

건축물 시공단계에서의 온실가스 배출 관리 방안

-국내외 친환경 인증제도와 일본 현장의 대응 방안을 중심으로-

Greenhouse Gas Management Policy during Construction Execution Phase

-Focused on Green Building Rating Systems and Japanese Case-

송 상 훈*

Song, Sang Hoon

Abstract

Until now, the eco-friendly construction (green construction) has been focused on reducing environmental impacts in use(operation and maintenance) phase. Considering the environmental influence along the life cycle of construction project, the impact in execution phase is rather lower than that in use phase. However, that impact is thought to be greatly decreased by well-organized activities. Based on its urgency and requirement for timely action, this study aimed to discuss the greenhouse gas (GHG) reduction plan in execution phase from a broad perspective. To achieve this purpose, the green building rating systems in domestic and foreign countries have been reviewed, and the practice in Japan was investigated. In order to improve current on-site greenhouse gas management, the integration among construction phases, participants, and environmental factors, and institutional supports are required as well as the contractor's efforts.

키워드 : 온실가스, 시공단계, 저방출자재, 친환경인증제도

Keywords : Greenhouse Gas (GHG), Execution Phase, Low-emitting Materials, Green Building Rating System

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

지구온난화에 의한 급속한 기후 변화는 전세계적으로 인간활동의 규제를 통해 환경을 보전하려는 노력에 영향을 가져왔다. 지구환경문제를 해결하기 위해 '지속가능한 개발'의 개념을 정리한 1972년 UN인간환경회의 개최 이후 각국에서는 지구차원의 문제로서 공동의 노력을 기울여 왔으나, 온실가스 배출로 인한 지구온난화로부터 환경을 보전하는 것은 여전히 국제사회의 최대 당면 과제 중 하나로 간주되고 있다. 국내에서도 에너지 사용량 저감, 재생에너지 생산량 확대, 그리고 가스 배출량 저감 등을 통한 녹색성장을 적극적으로 추구하고 있으며, 건설부문에서는 에너지 사용과 온실가스 배출 억제와 같은 수동적(passive) 정책에 초점을 맞추고 있다 (이복남, 2009).

한편, 건설산업은 환경 보전을 위한 정책 수립에 있어 논의의 중심에 서 있다. 이는 건설부문이 전체 재료소비의 약 48%, 에너지 소비의 40%를 점하고 있는 대량 소비산업이고, 모든 CO₂ 배출량의 42%, 전 산업폐기물의 30%, 불법폐기물의 60%가 발생하는 환경저해 산업이라는 데 기인한 것이다 (신성우, 2007). 또한, 국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)의 통계에 따르면

우리나라 탄소배출량은 전세계에서 9위를 기록하고 있으며, 1970년대 이후 가장 급격하게 온실가스 배출량이 증가한 주요국에 포함되어 있다 (IEA, 2009).

지금까지 건설부문에서의 환경 관련 연구는 주로 건축물의 사용과정에서 발생하는 환경 영향 요인을 통제하기 위해 기획과 설계단계에서 필요한 요구를 정의하고 실행하는 방향으로 진행되어 왔다. 또한, 건설사업의 시공단계에 대해서는 폐기물의 적정 처리와 온실가스 배출 현황 파악과 평가에 대한 연구가 다수를 차지하여 왔다.

그러나, 국토해양부에서 시설물별 탄소배출량 평가기준을 수립하기 위한 작업을 진행 중이고, 우리나라가 2013년 온실가스 감축을 위한 2차 의무이행 대상국으로 지정될 것이 확실시됨에 따라 온실가스 저감이라는 문제는 현실적으로 시급한 사안이 되고 있다. 따라서 지금까지 배출규모의 측정과 평가에 의해 형성된 심각성과 개선에 대한 공감대를 바탕으로 건설사업 라이프사이클로 볼 때 설계단계와 사용단계를 연계하는 시공단계에서 실행에 옮길 수 있는 구체적인 저감 방안을 모색해 보는 것은 현실점에서 큰 의미가 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 온실가스에 대한 배출의 평가에서 나아가 이를 저감하기 위한 국내외 전략과 실행수단의 현황을 검토하고, 건설사업의 시공단계에서 지구온난화를 저감하기 위해 요구되는 사항을 거시적인 차원에서 논의하였다.

* 한국토지주택공사 토지주택연구원 책임연구원(ssong@lh.or.kr)

1.2 연구의 범위 및 방법

건설사업의 전과정(life cycle)을 기획, 설계, 조달, 시공, 사용·관리 등으로 구분할 때, 지금까지 대부분의 기존 연구가 사용단계에서의 에너지 사용, 온실가스 배출, 폐기물 최소화 등에 대해 수행됨에 따라 건축물의 생산단계에서의 친환경성을 검토하는 연구는 상대적으로 부족하였다. 이에 따라 본 연구에서는 실질적인 공사 기간 동안 시공과 관련하여 현장 내에서 발생하는 온실가스를 비롯하여 현장에 투입되는 자재의 생산, 운송, 설치까지의 과정에서 배출되는 가스를 관리 대상으로 보고, 그에 대한 요인을 관리하는 국내외 제도·정책과 현장 내 실행방안을 조사·분석하였다.

일반적으로 건축물의 건조단계는 설계단계, 시공단계, 사용단계, 해체단계 등으로 구분할 수 있으며, 이 중 시공 단계를 기준으로 자재의 조달에서 설치까지의 진행과 현장에서의 작업 과정을 도시하면 아래 그림 1과 같다. 시공단계에서의 온실가스 발생은 자재의 생산과 설치를 위주로 하고, 현장 내에 운용되는 중장비 또는 차량으로부터의 직접적인 배출, 사무실을 비롯한 전체 현장 운영에 소요되는 에너지로부터 산정되는 간접적인 배출 등을 추가로 고려할 수 있다. 본 연구에서는 시공단계에서 발생하는 이러한 온실가스의 저감을 위한 요구사항으로서 설계단계와 시공단계의 관리활동에 적용가능한 기준을 확인하고 구체적인 활동의 내용을 검토하였다.

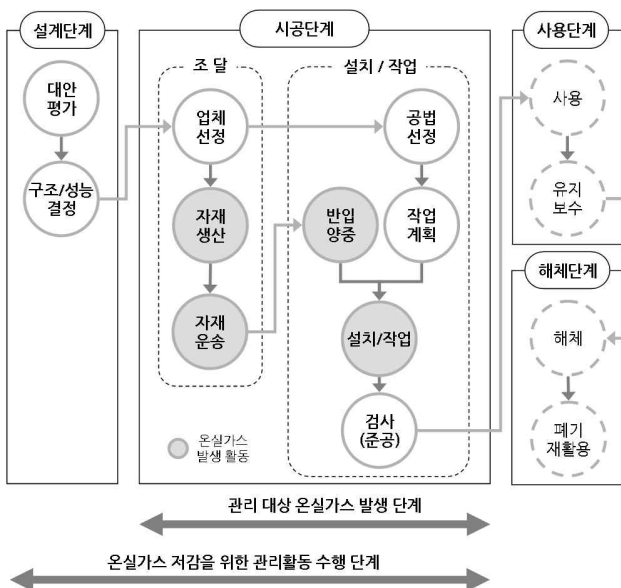


그림 1. 시공단계 온실가스 발생 및 관리 지점

또한, 연구의 수행에 있어서는 건설현장의 친환경성 확보와 관련된 문헌조사를 위주로 건설 시공단계에서의 노력을 분석하되, 국내외 현장의 방문과 실무자 및 전문가를 대상으로 한 면담 등을 통해 추가로 현황과 개선방안을 정리하였다.

전체 연구의 진행에 있어서는 지구온난화 문제를 해결하기 위한 건설산업 차원의 접근과 이의 실현을 위한 현

장 차원의 접근 등 2개 범주로 구분하여 현황을 조사하고 개선을 위한 대안을 검토하였다.

1차적으로 문헌 검토를 통해 온실가스의 배출현황을 국제적·국가적 차원의 데이터에서부터 건설분야와 건설사업의 시공단계까지 검토함으로써 현안과 개선요구를 파악하였다.

또한, 건설산업 차원의 접근 현황을 파악하기 위하여 건설분야 친환경 요소의 구현을 위해 각 국에서 실시하고 있는 대표적인 인증제도 가운데에서 시공단계를 비롯한 현재 연구의 범위에 해당하는 항목에 대해 검토하였다. 그리고 건설현장 차원의 접근을 알아보기 위하여 실시한 일본 현지조사에서는 공동주택(맨션), 주상복합건물, 초고층주거시설, 상업시설 등 다양한 유형의 건축공사가 이루어지는 현장을 방문하고, 현장 내 작업 과정에서의 환경영향 요인을 통제하는 방법과 자재조달에 있어서의 유의사항 등을 확인하였다.

2. 건설 시공단계에서의 온실가스 배출 현황과 유형

2.1 건설현장의 환경관리 요소

지구온난화 억제 대책 현황에 대한 구체적인 검토 이전에 시공단계 건설 현장의 환경 관리에 포함되는 요소를 전체적으로 정리하여 이를 범주화함으로써 연구의 범위를 보다 명확히 하였다.

