

대학건축물의 전력에너지 사용량 조사 및 분석

Survey and Analysis of Power Energy Usage of University Buildings

윤 남 식* 김 정 태**
Youn, Nam Sik Kim, Jeong Tai

Abstract

For the past seven years, the increase in the energy consumption of universities in Korea has been 3.7 times higher than the overall increase in the energy consumption across Korea (22.5%). This is an example that shows that universities have been a massive source of greenhouse gases. Such an increase has been attributed to the new and expanded construction of architectural structures on campus. Many people argue that the increasing number of buildings may cause waste of energy and loss of efficiency. Therefore, this study was conducted as a preliminary study to derive energy efficiency measures for new university buildings. The two aspects of energy-saving as required by the eco-friendly structure certification standards have been applied to analyze the use of new/renewable energy and the energy consumption of new university buildings that have applied light density and light engineering methods. Based on these results, the major sources of energy of existing buildings and new university buildings were compared to comparatively discuss how effectively they improve energy performance.

Keywords : University buildings, Energy consumption, Improvement of energy performance, Electric power

1. 서 론

1.1 연구의 배경과 목적

지구온난화에 의한 생태변화 및 기후변화 협약에 따른 이산화탄소 배출규제, 화석연료 고갈 등 최근 전 세계가 환경에 주목하고 있는 가운데 에너지 소비저감을 향한 각계 각층의 다양한 노력들은 꾸준히 이루어지고 있다. 특히, 대학은 대량으로 배출되는 쓰레기 문제와 학생 및 교직원들의 주인의식 부족으로 인한 과도한 에너지 낭비 등 엄청난 소비활동을 통해 소비사회의 축소판으로 평가되기도 한다.

이에 우리나라도 지구온난화에 따른 에너지소비 측면에서의 체계적인 대응이 필요로 되어지고 있다.

2007년 녹색연합이 펴낸 ‘에너지 사용량 통계자료’를 분석하면¹⁾ 지난 7년간 국내대학들의 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 대학 내 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.

“저탄소 녹색성장”의 취지와 부합되는 대학캠퍼스의 에너지 소비저감을 향한 근본적이면서도 실질적인 방안은 대학건물의 에너지 효율화 방안이다.

따라서 본 연구는 대학건물의 에너지 효율화 방안 도출을 위한 선행연구로서 에너지절약에 대한 두가지 측면 즉, 신재생에너지 이용과 조명밀도 및 조명설계 방식을 적용하여 사용중인 신축 대학건물의 에너지 소비현황을 분석하였다. 이 결과를 바탕으로 기존 대학건물에 비해 에너지 성능 개선효과가 얼마나 있는지를 비교하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 대학시설의 에너지절약에 대한 방안으로 지열 및 에너지절약형 조명기기가 적용된 신축 대학건물을 대상으로 건립 후 1년간의 데이터 모니터링 결과분석을 수행하고 이 결과와 기존 대학건물의 에너지 소비량을 비교해 어느 정도의 개선 효과가 있는지를 비교하고자 한다. 조사대상으로는 대학캠퍼스 내 기존건물 11개 동과 지열 및 에너지절약형 조명기기가 적용된 대학신축건물 1개 동을 선정하여 도면조사와 방문조사를 실시하였다.

* 연성대학교 행정지원처 과장 (namsik@yeonsung.ac.kr)

** 교신저자, 경희대학교 건축공학과 교수 (jtkim@khu.ac.kr)

1) 에너지 사용량 통계자료-연간 2000TOE(석유환산톤) 이상의 에너지를 사용하는 국내 대학들의 에너지 사용량은 2000년 13만 58TOE에서 2007년 24만437TOE로 7년만에 84.9%나 상승한 것으로 나타났다. 또한 2000TOE이상의 에너지를 사용해 에너지 다소비 기관으로 분류된 대학 수는 2000년 45개에서 2007년 76개로 늘었으며, 이들 가운데는 에너지 소비량이 1만 TOE가 넘는 대학도 9개가 되는 것으로 파악된다.

