

지속가능한 학교시설을 위한 실내환경 계획 요소에 관한 연구

A Study on the Planning of Indoor Environment Factors for Sustainable School Facility

신 동 식* 이 종 국**

Shin, Dong-Sik Lee, Jong-Kuk

Abstract

Global environment is getting deteriorated at an alarming rate. Eco-school could be one of the effective solutions to protect our environment and a good sample of architecture to economize in total energies, resources and greenhouse gases. In case of our country, the study of eco-school planning is not sufficient compared with other countries, so this paper would be a good study on the indoor environment of the classroom by surveying their opinions and ideas from the group of users in school facility.

The result of this study shows that the proper installation of building equipment and nature ventilation system is necessary to provide delightful environment for the students and to save the energy. To ensure that we have adequate saving and protection it is necessary to change the existing appraisal standard.

키워드 : 지속가능, 학교시설, 실내 환경, 친환경

Keywords : Sustainable, School Facility, Indoor Environment, Eco-Friendly

I. 서론

I-1. 연구의 배경 및 목적

1970년대 일반 건설업분야의 건축설비 분야는 에너지절약분야에 많은 발전을 이루었으나 학교시설에 있어서 건축설비분야는 여러 가지 사유로 쾌적한 실내공기환경조성을 위한 투자가 미흡하였다. 이후 1980년대에 접어들면서부터 급속한 도시화 및 생활여건의 향상과 더불어 국제유가가 어느 정도 안정됨에 따라 쾌적한 실내 환경 조성에 대한 관심이 높아지고, 삶의 질적 향상에 대한 요구가 매우 높게 표출되었다. 따라서 건물의 열 환경 조성에 대한 주 관심사가 에너지 절약에서 쾌적한 실내 환경 조성으로 옮겨가게 되는 경향을 보였다.¹⁾

* 계명대학교 대학원 건축학과 석사과정

** 계명대학교 건축학대학 건축학과 부교수, 공학박사

(교신저자 : jklee@kmu.ac.kr)

1) 김영민, 이경선, 지속가능한 초등학교 디자인의 계획 및

이러한 개념의 발달로, 학교건축에서의 실내 환경에 대한 친환경 건축개념²⁾의 관심과 수요가 증대되고 있으며, 학교건축은 환경문제의 해결을 위한 체계적이고 차별화된 친환경 기술요소의 도입이 필요하다. 특히 학교시설은 학생들이 대부분의 시간을 보내는 곳으로, 학생들에게 물리적, 정신적, 영향을 미치게 된다. 고밀도의 학교건물의 특성으로 인해 일반건축물보다 열악한 환경일 수밖에 없다.

따라서 본 연구는 꾸준히 진행되고 있는 국내·외의 친환경학교시설의 계획 상황을 참조하여 친환경적 학교 계획을 위한 교실의 실내 환경 계획 요소에 대해 연구하는데 그 목적을 두고자 한다.

개선 방향 비교 연구, 대한건축학회, 29권, 1호, 2009, pp.153-156

2) 건축법 제 59조 교육 연구 및 복지시설 중, 학교로서 연면적 500m²이상인 건축물은 건축물의 에너지이용과 폐자재의 활용을 위하여 필요한 설계, 시공, 감리 및 유지관리에 관한 기준을 정한다.

I-2. 연구의 범위 및 방법

현재까지 초등학교를 대상으로 한 친환경학교시설 계획에 관한 선행연구는 미국 에코스쿨의 계획기법³⁾, 사례분석을 통한 생태적 초등학교 실내공간의 디자인 가이드라인⁴⁾, 에너지 측면에서의 에코스쿨 계획방향⁵⁾, 에코스쿨의 계획측면과 세부수법⁶⁾ 등의 연구가 있으나 그 동안의 연구들은 환경친화형 교실 계획의 기본개념과 목표에 따른 계획요소의 체계적인 정립은 아직까지 확립된 바가 없는 실정이다. 따라서 친환경학교시설의 개념 정립을 위하여 시설을 사용할 수요자의 입장에서의 연구가 요구되며, 이를 바탕으로 친환경적 실내학습공간계획이 요구된다.

연구의 방법으로는 첫째, 친환경학교시설에 관한 이론적 고찰을 통하여, 친환경학교시설의 개념 및 국내·외 친환경학교시설 관련 제도 및 기준에 대하여 살펴본다. 둘째, 친환경적 학교계획을 위한 교실의 친환경 계획 요소를 설정한다.

일반적으로 교실은 교과교실, 특별교실, 종합교실, 일반교실 등으로 나뉜다. 그중에 우리나라 대부분의 학교에서 가장 많은 교실을 포함하는 일반교실에 초점을 두고 본 연구는 이루어진다.

