

# 캠퍼스 건물에너지효율화를 위한 국외 사례와 시사점

국제적인 건물에너지 효율화 흐름에 부합하기 위해 해외 모범사례를 분석하고 우리나라 실정에 부합되는 그린캠퍼스 관련 정책을 개발할 필요가 있다. 이에 본 고에서는 건물에너지 효율화를 위한 그린캠퍼스 국외 사례를 소개하고, 국내 그린캠퍼스 활성화 방안을 제시하고자 한다.

## 서론

국제적으로 그린캠퍼스는 대학이 추구해야 할 너무나도 당연한 가치로 인식되고 있다. ‘그린캠퍼스’의 핵심적인 주장은 첫째, 인류가 ‘지속가능한 발전’이라는 목표를 달성하기 위해 필요한 이론과 기술의 개발, 그리고 대학 구성원과 일반인들을 상대로 한 적극적인 교육이 필요하다는 것이다. 둘째, 대학은 최고의 교육기관으로 일반인들에게 ‘지속가능한 발전’의 의미를 설명해주고 홍보해야 할 책임이 있다는 점이다. 셋째 대학에서 교육받은 학생들은 졸업 후 사회 각 분야에 진출하여 그 사회 전반에 걸쳐 친환경성을 높이는 역할을 해야 한다는 논리이다.

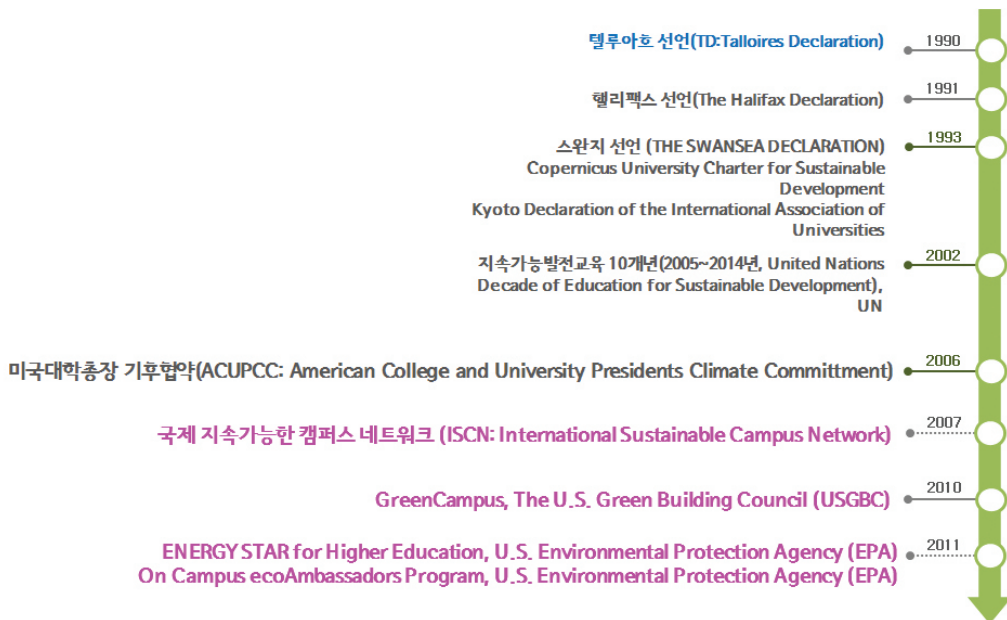
1990년 프랑스 탈루아흐에서 개최된 국제컨퍼런스캠퍼스에서 지속가능성 개념이 적극적으로 도입되었으며, 이를 그린캠퍼스의 시작점이라 볼 수 있다(그림 1). 특히 괄목할만한 성과는 지속가능한 미래를 위한 대학 지도자 협회(ULSF: University leaders for a sustainable

김민경

서울연구원 부연구위원  
친환경건축계획 및 건물에너지  
min@si.re.kr

future)의 주관하에 개최된 국제 컨퍼런스에서 “탈루아흐 선언문”<sup>1)</sup>을 채택하면서 고등교육기관의 지속가능한 환경에 대한 첫 공식적 협약을 이루어냈다는 점이다. 31개 대학의 지도자들과 15개국을 대표하는 국제환경전문가들이 지속가능성 목표를 위한 10가지 핵심행동계획에 동의하는 협약을 체결하는 것을 시작으로, 현재는 40여개국의 430개 이상의 대학이 참여하고 있는 것으로 보고되고 있다. 이후 1991년 12월 캐나다의 핼리팩스지역에서 개최된 지속가능 개발을 위한 대학 실천에 관한 국제컨퍼런스에서는 지역적, 국가적, 국제적 기준의 장단기 목표를 구체화하는 전략적 계획안 “핼리팩스 선언문”<sup>2)</sup>이 발표되었다. 또한, 1993년 영국 웨일즈의 스완지(Swansea)에서는 47개국의 400여 대학이 참여하여 지속가능한 미래를 위한 모든 대학이 고려

해야 할 7가지 계획인 “스완지선언문”<sup>3)</sup>이 발표되었다. 이와 같이 텔루아흐 선언은 유럽 및 북미의 대학기관들이 자체적인 공식적 합의를 이루어내는 계기가 되었으며, 미국 역시 2006년 12월 애리조나 주립대학에서 개최한 “미국대학 총장 기후협약(ACUPCC: American College and University Presidents Climate Committment)”<sup>4)</sup>를 시작으로 미국 내 여러 대학이 온실가스 배출 목표량을 설정하기 시작하였다. 현재까지 미국의 677개의 단과대 및 종합대학이 ACUPCC에 협약하여 온실가스 인벤토리 작성 및 보고와 행동계획 실행에 적극적으로 참여하고 있다. 이 중 성공적으로 그린캠퍼스 성과를 주도하고 있는 6가지 국외사례를 통하여 국내 그린캠퍼스 활성화를 위한 벤치마킹 요소를 분석해보고자 한다.



