

전국 고등학교 시설의 에너지 사용실태 분석 연구

윤종호*, 신우철**, 조진일***, 김효중****, 이철성*****

*한밭대학교 건축공학과 교수(jhyoon@hanbat.ac.kr), **대전대학교 건축공학과 교수(shinuc@dju.ac.kr),
한국교육개발원 연구위원(chojinil@kedi.re.kr), *한밭대학교 석사과정(khj8181@empas.com)
*****TES Engineering 연구원(aeerulab@gmail.com)

A Study on Analysis of Energy Consumption of a High School Facilities in Korea

Yoon, Jong-Ho* Shin, U-Cheul** Cho, Jin-Il*** Kim, Hyo-Jung**** Lee, Chul-Sung*****

*Dept. of Architectural Eng. Hanbat National University(jhyoon@hanbat.ac.kr)
**Dept. of Architectural Eng. Daejeon University(shinuc@dju.ac.kr)
***Korean Educational Development Institute(chojinil@kedi.re.kr)
****Dept. of Architectural Eng. Hanbat National University(khj8181@empas.com)
*****TES Engineering (aeerulab@gmail.com)

Abstract

The purpose of this study is to present various analysis result of energy consumption that is a statistical analysis of high school facilities in Korea for setting the goal of energy saving. This study enforced analysis after it provided used energy consumption for the year 2008 and general information from 2202 high school facilities in 16 cities in South Korea by the relevant agency. Consequently, it represents that the average energy consumption of electric power was 428.7MWh(65.7%), gas consumption for heating was 129.5MWh(19.8%), oil consumption was 84.6MWh(13.0%), district energy was 10.0MWh(1.5%) in nation after changing as unit 'kWh' only for comparison with every energy source. This result describes that consumption of electric power was large greatly and it reflects the expectation that it will climb the demand regarding this energy in the future. In additionally, it analyzed average energy consumption with 98.3kWh/m² by the unit area of air-conditioning and the district which has large energy consumption was Gyeonggi-do with 115.9kWh/m². Furthermore, it described the average energy consumption of 60.8kWh/m² by the unit area of floor area and the average energy consumption of a student analyzed with 1157.0kWh.

Keywords : 고등학교(High School), 학교시설(School Facilities), 에너지 사용량(Energy consumption),
에너지 원단위(Energy Consumption Unit), 통계분석(Statistical Analysis)

투고일자 : 2010년 7월 2일, 심사일자 : 2010년 7월 15일, 게재확정일자 : 2010년 8월 12일
교신저자 : 신우철(shinuc@dju.ac.kr)

1. 서 론

1.1 연구의 목적

전 세계는 지금 위급한 에너지 수급 상황을 인지하고 에너지절감 방안 모색, 대체에너지 개발에 박차를 가하고 있다. 전체 에너지 소비의 40%를 차지하는 건물에서도 에너지 절감 차원을 넘어 Zero Energy Building을 위해 다양한 노력이 경주되고 있으며, 건물에서의 에너지 절감 방안은 비단 오피스, 주거 건물에 국한되는 것이 아니라 교육시설에서도 활발한 연구가 진행되고 있다.

해외의 사례를 살펴보면, 미국의 DOE성에서는 고성능 교육시설 건립을 위해 25%의 원단위 절감을 실현한다는 에너지 효율 증대의 에너지 절약 가이드라인을 제시하여 정량적 절감 목표를 발표하였다.¹⁾

최근 근래 들어 국내의 교육시설은 기능향상과 환경개선을 목적으로 다양한 교육기자재 도입, 급식실 마련, 냉난방 설비의 확충으로 에너지 사용량이 꾸준히 증가하고 있다.

에너지 총조사 보고서²⁾에 따르면 2004년 평균 연면적당 전력사용량은 2001년 대비 14.0%가 증가하여 전력소비의 급속한 증가를 나타내고 있다. 공공부분 교육시설 연면적당 에너지 소비변화는 표 2와 같다.

표 1. 공공부분 교육시설 연면적당 에너지 소비변화

| 년도 | 199년 | 199년 | 199년 | 200년 | 200년 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 총에너지 (kWh/m ²) | 114.0 | 158.1 | 167.4 | 196.5 | 208.1 |
| 전력 (kWh/m ²) | 51 | 67 | 93 | 100 | 114 |

국내 전국 고등학교 교육시설의 에너지 절감 목표를 세우기 위해서는 선행적으로 고등학교 교육시설의 정량적인 에너지 사용량 파악이 선행되어야 한다.