기존 연구 가운데 김경래(2006)와 박지호 등(2007)는 건설시공단계에서 미치는 상대적 영향을 고려하여, 현장의 환경관리 요인을 크게 비산먼지와 가스를 포함하는 공기질, 소음·진동, 폐기물 등 3가지로 크게 분류하였다. 또한, 박상동(2009)은 그린빌딩을 위한 기술체계를 수립하는 과정에서 아래 표와 같이 시공 중 공해저감기술과 폐기물처리기술을 시공단계의 주요 기술로 제시하였다.

표 1. 그린빌딩 기술체계 중 시공단계 관련 기술

대(중)분류	소분류	세분류
공기 (시공 중의 공해저감 기술)	청정재료	저 폐기물, 무독성재료개발
		오염물질방출 농도평가기술
		VOCs 평가기술
	청정 현장관리기술	유해재료 관리기술
		설비기기 청정관리기술 공사현장 청정관리기술
폐기물 (폐기물 처리기술)	시공 중 폐기물 저감 기술	폐기물 분리 재활용
		규격화된 설계·시공 기법
	건설폐기물 관리기술	재활용 폐기물 분리수거
		재활용 가능 폐기물 분리 재사용 가능 폐기물 분리

지구온난화, 녹색건설이 사회 전반에서 지배적 사안으로 자리잡기 전에는 현장작업으로 인한 대기오염, 수질오염, 소음·진동, 토양오염 등에 의한 직접적인 환경 피해가 관리 대상이었다. 또한, 개인권 신장에 따라 생활권 침해, 농축산물 피해와 같이 환경피해의 범위가 확대됨에

따라 이들은 주로 민원의 항목으로 취급되어져 왔다. 최근까지는 현장 내에서 발생하는 물질로서 직접적으로 환경에 미치는 영향이 가장 크다고 분석되는 폐기물에 대해 다수의 연구가 이루어졌다.

지금까지 논의된 내용에 따라 본 연구에서는 건설현장에서의 전반적인 환경관리 요소를 다음과 같이 3개의 범주로 분류하였다.

- 일반 환경 관리 : 환경 관련 법규에 기반한 대기오염, 수질오염, 소음, 진동 등의 환경 피해 저감
- 폐기물 관리 : 현장 내 발생 폐기물의 추적과 재활용 등 적정 처리
- 온실가스 관리 : CO₂를 중심으로 한 온실가스 배출 현황 파악 및 저감

위의 분류 가운데, 일반 환경 관리에 대해서는 민원사례, 환경부 등 유관기관이 발간한 지침 등을 반영한 대응방안이 현장 내에서 실행 중이며, 관련 법제도의 제개정도 이와 연계하여 추진되고 있다. 또한, 폐기물의 경우에도 현황의 모니터링과 재활용을 위한 기술, 관리프로그램 등이 개발되는 등 활발한 연구가 수행 중이다. 이에 비해 본 연구에서 다루는 대상인 시공단계에서의 온실가스 관리에 대한 관심은 상대적으로 부족한 실정이다.

2.2 시공단계의 온실가스 배출 현황

우리나라의 CO₂ 배출량은 지속적인 경제성장과 에너지 다소비 산업구조로 인해 꾸준히 증가하고 있는 실정이다(환경부, 2009; IEA, 2009). 이 중 건설부문은 전체 산업의 에너지사용과 CO₂ 배출에 있어 40%를 넘게 차지하고 있는 주요 관리 부문에 해당한다.

한편, 시공단계 작업에 의한 환경 영향은 건물 사용 단계에서 소비되는 에너지와 이로 인한 온실가스에 비하면 미약한 수준이다. Junnila 등(2006)이 수행한 사례연구 결과에 따르면, 90%에 가까운 환경가스 배출과 에너지 사용이 사용단계에 이루어지고, 투입자재의 생산과 설치(시공)단계에서는 10% 내외의 배출과 소비가 발생한다. 또한, Bilec 등(2006)은 시공단계의 온실가스 배출을 보다 세분화하여, 운송과 작업에 투입되는 장비가 80%를 차지하고, 기타 작업과 현장발전설비 등이 20%를 약간 상회하는 것으로 파악하였다.

또한, 건축물의 신축단계에서 시공과정의 유류 및 전력 사용에 따른 에너지소비량과 CO₂ 배출량은 자재 소요에 따른 에너지소비량과 CO₂ 배출량에 비해 각각 5.2%, 2.8% 정도에 불과하다는 점을(김종업 등, 2005) 고려할 때, 설계를 바탕으로 한 착수 전 조달단계에서의 자재의 환경 영향성 확인은 중요한 의미를 갖는다.

2.3 시공단계 온실가스 배출 관리유형 및 요인

건설사업 시공단계에서 온실가스의 배출 관리에 의하여 지구온난화에 대응하는 것은 배출 관리의 주체와 발생장소에 따라 다음의 두 가지 범주로 구분할 수 있다.

- 직접적인 배출 관리 : 건설현장 내에서 온실가스와의 에

너지 사용에 대해 관리방안을 수립하고, 운영과정에서 측정, 모니터링, 실행 평가 등을 수행하는 것

- 간접적인 배출 관리 : 건설현장 외부에서 발생하는 온실가스에 대한 저감 방안을 수립하고 관리하는 것

우선, 직접적인 배출 관리는 현장에서 관리가능한 온실가스의 배출과 에너지 사용을 다루게 된다. 예를 들어, 김경래(2007)는 공기질에 영향을 주는 요인을 크게 비산먼지와 가스 발생의 두 가지로 분류하고, 가스 발생과 관련하여 건축공사의 공종별로 발생하는 요인을 아래 표와 같이 정리하였다. 현장 차원에서는 이러한 요인을 파악하고 그 발생 정도를 저감하기 위한 실행 계획이 필요하다.

표 2. 건축공사 가스 발생 관련 영향 요인

공종	주요 환경 영향 요인	
가설공사	• 천공장비	
기초/지하공사	• 대형브레이커	• 덤프트럭
	• 도저/그레이더	• 천공장비
	• 굴착/운반장비	• 화약발파
	• 크레인	
지면보강공사	• 주입장비(그라우트) • 천공장비	
노면복구/포장공사	• 다짐기계 • 포장장비	
금속공사	• 용접/절단기	
방수공사	• 아스팔트방수	
단열공사	• 압면스프레이	
도장공사	• 스프레이	
미장공사	• 그라인딩, 모래, 시멘트 분진	
철거/해체공사	• 굴착/운반장비	
	• 대형브레이커	
	• 크러셔	

간접적인 온실가스 배출 관리를 위한 노력은 자재와 공급업체의 선정에 있어 생산과 운송과정에서의 환경 영향을 반영하고 실행결과를 파악하는 것이 필요하다. 이러한 맥락에서 현장 투입 자재의 선정에 있어서는 박상동(2009)이 제시한 다음 사항의 적용을 고려할 수 있다.

표 3. 자재선정을 위한 기준

기준	구분	항목
자재 보존 및 생애 주기적 특성	원자재	재생자재 사용 정도
		천연성
		공급거리
	자재생산과정	환경기준
		공급거리
		IAQ (실내공기질)
	자재사용과정	오존층 파괴
		수명/내구성
		유지/관리 용이
		재생가능성
사용후 처리과정	재생가능성	
	생물학적분해성	
자재 특성	공급용이성	
	비용	
	인증여부	
	사용사례	
	미적성능	
	시공성	

시공단계에서의 온실가스 배출에 대한 영향요인을 파악하기 위해 그림 1에서 살펴본 설계와 시공단계의 업무를 재구성하면 아래 그림과 같다. 자재생산과 운송과정에서 발생하는 온실가스 배출유형과 배출량은 대안선정, 구조·성능 결정, 업체 선정 등의 업무를 통해 결정되며 이 과정에서의 영향요인에는 재활용여부 등을 포함한 원재료의 친환경성, 자재의 인증여부, 자재 운송에 있어서의 수단, 거리, 차량 운행시의 적정 운전여부 등이 해당된다. 또한 현장에 자재가 반입되어 양중·설치되거나 장비의 운용을 통해 작업이 이루어지는 과정에서 발생하는 온실가스 배출량은 적용되는 공법, 작업계획, 투입장비 등에 따라 결정되고, 이러한 요인은 장비의 사용연수, 정비상태, 이동경로, 이동거리, 적정운전여부 등으로 세분화될 수 있다. 여기에서 장비는 중장비 또는 차량을 의미한다.

시공단계의 현장 환경관리자는 온실가스 배출 저감을 위해 자재의 생산과 운송에 대해서는 현장 외 요소를 간접 관리하고, 자재 반입 이후의 설치와 장비 운용이 관련된 작업과 이동에 대해서는 직접적으로 개입하여 모니터링을 실시한다.

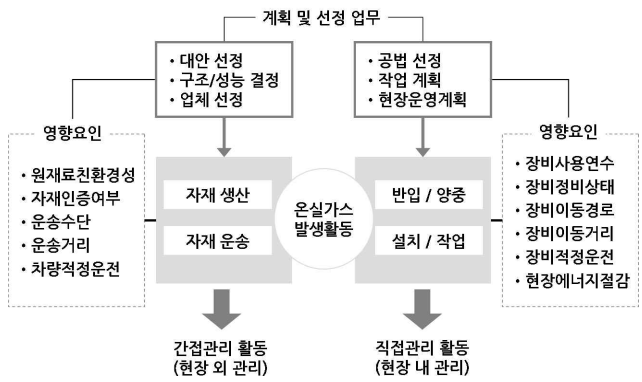


그림 2. 시공단계 온실가스 발생 영향요인

영향요인에 대한 관리 현황과 개선안을 검토하는 과정에서는 그림 2에서 나열된 건설현장 중심의 영향요인에 온실가스 배출을 저감하기 위한 건설산업 차원에서의 정책적 지원 요구사항을 추가적으로 살펴보았다.

