

# 지역별 초·중등학교의 물리적 특성에 따른 에너지 사용량 분석

## Analysis of Energy Usage Quantity According to Physical Characteristics of Elementary, Middle, and High School of Each Regions

류 한 국\*

Ryu, Han-Guk

### Abstract

School facilities are one of the important educational requirements, and it is necessary to maintain safe and sustainable for the ongoing educational environment. For this reason, educational government department have an effort to produce school facilities that have become safe, comfort, convenient and high-quality. There are many methods to improve existing buildings and build new schools by energy efficient technology.

Even though educational environment of school facilities are improved by the efforts, the energy consumption has a huge increase. Energy is a major budget item for schools. The accurate estimation of energy cost is critical for effective budgeting and financing for the school facility maintenance. Accurate energy cost estimation also allow for a anticipatable LCC (Life Cycle Cost) of new school facilities.

In this study, in order to produce a basic information about the present energy usage status in domestic school facilities, energy usage quantity<sup>ㄱ</sup> is regionally analysed according to physical characteristics of elementary, middle, and high school facilities. Those results will give a chance to see deeply the pros and cons of energy usage each regional school facilities.

키워드 : 학교시설물, 에너지 사용, 에너지 분석, 지역, 생애주기비용

Keywords : school facilities, energy usage, energy analysis, region, life cycle cost

### 1. 서론

국내 학교시설은 교육 환경 개선 등으로 학습공간의 쾌적성과 편의성이 개선되었으나 에너지 사용량은 급증하였다. 미국에서도 마찬가지로 학교시설물의 에너지사용량은 1990년에서 2000년 사이에 17%가 증가하였고 특히 전기의 사용량은 25%나 증가하였다.(NCES 2003) 서방을 비롯한 우리나라도 블랙아웃 등으로 매년 여름에 부족한 전기로 어려움을 겪고 있다. (Joskow 2002, 경기도교육청 2013) 학교 건축물

에서 전기는 냉난방공조와 조명 등에 사용된다. 최근 이상기온 현상으로 냉난방기 가동시간이 증가되고, 체육관, 급식시설확충, 교구기자재 현대화 등으로 전기부하가 증가하고 이에 따른 전기요금 과다로 인하여 학교기본운영비가 부족하다.(경기도교육청, 2013)

학교의 경과연수에 따라 노후도가 다를 것이며 에너지 사용기기의 노후, 대체에너지 적용 미흡 등 지역별로 에너지 사용량에 대한 기준이 상이할 것이다. 제로에너지 학교시설을 구현하기 위해서는 현재의 에너지사용량을 파악하고 개선 방안을 모색해야 한다. 즉, 어느 학교시설에 대하여 우선 개선하여야 할지를 파악하는 것은 기본적으로 수행되어야 한다.

에너지 사용과 관련하여 지난 10년 동안 지속적으로 전기와 가스 사용량을 억제하고자 노력하고 있으나 정확한 현재의 정보 분석과 이에 대한 구체

\* 창원대학교 건축공학과, 교수, 공학박사

(교신저자 : hgryu@changwon.ac.kr)

※ 이 논문은 2015~2016년도 창원대학교 자율연구과제 연구비 지원으로 수행된 연구결과임”

적인 에너지 절감을 위한 실현 방안은 다소 부족하다. 이에 본 연구는 지역별 초중등학교의 물리적 특성에 따른 에너지 사용량을 분석하는 것이 목적이다.

본 연구의 절차는 다음과 같다. 1) 학교에너지와 학교시설의 중요성에 대한 연구를 파악하고 2) 2014년도 기준 초중등학교의 지역별 학교수, 학생수, 학급수, 학급원수 등의 개황을 파악한다. 3) 지역별 학교의 에너지 절감을 위한 기본적인 현황 파악하기 위하여 2015 교육통계연보와 기상청 정보를 바탕으로 초중등학교의 물리적 특성(학교수, 학생수, 학급수, 학급원수 등)과 지역별 온도를 파악한다. 4) 초중등 학교시설물의 물리적 특성에 기반하여 지역별 에너지 사용의 특징을 파악한다. 즉, 학교 건축물의 전기 에너지 사용량을 일반고등학교수

대비 학교수, 학교당 학생수, 학급당 학생수, 일반고등학교 대비 학교수와 학생수 비율, 지역별 여건 등을 고려하여 지역별, 학교급별로 에너지사용량을 분석하고 시사점을 도출하고자 한다.

