

종합대학의 전력에너지 부하 특성에 관한 연구

이춘미*, 김주영**, 홍원화***

*경북대학교 대학원 건축공학과(leechminate@nate.com), **경북대학교 건축공학과(glory1st@nate.com),

***경북대학교 건축공학과(hongwh@knu.ac.kr)

A Study on the Characteristics of Electric Power Consumption of University

Lee, Choun-Mi*, Kim, Ju-Young**, Hong, Won-Hwa***

*The master's course, Kyungpook National University(leechminate@nate.com),

**The doctor's course, Kyungpook National University(glory1st@nate.com),

***Professor, Kyungpook National University(hongwh@knu.ac.kr)

Abstract

For the last half a century, Korea has been experienced rapid economic growth and industrialization development, however they cause serious problems that environment pollution and energy shortage are appeared, and the biggest problem that we are now confronted are required solutions through all over the world.

Now, Korea's energy consumption is the 10th in the whole world. Among them, energy for buildings, about 25% in the whole Energy which spend in Korea, is very serious. Especially, the energy consumption of school buildings which have heating & cooling system according to improvements of educational environment are rapidly increasing. These features are explicit in the University, Because it has lots of colleges and facilities for lecture, experiment, and research.

Especially, electric power consumption account for 75 percent of energy consumption in educational institutions. Accordingly, it is important to understand and analyze the pattern of electricity energy consumption which is used. This study attempts to appoint the place which is one of university and to investigate the characteristics of energy consumption like electricity, gas, oil.

Keywords : 전력소비량(Electric power consumption), 에너지원단위(Typical energy consumption unit), 종합대학(University)

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

기술문명의 발전과 함께 현대사회의 삶의 질을 결정하는데 가장 큰 요소로 작용하고 있는 에너지는 전기나 가스 등 고급에너지로의 급속한 전환과 더불어 그 사용량이 매년 증가하면서 심각한 환경오염의 문제를 낳고 있다. 특히 고갈성 화석연료의 사용의 증가는 CO₂배출로 인하여 지구온난화를 심화시키고 있어 환경보존과 에너지소비증가의 관계를 순화시킬 수 있는 방안이 시급히 마련되어야 한다.

국내 총 에너지 수요 중에서 전력수요가 차지하는 비율은 약 13%에 달하며 수요 측의 여러 가지 요인이 중첩되어 전력부하변동의 폭이 커져가고 있다. 특히 부존자원이 빈약하고 전력공급원의 대부분인 석유, 유연탄 등을 수입하는 우리나라는 미래의 발생 가능한 에너지 위기에 대비하고 이를 극복하기 위한 제반 정책을 마련하는 것이 중요한 문제로 부각되고 있다.

최근 교육기관에서 사용되는 에너지 소비는 심각한 문제를 드러내고 있다. 특히 국내 대학은 강의와 연구 및 거주시설 등이 복합적으로 구성되어 있어서 막대한 에너지를 소비하고 있다. 에너지관리공단에 따르면 국내 에너지 다소비 건물 1위부터 190위까지의 건물 중 학교로 분류된 23군대가 모두 4년제 대학이었고 국내 대학 75개 학교의 2006년 에너지 소비량 가운데 전력부문이 75.1%를 차지하고 있다. 이에 건축물에서 가장 높은 소비 비율을 보이는 전력 에너지의 소비 특성을 분석하여 전기에너지의 절약에 대한 대책이 마련되어야 한다.

따라서 본 연구는 국내 총 전력사용량의 23%를 차지하고 있는 건물부문 중 종합대학에서의 전력소비 행태를 분석하고 건물 에너지절약에 대한 인식을 제고하여 효율적인 에너지사용과 소비절감 방안을 연구하는데 기

여할 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 대학교 건물의 에너지 소비 현황을 파악하기 위해 대구광역시에 위치한 경북대학교를 대상으로 건물개요와 시설현황을 조사하고 전력, 가스를 비롯한 에너지원별 소비량을 조사하여 에너지 원단위를 작성한 후 특히 전력부하 특성에 관하여 분석하였다. 그에 따른 연구방법은 다음과 같다.