2. 신축 대학건물에 대한 조사

대상 대학건물은 필수요소인 강의실과 교수실 등 다양한 실들을 포함하고 있으며, 건물의 에너지절약에 대한 두가지 기준 즉, 신·재생에너지 이용과 조명밀도 및 조명설계 방식을 적용하여 사용 중인 대학건물이다. 또한 사용이 증가되고 있는 신·재생에너지 이용은 지열을 설계하여 지하1층~지상3층 냉·난방을 담당하며, 지상4층~지상13층은 냉·난방 겸용의 EHP시스템이 적용되어 있으며, 에너지 사용의 실시간 모니터링이 가능한 시스템이 구축되어 있다. 이로 인해 냉·난방 에너지 사용량의 별도 모니터링이 가능하며 향후 에너지 효율화 방안이 있어 지속적인 연구에 적합한 대학건물이라고 판단된다.

신축 대학건물에 대한 조사, 건물의 설비적인 사항, 건축적 요소, 시스템, 에너지 사용기록에 이르기까지 전반적인 사항에 대해 상세히 조사하는 것이다.

이를 위해 사용승인도서를 검토하고, 건물관리 담당자와 지속적인 상담과 현장견학을 통해 1년 동안 에너지 사용량을 조사하였다.

2.1 건물의 개요

대상 대학건물은 경기도 안양시에 위치한 Y대학교 캠퍼스내의 연곡관 건물로 2011년 초에 준공되었으며 강의실, 기숙사실, 다목적실, 컨벤션센터 등으로 다양한 용도별로 구성된 신축 대학건물(연곡관)이다. 기존 대학건물의 개요는 <표 1>, 연곡관의 개요는 <표 2>, 기준층 평면도는 <그림 1>과 <그림 2>, 외관사진은 <그림 3>과 같다.

표 1. 기존 대학건물 개요

구분	1동	2동	3동	4동
층수	지하1층~지상5층	지하1층~지상5층	지상1층~지상6층	지상1층~지상6층
건축면적	675.67	862.21	478.91	874.77
연면적	3,645.89	4,053.05	2,452.22	4,998.657
용도	교육연구시설(교사)	교육연구시설(교사)	교육연구시설(교사)	교육연구시설(교사)
구분	5동	6동	7동	8동
층수	지하1층~지상5층	지하1층~지상5층	지하1층~지상6층	지하1층~지상6층
건축면적	1,296.00	1,632.39	1,672.74	555.99
연면적	6,928.20	9,996.84	10,809.94	3,638.73
용도	교육연구시설(교사)	교육연구시설(교사)	교육연구시설(교사)	교육연구시설(도서관)
구분	9동	10동	11동	
층수	지하1층~지상2층	지상1층~지상4층	지하2층~지상3층	
건축면적	1,006.13	317.80	221.36	
연면적	2,009.81	1,232.42	13,511.26	
용도	노유자시설(유치원)	교육연구시설(교사)	교육연구 및 복지시설	

표 2. 연곡관 개요

구분	내용
층수	지하 1층, 지상 13층
건축면적	3,891.398㎡
연면적	27,395.174㎡
층별용도	지하1층 : 교수실, 강의실, 자료실, 기약실 등 1층 : 행정실, 실습실, 교수실, 요양보호실 등 2층 : 다목적실, 소회의실, 컨벤션센터 등 3층 : 회의실, 행정실, 북카페 등 4층~8층 : 강의실, 학과사무실, 행정실 등 9~13층 : 기숙사



그림 1. 기준층 평면도 좌측(강의실)