[그림 1] 캠퍼스의 지속가능성 개념 도입 배경

1) [http://www.ulsf.org/programs\\_talloires.html](http://www.ulsf.org/programs_talloires.html)  
 2) <http://www.iisd.org/educate/declarat/halifax.htm>  
 3) <http://www.iisd.org/educate/declarat/swansea.htm>  
 4) <http://www.acupcc.org/>

## 해외 그린캠퍼스 추진 네트워크

### 국제 지속가능한 캠퍼스 네트워크(ISCN)

국제 지속가능한 캠퍼스 네트워크(ISCN)<sup>5)</sup>는 대학 간의 정보 및 아이디어의 교류, 지속가능한 캠퍼스 운영을 목표로 하는 대학 간의 협력 네트워크로 2007년에 결성되었다. 이후 글로벌 포럼을 통해 지속가능성 개념 및 실습에 대한 내용을 연구와 교육에 통합시키기 위해 노력하고 있으며, “ISCN 지속가능한 캠퍼스 선언문 (ISCN-GULF Sustainable Campus Charter)”과 가이드라인을 작성하여 구체적인 달성 목표를 설정하고, 목표 달성 과정을 투명하게 공유하고 있다. 참여기관의 교수진과 스태프들로 구성된 실무그룹을 조직하여 지속가능한 캠퍼스 선언문의 주요사항들을 위한 자료를 개발하고 주요 이슈들을 연

구, 수행한다(표 1). 또한, 캠퍼스 지속가능성을 위한 전략적 이슈를 더욱 심도 있게 다루기 위한 국제적 컨퍼런스 및 심포지엄을 개최하고 있으며, 매년 지속가능성 우수 캠퍼스를 선발하고 시상하여 동기부여를 하고 있다.

ISCN 국제적 교류의 핵심 원칙은 1)건물의 환경적 영향, 2)캠퍼스 계획과 목표량 설정, 3)연구, 교육, 시설, 봉사의 통합으로 구성된다(그림 2).

첫 번째 원칙은 건물의 환경적 영향으로, 이는 건물외피 및 하드웨어, 냉난방 에너지의 지속가능성에의 영향을 의미한다.

두 번째 원칙은 캠퍼스 에너지 계획과 목표량을 설정하고 목표량 달성을 위한 전략을 세우는 것을 의미한다. 미국의 버클리주립대학의 경우 건물별 에너지 이용특성에 따라, 전력공급업체에

〈표 1〉 ISCN 연구아젠다

범주	내용
캠퍼스 건물 성능의 이해	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지, 물, 자원의 소비량(1인당/바닥면적당)</li> <li>- 탄소방출량, 쓰레기 및 폐기물 양</li> <li>- 높은 환경적 영향을 미치는 건물 용도별 성능(예: 연구 및 실험실, IT시설 등)</li> <li>- 건물 생애주기 데이터</li> </ul>
지속가능한 건물 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 신축건물: 등급분류, 설계전략, 거주자를 건물의 한 부분으로서 통합적으로 고려</li> <li>- 기존건물: 운영 및 관리, 보수전략, 거주자를 건물의 한 부분으로서 통합적으로 고려</li> <li>- 건축자재 조달</li> <li>- 개별 건물 이상을 고려하는 전략</li> <li>- 실천과 연구의 통합 → 캠퍼스건물을 테스트베드로 활용</li> <li>- 실천과 교육을 통합 → 캠퍼스건물을 지속가능한 교육 및 행동 영향을 지원하기 위한 목적으로 활용.</li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 계획의 투자수익률 이해</li> <li>- 국제적 대륙적 지역적 사례를 통한 캠퍼스 건물 성능의 메가트렌드 결정</li> <li>- 캠퍼스 온실가스양 모니터링 및 관리</li> <li>- 고성능 건축과 지역적 정체성을 갖춘 살기 좋은 도시로서의 캠퍼스</li> <li>- 학습과 연구중심의 발전적 환경으로서의 캠퍼스</li> <li>- 사회로의 접근과 봉사적 역할을 하는 캠퍼스</li> <li>- 혁신, 기업, 사업에 개방적 자세를 지닌 캠퍼스</li> <li>- 캠퍼스 설계: 건설단계에서의 지속성과 유연성</li> <li>- 지속가능한 캠퍼스개발과 커뮤니티 연계에 대한 사례 기반의 연구</li> <li>- 연구를 위한 배경수립: 관련 교육 및 연구를 위한 학제적 접근, 실천기반의 연구 및 학습, 커뮤니티와 지역 정부와의 영향</li> </ul>

<http://international-sustainable-campus-network.org/about/>

5) <http://international-sustainable-campus-network.org>

서 제공하는 87가지 전력스케줄중에 적합한 방안을 선택적으로 적용하고 있다. 또한, 전력스케줄을 지속적으로 모니터링하고 1년 단위로 갱신을 하는 방식으로 피드백하고 있으며, 이를 통해 적정목표치에 근접해가고 있는 것이 하나의 예시이다.

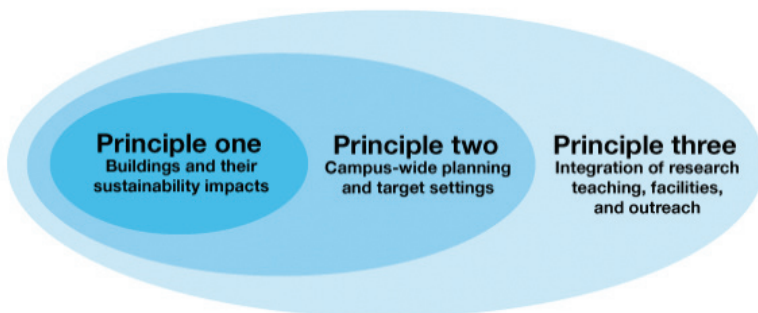
세 번째 원칙은, 실천운동, 캠페인, 봉사활동과 같은 소프트웨어적인 측면의 통합적 개념이 그린 캠퍼스의 밑그림으로 그려져야 한다는 것이다.

### Green Campus, The U.S. Green Building Council (USGBC)

삶의 질 향상을 위한 건물, 환경, 사회적 개선을 미션으로 설립된 미국 비정부단체인 USGBC(U.S. Green Building Council)는 대학 캠퍼스의 에너지 효율성 개선, 자원 보존, 환경 질 강화, 건강한 교육환경 건립을 위하여 그린스쿨 센터를 구성하여 그린캠퍼스<sup>6)</sup> 프로그램을 추진하고 있다. 특히 USGBC가 개발한 미국 친환경 건축물인증제도인 LEED(Leadership in energy and Environmental Design)의 그린빌딩등급시스템을 골조로 하여 캠퍼스의 지속가능한 건물설

계, 보수, 유지관리 부문의 가이드라인을 제공하고 있다.

