

대학의 건물에너지 효율화를 위한 사업모델 적용방안



서울연구원 부연구위원 **김민경**
(min@si.re.kr)

1. 서론

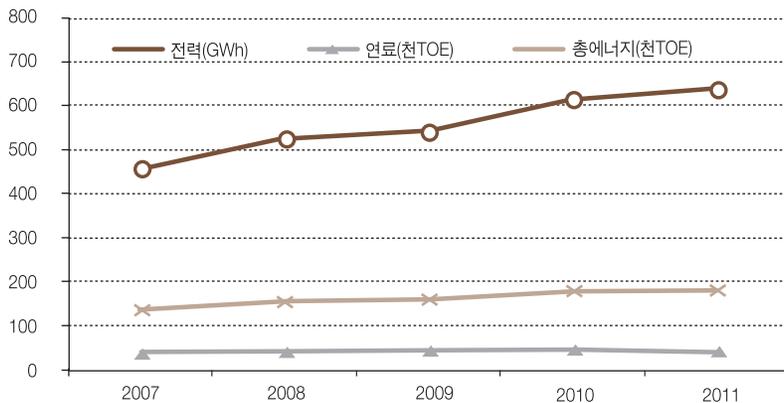
에너지소비를 줄이는 것이 에너지정책의 가장 중요한 이슈이며, 대표적인 에너지 다소비 건물인 대학의 건물에너지 효율화가 시급한 문제로 부각되고 있다. 통계자료에 따르면 서울시의 에너지 소비량은 지속되던 증가추세가 주춤해지며, 최근 3.2%가 감소했으나 대학의 에너지 소비량은 약 32%가 증가하였다. 또한 서울시 에너지 다소비 건물 100위 내 일반대학이 21

개소(약 39%)가 포함되어 대학의 건물에너지 효율화의 시급성을 보여 주고 있다. 이러한 배경 하에 본고에서는 국외 사례 분석을 바탕으로 대학의 건물에너지 효율화를 위한 사업모델을 제시하고자 한다.

2. 국외 사례분석

가. 국제 네트워크 및 대학 사례

[그림 1] 대학의 에너지 소비량 추이



자료: 2013 에너지 통계 핸드북(에너지관리공단) 재구성

1) 국제 지속가능한 캠퍼스 네트워크(International Sustainable Campus Network, ISCN)

ISCN은 대학 간의 정보 및 아이디어 교류, 지속가능한 캠퍼스 운영을 목표로 하는 대학 간의 협력 네트워크로 2007년에 결성되었다. 이후 지속가능성 개념 및 실습에 대한 내용을 연구와 교육에 통합시키기 위한 글로벌 포럼을 제공하고 있으며, “ISCN 지속가능한 캠퍼스 선언문(ISCN-GULF Sustainable

Campus Charter)”과 가이드라인을 작성하여 목표를 설정하고, 목표달성을 향한 과정을 투명하게 공유하고 있다. 참여기관의 교수진과 스텝들로 구성된 실무 그룹을 조직하여 지속가능한 캠퍼스 선언문의 주요사항들을 위한 자료를 개발하고 주요이슈들을 연구 및 수행한다(〈표 1〉 참조).

또한 캠퍼스 지속가능성을 위한 전략적 이슈를 더욱 심도 있게 다루기 위한 국제 컨퍼런스와 심포지엄을 개최하고, 매년 지속가능성 우수캠퍼스를 선발하

〈표 1〉 ISCN 연구 아젠다

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

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

고 시상하여 동기부여를 하고 있다.

ISCN의 국제적 교류의 핵심원칙은 1) 건물의 환경적 영향, 2) 캠퍼스 계획과 목표량 설정, 3) 연구, 교육, 시설, 봉사의 통합으로 구성된다([그림 2] 참조). 첫 번째 원칙은 건물의 환경적 영향으로, 이는 건물외피를 비롯한 하드웨어, 냉난방 에너지가 미치는 지속가능성 영향을 의미한다. 1인당, 바닥면적당 에너지 소비량을 줄이기 위한 요소기술이 필요하며, 이에 앞서 에너지사용량에 대한 표준이 설정되어야 한다.

두 번째 원칙은 캠퍼스 에너지계획과 목표량을 설정하고 목표량 달성을 위한 전략을 세우는 것을 의미한다. 미국의 버클리주립대학의 경우에는 건물별 에너지 이용특성에 따라, 전력공급업체에서 제공하는 87가지 전력스케줄(electric schedule) 중에 선택적으로 적용하고 있으며, 지속적으로 모니터링하여 1년 단위로 갱신하고 피드백하여 적정목표치에 근접해가고 있다.

세 번째 원칙은 실천운동, 캠페인, 봉사활동과 같은

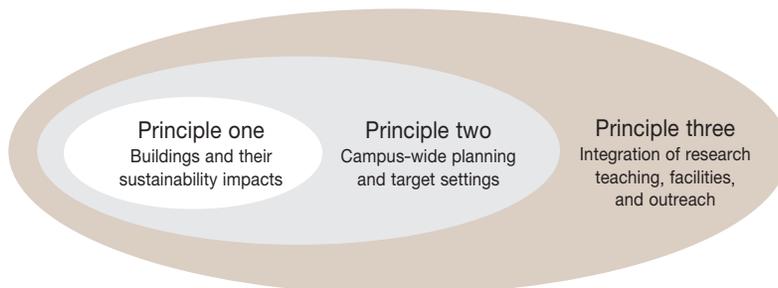
소프트웨어적인 측면의 통합적 개념이 그린캠퍼스의 밑그림으로 그려져야 한다는 것이다.

2) 하버드의 그린캠퍼스

하버드대학교의 그린캠퍼스¹⁾는 1999년 교수, 직원, 학생들이 모여 대학의 지속가능성 문제에 대해 논의를 하면서 시작되었다. 2000년에는 그린캠퍼스 발의를 위하여 Harvard Green Campus Initiative (HGCI)라는 자체기관을 구성하고 인력과 예산을 투자하기 시작하였다. 직원 한명과 7만 달러의 기금으로 시작하여 2001년 3백만 달러의 용자 프로그램을 통해 확충하였고, 2006년에는 그린론펜드(GLF)를 1200만 달러까지 증액하였다.

그린론펜드(GLF)는 하버드의 환경적 프로젝트를 위한 자금으로 건물이나 프로젝트별로 공개경쟁을 통하여 고성능 캠퍼스 디자인, 운영, 유지, 거주자 행위와 관련된 프로젝트를 선발하여 선불방식으로 용자금

[그림 2] ISCN 국제교류의 핵심원칙



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

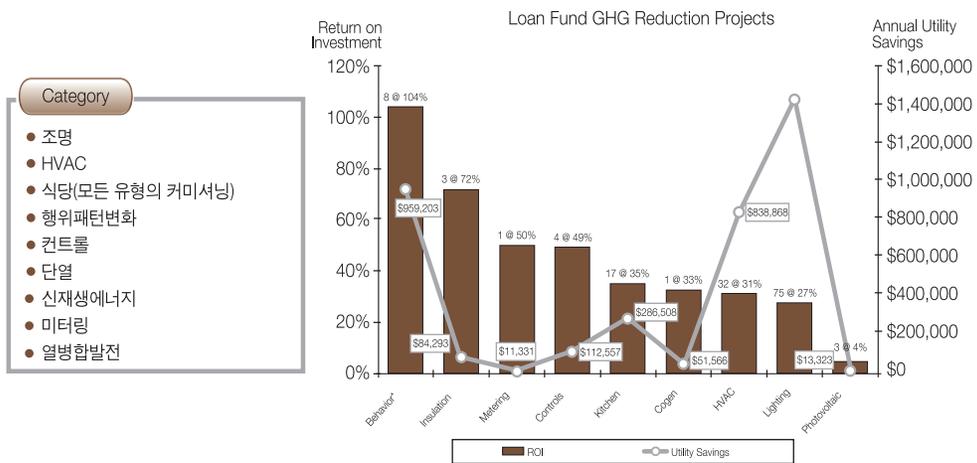
1) <http://www.green.harvard.edu/>

을 지급한다. 이후 프로젝트를 통한 에너지 절감비용으로 10년 안에 용자금을 상환하는 방식으로 진행하고 있다. 이를 통해 HGCI는 매년 8만 달러의 이익을 달성하였고, 온실가스 3만톤(27,180톤 이상)을 저감한 것으로 보고되고 있다. 현재까지 투자회수율을 30%대로 유지하고 있으며, 192개의 프로젝트를 수행 중인 것으로 보고되고 있다([그림 3] 참조).

