

녹색지수 개념의 학교시설 녹색건축인증기준에 관한 연구

A Study on Green building certification criteria of school facilities in the concept of the Green Building Index

맹준호* 이상민** 이승민***
Meang, Joon-Ho Lee, Sang-Min Lee, Seung-Min

Abstract

The purpose of this study is to suggest improvement plans of school green building certification system in the concept of the Green Building Index by comparing items of domestic system with those of foreign system.

School is a public facility for students. So Green Building Certification System for School must have educational point of view adding to energy saving, reduction of greenhouse gas emission, etc. Also school is forming a large part with the apartment house in the green building certification system. So we need to manage the green building certification system for school to meet carbon reduction policy.

키워드 : 녹색지수, 녹색건축물 인증제도, 학교시설

Keywords : Green Building Index, Green Building Certification System, School

I. 서론

I-1. 연구의 필요성 및 목적

우리나라에서는 2013년 2월부터 녹색건축물조성지원법을 시행하고 있으며, 친환경건축물 인증제도는 녹색건축물 인증제도(G-SEED, Green Standard for Energy and Environmental Design)라는 이름으로 변경하여 정부의 저탄소녹색성장 정책에 부응하려고 하고 있다.

우리나라는 건축물에 대한 국가 온실가스 감축목표(31%)가 설정되어 있으며, 정부에서는 녹색건축물 조성 지원법을 통해 목표를 적극적으로 달성하려는 의지를 보이고 있다.

본 연구에서는 공동주택과 함께 녹색건축물인증에서 차지하는 비중이 가장 큰 용도인 학교시설을 중심으로 탄소감축정책에 대응할 수 있는 녹색건축물 인증제도로서의 운영을 위해 녹색지수 개념을 도입한 인증기준 개정방향을 제시하도록 하였다.

I-2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 학교시설 녹색건축물 인증제도의 개선방향 제안을 위해 첫째, 녹색건축물과 녹색지수

의 개념, 학교시설의 특성을 고찰하였다. 둘째, 국내 녹색건축물 인증기준의 현황과 문제점 및 개선방향을 검토하였다. 셋째, 녹색지수의 개념을 도입한 학교시설 인증기준의 개선방향을 제안하였다.

국내 인증기준은 2013년 1월 16일 입법예고된 학교시설 인증기준, 국외 인증기준은 미국의 LEED2012(시행예정), 영국의 BREEAM2011, 일본의 CASBEE2010, 호주의 GREEN STAR를 대상으로 분석하였다.

II. 녹색건축물 및 녹색지수 개념 고찰

II-1. 녹색건축물의 개념

1) 친환경의 개념

“환경친화”란 주변의 계(系, system)와 그에 속해 있는 주체가 상호간의 관계 속에서 긍정적인 결과를 도출하는 방향으로 화합됨을 의미한다.¹⁾ 환경의 의

* (사)한국교육환경연구원 원장, 공학박사

** (사)한국교육환경연구원 연구본부장, 공학박사

*** (사)한국교육환경연구원 연구부장, 공학박사

1) 건설교통부, 지속가능한 정주지 개발을 위한 정책 및 제도연구(1), 1997.

미를 자연환경에 국한하지 않고 생활과 문화, 사회적 조건, 인간행동과 관련된 조건을 부가하여 환경의 개념을 해석할 수 있으며 인간을 둘러싼 생태계로서의 역할과 더불어 그 속에서 균형을 유지함으로써 안정된 미래 발전을 꾀한다는 미래지향적 개념이라고 할 수 있다.

2) 녹색성장의 개념

녹색성장은 경제·환경의 조화·균형 성장을 의미하며 환경과 경제의 선순환, 국토, 도시, 건물, 주거단지 등 우리 생활 모든 곳에서의 녹색생활 실천 및 녹색산업 소비기반 마련을 위한 정부의 핵심정책이라고 할 수 있다.

녹색성장은 환경과 경제성장의 상생을 구체화하는 개념으로서 지구 기후 변화로 대표되는 환경 위기에 대응하여 온실가스와 환경오염을 줄여나가는 동시에 녹색 기술과 청정에너지로 경제 성장의 새로운 동력과 일자리를 창출하는데 기여하는 성장을 의미한다.

3) 지속가능한 개발의 개념

지속가능한 개발의 일반적인 의미는 “장래의 세대가 스스로의 욕구를 충족하는 능력을 손상함이 없이 현재 세대의 욕구를 만족시킬 수 있는 개발 또는 ” 자원의 이용, 투자의 방향, 기술의 발전 그리고 제도의 변화가 서로 조화를 이루며 현재와 미래의 모든 세대의 필요와 욕구를 증진시키는 변화의 과정”으로 정의된다.²⁾

자원의 효율적인 활용, 합리적이고 건설적인 투자, 인간지향적인 기술개발, 그리고 사회구조의발전이 서로 유기적으로 조화를 이루고 연계를 형성하면서 인간의 욕구와 소망을 충족시키는 현재와 미래의 동태적인 변화과정이다.³⁾

1992년 6월 브라질 리우데자네이루의 유엔환경개발회의(UNCED)에서는 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발(Environment Sound and Sustainable Development : ESSD)은 보편적으로 개발이라는 그 자체가 의미하고 있는 바와 같이 정적인 상태가 아니고 동적인 변화과정을 의미한다.⁴⁾

2) Jason F.Mciennan(정옥희 역), 지속가능한 설계철학. 건축의 미래 The Philosophy of Sustainable Design, 비즈앤비즈, 2009.

