



국내 초·중등 교육시설의 에너지 소비 특성 분석

Analysis of Energy Consumption Characteristics of Education Facilities in Korea

이재호* · 현인탁* · 윤여범* · 이광호* · 진경일**

Lee, Jae-Ho* · Hyun, In-Tak* · Yoon, Yeo-Beom* · Lee, Kwang Ho* · Chin, Kyung Il**

* Dept. of Architectural Engineering, Hanbat National Univ., South Korea

** Corresponding author, Dept. of Architectural Engineering, Hanbat National Univ., South Korea (classic9@naver.com)

ABSTRACT

Nowadays, reduction of energy use in buildings is a big issue, especially in public buildings like schools. The building structure is very simple in that, the room size, schedule and user number is similar across different schools. There are many policies which are suitable for this kind of buildings. Investigation of energy consumption pattern in primary school, middle school and high school in different cities of Korea has been done in this paper using statistical data from national organization and the data from IBM and Gyeonggi Provincial Office of Education, aimed at providing the basic data for the development of energy efficiency improvement policies of educational facilities. The study was divided according to climate, energy source type and public or private school, as different cities have different climates and accordingly different amount of energy sources are used. It was observed that, the average energy consumption in primary school is 36.9kWh/m², in middle school is 20.5kWh/m² and in high school 27.4kWh/m². As further analysis, monthly energy consumption pattern has been analyzed for one city.

KEYWORD

에너지 형태,
교육시설,
에너지 소비,
통계적 분석

Energy Source Type,
Education Facilities,
Energy consumption,
Statistical Analysis

ACCEPTANCE INFO

Received September 11, 2014

Final revision received October 27, 2014

Accepted October 29, 2014

© 2014 KIEAE Journal

1. Introduction

1.1. 연구배경 및 목적

최근 녹색건축물 조성 지원법의 시행에 따라 건축법 하에 있던 녹색건축인증, 에너지효율등급인증, 에너지절약설계기준 등 건축물의 친환경 및 에너지성능 관련 법규를 별도로 제정하여 확대 시행 및 강화하고 있다¹⁾. 이러한 에너지절약계획서의 확대시행에 따라 공공건축물인 교육시설 또한 냉난방 공간이 500m² 이상일 시 의무적으로 에너지 절약계획서를 작성하고 74점 이상을 획득하여야 한다. 3000m² 이상의 건축물을 신축하거나 별도로 증축하는 경우에는 의무적으로 1등급을 획득하는 등의 에너지절감 연구가 활성화되고 있다¹⁾.

특히 공공건축물로 분류되는 학교건물의 경우 다른 건물에 비해 건폐율이 낮고 건축구조가 단순하며, 재실크기, 사용스케줄 및 인원 등이 학교별로 많은 차이를 보이지 않는 점에서 에너지절감을 위한 여러 가지 정책을 시행하는데 있어 적합하다고 볼 수 있다²⁾.

에너지절약사업의 방향과 목표를 세부적으로 구체화하기 위해서는 학교건물에 대한 에너지 사용량 및 사용패턴, 운영실태 등에 대한 기초조사가 선행적으로 이루어져야 한다. 지식경제부에

서 발간하는 ‘에너지총조사보고서³⁾’와 각 교육청에서 보유하고 있는 학교별 전체 연간 에너지 사용량을 수집 하고 있다. 최근 국토교통부에서 시행중인 우리나라 전국 680만동의 모든 건축물을 대상으로 에너지 사용량을 데이터베이스화한 국가건물통합에너지관리 시스템은 현재 수도권지역에만 구축이 완료된 상태이다⁴⁾. 현재 전국적인 네트워크가 개발 중이며, 인증제 또한 시범운영을 계획하고 있지만⁴⁾ 학교건물에서 사용되는 에너지의 사용패턴 및 세부사용량, 운영실태 등 학교 건물에 대한 면밀한 분석은 거의 이루어지지 못하고 있는 실정이다²⁾. 고등학교의 에너지소비량 특성에 관한 선행연구로 신우철²⁾은 전국 고등학교의 에너지사용량에 대한 통계자료를 기반으로 기준 고등학교를 선정하고, 에너지소비와 관련한 현장실태조사와 에너지 시뮬레이션을 통하여 에너지 소비형태 및 구조를 파악하였다. 그 결과 에너지 원 단위는 140kWh/m²·yr로 파악되었으며, 이중 가스 및 전기사용량은 각각 61%와 39%로서 실측 에너지사용량 분석결과와 거의 동일한 것으로 나타났다. 또한 용도별 에너지사용량은 난방에너지가 36%로 가장 큰 비중을 차지했으며, 그 다음으로 취사용 가스 26%, 기저전력 11%, 조명전력 9%, 냉방에너지 7%, 플러그부하를 포함한 사무기기 6%, 기타 5% 순으로 나타났다. 이는 난방부하 저감을 위한 창호나 벽체의 단열강화뿐만 아니라 동절기 방학으로 극한기 사용이 제한되는 점을 고려할 때 열효율이 높은 공기