2008년에는 기존의 전문 자체기관인 HGCI가 The Harvard Office for Sustainability(OFS)로 재편성되면서, 2016년까지 2006년 기준 30%의 온실가스 감축량 목표를 수립하였으며, 캠퍼스 전역에 걸쳐있는 서비스 그룹들과 연계하고, 하버드대의 운영지침 전 과정에 지속가능성을 통합하는 등 더욱 적극적으로 활동하고 있다. 교수, 학생, 직원, 경영진과 함께 캠퍼스를 혁신해서, 살아있는 실험장(living laboratory)으로 변화시키는 것을 목표로 하며, 여러 가지 새로운 프로그램과 지침들을 수립해가고 있다.

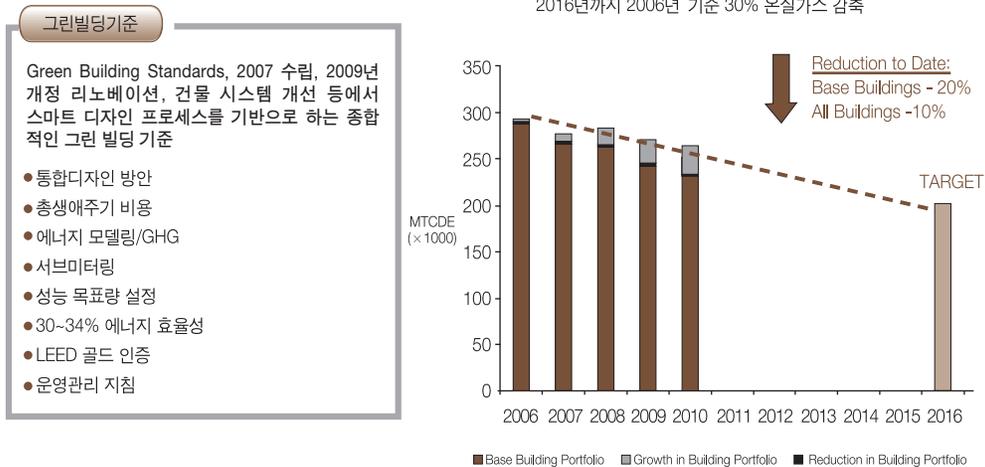
하버드의 지속가능성 원칙은 국제 환경과 인간의 참살이를 위하여 연구·교육·봉사를 통해 공헌하는 것이며, 학문적 공헌을 기반으로 경제·보건·환경성능 등의 모범사례를 제공하며 학생들의 미래 행동과 결정에 영향력을 행사하는 것에 초점을 두고 있다. 따라서 지속가능성을 증진시키기 위한 실행방안과 건강/생산성/안정성 증진, 캠퍼스 에코시스템 강화, 책임 있는 의사결정(Responsible Decision-Making)을 지원하는 계획 도구 개발, 환경적 연구 및 학습 장려, 지속가능성을 위한 지표 수립을 수행하고 있다. 특히 하버드대학은 기후변화와 환경적 영향에 대응해야 할 책임과 특별한 의무를 공시하고 있다. 이에 따라 통합 디자인 방안, 총 생애주기 비용, 에너지 모델링, 서브 미터링, 성능 목표량 설정, 에너지 효율성, 물 효율성, LEED 골드 인증, 운영관리 지침 등을 포함하는 그린 빌딩 기준(Green Building Standards, 2007 수립, 2009년 개정)을 마련하였으며, 건물단위로 성능을 평

[그림 3] 그린론펀드 프로젝트 종류별 절감액



자료: Heather Henriksen, Harvard Green Loan Fund, Harvard University Office For Sustainability, April 20, 2011

[그림 4] 하버드 그린빌딩 기준 및 목표량



자료: Harvard Green Loan Fund, Harvard University Office For Sustainability, April 20, 2011

가하는 LEED를 적용해서 건물마다 백금, 골드, 실버, 부직격 등의 판정을 내려 지속적으로 관리할 수 있는 피드백 시스템을 구축하고 있다([그림 4] 참조).

3) 펜실베니아대의 지속가능캠퍼스

펜실베니아대학교²⁾는 2007년 연구·강의·운영지침을 통하여 지속가능성 문화를 증진시키고 환경을 고려한 정책을 통합시키기 위한 목적으로 그린캠퍼스 파트너십(Green campus partnership)을 형성하였다. 부동산 서비스, 비즈니스서비스, 환경 지속가능성 자문위원회, 교수, 학생그룹, 펜실베니아 환경단체로 구성된다. 특히 교수, 교직원, 학생 대표로 구성된 환

경 지속가능성 자문위원회는 대학 총장의 환경적 이슈 결정에 자문역할을 수행한다. 학제, 물리적 환경, 에너지 및 유틸리티, 폐기물관리 및 재활용, 교통, 통신을 포함한 총 6개의 소위원회로 구성되며 장단기의 행동계획을 수립하는 역할을 하고 있다.

펜실베니아 대학은 주요 목표로 2014년까지 2007년 기준 17%의 에너지 소비량 절감, 탄소배출량 23% 감축을 설정하고 있으며, 건물설계와 건설부문에 있어 LEED 인증을 통한 지속가능한 디자인과 성능을 높이는 데 있다. 그린펀드 그랜트(Green Fund Grant)를 구성하여 교수, 교직원, 학생들을 대상으로 최대 50,000달러를 1회씩 지원하고 있으며, 수행된 프로젝트를 통해 절감된 비용을 대학에 재투자하

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



는 방식을 취하고 있다. 또한 기후변화 행동계획 연구 그랜트(Climate Action Plan Research Grants)를 마련하여 교수와 학생이 지속가능성에 관련된 개별연구를 진행할 경우, 연구 프로젝트를 계획하여 규모에 따라 학장이 \$5,000를 차등 지급하고 있다. 또한 Penn Green 이라는 학생 오리엔테이션을 통하여 학생들의 환경적 관심과 참여를 유도하고 있으며, 커리큘럼 내에 기후변화 및 지속가능성에 관한 부분 추가하여 지속가능성과 관련된 강의, 컨퍼런스, 토론편모임, 투어, 전시 개최 등을 시행하고 있다(〈표 2〉 참조).

4) 케임브리지 대학의 Green Challenge

영국의 사례를 살펴보면, 영국 고등교육 재정위원

회(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 3은 대출 회수기간이 10년인 재정규모가 가장 큰 사업에 해당된다. 또한 학생들이 자발적 네트워크인 People & Planet을 결성하여, 영국 내 대학의 환경적·윤리적 활동에 순위를 선정하고 경쟁을 붙이는 Green League를 운영하기도 한다.

