

# 학교 건축물 전력소비의 기온감응도에 관한 연구

## A Study on Sensitivity to Temperature of Electricity Consumption in School Buildings

김 태 우\*      이 강 국\*\*      김 호 순\*\*\*      홍 원 화\*\*\*\*  
Kim, Tae-Woo      Lee, Kang-Guk      Kim, Ho-Soon      Hong, Won-Hwa

### Abstract

In case of school buildings, energy consumption has been noticeably on the increase, along with the changes in outdoor temperature triggered by the improvement in national economic development and educational environments. Research on the characteristics of energy consumption in school buildings influenced by the changes in outdoor temperature is considered very significant in social aspects in that it will be fundamental to the suggestion of the alternatives, such as saving energy consumption in construction buildings and control of emitting carbon dioxide. In this regard, this study examined sensitivity to temperature of power consumption in school buildings, based on the changes of outdoor temperature for the past five years in the target buildings of elementary, middle and high schools and the amount of energy consumption. From the results, it has been believed that this study was very significant in terms of figuring out a quantitative, optimum level of energy consumption, maintenance of pleasant environments and functions, and the necessity of effective energy use and management in school buildings.

키워드 : 기온감응도, 전력소비, 전력부하, 학교건축물

Keywords : Sensitivity to Temperature, Electricity Consumption, Power Load, School Buildings

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

2013년 2차 기후변화협약의 발효에 대비한 온실가스감축과 에너지소비량 감소는 21세기 우리나라가 선진국으로 도약하기 위해서 필수적으로 준비해야 하는 과제라 할 수 있다. 또한 국가소비에너지의 대부분을 수입에 의존하는 자원빈국으로서 건축물은 전체 온실가스 배출량의 35~40%를 차지하기 때문에 건물에서의 에너지 소비량 감소는 전체 이산화탄소 감축에 직접적인 영향을 미치고 있다. 건축물의 첨단기술 및 미래지향적 시설 등의 적용과 냉난

방시설 및 에너지설비의 대용량화, 첨단화, 밀집화에 기인하여 에너지 소비량의 비중이 계속적으로 증가하고 있는 현실에서 학교건축물의 경우 국가경제발전과 교육환경 개선으로 외기온도변화에 따른 학교 건축물의 에너지소비가 현저하게 증가하고 있는 실정이다. 이러한 측면에서 외기온도변화에 따른 학교 건축물의 에너지소비 특성에 관한 연구는 건축물의 에너지소비 절약과 이산화탄소 배출억제 등의 대안을 제시하기 위한 기초연구로 사회적 측면에서도 매우 중요하다고 판단되며, 이를 통하여 학교 건축물의 정량적인 적정에너지 소비수준 파악 및 학교건축물의 쾌적 환경유지와 기능유지, 에너지의 유효이용·관리의 필요성 측면에서 매우 중요하다고 판단된다. 이에 따라 본 연구는 연구대상 초·중·고등학교 건축물의 최근 5개년간 외기온도의 변화와 이에 따른 에너지 소비량을 바탕으로 학교 건축물 전력소비의 기온감응도<sup>1)</sup>에 관한 연구를 진행

\* 정회원, 경북대 건축공학과 박사 수료

\*\* 정회원, 경일대 도시문제연구소 연구교수, 공학박사,  
교신저자(ggyi@naver.com)

\*\*\* 정회원, 경상북도 교육청 교육시설과 사무관

\*\*\*\* 정회원, 경북대 건축공학과 교수, 공학박사

이 논문은 2011년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(20110030631).

1) 기온감응도는 기온이 1℃변화하는 것에 의한 최대 전력 소비의 변동량을 의미한다.

하고자 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 공간적 범위 및 시간적 범위는 대구광역시의 초·중·고등학교 1개소씩을 대상으로 2006년 1월부터 2010년 12월까지의 5년간으로 설정하여 연구를 진행하였다. 본 연구의 방법은 연구대상 초·중·고등학교의 외기온도 변화, 에너지(전력, 유류, 가스)소비량 데이터, 에너지부하 데이터를 바탕으로 외기 온도변화에 따른 학교 건축물 전력 소비의 기온감응도에 관한 연구를 실시하였다.

## 2. 우리나라 학교건축물의 에너지소비변화 및 관련연구 동향

### 2.1 우리나라 학교건축물의 에너지 소비변화

현대사회에서의 교육시설은 기능향상과 교과과정에 따른 기자재 및 정보시스템 등의 보급과 급식지급으로 매년 에너지사용량은 증가하는 추이다. 에너지경제연구원에 따르면 우리나라 교육부분에서 2007년 평균 단위면적당 에너지소비는 2004년 대비 0.7% 증가하였으며 전력소비는 6.1%로 증가하는 것으로 나타났다. 학교건축물에서 단위면적당 에너지소비변화는 그림 1과 같다<sup>2)</sup>.

우리나라 학교건축물에서 교육시설 단위면적당 전년도 대비에너지 소비변화의 증가율은 1995년 평균 단위면적당 에너지소비는 1992년 대비 38.7% 증가하였으며 전력은 31.3% 증가하였다. 1998년 평균 단위면적당 에너지소비는 1995년 대비 5.88% 증가하였고 전력은 38.8% 증가하였으며 2001년은 1998년 대비 에너지소비는 17.36% 전력은 7.5% 증가하였다. 2004년은 2001년 대비 에너지소비는 5.9% 전력은 14%로 2007년은 2004년 대비 에너지소비는 1.1% 전력은 6.1%의 전력소비량의 증가는 높은 것으로 나타났다(그림 2)<sup>2)</sup>.