열원식 히트펌프나 지열히트펌프의 적용이 검토되어야 할 것으로 분석하였다. 윤종호⁵⁾는 2008년 한 해 동안 실제 사용된 전국 초등학교 교육시설의 실제 에너지 사용량을 수집하고 통계분석 방법을 적용하여 공급 에너지원별 사용특성과 원단위에 따른 전체 에너지 사용량을 비교 분석하였다. 에너지용도별, 단위면적당, 시도별 건축면적, 학생 및 학급당에너지 사용량 등으로 구분했고, 이를 통해 실제로 사용된 에너지 데이터를 수집, 통계 분석하여 전국 초등학교 교육시설의 에너지절감 목표설정을 수립하는데 기초자료로서 제시하였다. 박진철⁶⁾은 1980년대 이전에 지어져 “건축물의 에너지 절약” 조항이 적용되지 않은 학교건물을 대상으로 건물 성능개선의 필요성을 고찰하고, 대상건물에 대한 설문 조사와 현장조사로 건물의 열성능을 측정, 분석하였다. 사용된 열 성능 측정 장비로는 TVS (Thermal Video System)를 이용하여 부하변동이 많은 전산실에 설치해 열성능을 측정하였고, 열손실이 과다하게 이루어지고 있는 부위와 그 개선방안에 대해 조사하였다. 학교의 전체건물을 대상으로 한 것은 아니지만, 학교 시설 중 하나인 대학 도서관만을 대상으로 하여, 저에너지형 도서관을 설계하기 위한 가이드라인을 제시한 노지웅⁷⁾은 세종시에 위치한 H 대학 도서관 건물의 공간구성과 이용특성, 구조체 성능 등을 살펴 보고 몇 가지 에너지 절감방안을 적용하여 에너지해석 프로그램인 VE(Virtual Environment)를 이용해 시뮬레이션 분석을 하였다. 기존 연구들은 다수의 학교시설의 Life-Cycle을 위한 에너지 사용량과 관련운영비 등에 대한 조사연구를 하였고, 본 연구에서 수행하고자 하는 전국 학교 급별 에너지원 및 사용량을 분석하는 연구와도 유사한 부분이 존재하나, 기존 연구 자료가 과거의 데이터이거나 연간데이터만 집계되었고, 각 학교 급별로 비교, 분석한 자료는 미비하다.

따라서 본 연구에서는 전국 초, 중, 고등학교의 에너지 사용량에 대한 통계자료를 기반으로 에너지 소비와 관련한 실태조사를 실시하고 또한 한국 IBM과 경기도 교육청에 협조를 얻어 경기도 권의 월별 주요 에너지 데이터를 조사하였다. 향후 상향된 에너지 절약설계기준과 에너지효율등급 인증획득에 필요한 교육시설의 에너지성능수준을 분석하는 에너지절약 교육시설의 활성화방안 사업에 기초자료로 제시하고자 한다.

1.2. 조사 대상 및 연구 방법

본 연구에서는 에너지효율등급 인증제 확대시행에 따른 에너지 절약 교육시설 활성화방안 연구의 기초자료로서 학교시설에 대한 2011년 지역별 에너지사용량을 분석하였다. 지역별 기후가 다르며, 주로 사용하는 에너지원이 같더라도 양에서는 차이가 발생하기 때문에 지역별, 에너지원별, 분류별로 나누어 분석하였다. 또한 한국 IBM과 경기도 교육청에 협조를 얻어 연간데이터뿐만 아니라 경기도지역내의 월간에너지 사용량을 분석하였다⁸⁾. 조사대상은 2011년도 전국 16개 시도별 5,895개의 초등학교와 3,162개의 중학교, 그리고 643개의 일반 고등학교 등의 교육시설에 대한 일반적인 사항과 에너지사용량을 수집하였다⁹⁾. Fig. 1은 본 연구에서 분석한 항목을 나타냈다.

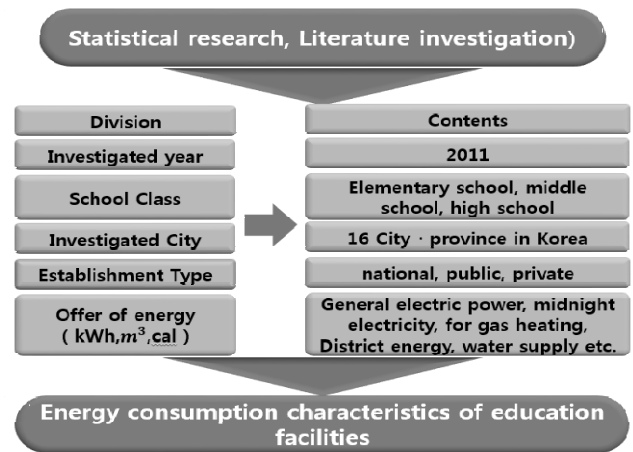


Figure. 1 Survey method and analysis items of data

2. 에너지 단위 변환

전국 초, 중, 고등학교에서 사용된 에너지원은 전기(일반전력, 심야전력), 도시가스(LPG), 유류, 집단에너지, 상수도, 지하수 등이 있다. 이러한 다양한 에너지원을 상호 비교, 분석하기 위해서는 하나의 단위로 통합해야한다. 교육시설에서 소비된 전력, 석유, 천연가스 등의 실제 에너지사용량을 면적으로 나눈 kWh/m² 단위로 변환하여 단위면적당 에너지 사용량으로 표현하였다. 지역의 학교 면적은 교육청의 교육통계서비스⁹⁾에서 발췌하였다. 또한 에너지원별 최종 사용량을 비교하기 위해 최종 공급량을 적용하여 분석하였고, 2차 에너지를 기준으로 산정하였다¹⁰⁾. 본 연구의 단위변환은 에너지 관리공단 에너지열량 환산기준을 조사하여 적용하였으며, 단위변환 과정에서 단위면적을 추가하여 계산하였다. 환산표는 Table 1과 같으며, 단위변환 과정은 식 (1)~(4)와 같으며 선행연구에서 발췌하였다¹¹⁾.

