

저탄소 생수제품의 탄소배출량 감축효과 분석

김종석, 양봉식, *김영진

코카-콜라 음료(주) HES팀, *해태htb(주) 철원공장

The analysis of low-carbon design of PET-bottled water on carbon emission reduction

Jong Seok Kim, Bong Sig Yang, *Young Jin Kim

Health and Environment & Safety Team, Coca-Cola Beverages Co. Ltd., *Cheorwon Plant, HAITAI HTB Co. Ltd.

Abstract

The global efforts to respond to climate change by reducing greenhouse gas were accelerated, as negative effects of climate change have been visualized and its direct damages to economy have been realized. Korea's Carbon Footprint Labeling get a lot of attention as one of the effective methods to contribute to national GHG reduction goal, and for enterprises to show customers how much effort the company put into global warming prevention. Consumers' interest on low-carbon products has been increasing. This study uses Life Cycle Assessment (LCA) method to calculate the amount of carbon emission of PET-bottled water, which reduced carbon emissions by using high efficiency manufacturing techniques. LCA Method is based on guidelines of Carbon Footprint Labeling, Korea government, and pre-manufacturing, manufacturing, and disposal steps are included while use step of the product is excluded from this method. In order to understand the effects of eco-design on carbon emissions, the PET-bottled water's carbon emissions are compared before and after the change of manufacturing techniques. The result shows the improvement from 94.0 gCO₂-eq/EA to 86.7 gCO₂-eq/EA, and this means carbon emissions has been reduced by 8.4%, which is equivalent to 272tons of GHG emissions a year.

1. 서론

우리나라를 비롯한 세계 각국은 2016년 4월 22일 뉴욕 유엔본부에서 파리협정에 공식 서명하였다. 파리협정은 모든 국가가 참여하는 신기후체제의 근간이 되는 협정으로 2015년 12월 프랑스 파리에서 열린 제21차 기후변화협약 당사국 총회에서 채택됐다. 신기후체제는 교토의정서의 체제를 극복하기 위해 선진국과 개도국 모두가 참여하고, 이를 위해 각국이 감축목표를 스스로 결정할 수 있도록 하는 유연한 방식을 적용하였다. 국제사회 공동의 장기목표로 산업화 이전 대비 지구 평균기온 상승을 2℃ 보다 상당히 낮은 수준으로 유지하는 것으로 하고, 온도 상승을 1.5℃ 이하로 제한하기 위한

노력하기로 하였다. 이를 위한 국가별 기여방안(Intended Nationally Determined Contributions)은 스스로 정하는 방식을 채택하여, 매 5년마다 상향된 목표를 제출하되 공통의 차별화된 책임을 감안하는 감축 목표를 점진적으로 채택하기로 하였다. 또한 모든 국가가 장기 저탄소 개발 전략을 마련하고, 이를 2020년까지 제출하는 것을 노력하도록 요청하고 있다.¹⁾

이러한 국제적인 온실가스 감축이행을 위한 노력과 발맞추어 우리나라 정부도 온실가스 배출량을 '2030년 배출전망치(BAU, Business As Usual)' 대비 37%를 감축하기로 확정하였다. 이러한 목표를 달성하기 위해서는 온실가스 감축을 위한 다양한 노력이 필요하다.²⁾

기후변화에 따른 직접적인 피해가 현실화되면서 온실가스 배출을 줄이기 위한 범지구적 대응이 이루어지고 있다. 이와 관련하여 국가 온실가스 감축에 기여하고 기업의 지구 온난화 방지 노력을 소비자들에게 소개하는 수단으로 탄소성적표지 제도가 있으며, 탄소배출량이 상대적으로 적은 저탄소제품에 대한 관심이 증가하고 있다. 환경부와 한국환경산업기술원은 기후변화 대응을 위한 선제적 정책수단으로 탄소성적표지제도를 2009년에 도입하였다. 탄소성적표지는 제품의 원료조달과 생산, 수송, 판매 및 소비자의 이용, 폐기 등의 전과정에 걸친 온실가스 배출량을 이산화탄소 양으로 환산하여 이를 인증하고 제품에 라벨로 부착하여 소비자에게 정보를 제공하는 제도이다. 이를 통해 소비자에게는 온실가스가 덜 배출되는 제품을 선택할 수 있는 기회를 제공하고, 기업에게는 제품의 생산, 유통, 폐기의 전과정의 온실가스 배출량을 파악하고 이와 함께 온실가스 감축을 유인하는 취지에서 도입되었다.³⁾