수익성을 우선시 하는 관행 하에서 건설사업에서 현장 품질, 안전, 환경은 법·제도에서 정한 최소한의 기준을 중심으로 관리되는 측면이 강하다. 따라서 온실가스 배출 저감에 있어 실질적인 성과를 거두기 위해서는 법령을 통한 관련 제도의 시행이나 정책적인 지원이 뒤따라야만 한다. 즉, 온실가스 저감을 통한 현장 친환경성 제고 측면에서 실질적인 성과를 거두기 위해서는 산업 차원의 접근과 현장 차원의 접근이 동시에 이루어져야 한다. 산업 차원에서의 강제적 기준과 인센티브 기준을 포함한 제도가 마련되고, 현장 차원에서 세부적인 관리 활동과 기술 적용이 병행되어야 한다.

이러한 측면에서 온실가스 배출 영향요인에 대한 관리의 현황과 개선방안을 산업차원과 개별 사업차원으로 구분하여 살펴보았다.

2.4 기존 관련 연구와 관리 현황

시공단계의 온실가스 관리와 관련한 기존 연구를 살펴보면, 우선 김지혜 등(2006)은 친환경적인 건설시스템을 ‘기획, 설계, 시공, 유지관리, 그리고 철거단계에 이르는 전생애기간에 걸쳐 친환경적인 건설환경을 조성하여 CO₂ 배출량을 저감할 수 있는 기반’으로 정의하고, 친환경적 건설환경의 조성을 위해서는 자재, 생산과정, 폐기물, 연료소비 등 CO₂ 발생 분야에 대해 저감방안을 구축하고, 실행방안의 효과를 측정할 수 있는 방법론의 구축이 필요한 것으로 파악하였다.

기존 연구 가운데 시공단계가 포함된 연구의 개략적인 내용과 연구 범위는 표 4와 같이 정리할 수 있다. 대다수의 연구들은 자재의 생산(조달단계)과 현장 운영을 통해 예상되는 에너지사용량과 CO₂ 배출량의 추정을 다루고 있다 (표 4의 ①, ②, ③). 또한, 최근에는 건축물 전반이 아닌 부위(부재)별로 환경영향을 분석함으로써 부재 선정이나 설계대안 평가에 있어 환경적인 측면을 추가하는 연구가 다수 진행되었으며 (표 4의 ④), 구조공법의 선택, 재건축여부의 판단 등 주요 의사결정에 대한 연구도 이루어졌다 (표 4의 ⑤). 아울러 전명희 등(2009)은 착공전 정보에 근거한 투입자원 효율화를 통한 시공단계 CO₂ 발생량 저감에 대해 검토하였다.

이러한 문헌들을 접근차원, 측정단계, 온실가스 관리사이클 등 3가지 범주에 대해 연구범위를 분석하였다. 접근차원은 앞에서 언급한 산업차원과 현장차원으로 분류하였고, 측정단계는 측정 또는 추정이 이루어진 온실가스가 발생한 단계에 따라 자재 생산과 운송이 포함된 조달단계, 자재 설치와 작업이 수행되는 설치단계, 건물 사용과 해체가 포함되는 사용단계로 나누었다. 또한, 온실가스 관리사이클의 경우 일반적인 계획-시행-분석의 순서에 따라 온실가스 배출량 추정과 관리계획이 수립되는 계획(plan), 관리계획에 따른 저감 활동 수행과 실배출량의 측정이 이루어지는 시행(do), 결과의 평가가 이루어지는 분석(see)으로 구분하여 해당 영역에 표기하였다.

분석 결과, 기존 연구문헌은 관리사이클 상으로 볼 때, 계획단계를 중심으로 하고 있었으며, 특히 간접추계법인 산업연관분석을 활용한 다각적인 배출량 측정 연구가 다수를 이루었다. 이에 따라 상대적으로 시공단계에서 환경영향을 줄일 수 있는 실무적 차원에서의 대책을 다루는 시행단계에 대한 연구는 다소 부족하였다. 시공단계의 환경부하를 사전평가하는 것도 의미가 있으나, 이러한 데이터를 바탕으로 시공에 참여하는 업체와 작업자들이 수행해야 하는 저감 활동을 검토하는 것 역시 병행되어야 할 것으로 판단된다. 또한, 산업 차원의 온실가스 배출 관리 지 현황 분석을 위해 국외 친환경 건축물 인증제도에 대해 검토한 연구의 경우에도, 세부 항목에 대한 구체적인 비교보다는 전반적인 평가범주의 분류와 배점 등에 대한 확인에 그치는 경우가 많았다.

이러한 기존 연구상의 미비한 점을 보완하기 위하여 본 연구에서는 시공단계의 환경부하를 저감할 수 있는 방안을 산업차원과 현장차원으로 구분하여 제시하였다.

표 4. 기존 문헌의 연구범위 분석

구분	연구 문헌	접근차원		측정 단계			관리 사이클		
		산업 차원	현장 차원	조달 단계	설치 단계	사용 단계	계획	시행	분석
① 조달 단계 추정	최재휘 등 (2010)		○	○			○		○
	김태형 등 (2009)		○	○			○		○
	이강희 등 (2009)		○	○			○		
	김종엽 등 (2004.7)	○	○	○			○		
② 시공 단계 추정	김지혜 등 (2007)		○		○		○		○
	김종엽 등 (2005)		○	○	○		○		
	김종엽 등 (2004.10)		○	○	○		○		○
	이강희 등 (2002)		○	○	○		○		
③ 사용 추정	이강희 등 (1996)		○	○	○		○		
	이윤규 외 (2001)		○			○	○		○
④ 대안 평가	이병윤 등 (2010)		○	○			○		
	이종식 등 (2009)		○			○	○		
	김윤덕 등 (2009)		○	○	○	○	○		
	김정용 등 (2008)		○	○	○	○	○		
	홍성욱 등 (2008)		○	○	○	○	○		
⑤ 의사 결정	김선식 등 (2008)		○	○			○		
	신재규 외 (2009)		○	○	○	○	○		
	이강희 (2004)		○	○	○		○		
⑥ 관리 방안	이강희 (2003)		○	○	○		○		
	전명희 외 (2009)	○	○	○	○		○		
본 연구		○	○	○	○		○	○	○

한편, 실제적인 건설현장에서의 온실가스 관리 현황을 파악하기 위하여 환경관리에 있어 방침과 실행계획으로서의 역할을 하는 환경관리계획서를 3개 공동주택 현장으로부터 수집하여 검토하였다. 그 결과, 각 현장에서는 소음진동규제법, 대기환경보전법, 수질환경보전법, 폐기물관리법, 건축법 등 개별 법령에서 정하는 조치사항을 위주로 비산먼지, 소음진동, 폐기물, 토사 등에 대한 세부계획을 수립하고 실행하고 있었다. 이를 대기와 관련된 측면을 중심으로 보면, 분진에 의한 현장 작업자와 인근 주민에 대한 피해 최소화가 주요사항이며, 온실가스 배출 현황 관리와 저감 방안의 시행은 아직 명확하게 정의되어 있지 않았다. 해당 현장을 운영하는 기업 중에는 ISO

14001 인증을 받은 경우도 있었으나, 현장 내의 온실가스 관리에 있어서는 명확한 실행과 관리 전략을 갖추지 못하고 있는 것으로 나타났다.

3. 건설산업 차원의 시공단계 온실가스 관리 현황

3.1 산업 차원의 관리 현황 조사 개요

본 연구에서 다루는 시공단계의 온실가스 배출 관리와 관련한 산업 차원의 정책적 지원 현황 검토에 있어서는 국내외에서 운영 중인 건축물에 대한 인증제도의 평가항목 중 해당 사항을 우선적으로 살펴보았다. 또한, 자재 공급업체 선정 시 온실가스 배출이 적은 제품을 결정하는 과정에서 활용할 수 있다는 점에서 자재 생산에 있어서의 친환경성에 대한 정보를 알려주는 다양한 인증제도를 추가로 검토하였다.

3.2 국내외 인증제도의 시공단계 관리 기준

1) 우리나라의 친환경건축물 인증제도

국내 친환경건축물 인증제도는 2002년 1월 공동주택을 대상으로 한 인증에서 시작되어, 현재 주거복합건물, 업무용 시설, 학교시설, 판매시설, 숙박시설 등을 대상으로 확대 시행되고 있다.

건축물 유형과 관계없이 본 연구의 범위에 해당하는 평가항목을 검토한 결과, 아래 표와 같이 정리할 수 있었다. 직접 배출 관리 측면에서는 현장관리계획의 합리성에 대해 평가하도록 하고 있으며, 간접 배출 관리를 위해서는 녹색제품이나 탄소성적표지 인증제품의 사용 여부를 확인함으로써 환경부하를 고려한 조달을 유도하고 있다.