## II. 예비적 고찰

학교 에너지와 관련하여서 다양한 연구가 진행되고 있다. 에너지원에 대한 분석(김태우외2인 2012), 에너지 사용실태 분석(김강식의 3인 2011, 윤종호외 4인 2010)과 학교시설에 대해 생애운영을 위한 에너지사용량과 관리운영을 일부지역에 국한하여 분석(김영구, 이재림 2009)하였으나 전국의 학교 시설을 바탕으로 지역별로 구체적인 에너지사용에 대한

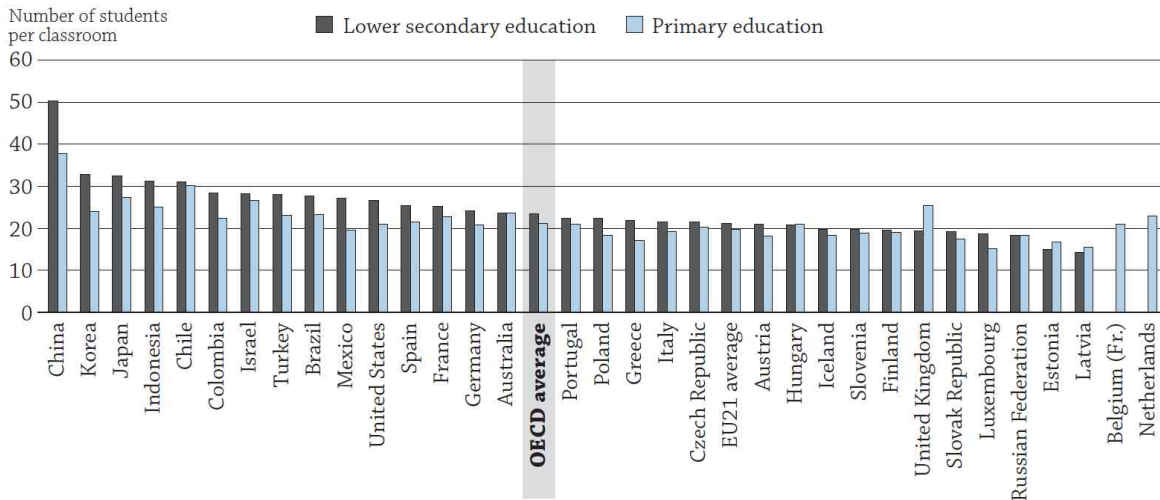


그림 1. OECD 국가의 초중등학교 학급의 평균 학생수  
(출처: Education at a glance 2015: OECD Indicators, p.416, OECD 2015)

