

## 종합대학 캠퍼스의 에너지 소비현황 분석에 관한 연구

정재웅\*, 김동우\*\*, 석호태\*\*\*, 양정훈\*\*\*\*

\*영남대학교 대학원 건축학과(hamerdragon@hanmail.net),  
\*\*영남대학교 대학원 건축학과(shagwa@ynu.ac.kr), \*\*\*영남대학교 건축학부(hotstone@ynu.ac.kr),  
\*\*\*\*영남대학교 건축학부(yangjh@ynu.ac.kr)

### A Study on the Analysis of Energy Consumption in University Campuses

Jung, Jae-Woong\*, Kim, Dong-Woo\*\*, Seok, Ho-Tae\*\*\*, Yang, Jeong-Hoon\*\*\*\*

\*Dept. of Architecture, Graduate School, Yeungnam University(hamerdragon@hanmail.net),  
\*\*Dept. of Architecture, Graduate School, Yeungnam University(shagwa@ynu.ac.kr),  
\*\*\*School of Architecture, Yeungnam University(hotstone@ynu.ac.kr),  
\*\*\*\*School of Architecture, Yeungnam University(yangjh@ynu.ac.kr)

#### Abstract

---

Today, the amount of energy consumption at the university campuses is huge. The effort for the energy consumption reduction in university campuses is certainly needed by the following reason; first, contribution for the reduction request about green house gas emission. Second, energy cost reduction in university campus. Third, emotional spreading influence consideration as the maximum higher educational institutions. For the energy consumption reduction in university campus, the energy consumption analysis of current situation has to be executed. The energy reduction possibility in which it exists in university campus can be understood through the energy consumption analysis. And the application is possible as fundamental data of the policy establishment for the effective energy reduction in university campuses. This research analyzed the energy consumption present state of the major university campus of the Korea as the fundamental research for the energy consumption reduction plan preparation of the university campus. Moreover, surveys were performed and analyzed for the energy manager in charge of the university campus.

Keywords : 종합대학 캠퍼스(University Campuses), 에너지 소비(Energy Consumption), 전력(Electric Power)

---

#### 1. 서 론

지구온난화에 의한 환경변화, 기후변화협약에 따른 이산화탄소 배출규제, 화석연료 고갈, 그리고 하루가 다르게 치솟는 고유가

등 최근 전 세계가 환경에 주목하고 있는 가운데 에너지 소비저감을 향한 각계각층의 다양한 노력들이 꾸준히 이루어지고 있다. 특히, 대학 캠퍼스에서는 대량으로 배출되는 쓰레기 문제와 과도한 에너지 낭비, 건물

신·증축에 따른 녹지훼손 등 엄청난 소비활동이 이루어지고 있다. 이로 인해 대학 캠퍼스는 다양한 환경문제를 일으키고 있는 소비사회의 축소판으로 평가되기도 한다.

2006년 에너지 관리공단의 국내 기관 에너지 소비량 통계에 따르면 국내 190개 에너지 다소비 기관 중 대학이 22곳에 해당된다고 하였다. 또한, 대학들의 에너지 사용량은 전체 기관 총량의 13.8%(24만 1859TOE)를 차지하는 것으로 나타났다.<sup>1)</sup> 한편, 녹색연합에서는 에너지 관리공단에서 제출한 국내 190개 에너지 다소비 기관의 전력 소비량 자료(2006)를 토대로 전력사용에 따른 이산화탄소 배출량을 계산하였다. 그 결과 여러 계층의 구성원들 중에서도 특히 “대학”이 온실가스 배출의 주범이라는 결론을 내렸다. 이러한 현 시점에서 대학은 사회의 중요한 구성원이자 교육기관으로서 기후변화 문제에 적극 나서야 할 의무가 있으며 사회의 모범이 되어야 한다.