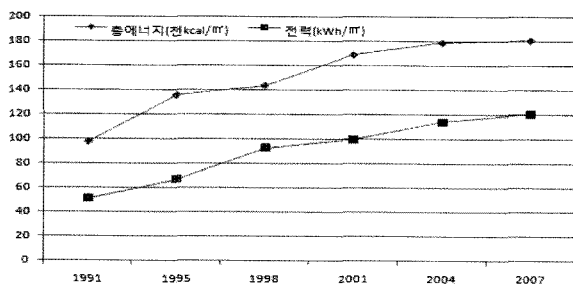


그림 1. 교육시설 단위면적당 에너지 소비변화

2) 에너지 총조사 보고서, 에너지경제연구원, 2008

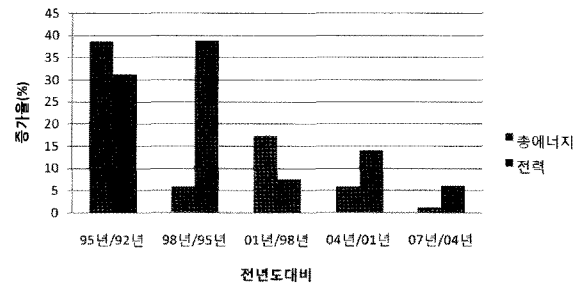


그림 2. 교육시설 단위면적당 전년도대비 에너지증가율

### 2.2 관련연구 동향

우리나라에서 현재까지 대부분의 학교건축물 에너지소비 연구는 에너지소비 사용량과 관리운영비 분석 등의 방법으로 주로 접근하고 있다. 또한 현재까지의 외기온도와 관련한 에너지소비 특성 연구는 도시열섬현상이나 지구 온난화에 의한 기온 변화가 건축물 에너지 소비에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 그러나 외기온도변화에 의한 정량적이며, 실증적인 측면의 에너지소비특성에 관한 연구는 미진한 실정이다. 따라서 외기온도변화에 따른 학교건축물의 쾌적 환경유지와 기능유지에 얼마나 많은 에너지가 어떻게 사용되는가를 관측·예측하는 것은 에너지의 유효이용과 학교 건축물 에너지관리의 필요성 측면에서 매우 중요하다고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 외기온도의 변화에 의해서 변동하는 에너지 소비변화를 “에너지 소비의 기온 감응도”라고 정의하고, 외기온도 변화에 따른 학교 건축물의 에너지 소비 변화 특성에 관한 연구를 진행하고자 한다. 외기온도 변화에 따른 에너지 소비특성에 관한 기존의 외국 연구<sup>3)4)</sup>에서는 연구된 사례가 있지만, 우리나라에서는 에너지 소비 실적 값을 기본으로 건축물 부하분석과 병행하여 연간 기온변화와 에너지소비에 대한 관계를 연구한 사례는 매우 적은 것이 현실이다. 특히 본 연구는 학교 건축물의 에너지소비량의 정량화를 목적으로 한 것이며, 현재까지 외기온도변화에 따른 학교 건축물의 에너지 소비 특성에 대해 분석을 실시한 연구는 초보단계에 있어 연구대상 학교 건축물의 기상 데이터와 에너지 소비특성과 건축물 에너지 부하율을 바탕으로 학교 건축물의 에너지소비에 관하여 분석을 실시하고자 한다.

3) 龜掛川幸浩：熱環境と空調エネルギー需要の相互作用を考慮した都市高温化対策の評価，東京大學博士論文，2001  
 4) 邦明：長期最大電力予測のための省エネの評価，電氣學會講演論文集，2005. 3

### 3. 조사개요 및 교육 건축물의 에너지 소비현황

#### 3.1 연구대상지역의 특성과 조사 개요

##### (1) 연구대상지역의 연평균 기온의 변화

연구대상지역 내의 2006년부터 2010년까지의 월별 온도 분포현황은 1월에서 4월까지의 2006년 대비 2010년은 0.1℃에서 2.5℃ 감소한 것으로 나타났으며 5월에서 9월까지는 0.5℃에서 3.3℃ 상승하는 것으로 나타났다. 또한 10월에서 12월까지의 온도변화는 0.5℃에서 1.7℃까지 감소하는 것으로 나타났으며 2006년 대비 2010년도의 10℃미만인 온도의 경우 11월에서 3월까지 5개월간이며 20℃이상인 온도의 경우 6월에서 9월까지 4개월간으로 2006년 대비 각각 1개월씩 증가하였다. 월별 온도의 변화 추이를 살펴보면 1월, 2월, 12월은 5℃미만으로 낮은 온도 분포를 나타내었으며 3월, 11월은 10℃미만으로 12월에서 2월까지의 온도보다 5℃ 높게 나타났다. 대구지역에서 연간 가장 높은 온도의 시기는 7월에서 8월중으로 28℃이상으로 조사되었다(그림 3).

##### (2) 연구대상지역의 계절별 기온의 변화

연구대상지역의 계절별 기온의 변화를 분석한 결과 겨울의 경우 2006년 대비 2010년의 온도 변화는 최대 0.8℃에서 최소 0.1℃로 온도차이가 일어났으며 겨울동안의 평균온도는 0.5℃이 차이를 보였다. 월별 변화는 3월에서 6월 봄의 경우 3월과 4월은 2006 대비 2010년의 온도차는 2.5℃ 낮았으며 5월과 6월은 각 0.5℃에서 1.7℃ 상승하였으며 평균온도의 변화는 0.7℃의 증가를 나타냈다. 여름철의 7월과 8월은 각각 2.3℃와 0.9℃ 상승하였으며 평균온도의 변화는 1.6도 상승한 것으로 나타났다. 또한, 월평균 최저기온은 1월로 -3.9℃, 월평균 최고기온이 8월로 34.7℃를 기록하고 있다(그림 4). 이에 따라 본 연구에서는 계절적인 기온의 특징적인 온도분포를 나타내고 있는 동절기(1

