

# 그린캠퍼스 조성을 위한 대학건물의 친환경적 특성에 관한 연구

## A Study on Environment-Friendly Characteristics of campus buildings for creating a green campus

**Author** 정숙인 Jeong, Sook-In / 정희원, 한양대학교 실내환경디자인학과 석사과정  
남경숙 Nam, Kyung-Sook / 이사, 한양대학교 실내환경디자인학과 교수

**Abstract** Recently severity of ecological adaptation and climatic change due to global warming grows larger. According to the fourth report of IPCC in 2007, emission quantity of the earth greenhouse gas(GHGs) generated by activity of mankind increased with 80% since 1970. And it is forecasted that worldwide greenhouse gas will be increased with 25 ~ 90%(corresponding to CO<sub>2</sub>) between 2000 and 2030. This increment of greenhouse gas(CO<sub>2</sub>) is expected to raise average temperature of the earth with the maximum 6.4°C, and sea surface with 59cm in 2090. Like this, destruction of environment by greenhouse gas is regarded as universal problem threatening the existence, not only the problem of one nation. Consequently, systematic correspondence to the global warming at the aspect of energy consumption is also needed in Korea. From the analysis result of 'Statistics of Energy Consumption' published by Green Korea in 2007, energy consumption increment of domestic universities was higher as many as 3.7 times than 22.5% of the whole energy consumption increment in our country. This says to be the direct example which shows that universities are huge sources of greenhouse gas emission. New constructing and enlarging buildings of each universities within campus are the most major reason for such a large increment of energy consumption in universities. The opinion that the possibility of causing energy waste and efficiency reduction is raised by increased buildings of universities has been propounded. That is, universities should make concrete goal and the plan for reducing emission of green house gas against climatic change, and should practice. Accordingly, there is the meaning that 2 aspects of environment-friendly design characteristics, that is application of energy utilizing technology, material usage of energy efficiency-side and environment-side, and introduction of natural element in the environmental aspect, were analyzed for facilities of university campus designed in environment-friendly point of view from initial stage of plan, and direction of environment-friendly design of university facilities in the future was groped in order to grasp environment-friendly design tendency of internal and external University facilities based on this analysis of this paper.

**Keywords** 그린캠퍼스, 환경친화, 에너지 절약  
Green Campus, Environment-Friendly, Energy Conservation

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경과 목적

지구온난화에 따른 생태변화 및 기후변화가 최근 심각성을 더해가고 있다. 2007년 IPCC의 제4차 보고서에 따르면, 1970년 이후 인류의 활동에 의해 발생한 지구온실가스(GHGs) 배출량은 80% 증가하였으며 2000년에서 2030년 25 ~ 90%(CO<sub>2</sub>상당) 증가할 것으로 전망하고 있다. 이러한 온실가스(CO<sub>2</sub>)의 증가는 2090년 지구 평균기온을 최대 6.4°C, 해수면을 59cm 상승 시킬 것으로 예상되어 진다. 이처럼 온실가스에 의한 환경파괴는 어느 한

국가의 문제가 아닌 생존을 위협하는 전 세계적 문제로 각 분야별 지구 온난화에 대응하는 기술과 정책이 필요로 되어지고 있다. 특히, 미국과 유럽, 일본과 같은 선진국에서는 재생에너지 활용 기술 및 에너지 절약 기술에 관한 연구가 상당 수준 진행되었으며 그 기술을 분야별로 적용하여 평가하는 단계에 이르렀다.

이에 우리나라도 지구 온난화에 따른 에너지 소비 측면에서의 체계적인 대응이 필요로 되어지고 있다. 2007년 녹색연합이 펴낸 '에너지 사용량 통계자료'를 분석하면 지난 7년간 국내 대학들의 에너지 소비량 증가폭이 우리나라 전체 에너지 소비량 증가폭 22.5% 보다 무려 3.7배나

높은 것으로 나타났다. 이는 대학이 거대한 온실가스 배출원이 되고 있음을 보여주는 단적인 예라고 할 수 있다.

이처럼 대학의 에너지 사용량이 크게 증가한 것은 각 대학들이 캠퍼스에 건물을 신·증축하는 것이 가장 큰 원인으로, 이렇게 늘어난 건물들은 에너지 낭비와 효율감소를 불러올 가능성이 높다는 주장이 전개되고 있다. 즉 기후변화에 대비해 대학도 온실가스 배출량 감축을 위한 구체적인 목표와 계획을 세우고 실행에 나서야 한다는 것이다. 이에 국내 각 대학들은 고려대, 국민대, 서울대, 연세대, 홍익대, 동국대 등을 중심으로 ‘한국그린 캠퍼스 협의회’를 창설해 지속가능한 친환경 캠퍼스조성을 위해 이산화탄소 배출량을 줄이고 재생에너지를 활용하는 캠퍼스 설계계획과 환경인식 변화를 위한 환경 교과목 운영, 자발적인 에너지 절약 프로그램 개발에 협의했다.

따라서 본 연구에서는 계획초기부터 친환경적인 관점에서 설계된 대학건물을 대상으로 친환경 설계특성에 대한 두 가지 측면 즉, 에너지절약, 자원절약형 측면에서의 기술 적용과 환경적 측면에서의 주변 환경과의 조화 및 건물 및 공간의 배치를 분석하고 이를 토대로 국내·외 대학건물의 친환경적 설계경향을 파악하는 것을 목적으로 향후 앞으로 나아가야 할 대학시설의 친환경적 설계 방향을 모색하는데 그 의의가 있다.

## 1.2. 연구 방법 및 범위

연구의 범위는 한국과 일본의 대학 캠퍼스 건물 중 계획 초기부터 친환경적 관점에서 설계된 건물 중 6곳을 선정, 문헌조사와 방문조사를 통해 그린캠퍼스 구축을 위한 경제적 측면에서의 에너지절약 적용기술과 환경적 측면에서의 건물 및 실내공간의 배치특성을 분석하는 것으로 한다.

본 연구에서는 국내·외 사례분석을 통해 대학시설 내 친환경계획 기법을 도출하기 위하여 다음과 같이 4단계로 분석을 진행한다.