특히 캠브리지 대학³⁾의 Green Challenge 사업은 교내에 있는 부동산 관리기관에 환경에너지 담당부서를 독립적으로 구성하여 에너지를 건물의 부동산 가치와 연계하고 있다는 점이 주목할 만하다. 환경에너지 담당부서를 중심으로 대학의 탄소배출과 지속가능

〈표 2〉 펜실베이니아대 그린캠퍼스 파트너십 사업내용

구분	사업내용
에너지	· 2014년까지 2007년 기준 17%의 에너지 소비량 절감, 탄소배출량 23% 감축 목표 수립
건축설계 및 시공	· 신축 및 리노베이션 건물에 LEED 실버인증 획득 목표 · 그린스페이스 확충, 실내 및 실외 환경 질리티 향상 · 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, 토론편모임, 투어, 전시 개최
자금(Fund)	· 그린펀드 그랜트(Green Fund Grant) · 기후변화 행동계획 연구 그랜트(Climate Action Plan Research Grants)

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

3) <http://www.environment.admin.cam.ac.uk/home>

성 개선을 위한 장기계획을 세우고 있다. 교직원들의 자발적 네트워크인 환경·에너지 코디네이터(EECs)의 형성도 교내의 환경 및 에너지 이슈에 관한 학생, 교직원 및 방문자들의 의식을 고취시키는 데 중요한 역할을 하고 있다. 환경·에너지 코디네이터(EECs)는 탄소배출량 절감에 영향을 미치는 지속가능한 행위를 장려하기 위하여 환경 어드바이스와 피드백을 제공하고 있으며, 학과마다 설립된 환경 및 에너지 담당부서의 지원업무를 맡고 있다. 또한 리빙랩(Living Lab)이라는 연구 프로그램을 통하여 학생들이 건물 에너지 성능 분석과 효율성 개선방안에 대한 연구를 직접 제안하고 수행할 수 있도록 지원하고 있으며, 그린라인(Greenlines)이라는 뉴스레터를 발행하여 신축건물의 건설정보에서부터 단과 대학별 여러 프로젝트에 대한 상세정보를 정기적으로 제공하고 있다(〈표 3〉 참조).

나. 정책사례

1) The U.S. Green Building Council(USGBC)

삶의 질 향상을 위한 건물, 환경, 사회적 개선을 미션으로 설립된 미국 비정부단체인 친환경건축회의(USGBC)는 대학 캠퍼스의 에너지 효율성 개선, 자원 보존, 환경 질 강화, 건강한 교육환경 건립을 위하여 그린스쿨센터(The center for green schools)를 구성하여 그린캠퍼스(Green Campus) 프로그램을 추진하고 있다. 특히 USGBC가 개발한 미국 친환경 건축물 인증제도인 LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)의 그린빌딩 등급 시스템을 프레임워크로 사용하여, 캠퍼스의 지속가능한 건물을 위한 설계·보수·유지관리 부문의 가이드를 제시하고 있다.

〈표 3〉 캠퍼리지대 그린캠퍼스 사업내용

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

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

USGBC가 제공하는 기존 건물의 운영관리를 위한 LEED EBOM(LEED for Existing Building Operation and Maintenance)은 환경과 인간의 건강 모두를 고려한 5가지 핵심사항인 지속가능한 부지 개발, 물 절약, 에너지효율, 자재 선택, 우수한 내부 환경을 인식함으로써 건축 전체의 지속가능성에 초점을 둔 인증제도이다. 에너지부문을 보면 건축도면 기

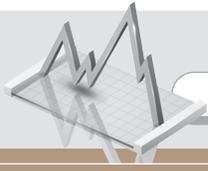
반의 에너지효율성 관리, 에너지사용량을 측정하고, 냉난방관리 등의 내용이 포함된다(〈표 4〉 참조).

이외에도 그린빌딩에 대한 학생들의 선도와 교육을 위해 지속가능성 개념을 교육용 커리큘럼에 통합하고 있으며, 캠퍼스 그린빌딩 활용 가이드 텍스트북을 제공한다. 또한 캠퍼스를 하나의 실험용 테스트베드로 활용할 수 있도록 다양한 프로젝트 실행을 위한 지원

〈표 4〉 LEED EBOM

분야	주요내용
지속가능한 사이트 (Sustainable sites)	<ul style="list-style-type: none"> · 건물 외부 인공시설물 관리 계획 · 오픈스페이스 관리 · 열섬현상감축(지붕/표면) · 조명관리: 침입광 반사광 등의 최소화
물 효율성 (Water efficiency)	<ul style="list-style-type: none"> · 실내 배관기구 및 부품의 효율성 · 냉각타워 관리
실내 환경질 (Indoor environmental quality)	<ul style="list-style-type: none"> · 실내 최소 공기질 성능 · 자연환기 관리 · 거주자 쾌적성: 온습도 모니터링 · 시스템 제어정도 · 일조 및 조망 · 실내 그린클리닝
운영혁신성 (Innovation in operations)	<ul style="list-style-type: none"> · 운영전략 수립 · 운영비 대비 영향력 보고
에너지 및 대기 (Energy and atmosphere)	<ul style="list-style-type: none"> · 에너지 효율 관리: 계획, 도면, 개선가능성 평가 · 에너지 사용량 측정을 위한 미터링 · 기초냉방관리 · 에너지성능 최적화 · 건물구성요소별 성능측정: 주요 건물 시스템 모니터링, 제어하는 컴퓨터기반 건물 자동화시스템 여부 · 신재생에너지 사용여부 · 배출량 및 감축량 보고
건축재료 및 자원 (Materials and Resources)	<ul style="list-style-type: none"> · 친환경 재료 구매: 영구적 제품, 시설대체, 수은 포함량이 낮은 조명

자료: <http://www.usgbc.org/ebom>



방안을 제공하고 있으며, “절감비용 기반의 예산마련 가이드 (Paid-From-Savings Guide)”를 건물 관리자들에게 제공하여, 에너지 절감비용을 바탕으로 건물 유지보수를 위한 자금을 충족시키는 방안을 구체적으로 가이드하고 있다.

2) EPA(United States Environmental Protection Agency)

미국 환경보호청(EPA)에서는 On Campus eco Ambassadors Program과 ENERGY STAR for Higher Education 이라는 캠퍼스에 초점을 둔 정부 프로그램을 운영하고 있다.

가) On Campus ecoAmbassadors Program

캠퍼스 환경에 대한 인식을 증진시키고, 건강과 환경을 보호하고자 하는 미국 환경보호청(EPA)의 미션을 수행하기 위하여 시작한 프로그램으로, 참여 학생들에게 공기/물, 에너지, 건강, 토지, 폐기물로 구성된 환경주제들에 대한 교육관련 정보를 제공하고, 한 가지 이상의 프로젝트를 선택하여 필수적으로 참여하게 한다.

나) ENERGY STAR for Higher Education

미국 환경보호청(EPA)에서 개발한 LEED에 대응하는 건물성능평가툴인 ENERGY STAR를 캠퍼스 건물에 적용하고, 대학기관에서 에너지관리에 대한 전략적 접근을 할 수 있도록 학생과 교수진이 파트너십을 형성한다. 웹사이트를 기반으로 최신 정보들을

제공하며, 건물의 에너지 성능을 벤치마킹하고 추적한 정보를 제공한다. 직접적으로 펀드를 지원하지는 않지만 에너지 효율 개선을 위해 적합한 펀드 정보를 제공하고 있다.