3) 박정란, 친환경주거단지의 지속가능성 연구, 인하대 박사논문, 2012, pp.43~44

4) 최성필 외 7인, 공동주택 친환경계획요소의 거주자 만족수준 향상을 위한 중요 영향인자분석에 관한 연구, 대한

표1. 국내 제도에서의 녹색건축물 개념

구분	내용
저탄소녹색성장기본법(제54조제1항)	· 에너지이용 효율 및 신·재생에너지의 사용비율이 높고, 온실가스 배출 최소화하는 건축물
녹색건축물 조성지원법	· 온실가스 배출량 감축환경 친화적이고 지속가능한 녹색건축물 신·재생에너지 활용 및 자원 절약 기준 건축물에 대한 에너지효율화
건축법(제65조제1항, 현재 삭제)	· 지속가능한 개발의 실현, 자원 절약형이고 자연친화적 건물
친환경건축물 인증제도	· 전생애주기에 걸쳐 에너지절약 및 환경오염 저감에 기여한 건축물 · 지속가능한 개발을 목표로 인간과 자연이 서로 친화하며 공생할 수 있도록 계획된 건축물
(사)한국그린빌딩협의회	· 에너지절약과 환경보전을 목표 · 에너지부하 저감, 고효율 에너지설비, 자원재활용, 환경공해 저감 기술 등을 적용하여 자연친화적으로 설계, 건설하고 유지 관리한 후, 건물의 수명이 끝나 해체될 때까지도 환경에 대한 피해가 최소화 되도록 계획된 건축물
친환경주택 건설기준 및 성능(제4조)	· 친환경 주택 구성기술 요소 : 저에너지 건물 조성 기술, 고효율 설비기술, 신·재생에너지 기술, 외부환경 조성기술, 녹색 IT 기술
친환경주택 건설기준 및 성능 평가지침	· 총 에너지사용량 또는 총 이산화탄소배출량을 절감할 수 있는 에너지절약형 친환경 주택
신·재생 에너지 건축물 인증기준	· 에너지 절약, 친환경에너지를 스스로 생산·소비, CO2 배출 최소화(지경부 보도자료)
건물 에너지 효율등급 인증제도(에너지관리공단)	· 에너지 성능, 주거환경의 질 · 합리적인 에너지 절약, 경제적 효과, 편안하고 쾌적한 실내

건축학회논문집, 2006. 3, p.81

표2. 외국 제도에서의 녹색건축물 개념

구분	내용	
LEED	<ul style="list-style-type: none"> 인간건강과 자연환경에 끼치는 건설환경의 악영향 전체를 감소시키는 구조물 에너지, 수자원, 토지와 재료의 효율적 사용 거주자의 건강 보호, 생산성 향상 폐기물과 오염물 감소 	
BREEM	<ul style="list-style-type: none"> 낮은 환경 영향, 경제적 효율성 환경에 대한 건물의 생애에 걸친 영향을 감소시키는 건물 	
CASBEE	<ul style="list-style-type: none"> 환경부하, 환경을 위한 디자인, LCA를 고려한 환경부하 평가 	
일본 건축 협회	<ul style="list-style-type: none"> 에너지와 자원의 절약 및 재활용, 전 생애주기에 걸쳐 독성물질 배출 감소 주변 기후, 문화, 역사적 환경, 국지 및 지구적 생태계 	
SB Tool	Green Building	Sustainable Building
	<ul style="list-style-type: none"> 재생불가능한 연료 소비, 물 소비, 토지 소모, 자원 소비, 온실가스 배출, 기타 대기 가스 배출, 대지 생태계에 대한 영향, 고품폐기물/오·폐수, 실내공기질/조명/음환경, 성능 유지관리 	
	<ul style="list-style-type: none"> 장수성, 적응성, 융통성 효율 지진 및 기타 보안 사회, 경제적 고려 도시/계획 	

기존의 다양한 이론과 제도 및 정책방향 등을 비교분석한 결과, 녹색건축물은 기존의 생태건축개념에서 에너지와 건강 및 삶의 질 등을 포괄하여 비교적 넓은 의미의 환경친화적 건축 개념으로 정의할 수 있으며, 전 세계적으로도 친환경 건축을 정의하거나 녹색건축물인증제도 운영 시 평가분야에서도 이러한 개념에 준거하여 제도를 운영 개선해 나가고 있다. 구체적인 녹색건축물의 개념정의는 국가별 사회 및 경제, 기술수준, 삶의 질 혹은 행복에 대한 가치관 등에 따라 크게 다르다고 할 수 있으며 시기에 따라 계속 달라지는 유동적 개념으로 정의할 수 있다.

본 연구에서는 녹색건축물에 대한 개념을 현재 우리나라의 녹색건축물 정책방향과 세계적인 녹색건축

의 방향을 고려하여 기후변화에 대응하는 건축, 생태환경에 대응하는 건축, 삶의 질을 개선하는 건축 등으로 정의하는 것으로 하며 구체적으로 에너지절약형 건축, 자원절약형 건축, 생태 건축, 건강한 건축, 쾌적한 건축 등 다섯 가지로 녹색건축의 개념을 설정하는 것으로 한다. 또한 녹색건축물에 대한 기본적인 개념을 검토하여 건물 용도별 및 사용자별 특성을 고려한 평가분야를 설정하도록 한다.

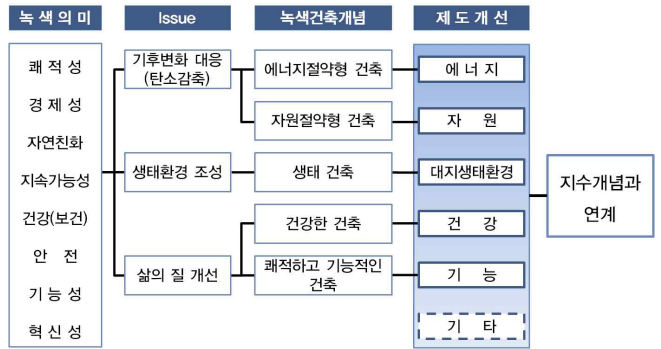


그림1. 녹색건축물의 개념

4) 학교시설의 특성

학교는 유아교육·초등교육·중등교육 및 고등교육을 실시하기 위한 교육기관(교육기본법 제9조 1항)을 의미하며 유아교육법, 초·중등교육법, 고등교육법 등에 따라 유치원, 초·중·고등학교, 특수학교, 대학교, 직업학교 등 다양한 학교로 구분할 수 있다.