표 5. 친환경건축물 인증제도의 시공단계 관련 항목

구분(범주)	평가항목	세부평가기준
재료 및 자원 (지속가능한 자원 활용)	유효자원 재활용을 위한 친환경인증제품 사용여부	환경표지인증제품 또는 GR마크 인증제품의 사용여부
	재료의 탄소배출량 정보 표시	사용된 재료 및 자재의 탄소성적표지 인증여부
	기존 건축물의 주요구조부재사용으로 재료 및 자원 절약	전면 리모델링 건축물에 대하여 주요구조부의 재사용율
유지관리 (체계적 현장관리)	기존 건축물의 비내력벽 재사용으로 재료 및 자원 절약	전면 리모델링 건축물에 대하여 비내력벽의 재사용율
	환경을 고려한 현장관리 계획의 합리성	시공회사의 ISO14001 획득 여부와 현장운영지침에서의 환경우선정책 채택 정도

지구온난화방지를 위한 항목에도 CO₂ 배출의 저감이나 오존층 보호를 위한 특정물질 사용을 억제하는 항목이 있으나 실제 평가기준을 살펴본 결과 건물의 에너지원, 적용 냉매, 소화장비의 재료 등에 대한 것으로 시공단계와 관련된 기준에 해당되지 않았다. 또한, 공기환경의 경우에도 거주자(사용자)의 건강 확보를 위한 실내환경 품질의 개선과 관련된 항목으로 구성되어 있다.

작업이 이루어지는 현장관리와 관련이 있는 현장관리

계획에 대한 평가항목의 경우, 직접적인 평가기준이라기 보다는 환경관리를 위한 조직적 기반을 갖추고 있는지를 간접적으로 평가하는 항목으로 간주할 수 있다.

2) 미국의 LEED

미국 그린빌딩협회(U.S. Green Building Council, USGBC)에서 시행하고 있는 LEED(Leadership in Energy & Environmental Design)는 건물 전체의 관점에서 환경 성능을 평가하고 친환경 건축을 활성화시키기 위한 환경 성능 인증기법이다 (신성우, 2007). LEED의 평가체계에는 지속가능한 대지(sustainable site), 수자원(water efficiency), 에너지와 대기(energy and atmosphere), 재료와 자원(materials and resources), 실내공기질(indoor environmental quality), 신기술 및 디자인 과정(innovation and design process), 지역성(regional priority) 등의 부문이 있으며, 각 세부항목별 점수에 따라 인증등급이 결정된다 (USGBC, 2009).

LEED의 평가항목 중 시공단계의 온실가스 배출과 관련된 항목을 정리하면 아래 표와 같다. LEED의 경우, 환경 영향이 최소화된 자재의 사용에 대해 광범위하게 규정하고 있다. 일정 비율 이상 재활용 원자재가 포함된 자재를 사용하도록 하거나, 10년 이내에 재수급이 가능한 원재료를 권장하고, 운송거리를 최소화하기 위해 지역자재 활용시 가점을 부여한다. 실내 공기환경에 있어서의 저방출 자재 사용은 지구온난화에 대한 고려도 있으나, 시공 중 작업자 및 사용자의 보건과 직접적인 관련을 가진다.

표 6. LEED의 시공단계 관련 항목

부문	항목
재료 및 자원	건축물 재사용 : 외벽, 바닥 및 지붕 부위
	건축물 재사용 : 내부 비구조 부재
	건설폐기물 관리
	재료 재사용
	재활용 재료 적용
	지역자재 활용
	단기재생 재료
실내 공기 환경	인증목재 사용
	건설 실내공기질 관리계획 : 시공 중
	건설 실내공기질 관리계획 : 입주 전
	저방출 자재 - 접착제 · 실런트 - 바닥시스템 - 도장 및 코팅제 - 합성목재, 에그리파이버재료

3) 영국의 BREEAM

영국의 건축연구소(Building Research Institute, BRI)에서 개발하여 1990년부터 시행 중인 BREEAM(Building Research Establishment Environmental Assessment Method)은 신축 혹은 기존건물의 환경성능을 평가하기 위한 시스템이다. 1990년 시행된 이후로 30개국 이상에서 활용되고 있으며, 유지관리(management), 에너지(energy), 수자원(water), 토지이용과 생태(land use and ecology), 건강과 복지(health and wellbeing), 교통(수송)(transport), 자재(materials), 폐기물(waste), 공해(pollution) 등이 평가

범주에 포함된다.

BREEAM을 기초로 한 영국의 지속가능한 주택을 위한 규정을 검토한 바에 의하면, 공해방지 부문에서 지구온난화 저감을 위한 단열재 사용(Global Warming Potential(GWP) of Insulants)에 대한 내용이 본 연구의 범위와 관련이 있었다. 이 항목에서는 단열 또는 방음재의 제조, 설치, 사용, 폐기에서 발생하는 발포제로부터의 지구온난화 영향을 최소화하기 위한 노력을 평가한다.

4) 일본의 CASBEE

국토교통성 지원 하에 개발한 CASBEE(Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency)는 건축물의 생애주기 동안에 양질의 환경품질 및 성능을 가진 건축물, 그리고 환경부하가 적은 건축물을 실현하기 위한 건축환경 종합성능평가 시스템이다 (신성우, 2007; 무라카미 슈조, 2010).

CASBEE의 평가틀은 건축물의 기획, 신축, 기존건물, 개보수 등 4가지의 틀로 구성되고, 개별 목적에 따라 확장 틀을 마련하고 있다 (건축환경 · 에너지절약기구, 2009). CASBEE에서는 건축물의 환경품질 · 성능(Q)과 건축물의 외부환경부하(L)를 명확히 구분하여 평가하며, Q의 항목에는 실내환경, 서비스성능, 부지내 실외환경이 포함되고 L의 항목은 에너지, 자원 · 재료, 부지의 환경 등으로 구성되어 있다 (무라카미 슈조, 2010).

신축공사에 적용되는 CASBEE 평가항목을 검토한 결과, 시공단계에서의 온실가스 배출에 직간접적으로 관련된 항목은 다음 표와 같이 나타났다. 일본에서는 투입재료를 최소화하고, 재활용성을 극대화할 수 있는 방향을 고려하고 있으며, 시공단계에 대한 직접적인 배출 관리 보다는 자재 위주의 간접 관리 항목이 주를 이루었다.

표 7. CASBEE의 시공단계 관련 항목

부문	항목	
재료 및 자원	비재생성 자원 사용 저감	재료사용량의 삭감 : 주요구조부의 콘크리트 및 철근 강도
		기존 건축 구체 등의 계속 사용 : 건물전체 중량비
		구체부재에 대한 리사이클재료 사용
		비구조부재에 대한 리사이클재료 사용
오염물질함 유재료 사용 저감	지속가능한 삼림 생산 목재	유해물질을 포함하지 않는 재료 사용
		프레온 · 할론 사용 회피 : 소화제, 단열재, 냉매
부지의외 환경	지구 온난화 고려	기존건축물의 활용이나 리사이클재료의 사용으로 평가

5) 온실가스 관리 측면에서의 현행 인증제도 평가

국내외에서 운영 중인 4가지 유형의 친환경 건축물 인증제도의 평가항목을 시공단계 온실가스 배출 관리에 중점을 두고 살펴본 결과, 자재 생산에 있어 원재료의 친환경성 등 간접 관리를 위한 평가항목을 별도로 두고 있으

나 현장운영과 작업에서의 저감활동에 대한 평가는 다소 미흡한 것으로 나타났다. 현재 업체의 환경경영시스템 인증 여부를 확인하는 우리나라 제도의 경우에도 보다 실질적인 평가 항목이 마련되어야 할 것으로 보인다.

3.3 환경부하 저감 자재 사용 촉진

1) 인증제도 개요

지금까지 친환경 자재는 대부분의 경우 사용단계에서 입주자에 대한 건강 측면의 영향을 줄이고, 운영에 있어서의 에너지 사용과 가스 배출을 줄일 수 있는 성능을 갖춘 자재를 의미하였다. 본 연구에서 친환경성은 자재의 생산과 운송과정에서의 환경 부하가 낮은 것을 의미한다. 이러한 측면에서의 자재 성능을 평가함으로써 합리적인 자재 선정을 유도할 수 있도록 구비된 다양한 인증제도를 국내제도 위주로 살펴보았다.

2) 자재 인증 제도 현황

① 환경표지제도

환경표지제도는 동일 용도의 제품 중 생산 및 소비과정에서 오염을 상대적으로 작게 일으키거나 자원을 절약할 수 있는 제품에 환경마크를 표시하여 제품에 대한 정확한 환경정보를 소비자에게 제공하고, 기업으로 하여금 소비자의 선호에 부응하여 환경제품을 개발, 생산하도록 유도하는 제도이다. 1979년 독일에서 처음 시행된 이 제도는 현재 40여개 국가에서 성공적으로 시행되고 있으며, 우리나라는 1992년 4월부터 시행하고 있다. 환경표지제도는 각국의 문화·경제·사회여건에 따라 정부, 민간단체, 또는 정부와 민간의 협조 등 다양한 형태로 운영되고 있으며, 우리나라에서는 환경부와 한국환경산업기술원이 담당하고 있다. 2010년 6월 30일을 기준으로 환경표지 인증 제품은 143개 제품군에서 7,525개 제품이 인증되어 있다.