“저탄소 녹색성장”의 취지와 부합되는 대학 캠퍼스의 에너지 소비저감을 향한 근본적이면서도 실질적인 방안은 대학 건물의 에너지 소비저감이다. 대학 건물의 에너지 소비저감은 에너지 절약, 온실가스 감축, 대학의 운영비 저감 등 다양한 방면에서 큰 이익을 가져올 것이라 예상된다. 이러한 대학의 움직임이 사회에 미치는 파급효과를 감안한다면 이는 더욱더 중요한 역할을 할 것이다.

따라서 본 연구는 대학 건물의 에너지 소비저감 방안 도출을 위한 선행연구로서 일정규모 이상의 국내 종합대학 캠퍼스를 중심으로 에너지 소비현황을 조사하였으며, 이를 통해 종합대학 캠퍼스의 에너지 소비현황을 분석하였다.

이 결과를 바탕으로 향후 종합대학 캠퍼스의 에너지소비 저감을 위한 방향 정립에 기여하고자 한다.

1) 녹색연합, 기후변화 시대, 대학의 대안 -저탄소 그린캠퍼스 만들기 가이드 북-, 2009.8

## 2. 종합대학 캠퍼스의 에너지 소비현황 조사 개요

### 2.1 에너지 소비현황 조사방법

본 연구는 국내 종합대학 캠퍼스의 에너지 소비현황 분석을 위해 각 대학의 에너지관리 담당자를 대상으로 에너지 소비현황 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 그 작성에 일관성을 갖도록 하였으며, 작성자의 성명 등 개인신상 기록, 의문사항에 대한 전화인터뷰를 수행하여 설문 응답의 정확성을 확보하였다.

### 2.2 에너지 소비현황 조사항목

조사항목은 종합대학 캠퍼스의 에너지 소비현황 분석을 위한 전반적인 사항으로 해당 대학 전체 개요, 에너지 소비와 관련된 일반적인 사항에 대한 질의응답, 최근 4년간 에너지 소비량 Data 순으로 총 3가지 부문에 대해 설문조사를 실시하였다.

각 항목을 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 종합대학 캠퍼스의 에너지 소비현황관련 조사항목

분류	조사항목
대학 전체 개요	교내 총 건물수 / 총 연면적
	교내 총 냉난방 면적
	학생수 및 교직원수
질의 응답	일반적인 냉난방 가동의 조건
	냉난방 방식의 변천사
	캠퍼스 내의 건물 에너지 절약을 위한 노력
	대학 캠퍼스의 신재생에너지 적용에 대한 의견
에너지 소비량 Data	대학 캠퍼스의 에너지절약을 저해하는 요인
	에너지관리담당자의 개인신상
	월별 에너지 사용 현황
	대표건물 월별 에너지 사용 현황
에너지 소비량 Data	건물별 냉난방 설비 현황
	연도별 냉난방 방식 현황
	연도별 에너지 사용 및 원단위 현황

### 2.3 에너지 소비현황 조사응답 결과

국내 총 85개의 종합대학 캠퍼스를 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 회신 받은 7개 대학(대구·경북 3곳, 경상남도 2곳, 충청남도 1곳, 충청북도 1곳)의 자료를 바탕으로 정리 및 분석하였다. 회신율이 저조한 이유로

는 첫째, 현재 국내 종합대학 캠퍼스는 에너지 사용현황의 체계적인 정리 및 기록이 미흡한 실정으로 예측된다. 둘째, 종합대학 캠퍼스의 에너지 사용현황 노출에 대한 우려감이 심리적으로 작용하여 각 대학 에너지 담당자들이 자료 공개에 대해 부정적이었다. 셋째, 설문조사의 의무성이 없어 대부분의 학교가 응답하지 않은 것으로 판단된다.

### 3. 종합대학 캠퍼스의 에너지 소비현황 분석

회신 받은 국내 총 7개의 종합대학 캠퍼스를 대상으로 에너지 소비현황과 관련된 전반적인 사항을 정리하였으며, 크게 질의응답에 대한 분석과 에너지 소비량 Data 분석으로 나누어 정리하였다. 에너지 소비량 Data 분석의 경우 각 종합대학별로 수집된 데이터 범위의 차이로 인해 가용 데이터 도출 후 각 분석 방법별 통일된 범위로 분석하였다.