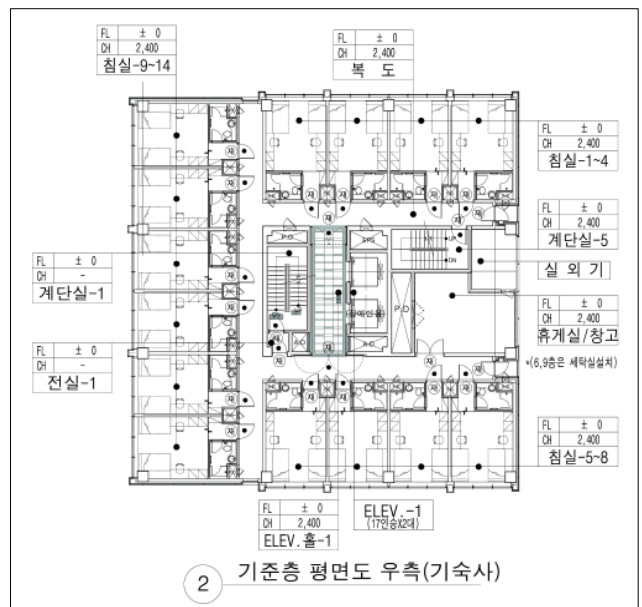


그림 2. 기준층 평면도 우측



그림 3. 연곡관 외관사진



그림 5. 지열 냉·난방 시스템

2.2 설비시스템 개요

연곡관의 주된 설비는 냉·난방 설비와 조명설비 기타설비로 크게 나눌 수 있으며, 실내 환경설비는 실별 온도조절 및 풍량조절이 가능하도록 유선리모콘 및 제어기를 설치하였다. 냉·난방설비의 경우 지하 1층 ~ 지상 3층은 지열시스템을 사용하고 있으며, 지상 4층 ~ 지상 13층은 냉·난방 겸용의 EHP시스템을 사용하고 있다. 특히 지열은 심야전기를 활용해서 사용하고 있다. 냉·난방은 연곡관의 모든 실은 개별제어시스템을 이용해서 강의시간 스케줄에 따라 운전되고 있다.

연곡관에 설치된 지열시스템은 <그림 4>와 <그림 5>, 냉·난방 겸용의 EHP시스템의 현장사진은 <그림 6>과 같다.



그림 6. 냉·난방 겸용의 EHP시스템

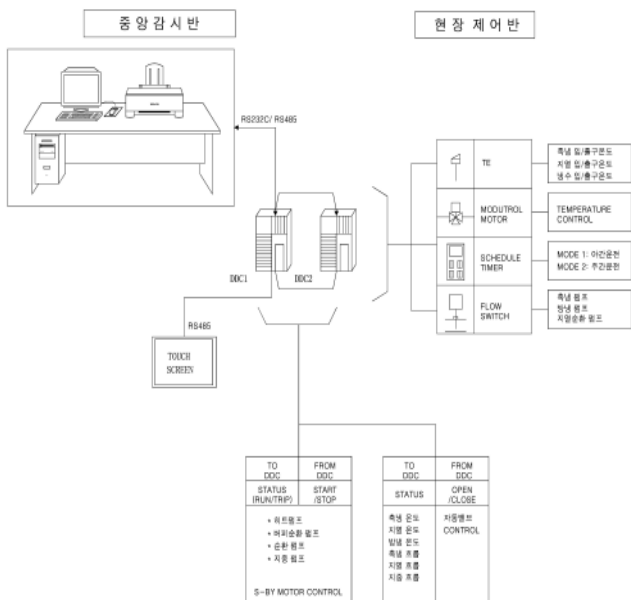


그림 4. 축열지열원 계통도

연곡관의 조명은 32W 고효율 형광등이 설치되어 있으며 제어는 재실스케줄에 따라 수동제어가 이루어지고 있다. 또한 연곡관의 경우 자연채광을 거의 다 사용하고 있으나 용도별 조명설비에 대한 의존도가 상당히 커 이로 인한 조명 에너지 소비가 큰 것으로 판단된다.

2.3 신축 대학건물의 사용 및 설비시스템의 운영

2.3.1 공간사용현황

연곡관은 건물 내에 강의실, 학회실, 학과사무실, 멀티미디어실, 프리젠테이션실, 다목적실, 컨벤션센터, 연구실 등 다양한 실로 구성되어 있다. 또한 각 용도별 재실인원 및 스케줄이 다양하게 구성되어 있으며, 강의실의 경우는 강의 시간표에 따라 규칙적으로 사용되나 학회실, 연구실, 음향 도서실, 멀티미디어실, 실습실 등은 학기 중과 방학 중에 불규칙적으로 사용되고 있어 복잡한 운영스케줄을 가지고 있다. 기기로는 각 실에 설치된 컴퓨터 관련 장비가 거의 대부분이며, 재실자의 자리 이탈에 상관없이 거의 대부분 켜 놓고 있는 것으로 나타났다. 냉·난방 및 조명 또한 자리 이탈에 상관없이 거의 대부분 켜 놓고 있는 것으로 나타났다.

2.3.2 설비시스템의 운전

연곡관의 경우 냉·난방 지열시스템은 지하 1층 ~ 지하 3층에만 설치되어 있으며, 강의시간표에 따라 개별 제어시스템에 의해 제어되고 있다.

