

대학건물의 에너지 소비 특성에 관한 사례분석

이왕제*, 이동원**, 이재범***, 윤종호****, 신우철*****

*대전대학교 대학원 건축공학과 (lwj3116@dju.kr), **국립환경과학원 기후변화연구과(ex12@korea.kr)
국립환경과학원 기후변화연구과 (gerclib@korea.kr), *한밭대학교 건축공학과(jhyoon@hanbat.ac.kr)
*****대전대학교 건축공학과(shinuc@dju.kr)

A Case Study of Electric Power Consumption Characteristics in University Building

Lee, Wang-Je* Lee, Dong-Won** Lee, Jae-Bum*** Yoon, Jong-ho**** Shin, U-Cheul*****

*Dept. of Architectural Graduate School, Daejeon University(lwj3116@dju.kr),
**Climate Change Research Division, National Institute of Environmental Research,
Korea(ex12@korea.kr)
***Climate Change Research Division, National Institute of Environmental Research,
Korea(gerclib@korea.kr)
****Dept. of Architectural Eng, Hanbat National University(jhyoon@hanbat.ac.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. 서론

대학건물은 초·중·고등학교 건물과 달리 학과특성, 건축규모 및 재료, 재실인원 등이 다르고 건물에 연중 사용스케줄이 상이하여 특성에 맞는 분석이 요구된다. 녹색연합¹⁾에 따르면 2010년 건물부문에서 연간 2,000toe를 사용하는 다소비 기관을 조사한 결과 886개 기관 중 대학건물은 83개 기관으로 총 대학의 약 24%를 차지하며 업종별 사용량에서는 2008년 4위에서 2010년에는 아파트에 이어 상용건물을 제치고 2위를 기록하였다. 이처럼 에너지 사용량이 매년 급증함에 따라 대학건물의 에너지 절감 및 대안을 모색하기 위해서는 대학의 에너지사용량 및 사용패턴, 운영실태 등에 대한 기초조사가 선행적으로 이루어져야 한다. 대학건물에 대한 연구동향을 살펴보면, 이²⁾는 대학건물의 총 에너지사용량을 조사하고 전력사용량은 임의의 맑은 날 5일에 대한 시간별 데이터를 분석하여 그 대표성이 떨어진다고 판단되며 정³⁾ 대학건물 중 특정 단과대 건물을 대상으로 전력사용량을 상세분석하였지만 전체 대학건물의 소비특성 및 에너지사용량 등은 분석하지 않았다.

따라서 본 연구에서는 대학건물의 전체 에너지사용량 및 에너지원별 추이를 알아보고 PCCS⁴⁾(Power Consumption Consulting System)를 통한 시간별 전력사용량을 수집하여 대학건물의 에너지 사용패턴 및 낭비요소를 파악하였다. 이를 토대로 대학건물의 에너지원별사용추이 및 절약요소를 제공하는데 그 목적이 있다.

2. 조사대상 및 연구방법

2.1 조사대상

Fig 1과 Table 1은 조사대상 대학의 캠퍼스 개요를 나타낸 것이다. 대상 건물은 대전광역시 동구 용운동에 위치한 “D”대학으로 인문사회관, 공학관, 실습동, 도서관, 체육관, 생활

관 등 총 18개 동으로 구성되어 있다. 냉·난방을 중앙제어로 하는 건물은 하절기 냉방설정온도 26℃, 동절기 난방설정온도 20℃를 기준으로 운영하고 있으며, 그 외의 실은 개별제어에 의해 운영되는 것으로 조사되었다.



Fig1. Campus map

Table 1. Outline of University

위치	대전광역시 동구 대학로62
개교일	1981년
대지면적	451,245m ²
연면적	156,817m ²
건물 수	18개동

2.2 연구방법

2008년부터 2010년까지 3년간 에너지사용량을 담당자의 협조를 얻어 전기, 가스, 유류 3가지에 대한 에너지원별 사용량을 조사하였다. 가스는 월별사용량을 전력은 한전사이버지점에서 제공하는 PCCS를 이용하여 시간별사용량을 조사하였다. 유류는 연간 1000ℓ 이하로 그 사용량이 미비하여 분석에서 제외시켰다.