Table 1. Heat values(2011.12.30.)¹¹⁾

Gas type	Unit	Heat value		Conversion factor
		kcal	MJ	
Kerosine	ℓ	8,790	36.8	0.879
LNG	Nm ³	10,430	43.6	1.043

$$\text{가스 사용량(kWh/m}^2\text{)} = [\text{사용량(m}^3\text{)} \times \text{발열량(kcal/N}\cdot\text{m}^3\text{)} \times \text{kWh/860kcal}] / \text{단위 면적(m}^2\text{)} \quad (1)$$

$$\text{유류 사용량(kWh/m}^2\text{)} = [\text{사용량(m}^3\text{)} \times 1000(\text{L/m}^3\text{)} \times \text{발열량(kcal/L)} \times \text{kWh/860kcal}] / \text{단위면적(m}^2\text{)} \quad (2)$$

$$\text{집단 에너지 사용량(kWh/m}^2\text{)} = [\text{사용량(Gcal)} \times 1000 \text{ kcal/Gcal} \times \text{kWh/860kcal}] / \text{단위면적(m}^2\text{)} \quad (3)$$

$$\text{전체 전기사용량(kWh/m}^2\text{)} = \text{일반전력사용량(kWh/m}^2\text{)} + \text{심야 전력사용량(kWh/m}^2\text{)} \quad (4)$$

3. 요소별 연간 에너지 사용량

3.1. 전력 사용량

Fig. 2, 3, 4와 Table 2는 전국 16개 시도별 초등학교, 중학교, 고등학교에서 연간 소비되는 전체 전력 사용량을 나타낸다. 표기법의 규정상 Table에 표기한 E는 초등학교, M은 중학교, H는 고등학교를 의미한다. 초·중·고등학교의 전체전력 사용량 대비 낮 시간에 사용한 일반전력 사용량은 각각 88.6%, 91.7%, 92.4%를 차지하고 있으며, 심야전력 사용량은 11.4%, 8.3%, 7.6%를 차지한다. 일반전력의 평균 사용량은 33.3 kWh/m², 32.5 kWh/m², 48.3 kWh/m²로 나타났고, 심야전력 평균 사용량은 4.2 kWh/m², 2.9 kWh/m², 4.0 kWh/m²로 나타났다. 전국 시도별 단위면적당 전체전력 소비량이 가장 많은 지역은 초·중·고등학교 모두 총복으로 52.4 kWh/m², 46.6 kWh/m², 71.2 kWh/m²를 사용했으며, 소비량이 가장 적은 지역은 초등학교는 대구, 중학교는 대전, 고등학교는 제주지역으로 28.8 kWh/m², 29.6 kWh/m², 42.8 kWh/m²를 소비하였다. 대체로 낮 시간에 사용하는 일반전력은 학교 종류에 따라 지역에 상관없이 비슷한 전력을 소모하는 것으로 나타났다. 지역별로 미미한 전력 사용량을 보이지만 이는 각 지역별 에너지 사용 특성이 다르고, 단열 기준이 달라 지역별의 에너지 사용량의 차이가 나는 것으로 판단된다. 한편, 심야전력의 경우 수도권과 광역

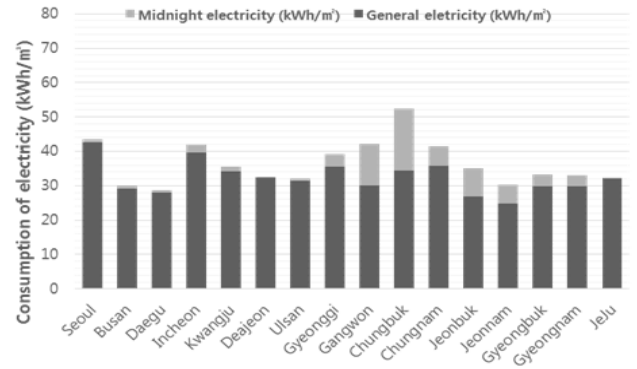


Figure 2. Annual average total electricity consumptions of elementary schools

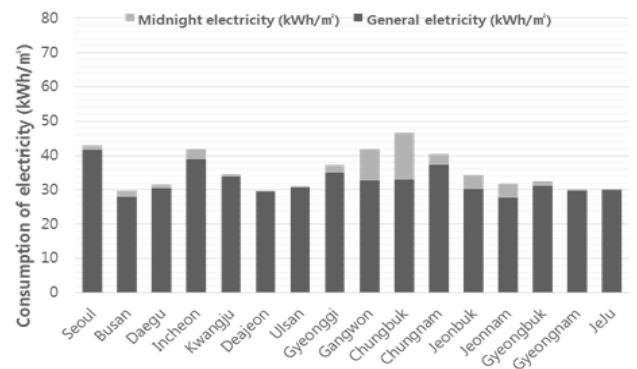


Figure 3. Annual average total electricity consumptions of middle schools

Table 2. Annual average night-time and day-time electricity consumptions^{5,12,13)}

Region		General electricity (kWh/m ²)	Midnight electricity (kWh/m ²)	Region		General electricity (kWh/m ²)	Midnight electricity (kWh/m ²)
Seoul	E	42.65	0.91	Gangwon	E	30.10	0.10
	M	41.68	1.38		M	32.78	9.07
	H	46.17	0.81		H	47.03	2.56
Busan	E	29.10	0.99	Chungbuk	E	34.30	18.06
	M	27.89	1.76		M	32.90	13.69
	H	44.31	1.03		H	55.26	15.92
Daegu	E	28.06	0.70	Chungnam	E	35.81	5.67
	M	30.42	1.04		M	37.24	3.18
	H	44.28	2.36		H	52.84	5.31
Incheon	E	39.58	2.32	Jeonbuk	E	26.77	8.36
	M	38.87	2.86		M	30.13	4.11
	H	49.86	3.15		H	50.61	8.13
Kwangju	E	34.20	1.45	Jeonnam	E	24.83	5.36
	M	33.94	0.65		M	27.62	4.17
	H	45.16	1.10		H	51.72	5.46
Daejeon	E	32.28	0.21	Gyeongbuk	E	29.86	3.32
	M	29.50	0.11		M	31.05	1.50
	H	44.19	1.42		H	52.97	5.25
Ulsan	E	31.46	0.62	Gyeongnam	E	29.93	3.01
	M	30.60	0.46		M	29.78	0.34
	H	46.95	1.26		H	49.88	2.11
Gyeonggi	E	35.49	0.66	Jeju	E	32.20	0.10
	M	34.92	2.33		M	29.94	0.23
	H	49.48	2.56		H	42.25	0.57
Total	E	516.62	66.76	Average	E	32.29	4.17
	M	519.23	46.88		M	32.45	2.93
	H	772.97	63.45		H	48.31	3.97