교육시설에 대한 선행연구를 분석해 보면, 고등학교 시설에 대해 생애운명을 위한 에너지 사용량과 관리운영비를 조사하였으나 일부지역에 국한되어 분석하였고^[1], 학교 시설에서 에너지 사용량과 시간에 따른 사용패턴을 조사하였으나 하나의 대학시설에서 대해서만 연구하였다.^[3] 이처럼 현재까지 국내 고등학교 시설에 대한 전국 규모의 통계적 에너지 사용량과 지역별 비교, 최근에 제공되는 에너지 종류에 대한 연구는 이루어져 있지 않다. 따라서 본 연구의 최종 목표는 최근 2008년 한 해 동안 실제 사용된 전국 고등학교 교육시설의 실제 에너지 사용량을 수집하고 통계 분석을 통해 공급 에너지원 사용특성과 원단위에 따른 전체 에너지 사용량 비교 분석함으로써 고등학교 교육시설의 에너지 절약 목표를 구체화 할 수 있도록 다양한 방법으로 결과값을 제시하는 데 있다.

1.2 연구의 방법 및 절차

전국 16개 시도별 2,202개 고등학교에 대한 시설 일반사항과 2008년 한 해 동안 사용된 에너지사용량을 수집하였다.³⁾ 표 2는 대표적 분석항목을 나타낸 것이다.

표 2. 분석 항목 개요

| 구분 | 내용 |
|------------------------------------|---|
| 조사연도 | 2008 |
| 학교급 | 고등학교 |
| 조사도시 | 전국 16개 시도 |
| 설립연도 | 1985 ~ 2008 |
| 설립유형 | 국립, 공립, 사립 |
| 학생수 (명) | 10 ~ 2,270 |
| 학급수 (학급) | 3 ~ 60 |
| 제공 에너지 (kWh, m ³ , cal) | 일반전력, 심야전력, 난방용가스, 유류, 탄료, 집단에너지, 상수도 등 |

하나의 학교시설에 대해 63개 항목의 데이터를 제공 받아, 그 중에서 본 연구에 필요한

1) Advanced Energy Design Guide, DOE in USA, 2005

2) 에너지 총조사 보고서 2005, 에너지경제연구소

3) 교육통계데이터베이스, 한국교육개발원(2009)

29개의 데이터를 추출, 가공 처리하여 본 연구에 사용하였다.

2. 에너지 단위 변환

전국 고등학교 교육시설에 사용된 에너지원은 도시가스, 유류, 집단에너지, 전기(일반전력, 심야전력), 탄류가 있다. 이러한 다양한 에너지원을 비교, 분석하기 위해서는 하나의 단위 즉, kWh로 변환하였다. 전력의 경우 에너지원별 최종 사용량 비교를 위해 최종 공급량을 적용하여 분석하였으며, 2차 에너지를 기준으로 산정하였다.

본 연구의 단위변환은 에너지 관리공단 에너지열량환산기준 규정⁴⁾에 의거 발열량환산기준을 조사하여 적용하였다. 환산표는 표 3과 같으며, 단위변환 과정은 다음 식과 같다.

- * 가스 사용량⁵⁾(kWh) = 사용량(m³) × 발열량(kcal/Nm³) / 860kW/kcal
- * 유류 사용량⁶⁾(kWh) = 사용량(m³) × 1000L/m³ × 발열량(kcal/L) / 860kW/kcal
- * 집단 에너지 사용량(kWh) = 사용량(Gcal) × kcal/Gcal / 860kW/kcal
- * 전체 전기사용량(kWh) = 일반전력사용량(kWh) + 심야전력사용량(kWh)

표 3. 에너지 열량환산기준(에너지기본법 제5조 제1항)

| 에너지 종별 | 단 위 | 총발열량 | | 석유 환산계수 |
|-----------|-----------------|--------|-------|---------|
| | | kcal | MJ 환산 | |
| 보일러등유 | ℓ | 8.950 | 37.5 | 0.895 |
| 도시가스(LNG) | Nm ³ | 10.550 | 44.2 | 1.055 |

3. 에너지 종류별 사용량

3.1 전력 사용량

그림 1과 표 4는 전국 16개 시도별 고등학교

교육시설에서 연간 소비되는 전체 전력 사용량을 나타냈다.