II. 이론적 고찰

II-1. 친환경 학교의 개념

친환경 학교는 「환경친화형 학교」라고 불리고, '환경친화형'이란 의미는 환경적으로 가치 있는 행위, 개념 등의 복합적인 의미를 가진다. 일반적으로 '환경적으로 건전함' 및 '지속적인 가능성' 및 '쾌적한 환경' 등과 불가분의 관계를 갖는다.

친환경 학교는 일반학교와 구분하여 다음과 같이 3가지로 정리할 수 있다.

첫째, 환경적으로 인간을 둘러싼 생태계의 균형을 유지하는 학교를 말한다.

3) 강은주, 오덕성, 미국에코스쿨의 계획기법에 관한 연구, 대한건축학회, 22권, 11호, 2006, pp.57-68

4) 윤지영, 생태적 개념을 도입한 초등학교 실내공간디자인에 관한 연구, 한국실내디자인학회, 13권, 4호, 2004, pp.118-126

5) 강은주, 오덕성, 요구도 측면에서 본 에코스쿨의 계획방향에 관한 연구, 대한건축학회, 20권, 12호, 2004, pp.31-42

6) 강은주, 오덕성, Eco-school의 계획측면과 세부수법에 관한 연구, 한국생태환경건축학회, 2권, 4호, 2004, pp.27-39

둘째, 학교와 주변 환경과 친밀하게 접하며, 자연 속에서 학생들이 체험과 학습을 하는 건강하고 쾌적한 환경을 유지하는 것을 목적으로 한다.

셋째, 학교 내의 자원과 폐기물 등의 물질들이 자연 순환적으로 재활용되는 지속가능한 환경을 유지하는 학교라고 정의할 수 있다.

II-2. 친환경 건축물 인증제도

2002년부터 국토해양부와 환경부에서 공동으로 시행하고 있는 친환경 건축물 인증제도는 2005년부터 학교시설도 그 대상으로 확대 시행하게 되었다. 최근에는 임대형 민간투자사업(BTL)방식으로 학교 건축이 활발하게 시행되고 있어 대부분의 학교시설이 친환경건축물로 인증받기 위해 시설이 계획되고 있다. 이는 BTL 방식으로 신설되는 학교시설이 사업고시단계의 성과 요구 수준서에서 이미 '우수'등급 이상의 친환경건축물로 설계될 것을 요구하고 있기 때문이다.

표1. 국내의 친환경 학교시설 인증 현황

구분		2005	2006	2007	2008	2009	2010	계
한국토지주택공사	본인증	-	-	-	2	7	-	9
	예비인증	-	-	-	3	4	12	19
	계	-	-	-	5	11	12	28
한국에너지기술연구원	본인증	-	-	-	26	24	3	53
	예비인증	-	-	20	28	2	3	53
	계	-	-	20	54	26	6	106
크레비즈 큐엠	본인증	-	1	4	14	18	15	52
	예비인증	2	4	33	10	24	2	75
	계	2	5	37	24	42	17	127
한국교육환경연구원	본인증	-	-	1	49	93	196	241
	예비인증	-	-	63	86	126	100	375
	계	-	-	64	135	219	198	616

국내의 친환경 학교시설에 대한 인증기관은 한국토지주택공사 토지주택연구원, 한국에너지기술연구원, 크레비즈 큐엠, 그리고 한국교육환경연구원 등 총 4개의 기관이 있다. 인증현황은 위의 <표1.>과 같으며 앞서 언급된 바와 같이 2005년부터 인증이 시행되고 있는 실정이다.

III. 친환경 학교시설의 실내 환경 평가제도

III-1. 미국의 LEED ver 3.0

미국의 친환경 건축물 인증시스템인 LEED⁷⁾는 USGBC(US Green Building Council)에서 시행하고

7) LEED(Leadership in Energy and Environment Design)

있는 프로그램이다.

1998년에 시작된 Ver 1.0은 Ver 1.1 과정을 거쳐서 2000년에 Ver 2.0으로 개정되었다. Ver 1.0에서 Ver 1.1로 개정되면서 기존건물개수, 입지선정, 교통관계 등의 항목이 사라진 반면 에너지 효율부분과 수자원보호 부분과 자원절약 부분의 배점이 증가한 것을 알 수 있다.

Ver 1.1에서 Ver 2.0으로 개정되면서 지속가능한 부지계획과 수자원 보호 부분의 배점이 감소한 대신 실내 환경의 질과 에너지 부분의 배점이 큰 폭으로 증가하였다. Ver 2.1, Ver 2.2를 거치면서 크게 달라진 항목은 없으나 배점부분은 시대에 맞춰 부분적으로 변경사항이 있음을 알 수 있다.