Table 2. List of Gas Equipment

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

Table 2는 “D”대학의 열원기기 설치 현황을 나타낸 것으로 시설현황 및 운영 실태는 현장 방문과 시설담당자의 면담을 통해 열원기기 제어방법 및 동절기 동파방지 설정온도, 냉·난방 기간 등 건물운영에 대한 전반적인 사항들을 파악하였다. 에너지사용량 분석에 필요한 단위는 kWh 통일하였으며 도시가스(LNG)의 발열량환산계수는 저위발열량(9,550kcal)을 기준으로 분석하였다.

3. 조사내용 분석

3.1 총에너지 사용량 분석

Fig 2는 2008년부터 2010년까지 3년간 “D”대학 총 에너지사용량에 분석한 것으로 총 에너지 사용량은 2008년 21,120MWh에서 2010년 23,245MWh로 2년 사이 10%이상 증가하였다. 총에너지사용량을 에너지원별로 나누어보면 가스사용량은 매년 1~2%씩 증가한 반면 전력사용량은 5%와 10%로 가스사용량에 비해 전력사용량 증가 폭이 크게 나타나 에너지원별 비중 또한 전력이 2008년 58%에서 2010년에는 61%로 증가하는 것을 알 수 있다.

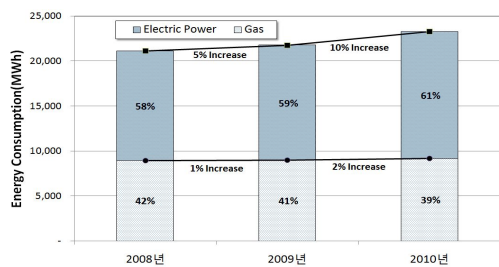


Fig 2. Annual Energy Consumption

‘2011년 에너지통계연보(에너지경제연구원)’에서 건물의 에너지사용량 부분이라 할 수 있는 가정·상업부분과 공공·기타부분의 사용추이를 살펴보면 건물에서의 총에너지사용량은 매년 증가하지만 도시가스 및 유류의 사용량은 감소하여 최근 건물의 에너지원이 석유·

가스에서 전력으로 변화하는 것으로 본 조사결과와 일치하는 것으로 분석되었다.

3.2 가스사용량 분석

가스 사용량은 각 건물의 사용용도에 따라 강의동, 기숙사, 도서관, 체육관 및 문화시설 4가지로 분류하여 분석을 실시하였으며 “D”대학의 경우 2010년까지 행정동이 별도로 구성되어 있지 않고, 도서관과 문화시설 건물에 분산되어 이에 대한 세부적인 데이터 분석은 이루어지지 못하였다.

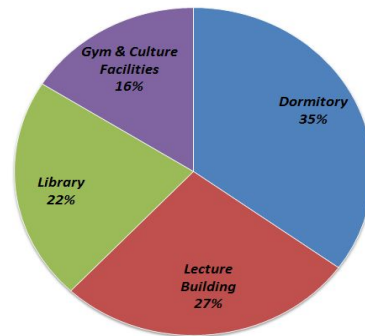


Fig 3. Gas Consumption Rate of “D” University

Fig 3은 조사를 통해 수집된 3년간의 가스 사용비중을 건물용도별로 나타낸 것으로 기숙사가 35%로 가장 많이 사용하고 강의동 27%, 도서관 22%, 체육관 및 문화시설이 16% 순으로 나타났다. Fig 4는 월별 가스사용량을 나타낸 것으로 12월 사용량이 가장 많고 비냉난방기간인 5월 사용량이 가장 적은 것으로 나타났다.