또한 학교시설은 교육의 목적을 효과적, 능률적으로 달성하기 위해 설치한 물리적 환경을 총칭하는 것으로 단순히 교사와 학생을 수용하는 건축물만을 지칭하는 것은 아니며 학교전체가 교육의 매체요 도구이면서 학생의 성장과 발달을 촉진하는 생활환경을 포괄하는 개념이라고 할 수 있다.⁵⁾ 학교시설은 학교급별로 교육과정을 비롯해 그 수용하는 주대상자의 연령대와 집단규모에 따라 용도특성이 매우 다르므로 그에 적합한 시설계획이 필요하다고 할 수 있을 것이다. 예로, 학교급에 따라 유치원, 초·중·고등학교, 대학은 시설규모, 스페이스프로그램, 시설이용시간 등의 차이에 따른 특성이 반영될 수 있도록 녹색건축물 인증기준을 적용할 필요가 있다.

II-2. 녹색지수 및 LCA 평가 개념

1) 지표 및 지수의 개념

지표(indicator)란 특정 대상의 현황과 변화를 과

5) 남정길, 교육행정 및 교육경영, 서울:교육과학사, 2003, pp.362~363

약하기 위하여 그것을 잘 나타내 줄 수 있는 한정된 수의 대표적인 통계라고 할 수 있으며, 지수(index)는 물가나 임금 등과 같은 형상의 변동을 알기 쉽게 나타내기 위하여 일정한 값을 기준값 100으로 하여 비교하는 숫자로 정의할 수 있다. 지수는 수량의 대비에서 기준치를 100으로 했을 때의 고유값을 100분비로 나타내는 것을 의미하며, 지표는 방향이나 목적, 기준, 수를 나타내는 표지이다. 또 다른 측면에서 지수를 지표의 결합체라고 보는 정의도 있는데, 여러 지표들을 평가하여 목적과 비전에 맞는 적합한 값을 상대적으로 비교할 수 있도록 제시할 수 있기 때문이다.⁶⁾

환경 관련 대표적인 지수사례로는 환경지속성 지수(ESI, Environmental Sustainability Index), 환경성과지수(EPI, Environmental Performance Index), 인간개발지수(HDI, human development index) 등 다양하게 개발되어 활용되고 있으며 각지수의 개발 목적 및 활용방안에 따라 지표를 설정하여 총점을 합산하여 평가대상의 성능 혹은 성과를 상대 비교할 수 있도록 하고 있다.

2) 녹색지수 개념 설정

현재 우리나라에서 시행하고 있는 녹색건축인증제도의 점수체계도 일반적 의미에서의 녹색지수의 일종이라고 할 수 있으며 7개 평가분야(공동주택은 8개 분야로 개정)별 점수의 총합계로 녹색건축의 종합적인 성능을 지수화하여 평가할 수 있도록 하고 있다.

그러나 이러한 종합적인 성능을 나타내는 지수체계는 그 건물의 전반적인 녹색건축과 관련된 종합성능평가에는 용이하지만 탄소감축(에너지절약), 건강한 건물 등 특정한 정책목표설정 혹은 특정한 분야에 대한 정보제공에는 약점이 있다고 할 수 있다.

따라서 종합적인 지수로 표현을 할 수 있도록 하되 핵심적인 특정 분야별 지수를 통해 종합적인 녹색지수가 표현될 수 있다면 보다 유용하게 녹색지수를 활용할 수 있을 것이다.

분야별 지수를 통해 종합적인 지수를 제시하는 대표적인 방법으로 TBL지수가 있는데 TBL지수는 기업의 지속가능경영 성과를 계량화한 평가 방법이며 재무적 지속가능성, 환경적 책임성, 그리고 사회적 책임성 등 세 부문을 평가하여 기업의 종합적인 지

속가능성을 평가할 수 있다.⁷⁾



경제성, 사회성, 환경성으로 대표되는 Triple Bottom Line(TBL)은 지속가능성 지표개념 (John Elkington, 1994)

그림2. TBL의 구성개념

「저탄소 녹색성장 기본법」에 따른 녹색건축물의 조성에 필요한 사항을 정하고, 건축물 온실가스 배출량 감축과 녹색건축물의 확대를 위한 방안을 두는 제도적 장치를 마련함으로써 저탄소 녹색성장 실현을 위한 목적으로 제정하여 2013년 2월부터 시행하고 있는 녹색건축물 조성지원법에 따라 건축물의 탄소감축과 관련된 성능의 중요성이 부각됨에 따라 이를 체계적으로 평가할 수 있는 녹색지수의 필요성은 더욱 높아졌다고 할 것이다.

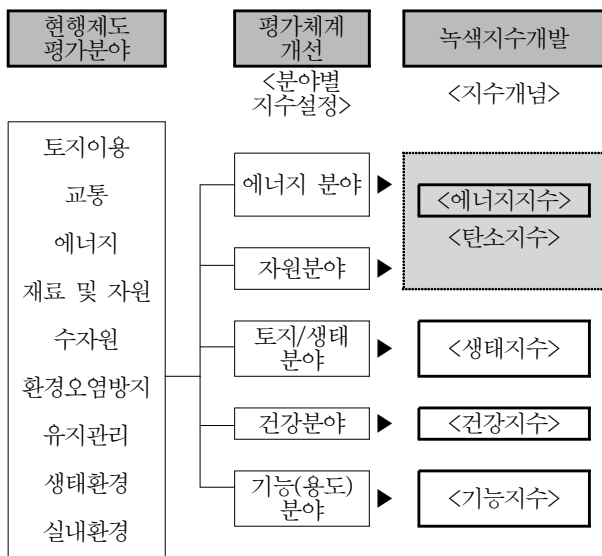
현재의 녹색건축물인증제도의 총점점수를 활용하여 녹색건축 각 분야별 정책방향설정 및 사용자의 건축물에 대한 정보의 이해 및 인지도 및 홍보 등에 많은 제약이 있어 녹색지수개발을 통해 이러한 문제점을 보완 및 개선할 수 있을 것이다.

녹색지수의 개념은 다양하게 설정할 수 있으나 현재의 녹색건축물인증제도의 평가시스템을 인정하면서 일반적으로 통용되고 있는 의미에서의 지수개념에 따라 다양한 녹색건축물 평가분야별 평가지표 중에서 분야별 핵심적인 평가항목 혹은 지표를 선별하거나 별도의 통합지표를 통하여 정책목표에 부합하는 별도의 평가점수 산출방식을 의미하는 것으로 설정한다.