- (1) 종합대학의 요소를 갖추고 있는 대구광역시에 위치한 경북대학교를 조사대상으로 선정한다.
- (2) 연구의 선행단계로 건축물의 에너지 소비 관련 자료를 조사하고 학교건축물의 에너지 이용 현황을 조사한다.
- (3) 조사대상인 경북대학교의 건물 및 설비 현황에 관한 설문지 작성과 현장방문을 통하여 각 에너지원(전력, 가스, 유류)의 월별, 연도별 사용량 데이터 수집한다.
- (4) 대학교건물의 전력에너지사용 실태를 파악하기 위해 각각의 에너지원별 데이터 자료를 비교, 분석한다.
- (5) 에너지원 중 전력사용의 시각별 자료를 조사하여 동절기, 하절기, 중간기의 전력 사용량을 분석한다.

2. 에너지원단위 개요 및 학교건축물의 에너지 소비현황

2.1 에너지원단위 개요

건물의 에너지소비량을 비교할 때 연면적당 단위시각별 1차에너지 소비량으로 표시되는 에너지 소비원단위가 주로 사용된다. 건축물에서 사용하는 1차에너지는 전력, 석유, 천연가스 등과 같이 가공·변환 전의 투입에너지를 말하는데 1차에너지의 소비량을 비교 분석하기 위해서는 다양한 에너지종류를 하나의 단위로 나타낼 필요가 있다. 본문은 에

너지이용합리화법 제5조 제1항 에너지열량 환산기준 규정에 의거하여 조사된 발열량환산기준을 이용하였다. 환산기준표¹⁾는 다음과 같다.

표 1. 에너지열량 환산기준표

제품	단위	총발열량		석유환산 계수
		kcal	동MJ환산	
원유	kg	10,750	45.0	1.075
휘발유	ℓ	8,000	33.5	0.800
실내등유	ℓ	8,800	36.8	0.880
보일러등유	ℓ	8,950	37.5	0.895
경유	ℓ	9,050	37.9	0.905
B - A유	ℓ	9,300	38.9	0.930
B - B유	ℓ	9,650	40.4	0.965
B - C유	ℓ	9,900	41.4	0.990
부탄	kg	11,850	49.6	1.185
아스팔트	kg	9,900	41.4	0.990
윤활유	ℓ	9,250	38.7	0.925
석유코크	kg	8,100	33.9	0.810
부생연료1호	ℓ	8,850	37.0	0.885
부생연료2호	ℓ	9,700	40.6	0.970
천연가스(LNG)	kg	13,000	54.5	1.300
도시가스(LNG)	Nm ³	10,550	44.2	1.055
도시가스(LPG)	Nm ³	15,000	62.8	1.500
아역청탄	kg	5,350	22.4	0.535
코크스	kg	7,050	29.5	0.705
전력	kWh	2,150	9.0	0.215

2.2 학교건축물의 에너지 소비현황

건물용도별 전력원단위 조사연구를 수행한 자료에 따르면 전체 545개 학교를 분석대상으로 선정하고 에너지를 조사한 결과 학교 건물은 연간 382,204toe의 에너지를 소비하고 있었으며, 이중 전력 사용량은 연간 1,068GWh를 소비하여 에너지사용량의 69.9%를 차지하고 있었다.

규모별 현황 <표2>²⁾를 보면 5,000m² 미만의 학교가 90개소로 전체의 16.5%를, 5,000~10,000m²규모의 학교가 166개소로 30.5%를, 10,000~50,000m² 규모의 학교는 253개소로서 46.4%를 차지하였다. 50,000m²이상 학교는 36개소로서 전체의 6.6%에 불과하나

1) 에너지열량 환산기준 적용 매뉴얼, 산업자원부, 에너지관리공단 2006.6
2) 건물용도별 전력원단위 조사연구, 산업자원부, 2002.12

에너지 사용량은 전체 대비 구성비가 41.1%를 차지하고 있다. 학교 건물의 에너지는 주로 10,000m²이상의 건물에서 사용되고 있으며 구성비는 87.6%를 차지하고 있다.

표 2. 학교건물 규모별 전력 사용량

구분	학교수 (개소)	건물 연면적 (m ²)	에너지사용량	
			전력 (MWh/y)	에너지 (toe/y)
5,000m ² 미만	90	313,629	30,493	12,332
5,000~10,000m ²	166	1,268,050	89,205	34,826
10,000~50,000m ²	253	5,107,776	491,309	178,048
50,000m ² 이상	36	5,178,377	457,456	156,998
합계	545	11,867,832	1,068,463	382,204

3. 조사대상의 개요 및 에너지 소비 현황 분석

3.1 조사대상의 개요

조사대상인 경북대학교 캠퍼스는 대구시 북구 산격동에 위치해 있으며 각 분야의 대학건물과 연구동, 기숙사, 도서관, 사무건물, 체육관 등 총 111개의 건물 동이 집중되어 있고 여러 분야의 학문의 다양성을 갖춘 종합대학으로서의 연구대상에 적합하다고 볼 수 있다.

