

탄소성적표지인증 제품 중 건축자재의 인증 현황 및 탄소배출특성 분석에 관한 연구

The Study on Certification status and Carbon Emission Characteristic of Building Products among Carbon Labeled Products

서 성 모*
Seo, Sung Mo

채 창 우**
Chae, Chang-U

이 강 희***
Lee, Kang Hee

Abstract

The Product Carbon Footprint Labeling has been run for more than four years by the Ministry of Environment and there are number of products labeled by KEITI(Korea Environmental Industry & Technology Institute), as for declaring products with their carbon emission during life cycle stages. There are several categories for certifying products by the characteristics of usage. Building products which are applied to a building as combined components or elements, are classified as production goods which means that the products are chosen by a business, not by a final consumer.

In this paper, current status of PCF labeling has been reviewed focused on building products and the characteristics of carbon emission by a kind of product such as interior products, window products, structural products, system products and others. Until Dec. 2013, 82 products has been labeled and it covers about 53% among labeled product goods by the certification. Among the labeled building products, interior products are main products. From the results of comparison, variations of emission amounts by products have been found and the cause of variation could be explained by the purpose and material properties of products. However, the exact reason for variations cannot be acquired because of lack of information and the short operation period of the certification program. Further studies and more products are needed to be studied and analyzed focused on the emission characteristic by each product and to suggest reduction technologies for sustainable building products.

키워드 : 건축자재, 탄소성적표지제도, 전과정평가, 탄소배출, 지속가능건축

Keywords : Building product, Product Carbon Footprint labeling, LCA, carbon emission, sustainable building

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

최근 지구 온난화 대책의 일환으로 여러 가지 정책이나 제도들이 시행되고 있다. 온난화 대책과 관련된 제도는 주로 온실가스배출저감을 목표로 하고 있으며, 제품을 생산하는 기업이 기업자체의 생산과정에서 온실가스를 줄이도록 촉진하는 온실가스·에너지목표관리제와 기업이 생산하는 제품이 그 제품과 관련된 전과정에서 온실가스를 줄이도록 유도하는 탄소성적표지제도가 대표적인 제도라고 할 수 있다.

건물 분야에서도 온실가스 발생량을 저감하기 위해 운영단계에서의 에너지뿐만 아니라 생산단계에서의 에너지, 즉 내재에너지까지 줄이기 위한 전과정평가(LCA)를 기반으로 하는 연구가

진행되고 있다. 이러한 연구에서는 생산단계의 제품에 대한 탄소 배출량에 대한 정보가 필수적이며, 그러한 정보는 LCI DB나 산업연관분석을 통한 온실가스배출계수 등의 산정을 통하여 얻을 수 있다. 환경부에서는 일부 건축자재를 포함하는 산업일반제품에 대한 탄소배출계수¹⁾를 발표하고 있으며, 국토교통부에서도 시설물 등의 건설에 사용되는 건설제품에 대한 탄소배출계수²⁾를 발표하고 이를 건설사업에 적용시킬 수 있도록 유도하고 있다.

환경부나 국토부에서 발표되는 배출계수는 업계 평균값을 나타내고 있으며, 대상 제품 또한 그 수가 제한적이어서 실제 연구나 적용에 있어 제약이 있다. 반면 한국환경산업기술원에서 시행하고 있는 탄소성적표지는 구조제에서 마감제에 이르기까지 다양한 제품을 인증하고 있다.

이에 본 논문에서는 현재 시행되고 있는 탄소성적표지제도에서 인증을 받은 제품 중 건축자재를 중심으로 그 현황 및 각 제품군별 탄소배출특성을 파악하여, 향후 건축물의 전과정평가를 위한 기초자료를 제공하고, 건축자재 PCF 활성화에 기여하고자 한다.

* Main author, Korea Institute of Construction Technology, South Korea. (ssm1216@kict.re.kr)

** Corresponding author, Korea Institute of Construction Technology, South Korea. (cuhae@kict.re.kr)

*** Dept. of Architectural Eng., Andong Nat'l Univ., South Korea. (leekh@andong.ac.kr)

1) 환경부, 탄소배출계수, www.edp.or.kr, 2013

2) 국토교통부, 시설물별 온실가스 배출량 산정에 관한 연구, 2012

1.2. 연구방법 및 범위

본 연구는 한국환경산업기술원에서 제공하고 있는 탄소성적표지인증 제품현황을 대상으로 인증 제품의 현황 및 건축자재의 탄소배출량을 비교분석하였다. 이를 위하여 먼저 탄소성적표지에 대한 개요 및 현황을 살펴보고, 현황분석을 위해 현재 인증을 받은 제품군을 분석하여 건축 자재의 탄소성적표지인증 활성화 정도를 살펴보았다. 또한 건축자재들의 비교분석을 통해 각 자재 분야별 탄소배출 특성을 분석하고, 자재 특성에 따른 탄소배출 정도를 검토해보았다. 본 연구의 절차는 Fig 1과 같다.

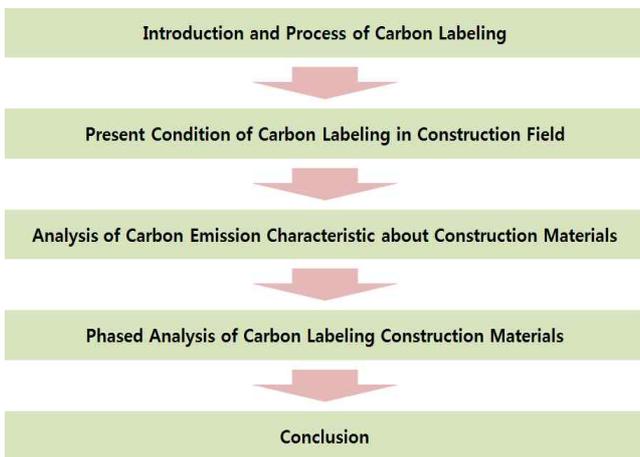


Fig 1. Process of Study

1.3. 해외 동향 분석

탄소성적표지 인증제도는 유럽, 미주, 오세아니아, 아시아 등지에서 활발히 운영되고 있으며, 이는 각 나라 및 지역에 따라 개별적으로 운영되고 있다. 유럽의 경우 2000년도부터 Eco Flower라는 이름으로 탄소라벨링제도를 운영하고 있으며, 2012년 1월 기준 17,754개의 제품의 탄소성적을 인증하고, 이러한 인증제품에 대해 정부조달 분야에서 환경라벨 품목을 우선 구매하도록 요청하는 등, 제도의 활성화에 힘쓰고 있다. 영국에서는 Carbon Reduction Label이라는 제도를 따로 운영하고 있으며, 프랑스는 Environmental Product Information, 일본은 CFP-PCR, 오세아니아, 즉 호주 및 뉴질랜드에서도 CEMARS라는 탄소성적, 환경 성적인증 제도를 운영하고 있으며, 태국에서도 ASEAN(Association of South-East Asian Nations-동남아시아국가연합) 국가 최초로 탄소라벨링제도를 개시하고 이행하고 있다.³⁾

이러한 국제적인 탄소라벨링 제도의 활성화는 세계 기후변화에 대한 대책으로 정부 차원에서 마련되고 있으며, 기업의 친환경적인 홍보 효과와 수익창출의 시장으로 인식이 되면서 세계적으로 활성화되고 있다.

이러한 추세에 맞춰 본 연구에서는 최근 5년간 시행되고 있는 국내의 탄소성적표지인증제도에 대한 현황 및 제품 탄소배출량 분석을 통해 국내 탄소라벨링제도의 개선방향 및 활용방안을 제안하였다.

2. 탄소성적표지인증제도 개요 및 기준

2.1. 탄소성적표지인증제도 개요

탄소성적표지인증제도는 제품의 생산에서 서비스 후 폐기까지, 제품의 사용에 의해 발생하는 이산화탄소 배출량을 탄소발자국 정보와 같은 라벨 형태로 표시하여 소비자에게 정보를 제공하는 것을 목적으로 하며, 이는 정부주도의 정책이기 보다는 민간시장을 중심으로 하여 저탄소 녹색 생산으로 유도하기 위한 수단으로 사용되고 있다.⁴⁾

탄소라벨링 제도는 앞서 살펴본 바와 같이 영국, 일본, 스웨덴, 스위스, 미국, 프랑스 등 세계각지에서 운영되고 있다. 이 중 영국, 일본, 스웨덴은 정부 중심의 지원 하에 제도가 운영되고 있으며, 미국, 스위스, 프랑스 등은 민간중심으로 제도를 운영하고 있다.