최근에 개정된 LEED 2009(또는 Ver 3.0)는 큰 폭의 변화를 보이고 있다. 총점이 69점에서 110점으로 바뀌었으며, 에너지 및 대기 부분의 점수 증가폭이 두드러진다. 또한 수자원 효율 및 지속가능한 부지계획 등에서도 점수의 증가가 보이고 있으며, 상대적으로 자재 및 자원 분야와 실내 환경의 질 분야의 비중이 낮아졌다.

표2. LEED v3.0의 실내 환경 평가항목

평가항목	평가 기준	배점
공기환경	CO2 감지 시스템	1(0.91)
	환기 효과 증대	1(0.91)
	시공 중 IAQ 관리 계획	2(1.81)
	VOCS 발산재료 사용	4(3.63)
	실내화학재,오염원의제어	1(0.91)
온열환경	열적 쾌적 성능	2(1.81)
빛환경	자연광 이용과 조망	2(1.81)
유지관리	시스템 제어 기능 여부	2(1.81)
총 배점(%)/총점		15(13.6)/100

III-2. 영국의 BREEAM

영국은 BREEAM⁸⁾이라는 친환경 건축물의 인증 평가를 일찍부터 시행하였으며, 2000년대에 들어와서는 시대의 변화에 따라 거의 매년 개선된 BREEAM 버전을 내어놓고 있다. 1991년에 시작된 BREEAM 인증시스템은 1995년과 1998년에 소폭 개정을 했으며 그 이후 Ver. 2005 이전까지는 지속되었다. 최근의 개정은 Ver. 2005에서 Ver. 2006으로 개정이 되면서 총점이 990점에서 100점으로 바뀌었

8) BREEAM (Building Research Establishment Environment Assessment Method)

으며, 9개의 항목을 7개로 단순화 시켰고, 각 항목별 점수 조정과 함께 쓰레기부분이 추가되었다.

표3. BREEAM의 실내 환경 평가항목

평가항목	평가 기준	배점
공기환경	개폐식 창호를 이용한 환기성	1
	증기 가습기 설치 유무	1
	외기 도입부 필터 설치 유무	1
	적절한 인공 및 자연 통풍 환기성	1
온열환경	전염성 질환 위협 최소화한 온냉수 시스템설계	1
	개별 온도 조절 시스템 유무	1
	열적 쾌적성 설계 단계 적용 평가	1
음환경	외부 소음에 대한 실내 허용소음 정도	1
빛환경	자연 채광/일조 및 조망성 유무	2
	현회 방지 시스템 유무	1
	고주파 Ballast 조명기기 사용유무	1
	조명 설계가이드 준수 유무	1
	지역별 개별조명 조절 시스템 유무	1
유지관리	냉각탑/콘데서 관리 용이성	1
실내 환경 부문 총점/전체 총점		15/100

III-3. 일본의 CASBEE

CASBEE⁹⁾는 2001년 4월 일본의 국토교통성 지원 하에 실시된 산학관 공동 프로젝트의 성과물로 개발된 일본의 친환경 건축물 인증제도로써 건축물의 라이프 사이클에 걸친 지속 가능한 사회를 실현하기 위한 정책 및 시장쌍방의 수요를 충족시키는 것을 목적으로 한다.

이러한 CASBEE의 친환경 성능평가는 4개의 주요 아이템(①에너지 효율, ②자원 효율, ③지역환경, ④실내 환경)을 건축물의 환경품질·성능(Q, 건축물 가상의 내부공간)과 건축물의 환경부하 저감성능(LR, 건축물 가상의 외부공간)으로 대별하여 평가하며 건축물의 친환경성능을 5단계(S, A, B+, B-, C)로 평가한다.

현재, CASBEE는 건물의 용도 즉, 공동주택, 병원, 호텔, 사무소, 상점 등에 관계없이 하나의 통합 전용 프로그램으로 개발되어 있으며 사용자가 건축물의 용도를 선정하면 각 건축물 용도별 평가항목이 자동적으로 설정되며, 설정된 평가항목만을 평가하도록 되어있다.

9) CASBEE(Comprehensive Assessment System for Building Environment Efficiency)

표4. CASBEE의 평가항목

평가부문	세부부문	평가항목
Q 건축물의 환경품질 · 성능	Q-1 실내 환경	1. 음 환경
		2. 온열환경
		3. 광 환경
		4. 공기질
	Q-2 서비스성능	1. 기능성
		2. 내용성 · 신뢰성
		3. 대응성 · 갱신성
	Q-3 실외환경	1. 생물환경의 보전과 방출
		2. 경관의 배려
3. 지역성 · Amenity의 배려		
LR 건축물의 환경부하 저감성능	LR-1 에너지	1. 건물의 열 부하 억제
		2. 자연에너지의 이용
		3. 설비시스템의 고 효율화
		4. 효율적 운용
	LR-2 자원 · 재료	1. 수자원 보호
		2. 저 환경부하 재료의 사용
	LR-3 부지 외 환경	1. 대기 · 지하수 · 토양오염 방지
		2. 소음 · 악취방지
		3. 풍해 · 일조장애의 억제
		4. 광해의 억제
		5. 온열환경의 악화개선
		6. 지역 인프라 부하 억제