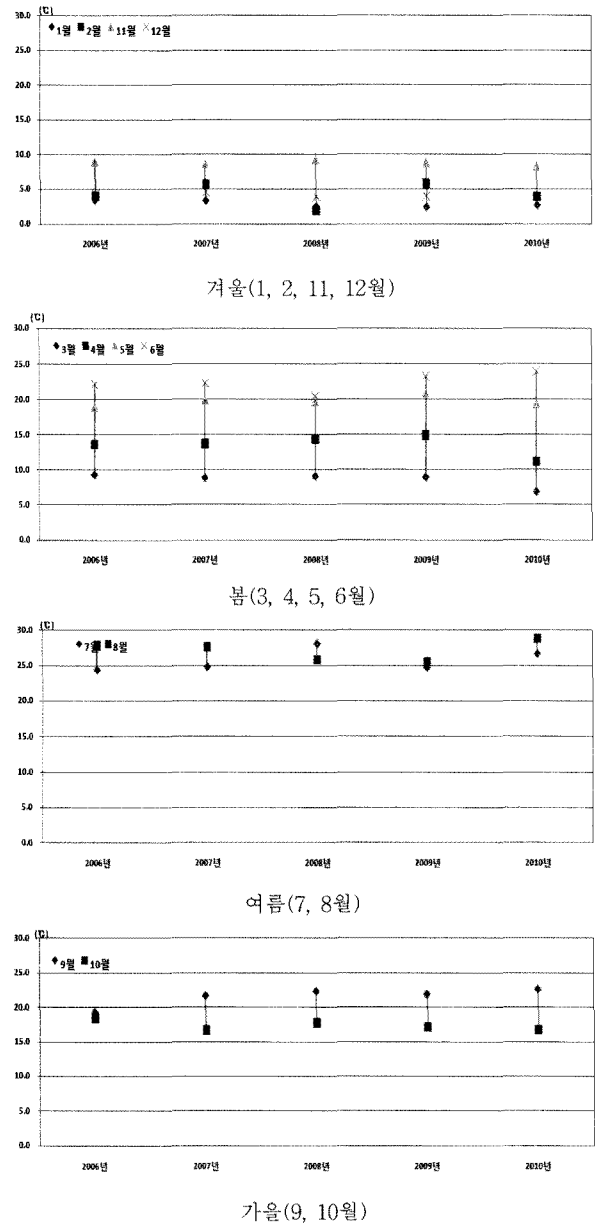


그림 4. 연구대상지역의 계절별 기온의 변화

월), 하절기(8월), 중간기(4월, 10월)를 선정하여 연구를 진행하였다.

#### 3.2 연구대상 학교 건축물의 개요 및 에너지 소비특성

##### (1) 연구대상 학교 건축물의 개요 및 에너지소비구성

###### ① 연구대상 학교 건축물의 개요

본 연구에서는 대구광역시내의 초·중·고등학교를 1개소를 대상으로 건축물의 연면적, 학급 수, 학생 수 및 냉·난방설비 현황 등을 조사하였다. 연구대상 학교 건축물의 현황은 표 1과 같다.

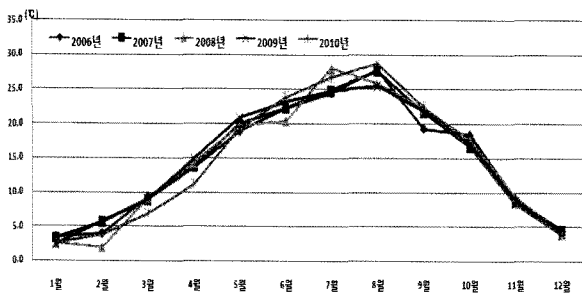


그림 3. 2006년부터 2010년까지의 월별 온도분포 현황<sup>5)</sup>

5) 기상청, 대구광역시 외기온도(2006~2010), 2010

표 1. 연구대상 학교 현황

구분	초등학교	중학교	고등학교
건축면적(m <sup>2</sup> )	1,781	3,600	3,062
연면적(m <sup>2</sup> )	7,161	6,439	8,728
교실 수(개)	43	47	42
학급 수(개)	25	32	36
학생 및 교직원수(명)	649	1,047	963
학급당 인원수(명)	25	35	39

연구대상 학교건축물의 2005~2010년 사이의 냉·난방 기간은 표 2와 같다.

표 2. 연구대상 학교건축물의 냉·난방 개시 및 종료 시기

구분	초등학교		중학교		고등학교	
	개시	종료	개시	종료	개시	종료
난방기간	매년 11월말	매년 4월초	매년 11월 20일	매년 3월20일	매년 11월초	매년 12월말
	매년 7월말	매년 9월초	매년 6월20일	매년 9월20일	매년 7월초	매년 9월초

연구대상 학교 건축물의 냉·난방 개시 시기는 난방의 경우 매년 11월초~11월말, 냉방의 경우 매년 6월말~7월 말이며, 냉·난방 종료 시기는 매년 난방의 경우 매년 12월말~4월초, 냉방의 경우 9월초~9월20일로 학교 특성 및 실정에 따라 결정되고 있다.

② 연구대상 건축물의 에너지소비 구성

본 장에서는 연구대상 학교 건축물의 에너지 소비특성을 파악하기 위하여 에너지소비 현황을 파악하였다.