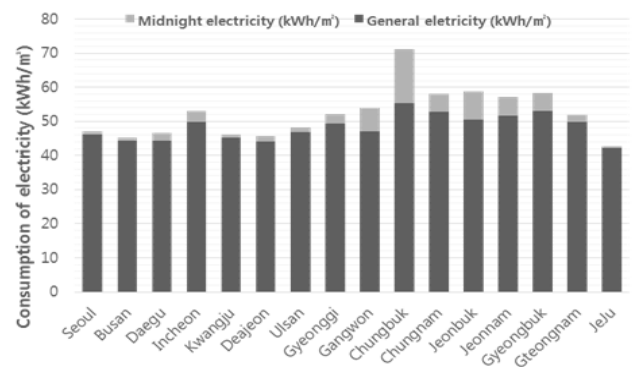


Figure 4. Annual average total electricity consumptions of high schools

시 이외의 지역에서 많이 사용하는 것으로 나타났으나, 각 지역별 전력 사용 특성과 학교 운영에 대한 데이터가 없어 확인하지 못했으며, 이 부분에 대한 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

3.2. 난방용 가스, 집단에너지 사용량

Fig. 5, 6과 Table 3은 전국 초·중·고등학교에서 소비된 난방용 가스 사용량과 집단에너지 사용량을 나타내고 있다. 난방용 가스 사용량은 전국 평균 초등학교는 6.3 kWh/m², 중학교는 5.5 kWh/m²

Table 3. Annual average gas and district energy consumptions for heating[5,12,13]

Region		Gas for heating (kWh/m ²)	District heating (kWh/m ²)	Region		Gas for heating (kWh/m ²)	District heating (kWh/m ²)
Seoul	E	26.14	6.38	Gangwon	E	4.81	0.00
	M	24.48	2.27		M	1.20	0.00
	H	26.43	2.03		H	2.81	0.00
Busan	E	1.06	16.60	Chungbuk	E	1.34	1.10
	M	0.66	15.00		M	2.41	5.07
	H	2.64	0.25		H	7.61	4.83
Daegu	E	13.04	46.75	Chungnam	E	3.20	10.89
	M	11.16	1.32		M	3.90	0.00
	H	28.34	3.17		H	9.99	0.00
Incheon	E	7.19	0.79	Jeonbuk	E	0.31	27.82
	M	6.89	0.27		M	0.53	0.00
	H	19.77	0.91		H	4.90	0.00
Kwangju	E	4.77	183.64	Jeonnam	E	0.57	315.59
	M	2.72	0.05		M	0.24	11.81
	H	7.67	0.00		H	2.69	0.00
Daejeon	E	16.96	0.00	Gyeongbuk	E	1.00	125.19
	M	15.02	0.00		M	1.37	12.31
	H	43.66	0.00		H	6.99	0.00
Ulsan	E	1.75	20.97	Gyeongnam	E	0.33	31.66
	M	1.79	35.80		M	0.17	0.00
	H	2.11	1.42		H	1.68	0.19
Gyeonggi	E	17.61	4.64	Jeju	E	0.13	0.00
	M	15.97	3.33		M	0.13	0.00
	H	21.60	4.24		H	0.02	0.00
Total	E	100.203	792.00	Average	E	6.26	49.50
	M	88.64	87.21		M	5.54	5.45
	H	187.90	17.04		H	11.74	1.07

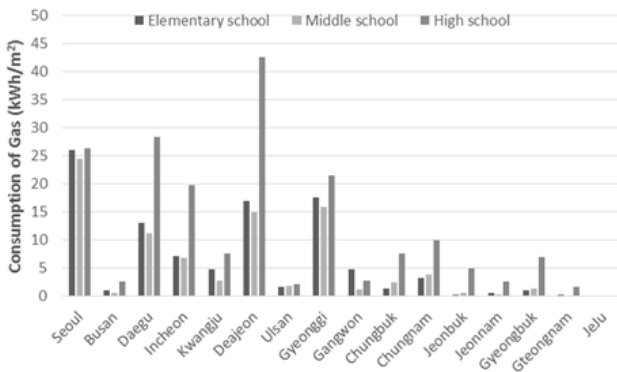


Figure 5. Annual gas consumption for heating

m², 고등학교는 11.7 kWh/m²로 분석되었으며 고등학교에서 가장 많은 사용량을 나타낸다. 난방용 가스 사용량이 가장 많은 지역은 초·중학교는 서울, 고등학교는 대전으로 각각 26.1 kWh/m², 24.5 kWh/m², 42.7 kWh/m²를 사용했다. 가장 적은 지역은 초·중·고등학교 모두 제주지역으로 0.2 kWh/m² 이하의 매우 미미한 양을 사용하였다. 수도권 및 광역시에서 가스사용량이 타 지역보다 많은 것으로 나타났다. 전체 가스 사용량 중 수도권 및 광역시에서 사용하는 가스사용량은 초등학교 88.3%, 중학교 88.8%, 고등학교 80.5%이고, 그 외 지역은 11.7%, 11.2%, 19.5%로 수도권 및 광역시에서 사용하는 가스 소비량이 타 지역에서 사용하는 가스 소

