그린캠퍼스를 위한 국내·외 대학시설관리(FM) 비교분석 - 에너지관리 중심 -

A Comparative Analysis of Domestic and Foreign Universities' Facility Management for Green Campus - Focusing on the Energy Management -

신 은 영* 김 준 하**
Shin, Eun-Young, Kim, Jun-Ha

Abstract

Recently, as the environment issue has been stand out, people's interests in energy consumption of the building have been increased as well. Especially, university has been classified as the one of the main causes of excessive energy consumption. Therefore, domestic and foreign universities are trying to build a green campus in an attempt for sustainable development. Since early 2000s, foreign universities have been aware that one of the main causes of global warming is an excessive consumption of energy in universities. Accordingly, they adopted various energy management programs for the conservation. Ultimately, enforcing energy conservation and using alternative energy resulted in lower expense and it was a great help for the universities. On the other hand, excessive consumption of energy in domestic universities has been considered as serious, which led them to become the second main energy consumers in 2010. However, it seems people do not truly recognize the importance of energy management, therefore, relatively little attention has been paid to this matter. Based on Leadership in Energy & Environmental Design(LEED) rating systems for on-campus building operation and maintenance, this research suggests the evaluation standard to effectively analyze the energy management activity with the best practices conducted in foreign universities and to solve the problem of campus facilities management in domestic universities. The result shows that domestic universities do not have a designated task force for effective energy management and the lack of energy professionals hinders for the long term development. Therefore, domestic universities should recognize the seriousness of the excessive energy consumption and develop low carbon green campus through proactive management practices since this is very essential for domestic universities to get more competitive in this global era.

키워드 : 대학시설, 그린캠퍼스, 시설관리, 에너지관리 프로그램, 지속가능성, 친환경건물인증제도

Keywords : University facilities, green campus, facility management, energy management program, sustainability, LEED

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 국제적으로 환경문제가 부각되면서 건축물의 에너지 소비에 대한 관심이 그 어느 때보다 높아지고 있다. 건축은 전 세계 에너지 사용량의 22%, 국내 에너지 총 소비

량의 약 36%를 차지할 정도로 소비 규모가 크기 때문에 환경보호 관점에서 중점적으로 주의를 기울여야할 필요가 있다. 때문에 세계 각 정부는 '그린빌딩'을 위한 다양한 정책을 발표하며 건축물의 에너지절감을 위한 적극적인 행보를 보이고 있다. 우리나라 역시 2000년부터 환경부에서 시행한 '그린빌딩 인증제'를 비롯하여, 건축물 에너지효율 등급표시제의 확대 적용, 건축물에너지 절약기준 강화, 건축물 에너지소비총량제 도입 등의 다양한 정책을 발표하고 있다.

* 정회원, 경희대학교 주거환경학과 석사과정

** 정회원, 경희대학교 주거환경학과 교수, 공학박사, 교신저자 (fmmetrics@gmail.com)

세계적인 녹색빌딩 물결에 따라 국내·외 대학들 역시 지속가능한 그린캠퍼스 구현을 위해서 여러 방안을 모색 중이다. 미국 건축가 협회(American Institute of Architects, AIA)에서는 지속가능성(Sustainability)이란 “주요 자원들을 과부하를 통해 감소시키거나 고갈시키지 않고 미래까지 그 기능을 지속시켜 사용할 수 있도록 하는 사회적 능력”이라고 하였으며, 미국의 지속가능한 캠퍼스센터(The Sustainable Campus Center)에서는 지속가능성이란 “우리의 발자취를 감소시킴으로서 얻어지는 미래”라고 정의하면서, “경제, 생태, 사회학”이라는 3가지 요소가 포함된 지속가능한 대학시설관리 프로그램이 절실하다 하였다. 경제란, 에너지 관리를 통한 경제적 효율성의 향상(Improving economic efficiency)을 의미하고 생태란, 자연과 연관된 캠퍼스를 통해 생태시스템의 보호 및 복원(Protecting and restoring ecological system)을 말하며 사회학이란, 캠퍼스를 이용하는 모든 사람들의 웰빙 향상(Enhancing the wellbeing of all people)을 의미한다.

2000년대 초반부터 미국, 영국, 일본, 호주 등의 국외 대학들은 지구온난화의 주요 원인 중 하나가 대학의 에너지 과소비라는 사실을 인식하였고 에너지 소비에 대한 책임을 지고자 노력하였다. 그들은 대학 시설의 에너지 사용량에 대해서 지속가능한 연례보고서(Sustainable annual report)를 공개하고 다양한 에너지 관리 프로그램을 시행함으로써, 환경보존 효과뿐 아니라 에너지 절약 및 대체 에너지 사용을 통한 예산 절감 효과까지 거두었다. 그러나 이에 반해 국내 대학들은 에너지관리를 위한 투자 및 정보 공개에 상당히 소극적인 것이 현실이다.