현재 탄소성적표지는 탄소배출량 인증(1단계), 저탄소제품 인증(2단계), 탄소중립제품 인증(3단계)로 구성되어 있다. 탄소배출량 인증은 제품 전과정에서 발생한 온실가스 배출량을 CO₂당량으로 환산하여 제품을 인증하고, 그 양을 제품에 표시해 주는 것이다. 저탄소제품 인증은 저탄소기술을 적용하여 온실가스 배출량을 감축한 제품임을 정부가 인증한 제품이며, 탄소배출량 기준 및 탄소감축률 기준을 만족해야 취득할 수 있다. 마지막으로 탄소중립제품 인증은 저탄소제품 인증을 받은 제품 가운데 탄소배출량을 탄소배출권 구매 또는 기타 감축활동을 통해 상쇄함으로써 탄소배출량을 영(0)으로 만든 제품을 인증하는 것이다.⁴⁾

지구온난화 문제에 대한 소비자들의 관심이 확대됨에 따라, 생수제조사에서는 제품 탄소성적표지 인증을 점진적으로 확대하고 있으며 소비자들에게 온실가스 배출량 정보를 라벨에 표시하여 제공하고 있다. 생수 제품은 2016년 5월 27일 현재 25품목이 탄소성적표지 인증을 취득하였으며, 그중에서 저탄소제품 인증은 8품목이 있다. 생수제조사들이 에너지 사용량을 줄이고 온실가스 배출량을 감축하기 위한 주요 전략 및 사례는 다음과 같다. 제품 포장재 경량화, 기존 노후설비 보안을 통한 공정효율 향상, 제조사업장 내에 페트병 제조 설비도입 및 제조사업장 확대를 통한 제품 운송거리 단축을 통해 온실가스를 감축한 사례를 저탄소제품 인증을 통해 소개하고 있다.⁴⁾

지구온난화 문제에 대한 소비자 인식확산에 따라 점차 인증 제품수가 확대될 것으로 전망된다. 이러한 생수 제품의 탄소성적표지 인증은 점차 확대되고 있는 추세이나, 생수 제품의 전과정평가를 통한 탄소배출과 관련한 국내외 연구사례는 찾기 어려운 실정이다.

그러나 탄소성적표지 인증지침을 기반으로 하는 다양한 연구사례가 발표되고 있다. 이러한 맥락 속에서 본 연구는 일반적으로 판매되고 있는 국내 생수 제품중에서 C사의 용량 500ml 페트병 제품을 대상으로 하여 친환경성을 고려한 제품 설계(Eco-design)가 제품 탄소배출량 배출에 미치는 영향을 분석하는데 그 목적이 있다.

2. 방법

2.1 제품제조단계 소개

생수는 용기에 담아 제조 및 판매하는 물을 말하며 일반적으로 생수라는 용어는 먹는물관리법에서는 먹는샘물을 통칭한다. 암반대수층안의 지하수 또는 용천수 등 수질의 안전성을 계속 유지할 수 있는 자연상태의 깨끗한 물을 먹는 용도로 사용할 원수를 샘물이라고 하며, 샘물을 먹기에 적합하도록 물리적으로 처리하는 처리 등의 방법으로 제조한 물을 먹는샘물 또는 일반적으로 생수라고 한다. 생수의 제조는 원수에 포함된 이물질을 제거하거나 감소시키는 한도 내에서 이루어져야 하며, 최소한의 물리적 처리와 오존을 이용한 처리 이외의 어떠한 화학적 처리도 하여서는 아니된다.⁶⁾ Figure 1에서는 C사에서 판매하고 있는 페트병 생수제품 제조 전과정에 대한 세부공정을 설명하였다. 참고로 본 제조과정에서는 제조사업장 내에 페트병 제조 설비를 도입하여 동일 제조사업장 내에서 페트병과 생수제조가 함께 진행되는 사례를 보여주고 있다.