우리나라는 환경부 주관 하에 2009년 2월부터 이 제도를 시행하고 있으며, 생산자에 의한 저탄소 녹색생산과 소비자에 의한 저탄소 녹색소비를 연계하여 저탄소 녹색성장 기반을 마련하기 위한 인증제도로 제시되고 있다. 탄소성적표지는 인증신청 제품의 전 과정에서 발생한 온실가스 배출량을 정량적으로 분석하여 인증마크를 부여, 마크에 온실가스 배출량을 표기하여 제공한다.

탄소성적표지인증제도는 일상 생활용품, 가정용 전기기기 등 모든 제품의 탄소배출량 정보를 공개하고, 저탄소 상품의 인증을 통하여 지구온난화 대응을 위한 저탄소 녹색생산과 녹색소비를 지원하기 위한 제도로, 온실가스 발생량을 소비자에게 제공함으로써 시장주도의 저탄소 소비문화 확산에 기여하는 것을 목적으로 법적 강제가 아닌 기업의 자발적 참여를 지향하는 인증제도이다.

이 제도는 총괄기관인 환경부와 작성지침 개발 및 인증기관인 한국환경산업기술원, 인증심사원 교육기관인 환경보건협회에 운영되며, 각 제도의 개선 및 인증, 교육, 지침개발에 관한 사항은 인증 제품 기업 및 소비자의 요청에 의해 제안, 개정되며 각 단체가 그러한 요청에 대응하여 운영되는 체제이다. 그 운영체제의 개요는 Fig.2와 같다.⁵⁾

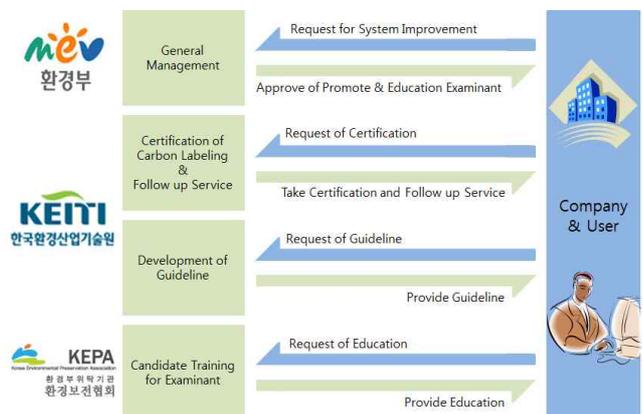


Fig 2 Operation System of Carbon Labeling

3) 한국환경산업기술원, "2012 탄소라벨링 국제동향 보고서", 2012
 4) 이강희, "건설재료의 탄소라벨링제도", 대한건축학회 v.55 n.2, 2011
 5) 환경산업기술원, 탄소성적표지 운영홈페이지
<http://www.edp.or.kr/>

2.2. 탄소성적표지인증의 산출 기준 및 방법

제품이 탄소성적표지인증을 받기 위해서는 탄소성적표지 작성지침에 따라 온실가스 배출량을 산정하여 인증신청서와 함께 심사를 요청한다. 이때 제품은 일반제품과 에너지 사용제품으로 구분되며, 에너지 사용제품의 경우 필요시 사용 시나리오 개발이 요구된다. 탄소성적표지인증의 절차는 Fig.3 과 같으며, 크게 온실가스 배출량 산정 단계와 인증단계로 구분되어 인증이 시행되고 있다.

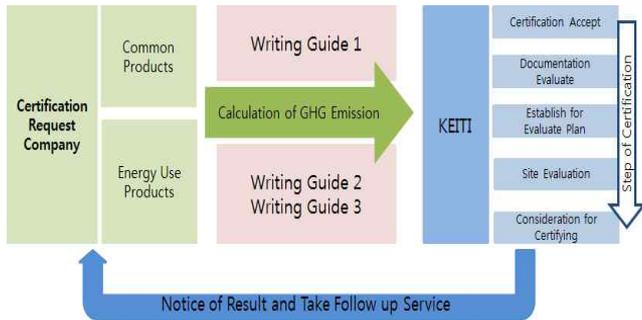


Fig 3. Certification Process of Carbon Labeling

1) 온실가스 배출량 산정

온실가스 배출량을 산정하는 작성지침은 총 3가지로 구분되어 있으며, 건축 자재와 같은 일반제품의 경우 작성지침 1에 따라서 온실가스 배출량을 산정한다. 온실가스 배출량을 산정하는 기준은 다음과 같다.

- 온실가스는 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF₆) 등 6대 온실가스물질로 구분한다.
- 각 온실가스는 이산화탄소 상당가로 계산하여 계산하고, 이산화탄소 상당가는 주어진 온실가스의 발생량과 해당 온실가스의 지구온난화지수를 곱하여 계산한다.⁶⁾

2) 탄소성적표지인증

탄소성적표지인증 대상제품은 1차 농수축산물 및 임산물, 의약품 및 의료기기를 제외한 모든 제품이 해당된다. 이때 Fig 4와 같이 생산재(건축자재 포함), 서비스재 등 일반제품의 경우 전체 라이프 사이클 중 에너지 사용량을 계산하는 운영단계와 제품 폐기 시 발생하는 탄소량을 계산하는 폐기 단계를 제외하여 제조 전 단계(자원생산단계, 1차 원료 생산 단계)와 제조단계의 탄소배출량만을 계산한다.

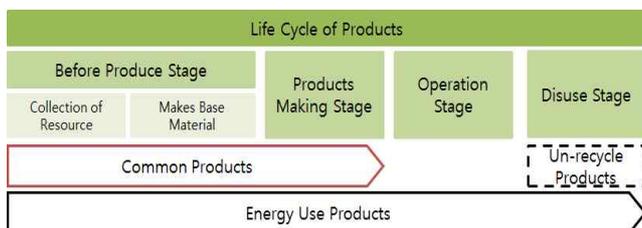


Fig 4. Considering Phase of Carbon Labeling Products

3. 탄소성적표지인증제도의 건축자재 인증 현황

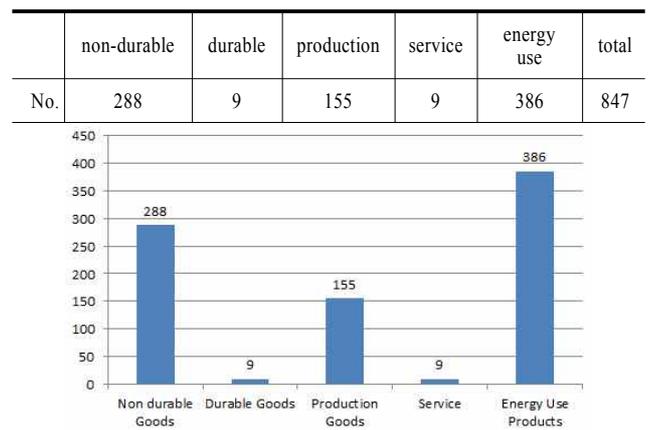
3.1. 탄소성적표지인증제도의 인증 현황

탄소성적표지 인증제품은 비내구재, 내구재, 생산재, 서비스, 에너지사용 내구재로 분류되며 '비내구재'란 식료품, 화장품 등과 같이 장기사용을 목적으로 하지 않는 재화를 말하며, '내구재'는 내구성을 가지고 장기사용에 견딜 수 있는 재화를 말한다. '생산재'란 중간제품이라고도 하며, 다른 제품을 생산할 목적으로 사용하는 재화를 말하고, 건축자재는 생산재에 속하고 있다. '서비스'란 교통, 숙박, 금융 서비스 등 실질적인 제품이 아닌 제품을 활용할 때 사용되는 일반적인 기준을 말한다. 마지막으로 '에너지사용 내구재'는 냉장고, 세탁기 등과 같이 사용단계에서 에너지를 사용하는 소비재를 말한다.⁷⁾

탄소성적표지인증을 받은 제품은 2013년 12월 기준으로 Table 1에서 보는 바와 같이 총 847개이며 에너지사용내구재 386개, 비내구재 288개, 생산재 155개, 내구재 및 서비스 각 9개의 제품으로 구성되어 있다. 가장 높은 비율을 차지하고 있는 에너지사용 내구재의 경우 노트북, 컴퓨터, 에어컨과 같은 실내용 제품과, 자동차와 같은 실외용 제품 등 다양한 제품군이 존재하였고, 에너지 절약을 강조한 전자제품이나 경차 등이 제품의 인증을 받고 있었다. 또한 두 번째로 큰 비중을 차지한 비내구재와 같은 경우에도 소비자들이 쉽게 접할 수 있는 식료품, 세면용품들이 인증을 받고 있었고, 이 또한 소비자들이 자주 접할 수 있는 제품들이 인증을 받고 있는 것을 확인해 볼 수 있었다.