6) 장대원, 홍수방어대안 선정을 위한 위험관리지수의 개발 및 적용, 인하대 박사논문, 2010, p.41

7) 신성우, 녹색건축물 활성화를 위한 온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축(제1차년도 중간보고서), 국토해양부, 2012, p.154

표3. 녹색지수 개념 설정



3) LCA 평가개념

녹색지수에서 가장 중요하고 핵심적인 분야는 탄소지수라고 할 수 있으며 일반적으로 LCA(Life Cycle Assessment)평가기법을 통해 건축물의 생애주기동안의 탄소발생량을 평가할 수 있다. 건축물의 LCA 평가시 건축물의 전생애는 건설단계, 운용단계, 철거단계로 구분된다. 건설단계는 건축자재 생산, 운송, 시공 단계로 구분되고, 운용단계는 운영에너지 사용, 유지관리 단계로 구분된다. 그리고 철거단계는 해체 및 폐기단계로 구분된다. 각 단계별 에너지 소비량 및 자재물량에 대한 에너지원별 혹은 자재별 CO₂원단위를 이용하여 산출되며, 평가단계별 평가방법은 표4와 같다.⁸⁾

표4. LCA 평가단계 및 평가방법

평가단계	평가방법
건설 단계	건축자재 생산단계 투입자재물량×단위환산×자재별 CO ₂ 원단위
	건축자재 운송단계 자재운반에 필요한 에너지사용량×에너지원별 CO ₂ 원단위
	건축자재 시공단계 건설장비 사용에 필요한 에너지사용량×에너지원별 CO ₂ 원단위
운용 단계	에너지 사용 운영에너지 사용량×에너지원별 CO ₂ 원단위 (신재생에너지 포함)
	유지관리 수선·보수가 요구되는 자재물량×단위 환산×자재별 CO ₂ 원단위
철거 단계	해체단계 건설폐기물발생량×단위무게당 에너지 소비량×에너지원별 CO ₂ 원단위
	폐기단계 건설폐기물 운반에 필요한 에너지사용량×에너지원별 CO ₂ 원단위

8) 김태형 외 1인, 철근 콘크리트 건축물의 LCA 평가에 관한 기초적 연구, 대한건축학회논문집, 2009. 4, p.306

LCA기법에 의한 건축물의 평가범위는 다양할 수 있으며 다음과 같이 생산에서 해체폐기 단계에 걸쳐 CO₂배출량을 산출할 수 있으나, 표준적인 산출방법이 설정되어 있지 않아 산출범위나 산출량이 <표5>와 같이 모두 다를 수 있다. 따라서 표준적인 산출방법을 설정해야 할 필요가 있으며 표준건물에 대한 CO₂배출량을 설정한다면 녹색건축평가에 반영할 수 있을 것이다.

표5. 단계별 CO₂ 배출 비율(%) 분석사례

CO ₂ 배출 비율		학교 ⁹⁾	공동주택 ¹⁰⁾	공동주택 ¹¹⁾	사무실 ¹²⁾	평균
생산	건설자재생산	24.7	19.6	15.2	22.1	20.6
	운송시공		0.9	-	-	
운영 단계	운영에너지	75.3	77.3	54.8	74.3	70.4
	수선보수	-	-	27.9	-	27.9
	유지관리 (생활폐기물)	-	2.1	2.1	0.8	1.6
	수자원 (상우수, 중수)	-	-	-	1.7	
해체폐기단계		0.01	0.03	-	1.2	0.4
수목		-	-	-	-0.1	
합계		100	100	100	100	

또한 에너지효율화에 의한 운영에너지 절감시, 이산화탄소 배출량이 비례적으로 절감될 뿐만 아니라 경제적 비용(LCC, Life Cycle Cost)도 비례하여 감소되는 것으로 분석되어,¹³⁾ LCA 평가에 의해 에너지효율 및 경제적 비용의 효과까지 예측이 가능하다.

9) 행정중심복합도시건설청, 행복도시 미래형 선진 학교모델 개발 및 09년 착수 9개교 RFP 수립 연구용역, 2009. 12, p.221

10) 이강희. 공동주택의 라이프사이클에너지와 이산화탄소 추정에 관한연구, 한국주거학회논문집 제9권4호, 2008, p.89-96

11) 정영선, 주거건물의 전과정에 따른 이산화탄소배출량 예측모델에 관한 연구, 서울시립대 박사학위 논문, 2010, p.114

12) 한양대학교, 녹색건축물 활성화를 위한 온실가스배출량 평가 및 통합인증시스템 구축, 국토해양부 연구용역 워크숍 자료, 2013. 3, p45

13) 정영선, 주거건물의 전과정에 따른 이산화탄소배출량 예측모델에 관한 연구, 서울시립대 박사학위 논문, 2010, p.159

III. 녹색건축 인증제도 평가체계 분석

III-1. 외국 인증제도 평가분야 및 평가방법

본 절에서는 외국의 인증제도 평가체계를 분석하고 녹색지수 평가체계의 방향을 설정하도록 한다.

미국의 LEED는 가중치 개념을 적용하지 않으며 8개 분야의 평가항목별 획득점수를 단순 합계하여 점수에 따라 등급을 부여하고 있다.

미국 LEED에는 필수항목제도가 있는데 점수와 상관없이 필수적으로 만족시켜야 하는 항목으로 최근 우리나라 인증제도에서도 도입하여 활용하고 있다.

일본의 CASBEE의 경우 평가분야를 건물의 환경품질(Q)과 건물의 환경부하 저감(LR)으로 다음 표와 같이 구분되며, 가장 상위 2개의 부문을 제외한 모든 평가항목의 평가 부문별 가중치가 설정되어 적용된다.