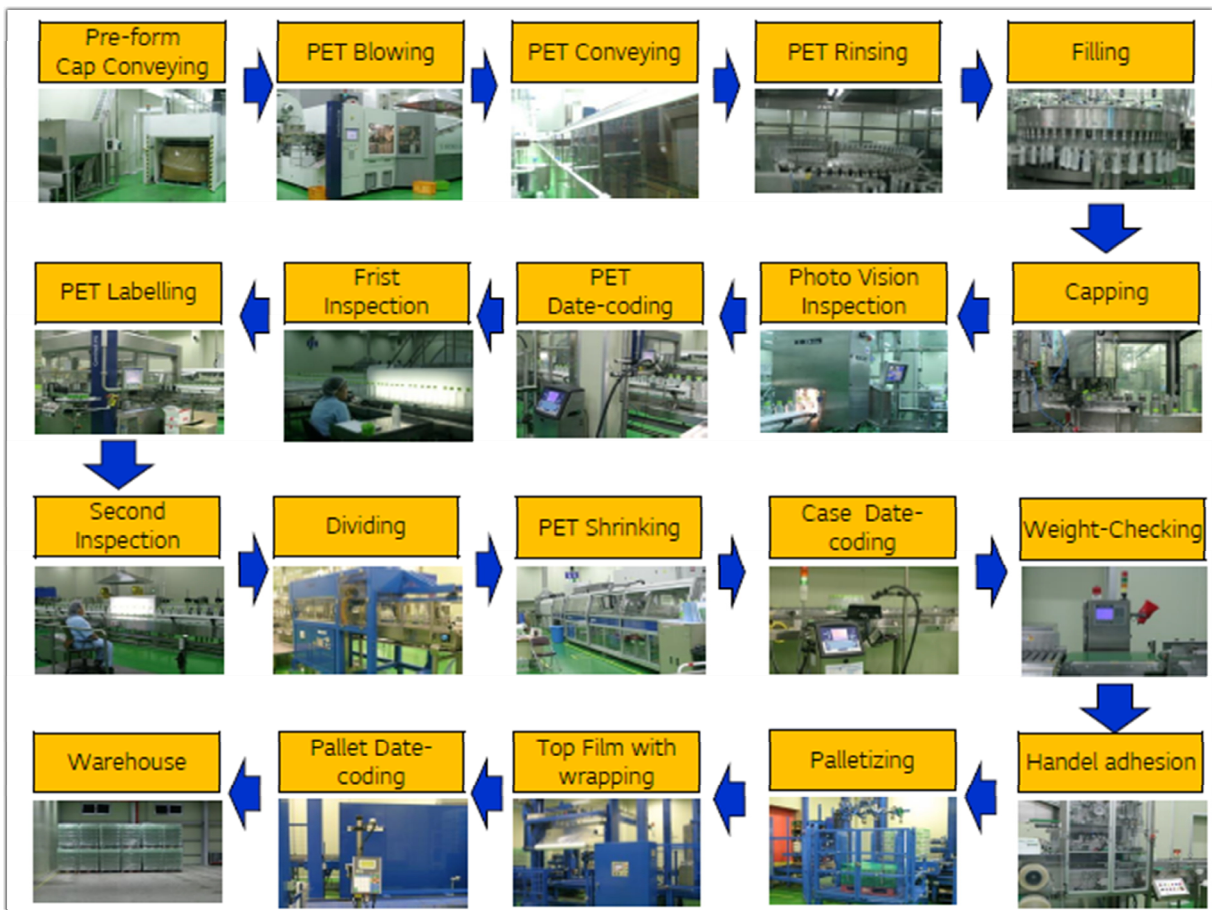


Figure 1 The manufacturing process of bottled water

2.2. 시스템 경계

Figure 2에서는 공정흐름도(Process Flow Diagram)를 통해 생수제품의 주요제조 단위공정을 설명하고 있다. 원료물질은 포장재인 페트병과 마개가 공급되며 제조과정에서의 에너지로는 전기만