#### 3.1 질의응답에 대한 분석

질의응답에 대한 결과는 회신자의 개인신상 항목을 제외한 5가지 항목에 대해 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

##### (1) 일반적인 냉난방 가동조건

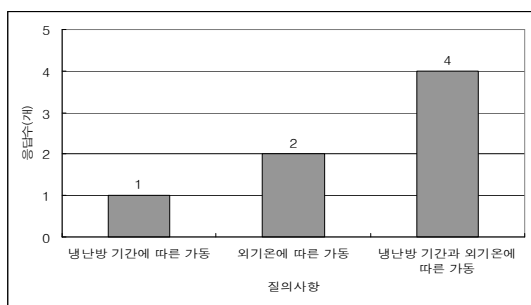


그림 1. 일반적인 냉난방 가동조건에 대한 결과

종합대학 캠퍼스의 일반적인 냉난방 가동조건을 분석해 본 결과 냉난방 기간과 외기온 모두를 고려한 방법을 주로 시행하고 있

었으며, 냉방의 경우 6월 중순 ~ 9월 중순 동안 실시하며 설정온도는 평균 27℃로 설정하고 있는 것으로 나타났다. 난방의 경우 11월 중순 ~ 3월 중순 동안 실시하며 설정온도는 평균 18℃로 설정하고 있는 것으로 나타났다. 냉난방 가동기간은 일반적인 건물의 가동기간과 유사하나, 설정온도의 경우 일반적 냉방 설정온도 26℃보다 1℃ 높게 설정되어 있으며, 일반적 난방 설정온도 20℃보다 2℃ 낮게 설정되어 있는 것으로 나타났다.

##### (2) 냉난방 방식의 변천사

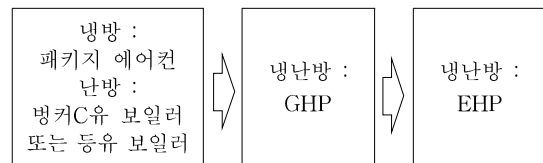


그림 2. 냉난방 방식의 변천사

화석연료 고갈로 인한 에너지원별 가격변화로 인해 에너지 비용을 줄이고자 대부분 대학에서 GHP 시스템을 거쳐 EHP 시스템으로 변화하고 있는 추세이다. 또한, 교육시설의 경우 전력비용이 다른 에너지원별 가격에 비해 월등히 저렴하여 EHP 시스템 적용이 더욱 증가하고 있는 것으로 판단된다.

이로 인해 향후 종합대학 캠퍼스 전력 소비량의 지속적인 증가가 예상된다.

##### (3) 기타 항목

에너지 절약을 위해 각 종합대학별로 다양한 노력을 하고 있으며 특히, 냉난방 중앙 제어 시스템 구축, 센서설치를 통한 전기에너지 절약, 신재생에너지 이용 등을 중점적으로 실시하는 것으로 나타났다.

종합대학의 신재생 에너지 적용에 대해서는 전반적으로 부정적인 의견을 제시하였다. 이는 낮은 기술수준, 초기투자비와 투자회수기간 문제로 인한 경제성 결여를 가장 큰 이유로 들었다.

마지막으로 종합대학 캠퍼스의 에너지절약의 저해 요인으로 구성원들의 주인의식 부족과 냉난방 개별제어, 노후화된 시설 등을 언급하였다.

### 3.2 에너지 소비량 Data 분석

종합대학 캠퍼스의 에너지 소비현황 분석을 위해 기록된 에너지 소비량 Data를 비교·분석 하였으며, 이를 통해 종합대학 캠퍼스의 주된 에너지원, 연도별, 월별 전력 소비량을 분석하였다. 또한, 이를 통해 에너지 소비 예측변수를 도출하였다.

Data 분석에 있어 앞서 언급한 바와 같이 각 종합대학별 회신 받은 Data의 범위의 차이로 인해 각 분석 방법별로 통일된 범위로 분석하였다. 각 분석결과는 다음과 같다.