2006년 에너지관리공단에 따르면, 국내 에너지 다소비기관으로 선정된 190개 중 23개의 대학이 포함되어 있으며, 총 에너지 소비량의 14%를 차지하고 있다. 2007년 녹색연합에서 지난 7년 동안 에너지 다소비 기관의 에너지 사용량을 분석한 결과, 평균 에너지 사용량이 22.5%가 증가한 데 반해 대학들의 평균 에너지 사용량은 84.7%가 증가하여 무려 3.7배나 더 높은 수치를 기록하였다. 또한 2009년

지식경제부가 2,000TOE(Tonnage of Oil Equivalent, 석유 환산톤) 이상을 사용하는 80개 대학을 조사한 결과 에너지 사용량 및 전년 대비 증감률 1위는 서울의 S대학교, 2위는 K대학교, 3위는 Y대학교, 4위는 H대학교, 5위는 대전의 K대학교 으로 나타났다.(표 1 참조)

이렇듯 현재 국내 대학들의 에너지 과소비 현황은 이산화탄소 배출 증가에 따른 심각한 환경오염의 우려를 낳고 있으며, 이를 방지하기 위해서 에너지관리 통한 실질적인 그린캠퍼스 구현이 시급한 상황이다. 때문에 본 연구는 국내 대학의 시설관리(FM) 활동 중 에너지 관리 실태를 분석하여 문제점을 도출하고, 도출된 문제해결을 위해 국외 선진사례를 제시함으로써 앞으로 ‘저탄소 그린캠퍼스’를 위해 국내 대학시설 에너지관리가 나아갈 방향을 제안하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 흐름도

일본의 유명한 경영컨설팅 회사인 일본능률협회에 따르면 건축물은 총 생애비용의 83%를 사용유지 단계에서 소모하게 된다. 그렇기 때문에 생애 전반 중 가장 긴 기간인 사용유지 단계에서 효율적인 시설관리를 도입할 경우, 환경부하 절감 및 경제적인 비용감소까지 기대할 수 있다. 따라서 본 연구는 건축물의 사용유지 단계에서 발생하는 에너지관리에 초점을 두되, 에너지관리 시 발생하는 경제적 측면과 환경적 측면은 따로 구분하지 않고자 한다. 왜냐하면 에너지절감을 통한 오염배출량 감소는 결국 예산 절감 효과로 이어지기 때문이다.

연구의 방법은 미국의 대표적인 그린빌딩 인증제도인 LEED(친환경건축물인증제도)의 평가방향을 기반으로 선행연구를 통해 보완된 평가기준들을 제시하였다. 선행연구에 대한 자세한 설명은 2.2에서 하기로 한다. 도출된 평가기준을 토대로 국내 대학의 에너지관리 활동을 분석하였다. 그 뒤 부족한 활동부분에 대해서 국외 선진사례를 제시함으로써 향후 실질적으로 국내에 도입 가능한 에너지관리 방안을 제안해 보고자 한다.

국내·외 사례의 선정기준은 다음과 같다. 국외사례는 지속가능한 캠퍼스센터(The Sustainable Campus Center), 지속가능성 향상을 위한 고등교육 협의회(Association for the Advancement of Sustainable in Higher Education, AASHE), 국제 지속가능한 캠퍼스 네트워크(International Sustainable Campus Network, ISCEN)에 등록되어 있으며, 대학 자체 내에 전문적인 에너지관리 기관을 갖추고 효과적인 에너지관리 프로그램을 시행하고 있는 선진 사례를

표 1. 2009년 주요대학 에너지 사용량 및 증감률

No	대학교	에너지사용량 (석유환산톤/TOE)	증감률(%)
1	S대학교	34,259	0.5
2	K대학교	17,660	4.1
3	Y대학교	17,377	2.2
4	H대학교	15,686	4.3
5	(대전) K대학교	15,676	3.8

(출처 : 공감코리아, 2009년 주요대학 에너지 사용실적, 2010/02/17)

선정하였다. 국내사례는 한국그린캠퍼스협회에 기관회원으로 등록된 캠퍼스 중 환경부와 한국환경공단이 ‘저탄소 그린캠퍼스’로 선정한 S여대, D대(경주캠퍼스), C대, S대, Y대(원주캠퍼스), Y전문대, M대, K교육대(경기캠퍼스), 경기도 K대, 대구 K문화대 10개로 추출하였다.

그림 1. 연구 흐름도

연구의 흐름은 첫째, 대학시설 FM의 개념 및 필요성에 대해 살펴보고 둘째, LEED의 평가범주를 통해 평가기준틀을 도출한 후 셋째, 국내 대학시설을 선정하여 에너지관리 활동을 분석한 뒤 마지막으로 국외 선진사례 활동의 제시를 통해 에너지관리 제안사항과 활용 가능한 시설관리 방안을 종합 제시하려 한다.(그림 1 참조)

2. 그린캠퍼스와 시설관리(FM)

2.1 대학시설 FM의 개념 및 필요성

80년대부터 국외 선진대학에서는 마스터플랜을 계획하여 시설의 체계적인 확장 및 시설관리에 대한 중요성에 대해 인식하고, 자산관리의 일환으로 FM을 도입하여 중장기적인 캠퍼스 운영을 시행하였다. 대학시설은 캠퍼스에 필요한 모든 물리적 환경으로써 대학의 본 목적인 교육과 연구의 질 향상을 위한 기본적인 하드웨어라고 할 수 있다. 따라서 세계적으로 최적화된 물적 환경을 유지하기 위해 자동화 시설관리 프로그램(Computer Aided Facility Management, CAFM)이나 3D 건축설계기법으로 건물의 생애주기 동안 발생하는 정보를 통합·관리하는 프로그램인 BIM(Building Information modeling) 등의 사용을 통해 보다 효율적인 시설관리 방안이 확산되고 있다.

국제 시설관리학회인 IFMA에 따르면, FM이란 “사람(People), 장소(Place), 업무(Process) 및 IT기술을 통합하

고 건축물의 기능성을 확보하며 생산성 증가를 위한 최적의 환경을 만드는 것”이라고 정의하였다.(그림 2 참조)

그림 2. FM의 정의

또 FM 분야의 저명한 학자인 David G. Cotts(2010)는 FM은 단순히 건축물의 물리적인 시설관리를 통해 운영비용을 줄이는 활동이 아니라, 건축물의 효율적인 운영 강화를 돕는 가장 중요한 서비스 활동이라고 하였다.