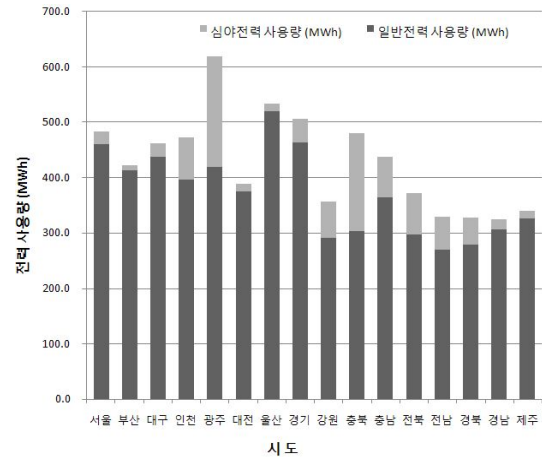


그림 1. 시도별 연간 평균 전체 전력사용량

표 4. 시도별 연간 평균 일반전력 및 심야전력 사용량

| 지역 | 일반전력 사용량 (MWh) | 심야전력 사용량 (MWh) | 지역 | 일반전력 사용량 (MWh) | 심야전력 사용량 (MWh) |
|----|----------------|----------------|----|----------------|----------------|
| 서울 | 460.9 | 22.3 | 강원 | 291.6 | 65.9 |
| 부산 | 412.6 | 9.3 | 충북 | 303.2 | 177.5 |
| 대구 | 438.4 | 23.4 | 충남 | 364.7 | 73.1 |
| 인천 | 395.9 | 76.5 | 전북 | 297.1 | 74.6 |
| 광주 | 419.2 | 200.7 | 전남 | 270.0 | 59.0 |
| 대전 | 374.5 | 14.8 | 경북 | 279.7 | 47.9 |
| 울산 | 520.3 | 13.7 | 경남 | 305.9 | 19.7 |
| 경기 | 463.7 | 43.3 | 제주 | 325.9 | 14.4 |

전국 시도별 고등학교 교육시설에서 소비된 전체 평균 전력량은 428.7MWh로 분석되었다. 일반전력 평균 사용량은 370.2MWh로 나타났고 심야전력 평균 사용량은 58.5MWh로 나타났다. 고등학교 교육시설의 전체전력 사용량에 대비 일반전력 사용량은 86.4%를 차지하고 있으며, 심야전력 사용량은 13.6%를 차지하고 있다. 전국 시도별 전체전력 소비량이 가장 많은 지역은 광주지역으로 619.9MWh를 사용했으며, 가장 적은 사용량을 나타낸 경남 지역은 325.6MWh를 소비하였다.

4) 에너지관리공단, 에너지이용합리화법 제5조 제1항
 5) 2003년 교육인적자원부 조사결과 교육시설은 94%가 도시가스를 사용한다고 발표, 따라서 메탄이 주성분인 LNG 발열량을 일괄 적용하였다.
 6) 유류 발열량은 난방용 보일러 등유를 기준

3.2 난방용 가스 사용량

그림 2는 전국 시도별 난방용 가스사용량을 나타내고 있다.

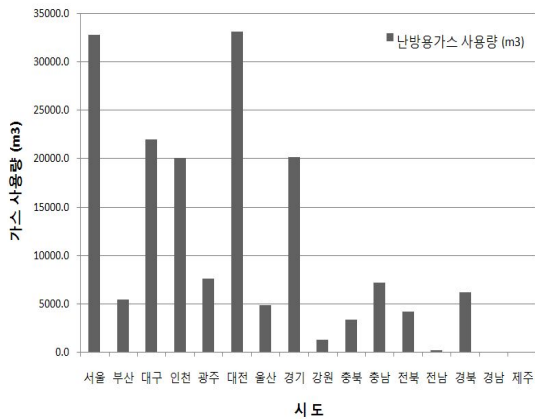


그림 2. 시도별 연간 평균 난방용가스 사용량

난방용가스 사용량은 전국 평균 10,555.6m³로 분석되었으며 이 결과는 중학교 교육시설 대비 178.2% 많은 소비량이다. 고등학교 교육시설에서 가장 많은 사용량을 나타낸 지역은 대전지역으로 33,096.3m³를 사용했으며, 가장 적은 지역은 경남지역으로 101.6m³를 사용하였다. 가스사용량의 지역 분포 분석 결과, 전체 가스사용량에 대한 수도권 및 광역시의 비중은 86.5%, 그 외 도시에서 13.5%를 차지하였다.

