지역적 영향범주의 경우에 정규화 기준값을 산정한 자료원이 실제 발생량을 기준한 자료보다는 다른 통계자료의 가공이나 네덜란드 또는 유럽지역의 국가 통계를 원용한 것이 많아 데이터의 신뢰성 측면에서 그다지 높지 못하다는 단점이 있다. 또한 기준시스템의 지역경제 선정이 Environmental mechanism에 따를 것을 권유하는 ISO 14042에 비추어 바람직하지는 않은 것으로 사료된다. 따라서 World 95 정규화 인자를 적용한 결과는 해석 상에 무리가 있을 수 있으므로 단지, 본 연구의 보조 자료로만 사용해야 한다는 것을 밝혀 둔다.

우선 평가에 사용한 World 95 정규화 인자를 <표 12>에 나타내었다.

<표 12> World 95 정규화 인자

영향범주	World95 정규화 인자
자원고갈	1.565E+11
지구온난화	4.149E+13
산성화	3.350E+11
오존층파괴	5.152E+08
부영양화	1.322E+11
광화학적산화물생성	9.586E+10

위의 표에 있는 World 95 정규화 인자를 사용하여 가중화를 수행하였다. 이 때 영향범주 간 가중치는 본 연구의 일관성을 유지하기 위하여 산업자원부의 영향

범주 간 가중화 인자(Weighting Value)를 그대로 적용하였다. 다음 표에 World 95 정규화 인자를 적용한 가중화 결과를 정리하였다.

<표 13> World 95 인자를 적용한 가중화 결과

영향범주	특성화 결과	정규화 인자	정규화 결과	가중화 인자	가중화 결과	영향범주 기여율
자원고갈	2.25E+01	1.57E+11	1.44E-10	0.231	3.33E-11	70.00%
지구온난화	1.60E+03	4.15E+13	3.86E-11	0.288	1.11E-11	23.40%
산성화	2.75E+00	3.35E+11	8.20E-12	0.292	2.39E-12	5.04%
오존층파괴	2.68E-05	5.15E+08	5.20E-14	0.065	3.38E-15	0.01%
부영양화	2.43E-02	1.32E+11	1.84E-13	0.036	6.61E-15	0.01%
광화학적산화물생성	1.84E+00	9.59E+10	1.92E-11	0.038	7.31E-13	1.54%
단일 지수					4.75E-11	

World 95 정규화 인자를 적용한 가중화 결과를 보면 최종 도출된 단일 환경지수는 4.75E-11로 나타났다. 영향범주 별 상대 중요도를 보면 자원고갈이 70%로 가장 높은 것으로 확인되었고 다음으로 지구온난화가 23.4%의 기여율을 기록하였다. 산자부 가중치를 적용한 결과와 비교해 보았을 때 최종 단일 지수는 정규화 인자의 차이로 인하여 다른 결과가 나올 수 밖에 없지만 영향범주별로 비교해 보았을 때는 거의 차이가 없는 것으로 분석되었다.

<표 14> 영향평가 방법별 영향범주별 기여율 비교

영향범주	산자부	World 95
자원고갈	70.00%	61.54%
지구온난화	23.40%	17.12%
산성화	5.04%	16.07%
오존층파괴	0.01%	1.52%
부영양화	0.01%	0.49%
광화학적산화물생성	1.54%	3.27%

결론적으로 World 95 정규화 인자를 적용하면 국지적 성격이 강한 영향범주의 경우 정규화 인자를 산정한 지역과 지역적 특성이 상당히 다르므로 잘못된 평가결과가 나올 확률이 높다. 위의 평가 결과를 보면 대체적으로 자원고갈, 지구온난화, 생태독성(해수) 등과 같이 범지구적 성격의 영향범주 비율이 높고 국지

적 성격의 영향범주들은 상대적으로 덜 중요한 것으로 분석된 것을 알 수 있다.

따라서 World 95 정규화 인자를 적용하는 경우, 해석에 있어 수집한 데이터의 지역적 특성을 살릴 수 있는 방향으로 World 95 정규화 인자의 가정들과 한계점을 분명히 파악한 후 사용하여야 될 것으로 판단된다.

### 3. 결 론

이번 통기성필름 전과정평가를 통해 대명화학은 폐기물 재활용 및 공정수율을 높여 투입물질을 줄임으로써 원가절감 및 환경부하를 감소시켜 결과적으로 유한킴벌리의 녹색구매에 이바지할 것으로 기대한다.

가중화 단계를 거쳐 최종 도출된 단일 환경지수는 3.20E-01로 나타났다. 전과정단계별 결과는 원료채취 단계가 96.13%로 가장 많은 부분을 차지했고 제품제조 단계가 2.34%, 운송단계가 1.64%의 순으로 나타났다. 이는 통기성필름의 시스템 특성상 다량의 PE와 탄산칼슘을 사용하는 데 기인한 것으로 보인다. 영향범주별 중요도는 자원고갈이 65.43%로 가장 환경부하율이 높은 것으로 나타났고 지구온난화, 산성화의 순

으로 나타났다. 대상 제품 시스템에서 가장 많은 환경부하를 발생시키는 물질은 원유(Crude oil) 61.4%, 대기배출물 Carbon dioxide(CO<sub>2</sub>) 24.58% 그리고 NO<sub>x</sub>와 Coal이 각각 5.9%, 3.95%로 나타났다. 이 중 Crude oil은 원자재인 PE의 생산과정에 그 원인이 있는 것으로 분석되었다. 따라서 되도록 공정수율을 높여 원료 사용량을 줄여야 환경부하를 줄일 수 있을 것으로 보인다.

대상 제품 시스템을 구성하는 공정 중에서 환경부하에 대한 기여율이 가장 높은 공정은 원료투입 공정으로 약 97% 이상의 기여율을 보이는 것으로 나타났다. 그러나 Slitting & Winding공정의 폐기물 재활용으로 인하여 약 10%의 환경이득을 보이는 것으로 분석되었다. 통기성필름의 생산공정의 특성상 투입되는 원료와 공정이 단순하므로 되도록 원료사용량을 줄이고 폐기물의 재활용율을 높여야 한다는 결론을 얻었다.

#### 참고문헌

- 1) ISO 14040 - ISO 14043
- 2) 산업자원부 “청정생산기술사업” 내 - “환경친화적 산업기반 구축을 위한 환경경영 표준화 사업”
- 3) CML Final report, May 2001