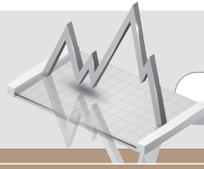
다. 요소기술의 적용

신축건물의 경우, 설계전략을 철저히 수립하여 건물용도별 이용스케줄에 따른 용도프로파일을 작성하는 것이 중요하다. 건물 이용자를 건물의 한 부분으로 인식하여 계획한다는 개념이며, 기존건물은 관리와 보수전략이 필요하다. 전략수립에 있어서 각각 개별 건물에 대한 정보를 생성한 후 요소기술 패키지를 적용하는 방안을 고려해야 한다. 요소기술 패키지에 기본사항이 되는 요소로는 건물위치, 방향, 재료와 입면을 구성하는 요소인 벽, 창문, 문, 차양과, 건물운영스케줄, 사용자, 조명상세, HVAC 시스템이 있으며 유틸리티 스케줄을 작성하는 것이 선행되어야 한다.

예를 들어, 난방의 경우 단열, 침기, 축열체, 태양열, 창호개선, 차양 등의 요소기술 패키지를 작성할 수 있고, 냉방의 경우에는 태양광, 증발냉각, 자연환기 등의 요소기술의 적용, 조명의 경우 자연광, 고효율 LED 등의 요소기술의 적용이 가능하다. 시뮬레이션 툴을 이용하여 요소기술 적용시 절감량을 예측할 수 있으며, 앞서 언급한 미국 환경보호청(EPA)의 방식과 마찬가지로 표준건물과 비교하여 건물에너지성을 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 5)

〈표 5〉 요소기술 패키지의 캠퍼스 건물 적용 국외 사례

	건물외피	HVAC	조명	성과
미국 University of New Mexico ⁶⁾ -보건교육대 건물	· 통합형 루버설치 · CO ₂ 배출저감 마감재 사용	· CO ₂ 모니터링센서 장착 · 자동 팬 제어 시스템이 장착된 중앙 공조 관리 시스템 · 자연환기 유도	· 거주자 인식 조명 센서 · 복도에 자연채광 유입	· 에너지 24% 절감 · 물 42%절약
미국 University of New Mexico ⁶⁾ -자연과학박물관 건물	· 지붕 및 외벽에 복합단열 재 삽입		· 자연채광 유입을 위한 양측 외벽 제거, · 천장보수/실내 분할시 클래스 파티션 이용하 여 자연채광 유지 (84% 공간에 자연채광 유입)	· 에너지 13% 절감 · 물 37%절약
미국 New Mexico Highlands University ⁶⁾ -기숙사 건물	· 열섬현상을 줄이기 위한 콘크리트 지붕 타일 · 흰색 TPO 지붕막 설치 · R-21 외벽 단열재 · R-38 지붕 단열재 · 개구부에 에너지절약 단열 필름 부착 · 개구부 차양조절장치	· 타이머 조절 환풍기 설치	· 고효율 조명 · 97%의 공간에 자연채 광 유입	· 에너지 25% 절감 · 물 50%절약
미국 Western Michigan University ⁷⁾ -보건대 건물	· 우수범람관리 시스템 · 코르크/대나무 바닥재 · 개구부에 한지를 이용하여 자연채광 유입		· 거주자 인식 조명 센서	· 에너지 21% 절감 · 물27% 절약
미국 Clark University ⁸⁾ -바이오사이언스 건물	· Green Seal 기준에 맞는 친환경 마감재	· 온습도 모니터링 시스템		· 에너지 34% 절감 · 물31% 절약
미국 University of Montana ⁹⁾ -Native American Center	· 개폐 가능한 창문 · 지역자원 나무를 바다, 천정, 개구부 프레임에 활용 · SIP 구조단열재 · 열반사재 지붕 사용 · 친환경 내부 마감재 · 외부차양 설치 · 고성능 유리창	· 온도제어 권한을 거주자 62%에게 개방 · 지하수 냉방 시스템 · 고성능 필터가 장착된 공 조장치	· 조명제어 권한을 거주 자 100% 개방 · 95% 공간에 자연채광 유입	· 에너지 55% 절약



	건물외피	HVAC	조명	성과
미국 University of New Hampshire ¹⁰⁾ -체육관			<ul style="list-style-type: none"> · 고효율 조명(T-5 램프 와 3-Tube 조명기구) 설치 · 건물 자동화시스템 (BAS)에 의해 조명 자동제어 	<ul style="list-style-type: none"> · 연간 46,640 kWh 전력 절감 · 연간 에너지 비용 약 460 만원 절감
그리스 National Technical University of Athens(N.T.U.A) ¹¹⁾ -화학공학건물	<ul style="list-style-type: none"> · 외부단열개선 · 개구부 U-value 개선 · 개구부 프레임을 통한 외기침기량 감소 · 차양설치 · 패시브 태양열시스템 · 자연채광을 위한 설비(광선반, 광강도 조절도구) · 아트리움 지붕커버 · 파사드에 태양광시스템 통합(BIPV) 	<ul style="list-style-type: none"> · 팬과 펌프 개선 · 덕트 및 파이프 단열 · 냉난방시스템 개선 · 에어필터와 공조기 교체 · 천연가스, 바이오연료로 교체 · 천정팬 교체 · 증발식 냉각장치 · 지하수냉방 · 축열체(Thermal Mass) 	<ul style="list-style-type: none"> · 실내 조도레벨 낮춤 · 국부조명사용 · 고효율 램프 사용 · 자연채광 제어 	<ul style="list-style-type: none"> · 난방 34.5% 절감 · 냉방 68.6% 절감 · 전력 55.0% 절감
그리스 National Technical University of Athens(N.T.U.A) ¹²⁾ -공대건물	<ul style="list-style-type: none"> · 외부단열개선 · 개구부 U-value 개선 · 개구부 프레임을 통한 외기침기량 감소 · 차양설치 · 패시브 태양열시스템 · 자연채광을 위한 설비 	<ul style="list-style-type: none"> · 냉난방 제어 · 팬과 펌프 효율성, 냉난방 공급시스템 개선 · 덕트 및 파이프 단열 · 에어필터와 가습기 교체 · 자연환기 및 야간환기 유도 · 천정팬 사용 · 증발식 냉방 · 지하수 냉방 · 축열체(Thermal Mass) 	<ul style="list-style-type: none"> · 실내 조도레벨 낮춤 · 국부조명 사용 · 실내 조명장비 제어 · 조명기기 효율개선 · 외부조명 제어 	<ul style="list-style-type: none"> · 난방 46.0% 절감 · 냉방 73.3% 절감 · 전력 45.0% 절감
그리스 University of Ioannina New School ¹³⁾ -철학과 건물	<ul style="list-style-type: none"> · 차양설치 · 패시브 태양열 시스템 · 자연채광도구 사용 	<ul style="list-style-type: none"> · 자연환기 유도 · 야간 환기 · 지하수 냉방 · 축열체(Thermal Mass) 이용 	<ul style="list-style-type: none"> · 아트리움 공간을 통한 자연채광 유입 	<ul style="list-style-type: none"> · 연간 에너지요구량의 31.0%를 태양열시스템으로 획득
독일 University of Bremen ¹⁴⁾ -도서관	<ul style="list-style-type: none"> · 자동 개폐 제어 가능한 창문으로 교체 · 창문 U-Value 개선 · 제어가능한 기계식 루버장치 설치 · 외벽, 지붕단열 	<ul style="list-style-type: none"> · 중앙 냉난방/환기 시스템을 개별시스템으로 교체 · 개구부에 에어커튼 설치 · 창문이 열려 있을 때 자동 난방 잠금 제어장치 	<ul style="list-style-type: none"> · 고효율조명(T5 램프) 교체 · 국부조명 · 자연채광 침투를 위한 가구배치 · 자연채광에 따른 자동 조명 제어장치 설치 	<ul style="list-style-type: none"> · 난방 66.0% 절감 · 냉방 60.0% 절감 · 전력 50.0% 절감