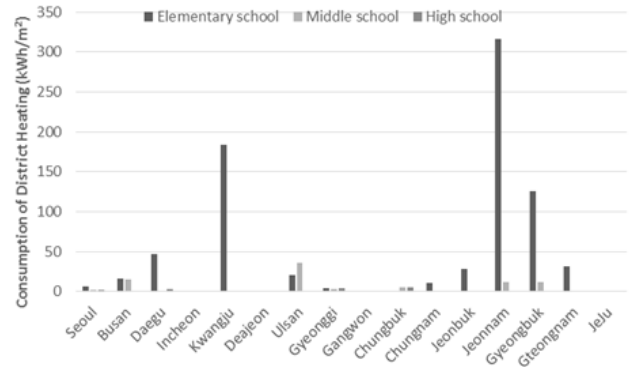


Figure 6. Annual district energy consumption

비량보다 4~7.5배 높은 것을 알 수 있다. 집단에너지 사용량은 평균 초등학교 49.5 kWh/m², 중학교 5.5 kWh/m², 고등학교 1.1 kWh/m²를 사용하는 것으로 나타났다. 전국의 초·중·고등학교 중 가장 많은 집단에너지를 소비한 곳은 각각 전남, 울산, 충북으로 315.6 kWh/m², 35.8 kWh/m², 4.8 kWh/m²를 사용했다. 분석 결과 지역 간 집단에너지 사용량의 불균형이 심한 것으로 분석되는데 이는 국내의 지역 간 기상 및 기후의 조건과 열관류율의 법적기준이 달라 에너지 사용량에 따른 차이가 보이는 것으로 사료되며, 추후 세부적인 분석이 필요할 것으로 사료된다.

3.3. 시도별 전체에너지 사용량 성분별 비교

Fig. 7, 8, 9는 초·중·고등학교에서 사용된 다양한 에너지원을 비교한 것이다. 전체 에너지 평균 사용량은 초등학교는 92.2 kWh/m², 중학교는 46.4 kWh/m², 고등학교는 65.1 Wh/m²로 나타났으며, 에너지 소비량이 가장 많은 지역은 충북, 서울, 대전으로 346.4 kWh/m², 69.8 kWh/m², 88.3 kWh/m²를 사용하였다. 에너지 소비량이 가장 적은 초·중·고등학교는 모두 제주지역으로 32.4 kWh/m², 30.3 kWh/m², 42.8 kWh/m²를 사용하였다.

전체 에너지사용량 대비 전력사용량이 차지하는 비중은 초등학교 39.5%, 중학교 76.3%, 고등학교 80.3%로 중·고등학교에서 많은 전기를 사용하는 것으로 나타났다. 난방용 가스 사용량은 초등학교 6.8%, 중학교 12.0%, 고등학교 18.0%로 나타났으며,

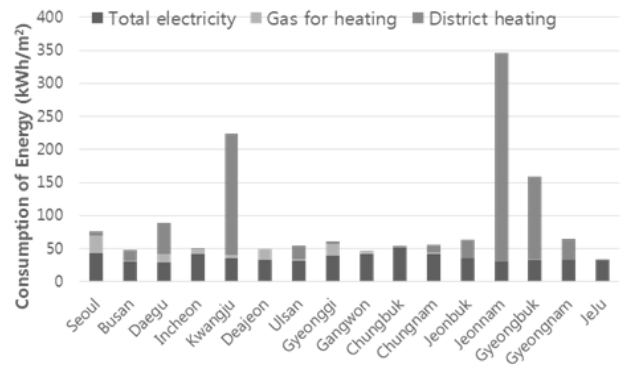


Figure 7. Annual energy consumption breakdown of elementary schools

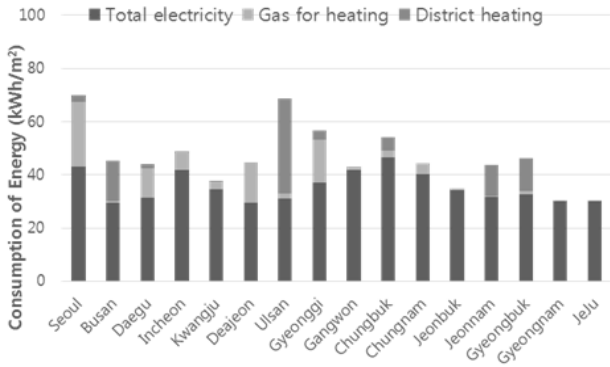


Figure 8. Annual energy consumption breakdown of middle schools

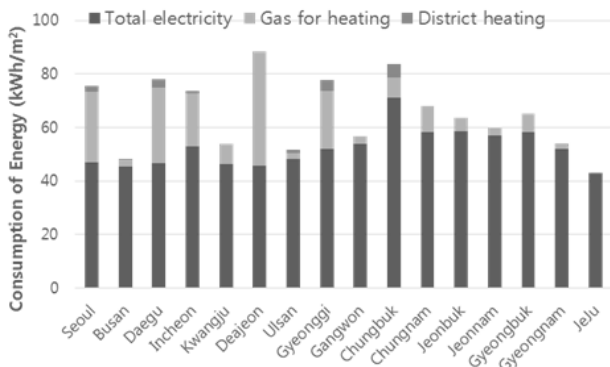


Figure 9. Annual energy consumption breakdown of high schools

집단에너지 사용량은 초등학교가 53.7%로 가장 높았으며 중학교가 11.8%, 고등학교가 1.6%로 학교별로 비교하였을 때 가장 낮은 비중을 차지한다. 초등학교 연간 에너지 사용량이 중·고등학교 연간 에너지 사용량의 패턴과 다른 것으로 나타난다. 이는 Fig.7에서와 같이 몇몇 지역에서 초등학교 집단에너지의 사용량이 다른 지역의 집단에너지 사용량에 비해 월등히 많이 소비한 것으로 나타난다. 이는 2010년 완공된 “광주 수완-하남2지구 집단에너지 시설공사”의 영향이 있는 것으로 판단되며 이 발전소는 100MW급 이상의 구역형 집단에너지 사업으로 국내 최초로 준공되어 가동 중에 있다. 이 발전소를 통해 전기 생산 및 지역난방을 동시에 공급하고 있기 때문에 다른 지역보다 높은 것으로 판단된다. 또한 현재 한국지역난방공사에서 “광주·전남 공동혁신도시 집단에너지 시설”을 진행 중에 있으며 2015년 완공을 목표로 하고 있다. 이 시설까지 설치 될 경우 광주, 전남지역은 본 데이터보다 더 많은 집단에너지를 사용할 것으로 판단된다.