표 3. 연구대상 학교 에너지소비 현황

구분	초등학교	중학교	고등학교
계약전력(kW)	400	400	900
냉·난방설비(종류)	천장형 냉·난방기	천장형 냉·난방기	천장형 냉·난방기
냉·난방기(대)	47	47	56

(2) 연구대상 학교 건축물의 에너지 소비특성

연구대상 학교 건축물의 에너지소비 구성은 전력이 61.30~83.60%로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 가스 16.40~19.80%, 유류 0~18.90%를 차지하고 있다. 이러한 결과는 전력소비의 높은 비중은 연구대상 학교 건축물의 조명설비, 동력설비, 공기조화설비, 열원기기의 사용에 기인하며, 학교 건축물의 가스소비의 높은 비중과 유류의 경우 높은 유가와 유지관리에 영향을 미쳐 유류사용이 상대적으로 낮은 것으로 판단된다. 이러한 결과를 바탕으로 연구대상 학교 건축물에서 소비되고 있는 전력, 유류, 가스 소비량에 대한 검토를 실시하고자 한다. 본 연구에서는

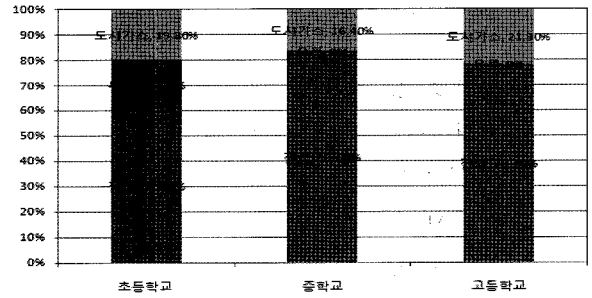


그림 5. 연구대상 학교 건축물의 에너지 소비구성

2006년 1월부터 2010년 12월까지의 에너지(전력, 유류, 가스)소비량 데이터를 바탕으로 연도별 월별 에너지 소비 특성을 분석하였다.

① 연구대상 학교 건축물의 연간 전력 소비특성

전력사용은 각 학교별 학생 수와 학급 수 및 연면적 크기별 등으로 분류하여 5개년도별 조사된 전력사용현황에 대하여 1차 환산법을 이용하여 사용량을 조사하였다. 연구대상 초등학교 학교건축물의 연도별 전력사용량은 2006년부터 2010년까지 증가량은 2006년 대비 2010년은 104%의 증가를 나타내었다. 연간 5%에서 34%의 비율로 증가하였으며 연평균 20%이상 전력소비량이 증가하였다. 연구대상 중학교 건축물의 연도별 전력사용량은 2006년부터 2010년까지 증가량은 2006년 대비 2010년은 60.6%의 증가를 나타내었다. 연간 5.8%에서 30.9%의 비율로 증가하였으며 연평균 8.16%이상 전력소비량이 증가하였다. 연구대상 고등학교 건축물의 연도별 전력사용량은 2006년부터 2010년까지 증가량은 2006년 대비 2010년은 55.3%의 증가를 나타내었다. 연간 2.7%에서 42.3%의 비율로 증가하였으며 연평균 35.7%이상 전력소비량이 증가하였다. 이는 연구대상 학교의 공조 설비의 교체와 기숙사 건물의 준공에 의한 전력소비 증가에 기인한 것으로 판단된다(그림 6).

② 연구대상 학교 건축물의 월별 전력 소비특성

연구대상 초등학교 건축물의 월별 전력사용량은 겨울철

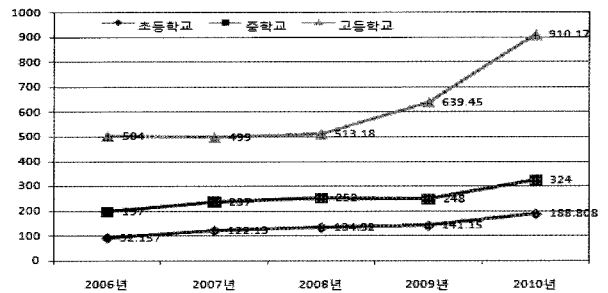


그림 6. 연구대상 학교건축물의 연도별 전력사용량

기간인 12월과 1월과의 차이의 경우 교과과정에서의 동계 방학으로 인한 전력소비의 감소라 할 수 있으며 동계방학 시기인 1월의 증가현상은 연구대상 학교의 경우 동계방학 중 교육시설에서 지역주민을 위해 실시하고 있는 열린 교육학습으로 2월보다 높은 전력소비가 발생하는 것으로 나타났다(그림 7).

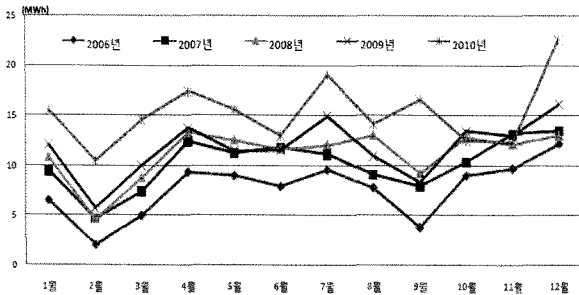


그림 7. 연구대상 초등학교 건축물의 월별 전력사용량

연구대상 중학교 건축물의 월별 전력사용량은 7월과 9월에 상대적으로 사용량이 많은 것으로 나타났으며 여름철의 냉방과 12월의 난방열원으로 전력의 큰 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다. 또한 2010년도의 경우 전력의 사용량이 상대적으로 증가하였는데 이는 해당학교 건축물의 공조 설비 교체에 의한 전력소비 증가에 기인한 것으로 판단된다(그림 8).

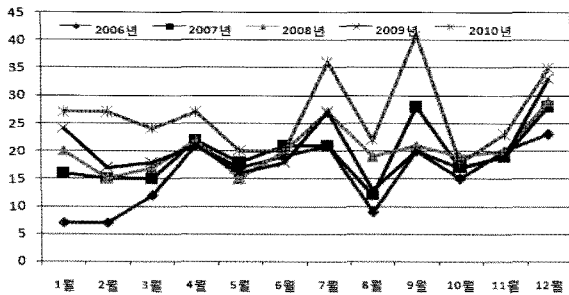


그림 8. 연구대상 중학교 건축물의 월별 전력사용량

연구대상 고등학교 건축물의 월별 전력사용량은 7월부터 증가하여 9월에 가장 사용량이 많은 것으로 나타났으며 여름철의 냉방열원으로 전력의 큰 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다. 또한 2010년도의 경우 전력의 사용량이 상대적으로 증가하였는데 이는 연구대상 학교의 공조 설비의 교체와 기숙사 건물의 준공에 의한 전력소비 증가에 기인한 것으로 판단된다(그림 9).