건축자재가 포함되는 생산재의 경우 종이, 전자제품 내장재, 포장재 등 추가적인 공정을 통해 최종 소비자들에게 제공되는 'Cradle to gate, gate to gate' 과정을 거치는 중간 제품들로 구성되어 있다.

Table 1. Distribution of Carbon Labeling Products (Up to date : 2013.12.23.)



(source : reproduction data from www.edp.or.kr for PCF)

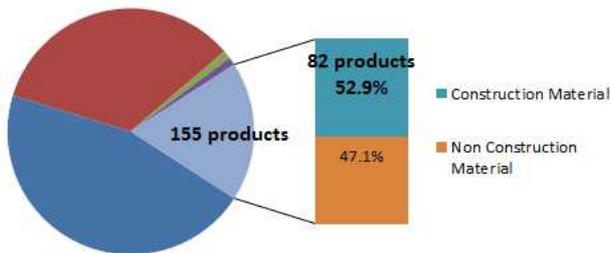
- 6) 지구 온난화지수란 해당 온실가스를 이산화탄소의 등가질량기준 단위로 전환하여 각 온실가스의 복사강제력의 영향을 표시한 계수를 말한다. 지구온난화지수는 IPCC보고서의 내용을 활용하여 계산한다.
- 7) 환경부, "탄소성적표지 작성지침-일반제품 공통기준", 2013

3.2. 건축자재의 탄소성적표지인증 현황

건축자재는 일반 소비자들에게 직접적으로 제공되는 것이 아니라 자재들의 조합 및 시공과정을 거쳐 소비자들에게 제공되게 된다. 그렇기 때문에 중간제품을 위미하는 생산재에 속하여 구분되고 있고, 최근까지 건축자재의 인증 현황은 Table 2에서 보는 바와 같다.

Table 2. Ratio of Construction Carbon Labeling Products

	total	production goods	building products
No.	847	155	82
%	-	18.3	9.7



건축자재는 생산재 155개 제품 중 82개, 52.9%의 비중을 차지하는 제품군으로 크게 내장재, 창호재, 구조재, 설비재 등으로 구성되어 있다. 그 분포는 Fig. 6과 같이 나타낼 수 있으며, 내장재 54개, 창호재 6개, 구조재 4개, 설비재 3개, 그리고 그 외 15개의 기타 건축 자재들로 구성되어 있다. 기타 건축자재들은 구조 패널, 단열재, 대리석, 조경재, 자재 원료 등으로 구성되어 있으며, 제품의 수가 2개 이하로 제품군 별 특징을 비교하거나 대표하기에 부적합하다고 판단하여 기타 제품군으로 분류하였다.

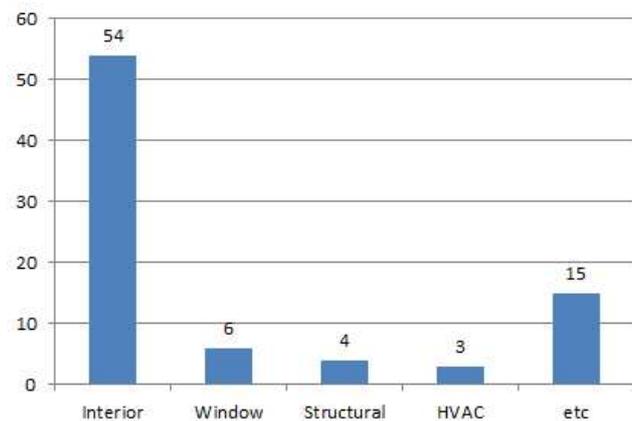


Fig 5. Distribution of Construction Carbon Labeling Products

인증 건축 자재들 중 내장재는 54개로 전체 제품의 65.9%의 비중을 차지하고 있으며, 내장재는 또 크게 바닥재, 벽지, 실링재 등으로 구성되어 있다.

탄소성적표지인증제도는 2009년부터 시행되어 왔으며, 그 중 건축자재에 대한 인증은 2010년부터 활성화되어 최근

점차 인증 제품의 종류와 제품 범위가 넓어지고 있는 실정이다. 또한 기존의 참여 기업뿐만이 아니라 친환경 기업 및 특수한 제조 능력을 가진 중소기업의 참여 또한 확산되고 있어 향후 참여 제품 및 영역이 지속적으로 확대될 것으로 기대되고 있다.

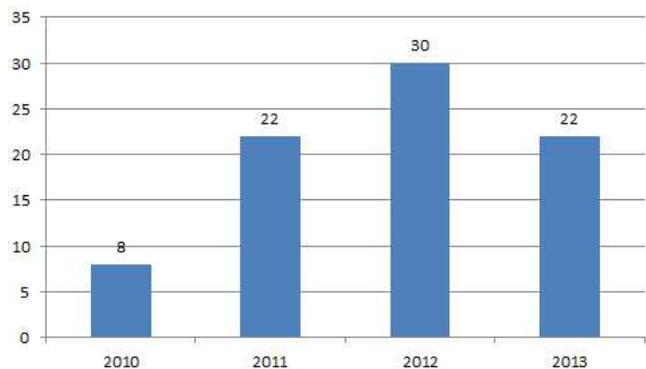


Fig 6. Annual Record of Carbon Labeling Construction Products

위의 Fig 6은 그러한 탄소성적표지인증제도의 연간 인증 개수를 보여주고 있으며, 2010년 8개 제품의 인증을 시작으로 2011년 22개, 2012년 30개, 2013년 22개의 건축자재가 인증을 취득한 것을 확인할 수 있다. 이러한 추세를 봤을 때 비록 2012년도에 비해 2013년도의 인증 제품 개수가 줄어들었지만, 20개 제품 이상의 일정량 인증이 꾸준히 이뤄지고 있는 것을 확인할 수 있었고, 그에 따라 향후 건축자재의 탄소성적표지인증에 대한 지속적인 기대가 필요하며, 그로 인한 Database 구축을 통해 소비자 중심의 탄소저감이 이뤄질 수 있을 것으로 보인다.

3.3. 소결

탄소성적표지인증은 여러 제품 및 서비스를 대상으로 탄소배출량 인증 및 저탄소 인증을 부여하는 제도이며, 일반 소비자들이 쉽게 접할 수 있는 제품군에서 주로 인증이 이루어지고 있다. 그 중 건축 관련자재는 소비자들이 일반적으로 쉽게 접할 수 없는 제품군임에도 불구하고 전체의 9.7%, 동일 제품군인 생산재부문에서는 52.9%가량을 차지하고 있어 매우 중요한 탄소성적인증 품목 중 하나임을 알 수 있다. 이러한 건축자재 인증 제품 중 내장재가 54개, 65.9%로 가장 큰 비중을 차지하고 있었으며, 그 외에 창호, 구조, 설비재 등은 5개 내외로 미소한 비중을 차지하고 있었다. 이러한 실적을 살펴볼 때, 건축제품분야에서 탄소인증은 마감재 위주로 이루어지고 있으며, 이러한 현상은 녹색건축인증제도 등에 쉽게 적용가능한 대상제품군이 마감재이기 때문인 것으로 추정할 수 있다. 그러나 최근 3년 동안 매년 20개 이상의 제품들이 인증을 받고 있고, 인증 제품의 범위 또한 늘어나고 있는 실정이어서 향후 구조재를 포함하는 다양한 제품군에서 건축자재의 탄소성적표지인증이 늘어날 것으로 예상된다.