대학시설 FM 역시 최소한의 운영비용으로 체계적인 유지관리를 시행하여 시설효율의 극대화를 이뤄내는 활동이다. 그리하여 최적의 물리환경으로 유지·관리함으로써 각 대학의 비전에 맞는 마스터플랜을 수립 및 관리하고 대학기관의 본 목적인 교육과 연구에 적합한 환경을 제공하는 종합적인 질적서비스(Total Quality Service, TQS)라고 정의할 수 있다. 미국의 고등교육시설협회(The Association of Higher Education Facilities Officers, APPA)에 따르면 대학시설 시설관리자(FM'er)의 역할은,

- 1) 대학의 전략적인 사업을 위해 건축물과 기반시설이 구비되었는지 확인하고
 - 2) 대학 자본인 건축물과 기반시설의 청지기(stewardship) 역할을 하며
 - 3) 위임된 자산에 대한 책임을 지고
 - 4) 의사결정자에게는 시설에 관련된 의견을 제시하면서
 - 5) 기타 예산을 위한 계약을 관리해
 - 6) 시설 자본에 대한 현실적 논의를 촉진하는 것으로,
- 무엇보다 고정자산에 대한 현실적인 관리가 가장 중요하다고 하였다. 이는 건축물의 총 생애주기비용의 80% 이상이 사용유지 단계에서 소비되기 때문에 FM의 유지관리(O&M) 활동을 통해서 운영비용 절감효과가 최대로 나타나기 때문이다.

FM활동은 계약 및 공간 관리·아웃소싱 유무 등을 결정하여 직접적인 예산절감 효과가 있는 경영적FM과, 에너지 관리를 통해 관리비절감 효과가 발생하는 환경적FM으로 구분될 수 있는데 두 가지 모두 결국은 예산과 연관되어 최소한의 운영비용을 통한 시설효율의 극대화를 목표

로 한다.

본 연구는 FM의 에너지관리에 초점을 두어 진행하였으며, 이를 위해 LEED의 on-campus building operation & maintenance 평가 범주를 사용하였다. LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)란, 미국의 그린빌딩위원회(U.S. Green Building Council, USGBC)에서 제정한 친환경건축물 인증시스템이다. 그러나 단순히 인증제도의 역할 뿐 아니라 LEED적용을 통해 건축물의 에너지 효율 향상, 건축물 운영비 절감, 부가가치에 따른 건축물 임대료 증가, 투자 회수율 상승 등의 많은 이점을 얻을 수 있기 때문에 국제적인 건축물 에너지관리 기준으로 많이 적용되고 있다. 최근 세계적으로 대학시설 에너지관리의 중요성이 점차 증가함에 따라 USGBC에서도 그린캠퍼스를 위한 녹색학교센터를 설립하였고, 2010년 대학시설 LEED 평가틀을 마련하였다.¹⁾

2.2 대학시설 에너지관리의 평가기준

에너지관리의 비교분석을 위한 기본평가 방향은 미국의 그린빌딩위원회가 제정한 LEED의 범주 중 “Existing Building : Operations & Maintenance”의 캠퍼스건축물에 관한 기준을 사용하였다.(표 2 참조)

LEED에서는 대학시설 에너지관리를 크게 ①지속가능한 토지사용(Sustainable Site), ②수자원 효율(Water Efficiency), ③에너지와 대기환경(Energy and Atmosphere), ④자재와 자원(Materials and Resource), ⑤실내 환경(Indoor Environmental Quality)으로 구분하였고 각각의 평가방향을 살펴보면 다음과 같다.(표 2 참조)

표 2. LEED의 에너지관리 평가방향

No	O&M	평가방향
1	지속가능한 토지사용	-건축부지의 선택, 건설 기간 동안 해당 부지 관리 등 -지역의 적절한 조경을 장려 -교통수단의 선택, 우수 관리, 오염의 감소, 침식 감소, 오염 감소, 열섬 현상 및 건설 관련 환경오염의 방지 등
2	수자원 효율	-현명한 물의 사용, 물 사용의 감축 등. -물 사용의 감축은 효율적인 건축 자재의 사용과 외부 조경을 통해 얻을 수 있음.
3	에너지와 대기환경	-에너지와 환경 분야의 에너지 전략 (에너지 사용량의 감시, 효율적인 설계 및 건설, 효율적인 가전제품, 시스템 및 조명) 등 -재생 에너지의 사용 및 기타 혁신적인 전략
4	자재와 자원	-재사용 및 재활용과 폐기물의 감소
5	실내 환경	-실내 공기의 품질 -자연광 및 전망과 소음 개선 등

1) 기존에 학교LEED가 있음에도 불구하고, 캠퍼스 평가를 위한 별도의 LEED기준을 마련하였음.