표 3. 조사내용 항목

구분	내용
건축부문	- 건물현황 : 준공연도, 건물구조, 건축면적, 연면적, 공조면적, 냉난방면적, 학생 및 교직원 수, 건축도면
설비현황	- 수전설비의 전력, 전압, 회선방식 - 공기조화설비방식 종류 - 온열원기 및 냉열원기기의 종류 및 대수, 출력합계, 사용연료 - 냉난방기간 및 시간
에너지 소비현황	- 2005년~2006년의 월별 전력(kWh), 도시가스(m ³), 유류(ℓ)사용량 - 2007년~2008년의 전력의 시각별 사용량 ·하기 방학중(8월20일), 학기중(8월28일) ·중간기(10월15일) ·동기 방학중(1월23일), 학기중(3월15일)

3.2 조사대상의 에너지 시스템 운영 실태
교내에서 사용하고 있는 공조방식과 온열
원기기 및 냉열원기기의 종류 및 사용대수는
<표3>와 같다.

표 4. 공조방식 설비 현황

구분	내용		
공조방식	난일덕트방식(정풍량), 팬코일유닛방식, 패키지방식		
온열원기기	증기보일러	13(대)	연료 (도시가스)
	관류보일러	4(대)	
	온수보일러	10(대)	
냉열원기기	냉온수기	10(대)	
	G.H.P	118(대)	

그러나 최근 건물마다 가스를 연료로 사용
하는 기존의 중앙공조방식뿐만 아니라 전력을
이용한 시스템 에어컨의 설치가 늘고 있
어 냉난방에 대한 전력의 사용이 크게 증가
하고 있다.

3.3 조사대상의 에너지 소비량

(1) 전력에너지

전력에너지는 1차 환산법을 이용하여 사용
량을 조사하였다. 2002년에는 27,465MWh
소비하였으나 2006년에는 36,846MWh를 사
용하여 2002년부터 2006년까지 매년 평균
9%이상의 전력사용 증가를 보이고 있다.

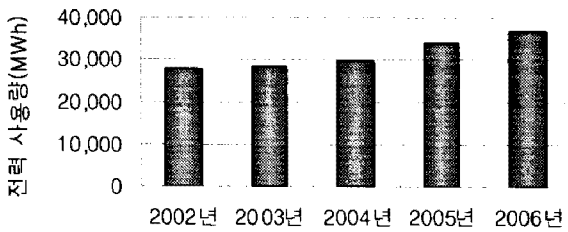


그림 1. 연도별 전력 사용량

월별 전력사용량은 여름철과 겨울철에 비
슷한 소비량을 나타내는 것으로 보아 여름철
냉방과 겨울철 난방열원으로 전력이 큰 비중
을 차지하고 있음을 알 수 있다. 또한 전년도

와 대비하여 전력의 사용량이 대체로 증가한
것으로 나타났다.

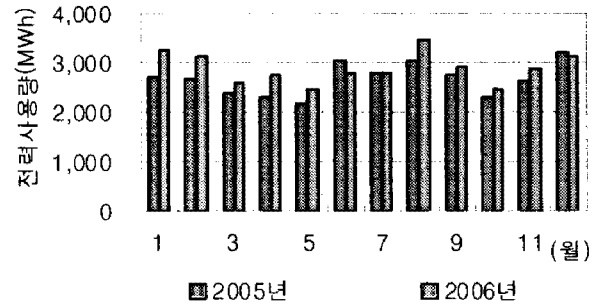


그림 2. 월별 전력 사용량

(2) 유류, 가스 에너지

도시가스는 대부분 냉방과 난방에 이용되
어 진다. 전체적인 도시가스의 소비는 겨울
철에 집중적으로 많이 사용되고 5~6월과
9~10월에 최저치를 기록하여 냉방과 난방의
영향을 많이 받음을 알 수 있다. 특히 전력과
는 달리 냉방부하보다는 난방부하의 영향이
크다는 것을 알 수 있다. 이것은 열원기기의
사용에 따른 가스소비의 증가 때문인 것으로
생각된다. 하절기에 가스 소비량이 중간기보
다 많은 이유는 냉난방 모두를 가스를 열원
으로 하는 냉온수기를 많이 사용하기 때문인
것으로 보인다. 도시가스도 전력과 마찬가지로
전년도와 대비하여 소비량이 대체로 증가
하였다.