	건물외피	HVAC	조명	성과
독일 University of Stuttgart ¹⁵⁾ -연구강의동		· 온습도센서 설치 · 환기시스템 모터교체 · CO ₂ 측정센서 · 실제 사용자 요구에 맞는 냉난방 최적화 방식 · 에너지 모니터링		· 총에너지 비용의 31.0% 절감
독일 University of Ulm University ¹⁶⁾ -연구강의동		· 250개의 온도센서 설치 · 환기시스템 모터교체 · 환기최적화 전략수립 · 실제 사용자 요구에 맞게 냉난방 최적화 · 열회수 최적화 · 에너지 모니터링		· 총에너지량의 40.0% 절감
폴란드 Poznan University of Technology ¹⁷⁾ -전자공학과 건물	· 외장재 단열(10cm, 5cm 스티로폼) · 지붕단열(10cm 스티로폼) · 창문 교체(나무프레임을 PVC 프레임으로 교체, 이중유리창	· 자동온도조절 장치가 장착된 냉난방기기		· 총에너지 사용량 70.8% 절감 예측

4) IEA, 2011, UNM Domenici Center for Health Sciences Education, USGBC Chapter Project Profile 2011

5) IEA, 2011, UNM Museum of Natural History and Science, USGBC Chapter Project Profile 2011

6) IEA, 2009, NMHU Student Housing, USGBC Chapter Project Profile 2009

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

8) IEA, 2008, Lark University Lasry Center for Bioscience, USGBC Project Profile, 2008

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

10) Lighting Retrofit—University of New Hampshire—Lundholm Gymnasium, US, IEA Energy Conservation In Buildings and Community Systems, Annex 36 Case studies overview

11) Retrofitting of Chemical Engineering building, N.Y.U.A. Greece, IEA Energy Conservation in Building and Community Systems, Annex36 Case studies overview

12) Retrofitting of the Rural and Surveying Engineering Building, N.T.U.A., Athens, Greece, IEA Energy Conservation in Building and Community Systems, Annex36 Case studies overview

13) Passive Solar Retrofitting of the University of Ioannina New School of Philosophy Building, Greece, IEA Energy Conservation in Building and Community Systems, Annex36 Case studies overview

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

15) Research and teaching buildings at the University of Stuttgart, Germany, IEA Energy Conservation in Building and Community Systems, Annex36 Case studies overview

16) University of Ulm, Germany, IEA Energy Conservation in Building and Community Systems, Annex36 Case studies overview

17) Poznan University of Technology, Poland, IEA Energy Conservation in Building and Community Systems, Annex36 Case studies overview

참조). 이를 통해 독일의 도서관의 경우 이러한 요소 기술 개선을 통하여 난방에너지를 약 66%까지 절감하고 있는 것을 알 수 있다.

라. 재원확보

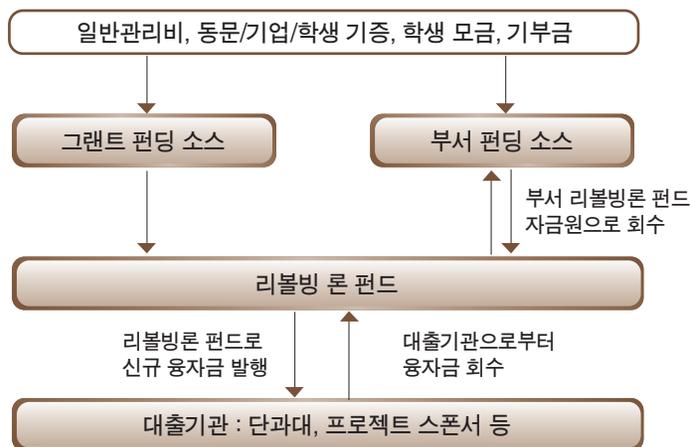
대학이 에너지효율 프로젝트의 자금을 마련하기 위해서는 다양한 펀딩 소스를 통합하여 재원을 마련하는 것이 필요하다. 미국의 경우 펀딩 전략을 설계할 때 비즈니스 담당자(Business Officer)¹⁸⁾가 펀딩의 적합성을 판단하는 것부터 시작, 프로젝트의 펀딩 시기와 규모를 고려하고, 안전망을 확보한다. 펀딩을 확보하는 방안으로는 크게 기관의 내부 펀딩소스 및 예산으로 충당하는 자체조달 방안과, 공공이나 민간 지원금을 통한 외부지원 방안이 있다.

1) 자체조달 방안

자체조달 방법으로는 대학기관별 내부 예산 프로세스에 따라 그린캠퍼스 사업 투자를 예산에서 직접 지출하기도 하며, 향후 프로젝트를 위해 일정의 지원금 명목으로 미리 배당시켜놓기도 한다. 일반관리비, 동문, 기업, 학생 기증, 학생 요금, 기부금 등을 활용할 수 있으며, 더욱 경제적인 방안으로는 내부 펀딩소스를 리볼빙론 펀드(Revolving Loan Fund)와 같은 형식으로 각 단과대에 지원하여 대학이 프로젝트의 스폰서 역할하는 것이다.

리볼빙론 펀드는 자체예산을 기반으로 자금적으로 보충하는 펀딩프로세스로, 융자 원금과 이자를 이용하여 새로운 융자를 발행하는 방식을 의미한다. 리볼빙론 펀드는 유동적이고, 비교적 저렴한 비용의 체계

[그림 6] 리볼빙론 펀드 프로세스



18) Ben Barlow and Andrea Putman, Financing Sustainability on Campus, National Association of College and University Business Officers, 2009.

로 운영가능하며, 공립/사립학교 모두 이용이 가능한 방식으로 미국의 대학에서 선호되고 있는 방식이다.

2) 외부지원 방안

외부지원을 통하여 그린캠퍼스 운영자금을 조달하는 방안으로는 정부의 지원금을 이용하거나 수도, 전기, 가스 등의 유틸리티사업자나 민간기업, 재단 등의 지원을 이용하는 방안이 있다. 또 은행대출, 채권, 장비 리스 등의 방안이 있다. 이외에도 에너지절약전문기업(ESCO)과 같은 외부 협력업체를 통하여 재정운영을 전담하도록 운영방안을 모색하는 경우가 있다.