3.3 유류 사용량

그림 3은 전국 시도별 고등학교 교육시설의 유류 사용량을 나타내고 있다. 고등학교 교육시설에서 냉난방, 급탕, 취사용으로 소비되는 유류는 전국 평균 8.13m³를 사용하였다.

전국 시도에서 가장 많은 유류를 소비한 곳은 강원지역으로 18.61m³를 사용했으며, 가장 적은 소비량을 보인 곳은 대전지역으로 0.83m³를 사용하였다. 유류 사용량의 지역 분포를 살펴보면 전반적으로 수도권 및 광역시에서 사용량이 저조하다는 것을 알 수 있다.

이것은 가스사용량 지역분포와 대조되는 결과로서 수도권 및 광역시에서는 가스사용량이 많고, 그 외 중소도시에서는 유류 사용량이 많다는 사실을 알 수 있다.

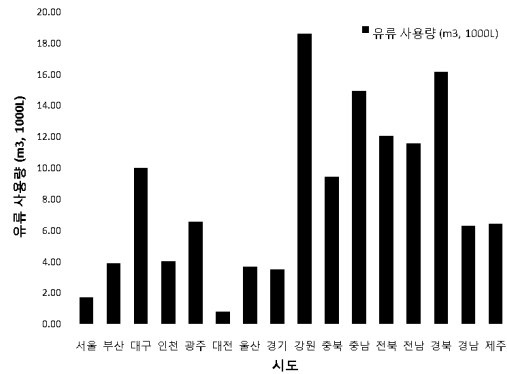


그림 3. 시도별 연간 평균 유류 사용량

3.4 집단에너지 사용량

그림 4는 전국 시도별 고등학교 교육시설에서 사용되는 집단에너지 사용량을 나타내고 있다.

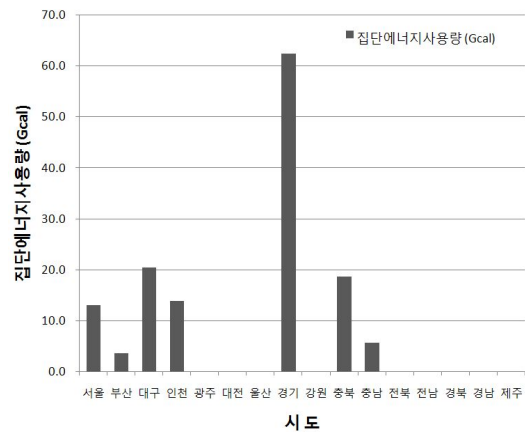


그림 4. 시도별 연간 평균 집단에너지 사용량

고등학교 교육시설에서 전국 평균 8.6Gcal의 집단에너지를 사용하였으며, 지역별 사용량 분포에서는 가장 많이 사용한 지역과 그렇지 않은 지역의 편차가 크게 발생했다.

3.5 시도별 전체에너지 사용량 성분별 비교

표 5와 그림 5는 전국 고등학교 교육시설에서 사용된 다양한 에너지원을 하나의 단위(MWh)로 변환하여 그 양을 종합해 나타냈다. 전국 전체 에너지 평균 사용량은 652.8MWh이며, 에너지 소비량이 가장 많은 지역은 서울지역으로 918.1MWh를 사용하였으며, 에너지 소비량이 적은 지역은 경남으로 392.7MWh를 사용하였다. 지역별 에너지 사용량을 비교해 볼 때 대체로 수도권 및 광역 대도시에서 사용량이 많았고, 그 외 중소도시에서 비교적 적은 것을 알 수 있다.