표 3. 대학시설 에너지관리 평가기준

No	O&M	평가기준
1	지속가능한 토지사용	1 빌딩 외관 및 외부 시설(벤치, 분수 등)에 대한 관리 계획 마련
		2 해충관리, 건축물의 부식관리, 조경에 대한 관리 계획 마련
		3 부지 및 거주지 개발 시 친환경인증 기준에 맞는 디자인 및 시공 여부
		4 자전거 보관대 설치 여부
		5 친환경인증 기준에 맞도록 계획된 주차장
2	수자원 효율	6 우수이용 여부
		7 생활용 상수절감 대책 마련
		8 혁신적인 오수처리기술
3	에너지와 대기환경	9 에너지 사용을 자동적으로 점검하는 자동화 시스템 마련여부
		10 대체(재생)에너지의 사용여부
		11 에너지 전문컨설턴트 도입
		12 독자적인 에너지관리프로그램의 도입유무
		13 대학 내 학생을 대상으로 한 에너지관리 교육프로그램 시행여부
		14 에너지관리를 위한 전담기구 설치여부
4	자재와 자원	15 친환경인증제품 사용여부
		16 재활용된 자재의 사용여부
		17 재활용 가능자원의 분리수거
5	실내 환경	18 자연 채광 사용여부
		19 쾌적한 실내 온열환경을 조절하는 자동화 시스템 설치 여부
		20 노약자, 장애인에 대한 배려여부

표 3에서 보이는 대학시설 에너지관리의 평가기준은 (표 2. LEED의 에너지관리 평가방향)을 토대로 선행연구 조사를 통해 보완한 지표로서, 이를 통해 국내 대학들의 에너지 관리 활동 상황을 객관적으로 조사·분석하기로 한다.

각 평가기준에 대한 구체적인 사항은 표 4와 같다. 편의상 평가기준은 중복사용하지 않고, 번호만 표기 하였다.

선행연구는 국내 교육시설에 적용중인 ‘친환경건축물인증기준’과 ‘LEED’의 교육시설항목(LEED 2009 for School), 그리고 영국의 ‘BREEAM’(Building Research Establishment Environmental Assessment Method)를 조사하여 유지관리 중 에너지관리와 연관되는 중복된 기준을 선정하고, 그 중 판단 기준이 분명하여 즉각적인 평가가 가능한 20개의 평가항목을 추출하였다. 이를 토대로 국내 사례 분석을 실시해 부족한 점을 도출하였고 이를 보완할 수 있는 선진 국외사례를 조사하여 실질적인 개선방안을 살펴보고자 하였다.

2.3 대학시설 에너지관리 사례조사

평가기준들의 각 평가항목은 편의를 위해 1-20까지의 숫자로 표시되었고, 국내 사례로 선정된 10개의 대학 역시

명칭 대신 ①-⑩까지의 원형숫자로 표기하였다.

표 4. 대학시설 에너지관리 평가기준에 대한 세부사항

1	법적 의무사항을 준수한 관리 지침이 마련되어 있으며, 정기점검 시기 등이 계획되어 시행되고 있다.
2	법적 의무사항을 준수한 시설관리 계약이 진행되었고, 시설의 점검 시기가 주기적으로 계획되어 있다.
3	최근 건립된 건물 중, 에너지관리와 연관된 국내 '친환경건축물인증기준'이나 'LEED'의 교육시설항목 또는 기타 친환경 평가기준 등이 반영되어 시공이 진행되었으며, 디자인 지침이 마련되어져 있다.
4	이산화탄소 절약 및 사용자들의 적극적인 참여를 위한 자전거 보관대가 구비(설치)되어 있다.
5	국내 '친환경건축물인증기준'이나 'LEED'의 교육시설항목 또는 기타 친환경 평가기준 등을 반영하여 주차장이 계획되어 있다.
6	우수를 이용해 옥상 녹화/벽면 녹화/냉각용수 등으로 사용하고 있으며, 기타 용도로 유용하게 사용하여 물의 사용량을 절약하고 있다.
7	사용자들의 물수요의 증가로 인한 수질악화와 하수처리비용 등을 막기 위해, 환경표지인증을 받은 제품(절수기구 등)을 적용하여 사용량을 줄이기 위해 노력하고 있다.
8	슬러지(배출물) 폐기량을 극소화시키는 오수처리 공법 등을 도입하여 사용하고 있다.
9	적어도 1개 이상의 단과대에 자동화시스템을 통한 시설물 모니터링이 시행되고 있다. EX) 동작 센서를 통해 일정 시간동안 사용자가 감지되지 않을 경우, 자동적으로 형광등이 점등되거나 냉난방기기가 차단됨.
10	태양열 이용, 우수 이용 등의 대체(재생)에너지를 사용하고 있다.
11	에너지 계획 수립, 에너지 사용 등 에너지관리에 대해 전문인력을 배치하여 계획을 수립하고, 활동을 진행시켜 나가고 있다.
12	각 대학의 비전과 마스터플랜에 따른 에너지관리 프로그램이 마련되어 있다. EX) 에너지관리 전문가 배출을 위한 전공 트랙 마련 등
13	사용자들의 적극적인 참여를 위한 교육 프로그램을 마련하고 현재 제공되고 있다.
14	목적이 상이한 여러 건축물이 모인 대학의 특성을 인식하고, 단대별 특성을 반영한 에너지관리 컨설팅을 제공하고 있다.
15	친환경평가기준에 따른 친환경 제품 사용지침이 마련되어 있으며 최근에 건립된 건물의 시공 및 디자인에 친환경 제품이 사용되었다.
16	건물의 시공 및 리모델링 시, 기존 구조물이나 인근의 철거 건축물 등에서 폐자재를 재활용하였으며, 기타 비구조용 자재에도 재활용된 부품을 사용하였다.
17	재활용이 가능한 자원을 분리수거하고 있다.
18	건물 설계 시 자연채광의 도입을 계획하였으며 현재 채광을 이용 중에 있다.
19	적절한 실내 온열환경을 조성하기 위해 각 공간마다 냉난방기기가 설치되어 있으며 온도, 습도 등을 조절하고 있다.
20	노약자, 장애인에 대한 실내 디자인이 고려되어 있고, 별도의 이용시설이 마련되어 있다.