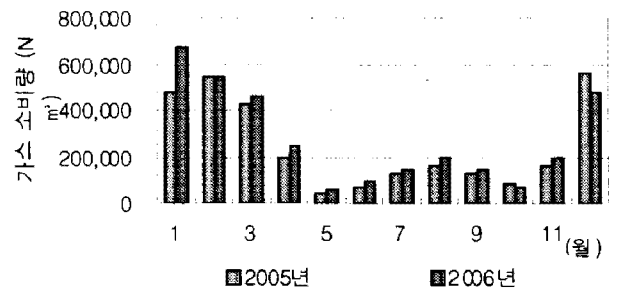


그림 3. 월평균 가스 사용량

경북대학교 내에서의 유류의 사용은 교내
공기조화 설비가 갖추어져 있지 않은 건물에
개별 냉난방용으로 사용되는 것으로 조사되
었다.

2005년에서 2006년 동안 유류 사용량을 조사해 본 결과 주로 난방 및 온수의 용도로 실내등유와 보일러등유를 사용하고 있었다. 그러나 교내 공조 설비를 이용한 난방이 늘면서 이러한 사용도 점차 줄고 있다.

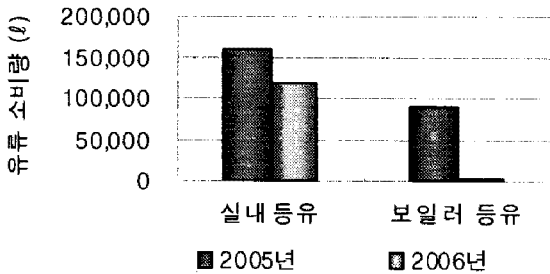


그림 4. 연도별 유류 사용량

4. 전력에너지 부하 분석

4.1 에너지원단위

경북대학교의 에너지원단위는 2005년에 1,519MJ/m², 2006년에 1,470MJ/m²이었다. 전력 소비원단위는 2005년도에 710MJ/m²이었으나 2006년에 748MJ/m²로 증가하였는데 전체 에너지 소비원단위에서 절반가까이 차지하고 있다. 가스 소비원단위는 472MJ/m²에서 492MJ/m²로 증가하였으나 유류소비원단위는 337MJ/m²에서 231MJ/m²로 감소하였다.

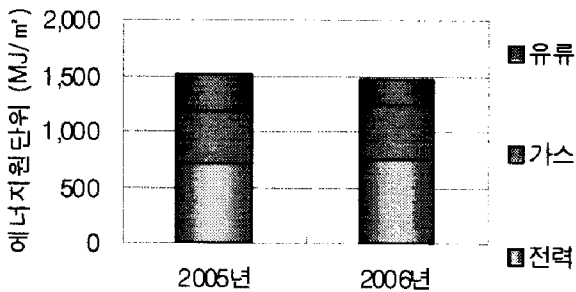


그림 5. 에너지 원단위

에너지총조사³⁾에 따르면 1998년 대비 석유와 석탄의 소비는 증가 폭이 미미하나 가스와 전력의 소비는 대폭 증가한 것으로 조사

되었다. 이는 석유가격 상승과 환경규제의 강화 등으로 연료용 석유소비가 가스·전력으로 대체되면서 가스·전력의 비중이 크게 상승했기 때문인 것으로 보인다.

교내에서도 에너지효율 측면에서 유류사용보다 전력·가스의 사용이 더 크다. 특히 전력은 전체 소비되는 에너지 중 약 50% 정도로 에너지 증가에 가장 큰 부분을 차지하고 있다.