#### (1) 종합대학 캠퍼스의 주된 에너지원

등유, 도시가스의 가격상승과 저렴한 교육용 전력을 사용할 수 있는 종합대학 캠퍼스의 특성으로 인해 전력소비가 증가함을 확인하였다. 또한, 전력은 조명, 전열기의 사용 등 항상 일정소비를 하는 에너지원으로 종합대학에서 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 따라서 본 연구에서는 전력 소비량을 중심으로 종합대학 캠퍼스의 에너지 소비현황을 분석하였다.

#### (2) 연도별, 월별 전력 소비량 분석

연도별 전력 소비량을 분석한 결과 그림 3에서 보는 바와 같이 증가 폭에는 차이가 존재하나 대부분의 종합대학에서 전력 소비량이 증가함을 알 수 있다. 이는 대학의 규모와 구성원 수의 증가, EHP시스템 도입으로 인한 것으로 판단된다.

월별 전력 소비량 패턴 분석을 위해 Data 범위 및 신뢰성이 확보된 4개 종합대학을 선정하여 분석하였으며, 각 종합대학의 월별 전력 소비량 결과는 그림 4 ~ 그림 7과 같다.

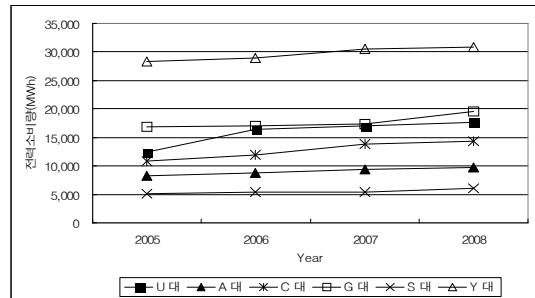


그림 3. 연도별 전력 소비량

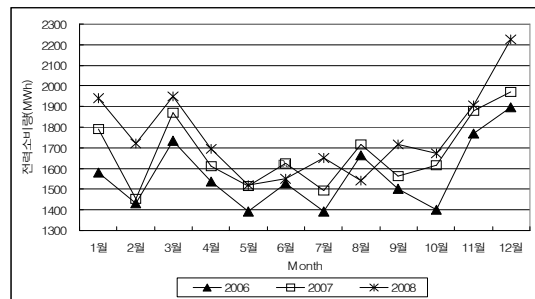


그림 4. D 대학교 월별 전력 소비량

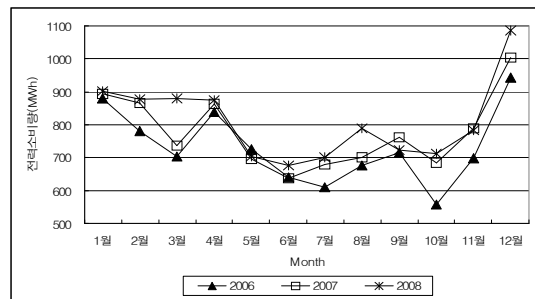


그림 5. A 대학교 월별 전력 소비량

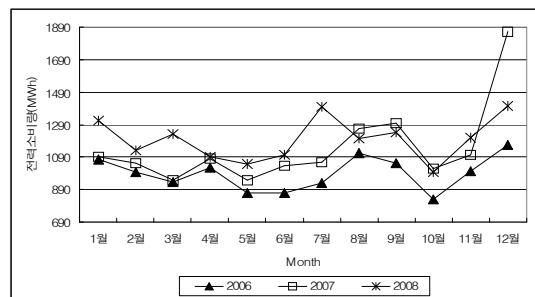


그림 6. C 대학교 월별 전력 소비량

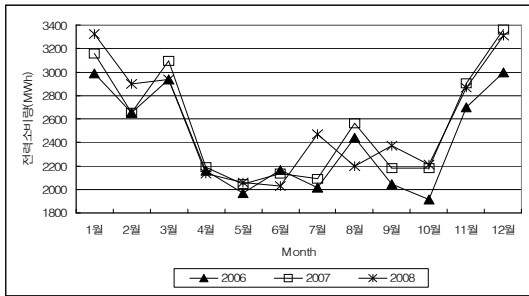


그림 7. Y 대학교 월별 전력 소비량

각 종합대학별 전체적인 월별 전력 소비패턴은 각 종합대학의 개별특성으로 인해 다소 차이를 보이나, 일부 정성적으로 유사한 소비패턴을 찾을 수 있었다. 도출된 유사 소비패턴은 다음과 같다.