표6. CASBEE 평가분야

Q. 건물의 환경품질	Q1. 실내환경
	Q2. 서비스 성능
	Q3. 부지내 실외환경
LR. 건물의 환경부하 저감	LR1. 에너지
	LR2. 자원·자재
	LR3. 부지 외부환경

인증등급은 BEE(Building Environmental Efficiency)의 값에 따라 구분되며, BEE는 Q와 LR의 득점인 환경품질점수(SQ), 환경부하저감점수(SLR)에 따라 다음의 식으로 구할 수 있다.

$$BEE = \frac{Q: \text{건축물의 환경품질}}{L: \text{건축물의 환경부하}} = \frac{25 \times (SQ - 1)}{25 \times (5 - SLR)}$$



그림 3. CASBEE 평가체계

CASBEE는 품질과 부하라는 큰 두 개의 분야로 구성되어 있으며 각 분야는 각각 세 개의 소분야로 구성되어 있는데 각 분야의 점수개념의 합산으로 지수를 산출하고 있어 분야별 녹색지수의 개념을 많이

적용한 점수체계를 가지고 있다고 할 수 있다.

영국의 BREEAM의 경우 10개의 분야별로 가중치를 적용하여 110% 만점으로 환산한 후 점수에 따라 등급을 부여하는 것으로, 국내 녹색건축물 인증제도와 기본적으로 평가체계가 동일하다.

에너지 외 6개 분야에서 14개 항목을 필수항목으로 지정하되 등급별 최소득점 기준을 정하고 있다.

표7. 국내외 녹색건축물 인증제도 평가분야 비교

G-SEED		LEED (2012예정)		BREEAM (2011)		CASBEE (2010)		Green Star (Office)	
분야	비중	분야	비중	분야	비중	분야	비중	분야	비중
토지 이용	5	지속가능한 대지	12	토지 이용과 생태	9	-	-	부지 계획 및 생태환경	6
생태환경	10	-	-	-	-	실외환경	20	-	-
교통	5	임지와 교통	15	교통	7	-	-	교통	8
환경오염	5	에너지 및 대기	31	오염	9	부지외 환경	15	오염원 배출	6
에너지	25			에너지	17	에너지	15	에너지	24
재료 및 자원	15	재료 및 자원	13	재료	11	자원재	20	자재	12
수자원	10	수자원 효율성	12	폐기물	7			수자원	11
유지관리	7	-	-	유지관리	11	서비스	15	유지관리	9
실내환경	18	실내환경의 질	15	건강과 복지	14	실내환경	15	실내환경	19
-	-	디자인 혁신성	6	혁신성	9	-	-	혁신성	5
-	-	지역 우선 항목	4	-	-	-	-	-	-
합계	100		100		100		100		100

호주의 Green Star 평가체계는 BREEAM 및 국내 녹색건축물 인증제도와 유사하며, 9개의 분야별 합계점수에 가중치를 적용하여 전체 합계로 지수화하고 있다. 평가결과를 6가지로 분류하며, 등급은 상위 3개에 대해 각각 부여한다.

표8. LCA 평가 관련 분야의 배점비율(%)

구분	G-SEED	LEED	BREEAM	CASBEE	GREEN STAR	평균
에너지	41.7	50.00	29.82	40.0	45.3	41.4
자원	25.0	23.21	31.58	25.5	22.6	25.5
수자원	16.7	21.43	10.53	4.5	20.8	14.8
환경부하	16.7	5.36	28.07	30.0	11.3	18.3
합계	100	100	100	100	100	100

표8은 국내외 녹색건축인증기준 평가분야 중 LCA평가와 관련되는 분야인 에너지, 자원, 수자원, 환경부하 분야의 비중을 백분율로 나타낸 것이다. 각 분야별 배점 평균값을 보면 에너지가 가장 높은

41.4%의 배점비율을 나타내고 있으며 자원, 환경오염, 수자원 분야 순으로 높은 배점비율을 보이고 있는 것을 알 수 있으며 추후 학교시설에 대한 LCCO₂ 배출비율에 대한 분석을 통해 적정 가중치를 설정할 필요가 있다.

III-2. 인증제도 평가체계 분석

국내외 인증제도는 모두 동일하게 통합지수개념이며, 일본의 CASBEE는 품질과 부하의 점수합계방식인 반면 그 외의 인증기준은 분야별 점수합계방식을 적용하고 있다.

평가등급은 3개~5개로 분류하고 있으며 일본의 CASBEE를 제외한 인증기준에서는 필수항목을 설정하여 최소점수 이상 획득하게 하거나 점수와 상관없이 충족하도록 하고 있다.

인증서에는 일본의 CASBEE와 호주의 Green Star, BREEAM의 경우는 분야별 점수를 제시하고 있으나 그 외 인증기준에서는 평가등급과 총점만을 제시하고 있어 분야별 성능을 판단하기 어렵다고 할 수 있다.

표9. 국내외 녹색건축물 인증제도 평가체계 비교

구분	G-SEED	LEED (2012예정)	BREEAM (2011)	CASBEE (2010)	Green Star (Office)
평가체계	통합지수 개념	통합지수 개념	통합지수 개념	통합지수 개념 (품질/부하 점수합계방식)	통합지수 개념 (분야별 점수합계방식)
	분야별 점수 합계 방식				
	7개 분야별 합계 점수에 가중치 적용하여 합산	10개 분야별 합계 점수에 가중치 적용하여 합산	8개 분야별 점수 합산	6개 분야별 점수를 품질과 환경부하를 1:1 비중으로 합산	9개 분야별 합계 점수에 가중치 적용하여 합산
평가점수	100점 만점으로 환산	110% 만점	110점 만점	5점 만점	100점 만점으로 환산
인증서	평가등급	평가등급	평가등급	· 총점 (BEE) · 분야별 점수 · LCCO ₂ 지수	· 분야별 점수 · 평가등급

IV. 녹색지수 개념의 학교시설 인증기준 설정

본 절에서는 녹색지수의 개념을 도입한 학교시설 녹색건축 평가기준의 설정방향에 대해 살펴보고자 한다.