② 우수재활용(GR) 제품

에너지·자원의 투입과 온실가스 및 오염물질 발생을 최소화하는 제품을 녹색제품이라 하고, 여기에는 환경표지제품과 우수재활용(Good Recycled, GR) 제품이 있다. 우수재활용제품은 폐지, 폐유리 등 14개 분야에 대해 지식경제부 기술표준원이 인증하며, 2010년 5월 기준으로 165개 업체 205개 품목이 인증을 받았다.

③ 탄소성적표지

탄소성적표지는 제품의 생산, 수송, 사용, 폐기 등의 모든 과정에서 발생하는 온실가스 발생량을 CO₂ 배출량으로 환산하여, 라벨 형태로 제품에 부착하는 것을 의미하며, 이를 통해 시장주도로 저탄소 소비문화 확산을 도모하는 것이다. 이는 법적 강제 인증제도가 아닌 기업의 자발적 참여에 의한 임의 인증제도로써, 기후변화에 대응한 제품임을 정부가 인증한 탄소배출량 인증과 저탄소기술을 적용하여 온실가스 배출량을 감축한 제품임을 정부가 인증한 저탄소상품 인증이 있다. 2009년 4월에 23개 제품에 대한 인증을 최초로 부여한 이래 현재 비내구재일반

제품, 내구재일반제품, 생산재일반제품, 서비스, 에너지사용내구재 등의 분류에 따라 2010년 6월까지 189개 업체의 202개 제품에 대해 인증을 부여하였다.

3) 운영 현황 및 개선 요구

자재의 친환경성을 입증하는 이러한 인증제도는 국내 친환경건축물 인증제도에서도 평가 항목이 되는 만큼, 활성화를 위한 제도적 기반은 갖추어진 것으로 보인다. 건설업계 차원에서는 실질적으로 건설 자재의 인증을 확대하여 사용자의 선택의 폭을 넓히고, 적극적인 홍보를 통해 친환경성 자재 사용을 유도하는 방안이 필요하다.

4. 건설현장 차원의 시공단계 온실가스 관리 사례

4.1 사례 조사 개요

앞서 살펴본 건설산업 차원의 현황에서 나아가 건설기업과 현장 차원에서의 지구온난화 방지 노력을 조사함에 있어, 본 연구에서는 건설부문 법제도와 생산체계에 있어서의 한국과 일본의 유사성을 고려하여, 일본에 대해 직접적인 현지 조사를 실시하였다. 일본에서는 현장 4개소를 방문하고, 전반적인 환경관리 활동을 비롯하여 온실가스의 배출과 자재 조달에 있어서의 고려사항에 대해 조사하였다. 또한, 현장소장 등 담당자와의 심층 면담을 통해 현장관리에서 나아가 산업차원에서의 제도와 협회의 동향에 대해서도 관련 자료를 수집하였다.

4.2 일본의 온실가스 배출 및 관리 현황

일본의 CO₂ 배출 규모는 전세계적으로 5위권에 해당하며, 우리나라의 3배에 달한다. 일본에서는 이러한 지구온난화의 주요인인 CO₂ 배출의 약 40%에 시설물이 관련되고, 그 중 절반이상은 건설 후의 건물 이용 및 유지단계에서 발생하는 것으로 파악되고 있다. 따라서 건물의 이용단계에서의 에너지 사용과 CO₂ 배출을 줄이기 위해 다양한 기술을 사용하며, 건물의 'LCCO₂(Life Cycle CO₂)'라는 개념을 적용하여 환경부하를 줄이기 위한 방안을 시행하고 있다. 일본 건설산업 내에서 지구온난화에 대응하여 진행 중인 주요 대책을 총괄적으로 정리하면 다음과 같다.

- CO₂ 중심의 현장 배출 온실가스 관리계획 수립
- 기계·장비류 운용실적 관리 및 현장 반입(사용)자재 절감 추진
- 공공공사 환경부하 저감 자재 사용 관련 법령 구비 및 민간부문 자발적 그린조달 확대 시행기반 마련

4.3 시공단계에서의 일본의 관리 사례

1) 기업차원의 온실가스 배출 관리

현재 지구온난화 관련 대책의 필요성과 시행에 대해서는 건설과 관련된 공공기관에서부터 민간기업까지 폭넓은 공감대를 형성하며 명확한 목표를 세우고 구체적인 대책을 실천하고 있다. 공공주택의 공급과 개발을 담당하는 UR도시기구의 경우에도 온실가스인 CO₂를 주 관리대

상으로 설정하고 2005년을 기준으로 2013년까지 총 14,000톤을 절감하겠다는 목표 하에 관련 대책을 시행 중에 있다. 이에 따르면, 주거환경분야에서의 11,200톤을 비롯하여 도시재생분야, 교외환경분야, 오피스 등에서 각각 1,100톤을 절감하는 것을 목표로 하고 있다 (UR도시기구, 2009).

대형제네콘 중 하나인 A건설도 아래 표와 같이 CO₂ 배출을 줄이기 위해 다양한 방안을 시행하고, 시공단계에서 최적화된 공법과 투입자재 절감 등을 실천하고 있다.

표 8. A건설의 CO₂ 배출 감축 내역 (2008년 기준)

방안	CO ₂ 감축량(톤)	내용
에너지 절감형 건물 설계	2,202,000	• 신축건물의 시설물 효율과 단열성능 향상
현장 자원절감 및 그린 액티비티 수행	1,137,000	• 시공단계 발생 CO ₂ 감축 • 최적화된 공법 적용 • 건설자재 사용 절감
에너지절감형 개축 및 에코서비스	43,000	• 개축시 발생 CO ₂ 감축 • 장기적으로 건물 유지관리시 발생하는 CO ₂ 감축
신에너지 시설 설치	284,000	• 바람, 태양열, 생물자원 등에 의한 전력 생산
사무실 에너지 절감	3,000	• 본·지사 에너지절감 촉진
탄소배출권 구입 및 사용	0	• CDM과 JI 프로젝트 추진

2) 현장 온실가스에 대한 직접 배출 관리

건설 관련 주요 협회에서는 시공단계에서의 CO₂ 배출 억제에 대해 건설공사에 참여하는 기업들이 실천할 수 있는 사항으로 다음과 같은 것을 공동으로 제시하고 있다 (일본건설업단체연합회, 2007).

표 9. 시공단계 CO₂ 배출 저감을 위한 실시사항

- 건설 잔토의 반출량의 삭감 및 반송 거리의 단축
 - 건설 잔토의 장내 유효 이용에 의한 장외 반출량의 삭감
 - 사업장간 이용 촉진 등에 의한 반송 거리의 단축
- 아이들링 스톱 및 연비 절감 운전의 촉진
 - 현장 가동 건설기계·차량의 아이들링 스톱의 촉진
 - 상기를 포함한 종합적인 연비 절감 운전의 촉진
- 중기·차량의 적정 정비 노력
 - 건설 현장에서 가동하는 중기·차량의 적정 정비 노력
- 에너지 절약성능이 뛰어난 공법, 기계·차량의 채용 촉진
 - 에너지 절약성에 배려한 공법의 채용 촉진
 - 에너지 효율이 뛰어난 건설기계·차량의 채용 촉진
 - 작업 내용에 적합한 건설기계·차량의 채용 촉진
 - 잔토 등으로의 폐기물 순회 회수 등 수송 방법의 개선
- 고효율 가설 전기 기기 등의 사용 촉진
 - 현장에 있어 에너지 효율이 높은 기기와 공구 사용 촉진
- 현장 등으로의 에너지 절약 활동의 추진
 - 에너지 효율이 높은 공조·조명 기기의 사용.
 - 세세한 소등, 공조 온도의 적정화, 에너지의 사용 억제

건설 시공단계에서 발생하는 대부분의 온실가스는 주로 건설기계, 장비, 차량 등에서 배출된다. 따라서, 각 건설현장에서는 효율적인 공사계획을 통해 현장 내 각종

기계류와 장비류에 있어 연비절감 운전, 공회전 줄이기 등의 구체적인 방안을 확대하고, 추가로 사용 자재의 절감, CO₂ 절감형 공법의 적용 등을 고려하고 있다. 이러한 건설기계·장비에 대해서는 국토교통성에서도 CO₂ 배출 저감에 이바지하는 저연비형 건설기계의 인정과 관련된 별도의 규정을 마련하여 시행하고 있다. 이 지정제도에서는 건설기계 CO₂ 배출의 70%를 차지하는 것으로 알려진 백호우, 휠로더, 불도저 등에 대해 선행 지정하는 작업을 한다.

일본 현지 조사에서 방문한 현장에서는 아래 그림에서 보는 바와 같이 투입되는 장비의 종류와 제원에 따라 단위시간당 소비하는 연료량, 환산계수 등을 정해 놓고, CO₂의 배출량을 감축할 수 있는 계획과 실적을 관리하고 있었다.