1) 난방기간의 전력 소비량은 냉방기간의 전력 소비량에 비해 상당히 크다. 이는 종합대학의 경우 난방면적이 냉방면적에 비해 상대적으로 크게 차지하고 있으며, 난방부하가 냉방부하에 비해 상대적으로 커 난방시 EHP 시스템의 전력소비가 크게 나타난 것으로 판단된다.

2) 종합대학의 경우 학기중과 방학중으로 구분됨에 따라 방학기간 동안 전력 소비량이 줄어들고 학기중에 증가함을 알 수 있다. 특히, 학기가 시작되는 3월과 9월에 가장 많은 전력이 소비되는 것을 알 수 있다.

3) 전력 소비량이 크게 감소하는 달은 2월, 6월, 10월로 볼 수 있으며, 6월, 10월의 경우는 중간기로 냉난방 부하가 다른 달에 비해 상대적으로 작기 때문에 소비량이 크게 감소한 것으로 판단된다. 한편, 2월의 경우 졸업시즌과 새 학기 시작을 앞두고 있어 상주하는 학생들의 수가 적어 소비량이 크게 감소한 것으로 판단된다.

4) 각 종합대학별 월별 전력 소비패턴은 해가 지남에도 불구하고 큰 변화를 보이고 있지 않음을 알 수 있다.

### (3) 에너지 소비 예측변수

종합대학의 전력 소비량 증가의 가장 큰 원

인은 구성원수와 연면적 증가로 판단되어 상호간의 상관관계를 분석하였으며, 각 분석 결과는 그림 8 ~ 그림 10과 같다.

전력 소비량과 구성원수의 관계 산점도, 전력 소비량과 연면적의 관계 산점도를 통해 알 수 있듯이 상호간에 선형적 비례관계임을 알 수 있다. 즉, 구성원수의 증가와 연면적의 증가가 종합대학 전력 소비량에 영향을 끼치는 변수로 판단된다.

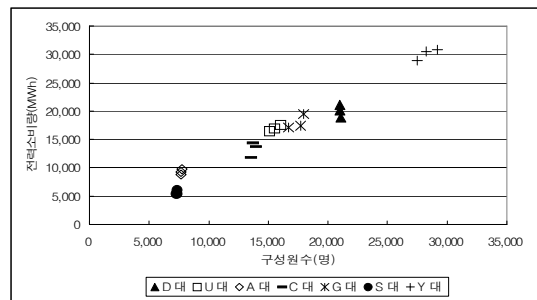


그림 8. 학교 구성원수와 전력 소비량의 관계 산점도

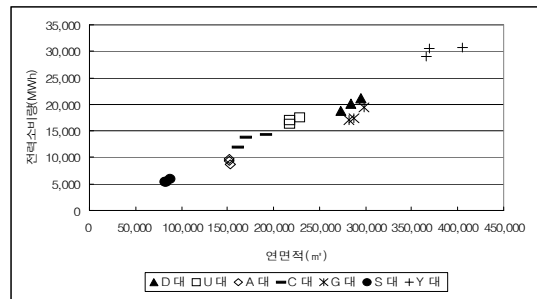


그림 9. 학교 연면적과 전력 소비량의 관계 산점도

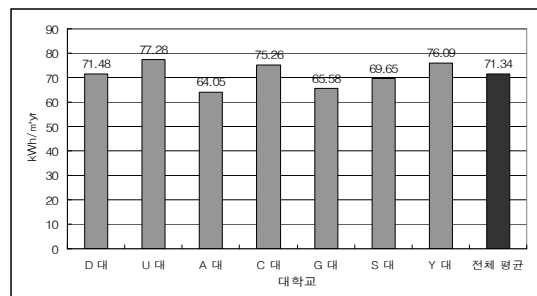


그림 10. 단위연면적당 전력 소비량 평균(2008년 기준)