또한 지열시스템이 적용되지 않는 지상 4층 ~ 13층에 멀티미디어실, 컴퓨터실, 행정실, 프리젠테이션실, 연구실, 기숙사실 등 많은 실에서는 냉·난방 겸용의 EHP시스템을 설치하고 있었다. 신·재생에너지사용의 경우는 난방, 냉방, 전기설비비용량 또는 급탕부하량의 5% 이상을 담당하는 수준의 지열설비시설을 주간 냉방부하량 243.0 USRt와 주간 난방부하량 219.0 USRt중 총 난방부하량 219.0 USRt에 대한

지열설비시설용량 60.01 USRt를 이용, 난방설계 부하의 27.40%를 담당하게 설계하여 사용하고 있었다.

표 3. 평균 조명밀도 분석

실명	계산조도 E(lux)	등기구명세			면적(m ²)	조명밀도 W/m ²
		규격	수량	WATT		
지하 1층	345	TYPE“A”/32W	192	11848	1149.76	10.30
지상 1층	395.85	TYPE“A”/32W	191	12224	1097.15	11.14
지상 2층	252.9	TYPE“A”/32W	281	19718	1498.49	13.16
		TYPE“H”/150W TYPE“G”/24W				
지상 3층	326	TYPE“A”/32W	84	5096	608.67	8.37
		TYPE“G”/24W				
		FL 2/32W				
지상 4층	422	TYPE“A”/32W	55	4722	502.70	9.39
		TYPE“O”/55W				
지상 5층	399	TYPE“A”/32W	60	5254	599.28	8.77
		TYPE“O”/55W				
지상 6층	416.4	TYPE“A”/32W	68	5766	623.64	9.25
		TYPE“O”/55W				
지상 7층	385.5	TYPE“A”/32W	60	5254	596.95	8.80
		TYPE“O”/55W				
지상 8층	416.4	TYPE“A”/32W	68	5766	623.64	9.25
		TYPE“O”/55W				
지상 9층	386	TYPE“A”/32W	60	5254	596.95	8.80
		TYPE“O”/55W				
지상 10층	146	TYPE“O”/55W	28	4620	668.92	6.91
지상 11층	146	TYPE“O”/55W	28	4620	812.26	5.69
지상 12-13층	146	TYPE“O”/55W	28	4620	668.92	6.91
합계				94762	10047.33	
평균조명밀도						9.43

조명설비를 살펴보면 기존의 40W 형광등의 소비전력은 시간당 49W지만 32W 고효율형광등은 시간당 소비전력이 32W 이다. 따라서 40W 형광등을 32W 고효율형광등으로 교체할 경우 시간당 17W의 소비전력을 절약할 수 있어 35%의 에너지 절감이 가능한 것이다.

연곡관의 경우 기준층의 평균조도가 KS A 3011를 확보하고 천장면 평균조명밀도가 9.43W/m² 이하로 설계하여 사용하고 있었다.

3. 대상 대학건축물의 에너지 사용량 조사

건물의 에너지 사용기록에 대한 조사는 대학건축물의 에너지 성능에 대한 전반적인 이해와 에너지 성능개선의 가능성을 분석하기 위해 수행하는 작업이다. 이를 통해 기존건물의 주에너지원과 신축 대학건축물의 주에너지원을 비교하여 건물에 대한 에너지 절약의 우선순위를 결정하는데 활용될 수 있으며 최종적으로 대학건축물의 에너지 효율화 방안 도출이 가능한 중요한 작업이다.

3.1 기존 대학건축물의 에너지 사용량 분석결과

기존 대학건축물 난방은 도시가스, 냉방은 패키지 에어컨이 도입된 이래 몇몇 실에 적용되어 있었으나 2010년 7월 강의 실을 중심으로 교수실, 자료실, 행정실, 실습실 등 모든실에

냉·난방 EHP시스템으로 변경 되었다. 현재는 냉·난방을 비롯한 건물전체의 에너지원으로 전력만 사용되고 있으며, 주된 전력 사용원은 EHP 냉·난방전력, 조명전력, 기타소비전력으로 나눌 수 있다. 기존 건물에서는 신축 건물 연곡관과 동일한 기간 내에 연간, 월별, 시각별 전력 사용량의 패턴을 분석하였으며 분석된 내용을 정리하면 다음과 같다.