에너지사용량 CO₂ 배출량 및 단위배출량

整理一覧(生コン車・資機材搬入車両分含む)

項目	エコーン転換率考慮あり		エコーン転換率考慮あり		費用	
	使用量 (kl, kWh)	CO ₂ 排出量 (ton/CO ₂)	使用量 (kl, kWh)	CO ₂ 排出量 (ton/CO ₂)	単価 (円/kl, 円/kWh)	金額 (千円)
軽油(場内)	0.0	0.0	0.0	0.0	80	0.0
# (場外)	1.3	3.4	0.9	1.3	80	102.6
重油	0.0	0.0	0.0	0.0	50	0.0
灯油	0.0	0.0	0.0	0.0	50	0.0
ガソリン	0.0	0.0	0.0	0.0	110	0.0
化石燃料合計(場内分)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
化石燃料合計(場外分)	1.3	3.4	0.9	1.3	80	102.6
化石燃料合計	1.3	3.4	0.9	1.3	80	102.6
電力	6.140	2.0	0.5	6.140	20	122.8
合計		5.5	1.4	5		225.4

平均エコーン転換率 15.0%

그림 3. 에코운전에 의한 CO₂ 배출 기록

3) 온실가스에 대한 간접 배출 관리 현황

현장 내에서 환경부하 저감에 기여하는 자재를 구매·사용하는 그린 조달 역시 지구온난화에 대응하는 일본 건설업계의 실천 사항에 해당한다. 일본건설업단체연합회, 일본토목공업협회, 건축업협회 등에서 공동으로 구성된 「건설업체의 그린조달 실천을 위한 가이드라인」에서는 통상 일반적으로 사용되고 있는 건설기자재에 이미 그린 조달 품목에 해당하는 것이 많이 있으므로, 이들을 재인식하고 조달을 보다 촉진하는 일을 그린 조달활동의 출발점으로 하고 있다.

그린조달과 관련하여서는 일명 「그린구입법」으로 불리는 「국가 등에 의한 환경 물품 등의 조달의 추진 등에 관한 법률(2010년 2월 5일)」의 제4조 「환경 물품 등의 수요의 전환을 도모하기 위한 조치」 및 제10조 「환경 물품 등의 조달의 추진을 도모하기 위한 조치」의 규정에 의거하여 건설현장에서 사용되는 자재의 조달을 추진하는 활동이 포함된다. 이러한 그린 구입법의 시행 이래, 국가 등의 공공 공사에 대해서는 그린 조달의 대상으로 하는 특정 조달 품목의 재검토가 매년 행해지고 있어 「교토 의정서 목표 달성 계획」(2005년)에 따른 논프레온 단열재의 사용이나, 인증 목재·목재 제품의 사용 등이 판단 기준에 추가되어 왔다. 이러한 그린 상품의 소개와 구매방법은 아래 그림에서 예시한 웹사이트를 비롯한 여러 사이트에서 확인할 수 있다.

분류	適用範囲	認定基準	付帯証明書	
表紙(分類A~F共通)				
A 木工事用資材	日本産材規格 JAS に規定する単層フローリング材、複合フローリング材、合板フローリング材	EDC	Yedc	
B 建築工事用資材	鋼骨・鋼筋コンクリート造建築物の構造躯体(柱・梁・床・壁・天井)に用いられる鋼材、鉄骨、鉄筋、鉄骨の本体部分(骨子)である。ただし、塗料・塗料の中間層材であるもの	EDC	Yedc	
C 内装工事用資材	B-2 障子紙・襖紙	障子紙、襖紙	EDC	Yedc
	C-1 ボード	木質系セルロース系、パルプ系セルロース系、住宅用樹脂化粧シート、繊維強化セメント系、セメント系、ファイバーセメント系、石膏系、内装用石膏ボード系、石膏ボード系	EDC	Yedc
	C-2 塗料	壁紙・天井紙・床材用接着剤・接着剤・接着剤	EDC	Yedc
	C-3 壁紙	壁紙、およびこれに該当する壁紙	EDC	Yedc
	C-4 断熱材	入浴施設用断熱材 JIS A 6004 気泡プラスチック断熱材 JIS A 6011、およびこれに該当する断熱材	EDC	Yedc
	C-5 断熱材	気泡プラスチック断熱材 JIS A 6021 気泡断熱材 JIS A 6022 建築断熱用発泡ポリスチレンフォーム JIS A 6026 断熱用発泡ポリスチレンフォーム JIS A 6026	EDC	Yedc
C-6 ビニル床材	ビニル床材 JIS A 5706 引張り床材	EDC	Yedc	

그림 4. 건축제품에 대한 에코마크 인정 기준 예

아래 그림의 'Green Station'은 대형제콘 중 하나인 B건설에서 기획하고 (재)일본환경협회가 감수한 그린조달 관련 사이트이며, 예로 든 단열재는 페트병을 재활용하여 접착제 없이 열만으로 성형하여 제조한 친환경 제품이다.



그림 5. 그린조달품목 소개 예

5. 건설 시공단계 온실가스 관리 합리화 방안

5.1 개선을 위한 시사점

건설산업 차원과 현장 차원으로 구분하여, 시공단계에서의 온실가스 배출 관리 현황을 살펴본 결과로 국내 현황을 개선하기 위한 시사점을 다음과 같이 도출하였다.

1) 시공단계 온실가스 배출 관련 기준 마련 필요 : 친환경 관련 인증제도 등 국내외 제도적 기준은 전반적으로 완성된 건축물에 대한 환경 측면의 성능을 규정함에 따라, 시공단계에서 관련 주체들이 준수해야 하거나 참고할 수 있는 온실가스 배출 관리에 대한 세부 내용은 다소 미흡한 상황이다. 이는 과거 친환경과 관련하여 중점적으로 진행되어 온 건설부문 논의 결과가 반영된 것으로, 시공단계에 대해서는 추가적인 협의를 거쳐 기준을 제정하는 작업이 필요하다.

2) 건설 자재에 대한 환경성 평가 보완 : LEED에서는 건설 자재의 생산과 수송 과정에서 발생하는 환경 영향을 통제할 수 있는 기준을 다양하게 제시하고 있다. 시공 중 작업에 비해 자재의 라이프사이클이 가져오는 상대적 환경 영향을 고려하여 이에 대한 관리 기준과 방안의 마련이 필요하다.

3) 유관 기관의 적극적인 지원 : 일본의 경우, 사회 환경의 변화에 따라 관련 학·협회와 정부부처 등에서 적극적으로 시공단계의 온실가스 및 에너지 저감, 자재 조달 등을 위한 가이드라인과 실천방안을 회원사들에게 제시함으로써 기업의 친환경 노력을 제고하고, 산업차원의 분위기를 조성할 수 있도록 하였다.

5.2 관리 사이클과 활동

온실가스 관리 사이클에 따라 현장 측면에서 수행해야 하는 활동과 산업 측면에서 구비되어야 하는 요구사항을 개략적으로 나타내면 아래 그림과 같다. 계획-분석-시행의 사이클을 통해 반복적으로 이루어지는 현장 차원의 노력을 세분화하면, 우선 온실가스의 추정과 저감계획이 수립되는 계획 단계에서는 자재와 공법의 배출량 산정, 대안의 평가와 최적안 선정, 자재 조달계획과 최적의 작업계획이 수립된다. 수립된 온실가스 저감계획을 시행하는 단계에서는 자재공급업체의 선정, 자재 생산과 반입 과정에 대한 모니터링, 현장 내 장비 및 차량 점검과 운용 내역 확인 등이 이루어진다. 마지막으로 성과 평가 및 피드백을 통해서 실제 배출 데이터를 분석하고 계획 대비 실적을 평가한다. 한편, 산업 차원의 정책·제도적 지원에는 건축물 인증 기준의 강화, 인증 자재 확대, 환경성 평가 기초 데이터의 보완 등이 해당된다.

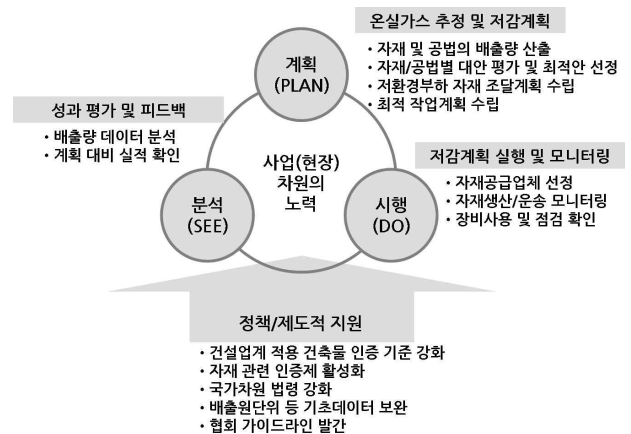


그림 6. 온실가스 관리 사이클과 활동

그림 6에서 개략적으로 나열한 각 관리사이클 단계별 활동들에 대해 요구되는 업무와 세부사항을 산업 차원과 사업(현장) 차원으로 구분하여 정리하면 표 10과 같다.

직·간접 배출 관리, 관리 사이클 등에 따른 건설 활동과 세부 업무 및 요구사항을 살펴보면, 설계단계에서는 대안을 비교할 수 있는 축적된 기초데이터를 기반으로 각종 재료, 부위, 자재조합 등 여러 대안에 대해 평가하

고, 이에 따라 선정된 성능을 갖춘 제품을 자재인증 등을 고려하여 조달단계에서 공급업자 선정을 통해 결정한다. 간접관리 단계의 시행과정에 해당하는 자재생산과 운송에 대해 현장 환경관리자는 자재생산에 소요된 에너지소비를 추적하고 운전자에 대한 교육여부를 확인한다. 실제로 자재생산과 운송에 투입된 소요에너지와 이를 통해 추정된 배출량은 향후 생산과 운송 계획에 활용가능하도록 피드백 된다.