USGBC가 제공하는 기축건물의 운영관리를 위한 LEED EBOM<sup>7)</sup>은 환경과 인간의 건강을 모두 고려한 5가지 핵심사항인 지속가능한 부지개발, 물 절약, 에너지 효율, 자재선택, 우수한 내부 환경을 인식함으로써 건축 전체의 지속가능성에 초점을 둔 인증제도이다. 에너지부문을 보면, 건축도면 기반의 에너지 효율성 관리, 에너지 사용량을 측정하고, 냉난방 관리 등의 내용이 포함된다(표 2). 이외에도 그린빌딩에 대한 학생들의 선도와 교육을 위해 지속가능성 개념을 교육용 커리큘럼에 통합하고 있으며, 캠퍼스 그린빌딩 활용가이드 텍스트북을 제공한다. 또한, 캠퍼스를 하나의 실험용 테스트베드로 활용할 수 있도록 다양한 프로젝트 실행을 위한 지원방안을 제공하고 있으며, “절감비용 기반의 예산마련 가이드(Paid- From-Savings Guide)”를 건물 관리자들에게 제공하여, 에너지 절감비용을 바탕으로 건물유지보수를 위한 자금을 조달하는 방안을 구체적으로 제시하고 있다.



[그림 2] ISCN 국제적 교류의 핵심 원칙

6) <http://www.centerforgreenschools.org/green-campus.aspx>

7) <http://www.usgbc.org/ebom>

〈표 2〉 LEED EBOM

지속가능한 사이트 (Sustainable sites)	- 건물 외부 인공시설물 관리 계획 - 오픈스페이스 관리 - 열섬현상감축(지붕/표면) - 조명관리: 반사광 등의 최소화
물 효율성 (Water efficiency)	- 실내 배관기구 및 부품의 효율성 - 냉각탑 관리
실내환경질 (Indoor environmental quality)	- 실내 최소 공기질 성능 - 자연환기 관리 - 거주자 쾌적성: 온습도 모니터링 - 시스템 제어정도 - 일조 및 조명 - 실내 그린클리닝
운영혁신성 (Innovation in operations)	- 운영전략 수립 - 운영비 대비 영향력 보고
에너지 및 대기 (energy and atmosphere)	- 에너지 효율 관리: 계획, 도면, 개선가능성 평가 - 에너지 사용량 측정을 위한 미터링 - 기초냉방관리 - 에너지성능 최적화 - 건물구성요소별 성능측정: 주요 건물 시스템을 모니터링하고 제어하는 컴퓨터기반 건물 자동화시스템 여부
건물재료 및 자원 (Materials and Resources)	- 신재생에너지 사용여부 - 방출량 및 감축량 보고 - 친환경 재료 구매: 영구적 제품, 시설대체, 수은 포 함량이 낮은 조명

## EPA (United States Environmental Protection Agency)

미국 환경보호국(EPA)은 캠퍼스에 초점을 둔 정부 프로그램인 OnCampus ecoAmbassadors Program과 ENERGY STAR for Higher Education을 운영하고 있다. 우선, OnCampus ecoAmbassadors Program<sup>8)</sup>은 캠퍼스 환경에 대한 인식을 증진시키고, 사람들의 건강과 환경을 보호하고자 하는 미국환경보호국(EPA)의 미션을 수행하기 위하여 시작한 프로그램으로, 참여 학생들에게 공기/물, 에너지, 건강, 토지, 폐기물로 구성된 환경주제들에 대한 교육정보를 제공하고, 한 가지 이상의 프로젝트를 선택하여 필수적으로 참여하게 하고 있다.

다음으로 ENERGY STAR for Higher

Education<sup>9)</sup>은 미국 환경보호국에서 개발한 LEED에 대응하는 건물성능평가툴인 ENERGY STAR를 캠퍼스 건물에 적용하고, 대학기관에서 에너지 관리에 대한 전략적 접근을 할 수 있도록 학생 및 교수진과 파트너십을 형성한다. 웹사이트를 기반으로 최신 정보들을 제공하며, 건물의 에너지 성능을 벤치마킹하고 추적한 정보를 제공하며, 직접적으로 펀드를 지원하지는 않지만, 에너지 효율 개선을 위해 적합한 펀드 정보를 제공하고 있다.

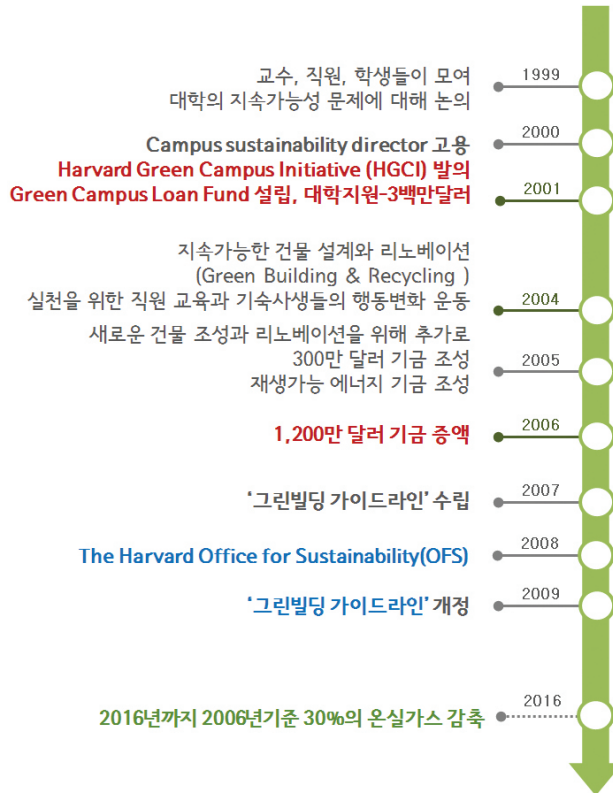
## 해외대학의 그린캠퍼스 추진현황

### 하버드대학교

하버드대학교의 그린캠퍼스 추진<sup>10)</sup>은 1999

8) <http://www.epa.gov/oncampus/index.html>

9) [http://www.energystar.gov/ia/business/challenge/learn\\_more/HigherEducation.pdf](http://www.energystar.gov/ia/business/challenge/learn_more/HigherEducation.pdf)



[그림 3] 하버드대 그린캠퍼스 추진 연혁

년 교수, 직원, 학생들이 모여 대학의 지속가능성 문제에 대해 논의를 하면서 시작되었다(그림 3). 2000년에는 그린캠퍼스 발의를 위하여 Harvard Green Campus Initiative (HGCI)라는 자체기관을 구성하고 인력과 예산을 투입하기 시작하였다.