IV-1. 녹색지수의 구성

우리나라 녹색건축인증기준의 평가분야는 7개분야(공동주택의 경우 8개분야)이며 녹색지수 개념과 연계하여 평가분야 및 항목을 재설정하여 각 분야별로 정책 및 시장 활용성이 높은 지수를 도출하도록 할 필요가 있다. 녹색지수(GBI, Green Building Index)는 건물환경지수와 탄소배출지수로 구성할 수 있으며 추후 LCC와 관련된 경제성 분석 등을 통하여 경제성관련 지수를 추가하는 것도 고려할 수 있을 것이다. 건물환경지수는 생태지수, 건강지수, 기능지수로 구성할 수 있으며, 탄소배출지수는 에너지지수, 자원지수로 구성할 수 있다.

표10. 녹색지수의 구성

구분	분야	평가내용	지수화	
			생태지수 (BI)	탄소배출지수 (CI)
건물환경의 질	생태	생태환경	생태지수 (BI)	건물환경지수 (SI)
	건강	건강, 위생	건강지수 (HI)	
	기능	기능성, 쾌적성	기능지수 (FI)	
탄소배출	에너지	에너지효율	에너지지수 (EI)	탄소배출지수 (CI)
		환경오염		
	자원	자원지수 (RI)		
(경제성)			(경제성 지수(EI))	

건물환경지수의 경우 평가대상이 질적으로 매우 달라 평가항목의 설정 및 가중치 산정에 단일한 정량적 척도를 활용하기 어려워 전문가 의견을 종합하는 기법이나 비용편익 분석 등을 활용할 수 있을 것이나 탄소배출지수와 관련된 평가대상의 경우 CO₂ 배출량이라는 단일한 평가척도를 활용할 수 있다. 따라서 탄소배출지수와 관련된 평가항목과 가중치는 DB자료 등을 활용하여 생애주기 동안의 탄소배출량 혹은 배출비율에 최대한 기초하여 설정하도록 하는 것이 타당하다.

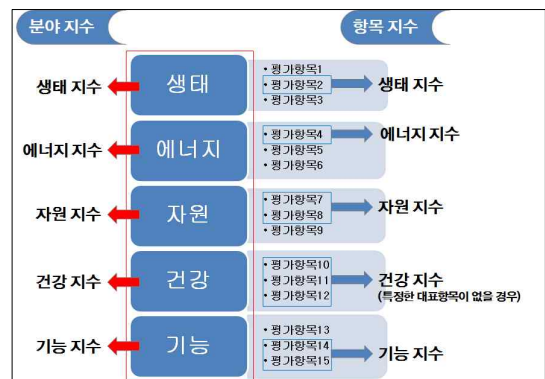


그림4. 분야지수와 항목지수 개념

또한 지표표현은 해당분야 전체 항목의 점수를 종합한 분야지수 개념과 분야별 대표적인 평가항목의 점수만을 고려한 항목지수의 개념을 고려할 수 있을 것이다. 항목지수는 에너지 분야와 같이 에너지효율 향상(EPI 혹은 에너지효율등급) 관련 평가항목과 중복평가의 의미가 있는 신재생에너지, 조명에너지 등의 평가항목을 제외하고 분야별 성능을 대표하는 평가항목으로만 지수를 산출함으로써 정량화된 녹색지수 산출에 유용한 의미를 가질 수 있다고 볼 수 있다.

IV-2. 녹색지수 산정방법

녹색지수(GBI)는 크게 건물환경지수와 탄소배출지수로 구성되며 세부 분야별로 생태, 에너지, 자원, 건강, 기능 등 다섯 가지의 녹색지수로 구성되도록 하였다. 분야별 녹색지수는 각 분야별 평가항목의 점수합계나 분야별 대표적인 성능평가항목의 합계점수를 통해 산출할 수 있다.

종합적인 녹색지수는 건물환경지수(SI), 탄소배출지수(CI)를 이용해 산출할 수 있으며 산정방법은 비례점수로 산정하는 방식과 합산점수로 산정하는 방식 등 다양하게 설정할 수 있다. 두 가지 녹색지수 산정방식은 표현방법은 다르나 종합지수로서의 의미는 같다.

녹색지수 산정방법은 표11과 같으며, 건물환경지수(SI)와 탄소배출지수(CI)는 각 평가분야 지수의 합으로 산정할 수 있다.

표 11. 녹색지수 산정방법 예시

녹색지수	GBI = (αSI / βCI) 또는 GBI = αSI + βCI 등의 다양한 방법
분야별 녹색지수	· 건물환경지수(SI) = aBI + bHI + cFI · 탄소배출지수(CI) = dEI + eRI
BI=생태지수, HI=건강지수, FI=기능지수, EI=에너지지수, RI=자원지수	
가중치 계수	· α,β는 녹색지수 가중치(α+β=1) · a,b,c는 건물환경지수 가중치(a+b+c=1) · d,e는 탄소배출지수 가중치(d+e=1)

산출식에서 α, β 등은 상대가중치로 필요에 따라 조정할 수 있는 계수 개념이며, 델파이와 AHP기법 등 다양한 방법을 통해 결정할 수 있다. 탄소배출지수를 구성하는 에너지, 환경오염, 자원, 수자원 분야의 가중치는 LCA기법에 의한 학교시설 표준건축물

의 CO₂ 배출비율을 기준으로 설정하는 것이 바람직할 것이므로, 향후 학교시설 표준건축물에 대한 CO₂ 배출비율에 대한 연구가 중요한 과제라고 할 수 있다.

IV-3. 녹색지수를 활용한 LCCO₂ 산출방법

건물의 생애주기동안 산출되는 총CO₂배출량은 생산, 운영, 해체폐기 단계 동안의 자재사용물량, 에너지사용량, 폐기물량 등을 활용하여 산출할 수 있다. 그러나 이 경우 LCCO₂산출에 과도한 노력이 필요할 수 있으므로 녹색지수(탄소배출지수)를 활용해 개략적인 CO₂를 산출하는 방법을 생각해 볼 수 있으며, 표12는 산출방법을 나타낸 것이다.