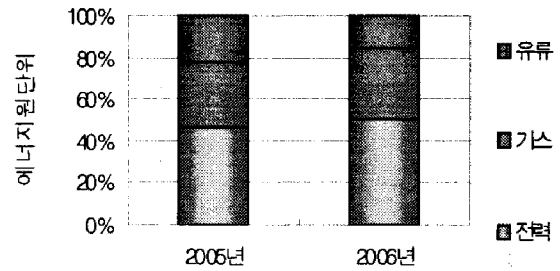


그림 6. 에너지원단위 백분율

4.2 전력에너지 시각별 부하 분석

전력의 시각별 데이터는 하절기의 방학전후, 동절기의 방학전후, 중간기의 주중 맑은 날을 임의로 정하여 하루 동안의 매 시각마다 교내 건물의 전력사용량을 조사하였다.

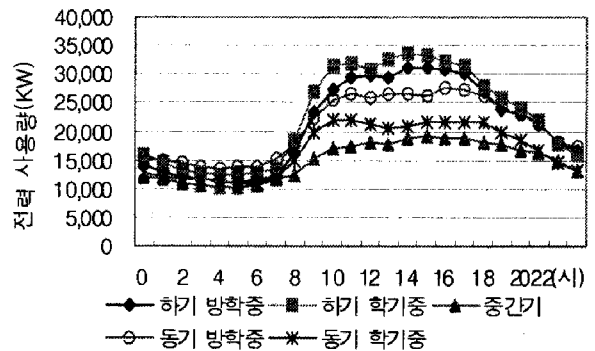


그림 7. 시각별 전력 사용량

전력소모는 냉방을 하는 하절기의 학기 중에 가장 크고 하절기 방학 중, 동절기, 중간

3) 에너지총조사, 산업자원부, 2003

기 순으로 소비가 큰 것으로 나타났다.

전력은 학생들의 등하교시간이 되는 오전 8시부터 오후 10시까지 주로 소비가 이루어지고 점심시간이 되는 12시에 전력소비가 잠시 감소하다가 오후 1시에서 3시까지 전력소모가 최대가 된다. 이것은 특히 냉방을 하는 하절기에 두드러지는데 하루 중 낮 기온이 가장 높은 시간에 냉방가동이 최대가 되기 때문이다. 냉난방을 하지 않는 중간기에는 전력소모가 시작되는 8시부터 거의 일정한 소비패턴을 보이고 있다.

5. 결론

본 연구는 경북대학교를 대상으로 한 종합대학의 에너지 소비를 조사하였다. 분석결과는 다음과 같다.

1) 전력은 2002년에 27,465MWh 소비하였으나 2006년에는 36,846MWh 소비하여 2002년부터 2006년까지 매년 평균 9%이상의 전력사용 증가를 보이고 있다.

2) 공조기기의 연료로 사용되는 도시가스는 2006년에 총 3,312,174Nm³ 소비하였다. 주로 동절기 소비가 크기 때문에 12월부터 3월까지 월평균 500,000Nm³ 소비하였다.

3) 전력의 시각별 사용량을 조사한 결과 하절기, 동절기, 중간기 순으로 전력 사용량이 많으며 방학기간보다는 개학한 후의 에너지 사용이 컸다.

본 연구는 종합대학의 에너지 소비경향을 파악하고 에너지 소비 중 가장 큰 비중을 차지하는 전력의 부하 특성을 조사한 것으로 이러한 자료를 통해 종합대학에서 보다 효율적인 에너지관리 방안이 마련되어야 할 것이다.

후 기

본 연구는 산업자원부 에너지 자문기술 개발사업의 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- 1) 조두상, 홍원화, 이상홍, 학교건축물의 에너지소비 원단위화에 관한 연구, 대한건축학회, 2002.8
- 2) 홍성대의 2인, 학교건물의 에너지원단위기준(안)연구, 한국교육시설학회지 제6권3호, 1999.9
- 3) 홍성희 건물의 에너지원단위기준(안)연구, 대한설비공학회, 2002
- 4) 김동수, 김주영, 홍원화, 대구광역시 공공건축물의 건축요인별 에너지부하 분석 및 연구, 한국생태환경건축학회, 2005.5
- 5) 이은혜, 홍원화, 대구시 오피스 빌딩의 규모별 에너지 및 상수소비 원단위화에 관한 연구, 대한축학회, 2003.9
- 6) 산업자원부, 에너지관리공단, 에너지열량 환산기준 적용 매뉴얼, 2006.6
- 7) 에너지경제연구소, 에너지총조사보고서, 2005
- 8) 김지경, 서울산업대학교, 전력 다소비 시설물의 전력원단위 분석과 평가, 2004.8
- 9) 산업자원부, 건물용도별 전력원단위 조사연구, 2002.12