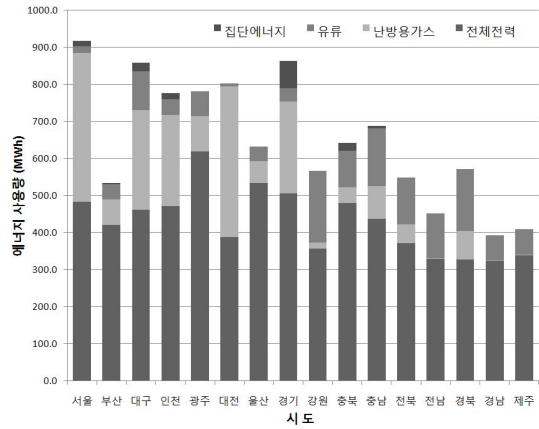


그림 5. 시도별 연간 평균 에너지 사용량 성분별 비교

표 5. 지역별 성분별 연간 에너지 사용량 (MWh)

| | 전체 전력 | 난방용 가스 | 유류 | 집단 에너지 | 전체 에너지 |
|----|--------|--------|--------|--------|---------|
| 서울 | 483.3 | 401.5 | 18.2 | 15.1 | 918.1 |
| 부산 | 422.0 | 67.5 | 40.9 | 4.2 | 534.6 |
| 대구 | 461.8 | 269.5 | 104.3 | 23.8 | 859.4 |
| 인천 | 472.4 | 245.8 | 42.0 | 16.0 | 776.3 |
| 광주 | 619.9 | 94.0 | 68.6 | 0.0 | 782.5 |
| 대전 | 389.3 | 406.0 | 8.6 | 0.0 | 804.0 |
| 울산 | 534.0 | 60.2 | 38.6 | 0.0 | 632.8 |
| 경기 | 507.0 | 247.1 | 36.9 | 72.6 | 863.5 |
| 강원 | 357.5 | 16.0 | 193.6 | 0.0 | 567.1 |
| 충북 | 480.8 | 41.8 | 98.6 | 21.7 | 642.9 |
| 충남 | 437.8 | 88.3 | 155.3 | 6.5 | 687.9 |
| 전북 | 371.7 | 51.7 | 125.7 | 0.0 | 549.1 |
| 전남 | 329.0 | 2.9 | 120.8 | 0.0 | 452.8 |
| 경북 | 327.5 | 76.8 | 168.2 | 0.0 | 572.5 |
| 경남 | 325.6 | 1.2 | 65.9 | 0.0 | 392.7 |
| 제주 | 340.2 | 1.5 | 67.3 | 0.0 | 409.0 |
| 합계 | 6859.8 | 2071.8 | 1353.5 | 159.9 | 10445.2 |
| 평균 | 428.7 | 129.5 | 84.6 | 10.0 | 652.8 |
| 비율 | 65.7% | 19.8% | 13.0% | 1.5% | 100.0% |

전체 에너지사용량 대비 전력 사용량이 차지하는 비율은 65.7%로 다양한 에너지원 중에서 사용량이 가장 많았다. 난방용가스 사용량과 유류사용량이 각각 19.8%, 13.0%로 그 다음을 이었으며, 집단에너지사용량은 1.5%로 가장 적은 비율을 차지하였다.

4. 원단위 에너지 사용량

4.1 단위 면적당 에너지사용량

(1)공조면적당 에너지사용량

공조면적은 각 학교별 냉난방을 실시하는 면적을 합산하여 산출하였으며, 전체에너지 사용량은 각종 에너지원을 하나의 단위로 변환, 종합하여 산정하였다.