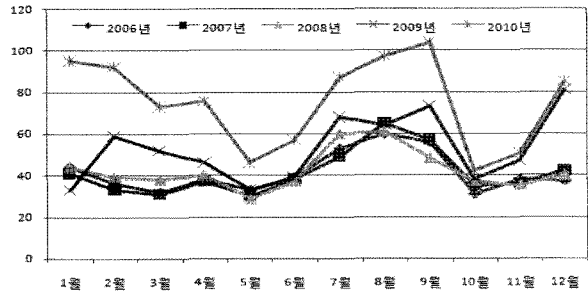


그림 9. 연구대상 고등학교 건축물의 월별 전력사용량

(3) 연구대상 학교 건축물의 유류 및 가스 소비특성

① 연구대상 학교 건축물의 연간 가스 소비특성

연구대상 초등학교 건축물의 가스사용은 2006년부터 2009년까지 평균 7,058m<sup>3</sup>로 매년 비슷한 소비량을 나타냈으며, 연구대상 중학교 건축물의 가스사용은 2009년에 가장 높은 사용량을 나타내었으며, 가스사용 변화의 원인은 2006년 12월에 가스를 식당취사용<sup>6)</sup>으로 도입한 관계로 2008년도에 급식용으로 가스의 최고 사용치를 기록하였으나, 2009년부터 급식조리의 일부 외주화로 다시 감소하였다. 연구대상 고등학교 건축물의 가스사용은 2009년에 가장 높은 사용량을 나타내었으며, 가스사용 변화의 폭은 2006년 대비 2010년에는 10.8% 증가 하였다(그림 10).

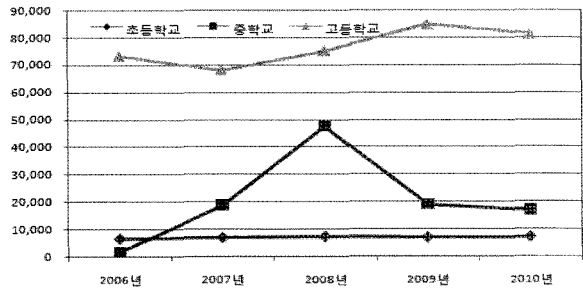


그림 10. 연구대상 학교 건축물의 연도별 가스사용량(m<sup>3</sup>)

② 연구대상 학교 건축물의 월별 가스 소비특성

연구대상 학교 건축물의 월별 가스사용량은 하절기, 동절기의 휴업 기간을 제외한 기간 동안에만 사용되는 것으로 나타났다. 특히, 학기 중의 급식소의 조리용으로 이용하는 것으로 그달의 음식조리 특성에 따라 가스사용량의 변화가 일어나는 것으로 예측할 수 있다(그림 11).

6) 연구대상 초·중·고등학교의 경우 냉난방설비의 에너지를 대부분 전력으로 충당하고 있으며, 가스의 경우 급식설비용 에너지원으로 사용하고 있다.



그림 11. 연구대상 초등학교 건축물의 연간 월별 가스사용량

연구대상 중학교 건축물의 월별 가스사용량은 봄철에 가스사용량은 상대적으로 높은 경향을 나타내고 있으며, 학기 중의 급식소의 조리용으로 이용하는 것으로 음식조리 특성에 따라 가스사용량의 변화가 일어나는 것으로 판단된다(그림 12).

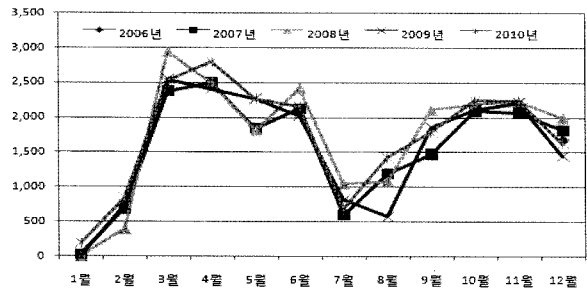


그림 12. 연구대상 중학교 건축물의 연간 월별 가스사용량

연구대상 고등학교 건축물의 월별 가스사용량은 초등·중학교에 비하여 1월과 3월에 상대적으로 높은 사용량을 나타내고 있다. 이는 1월에는 연구대상 고등학교 건축물의 용도 중 방학 중 보충수업과 3월에는 신학기 개학에 따른 학생들의 기숙사의 난방과 급탕용으로 사용에 기인한 것으로 판단된다(그림 13).

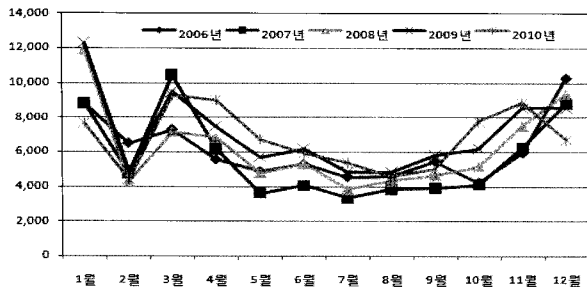


그림 13. 연구대상 고등학교 건축물의 연간 월별 가스사용량

③ 연구대상 학교 건축물의 유류 소비특성

연구대상 학교 건축물의 유류소비특성 분석은 3.2절의 에너지소비특성에 기술한 바와 같이 중·고등학교에는 유류사용 비중이 낮은 관계로 초등학교에 한정하였으며,

2006년 이후 2007년도에 가장 높은 사용량을 나타내었으며 2007년 이후 유류의 사용량은 감소하였으나 2010년도에 들어오면서 증가하는 것으로 나타났다. 2006년 대비 2010년도의 유류사용은 295% 증가하였으며 2007년 대비 2010년은 23% 감소현상을 나타내었으며 2009년 대비 2010년도의 사용량은 25% 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 겨울철의 기온의 하락으로 온수 및 난방의 일수가 증가한 것으로 판단된다(그림 14).

