

대학건물의 전력소비 특성에 관한 사례분석

이왕제*, 윤종호**, 백남춘***, 신우철****

*대전대학교 대학원 건축공학과(lwj3116@dju.kr), **한밭대학교 건축공학과 교수(jhyoon@hanbat.ac.kr),
한국에너지기술연구원(baek@kier.re.kr), *대전대학교 건축공학과 교수(shinuc@dju.kr)

A Case Study of Electric Power Consumption Characteristics in University Building

Lee, Wang-Je*, Yoo, Jong-ho**, Baek, Nam-Choon***, Shin, U-Cheul****

*Dept. of Architectural Graduate School, Daejeon University(lwj3116@dju.kr),

**Dept. of Architectural Eng, Hanbat National University(jhyoon@hanbat.ac.kr),

***Solar Energy Research Center, Korea Institute of Energy Research(baek@kier.re.kr),

****Dept. of Architectural Eng, Daejeon University(shinuc@dju.kr)

Abstract

Of school buildings, university building requires various case analysis unlike buildings in the elementary, middle and high schools in accordance with its characteristic for variables such as characteristic of department, construction structure and material, the number of persons admitted and schedule. Through the case research on the 'D' university located in Daejeon, this study made a comparison on the monthly and yearly consumption of gas and electricity of the most recent 3 years and implemented analysis on the usage pattern and standby power of air conditioning and heating by the hour and month using PCCS(Power Consumption Consulting System) as respects electricity that is considered to have a possibility of energy-saving.

The result of analysis showed that enormous amount of electric power was used during the night time for freeze protection and burst in winter season and standby power was increased in winter season as a result.

Keyword : 대학건물(University Building), 사례분석(Case Analysis), 사용패턴(Usage Pattern), 전력소비컨설팅 시스템(PCCS), 동파방지(Freeze Protection), 대기전력(Standby Power)

1. 서 론

전 세계적으로 에너지 문제가 이슈와 되면서 건물들의 에너지 성능에 대한 다양한 평가들이 이루어지고 있다. 건물은 용도별, 지역별, 구조별, 사용스케줄 및 운영자의 운영

방식에 따라 에너지 사용량과 사용패턴이 다르지만 건물의 용도가 같은 경우 유사한 사용패턴을 갖는다. 건물에서 에너지절약을 위한 방법은 건물 설계단계에서 컴퓨터 시뮬레

이전을 사용한 최적의 건물모델 제안과 실제 사용건물의 에너지 분석을 통한 절약으로 크게 나눌 수 있으며 건물의 사례분석은 추후 같은 용도로 지어질 건물과 현재 사용하고 있는 건물의 효율적인 에너지소비를 위해서 필수적으로 이루어져야 한다. 용도별 건물에서 학교건물은 초·중·고등학교 및 대학교로 나뉘지는데 대학건물은 초·중·고등학교 건물과 달리 학과특성, 건축규모·재료, 재실인원 등 변수가 많아 그 특성에 맞는 다양한 분석이 요구되고 있다. 최근 들어 대학건물의 에너지 분석에 대한 연구가 많이 이루어지고 있으며 연구동향을 보면 이¹⁾는 대학건물의 총에너지사용량을 구한 후 전력사용량을 임의의 날 5일을 정하여 시간별로 분석하였으며 정²⁾은 설문조사를 통한 질의응답과 에너지 소비량을 바탕으로 6개 대학의 전력 사용량, 구성원 수에 따른 사용량 변화, 연면적당 전력원단위로 분석하였다. 정³⁾은 실시간 모니터링을 통해 연별, 월별, 시간별 분석을 하였지만 대학건물 중 특정 단과대에 대한 전력사용량을 조사하여 전체대학건물의 전력사용량과는 상이할 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 특정 대학건물의 전체 에너지 사용량을 분석한 후 PCCS를 이용한 전력 실시간 자료를 이용하여 대학건물의 기저전력 및 소비패턴, 절약요소를 파악하여 대학건물의 전력소비개선을 위한 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

2. 조사대상 및 연구방법

2.1 조사대상

대상 건축물은 대전광역시 동구 용운동에 위치한 D대학으로 인문사회관, 공학관, 실습동, 도서관, 체육관, 생활관 등 총 18개의 건물로 구성되어 있으며 중앙제어를 하는 건물의 냉방설정온도는 26℃, 난방설정온도는 20℃로 조사대상은 다음 그림1, 표 1과 같다.