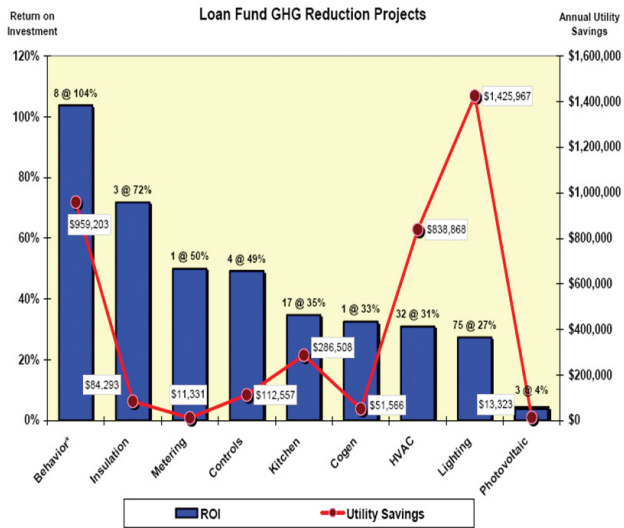
당시, 직원 한 명과 7만 달러의 기금으로 시작 하였지만, 2001년에는 3백만 달러의 용자 프로그램으로 확충하였고, 2006년에는 그린론펜드 (GLF)<sup>11)</sup>로 1200만 달러까지 증액하였다. 그린론펜드는 하버드의 환경적 프로젝트를 위한 자금으로 건물이나 프로젝트별로 공개경쟁을 통하여 고성능 캠퍼스디자인, 운영, 유지, 거주자 행위와 관

련된 프로젝트를 선발하여 선불방식으로 용자금을 지급하는 기금이다. 이후 10년 내에 프로젝트를 통한 에너지 절감비용으로 용자금을 상환하는 방식으로 운용되고 있으며, 이를 통해 HGCI는 매년 8만 달러의 이익을 달성하였고, 온실가스 3만 톤(27,180톤 이상)을 저감한 것으로 보고되고 있다. 현재까지 투자회수율을 30%대로 유지하고 있으며, 192개의 프로젝트를 수행 중인 것으로 보고되고 있다(그림 4). 2008년에는 기존의 전문기관인 HGCI가 The Harvard Office for Sustainability(OFS)로 재편성되면서, 2016년까지 2006년 기준 30%의 온실가스 감축량 목표를

10) <http://www.green.harvard.edu/>

11) Harvard Green Loan Fund, Harvard University Office For Sustainability, April 20,2011

- Category
- 조명
  - HVAC
  - 식당(모든 유형의 커미셔닝)
  - 행위패턴변화
  - 컨트롤
  - 단열
  - 신재생에너지
  - 미터링
  - 열병합발전



[그림 4] 그린론펜드 프로젝트 종류별 절감액

수립하였으며, 캠퍼스 전역에 걸쳐있는 서비스 그룹들과 연계하고, 하버드대의 운영지침 전 과정에 지속가능성을 통합하는 등 더욱 적극적으로 활동하고 있다. 교수, 학생, 직원, 경영진과 함께 캠퍼스를 살아있는 실험장으로의 혁신적인 변화를 목표로 하며, 여러 가지 새로운 프로그램 및 지침들을 수립해가고 있다.

하버드의 지속가능성 원칙은 국제 환경과 인간 간의 참살이를 위하여 연구, 교육, 봉사를 통해 공헌하는 것이며, 학문적 공헌을 기반으로 경제, 보건, 환경성능 등의 모범사례를 제공하고 학생들의 미래 행동과 결정에 영향력을 행사하는 것에 초점을 두고 있다. 따라서 지속가능성을 증진시키기 위한 실행과 건강/생산성/안정성 증진, 캠퍼스 에코시스템 강화, 책임 있는 의사결정 (Responsible Decision-Making)을 지원하는 계획 도구 개발, 환경적 연구 및 학습 장려, 지속가능성을 위한 지표 수립을 수행하고 있다. 특히 하

버드대학은 기후변화와 환경적 영향에 대응해야 할 책임 그리고 특별한 의무를 공시하고 있다.

이에 따라, 통합디자인 방안, 총 생애주기 비용, 에너지 모델링, 서브미터링, 성능 목표량 설정, 34% 에너지 효율성, 35% 물 효율성, LEED 골드 인증, 운영관리 지침 등을 포함하는 그린빌딩 기준(2007 수립, 2009년 개정)을 마련하였으며, 건물단위로 성능을 평가하는 LEED를 적용하여 건물마다 플래티넘, 골드, 실버, 부적격 등의 판정을 내려 지속해서 관리될 수 있는 피드백 시스템을 구축하고 있다(그림 5).