III-4. GBCC¹⁰⁾

1997년 그린 빌딩 기술연구회의 그린 빌딩 인증기준이 발표된 이후, 국토해양부와 환경부의 친환경건축물 인증제도의 통합작업을 거쳐 학교시설(2005년 3월 1일)에 대한 인증기준이 시행되었으며, 인증기관으로는 한국교육환경연구원, 크레비즈 큐엠, 한국에너지기술연구원, 한국토지주택공사 토지주택연구원 등 4개 기관이 있다.

표5. 국내 학교 건축물 인증심사기준 실내 환경부문

부 문	범주	평가항목
실 내 환 경	공기환경	실내공기오염물질 저 방출 자재의 사용 자연환기 성능확보 여부 건축자재로부터 배출되는 기타유해물질 억제
	온열환경	적정 열원 기기 배치 및 실내 자동온도 조절장치 채택 여부
	음환경	교통소음(도로, 철도)에 대한 실내소음도
	시환경 확보	직사일광을 이용하면서 현휘를 감소시키기 위한 계획 수립
	쾌적한 실내 환경 조성	휴식 및 재충전을 위한 공간마련

10) GBCC(Green Building Certification Criteria)

III-5. 국내 · 외 친환경학교 제도 및 기준 종합

학교시설에 관한 친환경 건축물 인증 · 평가 프로그램의 특징은 미국, 영국의 경우 학교시설의 특성을 고려하여 설계단계에 반영이 가능한 물리적 환경 기준인 빛, 음, 온열, 공기환경 제시뿐 아니라 완공 후 유지 · 관리단계의 지침까지 제안되고 있고, 특히 실내 환경 분야에서 빛 환경, 음 환경, 온열환경, 공기환경 측면을 공통적인 기준 및 법규로 제시하고 있으며, 각 나라의 평가 항목의 비중을 <표6.>에 나타내었다.

표6. 국내 · 외 친환경학교 관련 제도 및 기준 종합

프로그램구분	국가	평가항목 및 기준				
		빛환경	음환경	온열 환경	공기 환경	유지 관리
LEED v.3.0	미국	●		●	●	●
BREEAM	영국	●	●	●	●	●
CASBEE	일본	●	●	●	●	
GBCC	한국	●	●	●	●	

IV. 실내 환경 계획 요소에 대한 분석

IV-1. 학교시설의 실내 환경 기준

교육과학기술부에서는 1997년 ‘고교 이하 각 급 학교의 설립 · 운영에 관한 규정’을 시작으로 학교보건법을 통해 실내 환경개선을 위한 기준을 제시하고 있다.

표7. 학교보건법의 시행규칙

항 목	기 준
소음	55 dB(A) 이하
환기성능	21.3m ² /h · 인
자연채광	평균 주광률 5%이상, 최소 2%이상
인공조명	300 lux 이상, 최대조도와 최소조도의 비율 3:1 미만
온도	섭씨 18~28도 (난방온도: 18~20℃, 냉방온도: 26~28℃)
습도	30~80%

2005년 개정된 학교보건법에는 실내 공기질, 소음, 조도, 온습도에 대한 기준이 마련되어 있다.¹¹⁾

11) 정민희 외 3명, 초등학교 교실의 실내 환경 실태조사연구, 한국건축친환경설비학회, 2007, pp.109-112

표8. 교사 안에서의 공기 질에 대한 유지기준

오염물질항목	기준	적용 시설	비고
미세먼지($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100	모든 교실	10 마이크로미터 이하
이산화탄소(ppm)	1,000		기계 환기 시설은 1,500ppm
포름알데히드($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100		
총부유세균(CFU/ m^3)	800		
낙하세균(CFU/실당)	10	보건실, 식당	
일산화탄소(ppm)	10	개별난방 및 도로변교실	직접연소에 의한 난방의 경우
이산화탄소(ppm)	0.05		
라돈(pCi/L)	4.0	지하교실	
총휘발성 유기화합물($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	400	건축한 때로부터 3년이 경과되지 아니한 학교	증축 및 개축 포함
석면(개/cc)	0.01	석면을 사용하는 학교	단열재로 석면을 사용한 학교의 경우
오존(ppm)	0.06	교무실 및 행정실	오존을 발생시키는 사무기기(복사기 등)가 있는 경우
진드기(마리/ m^2)	100	보건실	