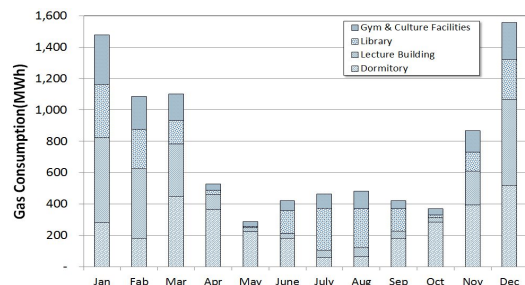


Fig 4. Gas Consumption of Month Average

용도별 가스사용비중이 가장 높은 기숙사는 방학에는 기숙사 3개동 중 외국인유학생과 일반학생들 위한 1개동만을 운영하여 1, 2월의 가스사용량 보다 12월과 3월의 사용량이 많은 것으로 나타났다. 강의동의 경우 정규 강의가 이루어지지 않는 12~2월의 가스사용량이 많은 것으로 분석되었는데, 이는 강의동에 구획된 화장실과 샤워실 등 위생설비시설보호를 위한 동파방지용 라지에이터가 가동되기 때문인 것으로 조사되었고 하절기 가스사용 패턴을 살펴보면 일정규모 이상의 건물에는 흡수식 냉동기를 사용하고 있어 여름철의 가스사용량이 증가하는 것을 알 수 있다. 특히, 도서관의 경우 연중 운영시간이 동일하고, 냉방부하량이 많은 낮 시간대에 열람실(09:00 ~17:00: 동·하절기 방학기간)을 운영하고 있어 다른 건물에 비해 하절기 도서관의 가스사용량이 많은 것으로 분석되었다.

3.3 전력사용량 분석

Fig 5는 2008년부터 2010년까지 3년간의 월별 전력사용량을 나타낸 것이다. 전력사용량을 보면 전력소비패턴은 3년 모두 큰 변화가 없이 동일하게 나타나지만 전년도 대비 사용량은 매년 증가하는 것으로 분석되었다.

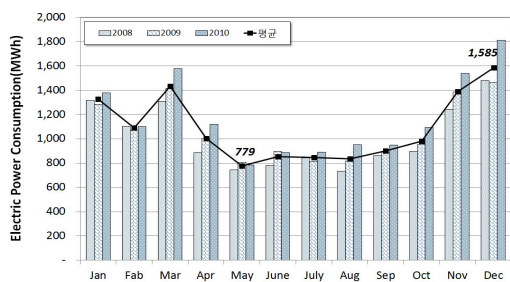


Fig 5. Electricity Consumption of Month Average

특히 학기 중 난방을 가동하는 3월, 4월, 10월, 11월, 12월과 냉방을 가동하는 8월의 전력증가량은 다른 달에 비해 크게 증가하였으며 비냉난방기간인 5월과 9월의 경우 전년대비

전력사용량 차이가 다른 달에 비해 상대적으로 적게 나타났다. 이는 Table 4와 같이 전력을 사용하는 냉난방기인 EHP의 설치가 매년 약 5%씩 증가함에 따라 “D”대학교의 연간전력사용량도 같이 증가하는 것으로 냉난방기기의 에너지원의 가스 중심에서 전기(EHP)중심으로 바뀌는 현상이 다른 요인들보다 전력사용량에 미치는 영향이 큰 것으로 판단된다.

Table 3. List of Individual EHP Facilities

설치년도	설치 대수	전년대비 증가율(%)
2008년 이전	322	
2008년	338	5.0%
2009년	360	6.5%
2010년	376	4.4%

월별 전력사용량을 살펴보면 냉난방부하가 없는 중간기 5월(4·5·10월)의 사용량이 가장 적고 동절기 12월의(11~2월)사용량이 가장 많은 것으로 나타났다. 학기가 시작되는 3월 사용량이 크게 증가하였으며 하절기(6~8월)에는 방학기간임에도 불구하고 냉방부하의 증가로 5, 6월에 비해 전력사용량이 상대적으로 많은 것으로 분석되었다.