### 펜실베이니아 대학교

펜실베이니아 대학교는 2007년 연구, 강의, 운영지침을 통하여 지속가능성 문화를 증진시키고 환경을 고려한 정책을 통합시키기 위한 목적으로 그린캠퍼스 파트너십<sup>12)</sup>을 설립하였다. 그린 캠퍼스 파트너십에는 부동산 서비스, 비즈니스서

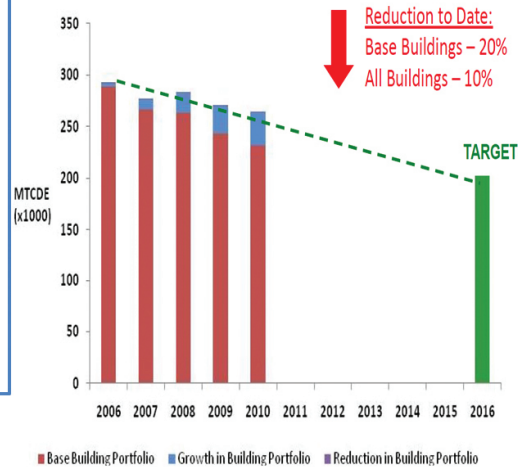
12) <http://www.upenn.edu/sustainability/>

### 그린빌딩기준

Green Building Standards, 2007 수립, 2009년 개정  
리노베이션, 건물 시스템 개선 등에서 스마트 디자인 프로세스를 기반으로 하는 종합적인 그린 빌딩 기준

- 통합디자인 방안
- 총 생애주기 비용
- 에너지 모델링/GHG
- 서브미터링
- 성능 목표량 설정
- 30~34% 에너지 효율성
- LEED 골드 인증
- 운영관리 지침

### 2016년까지 2006년기준 30%의 온실가스 감축



[그림 5] 하버드 그린빌딩 기준 및 목표량

비스, 환경 지속가능성 자문위원회, 교수, 학생그룹, 펜실베이니아 환경단체로 구성되어 있다. 이 중 특히 교수, 교직원, 학생 대표가 속한 환경 지속가능성 자문위원회는 대학 총장의 환경적 이슈 결정에 자문역할을 수행하고 있으며, 학제, 물리적 환경, 에너지 및 유틸리티, 폐기물관리 및 재활용, 교통, 통신을 포함한 총 6개의 소위원회로 구성되고 장단기의 행동계획을 수립하는 역할을 한다.

펜실베이니아 대학은 주요 목표로 2014년까지 2007년 기준 17%의 에너지 소비량 절감, 탄소 배출량 23% 감축을 설정하고 있으며, 건물설계와 건설분야에 있어 LEED 인증을 통한 지속가능한 디자인과 성능을 높이고, 그린펀드 그랜트를 구성하여 교수 및 교직원 학생들을 대상으로 최대 50,000달러를 1회씩 지원하고 있다. 또한, 수행된 프로젝트를 통해 절감된 비용을 대학에 재투자하는 방식을 취하고 있으며, 기후변화 행동계획 연구 그랜트를 마련하여 교수와 학생이 지속가능성에 관련된 개별연구를 진행할 경우 연구 프로젝트 계획 및 규모에 따라 학장이 \$5,000

를 차등 지급하고 있다. 그리고 Peen Green이라는 학생 오리엔테이션을 통하여 학생들의 환경적 관심과 참여를 유도하고 있으며, 커리큘럼 내에 기후변화 및 지속가능성에 관한 부분을 추가하여 지속가능성과 관련된 강의, 컨퍼런스, 토론모임, 투어, 전시 개최 등을 시행하고 있다(표 3).

### 케임브리지 대학

영국은 영국 고등교육 재정위원회 (Higher Education Funding council for England, HEFCE)에서 Revolving Green Fund를 3가지 타입 (RGF 1,2,3)으로 운영하고 있다. RGF 1은 상대적으로 재정규모가 작은 사업을 외부 기업과 파트너십을 결성하여 활용하도록 지원하고 있으며, RGF 2는 RGF 1과 마찬가지로 소규모 에너지 효율화 사업을 지원하며, 그와 더불어 에너지개수 시범사업을 지원한다. RGF 3은 대출 회수기간이 10년인 재정규모가 가장 큰 사업에 해당된다. 또한, 학생들이 자발적 네트워크인 People& Planet을 결성하여, 영국 내 대학의 환경적, 윤리



〈표 3〉 펜실베이니아대학 그린캠퍼스 파트너십 사업내용

구분	내용
에너지	2014년까지 2007년 기준 17%의 에너지 소비량 절감, 탄소배출량 23% 감축 목표 수립
건물설계 및 건설	신축 및 리노베이션 건물에 LEED 실버인증 획득 목표, 그린스페이스 확충, 실내 및 실외 환경 퀄리티 증가, 지속가능한 디자인에 대한 인식 증대
학생들과의 상호연계	Penn Green이라는 학생 오리엔테이션을 통해 환경과 지속가능성에 대한 관심 장려
아카데미	커리큘럼 내 기후변화 및 지속가능성에 대한 부분 추가, 지속가능성과 관련된 강의, 컨퍼런스, 토론모임, 투어, 전시 개최
자금(Fund)	그린펀드 그랜트(Green Fund Grant) 기후변화 행동계획 연구 그랜트(Climate Action Plan Research Grants)

적 활동에 순위를 선정하고 경쟁을 붙이는 Green League를 운영하기도 한다.

특히 케임브리지대학의 Green Challenge 사업은 교내에 있는 부동산 관리기관에 환경에너지 담당 부서를 독립적으로 구성하여 에너지를 건물의 부동산 가치와 연계하고 있다는 점이 주목할 만한 점이다. 환경에너지 담당부서를 중심으로 대학의 탄소배출과 지속가능성 개선을 위한 장기계획을 세우고 있으며, 교직원들의 자발적 네트워크인 환경에너지코디네이터(EECs)의 형성도 교내의 환경 및 에너지 이슈에 대해 학생, 교직원 및 방문자들의 의식을 고취시키는 데 중요한 역할을 하고 있다. 환경에너지코디네이터는 탄소배출량 절감에 영향을 미치는 지속가능한 행위를 장려하기 위하여 환경어드바이스 와 피드백을 제공하고 있으며, 학과마다 설립된 환경 및 에너지 담당 부서의 지원업무를 맡고 있다. 또한 리빙랩(Living Lab)이라는 연구 프로그램을 통하여 학생들이 건물에너지 성능 분석과 효율성 개선방안에 대한 연구를 직접 제안하고 수행할 수 있도록 지원하고 있다. 이에 더해 그린라인이라는 뉴스레터를 발행하여 신축건물의 건설정보에서부터 단과 대학별 여러 프로젝트에 대한 상세정보를 정기적으로 제공하고 있다(표 4).