IV-2. 친환경 학교의 계획요소의 설정

본 연구에서는 일반교실의 실내 환경 계획요소들을 설정하기 위해 지금까지의 일반교실계획 요소와 관련된 연구내용들을 분석하여, 교실계획의 기본개념과 목표에 입각하여 평가항목을 분류하였다. 즉, 학생들이 공부하는데 있어 쾌적한 실내 환경을 조성하며, 친환경 학교의 기본목표인 에너지 절약을 통한 자원의 절감을 할 수 있게 하는 학교를 환경친화형 친환경 학교라고 할 때, 그 목표를 '건강과 쾌적성 향상', '에너지 절약'으로 설정하고 이 목표를 기본으로 <표9.>에서 보는 바와 같이 목표를 구체화하기 위한 측면을 빛, 음, 열, 공기환경에 대해 건강과 쾌적성에 대한 4가지 측면과 에너지 절약에 관한 음, 열, 공기 환경의 3가지 측면으로 계획 내용을 분류하였다.

표9. 친환경 학교 계획요소의 분류기준

목표	측면	계획
건강과 쾌적성	빛 환경	자연채광과 인공조명 등의 적절한 활용으로 학생들의 시야를 확보하고 시력감퇴를 방지하기 위한 계획
	음 환경	적절한 소음 차단 대책을 활용하여 학생들에게 건강하고 교육적인 환경을 조성하는 계획
	열 환경	개별적인 HVAC제어 등을 통한 실별 조닝을 통하여 학생들에게 적절한 온열환경을 고려하는 계획
	공기환경	휘발성이 낮은 재료, 이산화탄소 모니터링 등과 같은 설비를 갖추므로써 공기의 질을 향상시키는 계획
에너지 절약	빛 환경	자연채광, 자동점멸장치, 고성능 고효율 형광등 등을 사용함으로써 에너지를 절약하는 계획
	열 환경	단열성능이 우수한 친환경 건축자재를 사용함으로써 외기로부터 열손실을 감소하기 위한 계획
	공기환경	자연환기를 일으킬 수 있는 설비, 시스템 등을 활용하여 공기의 질 향상과 에너지를 절약하는 계획

IV-3. 실내 환경 계획기법 사례 분석

선행연구인 '미국 에코스쿨의 계획 기법에 관한 연구12)'에서 실내 환경 조성 측면으로는 실내 환경의 쾌적성을 유지하기 위한 것을 들 수 있다. 실내 환경의 쾌적성에 영향을 미치는 요소는 크게 빛 환경, 열 환경, 공기환경, 음 환경과 같은 것이다.

표10. 사례학교의 실내환경 계획기법 적용 정도

(●대, ●중, ◎소)

주요 측면	분류 항목	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	빈도
실내 환경	빛 환경	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	100%
	열 환경	●		●						●	●	●		42%
	공기환경	●	●	●		●	●		●	●	●	●	●	83%
	음환경									◎	◎	●		25%

* C1: Third Creek Elementary School, C2: Roy Lee Walker Elementary School, C3: Clearview Elementary School, C4: Newport Coast Elementary School, C5: Georgina Blach Intermediate School, C6: Dalles Middle School, C7: Heritage Middle School, C8: R.D.&Euzelle P.Smith Middle School, C9: Durant Road Middle School, C10: Ross School, C11: Downtown School, C12: Clackamas High School

사례 학교의 계획기법을 살펴보면, 실내 환경 계획기법의 측면에서는 각 학교마다 큰 차이를 보이지

12) 강은주, 오덕성, 미국 에코스쿨의 계획 기법에 관한 연구, 대한건축학회, 22권, 11호, 2006, pp.57-68

는 않는다. 빛 환경의 개선을 위하여 모든 학교(100%)가 주광이용을 극대화하는 기법이 계획되었다. 학생들에게 자연광 사용을 통해 건강하고 쾌적한 환경을 제공하는 동시에 인공조명으로 인한 에너지 소비를 절감할 수 있어 아주 중요한 부분으로 계획되고 있는 것으로 나타났다. 주광을 최대한 교실 내부로 끌어들이기 위하여 지붕 모니터(roof monitors)와 빛 선반(light shelves)을 디자인 하고, baffles을 이용하여 빛을 고르게 분배시켜 글레어(glare)를 제거하는 기법을 도입하였고, 그와 더불어 천창(skylight)과 고창을 디자인 하는 것으로 나타났다. 또한, 일정 레벨의 조도를 유지하기 위하여 조명 센서를 사용하고, 에너지 절약을 위하여 점유자 센서를 함께 설비하였다.