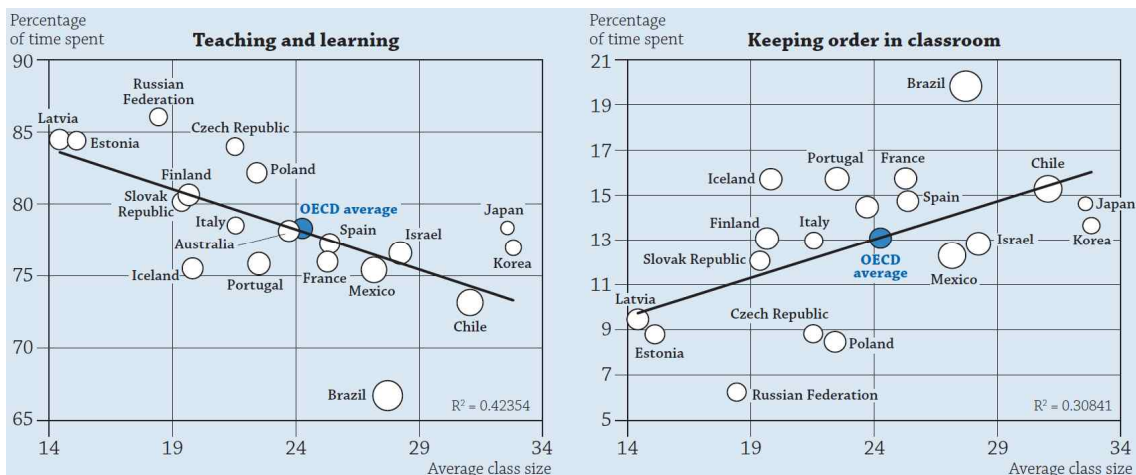


그림 2. OECD 국가의 중등학교 교육에서 학급의 평균 학생수와 교육시간과의 관계  
(출처: Education at a glance 2015: OECD Indicators, p.419, OECD 2015)

분석은 다소 부족하다.

그림 1과 같이 OECD 국가들의 평균 초등학교 학급인원은 21명이며 중등학교는 24명이며 한국은 OECD 평균보다 많은 학급수를 보이며 초등학교의 선생님당 학생수는 15명이다. 적은 학급인원은 높은 교육의 질을 확보하기가 유리하다.

학급의 평균 학생수와 교육시간은 부의 상관관계를 나타내고 학생들의 교육 질서를 확보하는 데 사용되는 시간은 정의 상관관계를 나타낸다. 또한 그림 2에서 원형의 크기는 10%이상의 학생들이 학습 행동상의 문제가 있는 정도를 나타낸다. 교육과 학습시간에 소요되는 시간은 효과적인 교육환경을 위하여 중요한 요인임을 알 수 있다. 학생수가 적으면 선생님들의 행정적인 업무도 줄어들게 된다. 이는 선생님들이 직업만족도와 자긍심이 높아지게 되고 교육과 학습에 더 많은 시간을 할애할 수 있다.

이와 같이 학생들이 교육의 질을 높이고 선생님들의 직업만족도와 자긍심을 높이기 위하여 학생 1인당 면적을 높이고 학생수를 줄이는 것은 교육 복지적 측면에서 바람직할 것이다.

이러한 교육시설의 성능을 높이기 위하여 매년 증가되는 학교에너지의 소비 특성을 감안하여 최대한 효과를 이룰 수 있도록 장기적인 관점에서 에너지 절감 계획을 수립하여야 할 것이다. 본 연구는 이를 위한 기초적인 정보를 제공하기 위한 연구로써 전국의 초중등학교 시설의 에너지의 사용 현황을 지역별 학급당, 교실당 전기 사용량을 분석한다.

### III. 초·중등학교의 개황

2014년도 기준 전국의 초중등 학교수는 10,719개교로 초등학교가 5,978개, 중학교가 3,204개, 일반고등학교가 1,537개이다. 경기도가 2,178개, 서울이 1,167개로 가장 많다. 전국의 일반 고등학교수 대비 초중등학교수의 평균 비율을 살펴보면, 초등학교가 3.9배, 중학교가 2.1배이다. 일반 고등학교수에 비하여 높은 초중등학교수의 비율을 나타내는 지역은 충북(5.7배), 충남(5.6배), 제주(5.3배), 전남(5.1배)이며 낮은 초중등학교수의 비율을 나타내는 지역은 인천(3.1배), 광주(3.2배), 울산(3.2배), 경기(3.4배)이다.

일반 고등학교수에 비하여 높은 중학교수의 비율을 나타내는 지역은 전남(3.0배), 충북(2.8배), 충남(2.6배), 대구(2.5배)이며 낮은 중학교수의 비율을 나

타내는 지역은 인천(1.7배), 울산(1.7배), 경기(1.7배), 광주(1.9배)이다.(그림 3. 참조)