그림 1. 캠퍼스 맵

표 1. 조사대상 개요

위치	대전광역시 동구 대학교62
특성	종합대학
개교일	1981년
대지면적	451,245㎡
연면적	156,817㎡
건물 수	18개동
위도	북위 36.20
경도	동경 127.26
냉방설정온도	26℃
난방설정온도	20℃

2.2 연구방법

표 2. 조사내용

	조사내용	비고
에너지	가스, 전력, 유류	
열원기기 및 기타	열원기기 현황 열원기기 교체시기 화장실 교체시기 EHP(개별제어) 동과방지 방법 상시전력 요소	
온도	동과방지 설정온도 냉·난방 설정온도 대전지방 월평균온도 대전지방 시간별온도	기상청

학교건물 시설 담당자와의 지속적인 상담과 현

장견학을 통해 전기, 가스, 유류의 에너지 사용량과 건물의 열원기기, 동절기 동파방지 설정온도 등을 조사하였고 기상청(www.kma.go.kr)에서 대전지방 월평균온도와 실시간 온도를 조사하였다. 에너지 단위는 kWh로 통일하기 위해 가스 사용량 $m^3=10,500kcal$ (총발열량)⁴⁾로 환산하여 계산하였으며 유류사용량은 연간 1000ℓ 정도로 그 사용량이 미비하여 분석에서 제외시켰다.

3. 조사내용 분석

3.1 에너지 조사방법

에너지사용량 조사는 2008년부터 2010년까지 3년간 가스는 월별사용량을 전력은 한국전력공사의 PCCS⁵⁾(Power Consumption Consulting System) 이용하여 시간별 일반전력과 심야 전력사용량을 조사하였다.

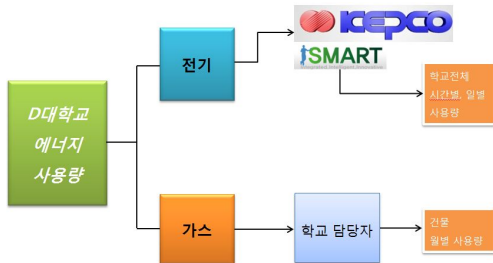


그림 2. 사용량 수집방법

3.2 총에너지 사용량 분석

그림 3은 2008년부터 2010년 D대학 총 에너지사용량에 분석한 것으로 가스사용량의 경우 전년대비 2009년 1%, 2010년 3%로 증가한 반면 전력사용량은 2009년에 5%에서 2010년 10%로 사용량 증가폭이 가스사용량에 비해 훨씬 크게 나타났으며 그에 따라 에너지원 비중도 전력이 2008년 58%에서 2010년에는 61%로 늘어났다. 가스사용량은 난방, 냉

방, 온수, 동파방지로 그 사용용도가 뚜렷하고 시간별 사용량은 알 수 없어 상세한 분석과 절약요소를 찾기에는 무리가 있지만 전력사용량은 냉·난방(EHP), 조명, 사무기기, 수업용기기 등 다양한 사용용도가 있고 시간별 전력사용량을 분석할 수 있어 에너지 절약요소를 파악할 수 있다고 판단었다.