표11. 사례 학교의 실내환경 계획기법 종합 비교

실내 환경 계획기법		
C1	빛 환경	· 주광이용 극대화: 빛선반, 조명제어, 점유자 센서
	열 환경	· 온도제어: 영구적인 온습도 모니터링 시스템 · Thermal Comfort: 30-60% 상대습도 유지
	공기환경	· 건축 후에 실내 공기질 테스트 · 휘발성 유기화합물의 방출이 낮은 마감 재료 · 영구적인 이산화탄소 모니터링 설치
C2	빛 환경	· 주광이용 극대화: light monitors, -light baffles -lighting controls 시스템 -light level sensors: 일정 레벨의 조도 유지 -dimnable fluorescent lights
	공기환경	· 휘발성 유기화합물의 방출이 없는 것 지정
C3	빛 환경	· 주광이용 극대화: 고창창, skylight, roof monitors, light levels: 1.0w/ft ² 를 초과하지 않음, 조명센서 제공, · 인테리어 마감 - 밝은 컬러
	열 환경	· thermal comfort - 온도제어 장치 · 열과 습도 모두 교환할 수 있는 통풍시스템
	공기환경	· 이산화탄소 센서사용에 의해 통풍제어 · 건물로 들어가기 전에 오염을 제거하는 통로를 디자인
C4	빛 환경	· 주광이용 극대화: lighting dimming controls -light shelves, 고창창, occupancy sensors -주광 모델링이 1/2로 축소된 규모로 실시
C5	빛 환경	· 주광 이용 극대화: 빛선반, 글레어 감소-창내기 및 유리공사의 크기, 위치, 차양고려
	공기환경	· 유기화합물의 방출이 낮은 것 사용 · 오염원 제어 - 먼지 제어
C6	빛 환경	· 주광 이용 극대화 : 빛선반, 차양 장치, 동서쪽에 섀스크린 수직 루버, 점유자 센서
	공기환경	· 팬 대신에 개별적으로 교실에 풍력터빈 이용 · 지붕 꼭대기의 댐퍼를 통하여 공기 흐름 조절 · 이산화탄소 센서
C7	빛 환경	· 주광 이용 극대화: roof monitors, light shelves -fabric baffles: 빛을 고르게 분배하고 남북 쪽에 면한 현휘 제거
C8	빛 환경	· 주광이용 전략이 학교시설 전체에 걸쳐 통합되어

C9		디자인됨(복도에도 이용) · roof monitors 및 level shelves(남쪽)사용-밝은 컬러의 벽, 천장, 지붕재 사용
	열 환경	· 온습도 모니터링 · 개별적 HVAC 제어가 가능
	공기환경	· 이산화탄소 모니터링 · 신선한 공기공급을 위한 제어된 통풍
C10	빛 환경	· 주광이용 극대화: 고창창과 천창디자인 · 남북쪽 창: roof monitors와 고창 · 실내에는 밝은 컬러 사용, 고효율 형광등
	열 환경	· 태양열 취득 계수가 낮은 유리사용-열적 쾌적감
	공기환경	· 창문디자인-맞통풍 계획 · 환기와 여과시스템 · 페인팅 이후에 가구나 카펫트를 배치하는데 오염물질 흡수를 위하여 2일 이상을 기다림
	음 환경	· 소음조절 고려
C11	빛 환경	· 주광이용 극대화: 고창창과 천창디자인 · roof monitors와 고창 · 실내에는 밝은 컬러 사용, 고효율 형광등
	열 환경	· 태양열 취득 계수가 낮은 유리사용-열적 쾌적감
	공기환경	· 실내오염을 최소화하는 친환경재료 선택 · 유지관리 쉬운 마감재 사용(물과 비누)
	음 환경	· 소음조절 고려
C12	빛 환경	· 현휘를 제어하는 재료가 천장에 설치 · 교실에 전망과 전망공간을 제공하고 자연적인 환경과 연계
	열 환경	· 습도조절장치 설치(층별), 온도조절장치 설치(개별 실)-컴퓨터제어 · solar wall은 거울에만 작동
	공기환경	· 오염제어 장치 설치, 환기시스템 설치
	음 환경	· 소음흡수장치-천장에 설치 · 카펫트가 소음 흡수
C12	빛 환경	· 주광이용 컨셉: 주광분석 모델링 실시 · 조명디자인 연구소의 서비스와 연계 · 점유자 센서, 조명센서
	공기환경	· 휘발성 유기화합물의 방출이 낮은 건축자재 사용 · 이산화탄소 센서

공기환경의 측면에서는 오염제어 시스템 및 이산화탄소 측정 장치가 설치된 학교는 10개(83%)이다. 또한, 친환경 재료의 사용을 통한 실내 오염의 최소화 비중을 두고 있으며, 통풍과 환기 시스템이 연계되어 운영되고 있는 것으로 나타났다.