첫째, 친환경 캠퍼스의 이론을 고찰 한다. 둘째, 친환경 건축에 관한 개념을 경제적 측면과 환경적 측면으로 살펴보고 국내·외 친환경캠퍼스 사례를 제시함으로써 그린캠퍼스 구축을 위한 건축적 적용기술 및 기법의 특징을 정리하고자 한다. 셋째, 국내·외 사례를 통해 친환경 설계 특성을 위의 두 가지 측면으로 분석하고 국내·외 사례를 비교 분석 한다. 넷째, 사례연구에서 분석된 결과를 바탕으로 친환경 대학 캠퍼스 건물의 설계특성 및 설계 기법을 도출하여 종합하고 제시한다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1. 친환경 개념의 정의

1990년대부터 강조되기 시작한 친환경의 개념은 2000

년대에 들어 인류의 생존과 연계된 Sustainability의 문제로 인식되면서 도시개발로 인한 악 영향의 저감을 위한 ‘지속가능한 발전 또는 개발’의 용어로 인식되게 되었다.

지속가능한 개발(Sustainable development)에 관한 용어는 1987년 공표된 브룬트란트 보고서에서 “장래세대의 요구를 충족시키는 능력을 손상시키지 않는 범위 내에서 현재 세대의 요구를 반영하는 개발”이라 정의하고 있다.<sup>1)</sup> 또한 지속가능성이란 자연적 체계들의 건강과 생산성을 감소시키지 않으면서 인간의 요구들을 수용하는 균형을 말하며, 미국 건축가 협회(AIA)에서는 ‘체계가 의존하는 주요 자원들의 고갈이나 과부하를 통해서 감소되게 하지 않고 미래까지 기능들이 작용하는 것을 계속하게 하는 사회의 능력’이라 정의한다.

한편 이와 관련해 건축분야에서는 1979년 독일의 P.und M. Krusche에 의해 당시 환경 친화적 건축 동향을 포괄하는 상위개념으로 생태건축이 제시되었으며 생태건축이란 자연환경과 조화되며 자원과 에너지를 생태학적 관점에서 최대한 효율적으로 이용하는 것으로 이와 유사한 개념으로 그린건축, 지속가능한 건축, 저 에너지 건축 등 다양한 명칭으로 나타난다. 그리고 이러한 환경 친화적 건축의 공통적인 목표는 인공 에너지 소비의 최소화, 자원의 재생산 및 효율적 소비, 지역의 자연적, 문화적 특성 및 지구 환경의 회복에 있다.

이에 본 연구에서 추구하는 친환경적인 대학건물이란 지속가능한 캠퍼스의 실현을 목표로 캠퍼스 내 자연환경과 공생할 수 있도록 계획, 설계되고 에너지와 자원절약을 통하여 환경오염부하를 최소화 하는 건축으로 정의하고자 한다.

### 2.2. 대학건물의 친환경성

친환경 학교건축은 지속가능한 학교건축, 환경친화형 학교건축과 유사한 개념으로 일반학교건축과는 달리 환경을 보존하고 자원 및 에너지를 절약, 청정자원의 활용 등 쾌적한 실내·외 환경 조성과 사회적 지속성에 기여하고자 하는 학교건축으로써, 이 모든 내용을 학생들에게 교육 프로그램화하여 교육하고자 하는 학교의 교육내용을 담아내는 건축이다.<sup>2)</sup>

그리고 이러한 친환경 학교건축은 환경문제 해결을 위한 환경교육과 에너지 절감 및 지속 가능한 사회를 구현하는 물리적 환경교육장으로 반드시 필요하다.

이에 외국의 대학들은 이러한 개념을 캠퍼스 및 건물에 도입시키고 다양한 사례를 내 놓고 있다. 그 중 유수 사례로 미국의 예일대학교 조각과 건물과 노던 애리조나 대학의 대학응용연구개발센터를 꼽을 수 있다. 먼저 예

1) UN Brundtland Report: Sustainable development that meets of the present with out compromising the ability of future generations to meet their own needs.

2) 이광영, 친환경학교건축 설계 적용 방향, 한국교육시설학회 제14권 1호, 2007. 01, p.136

일대학교의 조각과 스튜디오 건물은 미국의 친환경인증제인 LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)를 획득한 건물로, LEED 중에서도 가장 우수 단계인 플래티넘(Platinum)을 인증 받았으며, 주요 친환경 설계특징을 살펴보면 다음과 같다. 갤러리 건물의 외벽을 100년 가까이 와인통으로 사용된 삼나무를 재사용하여 자원을 절약하고 건물 옥상의 녹색지붕은 빗물을 모아 건물의 수도물 소비량을 줄이고, 갤러리 내부의 온도를 조절하는 자연냉각장치로 이용된다. 또한 스튜디오 건물의 유리외벽에는 최첨단 날씨 인식 기능이 내재되어 있어 계절과 시간에 따라 유리외벽과 실내공간 사이에 블라인드가 작동, 보통 건물이 흡수하는 자연광 보다 20% 이상의 자연광이 건물 내부로 유입된다.<sup>3)</sup>



<그림 1> 예일대 조각과 스튜디오 건물

노던 애리조나 대학의 대학응용연구개발센터는 LEED 골드(Gold)등급을 인증 받은 건물로, 건물 천정 단열재료 재활용 청바지를 사용하고, 건물 내부 콘크리트를 40% 재활용하였으며, 건축과정에서 발생한 폐목재를 조경 재료로 재활용하는 등 건축에 쓰인 총 재료 중 20% 이상을 재활용 자재를 사용하여 건축비를 절감하였다. 또한 건물 전면에 설치된 고정형 태양열 패널은 겨울철에 태양열을 흡수, 에너지를 절약하고 여름철에는 태양열을 차단, 에너지 부하를 예방한다. 그밖에 태양열 발전판을 이용한 온수공급과 우수를 재활용하여 수자원을 절약하는 설계 등이 적용되어 있다.<sup>4)</sup>



<그림 2> 노던 애리조나 대학 응용연구개발센터

### 3. 친환경 설계 특성

21세기 건축의 새로운 패러다임으로 건물의 환경과 에너지 등에 관련하여 인간을 위한 공간을 창출하고, 자연

에너지를 적극 활용하며, 건물의 생애주기 비용을 고려한 설계가 주목을 받고 있다.

이는 무엇보다도 자연에너지의 적극적인 이용을 통한 자원의 절약. 즉, 건물 시스템이 생태계의 일부로서 자연 환경에 순응할 수 있는 디자인 기법을 적용하여 건물로 인한 환경오염과 에너지 소비를 최소화하려는 의미가 담겨져 있다. 그리고 자연의 유용한 자원을 절약하기 위해서는 건축에서 Reduce, Reuse, Recycle의 개념을 적극 적용해야 할 필요가 있다.