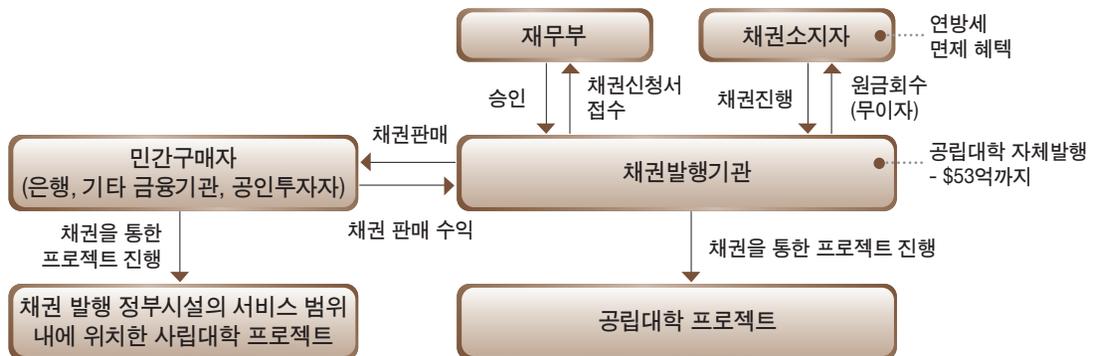
가) 정부지원

미국의 주정부와 지방정부는 직접적으로 자체 펀딩을 제공하거나, 중앙 정부의 펀드를 이용하여 대학기관의 다양한 지속가능성 사업에 분배하는 역할을 한다. 주정부와 지방정부에서 제공하는 다양한 펀딩소스가 있으며 이들을 “신재생과 효율성을 위한 주정부

인센티브 데이터베이스(Database of State Incentives for Renewables and Efficiency)”로 구축하여 정보의 접근을 용이하게 하고 있다.

특히 정부기관에게만 발행자격을 주는 클린재생에너지 채권(Clean Renewable Energy Bonds)의 경우 기존의 금융 매커니즘보다 훨씬 저비용으로 재생에너지 프로젝트를 운영할 수 있다. 미국 경기부양법(American Recovery and Reinvestment Act of 2009, ARRA 법령)은 클린재생에너지 채권 세금공제액을 1.6조 USD까지 증액시켰으며, 발행기관 자격이 있는 3개의 기관인 정부기관, 공공전력공급기관, 전력협동조합에서 각각 1/3씩 배당받을 수 있도록 구체화하고 있다. 대학기관은 대략 53억 USD까지 정부기관에 신청할 수 있다. 배당받은 공립대학들은 은행, 기타 금융기관, 공인투자자 등과 같은 민간 구매자들을 통해 채권을 판매하여 수익을 얻기도 한다. 2008년의 에너지 향상 및 확대법(Energy Improvement and Extension Act of 2008)을 포함한 몇몇 수정법안을 기반으로 채권소지자는 클린재생에너지 채권으로부터 세금공제를 받고, 세금 지불자가 수혜년도에

[그림 7] 재생에너지 채권 프로세스



공제액을 사용할 수 없다면, 되팔거나, 차년도로 연기할 수 있다.

나) 임대차거래(Lease)

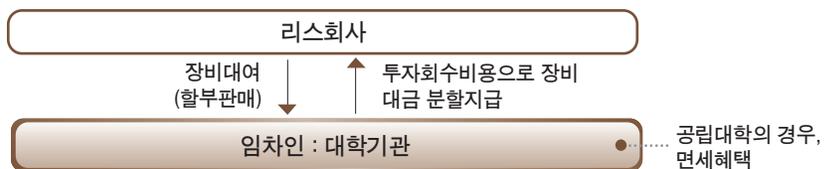
리스는 대학기관이 최소한의 선지급금으로 프로젝트 펀드를 운영하고, 프로젝트의 현금유동에 맞추어 회수 스케줄을 계획할 수 있어서 미국 대학에서 선호되는 형태이다. 리스는 임대인이 거래이후 재소유할 수 있어 중고시장에서 판매할 수 있는 자본집약적인 장비에 적합하다. 보일러, 에어컨, HVAC, 태양광시스템, 신재생에너지 시설 등과 같은 에너지 관련 수많은 장비들이 이에 해당한다. 은행의 대출이 프로젝트의 장비 구매비(hard cost) 이상의 금액은 지원하지 않는 데 비하여, 리스는 설치 및 기타 비용(soft cost)을 위한 유동적인 여유자금 지원이 가능하다는 장점이 있다. 또한 선지급하여 운영되는 다른 재정과는 달

리, 리스로 장비를 설치하고 그 후 투자회수비용으로 장비대금을 지급하는 방식이라는 장점이 있다.

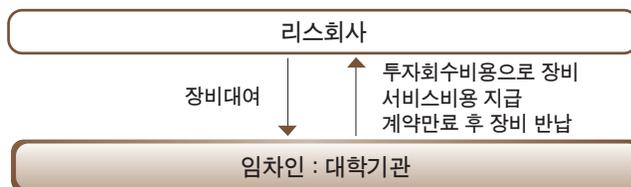
자본리스는 대학기관이 시장가 이하의 금액으로 일정기간동안 장비를 사용하기 위하여, 개별 상인이나 리스회사와 협력하는 메커니즘을 갖는다. 리스기간이 종료되면, 대학은 미리 결정된 금액에 맞추어 장비를 구매하게 되는 일종의 할부구매이다. 공립학교는 면세혜택을 받으므로 낮은 이율을 지급하는 반면, 사립기관은 보통 자본리스를 사용할 때 면세 대상이 아니다. 그러나 공립과 사립대학 모두 자본리스가 선불경비가 적게 들고, 지불 스케줄이 유동성이 있기 때문에 장비구매를 위해 자본리스를 선호한다.

운용리스는 자본리스와 달리, 장비를 최종적으로 소유하기 위한 것이라기보다는 임대하기 위한 계약이다. 대학은 장비를 자산으로 분류하지 않고, 장비대여금을 운용비용으로 처리한다. 따라서 운용리스는 새로운 시설이나 기존 인프라에서 제거 가능한 장비를

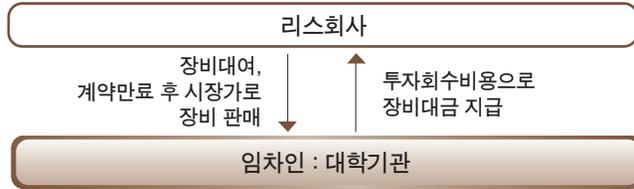
[그림 8] 자본리스 프로세스



[그림 9] 운용리스 프로세스



[그림 10] 진정리스 프로세스



위한 재원으로 사용하므로, 건물에 고정되어 법적으로나 재무 계약상에 건물에서 제거 불가능한 것으로 명시된 장비를 위해서는 사용할 수 없다.

운용리스의 경우 장비 자체의 비용을 제외한 장비에 의해 제공되는 서비스와 임대인의 장비 투자 및 유지관리를 명목으로 일정한 임대료를 정기 지급하는 방식으로 자본리스의 정기지급보다 분할로 지급해야 할 임대료가 더 낮다.

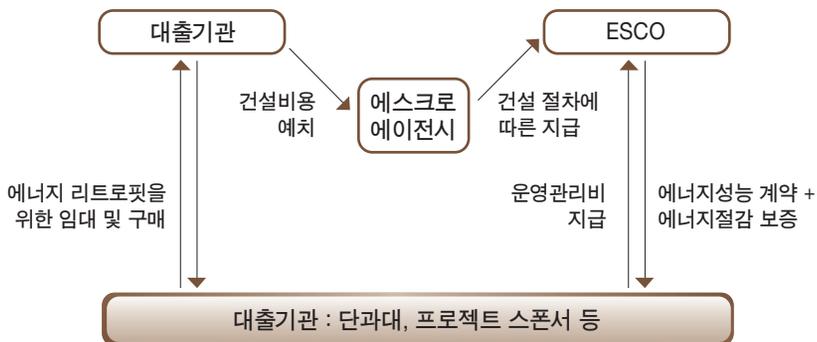
진정리스(True Lease)는 자본리스와 운용리스의 혼합방식으로 이루어진다. 진정리스는 임대계약 만료 즉시 고정된 금액으로 임대장비를 구매할 수 있도록 임차인의 권리를 보장하고 있다(운용리스에서는 거의 제공하지 않는 권리임). 그러나 이 금액은 자금리스에

서 구체화된 명목상의 금액이 아닌 현시점의 시장가를 반영한다. 구매선택 기간이 종료하면 보통 장비 가격을 원가의 일정 퍼센트(주로 10%)로 정하고, 리스 종료시점의 시장 상황에 적합한 금액으로 조정을 요구할 수 있다.