열 환경 측면에서는 기본적인 냉난방장치에 의한 열 환경 조절 이외에 각 실별 또는 존별로 구획된 자동온도조절장치가 계획되었는가를 분석하였는데, 계획된 학교는 5개(42%)이다. 온습도 제어를 통한 열적 안정성에 주안점을 두고 있으며, 여름에 태양열 취득을 최소화하고 겨울에 태양열 획득을 극대화하는 기법을 이용하고 있다. 음향적 측면은 단지 3개(25%)의 학교에서만 미흡하게 고려되었는데, 그것은 학교 주변에 소음 발생으로 인하여 학습활동에

표12. 친환경학교 계획요소의 분류기준

주요 측면	분류 항목	계획요소와 세부수법				비고
		사례학교의 주요 계획 기법	사례학교의 세부적인 대안 기술	이용 효과	적용 정도	
실내 환경	빛 환경	<ul style="list-style-type: none"> · 주광이용 극대화 및 현휘 제거 - 고층창, skylight - roof monitors, light shelves - light baffles, 조명센서 제공 · 외부조명 최소화 · 인터리어 마감 - 밝은 컬러 	<ul style="list-style-type: none"> · light levels : 1.0w/ft²를 초과하지 않음 · lighting dimming controls · occupancy sensors · 멀티조명 스위치 · 주광 분석 모델링이 실시 · 조면디자인 연구소의 서비스와 연계 	<ul style="list-style-type: none"> · 건강한 빛 환경 제공 · 학생들의 시력 보호 · 조명 에너지 절약 	적극적	친환경 학교 사례에서 중요하게 계획된 것으로 빛 환경 개선 부분에 미국의 학생과 교사의 만족도가 가장 크게 나타남
	열 환경	<ul style="list-style-type: none"> · 개별적 또는 준별로 온습도 제어 시스템 · 열과 습도 모두를 교환할 수 있는 통풍시스템 · 여름과 겨울에 쾌적온도 유지 	<ul style="list-style-type: none"> · 설비시스템과 연계되어 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · 쾌적한 실내환경 조성 	-	우리나라의 신설학교에 천장형 냉온풍기가 많이 계획되고 있으나 전력소모가 많아 문제가되는 것을 고려
	공기환경	<ul style="list-style-type: none"> · 오염제어 시스템 · CO₂ 제어 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> · 통풍 및 환기 시스템의 연계 · 근본적인 오염원 제거 	<ul style="list-style-type: none"> · 쾌적한 실내환경 조성 	-	
	음환경	<ul style="list-style-type: none"> · 계획이 미흡함 		<ul style="list-style-type: none"> · 소음조절 	소극적	요즘에는 기계작동으로 인한 소음문제가 부각되고 있는 추세임

방해가 되는 소음원이 없기 때문인 것으로 분석된다.

IV-4. 사례를 통한 계획 기법 종합

미국의 사례 분석을 통한 친환경 학교의 실내 환경 계획기법에 대해 살펴보면<표12.>과 같이 빛 환경의 개선을 위해 주광이용을 극대화하는 기법이 계획되어 건강한 빛 환경 제공, 학생들의 시력보호, 조명 에너지 절약 등의 이용효과가 있으며 열 환경 측면에서는 개별적 또는 준별로 온습도제어 시스템이 설치되어 쾌적한 실내 환경을 조성하고 있다. 공기환경 측면에서는 오염제어 시스템 및 이산화탄소 측정 장치가 설치되어 쾌적한 실내 환경을 조성하였으나 음 환경 측면에서는 아직까지는 계획이 미흡한 상황이다. 따라서 실내 환경 측면에서는 교실 빛 환경 개선을 위하여 주광을 이용하는 기법이 적극적으로 계획되었다.

V. 결론

본 연구의 목적은 지속적으로 진행되고 있는 국내의 친환경학교 계획 상황을 감안하여 앞으로 국내 학교 계획에 있어서 친환경학교시설 계획이 적극적으로 도입되어야 한다는 필요성을 바탕으로 친환경학교의 실내 환경 계획의 요소에 대해 연구하는데의 목적을 두었다.

국내외 친환경학교 관련 기준 및 제도에 관하여 비교, 분석한 결과 각 나라별로 실내 환경의 평가항목에 있어서 학습공간의 빛 환경, 공기 환경, 열 환경, 음 환경 측면의 비중을 높게 두고 있는 것으로 나타났다.