표4를 살펴보면 가로부분에는 대학을 표시하는 원형숫자를 나열하였고, 세로부분에는 표 3과 동일한 순서로 평

가항목을 순서대로 기입하였다.

대학은 그 특성상 다양한 목적을 가진 단과 건물들이 모인 종합시설이기 때문에 물리적인 부분 이외의 문화적, 사회적 부분은 고려하지 않았으며 건물의 시설과 관련된 구체적인 사항인 경우엔 가장 최근에 건립된 캠퍼스 건축물을 표본으로 하였다.

1) 국내 에너지관리 현황

국내 사례는 한국그린캠퍼스협의회에 기관회원으로 등록된 캠퍼스 중 환경부와 한국환경공단이 '저탄소 그린캠퍼스'로 선정한 10개 대학을 추출하였다. '저탄소 그린캠퍼스'는 온실가스 감축, 저탄소 녹색성장을 선도할 인재 양성 및 녹색교정 조성 등의 국내 그린캠퍼스를 이끌어 나갈 표본을 선정한 것으로 국내 대학 중 에너지관리에 관한 선진표본이라 할 수 있다. 각 대학은 다음과 같다.

- ① S여대
- ② D대(경주캠퍼스)
- ③ C대
- ④ S대
- ⑤ Y대(원주캠퍼스)
- ⑥ Y전문대
- ⑦ M대
- ⑧ K교육대(경기캠퍼스)
- ⑨ 경기도 K대
- ⑩ 대구 K문화대

각 항목은 설문지로 작성되어 각 학교의 시설관리팀에 설문을 요청함으로써 그 정확도를 높이고자 하였으며, 총 10개의 대학 중 1개의 대학이 회신을 보내 10%의 응답률을 보였다. 나머지 대학들은 학회지 및 대학의 자체적인 발표자료, 포럼 내용, 신문기사 등을 적극적으로 활용하여 에너지관리 활동여부를 평가하였고 구체적인 평가 결과와 있는 경우 그 결과를 그대로 적용하였다. ○, △, ×로 표시되어 평가하였으며, ○=1점, △=0.5, ×=0으로 계산하여 합산(T)되었다. ○는 활발한 관리 활동 중을 나타내며, △는 에너지관리 활동이 도입은 했지만 그 시행이 미미한 상태를 나타내고, ×는 활동을 안 하고 있는 상태를 나타낸다.

총점 10점을 기준으로 평균 5점 이하의 항목은 아직 국내 대학에 전반적으로 부족한 에너지관리 활동을 나타낸 것으로 국외 선진사례 조사를 통해 실행 가능한 관리방향

에 대해 살펴볼 필요가 있다.

표 5. 국내 대학 에너지관리평가

No	O&M	대학											
			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	T
1	지속가능한 토지사용	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10
		2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10
		3	○	○	×	○	△	○	○	○	○	○	8.5
		4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10
2	수자원 효율	5	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	1
		6	×	×	×	×	○	○	○	○	×	○	5
		7	×	×	○	×	○	△	○	○	×	○	5.5
		8	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	1
3	에너지와 대기환경	9	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	8
		10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10
		11	×	×	○	×	○	×	○	○	○	×	5
		12	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	9
4	자재와 자원	13	○	○	×	○	○	○	○	×	○	×	7
		14	○	×	○	×	○	×	○	×	△	×	4.5
		15	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	9
		16	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	1
5	실내 환경	17	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10
		18	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10
		19	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10
		20 ²⁾	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10

표 4에서 평균 5점 이하인 항목을 표 3에서 도출하면 다음과 같다.

5. 친환경인증 기준에 맞도록 계획된 주차장
6. 우수이용 여부
8. 혁신적인 오수처리기술
11. 에너지 전문컨설턴트 도입
14. 에너지관리를 위한 전담기구 설치여부
16. 재활용된 자재의 사용여부

국내 사례를 살펴본 결과, 대학들은 최근 건립된 건축물에 ‘그린캠퍼스’의 개념에 맞춘 옥상녹지, 냉·난방 자동화 시스템 설치, 친환경인증 제품 사용 등의 활동을 중점적으로 시행하여 그린빌딩을 위해 노력하고 있음을 알 수 있다. 그러나 국내 대학은 대체적으로 물리적인 환경개선이라는 하드웨어적인 측면에서 그린캠퍼스를 지향하고 있기 때문에, 장기적인 관점에서 에너지 전문컨설턴트 도입을 통한 활발한 컨설팅 제공, 에너지관리 교육 프로그램 마련

2) 교육과학기술부가 2009년 선정한 ‘대학의 장애학생 교육복지 지원실태’의 기준을 사용하여 우수대학 이상의 점수를 받은 대학을 선택하였다.

등의 사용자들의 자발적인 참여를 독려하고 지역적 연계를 마련하는 소프트웨어적인 관리프로그램이 계획되어져야 한다.

2) 국외 에너지관리 현황

국내 사례를 조사한 결과, ‘저탄소 그린캠퍼스’에 선정된 대학임에도 하드웨어적인 부분이 아닌 소프트웨어적인 부분에서 보완해야할 부분이 발견되었다. 본 장에서는 국내 대학에서 부족했던 항목에 대해 현재 실질적으로 그 활동을 시행 중에 있는 국외 사례를 조사하였다. 그리하여 앞으로의 발전방향을 조망해보고, 더 나은 그린캠퍼스 활동 방안을 제안코자 한다.