4. 탄소성적표지인증 건축자재의 탄소배출 특성 분석

4.1. 건축자재의 탄소배출 특성분석

탄소배출량인증제도는 제품의 특성에 따라 시장에서 판매되는 제품단위를 기준으로 온실가스 배출량을 계산하기 때문에 카테고리별, 제품별 배출단위에 차이가 있어 모든 제품의 배출량을 정량분석을 하는 것에 어려움이 있다. 따라서 제품의 특징별로 카테고리를 형성하고, 비교를 위한 배출단위를 조정하여 비교분석을 실시하였다. 다만, 특정제품군으로 분류가 어려운 제품은 기타로 분류하여 분석에서는 제외하였다. 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. Products Distribution and Characteristic

	category	No.	CO ₂ average	Unit
1	interior	54	6,855.6	gCO ₂ /m ²
2	windows	6	1,819.2	gCO ₂ /kg
3	structural	4	543.8	kgCO ₂ /m ³
4	system	3	120.3	kgCO ₂ /unit
5	others	15	-	-
	total	82	-	-

Table 3과 같이 제품군은 크게 총 5개로 분류하였으며, 제품군별 단위는 내장재는 면적, 창호재는 무게, 구조재는 부피, 설비재는 제품단위로 통일시켜서 비교하였다.

여기서 내장재는 바닥재, 벽지, 가구마감재 등 건물 실내의 인테리어에 사용되는 제품들을 말하며, 창호재는 창호를 구성하는 제품을 뜻한다. 또한 구조재는 건물의 구조적 역할을 담당하는 콘크리트나 철강과 같은 자재들을 의미하며 설비재는 덕트 및 파이프 등 HVAC 시스템 및 배수 시스템을 위해 사용되는 연결 제품을 의미한다.

4.2. 건축자재의 제품군별 탄소배출 특성분석⁸⁾

본 장에서는 각 인증제품군의 탄소배출특성을 파악하기 위해 제품별 재료특성 및 탄소배출평균량을 비교하였다. 제품군의 분류는 건축 자재의 특성상 내장재가 구조재로 혹은 설비재가 내장재로 쓰이는 등 다양한 활용가능성이 있지만, 보편적인 자재 및 제품의 특성에 따라 제품군을 구성하였으며 특히 내장재 중 바닥재의 경우 제품의 디자인에 따라 사무용과 주거용으로 구분하여 제품군을 구분하였다.

1) 내장재

건축물에서 내장재는 바닥재, 천장재, 내부마감재, 가구마감재, 인테리어제품 및 소품 등을 내장재라고 하며 현재 인증을 받은 내장재로는 사무용 바닥재, 주거용 바닥재, 벽지, 가구마감재, 석고보드, 실내마감재로 구성되어 있다.

Table 4는 그러한 구분에 따라 제품군의 인증 개수 및 탄소배출량 평균을 분석한 내용이다. 표와 같이 인증 개수는 사무용 바닥재 16개, 주거용 바닥재 12개, 벽지 11개, 가구마감재 7개, 석고보드5개, 실내마감재 3개 순으로 많은 양을

차지하고 있으며, 주로 바닥재 및 벽지, 가구마감재 등 건축 전문가 외에도 일반 소비자들이 적극적으로 참여하여 소비 생활을 할 수 있는 제품들이 많은 인증을 받고 있었다. 또한 사무용 바닥재의 경우 약 17,000gCO₂/m²으로 가장 많은 탄소배출량을 보이고 있었으며, 주거용 바닥재의 경우 그 절반정도인 5,500gCO₂/m²의 탄소배출량을 가지고 있었다. 이러한 차이는 바닥재의 사용 위치에 따라, 가지는 강성 및 탄성, 광택 등의 요구 조건이 다르기 때문으로 사무용 바닥재의 경우 주거용에 비해 강성 및 내구성이 좋아야하고, 액세스플로어와 같은 추가적인 성능을 요구하는 경우가 있기 때문에 약 3배의 탄소배출 특성이 나타나는 것으로 보인다.

그 외에 석고보드, 가구마감재, 실내마감재, 벽지 순으로 탄소배출량이 많은 것으로 나타났으며, 이는 재료적인 추출 및 공정 특성에 따라 차이가 있는 것으로 유추할 수 있는 부분이었다.

Table 4. Interior Products Distribution and Characteristic

	category	No.	CO ₂ average	Unit
1	Office floor	16	16,941.2	gCO ₂ /m ²
2	House floor	12	5,446.5	
3	Wall paper	11	519.0	
4	Furniture finish	7	1,388.8	
5	Gypsum board	5	3,224.8	
6	Interior finish	3	718.3	
	Total	54	6,854.2	

Office floor	House floor	Wall paper
		
Furniture finish	Gypsum board	Interior finish
		

2) 창호재

창호재는 창호에 들어가는 모든 자재를 의미하지만 탄소성적표지인증 받은 창호재는 모두 창호 Profile, 즉 창틀제품으로 구성되어 있다. 창호 Profile에 대한 탄소배출 특성은 Table 5와 같으며, 평균 1,819.2gCO₂/kg의 탄소배출특성을 가지고 있다.

하지만 창호 Profile과 같은 경우 그 자체로만 사용될 수 없기 때문에 2차 공정을 통한 창호 전체의 통합배출량분석 또한 제공되어야 할 것으로 보인다. 또한 창틀의 경우 건물의 에너지사용량에 직접적인 영향을 미치는 자재이기 때문에 에너지사용단계의 탄소발생량에 미치는 영향도 또한 추가적인 고려 기준이 되어야 한다.

8) 제품의 각 세부 탄소배출특성은 부록 1, 2에 첨부하였다.

Table 5. Window Products Distribution and Characteristic

	category	No.	CO ₂ average	Unit
1	Window Profile	6	1,819.2	gCO ₂ /kg
	Total	6	1,819.2	
Window Profile				
				

3) 구조재

구조재는 일반적으로 콘크리트 및 철근, 철강 등이 해당하는 자재로 탄소성적표지인증을 받은 구조재는 프리캐스트 콘크리트와 레디믹스트콘크리트로 구성되어 있으며, 그 현황은 Table 6과 같다. 구조재의 경우 각기 2개 제품으로 구성되어 있으며, 프리캐스트 콘크리트가 892.5kgCO₂/m³, 레디믹스트 콘크리트가 195.0kgCO₂/m³의 배출량을 가지고 있고, 약 4.5배의 탄소발생량 차이를 가지고 있다.

이러한 차이는 프리캐스트콘크리트의 경우 콘크리트 외에 철근이 함유되기 때문으로 보이며 공정과정 또한 프리캐스트콘크리트의 경우가 완제품을 생산하여 제공하기 때문인 것으로 보인다.

Table 6. Structural Products Distribution and Characteristic

	category	No.	CO ₂ average	Unit
1	Precast concrete	2	892.5	kgCO ₂ /m ³
2	Ready-mixed concrete	2	195.0	
	Total	4	543.8	
Precast concrete		Ready-mixed concrete		
				

4) 설비재

설비재는 건축물 구성에 사용되는 파이프 및 덕트와 같은 에너지 사용제품 이외에 HVAC 및 상수시설을 연결하는 제품들을 의미하며 탄소성적표지인증을 받은 설비재는 SF관(Socket Flange), 수도지열관으로 구성되어 있다. 여기서 SF관이란 수도관의 연결에 있어서 특수 소켓을 사용하는 기밀한 수도관을 의미하고, 수도지열관은 단순 수도 배관의 한 종류이다. 이러한 설비재의 탄소배출현황은 아래 Table 7과 같다. SF관의 경우 한 본당 176.5kgCO₂/본의 탄소배출 특성을 가지며 수도지열관의 경우는 SF관에 비해 22배가량 적은 8kgCO₂/본의 탄소배출량을 가지고 있다.

Table 7. System Products Distribution and Characteristic

	category	No.	CO ₂ average	Unit
1	SF pipe	2	176.5	kgCO ₂ /unit
2	Water pipe	1	8.0	
	Total	3	120.3	
SF pipe		Water pipe		
				

5) 기타

건축물에 사용되는 자재는 위의 내장재, 창호재, 구조재, 설비재 이외에도 외장, 조경 등 다른 제품군이 존재하고, 또한 제품의 특성상 원료의 추출 및 1차 공정 이외에 2차, 3차 공정이 필요한 제품들 또한 존재한다. 하지만 이러한 제품군들에 대해서는 아직 탄소성적표지인증이 활성화되지 않았고, 그렇기 때문에 2개 이하 혹은 인증을 받지 않은 경우가 많다. 따라서 본 연구에서는 이러한 제품군들에 대한 탄소배출특성 분석은 실시하지 않았다.

여기서 기타 건축자재로는 석고원료, Fly Ash 원료, 조경재, 구조용 패널, 아스팔트콘크리트, 단열재, 대리석, 밸브 등이 탄소성적표지인증에 참여하고 있었다.