- (1) 기존건물은 현재 냉·난방을 비롯한 건물전체의 에너지원으로 전력만을 사용하고 있어 전력사용량 저감방안 모색이 우선시 되어야 한다고 판단된다.
- (2) 강의시간의 증가와 방학 중 특강·냉·난방 겸용의 EHP시스템의 사용 증가로 인해 향후 지속적인 전력사용 증가가 예상된다.
- (3) 월별 단위면적당 전력 사용량을 분석한 결과 월별 일반 전력의 경우 평균 약 3.1KWh/m², 냉방전력의 경우 최대 3.6KWh/m², 난방전력의 경우 최대 약 8.9KWh/m², 전력이 사용됨을 알 수 있다.
- (4) 기존건물의 경우 난방이 냉방의 약 2.5배에 해당하는 전력을 사용하고 있어 난방시스템의 개선이 필요하다고 판단된다.

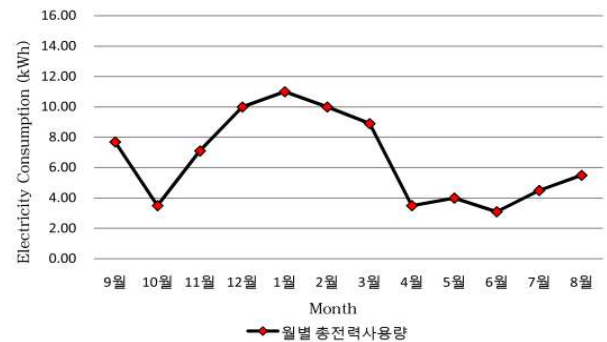


그림 7. 단위면적당 월별 총 전력(일반전력/냉방전력/난방전력)

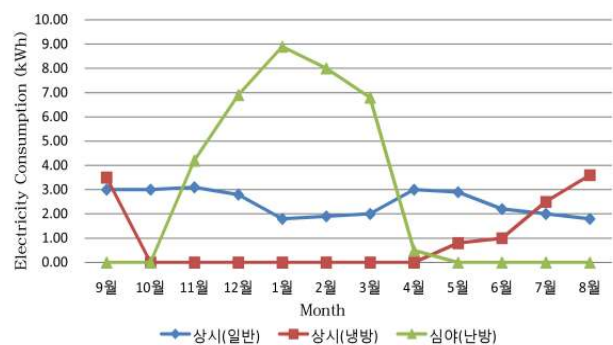


그림 8. 월별 단위면적당 총 전력(일반전력/냉방전력/난방전력)

3.2 신축 건축물 연곡관의 에너지 사용량 분석결과

연곡관의 주된 에너지 사용으로는 현재 냉·난방을 비롯한 건물 전체의 에너지원으로 지열, 전력을 사용하고 있으며, 주된 전력사용원은 EHP 냉·난방전력, 지열설계에 따른 심야전기축열조열원, 확보전력, 조명전력, 기타소비 전력으로 나눌 수 있다.

현재 연곡관의 전력사용은 2011년 1월부터 지하 3층 전 기실에 모니터링 시스템이 구축되어 있어 실시간 전력사용량이 모니터링이 가능하다. 이로 인해 지열시스템의 심야전력 사용량과 EHP 냉·난방전력사용량을 포함한 조명에너지 사용량으로 구분되어 기록되고 있어 향후 연구에 지속적으로 활용이 가능 할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 신축 대학건물의 전력 사용량 패턴분석을 위해 2011년 8월 29일(월)부터 2012년 9월 2일(일)까지 총 365일 53주 동안 월별·요일별 전력 사용량 데이터를 정리 하였다.

3.2.1 연곡관의 월별 전력 사용량

연곡관의 월별 전력 사용량을 비교하면 9월의 경우 학기가 시작되는 시점으로 11월까지는 전력이 꾸준히 사용되고 12월에서 3월까지는 방학중에도 강의실, 연구실, 행정실, 멀티미디어실, 전산실, 기숙사실, 다목적실을 활용하는 관계로 난방전력, 조명전력, 기타 소비전력사용이 가장 많은 것을 알 수 있다. 또한 4월에서 8월까지의 기간은 냉·난방 겸용의 EHP시스템과 조명전력, 기타 소비전력사용이 크게 감소한 것으로 판단된다.



그림 9. 단위 면적당 월별 총 전력(일반전력/냉방전력/난방전력)

냉·난방의 지열 및 EHP시스템의 월평균 전력 사용량의 경우 <그림 10>과 같이 냉방전력은 6월~9월까지 사용되며, 난방은 12월~3월까지 가장 많은 전력이 사용됨을 알 수 있다. 따라서 연곡관의 월별 단위면적당 전력 사용량을 분석한 결과 월별 일반전력의 경우 평균 약 2.7KWh/m², 냉방전력인 경우 최대 약 3.0KWh/m², 난방전력의 경우 최대 약 8.0KWh/m², 전력이 사용됨을 알 수 있다.