공급되는 비교적 단순한 공정으로 구성되어 있다. 생수 제품의 탄소성적표지 산정을 위한 전과정 단계는 제품 제조 전단계, 제품 제조단계, 제품 수송 단계, 제품폐기 단계로 구분하였으며 제품 사용단계는 환경부 탄소성적표지 작성지침에 의해 고려하지 않았다. 포장재인 페트병과 마개 제조는 데이터 산출범위에 포함되었으며, 포장재를 제조단계 사업장으로의 운송에 따른 탄소배출량도 제품 제조 전단계에 포함시켰다. 제품 제조단계는 제품을 제조하는 사업장의 1년 데이터를 데이터 산출범위에 포함하였다. 제품 수송 단계는 제품을 제조한 사업장에서 전국의 물류센터를 포함한 판매망으로의 제품이송 거리에 대하여 데이터 산출을 통한 탄소배출량을 산출하였다. 제품폐기 단계에서는 제품 원료물질 누적질량 기여도 95%에 해당하는 구성재질별로 환경부 탄소성적표지 작성지침에 의거한 ‘제품 포장재별 재활용의무율’과 ‘전국 폐기물발생 및 처리현황’의 재활용, 소각, 매립 처리비율을 적용하여 탄소배출량을 산출하였다.⁶⁾