4.3. 소결

본 장에서는 건축자재의 탄소성적표지인증 실태를 파악해 봄으로써 건축자재의 인증 현황 및 실제 내재 탄소값을 파악해 보았다. 그 결과 인증을 받은 건축제품 중 대다수가 내장재, 즉 인테리어제품으로 구성되어 있는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 최종소비자에게 보다 가까운 선택권이 주어지는 제품군일수록 탄소성적표지인증이 활성화되고 있다는 것을 뜻한다.

또한 탄소배출량에 있어서도 각 제품군별, 제품의 특징별로 탄소배출량이 차이가 있는 것을 확인할 수 있었고, 내장재의 경우 사무용바닥재, 석고보드, 주거용 바닥재, 가구마감재, 실내마감재, 벽지 순으로 많은 탄소배출량을 가지고 있었다. 내장재뿐만 아니라 구조재, 설비재 등 2개 이상의 제품 종류로 구성되어 있는 제품군의 경우 각 제품의 특성이나 기능이 다양해질수록 탄소배출량에서도 차이를 보이는 것을 확인할 수 있었다.

특히 이러한 탄소배출량의 차이는 구조적, 물리적인 특성이 요구되는 경우 보다 많은 탄소배출량을 보이고 있었으며, 이러한 차이는 원자재, 공정의 추가적인 요구로 인한 탄소배출이 이루어진 것으로 유추할 수 있었다.

하지만 제품별 탄소배출량의 차이는 제품별 제조방식에 따라 차이를 가질 수 있기 때문에 추가적인 분석이 요구되었다.

5. 인증제품의 생산단계별 탄소배출특성 분석

4장에서 살펴본 바와 같이 탄소성적표지인증을 받은 건축자재들은 각 제품의 사용위치 및 특성에 따라 상이한 탄소배출량을 보이고, 같은 용도 내에서도 다른 배출량을 보이는 것을 확인할 수 있었다. 이에 본 장에서는 제품의 생산단계별로 배출 특성을 살펴봄으로써 향후 제품의 탄소배출량 기준 및 저감안의 제안을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

생산재로 분류되는 건축자재는 전 생애 과정 중 사용단계 및 폐기단계를 제외한 제조 전 단계와 제조단계의 탄소배출량만을 산정하며, 탄소배출량은 기본적으로 아래의 수식에 따라 산정한다.

$$\text{탄소배출량} = \sum(\text{활동량} \times \text{탄소배출계수})$$

탄소배출량 산정은 탄소성적표지 작성지침에 따르며 제품 제조 전 단계 및 제조 단계에서의 배출량 산정을 위한 기준은 다음의 사항을 고려한다.⁹⁾

1) 제품 제조 전 단계

- ‘원료물질 채취 및 제조공정’과 ‘1차 협력업체 생산제품 제조공정’을 포함한다.
- ‘1차 협력업체 생산제품 제조 사업장’으로부터 ‘제품 제조 사업장’까지의 수송을 포함한다.
- ‘1차 협력업체 생산제품 제조 사업장’의 경우에 제품 제조 공정 중 일부 공정을 업체 사정상 외부로 위탁하더라도 이를 포함하며, 해당 수송도 포함한다.
- ‘1차 협력업체 생산제품 제조 사업장’의 경우에 일부 공정이 제품 제조 공정이 아닐 경우, 업체 사정상 사업장 내부에서 운영하더라도 범위에서 제외한다.
- 원료물질이 업체의 사정상 제품 제조 공정에서 생산되더라도 경쟁업체의 일부 또는 전부가 제품 제조 공정 외부에서 생산할 경우에는 이를 ‘1차 협력업체 생산제품’으로 간주한다.

2) 제품 제조 단계

- 제품 제조 공정을 포함한다.
- 제품 제조 단계 이후 출고되는 제품의 수송을 포함한다. 다만, 생산재 및 서비스는 해당 수송을 포함하지 않는다.
- 제품 제조 공정 중 일부 공정을 업체 사정상 외부로 위탁하더라도 이를 포함하며, 해당 수송도 포함한다.
- 일부 공정이 제품 제조 공정이 아닐 경우, 업체 사정상 사업장 내부에서 운영하더라도 범위에서 제외한다.

위의 산출기준에 따라 계산된 각 자재의 탄소배출특성을 다음에서 배출 단계별로 구분하여 분석하였으며, 가장 인증 건수가 많은 내장재를 위주로 비교 분석을 하였다.

5.1. 내장재의 탄소배출특성 분석¹⁰⁾

다음 Table 8에서는 내장재의 탄소배출 특성을 단계적으로 살펴보았다. 표에서 보는 바와 같이 석고보드를 제외한

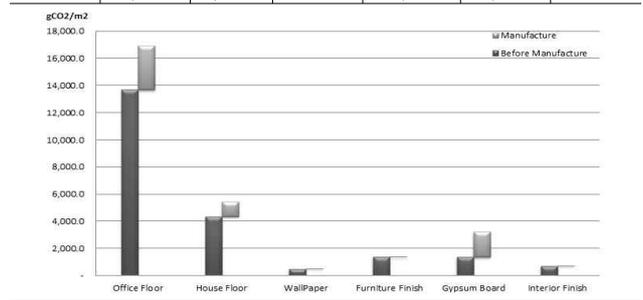
제품들의 경우 제조 전 단계에서 대부분의 탄소배출이 발생하였으며, 그 값은 작게는 약 4배에서 크게는 350배까지 차이가 나는 것을 볼 수 있었다. 이는 재활용재료를 주로 사용하는 석고보드 외의 제품군에서는 원료채취 및 1차 생산 공정에서 탄소가 발생하는 것으로 볼 수 있으며, 특히 벽지, 가구마감재, 실내마감재는 제조 전 단계에서 대부분의 공정이 이루어지는 것으로 유추해 볼 수 있었다.

사무용, 주거용 바닥재와 석고보드 제품의 경우 제조 전 단계 외에 제조단계에서도 일정량 이상의 탄소배출량을 확인할 수 있었는데, 이는 다른 제품들과는 달리 일정량 이상의 구조적 안정성과 내구성을 확보해야하는 제품군이기에 때문에 제조단계에서 열처리 및 압축처리 과정 등의 공정이 요구되기 때문인 것으로 볼 수 있었다.

하지만 본 데이터는 여러 제품군들의 평균값으로 각 제품의 특성에 따른 자재 및 공정차이를 확인하기 어려웠고 그에 따라 각 제품들의 세부적인 분석을 추가적으로 실시하였다.

Table 8. Carbon Emission Characteristics of Interior Products

(gCO ₂ /m ²)	Office floor	House floor	Wall paper	Furniture finish	Gypsum board	Interior finish
Before manuf.	13,675.4	4,360.0	504.5	1,378.7	1,372.7	716.3
Manuf.	3,265.9	1,086.6	14.5	10.1	1,852.1	2.0
Total	16,941.2	5,446.4	519.0	1,388.8	3,224.8	718.3



1) 사무용 바닥재

Fig 7은 사무용 바닥재 제품들의 탄소배출량을 보여주는 것이다. 사무용 바닥재 제품들은 크게 Access Floor, OA Tile, Decoration Tile로 구분할 수 있으며, Access Floor는 3, 15, 16번, OA Tile은 1, 8, 9번, 나머지는 Decoration Tile로 볼 수 있다. 탄소배출량에서는 Access Floor 제품이 약 30,000~80,000gCO₂/m²으로 가장 큰 탄소배출량을 보이고 있으며, 제조 전 단계의 탄소배출량이 월등히 큰 값을 차지하고 있었다. OA Tile의 경우 약 10,000~15,000gCO₂/m² 정도의 탄소배출량을 가지고 있었으며, 9번 제품의 경우 다른 제품들과는 달리 제조 단계에서의 탄소배출량이 더욱 큰 것으로 나타났다. 일반 Decoration Tile의 경우 2,500에서 15,000까지 다양한 탄소배출량을 보이고 있었으며, 일반적으로 제조 전 단계에서의 탄소배출량이 대부분을 차지하는 것을 볼 수 있었다.

9) 탄소성적표지 인증업무 등에 관한 규정 제 4조 제 1항 및 제 3항, 「탄소성적표지 작성지침_2013.09.17」
10) 제품별 탄소배출특성 범례는 부록 1, 2에 첨부하였다.