표 1. 2014년 기준 지역별 초중등학교의 학교수, 학생수, 학급원 현황 비교

지역	초			중			고		
	학교수 (개)	학생수 (명)	학급원 (명)	학교수 (개)	학생수 (명)	학급원 (명)	학교수 (개)	학생수 (명)	학급원 (명)
전국	5,978	2,714,610	22.61	3,204	1,585,951	28.91	1,537	1,278,008	31.31
	3.9	2.1	0.7	2.1	1.2	0.9	1.0	1.0	1.0
서울	599	450,675	24.00	384	263,466	28.49	184	204,931	31.80
	3.3	2.2	0.8	2.1	1.3	0.9	1.0	1.0	1.0
부산	306	154,283	21.84	172	95,020	28.00	81	68,119	29.88
	3.8	2.3	0.7	2.1	1.4	0.9	1.0	1.0	1.0
대구	221	129,583	22.26	124	80,982	28.63	50	56,869	32.63
	4.4	2.3	0.7	2.5	1.4	0.9	1.0	1.0	1.0
인천	243	157,099	23.26	134	89,337	30.49	79	67,867	29.95
	3.1	2.3	0.8	1.7	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0
광주	153	91,862	22.83	89	56,563	30.10	48	49,446	34.92
	3.2	1.9	0.7	1.9	1.1	0.9	1.0	1.0	1.0
대전	146	89,464	22.38	88	52,215	29.92	37	37,402	33.13
	3.9	2.4	0.7	2.4	1.4	0.9	1.0	1.0	1.0
울산	119	66,134	22.91	62	39,040	28.52	37	32,796	32.38
	3.2	2.0	0.7	1.7	1.2	0.9	1.0	1.0	1.0
세종	35	13,353	19.87	17	5,901	20.85	9	3,657	23.59
	3.9	3.7	0.8	1.9	1.6	0.9	1.0	1.0	1.0
경기	1,213	733,359	25.31	613	409,810	30.71	352	361,396	31.60
	3.4	2.0	0.8	1.7	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
강원	351	78,414	18.06	162	48,073	26.62	86	43,264	30.86
	4.1	1.8	0.6	1.9	1.1	0.9	1.0	1.0	1.0
충북	260	85,290	20.12	128	50,707	27.50	46	34,312	32.46
	5.7	2.5	0.6	2.8	1.5	0.8	1.0	1.0	1.0
충남	405	115,484	20.70	186	65,223	28.20	72	52,442	31.90
	5.6	2.2	0.6	2.6	1.2	0.9	1.0	1.0	1.0
전북	415	100,260	19.50	209	62,444	28.75	94	52,137	29.62
	4.4	1.9	0.7	2.2	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
전남	426	94,368	18.72	250	58,806	26.28	83	41,564	29.35
	5.1	2.3	0.6	3.0	1.4	0.9	1.0	1.0	1.0
경북	476	129,743	20.58	275	77,581	25.77	121	61,443	28.41
	3.9	2.1	0.7	2.3	1.3	0.9	1.0	1.0	1.0
경남	498	187,075	21.50	266	108,732	29.18	137	92,447	31.12
	3.6	2.0	0.7	1.9	1.2	0.9	1.0	1.0	1.0
제주	112	38,164	21.95	45	22,051	30.46	21	17,916	34.45
	5.3	2.1	0.6	2.1	1.2	0.9	1.0	1.0	1.0

※ 출처: 2015 교육통계연보에 필요한 통계를 추출하여 재산정함, 지역의 아래칸은 고등학교 대비 비율을 의미함(예, 서울의 초중등학교 학교수는 고등학교수에 비하여 3.9배임)

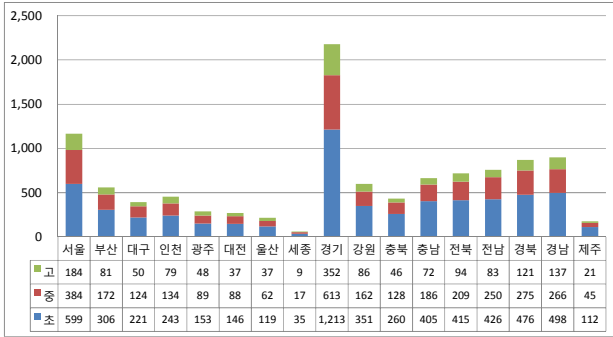


그림 3. 지역별 초중등학교 수

2014년도 기준 전국의 초중등 학생수는 5,578,569 명으로 초등학생수가 2,714,610명, 중학생수가 1,585,951명, 일반 고등학생수가 1,278,008명이다. 경기도가 1,504,565명, 서울이 919,072명으로 많고 제주가 78,131명으로 가장 적다.(그림 4와 표 1. 참조)