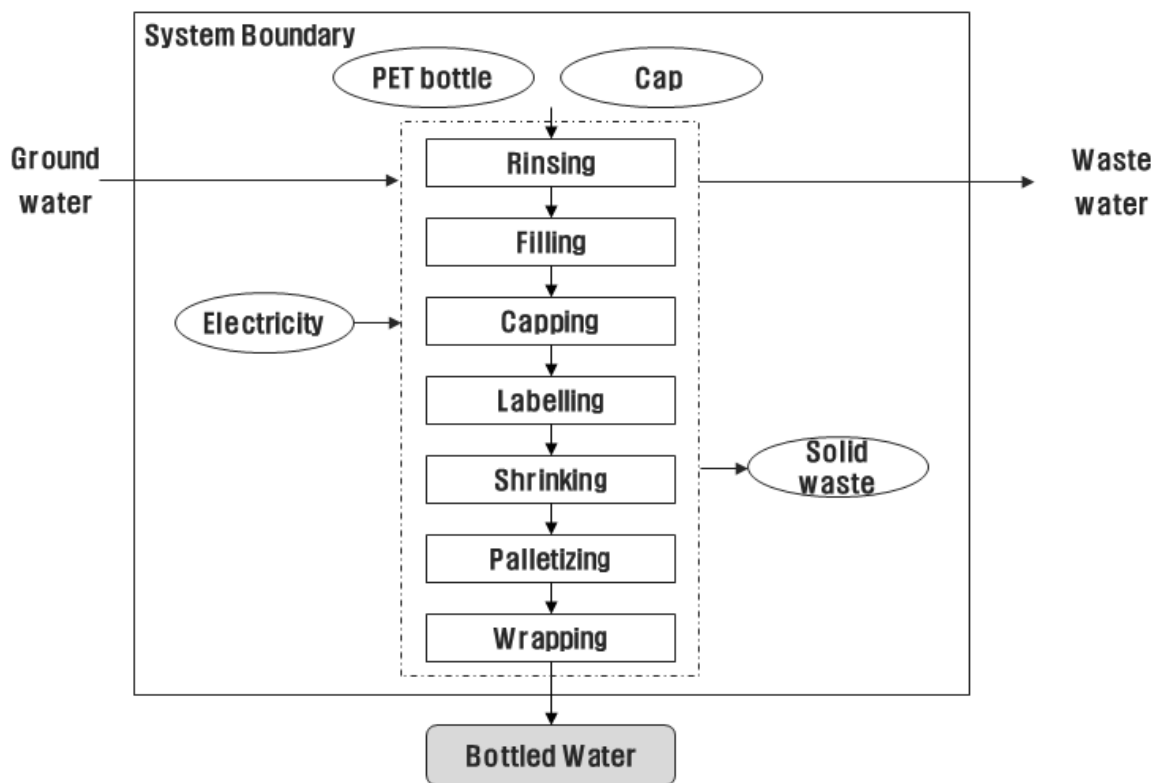


Figure 2 The Process Flow Diagram of bottled water

2.3. 탄소성적표지 인증제품 온실가스 배출량 산정방법론

제품 제조 전단계 및 제품제조 단계의 현장자료를 산정하였으며 이를 탄소성적표지 인증지침에 수록된 탄소성적표지 배출계수에 연결하여 온실가스 배출량을 산정하였다.⁷⁾ 생수제품의 제조 전단계에서는 페트병과 마개 제조 공정이 포함되었다. 제품제조 단계에는 제품 제조공정에 투입되는 원료, 포장재 및 지하수, 전기와 제품제조와 직접적으로 관련된 폐기물과 폐수가 포함된다. 원료물질 생산에 따른 간접배출량 원료물질의 제조과정에서 발생하는 온실가스 간접배출량은 다음의 관계식을 적용한다.

$$G_j - \text{material(production)} = \frac{\sum_i (M_{ij} \times E_i)}{P_j} \dots\dots\dots (1)$$

- $G_j - \text{material(production)}$: 원료물질로 인한 배출량(kgCO₂)
- M_{ij} : j제품 생산시 i물질의 투입량(kg/yr)
- E_i : i원료물질 배출계수(kgCO₂/kg)
- P_j : j제품 연간 생산량(kg/yr) 또는 생산대수

연료 및 에너지 생산에 따른 간접배출량 공정중 사용한 연료 및 에너지의 제조과정에서 발생하는 온실가스 간접배출량은 다음의 관계식을 적용한다.

$$G_j - \text{energy(production)} = \frac{\sum_i (M_{ij} \times E_i)}{P_j} \dots\dots\dots (2)$$

- $G_j - \text{energy(production)}$: 연료로 인한 배출량(kgCO₂)
- M_{ij} : j제품 생산시 i연료의 투입량(kg/yr)
- E_i : i연료 배출계수(kgCO₂/kg)
- P_j : j제품 연간 생산량(kg/yr) 또는 생산대수

1차 협력업체 생산제품 또는 출하되는 제품의 수송 시 다음 관계식에 따라 산출한다.

$$G_j - \text{transpotation} = \frac{\sum_k \sum_t (T_{jkt} \times E_k)}{P_j} \dots\dots\dots (3)$$

- $G_j - \text{transpotation}$: j제품 또는 1차 협력업체 생산제품의 수송으로 인한 배출량(kgCO₂)
- T_{jkt} : j제품 또는 1차 협력업체 생산제품의 t구간동안 k수송모드에 의한 수송량(ton·km)
- E_k : k수송모드별 ton·km당 배출계수(kgCO₂/ton·km)
- P_j : j제품 연간 생산량(kg/yr) 또는 생산대수

폐기과정에서의 온실가스 간접배출량은 다음의 관계식을 적용한다.

$$G_j - \text{waste treatment} = \frac{\sum_k \sum_i (W_{jki} \times E_{ki})}{P_j} \dots\dots\dots (4)$$