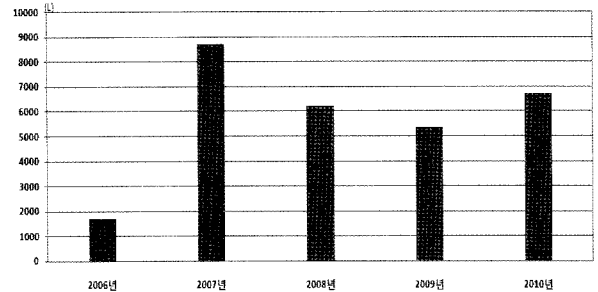


그림 14. 연구대상 학교 건축물의 연도별 유류사용량

연구대상 초등학교 건축물의 월별 유류사용량은 11월부터 4월까지 사용되고 있으며, 12월의 사용량이 가장 많은 것으로 나타났으며, 이는 행정실, 당직실, 숙직실, 급식소 등의 난방과 위생시설의 온수공급을 위한 것으로 사용량에 기인한 것으로 조사되었다(그림 15).

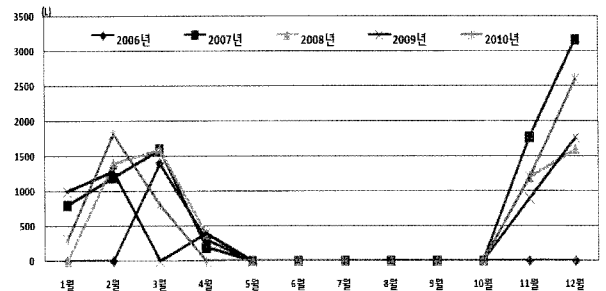


그림 15. 연구대상 학교 건축물의 월별 유류사용량

4. 학교 건축물 에너지소비의 기온감응도

본 연구는 2006년 1월부터 2010년 12월까지의 연구대상 학교 건축물의 에너지 소비특성을 바탕으로 학교 건축물의 주 에너지원인 전력의 소비량과 기온의 관계에 대하여 검토를 실시하여 연구대상 지역의 기온 변화가 학교 건축물의 에너지 소비에 미치는 외기온도의 변화에 따른 전력 소비 원단위 변화와 기온감응도<sup>7)</sup>를 정량화하여 분석하고

7) 기온 감응도는 기온이 1℃변화하는 것에 의한 최대 전력 소비의 변동량으로 본 연구에서는 하절기, 동절기의 기온감응도에 관한 연구를 실시하였다.

자 한다.

#### 4.1 외기온도의 변화에 따른 전력소비 원단위 변화

##### (1) 외기온도의 변화에 따른 전력소비 원단위 변화

본 절에서는 외기온도변화에 따른 전력 소비 특성변화에 대하여 분석하였다. 초등학교 건축물의 전력 소비 원단위는 12월이 8.69kWh/m<sup>2</sup>로 최고치를 나타냈으며, 2월이 3.08kWh/m<sup>2</sup>로 최저치를 나타냈으며, 연중 일정한 전력소비 원단위 변화를 보이고 있다. 중학교 건축물의 경우 12월이 8.37kWh/m<sup>2</sup>로 최고치를 나타냈으며, 8월이 4.30kWh/m<sup>2</sup>로 최저치를 나타냈다. 고등학교 건축물의 경우 7월이 20.89kWh/m<sup>2</sup>로 최고치를 나타냈으며, 5월이 11.32kWh/m<sup>2</sup>로 최저치를 나타냈다. 초등·중학교 건축물의 경우 동절기에 전력소비 원단위가 증가한 반면에 고등학교 건축물의 경우 하절기뿐만 아니라 동절기에도 전력소비 원단위가 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이는 고등학교 건축물의 경우 상대적으로 장시간의 학습시간과 방학기간의 보충수업 등으로 높은 경향을 보이고 있다. 또한 초등·중학교는 연중 일정한 전력소비 경향을 나타내는 반면에 고등학교의 경우 일정기간에 급속도로 전력소비 원단위가 증가하는 추세를 나타내고 있다(그림 16).

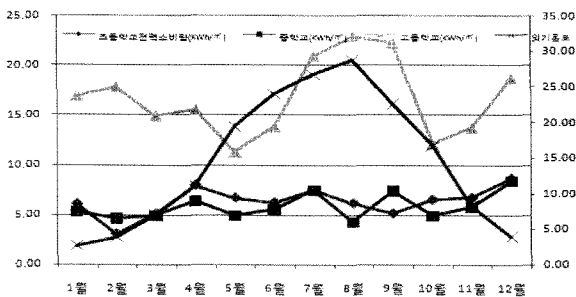


그림 16. 외기온도의 변화에 따른 전력소비 원단위 변화

##### (2) 학교 건축물의 전력소비의 기온감응도와 특성

###### ① 학교 건축물의 전력소비 기온감응도

그림 17은 학교 건축물에 있어서 1년에 걸친 기온감응

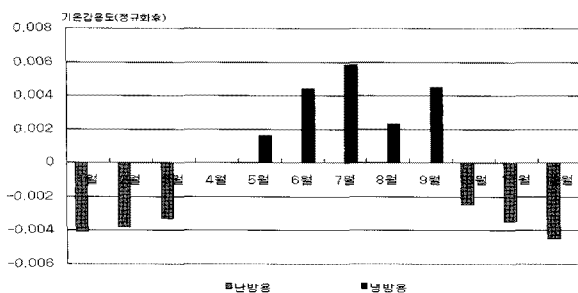


그림 17. 학교 건축물 전력소비의 기온감응도

도를 나타내었다. 그 결과 각 월별 간에는 기온감응도에 다소의 차이가 있지만, 모두 하절기에는 동절기보다 큰 값을 나타내고 있어 전체적으로는 하절기 기온변화에 따른 전력소비가 큰 것으로 나타났다.