국외 사례에서 미국의 경우, 지속가능한 대학의 미래를 목표로 캠퍼스관리를 위한 연구 및 교육기관인 지속가능한 캠퍼스센터(The Sustainable Campus), 지속가능성 향상을 위한 고등교육 협의회(Association for the Advancement of Sustainable in Higher Education, AASHE), 국제 지속가능한 캠퍼스 네트워크(International Sustainable Campus Network, ISCN)에 등록되어 인정받은 우수한 에너지관리 프로그램을 도입하고 시행중인 대학을 선정하였다. 그 외의 국가에서는 그린빌딩 벤치마킹 사례로 널리 알려진 건물로서 여러 단체로부터 친환경성을 인정받아 수상 경력이 풍부한 대학들로 선정하였다. 이들 대학들은 2000년대 초반부터 에너지관리를 시행하고 있으며, 전 세계 대학에서 추구하는 그린캠퍼스의 모범사례로 선구자적인 역할을 하고 있다. 각 사례 소개 시 대학 명칭과 함께 평가항목의 숫자를 표시해 놓았다.(표 6 참조)

사례1) 미국 H대학_11, 14

H대학은 녹색캠퍼스 이니셔티브(Harvard Green Campus Initiative, HGCI) 프로그램을 도입하고, 2000년부터 에너지관리 전문가(Campus Sustainability Director)를 고용하여 저탄소 그린캠퍼스 운동을 시작했다. 대학의 각 단대별 특성에 맞는 에너지관리 프로그램을 기획하여 실행하여 매년 환경성적을 측정하고 있다. 또한 학교 내 에너지관리 전담 기구인 지속가능한 사무처(The Office for Sustainability)를 설치하여 적극적인 연구를 진행하고 있으며, 이러한 에너지관리를 통해 연간 \$80,000달러의 비용을 절감하고 약 2만 7천 톤 이상의 온실가스 배출을 감소 효과를 보았다.

사례2) 미국 N대학_16

N대학은 단대 건물 리모델링 시 건축물 내부 콘크리트의

40% 재활용하고, 천정 단열재를 재활용 청바지로 만들어 LEED인증 시 높은 평가를 받았으며, 건축물 전면에 설치된 태양열 패널을 사용해 계절에 따른 에너지 부하를 예방하고 있다.

사례3) 독일 H대학_6

H대학은 옥상 녹화를 통해 빗물을 집수하여 5개의 수조에 빗물을 저장해 벽면녹화의 관개용수 및 냉각용수로 사용하고 있으며, 그 집수면적이 약 4,700m²에 달한다. 저장관에 모인 우수가 배수되면서 하수도의 오수와 만나 오염도가 매우 높아진 상태의 월류수가 되는데, 이를 방지하기 위해 침투시설이 마련된 중정으로 흘러들어가게 설계하여 주위의 수질오염을 방지하고 있다.

사례4) 캐나다 B대학_6, 8, 16

B대학은 여름철 약 30,000L의 우수를 저장하여 조경용수로 활용하고 있으며, 하수 처리 시 지표면의 습지필터를 통해 물을 정화시켜 관수용으로 사용하고 있다. 또한 물이 전혀 필요 없는 퇴비화장실(Composting toilets)을 설치하여 매일 1000L의 상수를 절감하고 있다. 퇴비화장실은 물 대신 공기를 사용하여 오염물질을 배출시키고 수분이 제거된 상태의 오염물을 저장하는 시스템으로, 저장된 오염물은 퇴비로 사용된다. 또한 건물 구조재의 90%를 인근 철거건축물에서 가져와 사용하였으며 가드레일 및 싱크 등 비구조용 스틸과 벽돌을 재활용하였다.

사례5) 미국과 캐나다 대학의 에너지관리 현황_11, 14

2005년부터 대학 환경지수를 평가해온 미국의 지속가능한 재단(Sustainable Endowment Institute)에 따르면, 미국과 캐나다 소재의 322개 대학의 68%는 에너지관리에 대한 부서를 개설하여 전문 직원을 배치하였으며, 약 90%가 대학의 지속가능성에 대한 홈페이지를 개설하여 학생 및 교직원들에게 에너지관리의 필요성 및 실천방안에 대한 컨설팅을 진행하고 있다.

2.4 평가결과 및 제언

국내 대학과 국외 대학을 비교 시, 가장 큰 차이점은 우선, 국내 대학의 경우 에너지와 관련된 전담기구 설치 및 전문 인력이 거의 드문데 반해, 국외 대학은 각 대학 내에 에너지관리를 위한 전담기구가 설치되어 시기적절한 유지관리가 가능하다는 점이다. 국외 대학은 전문 인력을 통해 사전에 에너지 과부하를 예방하고, 사용되는 에너지(물,