- $G_j - \text{waste}$: j제품 폐기과정에서 배출량(kgCO₂)
- W_{jki} : j제품 폐기시 i폐재의 k처리방법별 발생량(kg)
- E_{ki} : i폐재의 k처리방법별 배출계수(kgCO₂/kg)
- P_j : j제품 연간 생산량(kg/yr) 또는 생산대수

3. 결과 및 고찰

3.1. 생수제품 전과정 탄소배출량 산정결과

Table 1에서는 생수 제품 1개(내용물 중량 500ml/EA) 제조에 필요한 투입량과 산출량 유형 및 그에 따른 탄소배출량 결과를 나타냈다. 생수 제품 생산에 필요한 주요 원부자재는 페트병과 마개 그리고 2차 포장재 등으로 구성되었다. 제품 탄소배출량 기여도를 보면 제조 전단계가 전체 탄소배출량의 58.92%를 차지하고 있으며, 탄소배출량 감축을 위해서는 페트병과 마개와 같은 포장재 제조에 투입되는 원료물질을 줄이는 것과 포장재 제조에 사용되는 에너지 사용량을 절감하는 것이 주요 방안이 됨을 알 수 있다.

Table 1 Carbon emission for a bottled water(1EA)

Step	Class	Carbon emission (gCO ₂ -eq)	Contribution ratio (%)
Pre-manufacturing	PET bottle for preform process	35.3	40.79
	PET bottle for blowing process	4.4	5.07
	Plastic Cap	5.6	6.44
	Secondary packages	5.1	5.91
	Distribution	0.6	0.71
	Sub total	51.1	58.92
Manufacturing (500ml/EA)	Manufacturing	10.1	11.69
	Distribution	20.0	23.05
	Sub total	30.1	34.74
Disposal		5.5	6.34
Total		86.7	100.00

Table 2에서는 동일 생수제품의 탄소배출량 인증(1단계)의 온실가스 배출량과 온실가스 감축활동을 통해 탄소배출량을 감축한 저탄소제품 인증(2단계)시의 온실가스 배출량을 비교하였다. 포장재 공정개선 및 원료물질 사용량 절감을 통해 제조 전단계 온실가스 배출량은 29.1%이 감축되었다. 그 중에서 페트병 제조에 따른 온실가스 배출량은 57.4g/EA에서 39.7g/EA로 약 45%가 감소되었는데 이는 제조사업장 내에 고효율 페트병 제조 신규설비 도입에 따른 효과에 따른 것으로 분석되었다. 마개는 기존 공급업체를 통해 동일한 조건으로 공급받았는데, 그 결과 온실가스 배출량은 5.5g/EA에서 5.6g/EA로 큰 변화가 없었다. 폐기단계 온실가스 배출량도 45.4%가 감축되었다. 그러나 제품제조 단계에서는 제품 생산 사업장을 2개에서 1개로 축소하면서, 제품 운송에 대한 온실가스 배출량이 증가하여 제품제조 단계의 온실가스 배출량이 33.5% 증가함을 알 수 있다. 그러나 이러한 전과정을 고려한 온실가스 배출량은 8.4% 개선되었으며, 이를 통해 저탄소제품 인증요건을 만족하였다.

Table 2 CO₂ emission changes of a bottled water from Carbon emission Certification to Low Carbon Certification [Unit: gCO₂-eq/EA]

	Total CO ₂ emission	The CO ₂ emission for pre-manufacturing phase	The CO ₂ emission for manufacturing phase	The CO ₂ emission for disposal phase
Carbon emission Certification (Step 1)	94.0	66.0	20.0	8.0
Low Carbon Certification (Step 2)	86.7	51.1	30.1	5.5
Variation between Step 1 and Step 2	7.3	14.9	-10.1	2.5
Improving ratio (%)	8.4	29.1	-33.5	45.4