미국의 사례에서 본 친환경학교 실내 환경 계획측면에서는 빛 환경, 공기 환경, 열 환경, 음 환경 순으로 일반교실 실내 환경의 중요도를 주었으며, 현재 우리나라 학교시설의 실내 환경의 문제점을 고려해보았을 때, 학교 보건법 시행규칙에 따라 공기환경측면에서의 시급한 개선이 필요하고, 교실의 공기질을 향상시킬 수 있으며 에너지 절약을 할 수 있는 건축설비와 자연환기 시스템의 적절한 도입이 필요한 것으로 사료된다. 또한, 그 밖의 열 환경, 빛 환경, 음 환경에 있어서도 보다 효과적인 친환경학교 실내 환경 계획이 이루어지기 위해서는 직접 친환경학교를 이용하게 될 사용자의 입장을 충분히 반영하는 계획이 선행되어질 수 있는 세부평가항목 및 기준의 보완에 관한 연구도 필요할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 꾸준히 진행되고 있는 국내·외의 친환경학교시설의 계획 상황을 참조하여 친환경적 학교 계획을 위한 교실의 실내 환경 계획 요소에 대해 연구하는데 그 목적이 있다. 아직은 미흡한 국내 실정을 감안하여 미국의 사례로 실내 환경 계획 요소에 대해 분석하였으며 그 요소는 다음과 같다.

첫째, 빛 환경에 대해서는 빛 환경의 개선을 위해

주광 이용을 극대화 하는 기법이 계획되었고 그밖에 빛 선반, 고층창, 그리고 실내에 밝은 색의 도장을 하였다.

둘째, 열 환경에 대해서는 개별적 또는 준별로 온습도제어 시스템이 설치가 되어 쾌적한 실내 환경을 조성하고 있다.

셋째, 공기 환경은 오염제어 시스템 및 이산화탄소 측정 장치가 설치되어 쾌적한 실내 환경을 조성하였다.

마지막으로 음 환경 측면에서는 아직까지는 계획이 미흡한 상황이다. 그 이유로는 학교 주변에 소음 발생으로 인하여 학습활동에 방해가 되는 소음원이 없기 때문인 것으로 분석된다.

그 밖에 본 연구는 초·중·고등학교의 구분 없이 친환경학교의 계획기법을 제시한 것이나 초등학교와 중·고등학교는 교육목표와 신체발달의 차이 등을 고려한다면 친환경학교의 계획 기법에 차이가 있을 것이다. 따라서 이와 같은 측면을 고려한 친환경학교 계획기법의 연구가 앞으로 더 이루어져야 된다고 사료된다.

참고문헌

1. 강은주, 오덕성, 미국에코스쿨의 계획기법에 관한 연구, 대한건축학회, 22권, 11호, 2006, pp.57-68
2. 강은주, 오덕성, 요구도 측면에서 본 에코스쿨의 계획방향에 관한 연구, 대한건축학회, 20권, 12호, 2004, pp.31-42
3. 강은주, 오덕성, Eco-school의 계획측면과 세부수법에 관한 연구, 한국생태환경건축학회, 2권, 4호, 2004, pp.27-39
4. 김영빈, 이경선, 지속가능한 초등학교 디자인의 계획 및 개선 방향 비교연구, 대한건축학회, 29권, 1호, pp.154
5. 김진우, 친환경 건축 자재의 요소 분석, 한국교육환경연구원, 7권, 2호, 2008, pp.1-11
6. 김창성, 강승구, 에코스쿨 계획을 위한 초등학교 실내 환경계획 요소 조사, 한국교육시설학회, 15권, 6호, 2008, pp.4-11
7. 송병준, 조진일, 친환경건축물인증학교의 생태환경요소에 대한 실태조사, 한국교육환경연구원, 7권, 1호, 2008, pp.39-55
8. 윤지영, 생태적 개념을 도입한 초등학교 실내공간

디자인에 관한 연구, 한국실내디자인학회, 13권, 4호, 2004, pp.118-126

9. 은소진, 이종국, 사례분석을 통한 학교건축 친환경 인증기준의 실내 환경 평가항목 적용현황에 관한 연구, 한국교육환경연구원, 9권, 1호, 2010, pp.1-9
10. 은소진 외 2명, 친환경 학교 건축의 설계 기준 적용에 관한 연구, 한국건축친환경설비학회, 10권, 1호, 2007, pp.34-40
11. 은소진 외 2명, 학교건축의 친환경 인증기준의 적용사례 분석, 대한건축학회, 10권, 1호, 2007, pp.34
12. 이호진 외 2명, 생태기반지표를 활용한 생태학교 건축계획에 관한 연구, 한국교육환경연구원, 2권, 1호, 2002, pp.81-90
13. 태성호 외 4명, 저 탄소 학교건축물 구현 방안에 관한 연구, 한국교육환경연구원, 9권, 2호, 2010
14. 현택수, 이병태, 지속가능한 건축의 계획과 평가에 관한 연구, 대한건축학회, 5권, 1호, 2003, pp.35-62

(논문투고일 : 2011.02.28, 심사완료일 : 2011.04.15, 게재확정일 : 2011.04.20)