###### ② 학교 건축물의 기온감응도 특성

이상과 같이 학교 건축물 전력소비의 기온감응도를 살펴본 결과 하절기에는 전력소비량의 기온감응도가 가장 크고, 학교 건축물에서는 공조용 전력소비가 차지하는 비율이 높기 때문에 기온 영향이 커지는 한편으로, 동절기에는, 하절기에 비하여 상대적으로 낮은 기온감응도를 나타냈다. 이상의 결과로부터, 기온감응도는 1년중 월별 격차는 다소 있지만, 각각의 평균치는 외기온도변화에 따른 전력소비에 영향을 미친다고 판단된다.

#### 4.2 학교 건축물의 전력소비에 따른 기온감응도

##### (1) 학교 건축물의 기온감응도의 원단위

본 장에서는 연구대상 학교 건축물의 외기온도변화, 에너지(전력, 유류, 가스)소비량·특성과 전력소비의 기온감응도를 바탕으로 학교 건축물의 기온감응도 원단위를 산출하였다. 연구대상 학교 건축물의 기온감응도 원단위는, 하루 중 하절기의 경우 평균 0.9W/(m<sup>2</sup>·°C)정도이며, 동절기의 경우 0.753W/(m<sup>2</sup>·°C)으로 동절기보다 하절기에 기온감응도 원단위가 높은 것으로 나타났다. 이는 하절기에 외기온도변화에 따른 에너지소비량이 상대적으로 높은 것을 의미한다. 또한 학교 건축물의 기온감응도의 최대치는 하절기의 경우는 오전 11 ~ 오후 3시, 동절기의 경우 오전 9시부터 오전 12시 사이에 최대치를 나타내고 있어 시간대에 따른 학교 건축물의 에너지 전력부하 사용이나 공조 설비용량 산정 등이 검토되어야 할 것으로 판단된다(그림 18).

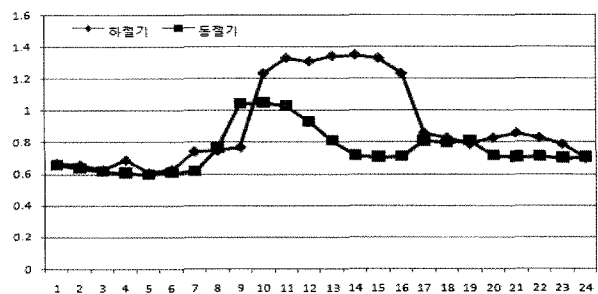


그림 18. 학교 건축물의 기온감응도의 원단위

(2) 학교 건축물의 하절기 기온과 전력 소비의 관계<sup>8)</sup>

본 절에서는 연구대상 학교 건축물의 전력소비 데이터를 이용하여 전력소비의 기온감응도를 작성하였으며, 학교 건축물과 전력소비의 관계를 비교 가능하게 하기 위해서 연간 적산 소비량에 의해 정규화를 실시하였다.

또한 전력소비의 차이를 나타내기 위하여 기온 감응도의 작성은 평일만을 대상으로 하였으며, 중간기에 대해 소비량이 미미한 차이의 데이터는 제외하였다. 이러한 방법으로 학교 건축물에 대하여 평균하여 외기온과 전력 소비의 관계를 분석하였다.

① 하절기 외기온과 전력 소비의 관계

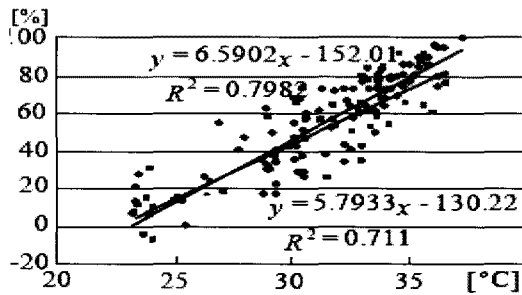


그림 19. 하절기 외기온과 전력 소비의 관계

학교 건축물의 하절기 외기온과 전력소비의 관계는 외기온도가 높아질수록 전력소비량은 높아지는 것으로 나타났다.

외기온도에 따른 하절기 외기온과 전력 소비의 회귀식은 다음 식으로 정의될 수 있다.

- 하절기 최고 외기온 소비시

$$E_{cm} = 6.5902x - 152.01 T_m (R^2 = 0.7982) \text{---식(1)}$$

- 하절기 평균 외기온 소비시

$$E_{cm} = 5.79933x - 130.22 T_m (R^2 = 0.711) \text{---식(2)}$$

[ $E_{cm}$  = 월별 냉방용 전력 소비량( $Mcal/m^2 \cdot month$ )

$T_m$  = 월 평균 외기온도( $^{\circ}C$ )]

특히 하절기 외기온도 33~35 $^{\circ}C$ 일때 전력소비는 매우

8) 본 연구의 회귀식은 외기온도  $x(T_m)$ 를 수평축에 놓고, 전력소비량  $y(E_{cm})$ 를 수직축에 놓은 후에 각 관측 값의 짝을 좌표위에 표시함으로써 얻게 산점도를 바탕으로, 두 변수간에 관계와 관측 값들의 관계를 회귀식으로 도출하였다. 이때의 회귀식 2개의 변수 외기온도  $x$ 와 전력소비율  $y$ 와의 사이에  $\hat{Y}=f(X)+e$ 의 관계에 대한 회귀식으로 도출하였다. 또한  $R^2$ 결정계수는 회귀식의 적합도를 재는 척도로, 회귀분석에서 종속변수  $Y$ 의 각각의 데이터  $y_i$ 에 대하여,  $y_i$ 의 총변동합에 대한 변동합의 비율을 나타낸 것이다. 이 식의 값이 클수록, 1에 가까울수록 회귀식의 적합도는 높은 것으로 판단된다.