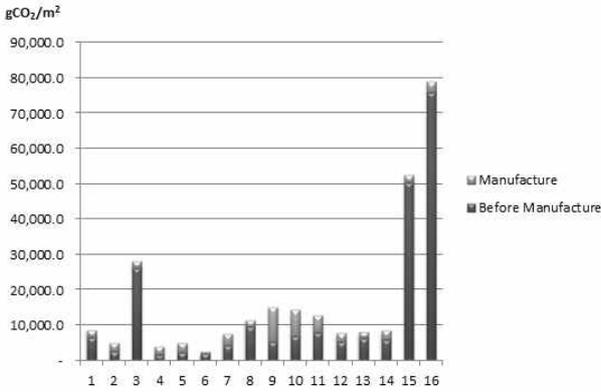


Fig 7. Characteristics of Office Floor Products

2) 주거용 바닥재

주거용 바닥재의 탄소발생특성은 Fig 8과 같다. 주거용 바닥재의 경우 강화바닥재, 흡음바닥재, 일반바닥재로 구분할 수 있으며, 강화바닥재는 1,2,5,6번 제품으로 약 8,500g CO₂/m²의 탄소배출량을 보이고 있었다. 또한 흡음바닥재의 경우 약 6,000gCO₂/m²내외의 탄소배출성적을 보이고 있었으며, 제품의 생산 기업에 따라 제조 전, 후의 탄소발생량에서 차이를 보이고 있었다. 또한 일반바닥재의 경우 2,000~5,000gCO₂/m²의 탄소배출량을 보이고 있었다.

주거용 바닥제품의 경우 모든 제품이 제조 전 단계의 탄소발생량이 주를 이루고 있었으며, 전, 후 차이가 1.5배에서 5.5배까지의 차이를 보이고 있었다.

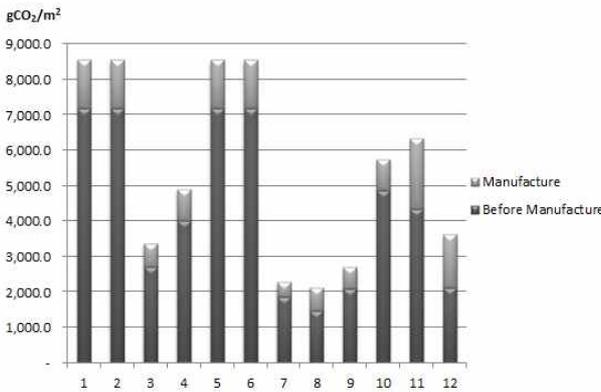


Fig 8. Characteristics of House Floor Products

3) 석고보드

석고보드 제품의 경우 1번 제품은 석고 시멘트 합성제품으로 원자재의 추가적인 사용으로 인해 탄소배출량이 월등히 크게 나타났다. 나머지 제품들의 경우 최대 1.84배 차이로 탄소배출량의 차이는 있었지만, 단계별 탄소 배출량 비율은 유사하게 나타났다. 또한 대부분의 제품이 제조단계에서의 탄소발생량이 크게 나타났고, 석고보드의 특성상 원자재의 추출 이후 1차 공정이 없이 제품을 생산 가능하기 때문인 것으로 유추할 수 있었다.

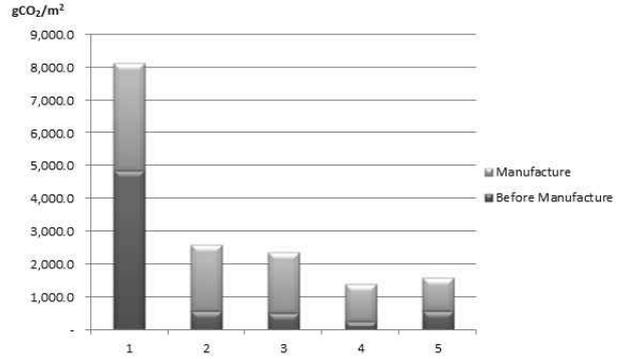


Fig 9. Characteristics of Gypsum Board Products

4) 벽지

벽지제품은 총 11개의 제품으로 구성되어 있으며, 11번 제품을 제외한 10가지 제품은 400~500gCO₂/m²정도의 탄소배출량을 보이고 있다. 11번 제품의 경우 석재가 포함되어 있는 기능성 제품으로 원자재의 추출 및 가공이 탄소배출량 증가의 원인으로 보인다. 또한 대부분의 탄소배출량이 제조 전 단계에서 발생되고 있으며, 이는 벽지의 특성상 가볍고, 가공이 쉬운 자재가 활용되기 때문인 것으로 파악된다.

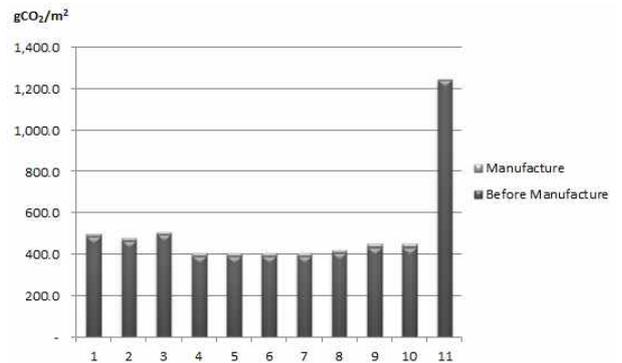


Fig 10. Characteristics of Wallpaper Products

5) 가구 마감재

가구마감재는 총 7가지 제품으로 구성되어 있으며, 벽지 제품과 마찬가지로 대부분 제조 전 단계의 탄소배출량이 대부분을 차지하고 있다. 또한 6번 제품의 경우 친환경 제품으로 탄소배출량 또한 가장 적은 값을 가지고 있으며, 탄소성적표지인증제도의 취지에 적합한 값을 보이고 있었다.

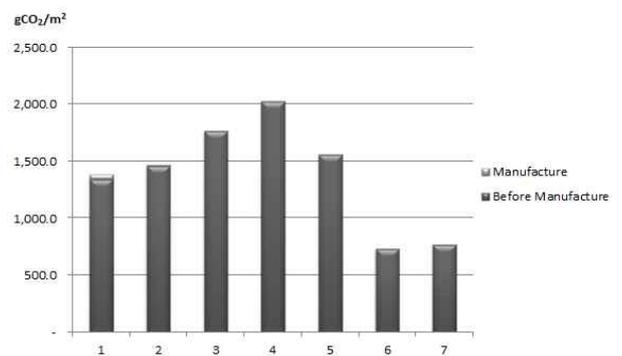


Fig 11. Characteristics of Furniture Finish Products

6) 실내 마감재

실내마감재는 총 3개의 제품으로 구성되어 있으며, 모두 한 회사에서 제출한 인증제품이었다. 따라서 제품의 탄소배출성적이 유사한 값을 띄고 있었으며, 가구마감재, 벽지 제품과 마찬가지로 제조 전 단계의 탄소배출량이 대부분의 값을 차지하고 있었다.

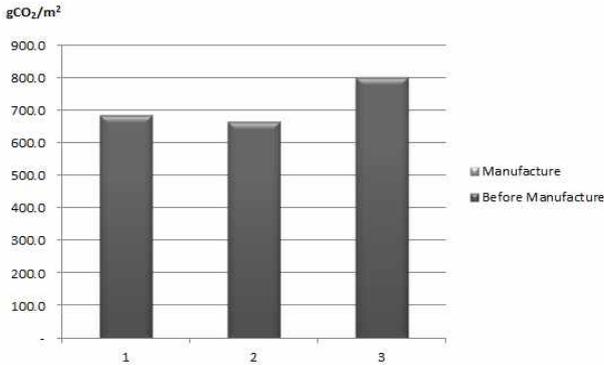


Fig 12. Characteristics of Interior Finish Products

5.2. 내장재 외 제품군의 탄소배출량 분석

1) 구조재

구조재의 경우 1,2번 프리캐스트콘크리트와 3,4번 레디믹스트콘크리트로 구분된다. 프리캐스트콘크리트의 경우 제조 전 단계의 탄소배출량이 제조단계에 비해 약 15배 크게 나타났다, 레디믹스트콘크리트의 경우 프리캐스트콘크리트와는 반대로 제조단계의 탄소배출량이 약 8배 크게 나타났다. 그 이유는 프리캐스트콘크리트의 경우 철근이 미리 배근되어 원자재의 추출 및 성형 전 단계의 공정이 추가적으로 요구되기 때문이고, 레디믹스트콘크리트의 경우 제품의 보관 및 수송에 들어가는 차량이 특수 차량이 사용되기 때문에 제조단계가 주요 탄소배출량을 차지하게 되는 것으로 보인다.