구체적으로 에너지 절감을 위한 자연채광, 차양, 고효율 창호, 자연환기, 고효율 조명시스템, 자연형 태양열시스템, 자연형 냉방시스템 등의 에너지 절약형 기법이 건축물과 함께 통합적으로 설계되어야 하며 유용한 자원을 절약하기 위해 새로운 건축자재의 사용보다는 기 사용된 자재의 사용과 재사용이 가능한 재료의 사용, 인근에서 생산되어 수송에도 에너지가 적게 필요한 자재를 사용하여야 한다. 또한 건축물 사이트의 주변 자연환경을 보호하고 건축물과의 조화를 고려하여 자연과의 통일성을 잃지 않는 것이 중요하다.

#### 3.1. 경제적 측면의 설계5)

##### (1) 재생에너지 활용 기술

재생에너지는 햇빛, 물, 지열, 강수, 생물유기체 등의 자연적 조건을 최첨단 기술을 이용하여 재생 가능한 에너지로 변환시켜 이용하는 에너지로서 넓은 의미로는 화석연료를 대체하는 에너지원이다. 이러한 재생에너지는 무한자원으로 연료비용이 들지 않고, 친환경성이 뛰어나 건축물의 에너지 절감형 설계에 적용되고 있다. 특히 태양열, 태양광 발전 시스템, 지열 시스템, 소형 풍력발전은 건물에 적용이 용이한 재생에너지 설계 시스템으로 평가받고 있다.<sup>6)</sup>

##### (2) 에너지 부하저감 기술

에너지 절약형 건축에 있어 건물에너지 소비에 영향을 미치는 요소로는 크게 건물이 위치하는 지역의 기후특성과 건물 내 설비시스템, 건물사용에 따른 운영방법으로 구분 지을 수 있다. 이에 건물이 위치하는 부지의 지형, 기후특성을 고려한 건축계획은 건물의 에너지 부하를 감소시켜 줄 뿐만 아니라 바람, 태양과 같은 자연에너지를 이용할 수 있는 가능성을 제공한다.

또한 건물 내 설비시스템은 건물의 에너지 성능에 중요한 역할을 한다. 그러므로 아래 <표 2>와 같은 에너지 절약형 설계기법의 도입과 이에 따른 적절한 시스템 계획이 필요하다.


5) 정숙인 외, 국내의 대학캠퍼스 시설의 친환경적 설계특성에 관한 연구, 한국실내디자인학회 학술발표대회 논문집 제11권 2호, 2009, p.2의 에너지활용적 측면의 설계를 본 장에서 재구성함  
6) 강수연, Zero Emission Building의 디자인 프로세스에 관한 연구, 중앙대학교 석사논문, 2007, p.37

3) <http://www.aiatopten.org> 참고  
4) <http://www.green.nau.edu> 참고

<표 1> 재생에너지 설계 시스템의 특성

구분	이미지	내용
Solar Energy		태양전지(PV반도체)를 이용하여 태양광을 직접 전기에너지로 변환시키는 시스템으로 태양전지와 주변장치(축전지, 전력변환장치)로 시스템이 구성되며 기계적인 진동과 소음이 발생하지 않으므로 건축물에 적용이 용이하다. 또한 송전설비가 필요 없는 자가발전 형태를 띠고 있으며 태양전지(BIPV)를 건축물의 옥상, 벽면, 창 등에 적용시켜 건축 의학적 효과를 얻을 수 있다.
		태양열을 흡수, 저장하여 건물의 급탕 및 난방용으로 활용하는 시스템이다. 일반적인 시스템의 구성은 태양열을 집열하는 집열부와 집열된 열을 축열하는 축열부, 축열된 열을 난방이나 온수로 공급하는 이용부, 시스템이 효율적으로 작동되도록 제어하는 제어장치로 구성된다. 또한 집열방식에 따라 평판형과 진공관식으로 나뉜다.
Wind Energy		바람의 동적 에너지를 기계적 에너지로 변환하여 전기를 얻는 시스템으로 도시 및 단지 차원에서 Wind Farm 형태의 대규모 발전 또는 독립적으로 설치되는 것이 일반적이었으나, 최근 소형 풍력발전기의 개발로 건물 지붕에 부착하거나 건물 디자인과 통합하는 풍력시스템의 활용이 증가하고 있다. 이러한 풍력 시스템의 가장 기본적인 발전타입은 수직축과 수평축발전으로 나눌 수 있으며 이중 수평축 풍력 발전기는 회전축이 바람이 불어오는 방향에 수평인 시스템으로 가장 일반적으로 상용화된 형태이다. 또한 수직축 풍력 발전기는 회전축이 바람의 방향에 대해 수직인 시스템으로 현재 실용화된 대형 시스템은 없으나, 연구용이나 건물 부착용 소형 풍력 발전용으로 사용되고 있다.
		땅속에 저장된 열을 이용하는 것으로 그 온도에 따라 천부지열과 심부지열로 구분된다. 그 중 중·저온의 천부지열은 지역난방이나 건물의 난방 및 온수 공급으로 이용되고 고온의 심부지열은 대개 지열 발전에 이용된다. 그리고 건물 등에 이용되는 지열 열펌프 시스템은 크게 지중열교환기와 열펌프로 구성되며, 난방과 난방이 모두 가능하다. 즉 난방시에는 지중의 열을 흡수하여 실내로 공급하고, 냉방시에는 건물 내 열을 지중으로 방출한다. 이러한 지열 시스템은 냉열원과 온열원의 역할을 하는 지중온도가 연중 안정적인기 때문에 시스템의 효율과 성능이 우수하며, 냉난방 겸용으로 기존 설비나 다른 신재생 시스템에 비해 우수한 경제성을 갖는다.

<표 2> 에너지 절약 설비 시스템

구분	내용 및 이미지
Daylighting을 이용한 시스템	<p>주광은 건축 공간에서 다양한 방법으로 이용할 수 있다. 그중 대표적인 자연채광 방식으로는 아트리움, 광천장, 루프 모니터, 광선반과 반사경을 이용한 방식 등을 들 수 있다. 아트리움은 시각적인 개방감과 더불어, 큰 유리창을 통한 외부공간과의 긴밀한 시각적 연계에 의해 외부 공간과 같은 분위기를 연출한다. 또한 비, 바람, 추위로부터 보호되어 쾌적한 온열환경을 제공한다. 광천장은 천정에 설치된 수평적인 창으로 레이아웃과 간격에 따라 공간의 주광분포가 결정된다. 다중의 유리는 과도한 열 발생을 방지하고 빛의 산란을 위해 광학패널이 이용된다. 광선반과 반사경을 이용한 자연채광은 창으로 유입된 태양광을 실내 천장면으로 반사시켜 자연채광을 실 안쪽 부분까지 깊숙이 도입시키는 장치이다.</p> 

7) BIPV(Building Integrated photovoltaics)는 건물외면에 설치가 가능한 태양전지판으로 석재나 유리 등의 입면 마감재를 대신하여 사용가능하고 경량의 재료로 건축물의 하중증가에 큰 영향을 미치지 않는다.