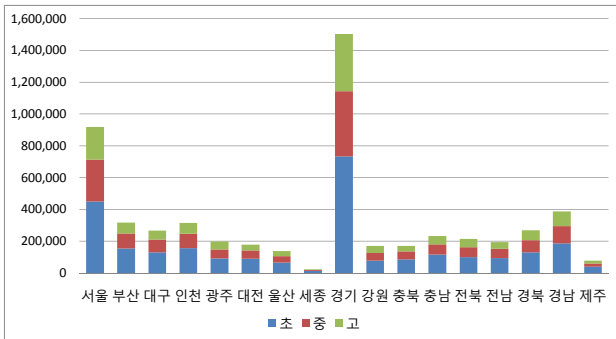


그림 4. 지역별 초중등학생수

전국의 학교당 평균 학생수는 초등학교는 454명, 중학교는 495명, 고등학교는 831명이다. 지역별로 살펴보면, 초등학교의 경우 서울 752명, 인천 646명, 대전 613명으로 많고 전남 222명, 강원 223명, 전북 242명으로 적다. 중학교의 경우 서울 686명, 경기 669명, 인천 667명으로 많고 전남 235명, 경북 282명, 강원 297명으로 적다. 고등학교의 경우 대구 1,137명, 서울 1,114명, 광주 1,030명으로 많고 세종 406명, 전남 501명, 강원 503명으로 적다.

전국의 평균 학급원(학급당 학생수)을 살펴보면, 초등학교는 22.6명, 중학교는 28.9명, 고등학교는 31.3명으로 낮은 학교급으로 갈수록 낮아지는 것을 알 수 있다. 지역별로 살펴보면, 초등학교는 강원(18.1명), 전남(18.7명), 전북(19.5명)이 낮으며 서울(24명), 인천(23.3명), 세종(19.9명)은 높다. 중학교는 세종(20.9명), 경북(25.7명), 전남(26.3명)이 낮고 경기(30.7명), 인천(30.5명)이 높다. 고등학교는 세종

(23.6명), 경북(28.4명), 전남(29.4명), 전북(29.6명)이 낮고 광주(34.9명), 제주(34.5명), 대전(33.1명), 대구(32.6명)가 높다.

고등학교 학급원 대비 전국 초등학교의 학급원 평균은 0.7배이며 강원, 충북, 충남, 전남, 제주로 고등학교 학급원 대비 0.6배이며 서울, 인천, 세종, 경기는 0.8배이다.(그림 5와 표 1 참조)

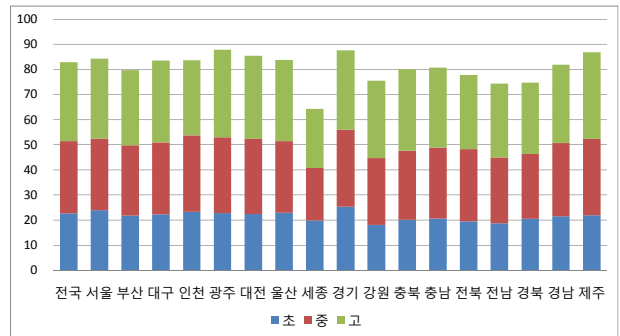


그림 5. 지역별 초중등학교의 학급당 인원

전국의 일반 고등학생수 대비 초등학생수의 평균 비율은 초등학생수가 2.1배, 중학생수가 1.2배이다. 지역별로 일반 고등학생수 대비 초등학생수의 비율을 살펴보면, 세종(3.7배), 충북(2.5배), 대전(2.4배)로 높고 강원(1.8배), 광주(1.9배), 전북(1.9배)로 낮다.

일반 고등학생수 대비 중학생수의 비율을 살펴보면, 세종(1.6배), 충북(1.5배), 대전(1.4배), 부산(1.4배), 대구(1.4배), 전남(1.4배)이 높고 광주(1.1배), 경기(1.1배)이 낮다.