### 국내 그린캠퍼스 활성화 방안

그린캠퍼스 국외 사례들을 정리해보면, 국제 지속가능한 캠퍼스 네트워크(ISCN)를 형성하여 미국, 유럽, 아시아, 아프리카, 호주의 대학기관이 네트워크 기반의 협력적 전략을 수립하여 시행하고 있다. 미(美)친환경건축의회(USGBC)는 그린스쿨센터를 구성하여 적극적으로 그린캠퍼스 프로그램을 추진하고 있으며, 절감비용 기반의 예산마련 가이드(Paid-From-Savings Guide)를 통해 재원정보를 제공한다. 미(美)환경보호국(EPA)에서는 공기, 물, 에너지, 건강, 토지, 폐기물 등으로 구성된 환경 주제들에 대한 필수교육을 제공하고 있으며, 에너지스타 프로그램을 대학건물에 적용하고, 건물에너지 성능을 벤치마킹하여 추적한 정보 및 펀딩소스를 웹사이트를 기반으로 제공한다.

또한, 국외 대학의 사례로, 하버드에서는 자체기관인 The Harvard Office for Sustainability(OFS)를 구성하여 그린론펜드를 제공하고 그린빌딩기준을 수립하였으며, 펜실베이니아 대학은 그린캠퍼스 파트너십이라는 자체기관을 형성하여 그린펀드 그랜트를 제공하고, 그린빌딩 가이드라인을 수립한다. 영국의 케임브리지 대학은 학과마다 자체 환경에너지부서를 구성

〈표 4〉 케임브리지대학 그린캠퍼스 사업내용

환경에너지코디네이터 (EECs)	Living Lab	환경승인(Green Impact)	지속가능성뉴스레터 (Greenlines)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교직원 자원봉사 네트워크 구성</li> <li>- 교내의 환경 및 에너지 이슈에 관한 학생, 교직원 및 방문자들의 의식을 향상</li> <li>- 탄소배출량을 저감시키고 지속 가능한 행위를 장려하기 위하여 권고사항과 피드백을 제공</li> <li>- 학과마다 설립된 환경 및 에너지 담당부서를 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 학생들이 케임브리지 대학의 지속가능성을 개선할 수 있는 프로젝트를 제안하는 프로그램</li> <li>- 건물, 부지, 운영방안과 직접적으로 관련이 있는 내용에 초점 지정건물의 에너지 성능을 분석</li> <li>- 세부적인 효율성 개선 방안을 연구하도록 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 각 단과대별로 환경적 영향을 축소하기 위한 방안</li> <li>- 각 단과대별 목표량, 기준, 진행과정 등을 나타내는 온라인 워크북에 서명하도록 하는 환경승인 방안</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 매달 발행되는 케임브리지대학의 지속가능성 뉴스레터</li> <li>- 신출건물의 건설부터, 단과대별 프로젝트 및 각종 이벤트까지 대학에서 진행 중인 지속가능성 관련 모든 정보를 제공</li> </ul>

하여 에너지를 줄이기 위한 장기계획을 수립하고 있다(표 5).

앞서 소개한 국외 사례들을 바탕으로 국내 벤치마킹 요소를 도출해보면 다음과 같다.

### 조직-자원-기술의 통합적 솔루션, 담당자 배치를 통한 전문적 운영

앞서 소개한 여러 해외사례의 사업방식을 보면, 주체별로 크게 정부 및 NGO 주도, 대학간 협회구성, 자체기관구성의 3가지 방식으로 정리해 볼 수 있다. 특히 국외의 그린캠퍼스사업들은 건물에너지 분석이나 기술적인 개선에 그치지 않고, 조직-자원-기술을 아우르는 통합적 솔루션

을 제공하는 사례가 많다. 또한, 전담기관 및 전담부서를 수립하고 지속가능성 경영 담당자인 비즈니스오피서를 배치하여 프로그램을 독립적이고 전문적으로 운영하고 있다. 따라서 국내에서도 각 대학 내에 그린캠퍼스 추진을 위한 전담기구와 지속가능성 경영 담당자 (Sustainability Business Officer, SBO)와 같은 전문가 및 팀을 단과대학별로 조성한다면 시의적절한 유지 및 관리가 가능할 것이다.

### 건물별 프로파일 구축과 베이스라인 설정

또한, 앞서 살펴본 국제 지속가능한 캠퍼스 네트워크(ISCN)의 국제적 교류의 핵심원칙 1) 건

〈표 5〉 그린캠퍼스 국외사례 특성

프로그램	주최 방식	성격			특성
		지원	정보	계획	
Green Campus, USGBC	NGO 주도		○	○	Paid-From-Savings Guide 를 기반으로 자금 정보 제공
ENERGY STAR for Higher Education, On Campus ecoAmbassadors Program, EPA	정부 주도		○		공기, 물, 에너지, 건강, 토지, 폐기물로 구성된 환경주제들에 대한 필수 교육
국제 지속가능 캠퍼스 네트워크 (ISCN)	대학간 협회 구성	○	○		미국, 유럽, 아시아, 아프리카, 호주의 대학기관이 협력적으로 전략수립
하버드대 그린캠퍼스	자체기관 구성	○	○	○	자체기관인 The Harvard Office for Sustainability(OFS)를 구성하여 그린론포드 제공
펜실베이니아대 지속가능 캠퍼스	자체기관 구성	○	○	○	그린캠퍼스 파트너십으로 형성된 자체기관을 기반으로 그린 펀드 그랜트 제공
케임브리지대 그린 챌린지	자체기관 구성		○		탄소발출 및 지속가능성을 개선하기 위한 장기계획을 실행하는 것을 책임지도록 하는 자체기관 환경에너지 부서 구성

〈표 6〉 건물의 환경적 영향

구분	내용
캠퍼스 건물 성능의 이해	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지, 물, 자원의 소비량(1인당/바닥면적당)</li> <li>- 탄소방출량, 쓰레기 및 폐기물 양</li> <li>- 높은 환경적 영향을 미치는 건물 용도별 성능(예: 연구 및 실험실, IT시설 등)</li> <li>- 건물 생애주기 데이터</li> </ul>
지속가능한 건물 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 신축건물: 등급분류, 설계전략, 거주자를 건물의 한 부분으로서 통합적으로 고려</li> <li>- 기존건물: 운영 및 관리, 보수전략, 거주자를 건물의 한 부분으로서 통합적으로 고려</li> <li>- 건축자재 조달</li> <li>- 개별 건물 이상을 고려하는 전략</li> <li>- 실천과 연구의 통합 → 캠퍼스건물을 테스트베드로 활용</li> <li>- 실천과 교육을 통합 → 캠퍼스건물을 지속가능한 교육 및 행동 영향을 지원하기 위한 목적</li> </ul>

물의 환경적 영향, 2) 캠퍼스 계획과 목표량 설정, 3) 연구, 교육, 시설, 봉사의 통합 중 건물의 환경적 영향을 첫 번째 핵심원칙인 “달걀노른자”로 표현하듯, 건물외피 및 하드웨어, 달리 말하면 냉난방에너지가 그린캠퍼스 실현에 있어 중요하다고 볼 수 있다(표 6).