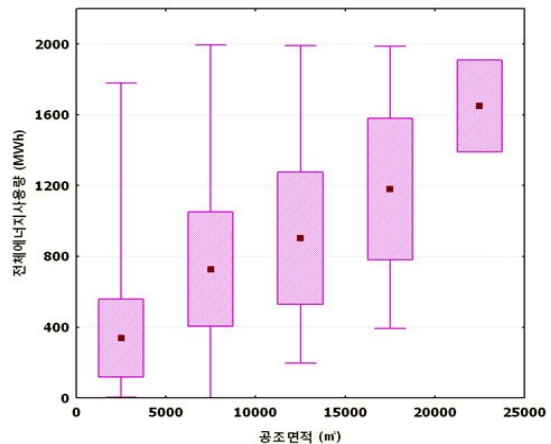


그림 6. 공조면적 증가에 따른 전체에너지사용량 변화

그림 6의 그래프에서 보는 것과 같이 고등학교 교육시설의 공조면적과 전체에너지 사용량은 선형적으로 비례하여 증가하고 있음

을 볼 수 있다. 그러나 증가되는 각 공조면적 구간마다 전체에너지사용량의 증가폭 편차가 다르게 발생하고 있다는 것을 알 수 있다. 공조면적이 2,500m²에서 7,500m²로 증가할 때 371.3MWh에서 691.3MWh로 86.2% 증가하여 가장 큰 변화를 나타냈다. 그 다음으로 공조면적이 12,500m²에서 17,500m²로 증가할 때 834.2MWh에서 1039.3MWh으로 24.6%로 증가했으며, 공조면적 7,500m²에서 12,500m²까지 증가할 때 20.7% 증가하여 가장 적은 증가폭을 나타냈다.

표 6과 그림 7은 전국 고등학교 교육시설에서 단위 공조면적 m²당 전체 에너지사용량을 나타낸 것으로서 전국 평균 공조면적당 에너지 사용량은 98.3kWh/m²로 나타났다.

표 6. 시도별 공조면적당 에너지 사용량 (kWh/m²)

| 지역 | 공조면적당 에너지 사용량 | 지역 | 공조면적당 에너지 사용량 |
|----|---------------|------|---------------|
| 서울 | 99.5 | 강원 | 92.2 |
| 부산 | 80.4 | 충북 | 98.6 |
| 대구 | 107.3 | 충남 | 103.3 |
| 인천 | 95.5 | 전북 | 96.3 |
| 광주 | 106.7 | 전남 | 95.0 |
| 대전 | 108.7 | 경북 | 102.8 |
| 울산 | 96.5 | 경남 | 91.3 |
| 경기 | 115.9 | 제주 | 82.9 |
| 평균 | | 98.3 | |

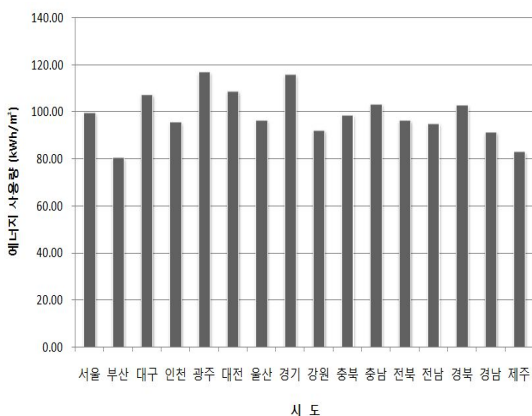


그림 7. 공조면적당 에너지 사용량 시도별 비교

표 7은 단위 공조면적 m²당 공급된 전체 에너지 사용량을 시도별 다양한 에너지원으로 나누어 분석했다. 공조면적당 평균 사용된 에너지원별 비율을 살펴보면 전력이 67.8%로 가장 많은 사용량을 나타내고 있어, 타 에너지원에 비해 월등히 높은 비율을 차지하고 있었다. 또한 이것은 앞으로 더 많은 소비량을 나타낼 것으로 예상하고 있다.

표 7. 에너지원별 공조면적당 사용량 비교 (kWh/m²)

| 지역 | 전체전력 | 가스 | 유류 | 집단에너지 |
|----|--------|-------|-------|-------|
| 서울 | 52.2 | 44.4 | 1.7 | 1.4 |
| 부산 | 65.9 | 4.3 | 6.1 | 4.1 |
| 대구 | 58.2 | 30.7 | 15.7 | 2.6 |
| 인천 | 60.3 | 27.5 | 5.7 | 2.0 |
| 광주 | 85.6 | 10.5 | 10.7 | 0.0 |
| 대전 | 49.5 | 53.7 | 5.9 | 0.0 |
| 울산 | 83.1 | 7.8 | 5.6 | 0.0 |
| 경기 | 66.9 | 29.1 | 5.2 | 13.2 |
| 강원 | 60.3 | 2.2 | 29.6 | 0.0 |
| 충북 | 75.5 | 5.5 | 14.3 | 3.3 |
| 충남 | 63.2 | 12.1 | 28.1 | 0.4 |
| 전북 | 66.2 | 3.4 | 27.2 | 0.0 |
| 전남 | 73.1 | 0.5 | 21.4 | 0.0 |
| 경북 | 62.1 | 6.3 | 33.3 | 0.9 |
| 경남 | 75.8 | 0.3 | 18.2 | 0.0 |
| 제주 | 70.2 | 0.2 | 12.5 | 0.0 |
| 전체 | 1068.1 | 238.4 | 241.1 | 28.0 |
| 평균 | 66.8 | 14.9 | 15.1 | 1.7 |