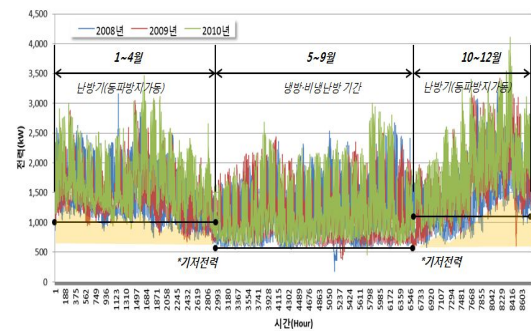


Fig 6. a Base Electricity Consumption of Buildings in “D” University

Fig 6은 “D”대학의 3년간의 전력량을 연간 시간단위로 분석한 것으로 난방을 시작하는 10월부터 4월까지의 기저전력은 약 1000kW

이상으로 비난방기간인 5월에서 9월까지의 기저전력 600kW에 비해 2배 가량 높은 것으로 나타났다. Fig7과 Fig8은 10~4월까지의 기저 전력 증가의 원인과 대학건물의 시간별 전력 사용량을 알아보기 위해 캠퍼스 내에 연면적에 변화가 없는 2009년에 전력사용량을 난방기와 비난방기를 분리하여 나타낸 것이다. 전력사용량은 난방기와 비난방기 모두 교직원의 출근시간과 수업시작 시간인 9시를 기점으로 급상승하였다가 주간수업이 끝나는 18시를 기점으로 전력사용량은 급격히 줄어드는 것으로 나타났다.

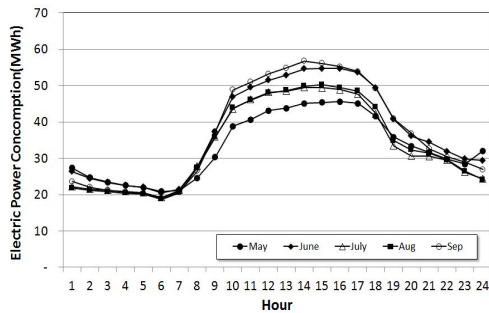


Fig 7. Hourly Electricity Consumption from May to September

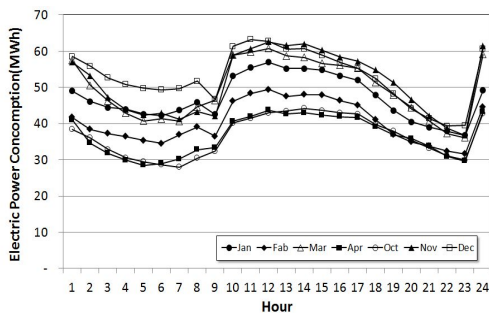


Fig 8. Hourly Electricity Consumption from October to April

하지만 난방기에는 심야시간(23시~8시)의 전력사용량이 급증하는 것을 알 수 있으며 특히, 12월에서 2월기간의 PM 12:00시의 전력 사용량은 주간에 피크사용량과 비슷한 것으

로 분석되었다. 심야시간에 전력량 증가는 본고의 가스사용량 분석에서 논한 것과 같이 동과방지를 위한 전력소비량으로 판단되며, 이를 검증하기 위해 동과방지 운영에 대한 자료 조사를 실시하였다. 중앙제어를 하는 EHP를 이용하여 동과방지를 하는 건물은 인문사회관, 응용과학관, 30주년기념관 등으로 운영스케줄 및 제어방식은 Table 4와 같다. EHP(중앙제어)를 이용한 동과방지 장치는 초겨울에는 실내온도 15℃, 동절기에는 20℃로 설정온도와 운영시간을 동시에 만족할 경우 작동되며, 동과방지열선은 소방, 급수배관등에 온도가 10℃이하로 떨어지면 작동되는 것으로 조사되었다. 이와 같이 관리담당자가 설비시스템을 안전하기 관리하기 위해 동과방지의 적정온도를 높게 설정하여 동절기 에너지 사용량이 급증하는 것으로 나타났다.