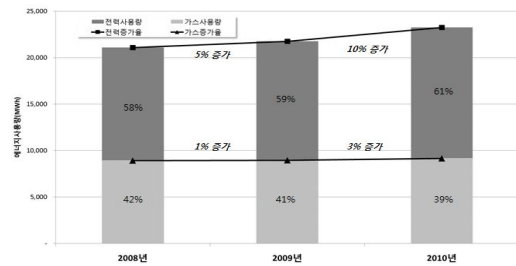


그림 3. 연간 에너지소비량

표 3. 가스 열원기기 설치현황

열원기기	설치 대수
공조기	43대
냉온수기	10대
증기보일러	10대
관류보일러	2대
온수보일러	11대

3.3 가스사용량 분석

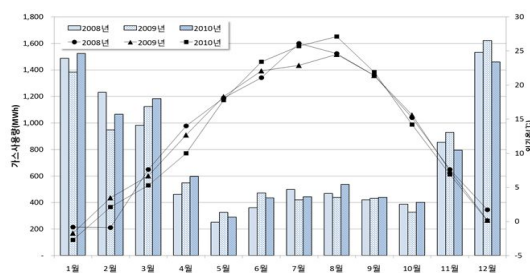


그림 4. 월별 가스사용량

그림 4를 보면 동절기(12~2월)에 생활관 및 각 건물의 난방, 온수, 동파방지로 인한 에너지사용량 증가로 가스사용량이 높게 나타났

으며 하절기(6~7월)에는 흡수식냉온수기를 사용한 냉방으로 인하여 중간기(5월,10월)에 비해 사용량이 소폭 상승하지만 동절기 사용량과 비교하면 하절기 가스사용량은 3.3배 차이를 나타낸다.

3.4 전력사용량 분석

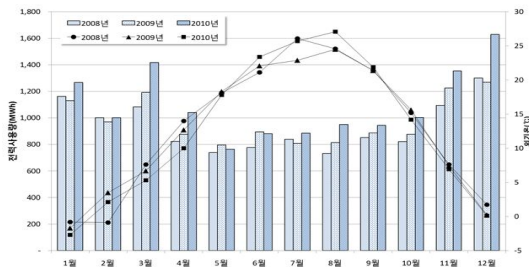


그림 5. 월별 전력사용량

표 4. 개별 EHP 설치현황

설치년도	설치 대수	전년대비 증가율(%)
2008년 이전	322	
2008년	16	5.0%
2009년	22	6.5%
2010년	16	4.4%

그림 5의 전력사용량은 가스사용량에 비해 월별 편차가 적으며 월별 사용량을 보면 중간기 5월(4.5~10월)의 사용량이 가장 적게 나타나며 동절기 12월의(11~2월)의 사용량이 가장 높게 나타난다. 학기 개강시기인 3월에 사용량이 급증하며 하절기(6~8월)의 전력사용량은 5월 중간기에 비해 냉방부하로 소폭 증가하였다. 2010년 5월 중간기 이후 전력사용량의 증가 원인은 외기온도와 EHP(개별제어) 증설, 연면적 20,400㎡ 규모의 30주년 기념관 2010년 10월에 준공되어 전력사용의 증가하는 것으로 분석되었다.

PCCS를 이용하여 그림 6과 같이 연간 시간별 사용량 분석한 결과 낮 12시에 가장 많은 사용량을 오후 6시에 가장 적은 사용량을 보였다. 또한 23시 이후로 전력사용량이 급

증하는 것을 볼 수 있는데 그 원인으로 교내 중앙제어를 하는 EHP 및 열선을 이용하여 동파방지를 하는 것으로 파악되었다.

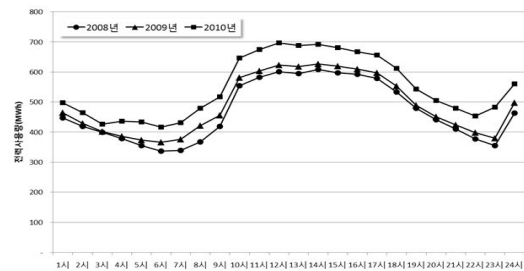


그림 6. 연간 시간별 전력사용량

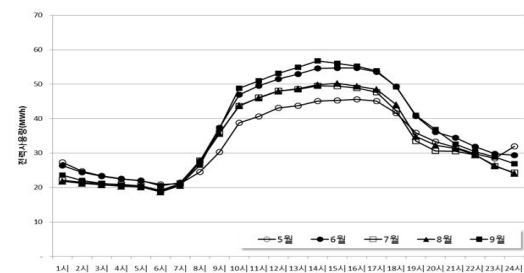


그림 7. 심야 동파방지 미가동기간(5~9월)