자연형 환기 시스템	<p>공기의 온도를 이용한 압력차와 건물에 부는 바람에 의한 풍압차를 이용해 실내공기질을 쾌적하게 유지하는 장치로 베르누이효과를 이용한 시스템과 굴곡효과를 이용한 시스템으로 구분된다. 그리고 이러한 자연환기시스템은 건물의 배치에 따른 영향이 크므로 실내·외 환기통풍성능을 고려한 추동배치계획이 중요하다. 바람의 방향을 고려한 배치계획은 자연환기를 유도하고 여름철 냉방에너지를 절약 할 수 있어 유용하나 겨울철에는 불리하게 작용하므로 겨울철의 경우 방풍막 개념의 디자인 계획이 필요하다.</p> 
이중외피 시스템	<p>이중외피 시스템은 멀티 레이어의 개념에 바탕을 두는 것으로, 형태적으로 외기와 접하는 외측외피와 실내에 접하는 내측외피 그리고 두 외피 사이의 사이공간(중공층)으로 구분된다. 그중 외측외피는 외부 기상변화의 영향에 대하여 내부를 보호하고 외부 발생 소음의 내부유입을 일차적으로 차단하는 기능을 가진다. 그리고 외측 외피면에 환기를 위한 개구부를 설치하여 중공층과 실내로의 환기를 가능하다. 이때 외부기온이 실내 설정온도보다 낮을 경우 내부에서 외부로의 열손실을 막기 위해 외측외피의 개구부가 닫혀 중공층은 실외와 실내사이의 열적인 완충공간 역할을 수행한다. 그리고 실내에서 조절이 가능한 차양 장치가 중공층 내부에 장착되어 일사로부터 야기되는 냉방부하의 절감에 기여한다. 또한 이중외피 시스템은 주 건축재료로 유리를 외피에 사용함으로써 투명하고도 하이테크한 건물을 가능하게 하여 건물의 가치와 미적인 효과를 증대시킨다.</p> 
우수이용 시스템	<p>건물의 외관에 우수관을 설치해 빗물을 지하 우수탱크에 저장하여 재사용하는 시스템으로 크게 집수, 처리, 저류, 침투단계로 나눌 수 있다. 그중 집수단계에서는 건물의 지붕이나 기타 집수면에 강우된 빗물을 모으는 것으로 이렇게 모인 빗물은 오염물을 포함하고 있기 때문에 침전, 여과, 소독 등의 처리단계를 거친다. 그리고 다음으로 집수된 빗물을 사용하기 전까지 모아두는 저류단계를 거치게 된다. 저류단계에서의 저류조는 설치장소에 따라 옥상설치형, 지상설치형, 지하설치형으로 나뉜다. 저류조는 건축면적, 대지면적, 집수면적을 고려해야 하며 재질은 외부로부터 먼지, 배수, 빗물의 침입을 방지하고 보수점검이 용이한 재질을 사용하여야 한다. 마지막으로 이렇게 모아진 빗물은 용도에 따라 관개용수, 화장실용수, 원예용수 등으로 사용된다.</p> 

### 3.2. 환경적 측면의 설계

#### (1) 재료의 선택

건축물의 구성요소인 건축재료는 원자재의 채취와 가공과정, 사용과정에서 발생하는 유해성 물질로 인해 환경오염, 실내공기의 오염 등 다양한 환경문제를 발생시킨다. 특히 석면이나 휘발성 유기화합물(VOCs)이 포함된 재료의 사용은 알레르기나 호흡기 질환을 일으키며, 경우에 따라서는 발암성 물질로도 작용할 수 있다.

따라서 원료의 채취, 생산, 사용, 유지관리, 폐기처리에

- 유체역학의 기본법칙 중 하나로 유체가 좁은 통로를 흐를 때 속력이 증가하고 넓은 통로를 흐를 때 속력이 감소하는 원리를 이용한 시스템.
- 실내의 위아래 온도차를 이용하여 실내의 기류가 생기게 하여 공기의 흐름을 유도하는 방식이다. 이는 더운 공기가 상승하는 자연 대류에 의한 것으로 열 굴뚝을 만들거나 일사를 이용해 상승기류 발생을 강화하여 환기를 유도한다.

이르는 Life-cycle상의 환경부하를 최소화 하고 사용자의 건강을 저해하지 않는 친환경 소재의 사용이 필요하다.

환경친화적 마감재는 재사용(Reuse), 재활용(Recycle), 재생가능성(Renewable)의 세 가지 개념에 따라 다음과 같이 분류해 볼 수 있다.<sup>10)</sup>

<표 3> 환경친화적 마감재의 개념 및 특징

종류	개념 및 특징
천연자연 재료	흙이나 나무, 돌 같은 원재료를 채취하고, 절단, 연마 등과 같은 간단한 물리적 가공을 거쳐 재료가 되는 것으로 생산에 있어 환경오염과 에너지 소비량이 적다. 대표적인 재료로 목재, 석재, 천연직물 등이 있다.
지속가능한 재료	스틸과 동판, 알루미늄, 강철과 같은 금속재료로 재료 자체가 훼손되지 않고 썩지 않아 영구히 사용할 수 있는 재료들로 장기적인 안목에서 환경친화적 재료로 분류된다. 하지만 초기 생산 시 많은 에너지를 필요로 하고 마감방식에서 유독성 물질을 사용하게 되는 문제점이 있다.
폐자재 재활용 재료	건물의 해체과정에서 발생하는 폐자재인 콘크리트, 타일, 목재, 유리, 고철, 조각 잔여물 등을 선별 처리한 후 혼합산화 처리하여 다른 용도의 재료로 사용함
자연소재를 혼합한 환경부하 저감 재료	무공해의 자연소재를 혼합하여 만든 것으로 현재 개발된 재료로는 벽지, 장판재, 단열재, 페인트, 바니시 등이 있다. 그 예로 맥반석, 옥, 숯 성분을 이용한 기능성 바닥재와 썩, 향나무, 잣나무, 목분, 실록차 등의 자연소재를 원료로 한 벽지, 천연 페인트 등이 있다. 또한 이러한 마감재들은 탈취기능과 향균기능, 습도 조절 기능 등이 탁월하며, 아토피성 피부염, 기관지 천식 등과 같은 환경성 질환에도 효과적인 것으로 보고되고 있다.