표 8. 시도별 단위 연면적당 에너지 사용량 (kWh/m²)

| 지역 | 연면적당 에너지 사용량 | 지역 | 연면적당 에너지 사용량 |
|----|--------------|------|--------------|
| 서울 | 74.5 | 강원 | 60.1 |
| 부산 | 45.8 | 충북 | 68.6 |
| 대구 | 65.2 | 충남 | 72.2 |
| 인천 | 67.3 | 전북 | 53.4 |
| 광주 | 66.0 | 전남 | 53.6 |
| 대전 | 73.7 | 경북 | 62.7 |
| 울산 | 49.3 | 경남 | 44.3 |
| 경기 | 79.7 | 제주 | 37.0 |
| 평균 | | 60.8 | |

(2) 연면적당 에너지 사용량

표 8은 전국 시도별 고등학교 교육시설의 단위 연면적 m²당 전체 에너지사용량을 나타

냈다. 시도별 연면적당 전체 에너지사용량은 전국 평균 60.8 kWh/m²로 나타났으며, 단위 연면적당 가장 많은 에너지를 소비하고 있는 지역은 경기지역으로 79.7kWh/m²를 사용했으며, 가장 적은 에너지를 소비한 제주지역은 37.0kWh/m²의 에너지를 사용하였다.

4.2 학생 및 학급당 에너지 사용량

(1) 학생 1인당 에너지 사용량

그림 8은 시도별 단위 학생수에 따른 전체 에너지사용량 변화를 나타냈다. 평균적으로 학생 1인당 1157.0kWh를 사용하였다. 학생당 가장 많이 에너지를 소비한 지역과 가장 적은 에너지를 소비한 지역은 각각 강원과 부산지역이며, 이 결과는 지역적 기후의 영향으로 기온차가 큰 동절기의 에너지 소비량에 기인하는 것으로 판단된다.

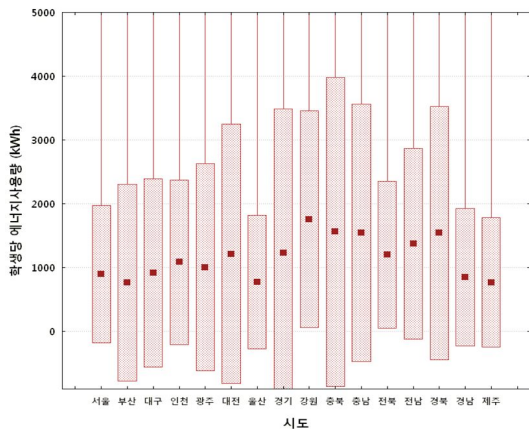


그림 8. 시도별 학생수당 전체에너지사용량 변화

(2) 1학급당 에너지 사용량

그림 9는 전국 고등학교 시설의 시도별 단위 학급수에 따른 전체 에너지사용량 변화를 나타냈다.

학급당 전체 에너지사용량 전국 평균은 31382.0kWh로 나타났으며, 이 결과는 중학교 교육시설에 비해 93.3% 많은 소비량이다.

지역별로 살펴보면 가장 많은 에너지를 소

비한 지역은 충남지역으로 40918.1kWh를 사용하였고, 가장 적은 에너지를 소비한 지역은 제주지역으로 21112.8kWh를 사용하였다.

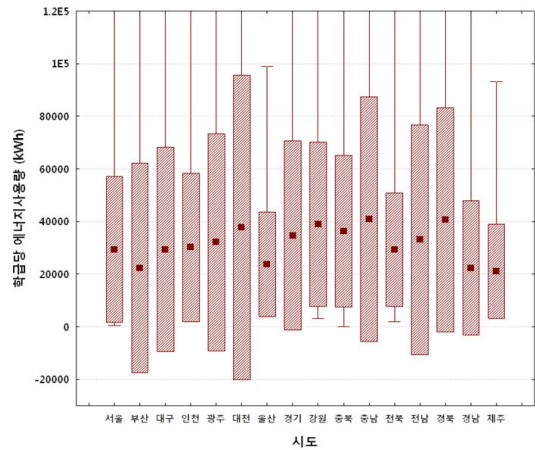


그림 9. 시도별 학급당 전체에너지사용량 변화

4.3 학교 설립유형별 에너지 사용량

그림 10은 고등학교 교육시설의 설립유형에 따른 전체에너지 사용량을 나타냈다.