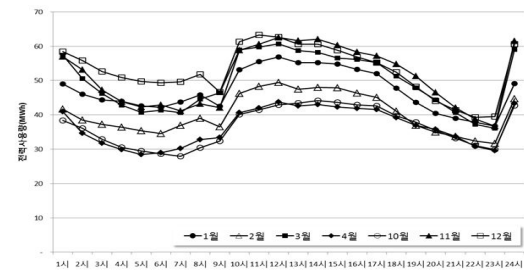


그림 8. 심야 동파방지 가동기간(10~4월)

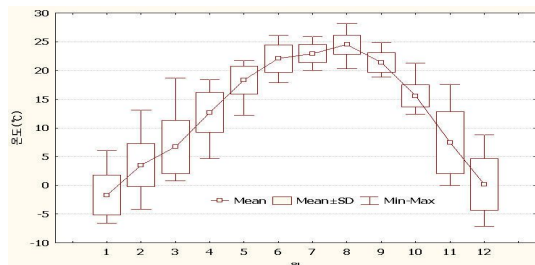


그림 9. 2009년 대전지역 월별 외기온도

심야시간(24시 이후)에 월별 동파방지 시스템 가동여부를 알아보기 위해 연면적 변화가 없고 사용량의 중간 값을 가지는 해인 2009년 전력사용량을 시간별로 분석하여 심야시간에 전력사용량의 급변화가 있는 기간을 동파방지 가동기간, 전력사용량의 급변화가 없는 기간을 동파방지 미가동기간으로 분류하였으며 그림 7~8과 같다. 그림 9의 그래프는 기상청에서 측정된 2009년 대전지방 일평균 온도를 월별로 나타낸 것으로 10월의 평균 외기온도는 15.6℃로 높지만 지역별 기상청 상세관측자료(AWS)를 통해 10월 25일 전후에 심야시간의 온도가 -1.6~5℃로 측정되는 것을 확인하였다. 전력사용은 1교시 수업시간인 9시를 기점으로 급상승하였다가 주간수업이 끝나는 18시를 기점으로 전력사용량은 급격히 줄어드는 것으로 나타났다.

D대학은 생활관(2생활관 심야전력)을 포함한 대부분의 건물이 난방·냉방 운수 등의 에너지원을 도시가스로서 사용하는데 그림 8의 동절기 심야시간대의 전력사용량을 보면 동파방지를 위한 EHP(중앙제어) 가동 및 열선의 전력사용량 매우 크다는 것을 알 수 있다.

표 5. 동절기 심야시간 동파방지 운영방법(전력)

형식	제어방식	운영시간	설정온도
EHP (중앙제어)	온도제어 타이머제어	24:00~08:00	15℃, 20℃
동파방지 열선	온도제어	24:00~08:00	10℃



그림 10. 동파방지 시스템

D대학의 동파방지 운영방법은 표 5와 같으며 EHP(중앙제어)를 이용하여 인문사회관, 장학관, 응용과학관, 30주년 기념관에 초겨울

15℃, 동절기 20℃로 설정하여 온도와 시간을 동시에 만족할 때 가동되는 제어방식이며 동파방지 열선은 배관온도를 10℃로 설정하여 국제생활관, 기초과학관, 학생회관 등에 온도 제어를 통해 열을 공급한다. 동파방지 제어 운영시간은 24:00~08:00로 동일하다.