표 6. 국외 대학 에너지관리현황

No	대학	에너지관리 현황	평가항목 숫자
1	미국 H대학	<ul style="list-style-type: none"> - 녹색캠퍼스 이니셔티브(Harvard Green Campus Initiative, HGCI) 프로그램 도입 - 2000년부터 에너지관리 전문가(campus sustainability director) 고용 - 에너지관리 전담 기구인 지속가능한 사무처(The Office for Sustainability)를 설치 - 각 단대별 특성에 맞는 에너지관리 프로그램을 기획 및 실행, 매년 환경성과를 측정함 - 연간 \$80,000달러의 비용 절감, 약 2만 7천 톤 이상의 온실가스 배출 감소 효과 	11, 14
2	미국 N대학	<ul style="list-style-type: none"> - 건물 리모델링 시 내부 콘크리트의 40% 재활용 - 재활용 청바지를 사용한 천정 단열재로 LEED인증 시 높은 평가를 받음 - 건축물 전면에 설치된 태양열 패널로 계절에 따른 에너지 부하 예방 	16
3	독일 H대학	<ul style="list-style-type: none"> - 약 4,700m² 면적에 옥상 녹화를 통한 빗물을 집수하여 벽면녹화의 관개용수 및 냉각용수로 사용 	6
4	캐나다 B대학	<ul style="list-style-type: none"> - 여름철 약 30,000L의 우수를 저장하여 조경용수로 활용 - 하수 처리 시 지표면의 습지필터를 통해 물을 정화시켜 관수용으로 사용 - 물이 전혀 필요 없는 퇴비화장실(Composting toilets)을 설치하여 매일 1000L의 상수를 절감 - 퇴비화장실을 통해 저장된 배출물을 퇴비로 사용 - 건물 구조재의 90%를 인근 철거건축물에서 재사용 - 가드레일 및 싱크 등 비구조용 스틸과 벽돌을 재활용 함 	6, 8, 16
5	미국과 캐나다 대학현황	<ul style="list-style-type: none"> - 미국과 캐나다 소재의 322개 대학의 68%는 에너지관리에 대한 부서를 개설하여 전문 직원을 배치 - 약 90%가 대학의 지속가능성에 대한 홈페이지를 개설 - 전문 인력과 자료를 이용해 학생 및 교직원들에게 에너지관리의 필요성 및 실천방안에 대한 실질적인 컨설팅을 진행 	11, 14

전기, 쓰레기 배출량)량을 정확하게 파악하여 이를 토대로 연간 감축량을 명확히 설정하고 있기 때문에 낭비되는 에너지를 줄여 나가고 있다. 또 에너지관리 전담기구는 목적이 상이한 여러 건축물이 모인 대학의 특성을 인식하고, 단대별 특성을 반영한 에너지관리 컨설팅을 제공함으로써 학생과 교직원의 적극적인 참여를 독려하고 있다. 나아가 에너지관리에 대한 정확한 방향제시를 해줌으로써 에너지 절감 효과를 극대화 시키고 있다.

두 번째로, 국내의 에너지관리 활동은 설비시스템 개선 및 녹지 공간 도입 등의 대학 내 물리적인 환경 개선에만 한정되어 있다는 점이다. 지속적인 에너지관리를 위해

서는 시설 사용자나 지역사회와의 연계를 통한 관리활동의 보완이 필요하다. 특히 학생의 경우, 에너지의 사용비용과 직접적으로 연관되지 않기 때문에 대학시설의 에너지 문제에 둔감해지기 쉽다. 따라서 다양한 교육프로그램을 통해 ‘주인의식’을 향상시키고, 참여 유도를 위한 관리 프로그램 마련이 필요하다. 국외의 경우 미국은 지속가능성과 관련된 학위가 마련된 곳이 있는가 하면, 영국의 경우 에코캠퍼스 실천 시스템을 마련하여 대학들이 각 단계를 이행할 때마다 상을 수여하여 그린캠퍼스 활동을 독려하고 있다. 또 지역사회와 연계된 프로그램을 통해 지구환경에 대한 분명한 책임의식형성을 키우고, 이를 바탕으로 자발적인 프로그램을 생성, 활동한다는 점에서 그 차별성이 있다 하겠다.

3. 결론

3.1 FM을 통한 그린캠퍼스 구현

최근 환경에 대한 대중적인 관심이 급증하면서 건물의 에너지 과소비에 대한 우려가 꾸준히 제기되기 시작했다.

특히 대학의 경우, 에너지 다소비 기관으로 꾸준히 지적되어 온 만큼 ‘그린캠퍼스’를 위한 다방면의 노력이 필요하다. 그린캠퍼스란 문자 그대로 대학 스스로의 에너지관리를 통해 온실가스 배출을 줄이고 깨끗한 환경을 만들어냄으로서 인간과 자연이 함께 성장해 나간다는 의미이다. 다른 의미로 그린캠퍼스는 고등교육을 대표하는 학문적 기관인 대학이 미래의 지식인들에게 환경보전을 위한 사고능력을 배양시키고 친환경 리더를 양성해낼 책임을 함께 가지고 있음을 나타낸다.

건축물의 경우, 건물에 사용된 각종 설비들이 노화됨에 따라 그 성능이 감소하고, 잦은 고장이 발생하게 된다. 이는 결국 과부하로 이어져 에너지 사용량의 증가 및 운영비용 지출을 야기하게 되므로 최적화된 성능을 꾸준히 유지하기 위해서는 효율적인 시설관리 방안이 수립되어야 한다. 대학 역시 목적이 다른 여러 건물이 모인 종합시설로서 기존시설을 활용하고 효율적으로 재정비하여 대학경쟁력을 키워야 한다.