#### (2) 녹색공간의 창출

친환경건축에서 식물로 구성된 녹색환경은 인간의 정신적 능률과 쾌적성, 안정성을 회복시키고 환각성이나 자극을 감소시키는 역할을 함과 동시에 지구 생태계 에너지를 구성하는 기본단위이다.<sup>11)</sup> 따라서 친환경 건축설계에서는 주변 환경과 조화되지 못하고 독단적으로 존재하게 되는 건축의 고립화 문제를 해결하기 위해 자연의 의미를 건축공간에 반영, 공간의 효율적 가치 개발을 이루고자 하는 노력이 필요하다.

그 예로 건축물 부지의 지형과 지세를 고려하여 건축물과 사이트를 조화롭게 배치시키거나 건축물의 디자인에 맞추어 외부조건을 디자인하는 방법이 있다. 또한 외관에 투명한 재료를 사용하여 외부의 자연환경을 내부로 유입시키거나 건물의 외피에 직접적인 녹화를 시행하는 방법을 들 수 있다. 아래 그림과 같이 건물표면과 옥상부의 녹화는 건물의 단열성능을 개선시켜 건물의 유지관리비용을 절감 시키고 CO<sub>2</sub>발생감소, 건축물의 복사열 감소 등의 효과를 얻을 수 있다.



<그림 3> California Academy of Sciences



<그림 4> Consorcio Headquarters

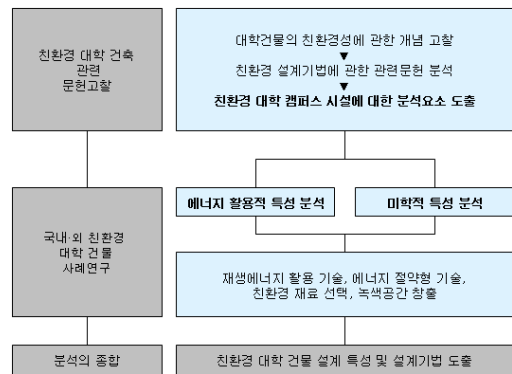
10) 이지영, 자연소재 마감재를 이용한 실내공기질 개선연구, 중앙대학교 석사논문, 2006, pp.24 ~ 25

11) 이정민, 공간디자인에 있어서의 환경친화적 Green Amenity의 역할에 관한 연구, 한국디자인학회논문집 Vol.16 No.1, 2003, p.142

## 4. 사례분석

### 4.1. 분석의 틀

친환경 캠퍼스의 설계 기법을 분석하는 방법은 다음 <그림 5>와 같다. 분석내용은 2, 3장에서 도출된 친환경 캠퍼스건물 설계특성 요소를 에너지 절약을 위한 경제적 측면의 설계기술과 친환경개념에 입각한 건물 내·외부의 표현특성으로 분류하고, 다시 각 측면의 특성에 따라 세부항목으로 분석하였다. 세부 요소들은 친환경 건축 관련 참고문헌<sup>12)</sup>과 친환경 인증 법<sup>13)</sup>을 토대로 에너지 활용 측면과 환경적 측면을 중점적으로 분석하였다.



<그림 5> 분석의 방법

### 4.2. 각 사례별 분석

다음 <표 4>는 국내·외 친환경 캠퍼스 시설 관련 사례조사대상 리스트이다.

<표 4> 사례대상 개요

구분	세부 분류 항목					
	명칭	위치	건축년도	주요용도	건축면적	주요인증 및 수상
이화여대	Ewha Campus Complex	Seoul, Korea	2008년	복합 시설	81,068.64㎡	제26회 서울시 건축상 대상 (친환경적 설계 인정)
서울시립대	서울시립대 캠퍼스 복합단지	Seoul, Korea	2008년	연구 강의 시설 + 휴게시설	6,071㎡	친환경건축물예비 인증
와세다 대학	WASEDA RESEARCH PARK	Saitama-ken, Japan	2003년	연구 강의 시설 + 휴게시설	3,620.76㎡	SB05Tokyo (국제친환경 컴퍼런스) 친환경건축
게이오 대학	Keio University Hiyoshi Campus	Kanagawa, Japan	2002년	강의시설 + 휴게공간 + 커뮤니티 시설	4,286㎡	환경성공에너지 건축상 장려(04)
동경 대학	環境棟 (Kashiwa Campus)	chiba, Japan	2006년	강의시설 + 휴게공간	3,490.39㎡	제13회 치바현 건축문화상 (환경부문)
일본 대학	이공학부 14호관 (Funabashi Campus)	chiba, Japan	2004년	강의시설 + 휴게공간	2,250.52㎡	일본건축가협회 환경건축부문 우수상(05)

12) L.D.Danny Harvey, A handbook on low-energy buildings and district-energy systems, Earthscan, 2002, pp.80 ~ 390

13) BREEAM(영국), LEED(미국), CASBEE(일본), 친환경건축물인증제도(한국) 등 환경친화성을 평가하는 대표적인 인증제도를 참고함.

대학 캠퍼스 내의 친환경적 설계 특성에 대한 사례조사 및 분석내용은 다음<표 5>과 같다.