Table 4는 전국 시도별 초·중·고등학교의 단위면적당 총 에너지사용량을 나타낸다. 전체 에너지 사용량에서 초·중·고등학교에서 사용하는 비중은 학교 운영시간이 가장 짧음에도 불구하고 초등학교가 45.3%로 가장 많았으며, 고등학교·중학교 순으로 32.0%, 22.7%를 사용하였다. 운영시간에 비해 초등학교가 비중이 가장 높은 이유는 광주, 전라남도를 비롯한 몇몇의 시, 도의 초등학교에서 집단에너지 사용량이 높기 때문에 다른 학교 시설에 비해 높은 것으로 판단된다. 이는 해당지역의 집단에너지 시설의

Table 4. Energy use intensity (kWh/m²)

kWh/m ²	Elementary School	Middle School	High School	Total
Seoul	76.07	69.81	75.44	221.32
Busan	47.74	45.30	48.23	141.27
Daegu	88.55	43.93	78.16	210.64
Incheon	49.87	48.89	73.69	172.45
Kwangju	224.07	37.36	53.92	315.35
Daejeon	49.45	44.63	88.28	182.36
Ulsan	54.79	68.65	51.74	175.18
Gyeonggi	61.40	56.55	77.88	195.83
Gangwon	46.93	43.05	56.86	146.84
Chungbuk	54.80	54.07	83.61	192.48
Chungnam	55.58	44.32	68.14	168.04
Jeonbuk	63.25	34.77	63.64	161.66
Jeonnam	346.35	43.84	59.87	450.06
Gyeongbuk	159.37	46.23	65.21	270.81
Gyeongnam	64.93	30.27	53.87	149.07
JeJu	32.43	30.29	42.84	105.56
Total	1,475.58	741.96	1,041.38	3,258.92
Average	92.22	46.37	65.09	67.89
Ratio	43.54	24.16	32.30	100%

설치 유무 등과 관련이 있는 것으로 사료된다.

3.4. 설립 유형별 에너지 사용량

Table 5는 전국 초·중·고등학교의 설립유형별 지역평균 에너지 사용량을 나타낸다. 연간 평균 에너지사용량은 사립학교의 경우 초·중·고등학교가 각각 366,764 kWh, 242,693 kWh, 704,461 kWh를 사용하였으며, 공립학교의 경우 290,769 kWh, 291,994 kWh, 704,880 kWh를 사용하였다. 또한 국립학교는 345,883 kWh, 141,829 kWh, 362,432 kWh를 사용하였다. 설립유형별 합계로는 사립·공립·국립학교 각각 1,313,918 kWh, 1,287,643kWh, 850,144 kWh를 사용하였으며, 사립·공립·국립학교 중 사립학교의 에너지사용량이 가장 높게 나타났다. 또한 사립 초등학교의 경우 다른 에너지원에 비해 집단에너지의 사용량이 많은 것으로 나타났다. 하지만 현재 데이터 외에 설립유형별 학교 수와 각 학교 면적에 대한 데이터를 확보하지 못하여, 위의 에너지 사용량에 대한 정밀한 해석은 진행하지 못했다.

Table 5. Energy consumption profile depending on the type of education facilities (kWh)

Division		Electricity		Miscellaneous		Total
		Day-time electricity	Night-time electricity	Gas	District	
Private	E	223,571	13,334	110,285	19,574	366,764
	M	192,880	19,900	29,911	2	242,693
	H	523,347	58,921	122,189	4	704,461
Public	E	217,834	22,678	50,082	175	290,769
	M	227,946	16,778	47,223	47	291,994
	H	524,957	27,823	152,020	80	704,880
National	E	220,125	30,676	95,078	4	345,883
	M	117,834	6,125	17,870	0	141,829
	H	291,028	19,926	51,478	0	362,432

4. 경기도 에너지사용량

4.1. 경기도 월별 전기·도시가스 에너지 사용량

앞서 조사한 각각의 유형별 에너지사용량은 연간데이터 분석이었다. 월별 데이터를 통해 계절별 에너지 사용량을 비교, 분석하고자 전국의 시, 도 가운데 경기도 내의 초·중·고등학교를 대상으로 데이터를 가공 및 추출하였다. 자료는 경기도 교육청과 한국 IBM에서 주관한 학교에너지 분석시스템⁸⁾을 통해 자료를 얻었다.