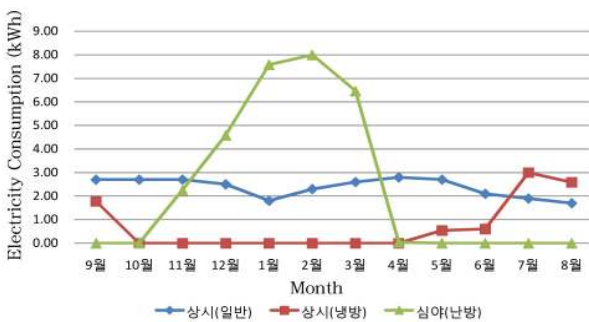


그림 10. 월별 단위면적당 (일반전력/냉방전력/난방전력)

또한 연곡관 건물의 경우 난방이 냉방의 약 2.7배에 해당하는 전력을 사용하고 있어 난방 시스템의 개선이 필요하다고 판단된다.

3.2.2 연곡관의 요일별 전력 사용량

요일별 연곡관의 전력 사용량을 분석한 결과 시각별 전력의 사용량은 강의가 시작되는 오전 10시부터 강의가 끝나는 밤 10까지 사용량이 증가하다 감소함을 알 수 있다. 또한 강의시간의 집중정도에 따라 증가와 감소를 오가는 것으로 판단된다.

난방 및 조명전력, 기타소비전력의 합이 14시를 전후로 최대전력이 사용되고 있으며, 여름에 비해 겨울(12월~3월)의 난방전력이 일반 전력에 비해 최대 약 2.7배 정도 사용되고 있음을 알 수 있다.

요일별(시각별) 전력사용량을 분석한 결과 난방전력 사용량은 동절기 연곡관 전력사용량의 상당부분을 차지함을 알 수 있었다.

3.2.3 연곡관의 월간 평균 전력 사용량

전력 사용량 세부 패턴은 강의시간에 따라 차이를 보이나 강의가 시작되는 오전 10시에서 강의가 끝나는 밤 10시까지 전력사용량이 증가하다 감소하며 식사시간에 전력 사용량이 다소 줄어들음을 알 수 있다.

또한 연곡관의 전력 사용량의 경우 평균 31.74% 절감효과를 나타냈다.

표 4. 월간 평균 전기 사용량

	2011년 9월	2011년 10월	2011년 11월	2011년 12월	2012년 1월	2012년 2월
일반	259,793	164,827	175,259	304,057	470,009	443,930
지열 사용시	167,778	118,470	132,339	222,950	317,048	289,908
	2012년 3월	2012년 4월	2012년 5월	2012년 6월	2012년 7월	2012년 8월
일반	351,984	250,898	173,050	236,991	219,459	259,015
지열 사용시	255,597	178,246	116,688	153,885	141,146	164,967

* 근무 시간은 오전 8시부터 22시

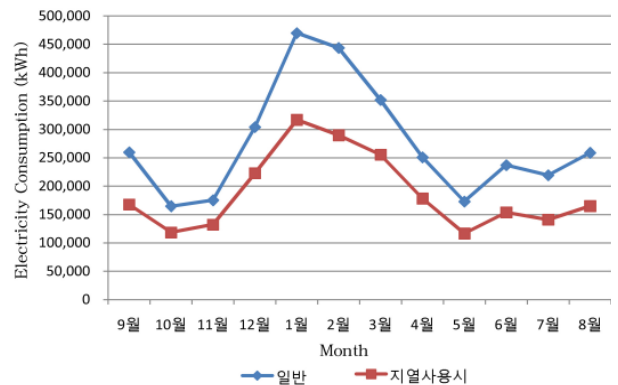


그림 11. 월간 평균 전기 사용량

4. 결론 및 향후 연구방향

사례분석을 통한 대학건물(Y대학교 연곡관)의 에너지 사용량을 조사 및 분석하였으며, 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

① 연곡관의 신·재생에너지 효율화 방안으로 건물 내 지열설비시설을 이용하여 총난방부하량(219 USRt)중 지열설비 시설용량(60.01 USRt)을 적용함으로써 난방설계부하의 27.40%를 담당하여 운영된 결과 전력사용량의 경우 평균 31.74% 절감효과를 나타내고 있다.