일반 고등학교 대비 학교수와 학생수의 비율(일반고 대비 학교수/일반고 대비 학생수)을 살펴보면, 초등학교는 충남(2.6배), 제주(2.5배), 강원(2.3배), 충북(2.3배), 전북(2.3배), 전남(2.3배)으로 높고 세종(1.1배), 인천(1.3배), 서울(1.5배)이 낮다. 따라서 충남, 제주, 강원, 충북, 전북, 전남지역은 초등학생수에 비하여 학교수가 전국 평균보다 많고 학교당 학생수가 적음을 알 수 있으며 반대로 세종, 인천, 서울은 초등학생수에 비하여 학교수가 전국 평균보다 적고 학교당 학생수가 많음을 알 수 있다. 중학교는 충남(2.1배), 전남(2.1배), 충북(1.9배), 전북(1.9배)이 높고 세종(1.2배), 인천(1.3배), 울산(1.4배) 부산(1.5배)이 낮다. 따라서 충남, 전남, 충북, 전북지역은 중학생수에 비하여 학교수가 상대적으로 많고 학교당 학생수가 적음을 알 수 있으며 반대로 세종, 인천, 울산, 부산은 학생수에 비하여 학교수가 상대적으로 적고 학교당 학생수가 많음을 알 수 있다.

#### IV. 초·중등학교의 지역별 전기에너지 사용량 분석

##### IV-1. 초·중등학교의 학생당 전기사용량 분석

전국 초·중등학교의 학생당 평균 전기사용량은 초등학교는 498.9kWh, 중학교 441.6kWh, 고등학교 659.9kWh로 고등학교, 초등학교, 중학교 순으로 많이 사용한다. 고등학교 대비 비율로 살펴보면 초등학교가 0.8배, 중학교가 0.7배 사용한다.(그림 6 참조)

초등학생당 전기사용량을 지역별로 살펴보면, 강원(815.2kWh), 충북(686.6kWh), 전북(684.1kWh), 전남(658kWh), 세종(589.3kWh)이 높고 대구(382.8kWh), 제주(400.4kWh), 경기(432.2kWh), 경남(441.1kWh)이 낮다. 중학생당 전기사용량을 지역별로 살펴보면, 충북(625.6kWh), 전남(570.0kWh), 세종(543.5kWh), 전북(527.8kWh)이 높고 대구(357.1kWh), 울산(386.5kWh), 대전(387.4kWh)이 낮다. 고등학생당 전기사용량을 지역별로 살펴보면, 경북(1,058.7kWh), 전남(1,032.7kWh), 세종(1,026.0kWh), 강원(1,019.6kWh), 전북(1,016kWh)이 높고 대전(501.1kWh), 제주(504.5kWh)이 낮다.

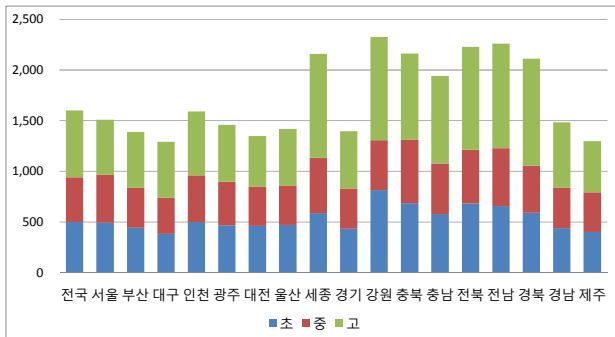


그림 6. 지역별 초·중·고등학교의 학생당 전기사용량 분석

표 2의 지역별 온도를 감안하여 상대적인 학생당 전기 에너지 사용정도를 파악하기 위하여, 전국 평균 고등학교 대비 평균 초등학교 에너지 사용 비율(0.8배)로 비교하면, 서울(0.9배), 대전(0.9배)이 높고 세종(0.6배), 전남(0.6배), 경북(0.6배)이 낮다. 평균 중학교 에너지 사용 비율(0.7배)로 비교하면, 서울(0.9배), 광주(0.8배), 대전(0.8배), 제주(0.8배)가 높고 경북(0.4배), 세종(0.5배), 강원(0.5배), 전북(0.5배)이 낮다.