캠퍼스 내의 건물들의 특성을 살펴보면 하나의 도시를 보는 것과 마찬가지로 생각해볼 수 있다. 강의동, 실험동, 기숙사 등과 같이 전공별, 건물 용도별로 냉난방에너지를 사용하는 패턴이 다르므로 각 건물의 사용시간과 설정온도를 분석한 에너지 효율화 방안이 제시되어야 하며, 그에 맞는 비즈니스 모델이 구축되어야 할 것이다. 특히 신축이나 증축 건물에 대해서는 획기적으로 에너지 절감이 가능한 방향으로 설계를 의무화하는 보다 적극적인 방안이 필요하다. 캠퍼스 건물의 경우 남향, 서향과 같은 건물 방향의 문제보다는 기능에 따른 에너지 구역으로 구획하여, 기능별로 설정온도에 차이를 두는 방안이 고려될 수 있다. 우리나라의 경우, 건물운영스케줄 패턴이 동일한 상황에서도 에너지 사용량이 상이한 것이 문제이므로 최우선 과제는 대학건물의 에너지 사용에 대한 베이스라인 모델을 구축하는 것이라고 할 수 있다. 베이스라인 모델을 설정하기 위해서는 단위면적당, 1인당의 에너지소비량(kW/m<sup>2</sup> ·

인)을 알아야 하고, 특히 환경에 영향을 크게 미치는 건물(예: 연구 및 실험실, IT시설 등)을 단계적으로 설정하여 용도별 성능을 높이고, 이에 따라 에너지 사용량 자체의 베이스라인을 낮추도록 유도하는 것이 중요하다.

### 요소기술 패키지 적용을 통한 전략적 접근

신축건물의 경우, 설계전략을 철저히 수립하여 프로파일과 관련된 이용자를 건물의 한 부분으로 인식하여 계획하는 것이 중요하며, 기존건물은 관리와 보수전략이 필요하다. 전략수립에서 각각 개별건물에 대한 정보를 생성한 후 요소기술 패키지를 적용하는 방안을 고려해야 한다. 요소기술 패키지에 기본사항이 되는 요소로는 건물 위치, 방향, 재료와 입면을 구성하는 요소인 벽, 창문, 문, 차양과 건물운영스케줄, 사용자, 조명 상세, HVAC 시스템이 있으며 유틸리티 스케줄을 작성하는 것이 선행되어야 한다.

예를 들어, 난방의 경우 단열, 침기, 축열재, 태양열, 창호개선, 차양 등의 요소기술패키지를 작성할 수 있고, 냉방의 경우에는 태양광, 증발냉각, 자연환기 등의 요소기술 적용, 조명의 경우 자연광, 고효율 LED 등의 요소기술의 적용이 가능하다. 시뮬레이션 툴을 이용하여 요소기술 적용 시 절감량을 예측할 수 있으며, 앞서 언급한 미국 환

경보호국(EPA)의 방식과 마찬가지로 표준건물과 비교하여 건물에너지성능을 벤치마킹할 수 있다. 요소기술 패키지를 적용하여 성공적으로 에너지를 절감하고 있는 국외 사례를 살펴보면, 캠퍼스 건물단위로 건물외피, HVAC, 조명 등에 어떠한 요소기술로 개선했을 때 어떠한 성과를 도출하는지를 상세 작성하여 보고하고 있다(표 7). 독일의 도서관의 경우 이러한 요소기술 개선을 통하여 난방에너지를 66%까지 절감하고 있는 것을 볼 수 있다.

### 사업방식의 다각화

앞서 언급한 요소기술별 에너지성능분석의 결과는 어떠한 비즈니스 모델이 필요한지를 결정할 수 있는 근거를 제공하며, 의사결정을 위한 정

보를 추적할 수 있게 한다. 절감 가능한 에너지양에 따라 사업방식을 결정할 수 있으며, 해외대학의 경우 단일대학이 Project Financing(PF)을 실시하는 것을 볼 수 있다. PF란, 미래의 수익성을 담보로 외부 금융기관 등에서 자금을 대출받는 방식을 의미하며, 미래의 현금흐름이 담보되어야 하므로 현재 국내 대학의 건물에너지효율화 사업 규모로는 PF 도입에 한계가 있다. 그러나 국내에서도 도입의 필요성이 요구되고 있으며, 이에 따라 그린캠퍼스 관련 사업의 규모를 확장시켜 중국적으로는 PF를 위한 자금을 조성하는 방안이 필요하다. 또한, 사업을 수행하기 위해서 우선순위가 되는 대상 건물을 선정하고, 정해진 베이스라인을 초과하지 않도록 요소기술패키지를 설정하여 베이스라인을 실현할 수 있는 시스템을 구