② 연곡관의 조명에너지 효율화 방안으로 기존의 40W 형광등의 소비전력은 시간 당 49W이지만 32W 고효율형광등은 시간당 소비전력이 32W이다. 따라서 40W 형광등을 32W 고효율형광등으로 교체하여 공간의 기능과 목적에 따라 A 3011에 의한 작업면 표준조도를 확보하고 천장면 평균조명 밀도는 9.43W/m²로 설계하여 신축 대학건물에 적용한 결과 시간당 17W의 소비전력을 절감할 수 있어 35%의 에너지 절감이 가능한 것으로 분석되었다.

③ 연곡관의 냉·난방 설비의 경우 지하 1층 ~ 지상 3층은 지열시스템을 지상 4층 ~ 지상 13층은 냉·난방 겸용의 EHP 시스템을 사용하고 있다. 따라서 월별 단위면적당 전력 사용량을 분석한 결과 월별 일반전력의 경우 평균 약 2.7KWh/m², 냉방전력의 경우 최대 약 3.0KWh/m², 난방전력의 경우 최대 약 8.0KWh/m²의 소비전력을 절감할 수 있어 기존 대학건물에 비해 일반전력 12.90%, 냉방 16.70%, 난방 10.10%의 에너지 절감이 가능한 것으로 분석 되었다.

④ 기존 대학건물에 대한 조사를 실시한 결과 강의실을 포함한 일반적인 대학건물로 냉·난방 겸용 EHP시스템을 사용하고 있다. 따라서 기존 건물 등은 현재 냉·난방을 비롯한 건물전체의 에너지원으로 전력만을 사용하고 있어 전력 사용량 저감방안 모색이 우선시 되어야 한다고 판단된다.

본 연구는 대학건물의 에너지효율화 방안 제시를 위한 선행 연구로서, 캠퍼스내 지열 및 에너지 절약형 조명기기가 적용된 신축 대학건물과 기존의 일반적인 대학건물의 에너지 소비량을 비교해 어느 정도의 개선효과가 있는지를 비교하였다. 따라서 향후 연구에서는 각 방안의 에너지 소비저감 성능 평가에 관한 연구가 추가적으로 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. 연세대학교 밀레니엄환경디자인 연구소, 친환경 공간디자인 생태건축 예코인테리어 그린라이프, 연세대학교출판부, 2003
2. D. Gissen, Big & Green: Toward Sustainable Architecture in the 21st Century, Princeton Architectural Press, 2002
3. L. D. D. Harvey, A Handbook on Low-Energy Buildings and District-Energy Systems: Fundamentals, Techniques and Examples, Routledge, 2006
4. P. F. smith, Architecture In A Climate Of Change: A Guide to Sustainable Design, Elsevier, 2005

5. 강수연, Zero Emission Building의 요소기술에 관한 연구, 중앙대학교 석사논문, 2008
6. 광동신, 생태적 관점에서 본 동국대학교 캠퍼스 현황분석, 동국대학교 석사논문, 2006
7. 김정수, 캠퍼스 시설의 친환경적 설계에 관한 연구 : 경원대학교 본관, 경원대학교 석사논문, 2009
8. <http://www.aiatopten.org> (접속일자: 2013년 3월 20일)
9. <http://greensource.construction.com> (접속일자: 2013년 3월 20일)
10. 박진철, 학교건물의 에너지 성능개선에 관한 연구, 설비공학 논문집, 16(1), 2004, 54-61
11. 정재웅, 김동우, 석호태, 양정훈, 종합대학 캠퍼스의 에너지 소비현황 분석에 관한 연구, 한국태양에너지학회 추계학술발표 대회 논문집, 2009, 175-180
12. 홍원화, 이춘미, 김주영, 조수, 종합대학의 에너지소비원단위 작성에 관한 연구, 대학건축학회논문집 계획계, 24(11), 2008, 313-320
13. 정재웅, 김동우, 이종민, 양정훈, 석호태, 사례분석을 통한 대학건물의 전력에너지 사용량 조사 및 분석, 영남대학교, 한국생활환경학회 논문집 17(1), 2010, 1-9

투고(접수)일자: 2013년 2월 27일
 수정일자: (1차) 2013년 4월 11일
 (2차) 2013년 4월 15일
 게재확정일자: 2013년 4월 15일