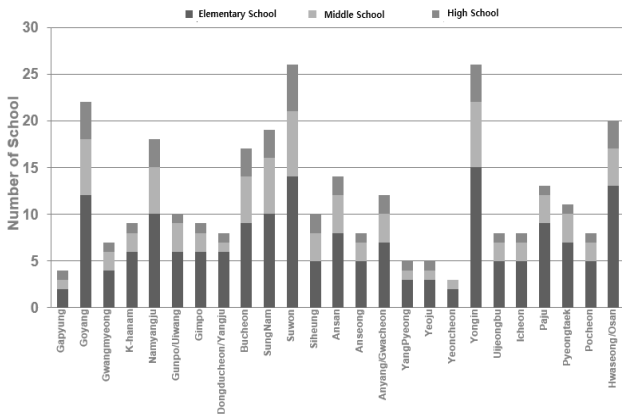


Figure 10. Number of schools in each administrative region in Gyeonggi Province⁸⁾

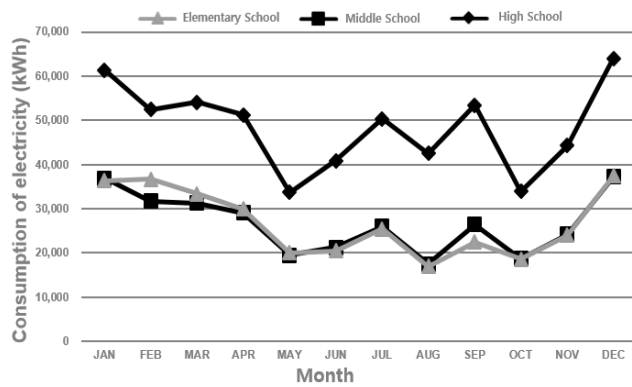


Figure 11. Electricity consumptions of schools in Gyeonggi Province

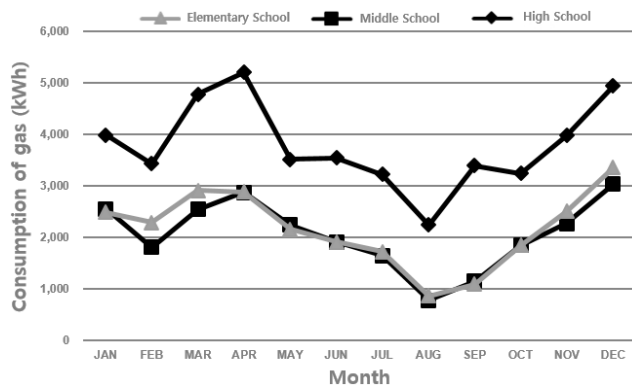


Figure 12. Gas consumptions of schools in Gyeonggi Province

며, 경기도권내에 있는 공립 초·중·인문계 고등학교 300여개를 선별하여 정리한 것이다. Fig. 10은 한국 IBM에서 수집한 자료로서 경기도 교육지원청별 학교수를 나타내었다.

Figure 11과 12는 전기사용량과 도시가스 사용량을 나타내었다. 경기도 내 300개 학교의 통계를 보면 전기에너지와 도시가스 모두 고등학교가 가장 많이 사용하는 것으로 나타난다. 그 이유는 고등학교의 경우 초·중학교에 비해 운영시간이 길며, 특히 대부분의 고등학교에서 실시하는 야간자율학습으로 인한 시설 운영 시간이 길어지면서 가장 많은 에너지를 소모하는 것으로 사료된다. 먼저, 전기 에너지 사용 특성으로는 학교의 위치적 특성 및 설비 특성에 따라 계절적 차이가 있는 것으로 나타나며 평균적으로 동절기가 하절기보다 사용량이 많은 것으로 나타났다. 도시가스

Table 6. Energy use intensity of schools in Gyeonggi Province for each season (kWh/m²)

Division	Elementary School	Middle School	High School	Total	Average
Spring	20.7	18.7	25.9	65.3	21.8
Summer	12.6	12.2	18.1	42.9	14.3
Fall	14.0	13.7	19.6	47.3	15.8
Winter	26.2	23.8	32.1	82.1	27.4

Table 7. Monthly energy use intensity of schools in Gyeonggi Province (kWh/m²)

Division	Elementary School	Middle School	High School	Total	Average
Jan.	9.2	9.1	12.2	30.5	10.2
Feb.	8.3	6.8	9.3	24.4	8.1
Mar.	8.4	7.1	10.2	25.7	8.6
Apr.	7.2	6.8	9.5	23.5	7.8
May.	5.1	4.8	6.2	16.0	5.3
Jun.	4.7	4.6	6.4	15.8	5.3
Jul.	4.9	4.6	6.5	16.0	5.3
Aug.	3.0	3.0	5.2	11.2	3.7
Sep.	4.0	4.5	6.9	15.4	5.1
Oct.	4.4	4.1	5.7	14.2	4.7
Nov.	5.6	5.1	7.0	17.7	5.9
Dec.	8.7	7.9	10.6	27.2	9.1
Total	73.6	68.3	95.8	237.6	79.2
Average	6.1	5.7	8.0	19.8	6.6

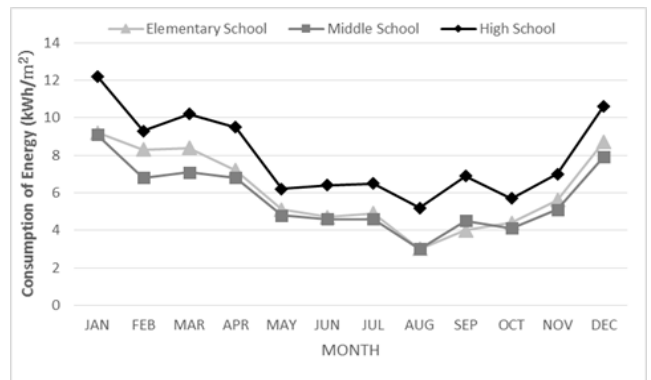


Figure 13. Monthly energy use intensity of schools in Gyeonggi Province

의 경우 사용량은 계절적인 특성을 가장 많이 보이고 있었으며, 방학기간보다는 수업중 기간인 3~4월, 11~12월의 사용량이 상대적으로 사용량이 많은 것으로 나타났다.

4.2. 경기도 내 월별 에너지사용량

Table 6은 경기도 내 초·중·고등학교의 월별에너지 사용량을 학교 수로 나눈 데이터이며, 계절별로 구분지어 나타났다. Table 7과 Fig. 13은 단위면적당 월별 에너지 사용량을 나타낸다.