현장 내 관리인 직접 배출 관리 영역에서는 장비이동과 작업방식의 최적화, 폐기물의 최소화 등을 고려하여 공법을 선정하고 세부작업계획을 작성하며, 현장에서의 에너지 저감계획이 포함된 현장운영계획을 수립한다. 이러한 계획에 따라 업체와 환경관리자는 협력하여 장비를 효과적으로 정비하고 이를 계획대로 작업에 투입하며, 폐기물의 적정 처리에도 힘쓴다. 마지막으로 다양한 공중의 작업을 수행하는 과정에서 배출된 것으로 추정되는 온실가스에 대한 데이터는 공법 선정이나 작업계획에 사용가능한 정보로 피드백된다.

5.3 실현방안 및 전략

지금까지 논의한 건설사업 시공단계에서의 온실가스 관리의 성과를 제고하기 위해서는 아래와 같은 측면에서의 개선방안을 고려할 수 있다. 건설사업은 기획과 설계에서부터 해체에 이르기까지 연속성을 지니고 있는 만큼, 시공단계 온실가스 관리의 최적화를 위해서는 단계별 통합, 폐기물 등 여타 관리 요소와의 통합, 참여자간 통합 등이 이루어져야 한다. 또한, 이러한 개선방안을 실행할 수 있는 전략이 마련되어야 한다.

1) 설계단계와의 연계 : 설계단계는 시공단계에 투입되는 자재의 상세 내역이 결정되는 단계이다. 현재 재료 자체의 친환경성을 평가하여 이를 자재 선정에 반영하고 있으나 여기에 해당 자재의 생산과정 측면에서의 친환경성을 추가로 고려할 수 있도록 한다. 이를 위해 현행 제품 관련 인증 제도와 협조하여, 건설자재의 활발한 평가와 등록이 병행되어야 한다.

2) 폐기물의 효율적 재사용·재활용 방안 추진 : 현장 내에서 재사용과 재활용이 가능한 자재를 효과적으로 수거·보관함으로써 궁극적으로 건설자재 생산과정에서의 온실가스 배출 저감을 도모한다.

3) 직·간접 배출 관리를 위한 책임과 권한의 명확화 : 현장 내외에서 온실가스 배출을 예측하고 관리하기 위해서는 현장 내 환경관리 책임자와 담당자를 중심으로 직접 작업을 수행하는 협력업체, 자재 조달과 운송을 담당하는 공급업체의 적극적인 협조가 필요하다. 이를 위해 현장 환경관리계획서 내에 온실가스 배출 관리에 관련된 담당자와 각각의 책임, 권한을 명시하도록 한다.

4) 건설 생산의 합리화 : 장비의 동선, 작업자의 이동 등 작업량과 투입되는 자원의 양을 저감하는 최적화 활동이 온실가스 저감으로 직결될 수 있다. 작업계획의 수립과 검토 시에 환경영향을 고려하도록 한다.

표 10. 시공단계 온실가스 저감을 위한 업무와 요구사항

건설 활동	산업 차원	사업(현장) 차원
I-P① 대안 평가 및 설계요소 결정	<ul style="list-style-type: none"> • 국가 LCI DB 정비 • 구조·성능 대안별 평가 기초데이터 제공 	<ul style="list-style-type: none"> • 온실가스 배출 등 친환경 측면 평가요소 마련 • 구법, 컴포넌트별 평가 기준 확립 (환경성, 경제성 등)
I-P② 업체선정 (제품선정)	<ul style="list-style-type: none"> • 자재인증제도 활성화 • 건설분야 인증 자재 지속적 확대 • 건축물 인증제도 평가기준 강화 • 재활용기술 개발 및 확산 	<ul style="list-style-type: none"> • 친환경 자재 조달 가이드라인 작성 및 운영 • 재활용 원재료 사용 등 제품 친환경성 평가 기준 마련
I-D① 자재생산	<ul style="list-style-type: none"> • 건설자재 생산공장의 환경영향체제 도입 확산 노력 	<ul style="list-style-type: none"> • 생산 에너지소비 데이터 모니터링 • 투입 원재료 및 제품생산 공장검사
I-D② 자재운송		<ul style="list-style-type: none"> • 온실가스 절감 운전 매뉴얼 작성 • 운전자 연수를 통한 적정운전 유도 • 운송경로 및 에너지소비 측정
I-S 자재생산 및 운송 기록·유지	<ul style="list-style-type: none"> • 개별산출 데이터 축적 • 원단위 근거 피드백 	<ul style="list-style-type: none"> • 자재생산과 운송 소요 에너지소비 실적 분석
II-P① 공법 선정 및 작업 계획 작성	<ul style="list-style-type: none"> • 공중별 작업 및 장비사용 평가 기초 데이터 제공 	<ul style="list-style-type: none"> • 작업계획 검토 매뉴얼 작성 및 운영 • 작업계획 친환경성 평가 기준 마련 • 작업 최적화 • 이동경로(장비운용, 차량운송 거리) 최소화 • 현장작업 및 폐기물 최소화 공법 선택
II-P② 현장운영계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> • 환경관리비 적정비율 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 현장 사무실 등 시설물 운영계획 검토 • 현장 에너지 절감계획 수립
II-D① 작업·가설 장비점검	<ul style="list-style-type: none"> • 친환경 건설기계별 인정제도 마련 	<ul style="list-style-type: none"> • 장비 및 차량 적정점검 매뉴얼 작성 및 운영 • 점검기록부 작성 • 현장 내 장비와 차량의 적정 정비 • 고효율 기계, 차량 사용
II-D② 자재 양중·설치 및 장비 가동		<ul style="list-style-type: none"> • 운전기사 운전매뉴얼 강습 • 장비 관할 업체 작업방법 및 이동 경로 확인 • 장비 가동일지 작성 • 장비 관할 업체 작업방법 및 이동 경로 확인 • 폐기물 분리 수거 및 재이용
II-S 현장 환경영향 현황표 기록·유지	<ul style="list-style-type: none"> • 공중별, 작업별 원단위 근거 피드백 	<ul style="list-style-type: none"> • 자재설치, 작업, 장비운용 등에 따른 CO₂ 배출 등을 환경영향으로 기록 • 계획 대비 실적 분석

주) 활동 분류 기호

I: 간접관리, II: 직접관리 ; P: 계획, D: 시행, S: 분석

5) 지구온난화 대응 활동의 체계화를 위한 중장기 전략 수립 : 지속가능한 개발사업의 기반 마련에 일조할 수 있도록 CO₂ 저감과 저부하 친환경 자재 조달을 활성화할 수 있는 전략을 수립한다. 표 11은 그러한 전략의 예를 보여주며, 단기에서 장기까지의 기간 동안 온실가스 배출 및 관리현황 파악, 측정 및 관리시스템 구축, 제도 정비 및 관련 활동·인식 확산 등의 전략목표를 단계적으로 달성하기 위한 추진과제를 보여준다. 우선 중장기적으로 정부 정책과 온실가스 저감에 대한 인식 기반을 마련하도록 하고, 파악된 현황과 문제점을 바탕으로 조기에 수립된 친환경 현장관리 전략에 따라 온실가스 저감을 위한 장치와 기술을 확보하도록 한다.

표 11. 시공단계 온실가스 관리를 위한 추진 전략

목표 및 세부추진내용	시기	도출 성과
<ul style="list-style-type: none"> • 목표 : 현황 파악 - 현장 온실가스 배출현황 파악 - 자재별 환경 부하 재검토 (기존 자료 재정리) - 주요 자재 조달 관리 현황 분석 - 친환경 현장관리 전략 수립 	단기	<ul style="list-style-type: none"> • 시공단계 온실가스 배출 현황 (측정 및 예측 데이터) • 건설산업 지구온난화 대응 전략
<ul style="list-style-type: none"> • 목표 : 시스템 구축·적용 - 온실가스 저감 시스템 구축 (저감/측정 장치, 장비관리 체계) - 시범현장 운영 	중기	<ul style="list-style-type: none"> • 건축물 건설현장 온실가스 관리 시스템 • 건설산업 온실가스 관리 가이드라인
<ul style="list-style-type: none"> • 목표 : 제도 정비 및 확산 - 관련 제도 제안 및 정비 	중기 장기	<ul style="list-style-type: none"> • 친환경 자재 조달 지원 관련 제도

6. 결 론

지금까지 친환경 건설은 주로 시설물 사용단계에서 발생하는 환경부하를 저감하는 방안을 중심으로 진행되어 왔다. 건설의 전체수명주기에서의 환경 영향을 고려할 때 시공단계는 사용단계에 비해 다소 낮은 비중을 차지하고 있으나, 조직적인 활동에 의해 그 영향을 저감할 수 있는 여지가 큰 것으로 평가되고 있다. 본 연구에서는 이에 따라 시공단계를 중심으로 온실가스 배출을 관리할 수 있는 방안에 대해 거시적 관점에서 살펴보았으며, 주요 연구결과는 다음과 같다.