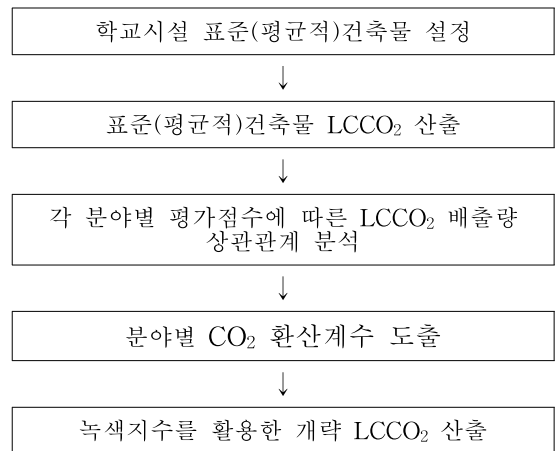


그림5. 녹색지수를 활용한 LCCO₂ 산출방법

녹색지수를 활용하여 LCCO₂를 산출하기 위해, 학교시설 표준건축물을 설정한 후 표준학교의 LCCO₂를 산출한다. 그리고 에너지, 자원, 수자원 등 분야별 평가점수에 따른 LCCO₂ 배출량의 상관관계를 분석하여 환산계수를 도출한다.

탄소배출지수에 속한 각 분야별 지수에 CO₂ 환산계수를 활용해 산출하고, 평가항목이 없는 LCCO₂ 요소는 표준건축물에 대한 단위면적당 CO₂ 배출량을 활용해 산정하도록 한다.

표12는 단계별 LCA 평가항목을 설정한 것이다. 표에서 △는 CO₂ 배출량을 직접적으로 산출할 수는 없으나 간접적으로 영향을 미치는 항목을 표시한 것이다.

표12. 단계별 LCA 평가항목 설정

단계구분	LCCO ₂ 평가요소	현행 학교시설 인증기준유무	LCA 평가		평가항목		
			유무	방법	평가분야	평가항목	
생산	자재생산	투입자재물량	×	△	대체	자원	주요구조체 CO ₂ 영향
	운송시공	자재운반 및 시공에너지 사용량	×	×	-	-	-
운영	운영에너지	운영에너지 사용량	○	○	직접	에너지	에너지효율향상
	보수·수선	자재물량 및 에너지사용량	×	△	대체	자원	주요마감재 CO ₂ 영향
	유지관리	유지관리관련 배출량	△	△	대체	자원	음식물쓰레기 저감/재활용 가능자원의 분리수거
	수자원	상수사용량/오수배출량	△	△	대체	자원(수자원)	우수이용/중수도설치/생활용 상수절감 대책의 타당성
	열섬효과(수목)	기온저감효과/CO ₂ 흡수량	×	○	직접	에너지	열섬효과
해체	해체·폐기	관련물량 및 에너지사용량	×	×	-	-	-

현행 학교시설 인증기준에서는 운영단계의 운영에너지를 직접 평가하고 있으며, 운영단계의 유지관리와 수자원 분야는 간접적으로 영향을 미치는 평가항목을 포함하고 있다. 그리고 그 외의 단계별 LCA는 고려되지 않고 있다.

LCCO₂ 산출을 위해 생산단계의 자재생산과 운영단계의 보수·수선 분야에서는 전체 투입자재물량의 산출이 어려우므로 구조체와 마감재 중 탄소배출 비중이 큰 주요자재를 대상으로 평가한다. 그리고 운영단계의 유지관리와 수자원 분야에서 생활폐기물 및 물의 총사용량의 산출이 어려우므로 탄소배출량의 기여도가 높은 대표성이 있는 평가항목으로 대체 평가하고, 환산계수를 적용하여 산출하도록 한다.

그리고 생산단계의 운송시공과 해체단계는 표준건축물에 대한 단위면적당 CO₂ 배출량에 대상건물의 연면적을 곱하여 산정하도록 한다. 운영단계의 운영에너지는 에너지사용량 및 식재수에 따라 직접 배출량을 산출하도록 한다.

표13은 녹색지수 평가항목을 예시적으로 설정한 것이며 테두리를 굵게 표시한 항목은 항목지수로 산정할 경우 고려할 수 있는 대표항목을 나타낸 것이다. LCCO₂ 배출량(E9) 평가항목은 추후 LCCO₂ 평가프로그램이 개발될 경우 배출량을 평가할 수 있도록 추가할 수 있는 항목이다.

표13. 녹색지수 평가항목 설정(예시)

분야	평가항목	녹색지수(GBI)	
생태(B)	B1 연계된 녹지축 조성	생태지수(BI)	
	B2 생태 면적률		
	B3 비오톱 조성		
	B4 기존대지의 생태학적 가치		
	대지	B5 일조권 간섭방지 대책의 타당성	건물환경지수(SI)
		B6 빗공해 저감	
건강(H)	H1 운동장 먼지 발생 방지	건강지수(HI)	
	H2 보행시에 발생하는 먼지 배출량 감소		
	H3 실내공기오염물질 저방출 자재의 사용		
	H4 자연환기성능 확보 여부		
	H5 CO ₂ , 실내오염물질 모니터링 & 제어		
	H7 곰팡이 방지		
	H8 습도제어		
	음		
빛	H10 직사일광을 이용하면서 현휘를 감소시키기 위한 계획 수립	기능지수(FI)	
	H11 건물의 향에 대한 영향		
	F1 환경을 고려한 현장관리계획의 합리성		
유지	F2 운영/유지관리 문서 및 지침 제공의 타당성		기능지수(FI)
	F3 TAB 및 커미셔닝 실시		
	F4 생태학습원 조성		
	F5 환경교육공간 조성		
	F6 혁신적인 디자인 도입		
	F7 녹색건축설계사의 참여		
	에너지(E)		
E2 적정 열원기기 배치 및 실내 자동온도조절장치 채택 여부			
E3 조명에너지 절약			
E4 계량기 설치			
E5 신·재생에너지 이용			
E6 오존층보호를 위한 특정물질의 사용금지			
환경오염		E7 열섬효과	
E8 자전거 보관소 설치여부			
E9 LCCO ₂ 배출량(프로그램 활용)			
자원(R)	R1 주요구조체 사용량	탄소배출지수(CI)	
	R2 주요마감재 사용량		
	R3 유효자원 재활용을 위한 친환경인증제품 사용여부		
	R4 재활용 가능자원의 분리수거		
	R5 음식물 쓰레기 저감		
	R6 기존 건축물의 주요구조부 재사용으로 재료 및 자원의 절약		자원효율지수(RI)
	R7 기존 건축물의 비내력벽 재사용으로 재료 및 자원의 절약		
R8 우수부하 절감 대책의 타당성			
R9 생활용 상수 절감 대책의 타당성			
R10 수자원 모니터링			
R11 누수 감지 및 방지			
수자원	R12 우수 이용	수자원	
	R13 중수도 설치		