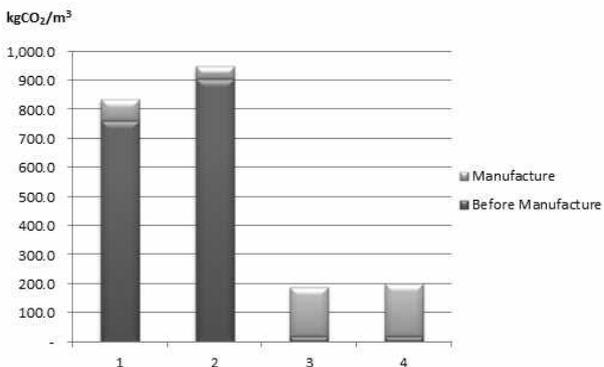


Fig 13. Carbon Emission Characteristics of Structural Products

2) 설비재

설비재의 경우 설비재의 경우 SF관과 수도지열관으로 구성이 되어 있으며, 비율적으로 두 제품 모두 제조 전단계가 주 탄소배출원인 것을 확인할 수 있었다. 또한 1, 2번 SF관

의 경우 자재의 투입량이 많고, 조립식 제품이기 때문에 제조단계에서의 탄소발생량 또한 3번 제품에 비해 월등히 큰 것을 볼 수 있었다.

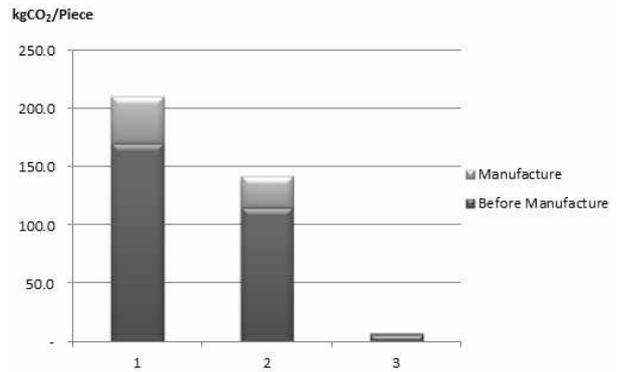


Fig 14. Carbon Emission Characteristics of System Products

3) 창호재

창호재의 경우 1,500~2,500gCO₂/kg의 탄소배출성적을 가지고 있었으며, 3번 제품을 제외하고는 유사한 탄소성적을 가지고 있었다. 또한 일반적으로 제조 전 단계의 탄소배출량이 더욱 큰 것을 확인할 수 있었으며, 이는 창호재, 즉 창호 프로파일의 경우 원자재의 추출 및 1차 생산단계에서 많은 탄소가 발생한다고 볼 수 있다.

5번 제품의 경우 다른 창호제품들과 전체적으로 유사한 탄소배출량을 가지지만, 탄소배출량 분포에 있어서 제조 전 단계가 대부분의 탄소배출량을 가지고 있는 상이한 값을 가지고 있었다. 이는 제품의 특징이나 제품의 탄소배출량 계산 과정의 차이로 인해 발생한 오차인 것으로 유추할 수 있다.

창호 프로파일의 경우 건물의 단열성능 및 기밀성능과 밀접한 연관이 있기 때문에 단순히 제품의 디자인 및 탄소배출성능을 보는 것 이외에 건물의 에너지 사용량 측면 또한 함께 고려되어야 한다. 하지만 그러한 고려 및 적용은 에너지전문가 및 설계자의 전문적인 지식이 요구되는 분야이기 때문에, 다른 제품군과는 다르게 보다 전문적이고 세심한 분석을 통해 활용되어야 할 것이다.

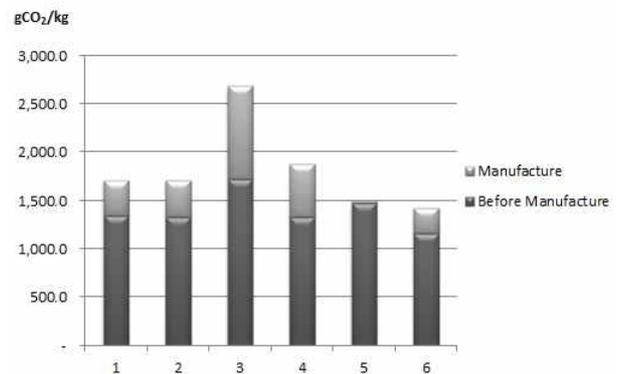


Fig 15. Carbon Emission Characteristics of Window Products

6. 결론

본 연구는 최근 시행되고 있는 탄소성적표지인증제도의 현황 및 인증 건축자재의 탄소배출량을 비교분석해 봄으로써 기존에 문헌 또는 평균값으로만 존재하였던 LCI DB가 제품별 실제 데이터로 제공되는 현황을 확인하고, 각 자재별 투입 자원 및 공정단계별 탄소배출량의 비교분석을 통해 향후 건축물 LCA연구 및 관련 제도 도입을 위한 기초자료 제공을 목적으로 수행되었다.

연구수행 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 현재 탄소성적표지인증 제품 중 건축자재와 관련된 제품은 전체의 약 10%, 생산재 제품 155개 중의 82개, 53%로 높은 비중을 차지하고 있는 것으로 조사되었다.
 - 2) 인증을 받은 제품들은 크게 5가지 제품군으로 구분할 수 있으며, 그 중 내장재 제품군이 82개 제품 중 54개, 전체의 60%로 가장 큰 비중을 차지하고 있었다. 또한 내장재 중에서도 바닥재가 가장 큰 비중을 차지하고 있었으며, 탄소배출량에 있어서도 가장 큰 배출량을 가지고 있었다.
 - 3) 내장재 또는 내장재 외의 제품들의 탄소배출량을 생산 단계별로 분류하여 분석해본 결과 각 제품의 원자재 및 특수 기능에 따라 탄소배출량에서도 차이를 보이고 있었으며, 공정에 따른 차이도 유추해 볼 수 있었다.
 - 4) 건축자재의 경우, 전체 생애단계 중 제조 전 단계와 제조단계의 탄소배출량을 산출하여 인증을 받고 있으며, 석고보드를 제외한 대부분의 제품에서 제조 전 단계의 탄소배출량이 제조단계 보다 높은 비중을 차지하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 제조 공정에 비해 원자재 생산 과정에서의 탄소배출이 전체 배출에 미치는 영향이 더 큰 것으로 판단할 수 있었다.
 - 5) 바닥재, 석고보드, 구조재, 설비재, 창호재와 같이 제품의 원료가 상대적으로 중량이 크고, 석재, 금속 등의 열적인 공정이나, 중량설비를 사용하는 공정이 예상되는 제품군의 경우 제조 단계의 탄소배출량 또한 약 20~50%의 탄소배출량을 차지하는 것을 확인할 수 있었다.
- 각 제품군별 탄소배출특징을 정리하면 다음과 같다.
- 바닥재의 경우 사무용바닥재와 주거용바닥재로 분류할 수 있으며, 사무용바닥재가 주거용바닥재에 비해 약 3배 이상의 탄소배출량을 가지고 있었으며, 이는 제품의 요구 강도 및 내구성, 기능의 차이 등에 의한 것으로 보인다.
 - 벽지, 가구용 마감재, 실내용 마감재의 경우 종이나 필름의 재질로 이루어져있고, 제조 전 단계에서 대부분의 탄소를 배출하는 것으로 나타났다.
 - 석고보드의 경우 다른 제품군과는 달리 제조 단계에서의 탄소배출량이 제조 전 단계의 탄소배출량 보다 높은 비중을 차지하고 있었으며, 이는 석고보드의 원료물질이 재활용 부산물이기 때문인 것으로 평가되었다.
 - 구조재의 경우 프리캐스트콘크리트는 제조 전 단계, 레디믹스트콘크리트는 제조 단계에서 많은 탄소배출량을 보이고 있었으며, 전반적으로 프리캐스트콘크리트가 레디믹스트콘크리트에 비해 약 4배의 탄소배출량을 가지고 있다.

- 창호재의 경우 대부분이 제조 단계에서 20%이상의 탄소배출량을 차지하고 있는 것으로 보인다. 하지만 일정 제품의 경우 상이한 결과가 나타나기도 하였으며, 이는 제품의 특징이나 탄소발생량 계산과정에서 발생한 것으로 보인다.