<표 5> 국내외 친환경캠퍼스 시설의 설계특성 분석

Ewha Campus Complex	
이미지	
경제적 측면	<p><b>재생에너지 활용</b></p> <p>지열에너지-시스템을 설치하기 전 사전 시뮬레이션을 통해 최적의 효율을 발휘 할 수 있도록 하였으며 시뮬레이션을 통해 HDPE14) 파이프 내부의 유체속도는 최적의 열 전달이 가능한 0.65m/s로 설정하였고, 배관의 간격은 가장 경제적인 500mm간격으로 설정, 압력 급강하로 인한 온도변화를 사전에 방지하기 위해 각 순환회로의 길이가 같게 시공되었다.</p>
	<p><b>에너지 절약</b></p> <p>자연채광-지하공간의 단점을 보완하기 위해 건물 중앙에 벨리와 같은 외부공간을 형성, 지하 1층부터 지하 4층까지 18m(최고높이)에 달하는 벽면을 커튼월로 마감하여 건물 내부로 태양광이 유입되도록 하였음.</p> <p>자연환기-은화한 계절인 봄철과 가을철에는 지붕의 환기구와 커튼월 쪽 통풍창을 통해 외부공기가 내부로 이동, 부분적인 자연통풍이 가능하다.</p> <p>우수이용-녹색 지붕에 설치한 우수관은 우천시 우수를 흡수하여 지하 저장탱크로 이동, 필요에 따라 화장실 용수, 원예용수 등으로 활용된다.</p>
환경적 측면	<p><b>재료의 이용</b></p> <p>내부마감 재료는 내구성이 강해 50년 이상의 긴 수명력을 지닌 자라목과 포를 알데히드 성분이 없는 나무섬유질 흡음재를 사용함. 외부마감 재료로는 건물 내 채광을 위해 유리와 유광 스테인리스스틸을 사용하여 자연광을 끌어들임.</p>
	<p><b>녹색 공간 창출</b></p> <p>지하캠퍼스의 장점을 살려 지상과 접하는 면에 옥상정원을 만들.</p>
서울시립대 캠퍼스 복합단지	
이미지	
경제적 측면	<p><b>재생에너지 활용</b></p> <p>-</p>
	<p><b>에너지 절약</b></p> <p>자연채광-건물전면을 유리로 마감하여 건물전체에 자연광이 유입되게 하고 있었다. 강의실과 연구실은 대부분 남쪽에 배치시켜 채광을 확보하고 연구실 쪽 북도와 계단은 채광을 확보하기 위해 천장을 만들고 천장과 유리벽면을 통해 유입된 빛이 저층부의 계단 및 북도로 연결될 수 있도록 바닥면을 보이드 시키고 있었다. 또한 남쪽 면에 위치한 계단실은 저층부에서 고층부까지 연결된 남쪽 창을 통해 태양광이 유입되고 있었으며 자연채광만으로도 충분한 조도를 유지하고 있었다.</p> <p>우수이용-건물의 지하 기계실에 우천시 우수를 저장할 수 있는 저장탱크가 마련되어 있음.</p>
환경적 측면	<p><b>재료의 이용</b></p> <p>-</p>
	<p><b>녹색 공간 창출</b></p> <p>건물 내·외부 중간에 예코가든을 두어 사용자로 하여금 휴식을 즐기고 녹색환경을 접할 수 있게 함.</p>
WASEDA RESEARCH PARK	
이미지	
경제적 측면	<p><b>재생에너지 활용</b></p> <p>지열에너지-건물기초에 설치한 열미로의 지열에너지를 통해 물을 순환시켜 건물의 냉난방으로 활용함</p>
	<p><b>에너지 절약</b></p> <p>자연채광-건물 중앙 엘리베이터타워가 있는 아트리움 공간은 태양광을 건물 내부로 유입시킴과 동시에 바람을 유입하여 건물 내(북도와 공용부) 자연환기를 촉진시킨다. 또한 건물 외벽에 설치된 차양루버는 건물로 유입되는 일조량을 조절한다.</p> <p>우수의 이용-옥상의 수생과 중앙정원, 스킵발코니의 원예용수로 사용함</p>

경제적 측면	<p><b>재생에너지 활용</b></p> <p>-</p>
	<p><b>에너지 절약</b></p> <p>자연채광-건물의 남쪽 창을 통해 태양광을 유입시키고 서쪽에 알루미늄 차양루버를 설치하여 학기 중 서쪽 빛을 차단함. 또한 건물 중앙에 위치한 계단실의 채광을 위해 천장을 설치함</p> <p>자연환기-남측과 북측의 연구실을 가로지르는 복도부분에 14개의 환기구를 설치, 남북의 창에서부터 들어오는 외부공기가 복도를 흘러 Solar updraft tower의 상승기류를 타고 옥외로 배출 될 수 있도록 함</p> <p>우수이용-옥상으로부터 연결된 우수관이 건물 남측면의 녹화차양의 관개용수와 건물 주변 조경용수로 사용된다.</p>
환경적 측면	<p><b>재료의 이용</b></p> <p>건물 외부와 내부의 벽면을 노출콘크리트로 마감하고 그 외에 목재를 사용하여 마감재의 종류를 줄이고 재료를 통일시킴</p>
	<p><b>녹색 공간 창출</b></p> <p>주변 산세의 특징을 살려 완만한 경사면과 조화를 이루도록 건물을 배치시키고 건물의 남쪽, 차양지붕에 녹화가 진행되고 있다.</p>

Keio University Hiyoshi Campus

이미지	
경제적 측면	<p><b>재생에너지 활용</b></p> <p>태양광 발전-태양전지판을 건물 옥상부 천정면에 설치함. 옥상부에 설치된 태양전지판은 태양에너지를 흡수하여 건물의 전기에너지로 사용되며 이러한 태양광 발전시스템의 설치는 건물 내 에너지소비율 36%, CO<sub>2</sub> 발생률 37.3% 감소시키는데 일조하고 있다. 또한 건물 내부 아트리움 공간에 유입되는 태양열을 차단하는 차양기능을 겸하고 있으며 건물벽면에 설치 할 경우 건물의 향에 따라 일사량이 달라지지만 이 경우 방위를 고려하지 않아도 되는 장점을 가지고 있다.</p>
	<p><b>에너지 절약</b></p> <p>아트리움-건물 중앙 40,000㎡의 부피가 차지하는 공간으로 천정의 유리창으로 태양광이 내부로 유입되게 함과 동시에 하부의 공기흐름과 상부의 배기를 원활하게 하여 여름철 실내온도를 4℃ 개선 시켰다.</p> <p>우수의 이용-우수를 지하 저장탱크에 저장하여 화장실 용수로 재활용하고 지하탱크에 수증열을 저장하여 각 층의 냉난방으로 사용함</p>
환경적 측면	<p><b>재료의 이용</b></p> <p>외부 바닥면의 재료(석재)가 내부 공간에 연속적으로 이어지게 하여 재료를 통일적으로 사용하였다. 또한 건축시 토양에서 발생한 석재를 외부마감 재료로 재사용하여 재료 생산 시 발생하는 에너지 부하를 저감시켰다.</p>
	<p><b>녹색 공간 창출</b></p> <p>기존시형의 15도 경사면을 그대로 건물에 적용시키고 기존의 식생(은행나무, 활엽수)을 보존하여 건물주변에 배치시킴</p>

東京大學 環境棟(Kashiwa Campus)

이미지	
경제적 측면	<p><b>재생에너지 활용</b></p> <p>지열에너지-건물기초에 설치한 열미로의 지열에너지를 통해 물을 순환시켜 건물의 냉난방으로 활용함</p>
	<p><b>에너지 절약</b></p> <p>자연채광-건물 중앙 엘리베이터타워가 있는 아트리움 공간은 태양광을 건물 내부로 유입시킴과 동시에 바람을 유입하여 건물 내(북도와 공용부) 자연환기를 촉진시킨다. 또한 건물 외벽에 설치된 차양루버는 건물로 유입되는 일조량을 조절한다.</p> <p>우수의 이용-옥상의 수생과 중앙정원, 스킵발코니의 원예용수로 사용함</p>

환경적 측면	재료의 이용	외부 마감재로는 에너지 부하를 고려한 단열강판 패널이 사용되었고 내부는 천연목(브나재)으로 벽면과 천정, 바닥을 마감함
	녹색 공간 창출	건물내부에 실내정원을 설치하는 대신 S자형 건물의 중앙에 정원을 설치하고 정원과 접하는 면을 유리로 마감하여 내부에서 외부로의 간접적인 접촉이 가능하다.