최적화된 대학시설을 제공하기 위해서는 시설관리(FM) 시스템을 통한 중장기적인 경영계획이 선행될 필요가 있다. 왜냐하면 대학 교육 및 연구의 질은 물리적 시설 수준에 큰 영향을 받으며, 시설관리는 대학 재정과 밀접한 관련이 있기 때문이다. 따라서 경영적 측면에서도 최적화된 시설 제공 및 유지관리는 반드시 필요하다. 현재 국내의

많은 대학들이 지속가능한 경영을 목표로 에너지관리에 대한 중장기적 비전을 수립하고 있다. 각 대학은 그린캠퍼스를 통해 대학의 특성화(Identity)를 확보하고 이미지를 개선하며 사용자를 위한 공간 창출 및 예산절감 효과를 보고 있다. 나아가 ‘그린캠퍼스’는 대학의 지속가능한 경영의 큰 틀로서, 국제경쟁력 향상 방안으로 인식되고 있다.

향후 그린캠퍼스에 대한 정부와 대학들의 관심은 더욱 늘어날 것이고, 대학시설의 지속적인 발전을 위해 에너지관리의 중요성은 꾸준히 증가할 것으로 보인다. 앞으로 대학은 보다 효율적인 시설관리를 위해 건물에너지관리시스템(Building Energy Management System, BEMS)이나 BIM(Building Information Modeling)등의 자동화 프로그램을 도입할 필요가 있다. BEMS는 건물의 각종 정보를 수집하고 건물자동화를 통해 최적의 에너지관리를 하는 시스템이며, BIM은 3D를 활용한 건축설계기법으로 건물의 설계단계부터 유지관리에 이르기까지 전 생애주기 동안 발생하는 정보(설비 교환주기, 에너지 소비량, 단열성능 등)를 통합·관리 하는 프로그램으로 지속가능한 건설을 위한 발전된 새로운 도구(tool)이기 때문이다. 더 나아가 대학시설관리는 이런 물리적 시스템 뿐 아니라 지속적인 환경 교육을 동반하여 사용자의 참여도를 향상시키고, 주인의식을 함양시킬 필요가 있다.

본 연구는 문헌조사를 통한 사례조사에 한정되어 있으므로 앞으로의 연구에서는 현장조사를 통한 대학시설 에너지관리의 현황조사가 병행되어 할 것이다. 그러나 국외 선진사례를 제시함으로써 향후 대학시설의 에너지관리를 위한 시설관리 계획 시 종합적인 측면에서 에너지관리 프로그램의 기초를 제공했다는 데 의의가 있다. 대학시설은 경영자와 시공자, 시설관리자의 사회적 책임의식이 함께 동반될 때 보다 효율적이고 친환경적인 에너지관리가 실현될 것이다.

참고문헌

1. M. Humblet 외2, Load map to a GREEN CAMPUS, U.S. Green Building Council, pp.82-86, 2010
2. U.S. Green building Council, 2010 LEED Application Guide for Multiple Building and On-campus Building Project (2010 AGMBC), U.S. Green building Council, pp1-18, 2010
3. 김선숙, 친환경 건축물 가이드라인의 개발특성 및 구성요소 분석, 대학건설학논문집 계획계, 제25권, 제5호, pp.304-305, 2009
4. 박성태 외1, 건축물 용도별 분류에 따른 친환경 건축 발전

- 경향 영구-LEED 인증 사례를 통해서-, 한국생태환경건축
학회논문집, 제9권, 제2호, p.5, 2009
5. 이상현 외1, BIM기반 지속가능한 설계를 위한 해외 친환경
건축물 인증기준의 비교에 관한 연구, 대한건축학회 학술발
표대회 논문집 계획계, 제29권, 제1호, p.325, 2009
 6. 이우준 외1, 대학캠퍼스에서의 빗물이용 방향 설정에 관한
연구, 한국태양에너지학회 추계학술발표대회 논문집, pp.190
-191, 2006
 7. 이현우 외2, 해외친환경건축물 인증제도에 대한 비교분석
연구, 한국건축친환경설비학회 논문집, 제1권, 제2호, pp.42
-43, 2007
 8. 이화룡 외1, 국립대학 시설 및 공간의 효율적 관리에 관한
연구, 교육시설학회, 제15권, 제5호, p.21, 2008
 9. 신은영 외1, 대학시설의 지속가능한 에너지관리에 관한 기
초연구, 한국BIM학회 정기학술발표대회 논문집, 제1권, 제1
호, pp.75-76, 2011
 10. 정숙인 외1, 그린캠퍼스 조성을 위한 대학건축물의 친환경
적 특성에 관한 연구, 한국실내디자인학회, 제18권, 제6호,
pp.221-222, 2009
 11. 최동호, 캐나다의 대학시설 우수 친환경설계 사례, 그린빌
딩협의회, 한국그린빌딩협의회지, 제10권, 제1호, pp.71-77,
2009
 12. APPA, The Economy's Influence on Environmental
Sustainability and Energy, Leaders Series 2009, pp.1-37,
2009
- <http://www.appa.org>, 2011.06.24
<http://www.aia.org/>, 2011.09.10
<http://www.centerforgreenschools.org/green-campus.aspx>,
 2011.09.10
<http://www.leadkorea.or.kr>, 2011.09.11
<http://www.sustainablecampus.org/index.htm>, 2011.10.07
<http://www.centerforgreenschools.org/green-campus.aspx>,
 2011.10.07
<http://www.nwf.org/Global-Warming/Campus-Solutions.aspx>,
 2011.10.11
www.greencampus.harvard.edu/about/principles.php,
 2011.10.11
<http://home.nau.edu/sustain/>, 2011.10.11
www.nwf.org/Global-Warming/Campus-Solutions.aspx,
 2011.10.11

접수 2011. 10. 17
 1차 심사완료 2011. 11. 14
 2차 심사완료 2011. 12. 02
 2차 재심완료 2012. 01. 16
 게재확정 2012. 01. 19