이와 같이 탄소성적표지인증제도에서 건축자재 및 제품은 중요한 비중을 차지하고 있고, 탄소배출특성 또한 제품에 따라 많은 차이를 보이고 있었다. 그러나 탄소성적표지인증제도가 시행된 기간은 5년, 건축자재가 인증을 받은 기간은 4년으로 시행기간이 짧고, 축적된 데이터가 적은 관계로 제품별 탄소배출량의 대표적 비교 기준을 설정하는 것은 현 단계에서 어려움이 있고, 제품의 판매 단위별로 탄소배출량을 인증받기 때문에 제품군별 정량 비교가 이루어지지 못했다.

따라서 추후 연구 및 기존 제도의 개선을 위해서는 다음과 같은 점이 고려가 되어야 한다.

- 1) 현재 운영되고 있는 제품별 탄소배출량 단위를 표준화하여 소비자에게 보다 객관적 근거를 제공해야 한다.
- 2) 건축자재의 경우 건물에 적용되어 사용되기 때문에 제품 단위뿐만 아니라 건축물 적용을 위한 수량 및 적용 기준에 대한 부가적인 설명이 첨부되어야 한다.
- 3) 인증제도의 활성화를 위해서는 소비자의 판단에만 맡기는 것이 아닌 각 제품의 기준을 설정하고, 뛰어난 제품에 대해서는 그에 따른 인센티브가 제안되어야 한다.

또한 향후 연구에서는 위와 같은 문제점 및 개선안을 위해 탄소성적의 계산방식 및 기준에 대해 세부적으로 살펴보고, 건축 관련 기업들이 보다 원활하게 탄소성적표지인증에 참여할 수 있는 기반을 조성하는 등 건축물 전과정평가 관련 연구가 지속되어야 할 것이다.

Acknowledgement

This paper is a part of a research by the Construction Technology Innovation Project (project # 11-Technology Innovation-F04), MOLIT.

References

- [1] 국토교통부, “시설물별 온실가스 배출량 산정에 관한 연구”, 2012 / (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, A Study on Evaluation of GHGs Emission by Construction Types, 2012)
- [2] 이강희, “건설재료의 탄소라벨링제도”, 대한건축학회 v.55 n.2, 2011 / (Lee, Kang-hee, Carbon Labeling System on Construction Materials, Architectural Institute of Korea, v.55 n.22, 2011)
- [3] 한국환경산업기술원, “2012 탄소라벨링 국제동향 보고서”, 2012 / (Korea Environmental Industry & Technology Institute, Report for 2012 Carbon Labeling international Trends, 2012)
- [4] 한국환경산업기술원, 탄소성적표지운영홈페이지 <http://www.edp.or.kr> / (Korea Environmental Industry & Technology Institute, Carbon Labeling homepage, <http://www.edp.or.kr>)
- [5] 환경부, “탄소성적표지 작성지침-일반제품 공통기준”, 2013 / (Ministry of environment, Carbon Labeling prepare guideline - Common products, 2013)
- [6] 환경부, 탄소배출계수, www.edp.or.kr, 2013 / (Ministry of environment, Carbon emission factor, www.edp.or.kr, 2013)

Appendix 1. Carbon Emission of Labeled Interior Products

Category	No.	Total Emission	Before Manuf.	Manuf.	Unit	Certif. year
Office Floor	1	8,672.7	6,466.7	2,206.1	gCO ₂ /m ²	2013
	2	5,048.5	2,490.9	2,557.6		2013
	3	28,300.0	26,200.0	2,100.0		2013
	4	4,242.4	1,515.2	2,484.8		2012
	5	4,848.5	2,242.4	2,848.5		2012
	6	2,565.0	2,085.0	480.0		2012
	7	7,878.8	4,303.0	3,333.3		2012
	8	11,515.2	9,503.0	1,897.0		2012
	9	15,151.5	5,393.9	9,733.3		2012
	10	14,424.2	6,909.1	7,515.2		2011
	11	12,727.3	7,878.8	4,848.5		2011
	12	7,772.0	5,301.0	2,471.0		2011
	13	7,878.8	6,303.0	1,757.6		2011
	14	8,515.0	5,774.0	2,741.0		2010
	15	52,640.0	50,480.0	2,160.0		2013
	16	79,080.0	75,960.0	3,120.0		2013
House Floor	1	8,563.6	7,200.0	1,363.6	gCO ₂ /m ²	2013
	2	8,563.6	7,200.0	1,363.6		2013
	3	3,380.0	2,717.0	664.0		2013
	4	4,900.0	4,026.0	875.0		2013
	5	8,563.6	7,200.0	1,363.6		2013
	6	8,563.6	7,200.0	1,363.6		2013
	7	2,289.0	1,870.0	419.0		2012
	8	2,129.0	1,484.0	645.0		2011
	9	2,701.0	2,095.0	606.0		2011
	10	5,740.7	4,876.5	864.2		2011
	11	6,337.0	4,336.4	2,000.4		2010
	12	3,625.4	2,114.8	1,510.6		2010
Gypsum Board	1	8,024.7	4,876.5	3,271.6	gCO ₂ /m ²	2012
	2	2,597.8	586.1	2,011.7		2012
	3	2,369.4	532.4	1,837.0		2012
	4	1,410.0	282.5	1,127.9		2011
	5	1,598.0	586.0	1,012.0		2010
Wall Paper	1	501.0	488.2	13.1	gCO ₂ /m ²	2012
	2	482.0	467.0	15.4		2012
	3	509.0	495.9	13.4		2012
	4	410.0	394.0	16.0		2011
	5	410.0	394.0	16.0		2011
	6	410.0	394.0	16.0		2011
	7	410.0	394.0	16.0		2011
	8	422.0	407.0	15.0		2011
	9	454.0	436.0	18.0		2010
	10	454.0	436.0	18.0		2010
	11	1,246.0	1,243.0	3.0		2010
Furniture Finish	1	1,389.0	1,340.7	48.0	gCO ₂ /m ²	2013
	2	1,478.0	1,462.0	16.0		2012
	3	1,770.0	1,768.0	2.0		2011
	4	2,030.0	2,028.0	2.0		2011
	5	1,560.0	1,558.0	2.0		2011
	6	725.0	725.0	0.0		2011
	7	770.0	769.0	1.0		2010
Interior Finish	1	686.0	684.0	2.0	gCO ₂ /m ²	2011
	2	665.0	663.0	2.0		2011
	3	804.0	802.0	2.0		2011

Appendix 2. Carbon Emission of Products Except Interior Products

Category	No.	Total Emission	Before Manuf.	Manuf.	Unit	Certif. year
Structure	1	835.0	761.9	73.4	kgCO ₂ /m ³	2012
	2	950.0	908.0	42.9		2012
	3	189.0	21.6	167.7		2012
	4	201.0	21.2	179.7		2012
System	1	211.0	171.0	40.0	kgCO ₂ /unit	2011
	2	142.0	115.0	27.0		2011
	3	8.0	6.7	1.6		2011
Window	1	1,712.0	1,348.0	364.2	gCO ₂ /kg	2013
	2	1,714.0	1,328.0	386.0		2011
	3	2,687.0	1,721.0	966.0		2011
	4	1,876.3	1,328.1	548.2		2013
	5	1,496.2	1,471.8	24.4		2013
	6	1,429.5	1,156.8	272.7		2013
Others	1	62.9	6.4	56.5	gCO ₂ /kg	2013
	2	178.5	2.5	176.0	gCO ₂ /kg	2013
	3	13.8	-	13.8	gCO ₂ /kg	2013
	4	111.3	1.7	109.6	gCO ₂ /kg	2013
	5	104.5	-	104.5	gCO ₂ /kg	2013
	6	741.5	711.8	29.8	gCO ₂ /unit	2013
	7	55.0	3.9	51.5	gCO ₂ /m ³	2012
	8	836.0	446.0	390.0	gCO ₂ /unit	2012
	9	6,301.2	6,300.6	0.5	gCO ₂ /m ²	2012
	10	8,240.7	8,240.6	0.5	gCO ₂ /m ²	2012
	11	32.0	3.7	28.2	kgCO ₂ /ton	2011
	12	25.0	3.7	21.4	kgCO ₂ /ton	2011
	13	4,435.0	2,696.0	1,739.0	gCO ₂ /kg	2011
	14	1,759.0	1,132.0	627.0	gCO ₂ /kg	2011
	15	2,441.0	2,285.7	155.7	kgCO ₂ /unit	2011

Received January 15, 2014;
 Final revision received February 14, 2014;
 Accepted February 19, 2014;