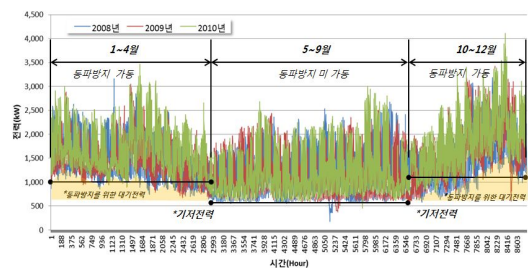


그림 11. 대학 건축물의 기저전력

그림 11은 D대학의 연간사용전력을 나타낸 것으로 난방부하가 없는 5~9월 기저전력(상시전력+대기전력)은 약 600kW로 24시간 사용하고 있으며, 난방부하가 있는 1~4월은 1,000kW, 12월에는 1,200kW까지 기저전력이 높게 나타난다. 기상청 지역별 상세관측자료를 이용하여 시간별 외기온과 동파방지열선 배관설정온도 10℃ 기준으로 비교해 본 결과 심야시간의 동파방지를 위한 EHP 및 열선이 동절기 대기전력을 상승시키는 요인으로 파악되었다. 대학건물의 상시전력은 소방설비, 보안설비, 연구실 실험기기, 시설물상황실, 냉장고 등이 있는 것으로 나타났다.

3.4 원단위 분석

D대학의 가스를 포함한 총 에너지원단위는 그림 12와 같이 2008년에 147kWh/m²yr, 2009년에 151kWh/m²yr, 2010년에 156kWh/m²yr로 연간 3%정도의 증가율을 나타냈으며 에너지 총 조사 보고서⁶⁾의 학교건물 총 에너지 원단위 174kWh/m²yr보다 D대학의 총에너지 원단위가 낮은 것으로 나타났다. D대학 전력에너지원단위는 2008년에 82kWh/m²yr, 2009년에 86kWh/m²

yr, 2010년에 92kWh/m²yr로 선행연구에서 대학 전력 평균 원단위 71kWh/m²yr보다는 높게 나타났다

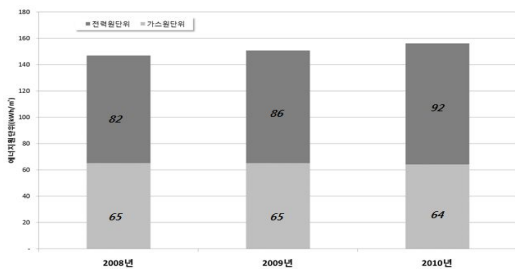


그림 12. 연면적당 원단위(2차)

4. 결 론

본 연구에서는 대전지역 특정 D대학의 에너지 사용량을 사례분석 하였고 전력사용량을 시간별로 분석한 결과 동절기에 사용량이 하절기에 비해 높아 동절기 피크부하에 대한 고려가 있어야 하며 동절기 동파방지를 위한 야간24 오전8시 사이에 EHP(중앙제어)와 동파방지열선의 전력사용량이 매우 높은 것으로 나타났다. 동파방지를 위한 제어 시스템 가동으로 동절기 대기전력이 또한 하절기에 비해 약 2배 증가하였으며 현재 우리나라는 동파방지 대한 기준이 없어 담당자는 설비 시스템을 안전하게 관리하기 위해 높은 온도와 긴 운영시간을 설정하였다. 에너지 효율 향상을 위해 동파방지의 적정 온도 기준을 만들면 동절기 전력에너지 절약에 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 이춘미 외, 종합대학의 전력에너지 부하 특성에 관한 연구, 한국태양에너지학회, 2008
2. 정재웅 외, 종합대학 캠퍼스의 에너지

3. 정재웅 외, 사례분석을 통한 대학건물의 전력에너지 사용량 조사 및 분석, 한국생활환경학회지, 2010
4. 건축물 에너지효율 등급 인증제도 운영규정
5. 전력소비컨설팅 (<http://pccs.kepco.co.kr/>)
6. 지식경제부, 에너지총조사보고서, 2009
7. 지식경제부, 대기전력 저감 프로그램 운용규정, 2010
8. 김강식 외, 고등학교 시설의 에너지 소비특성에 관한 사례분석, 한국태양에너지학회 논문집, 2011
9. 기상청(www.kma.go.kr)