〈표 7〉 요소기술패키지의 캠퍼스 건물 적용 국외 사례

학교건물	건물 외피	HVAC	조명	성과
미국 University of Montana, Native American Center	- 개폐가능 창문 - SIP구조단열재 - 태양열반사재 지붕 사용 - 친환경 내부 마감재 - 외부차양 설치 - 고성능 유리창	- 온습도 모니터링 시스템	- 조명제어 권한을 거주자100%에게 개방 - 95% 공간 자연채광 유입	- 55% 에너지 절감
미국 New Mexico Highlands University 기숙사 건물	- 지붕 타일 - 흰색 TPO 지붕막 설치 - R-21외벽단열재 - R-38지붕단열재 - 개구부단열필름 - 개구부차양조절장치	- 타이머 조절 환풍기 설치	- 고효율 조명 - 97%의 공간에 자연 채광 유입	- 25% 에너지 절감
미국 University of New Mexico, 보건교육대 건물	- 통합형 루버설치 - CO <sub>2</sub> 저방출 마감재 사용	- CO <sub>2</sub> 모니터링센서 장착 - 자동 팬 제어 시스템이 장착된 중앙공조 관리시스템 - 자연환기 유도	- 거주자 인식 조명 센서 - 복도에 자연채광 유입	- 24% 에너지 절감
독일 University of Bremen 도서관	- 자동 개폐 제어 가능한 창문으로 교체 - 창문 U-Value 개선 - 제어가능한 기계식 루버 장치 설치 - 외벽, 지붕단열	- 중앙 냉난방/환기시스템을 개별시스템으로 교체 - 개구부에 에어커튼 설치 - 창문 개방 시 자동 난방 잠금 제어장치	- 고효율조명 교체 - 국부조명 - 자연채광 침투를 위한 가구배치 - 자연채광에 따른 자동 조명 제어장치 설치	- 난방 66% 절감 - 냉방 60% 절감 - 전력 50% 절감

13) The University of Montana Payne Family Native American Center, USGBC Project Profile 2011

14) NMHU Student Housing, USGBC Chapter Project Profile 2009

15) Western Michigan University College of Health & Human Services, USGBC Project Profile 2009

16) Retrofit of the Library Building of the University of Bremen, IEN Energy Conservation in Building and Community Systems, Annex36 Case studies overview

측해야 한다.

이러한 과정에서 무엇보다 건물단위의 에너지원단위산정이 요구된다. 일부 국내 대학 몇몇 건물에 대해 베이스라인을 산정해본 결과, 본관 154~263 kWh/(m<sup>2</sup> · y)<sup>17)</sup>, 교양관 185 kWh/(m<sup>2</sup> · y), 인문대 150~195 kWh/(m<sup>2</sup> · y), 본관 190 kWh/(m<sup>2</sup> · a), 공과대 280~288 kWh/(m<sup>2</sup> · y)로 파악되었다. 극소수 이용자 활동(activity)만을 조사하여 산정한 결과이므로 한계점이 존재하나 이를 시발점으로 캠퍼스의 적극적인 사업 수행 노력이 필요하다.

2013년 6월에는 서울그린캠퍼스협의회가 출범하여 2017년까지 2012년 대비 에너지소비량 10%를 줄이겠다는 계획을 수립하였다. 협의회를 기반으로 통합된 조직을 구성하고 정보를 공유하며, 보고서를 보급하는 등의 노력을 기울인다면, 그린캠퍼스 사업의 인식을 제고시켜 사업방식의 다각화에 기여할 수 있을 것이다.

## 결론

우선, 대학 측에서 에너지 소비에 대한 책임을 자각하고, 혁신적인 리더십이 발휘되어 그린캠퍼스를 원활하게 운용한다면, 에너지 절감 정책의 효과가 그 어느 분야보다도 더 확연하게 드러날 수 있을 것으로 기대된다. 건물에너지 고효율화 및 절감 방안으로는 리모델링과 신재생에너지로의 에너지원 전환이 있다.

하지만 대부분 건물에너지합리화사업은 초기 투자비가 높아 즉각적으로 시도되지 않고 있으며, 투자 효과 또한 여러 가지 인문·환경적 요인이 복합적으로 결합되어 있기 때문에 직접 나타나지 않는다. 신재생에너지 시스템의 경우 에너

지 이용률이 어느 수준 이상 되어야 가동한 효과가 나타나기 때문에 활용도가 현저히 떨어지는 것이 현실이다. 그러나 캠퍼스의 경우 이용자의 수가 많고 일정 수위 이상의 에너지 소비가 이루어지므로 건물에너지효율화 사업뿐만 아니라, 신재생에너지로의 전환이 다른 부문에 비해 원활히 이루어질 수 있는 기회요소가 있다. 즉, 에너지 절약형 시스템 설치 효과에 대한 가시성이 높아, 투자 대비 수익률을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

다음으로, 유럽과 미국 등의 모범사례에서 살펴봤듯이 조직-재원-기술의 통합적인 접근 및 이를 바탕으로 한 시스템 구축이 필요하다. 이러한 통합적 운용시스템을 구축하기 위해서 선결되어야 할 과제는 건물별 프로파일링을 통한 베이스라인의 설정과 요소기술패키지의 개발 및 제공이다. 이를 위해서 각 대학의 구성원 간의 합의를 구성하여 토론 및 연구개발 활동을 장려 및 활성화시키고, 일관되고 정교한 베이스라인과 패키지를 만들어 전략적으로 에너지 효율화에 접근해야 할 것이다.

끝으로, 캠퍼스에서의 혁신적인 에너지저장기술 적용은 보다 쾌적한 교육환경을 제공할 뿐만 아니라 건물 자체가 유용한 interactive teaching tool, 즉 대화형 교재로 활용될 수 있다는 데 의의가 있다.

우리나라는 대부분 대학과정을 통해 인적자본이 형성되고 있다. 이는 대학의 역할이 중요하다는 것을 의미하며, 따라서 교육과정이 미래지향적인 방향으로 설정되어야 한다. 이에 대학은 에너지 다소비 주체로서 그 책임을 짊어지고 에너지정책에 적극적으로 나서야 할 때가 되었다. 에너지를 직접 절감하기 위한 저에너지 건축기술을 연구 개발하는 지식집단(think tank)의 역할을

17) 현재 국내에서 단위면적당 에너지요구량 및 에너지소비량의 단위는 kWh/m<sup>2</sup> · y, kWh/m<sup>2</sup> · 년 또는 kWh/m<sup>2</sup> · year 등으로 혼용되어 사용되고 있으나, 국제기준 ISO 13790에 따라 kWh/(m<sup>2</sup> · a)로 표기. a: annual

수행하여야 하며, 시민사회와 정부의 투자와 협력을 유도하고 이끌어내야 한다. 이러한 노력은 궁극적으로는 대학 내에서 교육을 받는 미래 인

적자본(human capital)의 에너지 의식에 영향을 주고, 에너지 절감 정책이 유지 발전될 수 있는 원천을 제공할 것이다. ❁