평균적으로 국립교육시설에서 1241.2MWh를 소비하여 가장 많은 에너지를 사용했으며, 그 다음 공립, 사립 교육시설 순으로 각각 691.6MWh, 684.8MWh의 에너지를 사용하였다.

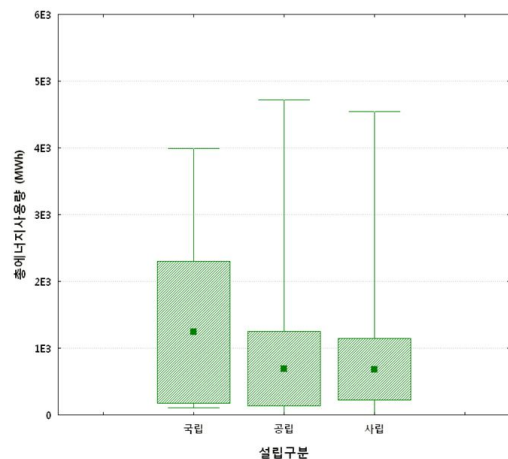


그림 10. 설립유형에 따른 전체에너지 사용량 변화

국립 교육시설의 평균에너지 사용량은 에너지 소비량이 적은 사립 교육시설 에너지소비량 대비 81.3% 많은 에너지를 소비하여 국립 교육시설의 에너지지 절약에 노력을 기울여야 할 것으로 사료된다.

5. 결 론

전국 고등학교 교육시설에서 사용된 에너지 사용량을 요약해 보면 아래와 같다.

- (1) 다양한 에너지원을 하나의 단위로 변환하여 종합해 보았을 때 에너지 소비 비율은 전력이 65.7%, 난방용가스가 19.8%, 유류가 13.0%, 집단에너지가 1.5%를 차지했다.
- (2) 원단위에 따른 에너지 사용량 분석에서 공조면적당 에너지 사용량은 전국 평균 98.3kWh/m²를 소비하였고, 연면적당 에너지 사용량은 전국 평균 60.8kWh/m²이며, 건축면적당 에너지 사용량은 전국 평균 186.1kWh/m²로 나타났다.

학생 1인당 에너지 사용량의 전국 평균은 1157.0kW이며, 1학년당 에너지 사용량 전국 평균은 31382.0kWh로 분석되었다.

학교 설립유형별 에너지 사용량 변화에서 국립 교육시설에서 평균 1241.2MWh로 가장 많은 에너지를 사용하고 있었고 공립, 사립 교육시설에서 각각 691.6MWh, 684.8MWh를 소비하였다.

본 연구를 통해 도출된 결과는 전국 고등학교 교육시설의 에너지절감 목표설정을 수립하는데 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김영구, 이재림, 초·중등 교육시설의 유지관리비 분석 - 인천광역시 초·중등학교를 중심으로-, 2009

2. 한국교육개발원, 제로에너지·생태학교 모형개발 연구, 2008
3. 홍원화, 이춘미, 김주영, 조 수, 종합대학의 에너지소비원단위 작성에 관한 연구, 2008
4. 건설기술연구소, 친환경 교육시설 모형개발 연구(1,2), 2007
5. 조두상, 홍원화, 이상홍, 학교건축물의 에너지소비 원단위화에 관한 연구, 2002
6. U.S. Green Building Council, U.S. Department of Energy, K-12 School Buildings Achieving 30% Energy Savings Toward a Net Zero Energy Building American, 2008
7. Contributed by the editors of AIArchitect and AIA Knowledge Resources Staff, Energy Design Guidelines for High Performance Schools, 2007
8. Energy Information Administration(EIA) in US , World Energy Projections Plus 2009, 2009
9. 文教施設企畫部、環境を考慮した學校施設(エコスクール)の今後の推進方策について、2009