증가하는 것으로 나타났다.

② 동절기 외기온과 전력 소비의 관계

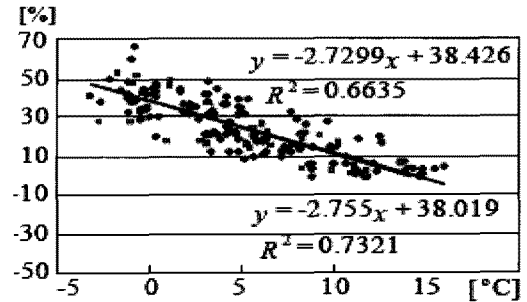


그림 20. 동절기 외기온과 전력 소비의 관계

학교 건축물의 동절기 외기온과 전력소비의 관계를 나타낸 것으로 외기온도가 낮아질수록 전력소비량은 높아지는 것으로 나타났다.

외기온도에 따른 동절기 외기온과 전력 소비의 회귀식은 다음 식으로 정의 될 수 있다.

- 동절기 최저 외기온 소비시

$$E_{cm} = -2.7299x + 38.426 T_m (R^2 = 0.6635) \text{ 식(3)}$$

- 동절기 평균 외기온 소비시

$$E_{cm} = -2.755x + 38.019 T_m (R^2 = 0.7321) \text{ 식(4)}$$

[ $E_{cm}$  = 월별 냉방용 전력 소비량( $Mcal/m^2 \cdot month$ )

$T_m$  = 월 평균 외기온도( $^{\circ}C$ )]

동절기의 경우 외기온도 3~5 $^{\circ}C$ 에 전력소비가 매우 증가하는 것으로 나타났다.

5. 결론

학교 건축물의 경우 국가경제발전과 교육환경 개선으로 외기온도변화에 따른 학교 건축물의 에너지소비가 현저하게 증가하고 있는 실정이다. 이러한 측면에서 외기온도변화에 따른 학교 건축물의 에너지소비 특성에 관한 연구는 건축물의 에너지소비 절약과 이산화탄소 배출억제 등의 대안을 제시하기 위한 기초연구로 사회적 측면에서도 매우 중요하다고 판단된다. 이에 따라 본 연구는 연구대상 초·중·고등학교 건축물의 최근 5개 연간 외기온도의 변화와 이에 따른 에너지소비량을 바탕으로 학교 건축물 전력소비의 기온감응도에 관한 연구를 진행하였으며 본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 연구대상 학교 건축물의 냉·난방 개시 시기는 난



방의 경우 매년 11월초~11월말, 냉방의 경우 매년 6월 말~7월말이며, 냉·난방 종료 시기는 매년 난방의 경우 매년 12월말~4월초, 냉방의 경우 9월초~9월20일에 실시하고 있다.

둘째, 연구대상 학교 건축물의 에너지소비 구성은 전력이 61.30~83.60%로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 가스 16.40~19.80%, 유류 0~18.90%를 차지하고 있다.

셋째, 연구대상 초등·중학교 건축물의 경우 동절기에 전력소비 원단위가 증가한 반면에 고등학교 건축물의 경우 하절기에 전력소비 원단위가 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 전력소비 원단위 또한 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

넷째, 연구대상 학교 건축물의 기온감응도 원단위는, 하루 중 하절기의 경우 평균  $0.9W/(m^2 \cdot ^\circ C)$  정도이며, 동절기의 경우  $0.753W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ 으로 동절기보다 하절기에 기온감응도 원단위가 높은 것으로 나타났다.

한 연구, 한국조명전기설비학회 電氣設備學會論文誌, 2008

접수 2011. 6. 13  
1차 심사완료 2011. 7. 12  
2차 심사완료 2011. 9. 16  
게재확정 2011. 9. 22

## 참고문헌

1. 홍원화 외 2인, 교육 시설기준 변화에 따른 학교 건축물의 에너지원 변화에 관한 연구, 한국생태환경건축학회 논문집, v.10 n.6(통권 46호), 2010. 12
2. 홍원화 외 3인, 종합대학의 에너지소비원단위 작성에 관한 연구, 대한건축학회 논문집(계획계), v.24 n.11, 2008. 11
3. 홍원화 외 2인, 학교 건축물 전력 소비 분석을 통한 PV 발전 시스템 적용에 관한 연구, 대한건축학회 논문집(계획계), v.19 n.7, 2003. 07
4. 홍원화 외 2인, 학교 건축물의 에너지소비 원단위화에 관한 연구, 대한건축학회 논문집(계획계), v.18 n.8, 2002. 08
5. 윤중호 외 4인, 전국 초등학교 시설의 에너지 사용실태 분석 연구, 대한건축학회 논문집(계획계), v.26 n.09, 2010. 09
6. 윤중호 외 4인, 전국 고등학교 시설의 에너지 사용실태 분석 연구, 태양에너지(한국태양에너지학회 논문집), v.30 n.4, 2010. 08
7. 윤중호 외 4인, 전국 중학교 시설의 에너지 사용실태 분석 연구, 한국생태환경건축학회 논문집, v.10 n.4(통권 44호), 2010. 08
8. 龜掛川幸浩: 熱環境と空調エネルギー需要の相互作用を考慮した都市高温化対策の評価, 東京大學博士論文, 2001
9. 矢部邦明: 長期最大電力予測のための省エネの評価, 電氣學會講演論文集, 2005. 03
10. 노준우, 한국 전력 시스템의 적정 설비 예비율에 대한 연구, 대한전기학회 논문집 전력기술부문, 2008. 01
11. 안대훈, 전력계통 안전을 위한 공급예비력 적정수준에 대