즉, 탄소배출량 인증(1단계)에서의 탄소배출량이 94gCO₂-eq/500ml-제품이었지만, 저탄소제품 인증(2단계)과정을 통해 제품 탄소배출량이 87gCO₂-eq/500ml-제품으로 개선되었으며, 제품 전체 탄소배출량의 약 8.4%가 감축되는 것으로 파악되었다. 이를 통해 대상제품 2015년 판매수량 약 3,700만개를 적용하였을 때 약 272톤CO₂-eq의 온실가스 감축효과를 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 저탄소제품 인증을 받은 C사의 생수 제품의 탄소배출량에 대해 환경부 탄소성적표지 작성지침을 적용한 전과정평가(LCA) 기법을 통해 연구하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 본 연구 조사대상인 저탄소제품 인증을 받은 생수 제품의 제조 전단계가 전체 탄소배출량의 58.92%로 파악되었다. 즉, 탄소배출량 감축을 위해서는 페트병, 마개 등의 포장재 제조에 투입되는 원료물질 사용량 감축과 포장재 제조에 사용되는 에너지 사용량을 절감하는 것이 주요 방안이 됨을 알 수 있다.

2) 포장재 제조 공정개선 및 원료물질 사용량 절감 등의 친환경 제품 설계 도입에 따른 생수 제품 온실가스 배출에 미치는 영향을 파악하여, 저탄소제품 인증 전후를 비교하였다. 그 결과 제조 전단계 온실가스 배출량은 29.1% 감축됨을 확인하였으며, 폐기단계 온실가스 배출량도 45.4%가 감축되었다. 그러나 제품제조 단계에서는 제품 제조 사업장을 2개에서 1개로 축소하면서 제품 운송에 대한 온실가스 배출량이 증가하였으며, 제품제조 단계의 온실가스 배출량이 33.5% 증가하였다. 이러한 전과정을 고려한 제품 온실가스 배출량은 8.4% 개선되었으며, 이를 통해 저탄소제품 인증요건을 만족하였다.

3) 즉, 탄소배출량 인증(1단계)에서의 탄소배출량이 94gCO₂-eq/500ml-제품이었지만, 저탄소제품 인증(2단계)과정을 통해 제품 탄소배출량이 87gCO₂-eq/500ml-제품으로 개선되었으며, 제품 전체 탄소배출량의 약 8.4%가 감축되었다. 이를 통해 대상제품의 1년 판매수량 약 3,700만개를 적용하였을 때 약 272톤CO₂-eq의 온실가스 감축효과를 확인하였다. 이러한 제품 탄소라벨링 인증제도 확

대는 기업의 온실가스 배출에 대한 전과정평가를 통해 주요 배출원 파악을 통한 온실가스 배출감축에 기여하고 있으므로, 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 효과적인 정책수단이 되고 있음을 알 수 있다. 또한 소비자들에게 제품의 온실가스 정보를 제공함에 따른 환경을 고려하는 소비자들에게 친환경 제품소비를 유도하여 온실가스 감축문화 조성에 기여하고 있으며 앞으로도 이를 확산시키는데 활용될 수 있기를 기대한다.

5. 참고문헌

1. 환경부, 보도자료 - 160여개국, 기후변화협약 파리협정에 서명. 2016. 4. 19.
2. 관계부처 합동, 보도자료 - 2030 우리나라 온실가스 감축목표 BAU(851백만톤) 대비 37%으로 확정, 2015. 6. 29.
3. 박필주, “저탄소제품의 온실가스 감축효과 분석”, 전과정평가학회지, 16(1), 63-71(2015)
4. 한국환경산업기술원 홈페이지, http://www.edp.or.kr/carbon/carbon_intro.asp(Carbon Footprint)
5. 이코노믹 리뷰 - [변화를 주목하라] 먹는샘물, “기능성 생수 시장” 주목한다. 2016. 3. 8
6. 한국샘물협회 홈페이지, <http://www.nmwater.or.kr/>
7. Korea Environmental Industry & Technology Institute, Carbon Footprint Certification Criteria.
8. 김종석, “친환경 설계로 제조된 주방세제의 탄소배출량 감축 효과”, 대한환경공학회지, 37(2), 87~91(2015)