일본대학 이공학부 14호관(Funabashi Campus)



경제적 측면	재생에너지 활용	태양광 발전-건물의 남쪽 면과 서쪽 면, 옥상부에 10KWP 용량의 태양광 집전판을 설치하여 건물 내 전기에너지로 이용함. 남쪽의 집전판의 경우 2,3,4층 야외 테라스의 난간위 차양패널 위쪽면에 일사조건을 만족할 수 있도록 하늘을 향해 설치되어 있었으며 서쪽의 집전판은 건물 위쪽 벽면에, 옥상의 집전판은 2개의 엘리베이터 타워 최상층 외부에 설치되어 조형적 미를 형성하고 있었다. 또한 테라스에 설치된 태양열 집전판은 유리면에 설치한 것으로 테라스 내부 캐노피 차양으로 이용되고 있었다. 지열에너지-땅속의 지열 에너지 발전을 건물의 냉난방으로 이용, 겨울철 전기에너지 5,500KW를 절약하고 여름철 전기 사용 전력을 2,770KW를 절약하는 결과를 얻게 되었다.
	에너지 절약	자연채광-채광이 유리한 남쪽부에는 외부공간과 연속시켜 라운지, 복도, 공용공간을 배치시키고 모든 벽면을 유리로 마감하여 북쪽에 위치한 일반교실까지 자연광이 유입되도록 하였다. 또한 건물의 서쪽 면에 위치한 실습실에는 열 부하를 고려한 전자동 블라인드 차양시설이 설치되어 있다. 자연환기-건물 내 두 개의 유리 환기탑(소라차무니)을 통해 대위진 공기가 이동, 24시간 무동력으로 실내 환기가 가능하다. 우수이용-옥상에 내린 빗물을 지하 퍼트에 저장(100톤)하여 화장실 용수, 옥상의 관개용수로 이용
환경적 측면	재료의 이용	외부마감은 태양광을 끌어들이기 위해 유리와 알루미늄 판넬로 마감. 내부의 경우 사용자를 고려하여 염보성이 있는 고무마루 타일과 나무소재의 바닥재, 벽돌블럭으로 마감
	녹색 공간 창출	L자형 건물배치에 의해 발생한 사이공간에 센터광장을 조성하고 센터광장과 접하는 1층의 외부벽면을 유리로 마감하여 외부의 녹색공간을 내부로 연결시켰다. 또한 캠퍼스 중앙 뿔뿔 길과 접하는 면을 오픈시켜 1층 학생라운지를 외부 녹색공간에 간접적으로 노출시킴으로 실내에 부족한 녹색환경을 만들어 냄

### 4.3. 분석의 종합

사례분석 결과 대학 캠퍼스 건물의 친환경설계는 에너지 절약과 관련한 시설계획이 재생에너지를 활용한 시설 계획 보다 이용도 측면에서 활용도가 높게 나타났다. 그러나 환경적 측면의 친환경 재료 사용은 국내·외 사례 모두 미흡한 것으로 평가되어진다. 그리고 녹색공간 창출과 관련한 설계는 자연경관요소를 실내에 도입하거나 건물벽면을 녹화시키는 방식 보다 외부와 접하는 경계면을 모호하게 하여 주변의 녹색환경을 실내로 유입시키는 방법이 주로 이용되고 있었다.

그중 경제적 측면에서의 재생에너지를 활용한 설계는 이화여대와 게이오대학, 동경대학, 일본대학의 건물을 중

심으로 지열발전 시스템이 이용되고 있었다. 이는 지열 발전이 풍력이나 태양열 발전보다 주변 환경에 영향을 덜 받으며 별도의 변환장치 없이 건물전체 냉·난방으로 활용할 수 있기 때문에 학교건물에 적용이 용이한 것으로 분석된다. 또한 자연채광을 고려한 설계는 각 대학별로 다양하게 나타났다. 이화여대와 서울시립대학 건물의 경우 외관 유리벽을 이용해 채광이 이루어지고 있었으며, 와세다대학은 건물 남쪽의 채광창과 천창을 이용, 게이오대학과 동경대학의 건물은 아트리움을 이용해 건물 내부로 태양광이 유입되고 있었다. 그리고 위와 같이 자연채광과 관련해 유형이 각 학교별로 다양하게 나타나는 것은 Daylighting설계가 어떠한 제약 없이 건물의 배치에 따라 여러 가지 방법으로 적용이 가능하고 주로 주간 이용률이 높은 공간에서 활용도가 높기 때문인 것으로 평가되어진다. 그리고 채광과 관련해 함께 고려되어야 하는 차양시설은 와세다대학, 게이오대학, 동경대학을 중심으로 이루어지고 있었으며 그에 비해 이화여대와 서울시립대학의 건물은 부분적인 시설만 존재할 뿐 동경대학에서와 같이 건물외관 전체에 차양시설을 설치하는 계획은 이루어지지 않고 있었다.

또한 자연환기시스템이나 우수를 재활용하는 시스템의 활용여부를 알아보면 와세다대학, 게이오대학, 동경대학, 일본대학의 경우 두 시스템을 모두 적극 활용하고 있었으며 이화여대와 서울시립대학에서는 자연환기시스템의 설치보다는 우수를 재활용하는 시스템의 이용을 더 적극 활용하는 것으로 보인다. 이는 국내의 경우 자연환기시스템에 대한 설계가 일반건축물 보다 초고층 건축물에 더 많이 적용되는 반면 우수를 재활용하는 시스템은 수 자원 절약과 관련하여 이용자가 많은 공간에 적용할 경우 버려지는 수자원을 절약할 수 있기 때문으로 분석된다. 그밖에 환경적 측면의 재료이용과 관련하여 각 사례를 살펴보면 이화여대, 서울시립대, 와세다대학, 동경대학의 경우 친환경 재료를 사용하기 보다는 에너지 절약을 위한 설비시설에 적합한 재료를 사용하고, 내구성이 좋은 재료, 목재와 같은 자연 재료를 선택하여 사용자가 공간 내에서 쾌적함을 느낄 수 있도록 하고 게이오대학과 같이 재료를 재사용하여 자원을 절약하는 노력이 이루어지고 있었다. 또한 동경대학, 일본대학에서는 일반 친환경 건축물에서 자주 보여지는 건물외부 녹화와는 다르게 건물 주변의 생태환경을 건물 내부로 끌어 들이기 위한 노력이 실행되고 있었다. 이는 캠퍼스에 존재하는 건축물은 도심 속 일반 건축물과 달리 독립적인 것이 아니라 캠퍼스 생태환경을 훼손시키지 않고 서로 융화되어야 하는 목적을 가지고 있기 때문인 것으로 분석된다.