녹색지수를 활용한 LCCO₂ 산출방법을 예시적으로 제시하면 다음과 같다.

$$LCCO_2 = EI \times Ce + RI \times Cr + (A \times Cc) + (A \times Cd)$$

EI : 에너지효율지수, RI : 자원효율지수

Ce : 에너지 CO₂ 환산계수

Cr : 자원 CO₂ 환산계수

A : 연면적(대지면적)

Cc : 표준건축물의 단위면적당 운송시공단계 CO₂ 배출량

Cd : 표준건축물의 단위면적당 해체폐기단계 CO₂ 배출량

V. 결론

우리나라는 2013년 2월 23일부터 녹색건축물 조성 지원법을 시행하면서 온실가스 감축목표를 달성하려는 의지를 보이고 있으며, 또한 친환경건축물 인증제도를 녹색건축물 인증제도로 이름을 변경하여 정부의 저탄소녹색성장 정책에 부응하고 있다.

본 연구에서는 공동주택과 함께 녹색건축물인증에서 차지하는 비중이 가장 큰 용도인 학교시설을 중심으로 탄소감축정책에 대응할 수 있는 녹색건축물 인증제도로서의 운영을 위해 녹색지수 개념을 도입한 인증기준 개정방향을 제시하도록 하였다.

녹색지수개념을 도입한 인증기준 개정방향을 제시하면 다음과 같다.

· 녹색지수 개념은 현재의 녹색건축물인증제도의 평가시스템을 인정하면서 일반적인 의미에서의 지수 개념에 따라 녹색건축물 평가분야별 핵심적인 평가항목 혹은 지표를 선별하거나 별도의 통합지표를 통하여 정책목표에 부합하는 별도의 평가점수 산출방식을 의미하는 것으로 설정한다.

· 건축물의 LCA 평가시 건축물의 전생애는 일반적으로 건설단계, 운용단계, 철거단계로 구분되고 있으나, 표준적인 산출방법이 설정되어 있지 않아 산출범위나 산출량이 다르므로 표준적인 산출방법을 설정할 필요가 있다.

· 녹색지수는 건물환경지수와 탄소배출지수, 경제성지수를 기본으로 구성하여 각 지수를 활용하여 녹색지수를 산정하되, 건물환경지수는 생태지수, 건강지수, 기능지수로 구성되며, 탄소배출지수는 에너지

지수, 자원지수로 구성된다.

· 녹색지수 산정방법은 건물환경지수와 탄소배출지수, 경제성지수를 활용하여 비례점수로 산정하는 방식과 합산점수로 산정하는 방식이 있으며, 각 지수별 상대적 가중치를 부여할 수 있다.

· 녹색지수를 활용한 LCCO₂ 산출방법은 학교시설 표준건축물을 설정한 후 표준학교의 LCCO₂를 산출하고, 분야별 평가점수에 따른 LCCO₂ 배출량의 상관관계를 분석하여 환산계수를 도출한다. 그리고 탄소배출지수에 속한 각 분야별 지수에 CO₂ 환산계수를 활용해 산출하고, 평가항목이 없는 LCCO₂ 요소는 표준건축물에 대한 단위면적당 CO₂ 배출량을 활용해 산정하도록 한다.

본 연구는 녹색건축인증제도를 정부정책 및 시장에서의 활용성을 높일 수 있도록 녹색지수 개념을 도입한 인증기준 개발방법에 대한 기초적인 연구로서 향후 과제로서 학교시설 및 용도별 LCCO₂ 산출방법 및 산출비율에 대한 연구를 통하여 구체적인 인증기준을 개발하도록 하여야 할 것이다.

참고문헌

1. 건설교통부, 지속가능한 정주지 개발을 위한 정책 및 제도연구(1), 1997
2. 이강희, 개별건물의 지속가능한 개발지표 작성, 한국건설기술연구원 연구보고서, 1999
3. 남정걸, 교육행정 및 교육경영, 서울:교육과학사, 2003
4. 최성필 외 7인, 공동주택 친환경계획요소의 거주자 만족수준 향상을 위한 중요 영향인자분석에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 2006. 3
5. 이강희. 공동주택의 라이프사이클에너지와 이산화탄소추정에 관한연구, 한국주거학회논문집 제9권4호, 2008
6. Jason F.Mciennan(정옥희 역), 지속가능한 설계철학. 건축의 미래 The Philosophy of Sustainable Design, 비즈앤비즈, 2009.
7. 김태형 외 1인, 철근 콘크리트 건축물의 LCA 평가에 관한 기초적 연구, 대한건축학회논문집, 2009. 4
8. 행정중심복합도시건설청, 행복도시 미래형 선진학교모델 개발 및 09년 착수 9개교 RFP 수립 연구용역, 2009. 12

9. 정영선, 주거건물의 전과정에 따른 이산화탄소배출량 예측모델에 관한 연구, 서울시립대 박사학위논문, 2010
10. 장대원, 홍수방어대안 선정을 위한 위험관리지수의 개발 및 적용, 인하대 박사논문, 2010
11. 박정란, 친환경주거단지의 지속가능성 연구, 인하대 박사논문, 2012
12. 유영초, 인간의 행복지수와 녹색정책에 관한 연구, 한국외국어대학교 정치행정언론대학원, 석사학위논문, 2012
13. 신성우, 녹색건축물 활성화를 위한 온실가스 배출량 평가 및 통합인증시스템 구축(제1차년도 중간보고서), 국토해양부, 2012

(논문투고일 : 2013.02.28, 심사완료일 : 2013.03.28,
게재확정일 : 2013.04.15)