Table 4. Methods of Operation for Freezing Protection at night time(Electricity)

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



그림 9. Freezing Protection System

3.4 원단위 분석

“D”대학의 가스와 전력을 포함한 총 에너지원단위는 Fig 10과 같이 2008년에 154kWh/m²a, 2009년에 158kWh/m²a, 2010년에 163kWh/m²a로 전년도 대비 약 3%씩의 증가율을 보였다. 에너지 총 조사 보고서⁽⁶⁾의 학교건물 총

에너지 원단위 174kWh/m²a보다 “D”대학의 총에너지 원단위가 낮게 나타났지만 전력원단위는 2008년 89kWh/m²a, 2009년 93kWh/m²a, 2010년 98kWh/m²a로 선행연구에서 조사된 대학 전력 평균 원단위 71kWh/m²a보다는 높은 것으로 분석되었다. 에너지원별 사용량을 보면 매년 가스와 전력 모두 증가하였지만 원단위로 보면 가스에 경우 2008년과 2009년 65kWh/m²a에서 2010년 64kWh/m²a로 감소하였다. 그 원인은 30주년 기념관이 2010년 10월 준공하여 사용에 들어가면서 전체 연면적 또한 증가하였기 때문이다. 이처럼 가스 사용량이 증가율보다 건물의 연면적과 EHP의 증가율이 높아 대학건물에서의 가스원단위 및 에너지원 비중은 더욱 줄어들 것으로 판단된다.

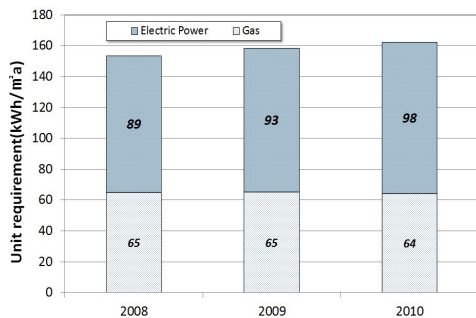


Fig 10. Unit Requirement (Secondary energy)

4. 결 론

본 연구는 대전지역 “D”대학의 에너지 소비량 실측 데이터와 방문조사를 바탕으로 대학건물의 소비특성을 분석하였다.

첫째, “D”대학의 총 에너지 사용량은 매년 5%이상 증가하고 있으며, 건물의 에너지원이 가스·유류에서 전기에너지 중심으로 변화하는 것으로 분석되었다.

둘째, 동절기 동파방지를 위해 가스와 전기 사용량이 매우 높은 것으로 분석되었으며 전기사용량의 경우 동절기 동파방지로 인해 기

저전력도 크게 증가하였다. 따라서, “D”대학의 에너지절약을 위해서는 동절기 동파방지를 위한 최적의 설정온도와 운영시간에 대한 고려가 필수적이라 할 수 있다.

셋째, “D”대학의 총에너지 원단위는 ‘에너지총조사보고서’의 대학건물 보다는 낮은 것으로 분석되었지만 전력원단위는 선행연구보다 높게 나타나 타 대학건물에 비해 “D”대학건물이 에너지원 중 전력이 차지하는 비중이 높은 것으로 사료된다.

References

1. <http://www.greenkorea.org>
2. Choun-Mi Lee et al, A Study in the Characteristics of Electric Power Consumption of University, pp336-341, 2008
3. Jae-Woong Jung et al, The Survey and Analysis of Electric Power Consumption in University Building by Analyzing Case Study, J. Korean. Soc. Living. Environ. Sys, Vol 17, No. 1, 2010
4. <http://pccs.kepco.co.kr>
5. Yearbook of Energy Statistics, Ministry of Knowledge Economy, Korea Energy Economics Institute, 2011
6. Energy Consumption Survey, Korea Energy Economics Institute, 2009