14) High Density Polyethylene: 고밀도 폴리에틸렌

## 5. 결론 및 제언

오늘날 대학 내 ‘그린캠퍼스 조성’에 관한 움직임은 과거 최첨단 건물 짓기에 앞장섰던 대학들이 사회적 변화에 발맞춰 에너지를 절약하고 자연과 함께 숨 쉬며 지역 사회와 소통할 수 있는 공간, 즉 미래사회가 요구하는 미래지향적인 캠퍼스 공간을 만들기 위한 노력이라 할 수 있다. 그리고 이러한 노력은 친환경 건축기술과 더불어 캠퍼스 내 건축물을 변화시키게 되었다.

이에 본 연구는 앞으로 국내 캠퍼스 건물에 있어서 친환경적 설계계획이 적극적으로 도입되어야 한다는 필요성을 바탕으로 대학건물의 친환경적인 특성을 분석 고찰하였으며 결과를 종합하면 다음과 같다.

첫째, 최근 테크놀로지의 발달과 함께 친환경시스템은 Farm형태에서 직접 건축물에 적용 가능한 형태로 발전하고 있다. 그러나 그중 대부분의 시스템은 초기 설치비용이 고가인데다 주변 환경에 영향을 많이 받기 때문에 활용도가 현저히 떨어지고 있는 것이 현실이다. 그러나 학교시설의 경우 이용자 수가 많고 이에 따라 에너지 소비가 크기 때문에 에너지 절약형 시스템의 설치가 필요하다. 또한 친환경 교육공간은 일반적인 교육공간 보다 쾌적한 환경을 제공할 뿐만 아니라 건물 자체가 이용자에게 Interactive Teaching Tool로 활용될 수 있다. 이에 자연광을 실내에 유입하고 실내공기질을 개선시키는 자연환기 시스템, 실내온도를 일정하게 유지하는 지열에너지 시스템 등의 적극적인 활용과 학교건축에 적합한 설계 가이드라인 마련이 필요하다.

둘째, 친환경 대학건물은 보통의 대학건물 보다 평균 30~50%정도의 에너지 소비를 절약 할 수 있다. 그리고 이러한 에너지소비의 감소와 자원의 절약은 캠퍼스 운영 면에서 비용절감의 효과를 가져오게 되었다. 이에 대학 건물들은 건물의 수명을 장기적으로 보고 지역 내에서 적용 가능한 에너지원을 건물디자인에 응용하는 방법을 채택하고 있었다. 그러나 최근 극심한 기후변화는 지역 내 가장 적합한 에너지원을 활용하는 시스템보다 각 시스템별 단점을 상호 보완하는 복합적인 설계 적용이 필요한 것으로 사료된다.

셋째, 캠퍼스 내 친환경 개념의 도입은 설비시설 뿐만 아니라 환경적 측면에서 공간에 변화를 가져왔다. 이에 기존의 공간형태는 좀 더 개방적인 구조로 변화하게 되었으며 건물 내 공용공간의 증대와 더불어 인위적인 재료의 사용을 줄이고 자연적인 재료를 사용하여 캠퍼스를 이용하는 학생들에게 쾌적한 환경을 제공 할 뿐만 아니라 캠퍼스 내 건물의 미관을 변화 시키게 되었다. 하지만 개방적인 구조는 학생들의 프라이버시를 침해할 수 있고 학습능률을 저해 할 수 있다. 이에 사용자의 프라

이버시를 침해하지 않고 쾌적한 환경을 제공하기 위해 공간의 효율적인 배치가 이루어 져야 한다.

앞으로 미래사회는 환경친화적 건축에 대한 지속적인 연구가 이루어 질 것이다. 그리고 이러한 미래사회를 책임질 다음 세대가 머무르는 교육의 공간도 점차 변화 할 것이다. 이에 대학캠퍼스 공간은 그 공간을 사용하는 학생들로 하여금 생태적 가치를 이해하고, 지속가능한 공간을 경험 할 수 있도록 보다 적극적인 친환경 대학 건물에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Gissen david, Big & Green: toward sustainable architecture in the 21st century, Princeton Architectural Press, 2002
2. L.D.Danny Harvey, A handbook on low-energy buildings and district-energy systems, Earthscan, 2002
3. Peter F. smith, Architecture in a climate of change: a guide to sustainable design, Elsevier/Architectural Press, 2002
4. 日本建築家協會 環境行動委員會, 環境建築ガイドブック, 建築ジャーナル, 2007
5. 新建築, 新建築社, 2002-2006
6. 강수연, Zero Emission Building의 요소기술에 관한 연구, 중앙대학교 석사논문, 2008
7. 광동신, 생태적 관점에서 본 동국대학교 캠퍼스 현황분석, 동국대학교 석사논문, 2006
8. 김경수, 캠퍼스 시설의 친환경적 설계에 관한 연구: 경원대학교 본관, 경원대학교 석사논문, 2009
9. 강은주 외, 미국 에코스쿨의 계획기법에 관한 연구, 대한건축학회문집 계획계 제22권 11호, 2006.11
10. 강은주 외, 요구도 측면에서 본 에코스쿨의 계획방향에 관한 연구: 에너지 계획 측면을 중심으로, 대한건축학회문집 계획계 제20권 121호, 2004.12
11. 정숙인 외, 국내외 대학캠퍼스 시설의 친환경적 설계특성에 관한 연구, 한국실내디자인학회 학술발표대회 논문집 제11권 2호, 2009.10
12. <http://www.aiatopten.org>
13. <http://greensource.construction.com>
14. <http://www.buildinggreen.com>

[논문접수 : 2009. 10. 30]

[1차 심사 : 2009. 11. 22]

[2차 심사 : 2009. 12. 04]

[게재확정 : 2009. 12. 10]