2008년 전력 소비량을 기준으로 각 종합대학별 단위연면적당 전력 소비량을 분석하였으며, 그 결과 각 종합대학 캠퍼스간에 큰 차이 없이 유사한 결과값을 나타냈다. 전체 종합대학의 평균값을 계산한 결과 단위면적당 약 71.34kWh/m<sup>2</sup>yr의 전력을 소비하는 것으로 나타났다.

따라서 앞서 도출된 구성원수, 연면적과 전력 소비량의 상관관계의 회귀분석 결과와 단위연면적당 전력 소비량 평균값을 이용하여 향후 종합대학의 계획 및 신축시 전력 소비량 예측이 가능할 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

설문조사를 통한 질의응답과 에너지 소비량 Data를 통해 종합대학 캠퍼스의 에너지 소비 현황을 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 종합대학의 경우 주로 냉난방 기간과 외기온 모두를 고려하여 냉난방을 가동하고 있으며, 냉방의 경우 6월 중순 ~ 9월 중순, 설정온도 27℃, 난방의 경우 11월 중순 ~ 3월 중순, 설정온도 18℃로 운영하고 있는 것으로 나타났다.
- (2) 냉난방 방식은 점차 EHP 시스템으로 변화하고 있으며, 신재생에너지 적용에 있어서는 경제성 결여로 인해 부정적인 의견을 제시하였다.
- (3) 에너지원별 가격변화와 저렴한 교육용 전력으로 인해 전력이 에너지원별 소비량 중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 나타났다.
- (4) 전력 소비량에 있어 해가 지남에 따라 지속적인 증가 추세를 나타내고 있으며, 난방기간이 냉방기간에 비해 소비 전력이 큰 것으로 나타났다. 또한, 방학중 소비 전력이 줄어들며 학기가 시작되는 3월, 9월에 가장 많은 전력이 소비되는 것으로 나타났다.
- (5) 구성원수, 또는 연면적과 전력 소비량간의 관계를 알아본 결과 상호간 선형적

비례관계임을 도출 하였으며, 종합대학 캠퍼스의 단위연면적당 평균 전력 소비량으로 약 71.34kWh/m<sup>2</sup>yr의 값을 도출하였다. 향후 위 결과를 바탕으로 종합대학의 계획 및 신축시 전력 소비량 예측이 가능할 것으로 판단된다.

#### 후 기

이 논문 또는 저서는 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 : 2009-0076172)

#### 참 고 문 헌

1. 광노열, 건물 에너지관리 실태 및 수준 평가, 대한건축학회논문집(계획계), 24권 12호, 2008.12.
2. 김배영, 한상민, 손장열, 방송국 건물의 에너지 소비 패턴에 따른 에너지 절약 방안 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제26권 제1호, 2006.10.
3. 에너지경제연구원, 2008년도 에너지총조사 보고서, 에너지경제연구원, 2009.4.
4. 홍원화, 이춘미, 김주영, 조수, 종합대학의 에너지소비원단위 작성에 관한 연구, 대한건축학회논문집(계획계), 24권 11호, 2008.11.
5. Jean-Francois Bonnet et al, Analysis of electricity and water end-uses in university campuses : case-study of the University of Bordeaux in the framework of the Ecocampus European Collaboration, Journal of Cleaner Production, 2002.
6. Jessica Woolliams et al, The case for sustainable laboratories : first steps at Harvard University, International Journal of Sustainability in Higher Education, 2005.
7. W.P. Wong et al, Use of electrical energy in university buildings : a Hong Kong case study, Facilities, 2006.