다) ESCO 협약

에너지절약전문기업(ESCO)를 통하여 에너지성능 계약 하에 대학을 대신하여 재정을 확보하고 에너지 관련 장비 및 서비스를 조달받는다. ESCO 자체 자금으로 확보하기도 하나 보통은 제3기관의 자금을 활용한다.

[그림 11] ESCO 협약 프로세스



ESCO는 일반적인 계약자 역할 이외에도 시설 상태 분석, 자원효율성 회계감사, 시스템 및 장비 업그레이드 및 교체, 장비 및 공사 시방서 작성, 프로젝트 예산편성, 모든 하청계약 관리 및 보장, 자문, 시설담당자 트레이닝, 성능보증, 에너지절감 및 생산 측정 및 검증 등의 서비스에 턴키 제공자 역할을 한다.

3. 대학의 건물에너지 효율화를 위한 사업모델 적용방안

가. 대학의 건물에너지 효율화 사업모델의 기본방향

앞 절에서 다루어진 사례분석을 통해 도출해 낸 시사점으로는, 선진 대학들의 경우 그린캠퍼스 사업은 건물에너지 분석이나 기술적 개선에 그치지 않고 통합적 솔루션을 제공하고 있는 사례가 많다는 것이다. 전담부서 유지와 지속가능성 담당자(Sustainability Business Officer, SBO)를 배치하고, 다양한 재원 확보 방안을 통하여 관련 정책이나 프로그램을 독립적으로 운영하고 있다.

따라서 대학의 건물에너지 효율화 사업모델은 통합 솔루션을 제공하기 위하여 조직, 재원, 기술 분야를 세 축으로 균형 있게 구성하여야 한다. 이러한 3가지 요소의 기본방향은 조직부문에서는 전담기관 및 전문가 유치, 네트워크 형성 및 자구적 협약체계를 구축하고, 재원부문은 소규모 기금에서 출발하여 다양한 방식으로 확충하며, 기술은 건물단위로 성능을 평가하고 지속적으로 관리할 수 있는 시스템을 구축하며, 신축건물에는 혁신적인 에너지효율화 기술을 적용하는 것이다.

나. 사업의 효과적 추진을 위한 단계별 실행

우리나라의 경우, 환경에 대한 국제적인 관심에 동참하고자 하는 정부의 의지가 있고, 환경 관련 법제도 등이 국제기준과 정합한다는 장점이 있다(저탄소 녹색성장 기본법 제61조: 국제협력의 증진). 반면에 사업의 세부적인 부문에 관해서는 정부의 적극적인 의지나 제도적 환경이 비교적 척박한 편이다. 다시 말하면, 그린캠퍼스를 아우르는 전반적인 법·제도적 환경은 조성되어 있으나, 그린캠퍼스 자체에 대한 정책입안자의 의지가 미약한 상태이며, 정책·제도적 환경도 미비한 상황이다.

따라서 대학의 건물에너지 효율화를 위한 사업모델은 해외 사례와 달리 우선, 그린캠퍼스에 관한 정책적·제도적 환경부터 조성되어야 하며, 다음으로 장기적 수익구조를 발생시키기 위한 reform단계로서 현행 건물 구조에서 고효율 건물 구조로의 전환이 있어야 한다. 끝으로 시장의 보이지 않는 손(invisible hands)에 맡기는 선진 규제로의 이양으로 정책과 제도가 자연스럽게 유지 발전될 수 있도록 시장을 조성해야 할 것이다.

달리 말하면, 단기적으로는 각 대학에서 캠퍼스별 건물에너지 효율화를 위한 전담조직을 마련하고 사용 가능한 별도의 기금 조성 및 기금 확충계획이 필요하다. 이러한 기반 마련은 대학평가와 재정지원을 위한 하나의 기준으로 설정하여 활성화되도록 유도하는 정책적·제도적 보완이 필요할 것이다. 이렇게 마련된 재원은 매칭펀드 프로그램 등을 활용하여 효율적인 사업을 우선 선정하여 투자함으로써 안정적으로 수익성이 확보되도록 유도해야 한다.

중장기적으로는 기반이 마련된 대학을 집중지원하

고 인증제도 도입으로 건물에너지 효율화를 지속적으로 유도해야 한다. 현재 분산되어 있는 자금 지원은 전담조직과 재원이 마련된 캠퍼스에 집중 지원하도록 하며, 이를 위해 대학간 경쟁체계를 구축하여 대학의 건물에너지 효율화의 활성화를 위한 환경을 마련한다. 장기적으로는 인증제도를 활용하여 캠퍼스 건물을 인증하고 에너지 효율화를 지속적으로 유도할 수 있다.

다. 대학의 건물에너지 효율화 방안

국의 사례의 경우, 캠퍼스 에너지관리를 위한 전담 기관 및 전담부서를 수립하고 지속가능성 경영담당자인 비지니스 오피서(Sustainability Business Officer, SBO)를 배치하여 프로그램을 독립적이고 전문적으로 운영하고 있다. 따라서, 국내에서도 각 대학 내에 에너지관리를 위한 전담기구와 지속가능성 경영담당자 등의 전문가 및 팀을 단과대학별로 조성한다면 시기적절한 유지 및 관리가 가능할 것이다.

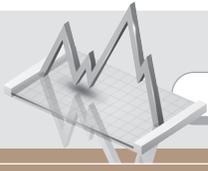
재원부문의 해외 사례에서는 그린캠퍼스에 대한 자구적인 노력과 다변화된 자금조달 방식으로 인하여, 대학 측 뿐만 아니라 정부와 투자자 등 다양한 이해관계자들이 자연스럽게 정책의 유지 발전에 기여하고 있다. 즉, 그린캠퍼스에 관한 금융상품(PF, Lease, Loan 등)은 투자자에게는 그린캠퍼스 사업에 관한 투자처를 제공하며, 대학 측에서는 원활한 자금 조성을 가능하게 하고, 정부 입장에서는 제도의 발전과 유지에 기여하는 선순환구조의 핵심이 되고 있다.

반면에 국내 대학들은 건물에너지 효율화를 위한 별도의 기금이 조성조차 되지 않는 경우가 많다. 따라서 각 대학에서는 건물에너지 효율화를 위한 소규모

재원 마련부터 실천하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 각 대학 의사결정권자들의 의지와 실천이 무엇보다 중요하며, 정부에서는 현재의 분산된 대학에 대한 자금지원을 기반이 마련된 대학에 집중하도록 하는 제도를 만들어 전담조직과 재원 등의 기반 마련을 유도하는 방안이 필요하다.