초·중·고등학교의 월 평균 에너지사용량은 6.13 kWh/m², 5.7 kWh/m², 8.0 kWh/m² 로 나타났고, 가장 많은 에너지를 사용한 시기는 초·중·고등학교 모두 1월로 9.2 kWh/m², 9.1 kWh/m², 12.2kWh/m² 로 보인다. 그 이유는 경기도 지역의 연중 온도분포와 관련 있는 것으로 사료된다. 또한 가장 적은 에너지를 사용한 시기는 8월로 각각 3.0 kWh/m², 3.0 kWh/m², 5.2 kWh/m² 로 분석되었다. 이는 겨울철 난방부하가 여름철 냉방부하에 비해 차지하는 비중이 훨씬 크기 때문에 사료된다.

5. 결론

본 연구를 통해 도출된 결과는 2011년 한 해 동안 전국 초·중·고등학교의 교육시설에서 실제로 사용된 에너지 사용량을 교육부와 각 시도 교육청, 그리고 한국 IBM에 협조를 얻어 수집 및 추출, 가공한 데이터이다. 따라서 다양한 에너지원을 하나의 단위로 변환하여 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

(1) 초·중·고등학교의 전체 에너지 소비량 대비 에너지원의 비율 중 초등학교의 경우 전력 39.5%, 난방용 가스 6.8%, 집단에너지 53.7%를 차지하였고, 중학교의 경우 전력이 76.3%, 난방용 가스가 12.0%, 집단에너지가 11.8%를 차지하였다. 또한, 고등학교의 경우 전력이 80.3%, 난방용 가스가 18.0% 집단에너지가 1.6%를 차지하였다.

(2) 원단위에 따른 에너지 사용량 분석에서 단위면적당 에너지 사용량은 전국 평균 초등학교는 92.2 kWh/m², 중학교는 46.4 kWh/m², 고등학교는 65.1 Wh/m² 를 소비한 것으로 나타났다.

(3) 학교 설립유형별 연간 평균 에너지 사용량은 사립 교육시설에서 사립학교의 경우 초·중·고등학교가 각각 366,764 kWh, 242,693 kWh, 704,461 kWh를 사용하였으며, 공립학교의 경우 290,769 kWh, 291,994 kWh, 704,880 kWh를 사용하였다. 또한 국립학교는 345,883 kWh, 141,829 kWh, 362,432 kWh를 사용하여 전체적으로 공립·국립학교보다 사립학교가 더 많은 에너지를 사용하고 있는 것으로 나타났다.

(4) 경기도 내 월별 전기·도시가스 사용량에 대한 데이터를 분석해 본 결과 고등학교가 초·중학교보다 1.5배 이상 많은 에너지를 사용하고 있었으며, 이는 운영시간의 영향이 가장 많은 것으로 사료된다.

(5) 경기도 내 월별 데이터를 분석해 본 결과 난방부하가 많은 겨울철에 평균에너지 소비량이 27.4 kWh/m²로 가장 많은 비중을 차지하였고, 상대적으로 난방부하에 비해 냉방부하가 적은 여름

철에 평균에너지 소비량이 14.3 kWh/m²로 적은 소비량을 나타내었다.

본 연구의 결과를 바탕으로 전국 교육시설에 대하여 효율적인 에너지절감 방안을 설정하고 교육시설의 에너지절약 활성화방안안사업에 기초자료로 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

Reference

- [1] Energy Saving Strategies of Education Facilities Associated with Enforcement of Energy Efficiency Certification, Korean Institute of Educational Environment, 2013
- [2] Kim, Kang. Sik., Park, Jae. Wan., Yoon, jong. Ho., Shin, U. Cheul., A Case Study of Characteristics of Energy Consumption of a High School Education Facilities, Journal of the Korean Solar Energy Society (KSES), 2011, Vol. 31, No. 5, pp. 99-104.
- [3] 2008 Energy Consumption Survey, Korea Energy Economics Institute, 2009. 4.
- [4] Overall Plan for the Establishment of National Building Energy Management System. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea
- [5] Yoon, Jong. Ho., Shin, U. Chul., Cho, Jin. Il., Choi, Hyeong. Ju., Kin, Hyo. Jung., A Study on the Energy Consumption of a Primary School Facilities in Korea, Architectural Institute of Korea, 2010, Vol. 30, No. 4, pp. 55-62.
- [6] Park, Jin. Chul., A study on the Improvement of Energy Performance in School Buildings, International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration, 2004, Vol. 16, NO. 1, pp. 54-61.
- [7] Roh, Ji. Woong., A Basic Study on Energy Saving of University Library, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 2013, 8. Vol. 13, No. 4, pp. 69-74.
- [8] IBM Korea, Gyeonggi Provincial Office of Education. Energy Use Survey of Elementary, Middle and High Schools, Report of Energy Consumption Analysis, (<http://www.ccnea.kr/>)
- [9] Korean Educational Statistics Service, Educational Statistics (<http://kess.chedi.re.kr/index>)
- [10] Energy Enforcement Act 5, Ministry of Trade, Industry and Energy, Korea, 2011.12 Amendment
- [11] Korea Energy Management Corporation, Energy Use Rationalization Act 5-1
- [12] Yoon, Jong. Ho., Shin, U. Chul., Jo, JIn. Il., Park, Jea. Wan., Kin, Hyo. Jung., A Study On Analysis of Energy Consumption of the middle School Facilities in Korea, Architectural Institute of Korea, 2010, Vol. 10, No. 4, pp. 45-50.
- [13] Yoon, Jong. Ho., Shin, U. Chul., Jo, JIn. Il., Kim, Hyo. Jung., Lee, Chul. Sung., A Study on Analysis of Energy Consumption of a High School Facilities In Korea, Architectural Institute of Korea, 2010, Vol. 30, No. 4, pp. 55-62.