1) 친환경 건설관리체계는 일반환경관리, 폐기물관리, 온실가스관리 등으로 구성되며, 이 중 시공단계 온실가스 관리는 현장 내 배출원에 대한 직접적인 관리와 현장 밖에서 발생하는 온실가스에 대한 간접적인 관리로 구분할 수 있다.

2) 일반적인 시공단계의 활동과 기존 문헌의 내용을 정리한 결과, 직접적인 관리 대상은 현장 내 자재설치와 작업을 통해 발생하며 그 배출유형과 배출량에 대한 영향 요인에는 중장비나 차량과 같은 장비의 사용연수, 정비상태, 이동경로, 이동거리, 적정운전여부 등이 있다. 간접 관리 대상에 해당하는 자재의 생산과 운반에서 발생하는

온실가스는 재활용여부 등을 포함한 원재료의 친환경성, 자재의 인증여부, 자재 운송에 있어서의 수단, 거리, 차량 운행시의 적정 운전여부 등의 영향을 받았다.

3) 건설산업 차원에서 제시되는 친환경 건축 관련 기준에서는 시공단계의 온실가스 배출에 있어 자재를 중심으로 규정하고 있었다. 또한, 일본에서는 현장 차원에서 기계·장비류를 중심으로 CO₂의 배출을 관리하고 작업과정을 합리화하기 위한 노력을 기울임과 동시에 그린조달을 통해 환경 영향이 적은 자재의 사용을 위해 노력하고 있었다.

4) 온실가스의 배출 관리에 의해 친환경성을 제고하기 위해서는 산업 차원의 정책 지원과 사업(현장)차원의 실질적 계획·시행이 이루어져야 한다. 현장 차원에서는 온실가스 추정 저감계획, 저감계획 시행 및 모니터링, 성과평가 및 피드백 등의 관리 사이클이 순환되고, 이를 산업 차원에서 건축물 인증 강화, 자재인증 활성화, 배출원단위 확립, 가이드라인 배포 등을 통해 지원하도록 한다.

5) 건설사업 시공단계에서의 효과적인 온실가스 관리를 위해서는 사업단계별 통합, 폐기물 등 여타 관리 요소와의 통합, 참여자간 통합 등이 선행되어야 하는 것으로 나타났다으며, 이의 실현을 위한 전략 수립이 뒤따라야 한다.

향후 기계·장비류의 온실가스 배출 관리, 환경 영향 유발이 적은 생산과정을 거친 자재 사용과 같이 현장에서 시행가능한 세부 활동을 발굴하고, 한편으로는 일본의 예와 같이 이러한 활동의 지원에 필요한 법제도를 구비함으로써 지속가능한 개발사업을 위한 기반을 마련할 수 있을 것이다. 또한 이는 친환경 시공을 통한 전과정 친환경 건설체계의 구축과 건설업의 친환경 이미지 제고에 기여할 것이다.

참고문헌

1. 국토해양부고시 제2010-301호, 환경부고시 제2010- 52호, 친환경건축물 인증기준, 2010
2. 김경래, 환경친화형 통합 공사관리 기술, 친환경건축 기술, 친환경건축 연구센터, 2007
3. 김선식 외 3인, 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량 저감을 위한 건축물 내부 벽체 컴포넌트 분석, 대한건축학회 논문집, 제24권 제1호, 2008, 95-103
4. 김윤덕 외 3인, LCC와 LCA 기법을 통합한 친환경 건축기술의 경제성 평가방법 제안, 2009년 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2009, 217 - 221
5. 김정용, 김영석, 김재준, 에너지소비량 및 이산화탄소 배출량 분석을 통한 건축 바닥 컴포넌트의 친환경 성능 평가에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 제24권 제11호, 2008, 297-304
6. 김종엽 외 2인, 공동주택 신축단계에서의 에너지 소비 및 CO₂ 배출 특성 평가, 대한건축학회 논문집(계획계), 제21권 제4호, 2005
7. 김종엽, 이승언, 손장열, 건축물 건설단계에서의 에너지소비량 및 CO₂ 배출량 원단위 산출, 대한건축학회 논문집, 제20권 제10호, 2004, 319-326
8. 김종엽, 김성완, 손장열, 건축물 LCA를 위한 건설자재의 환경

- 부하 원단위 산출 연구-산업연관표에 의한 에너지소비량 및 이산화탄소 배출량을 중심으로-, 대한건축학회 논문집, 제20권 제7호, 2004, 208-215
9. 김지혜, 차희성, LCA 환경 부하 측정을 통한 친환경 건설 생산 시스템 구축 방안, 건설관리, 제7권 제4호, 2006, 19-22
 10. 김태형, 태성호, 콘크리트 CO₂ 평가 프로그램 개발에 관한 연구, 2009년 한국생태환경건축학회 추계학술발표대회 논문집, 제9권 제2호, 51-54
 11. 무라카미 슈조, 실례로 배우는 지속가능한 친환경 건축, 손원득, 박경순 역, 기문당, 2010
 12. 박상동, 그린빌딩 건축계획, 기문당, 2009
 13. 박지호, 김태경, 김경래, 건설 공중별 친환경 시공 관리 방안, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2007
 14. 신성우, 친환경건축기술, 친환경건축 기술, 친환경건축 연구센터, 2007
 15. 신재규, 김유민, 손장열, CO₂ 배출량에 따른 노후 공동주택의 재건축 판단 방안 연구, 2009년도 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2009, 661-664
 16. 이강희, 양재혁, 주요 건축자재의 에너지소비와 이산화탄소 배출원단위 산정 연구, 대한건축학회 논문집, 제25권 제6호, 2009, 43-50
 17. 이강희, 철골조와 벽심조 공동주택의 환경영향 비교 연구, 한국주거학회 논문집, 제15권 3호, 2004, 83-91
 18. 이강희, 공동주택의 신축공사와 리모델링 공사에 공중별 에너지 소비량 및 환경영향 비교 연구, 한국주거학회 논문집, 제14권 5호, 2003, 65-74
 19. 이강희, 채창우, 산업연관분석법을 이용한 공공건축물의 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량 산출연구, 대한건축학회 논문집, 제18권 제5호, 2002, 99-107
 20. 이강희, 이경희, 건축활동에 따른 에너지 소비량 및 이산화탄소 배출량 추정, 대한건축학회 논문집, 제12권 제7호, 1996, 197-204
 21. 이병윤, 김보라, 김광희, 조적벽의 CO₂ 배출비용을 포함한 건설원가 비교에 관한 연구, 한국건축시공학회 논문집, 제10권 제 3호, 2010, 83-90
 22. 이복남, 녹색성장 시장에서 건설관리의 역할 선택, 건설관리, 제10권 제6호, 2009
 23. 이윤규, 이강희, 공동주택의 에너지소비와 이산화탄소 배출특성, 설비공학논문집, 제13권 제9호, 200, 868-878
 24. 이종식 외 3인, 공동주택 건축기술요소의 CO₂ 배출성능평가에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 제25권 제9호, 2009, 275-284
 25. (재)건축환경·에너지절약기구, CASBEE 마을 만들기, 최정민, 강순주 역, 건국대학교출판부, 2009
 26. 진명희 외 3인, 건설 프로젝트 시공단계의 온실가스 배출 영향요인 분석, 2009년 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 260-266
 27. 최재희 외 3인, 철근 생산과정의 에너지 사용량 및 CO₂ 배출량 산출에 관한 연구, 한국생태환경건축학회 논문집, 제10권 제4호, 2010, 101 - 109
 28. 한국 LEED 연구소, LEED, 미래의 건축, 새로운사람들, 2009
 29. 홍성욱, 김지수, 조영상, 철골구조 고층건물의 가세골조시스템에 따른 물량산출 및 LCCO₂ 분석에 관한 연구, 2008년 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2008, 157-160
 30. Bilec, M. et al., Example of a Hybrid Life-Cycle Assessment of Construction Processes, Journal of Infrastructure Systems, Vol. 12, No. 4, December 2006, 207-215
 31. Junnila, S., Horvath, A., and Guggemos, A. A., Life-Cycle Assessment of Office Buildings in Europe and the United States, Journal of Infrastructure Systems, Vol. 12, No. 1, March 2006, 10-17
 32. Department for Communities and Local Government, Code for Sustainable Homes : Technical Guide, RIBA Publishing, 2009
 33. International Energy Agency (IEA), CO₂ Emission from Fuel Combustion 2009 Edn., OECD/IEA, 2009
 34. USGBC, LEED 2009 New Construction and Major Renovations, USGBC, 2009
 35. (社)日本建設業団体連合會, (社)日本土木工業協會, (社)建築業協會, 建設業の環境自主行動計畫(第4版), 2007
 36. (財)建築環境·省エネルギー機構, 建築物総合環境性能評価システム CASBEE-新築(簡易版) 評價 マニュアル, 2008
 37. UR都市機構, 平成21年版 環境報告書, 獨立行政法人 都市再生機構, 2009
 38. 國土交通省, CO₂ 排出低減に資する低燃費型建設機械の指定に関する規程, 國土交通省, 2007

투고(접수)일자: 2010년 8월 3일
 심사일자: 2010년 8월 6일
 게재 확정일자: 2010년 10월 8일