대학의 건물에 적용할 수 있는 기술의 도입은 개별 건물의 용도와 에너지 소비패턴을 파악하여 적용해야 한다. 대학의 건물들은 강의동, 실험동, 기숙사 등과 같이 전공별·건물 용도별로 에너지를 사용하는 패턴이 다르므로, 각 건물의 사용시간과 적용 실내온도를 프로파일링하여 에너지 효율화 방안을 마련해야 한다. 특히 신축이나 증축 건물에 대해서는 획기적으로 에너지절감이 가능한 방향으로 설계를 의무화하는 등 보다 적극적인 방안이 필요하다. 국내의 경우, 건물운영 스케줄 패턴이 동일한 상황에서도 에너지의 베이스라인(Base line)을 초과하는 것이 문제시되고 있으므로, 최우선 과제는 건물용도별 프로파일을 구축하는 것이라고 할 수 있다. 이러한 프로파일을 바탕으로 베이스라인을 설정하기 위해서는 1인당/바닥면적당 에너지소비량을 알아야 한다. 특히 높은 환경적 영향을 미치는 건물(예: 연구 및 실험실, IT시설 등)의 용도별 성능을 높여서 베이스라인을 낮추도록 유도하는 것이 중요하다.

대학 건물의 용도는 교육기본시설(강의실, 실험실, 교수연구실, 행정실, 도서관, 학생회관, 대학본부), 지원시설(체육관, 강당, 전자계산소, 학생기숙사), 연구시설(연구용, 대학원연구실, 대학부설연구소), 특수시설(박물관, 학군단), 기숙시설(교수아파트, 총학장공관)로 구분된다. 교육기본시설은 크게 연구용, 강의용, 업무용의 3가지로 패턴 정의를 할 수 있다. 연구



용 건물은 다양한 기자재로 인한 24시간 에너지수가 발생하고 냉방수요가 높기 때문에 신재생에너지 공급원 설치, 고효율 기자재 사용, BEMS 구축 등의 효율화 방안을 우선적으로 적용하여야 한다. 강의용 건물의 경우는 강의계획에 따라 이용시간 차이가 발생하여 에너지소비에 영향을 미치기 때문에 조명, 냉난방기 센서 사용, BEMS 구축 등의 효율화 방안이 적용가능하다. 마지막으로 업무용 건물의 경우, 정해진 근무시간에 주로 사용되며 다른 건물보다 비교적 높은 난방 수요를 가지므로 자연채광 활용, 개인 냉난방기 사용 자제, 에너지절약 실천운동, 부서별 퇴근시간 Zoning 계획(BEMS 이용) 등의 효율화 방안을 적용할 수 있다.

4. 시사점

본고에서 제시하는 대학의 건물에너지 효율화를 위한 사업모델의 성공적인 수행을 위해서는 각 주체별 역할과 협력이 중요하다. 대학은 전담조직을 마련하고 기금의 별도 조성 및 기금확충계획을 수립하여 적극적으로 건물에너지 효율화를 실행해야 하며, 서울시를 비롯한 지자체에서는 객관적인 재원지원 프로그램을 개발하고 대학간 경쟁체제를 구축하여 지원자금을 제공하는 것이 필요하다. 이를 위해 조직과 재원이 갖춰진 대학을 대상으로 에너지절감기술의 신뢰도 확보를 위한 시범사업이 필요할 수 있다.

또한 중앙정부는 대학평가 항목에 에너지효율화 전담조직 포함여부 및 운영실태, 자체기금 확보 현황을 평가항목에 포함하고 민간재원투자기관 세제혜택을 통해 사업모델을 뒷받침할 수 있다. 이러한 사업모델

을 통해 대학은 에너지소비 감축 정책에 부합하는 그린캠퍼스를 구현 할 수 있을 것이다.

대학은 에너지를 다소비하는 주체로서 그 책임을 지각하고 에너지저감 노력을 적극적으로 실천할 시기가 되었다. 이를 위해서 대학들은 주도적으로 에너지를 직접적으로 절감해야 하고, 저에너지 건축기술을 연구 개발하는 싱크탱크의 역할을 수행해야 하며, 시민사회와 정부의 투자와 협력을 유도하고 이끌어야 한다. 이러한 실천은 대학의 건물에너지 효율화를 위한 사업모델의 적용과 실행을 통해 시작될 수 있을 것이다.

참고문헌

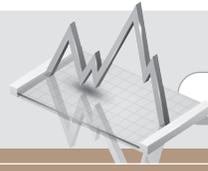
〈국내 문헌〉

- 김준하·신은영, “그린캠퍼스를 위한 국내외 대학시설관리(FM facility management) 비교분석 - 에너지관리 중심,” 『한국교육시설학회지』 19(1): 45-53, 2012
- 노순규, 한국기업경영연구원, 『프로젝트 파이낸싱과 건설금융』, 2009
- 박철수 외, “기존 건축물 에너지 성능 진단과 비즈니스 모델,” 『건축환경설비』 26-33, 2012
- 신의순 외, 그린캠퍼스 해외사례 비교연구, 2011
- 에너지관리공단, 『에너지절약 통계핸드북』, 2011
- _____, 『에너지통계핸드북』, 2013
- 유정현 외, “건물부분의 에너지효율화를 위한 국가 건물에너지 통합관리 시스템의 활용방안 연구,” 『LHI Journal』3(3): 263-270, 2012
- 조기찬, “지속가능한 캠퍼스 조성을 위한 요소별 특성

비교분석에 관한 연구: 그린캠퍼스를 중심으로,” 서울시립대학교 박사학위논문, 2011
한국교육개발연구원, 「교육통계분석자료집-고등교육·취업통계편」, 2012

〈외국 문헌〉

- Ben Barlow and Andrea Putman, 2009, Financing Sustainability on Campus, National Association of College and University Business Officers
- Chhimi Dorji, 2010, Building Energy Analysis for Humboldt State University
- Heather Henriksen, 2011, Green Loan Fund, Harvard University Office For Sustainability, April 20, 2011
- IEA, 2011, UNM Domenici Center for Health Sciences Education, USGBC Chapter Project Profile 2011
- ___, 2011, UNM Museum of Natural History and Science, USGBC Chapter Project Profile 2011
- ___, 2009, NMHU Student Housing, USGBC Chapter Project Profile 2009
- ___, 2009, Western Michigan University College of Health & Human Services, USGBC Project Profile 2009
- ___, 2008, Lark University Lasry Center for Bioscience, USGBC Project Profile, 2008
- ___, 2011, The University of Montana Payne Family Native American Center, USGBC Project Profile 2011
- Kestutis Valancius and Ruta Mikucioniece, 2010, Energy Efficiency in EU Universities - Results of The 1st Level Audit, Environmental Protection Engineering
- Lighting Retrofit-University of New Hampshire-Lundholm Gymnasium, US, IEA Energy Conservation In Buildings and Community Systems, Annex 36 Case studies overview
- Passive Solar Retrofitting of the University of Ioannina New School of Philosophy Building, Greece, IEA Energy Conservation in Building and Community Systems, Annex36 Case studies overview
- Poznan University of Technology, Poland, IEA Energy Conservation in Building and Community Systems, Annex36 Case studies overview
- Research and teaching buildings at the University of Stuttgart, germany, IEA Energy Conservation in Building and Community Systems, Annex36 Case studies overview
- Retrofitting of Chemical Engineering building, N.Y.U.A. Greece, IEA Energy Conservation in Building and Community Systems, Annex36 Case studies overview
- Retrofitting of the Rural and Surveying Engineering Building, N.T.U.A., Athens, Greece, IEA Energy Conservation in Building



and Community Systems, Annex36 Case studies overview

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

University of Ulm, Germany, IEA Energy Conservation in Building and Community Systems, Annex36 Case studies overview

〈웹사이트〉

<http://green.harvard.edu/>

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

<http://stat.seoul.go.kr/>

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

<http://www.environment.admin.cam.ac.uk/>

<http://www.energystar.gov/>

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

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

<http://www.kemco.or.kr/>

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

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

<http://www.environment.admin.cam.ac.uk/home/>