따라서 지역별 온도를 감안하면 고등학교 대비 초등학생과 중학생들의 학생당 전기사용량이 높은 지역은 서울, 대전, 광주가 높으므로 이들 지역에

대한 초등학교와 중학교의 에너지사용량 절감을 위한 노력이 필요하다. 또한 절대적인 학생당 에너지 사용량이 높은 지역은 세종, 강원, 충북, 전북, 전남 지역으로 이들 지역을 우선순위를 두어 에너지 절감 노력을 수행한다면 타지역에 비하여 높은 성과를 달성할 수 있을 것이다.

표 2. 2014년 기준 지역별 최고 평균기온, 평균기온, 최적평균기온 비교

지역	평균		최고 평균		최저 평균		최고-최저 평균	
	기온 (°C)	순위	기온 (°C)	순위	기온 (°C)	순위	기온 (°C)	순위
서울	13.4	7	18.3	13	9.3	8	9.0	12
부산	15.1	16	19.2	6	12.0	16	7.2	15
대구	14.9	14	20.2	1	10.5	12	9.7	9
인천	12.8	3	16.5	17	9.6	10	6.9	16
광주	14.3	12	19.7	3	10.0	11	9.7	9
대전	13.4	7	18.9	9	8.8	6	10.1	6
울산	14.7	13	19.7	3	10.6	13	9.1	11
세종	13.1	5	18.3	14	8.4	4	9.9	7
경기	13.1	6	18.6	12	8.5	5	10.1	5
강원	12.1	1	18.0	16	7.0	1	11.0	3
충북	13.9	9	19.1	7	9.4	9	9.7	8
충남	12.8	3	18.7	10	7.6	3	11.1	2
경북	12.5	2	18.7	10	7.1	2	11.6	1
경남	14.9	14	19.6	5	11.1	15	8.5	13
전북	13.9	9	19.8	2	9.0	7	10.8	4
전남	13.9	9	18.1	15	10.6	13	7.5	14
제주	16.2	17	19.1	7	13.6	17	5.5	17

※ 출처: 기상청, 지상기상통계에서 발췌하고 세종시는 기상청 지상기상통계에 세종시에 대한 기온통계가 없으므로 2014 세종시 통계연보에서 발췌함 ([http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=141&tblId=DT\\_14102\\_B001&conn\\_path=I3](http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=141&tblId=DT_14102_B001&conn_path=I3))

※ 평균기온은 8회 관측값(03, 06, 09, 12, 15, 18, 21, 24시)을 평균, 최고 평균기온은 00시~24시중 가장 높았던 기온을 평균, 최저 평균기온은 00시~24시중 가장 낮았던 기온을 평균으로 함. 평균기온과 최저기온은 가장 낮은 온도의 지역이 1 순위, 최고기온과 기온차이는 가장 높은 온도의 지역을 1순위로 함

##### IV-2. 초·중등학교의 학급당 전기사용량 분석

학급당 전기사용량은 학생들이 배정된 학급에 대한 전기사용량을 의미하고 교실당 전기사용량은 학

급을 포함하여 특별 교실, 미술교실 등 모든 실들을 포함한 교실들의 전기사용량을 의미한다. 전국 초·중·고등학교의 학급당 평균 전기사용량은 초등학교는 11,281kWh, 중학교 12,769kWh, 고등학교 20,661kWh로 고등학교, 중학교, 초등학교 순으로 많이 사용한다. 고등학교 대비 비율로 살펴보면 초등학교가 0.5배, 중학교가 0.6배 사용한다.(그림 7 참조)

초등학교의 학급당 전기사용량을 지역별로 살펴보면, 강원(14,722kWh), 충북(13,812kWh), 전북(13,339kWh), 전남(12,329kWh), 경북(12,165kWh), 충남(12,000kWh)이 높은 사용량을 나타내며, 대구(8,521kWh), 제주(8,786kWh), 경남(9,482kWh), 부산(9,694kWh)이 낮은 사용량을 나타낸다.

중학교의 학급당 전기사용량을 지역별로 살펴보면, 충북(17,202kWh), 전북(15,175kWh), 전남(14,977kWh), 인천(14,063kWh), 충남(14,046kWh), 강원(13,097kWh)이 높은 사용량을 나타내며, 대구(10,221kWh), 부산(11,008kWh), 울산(11,023kWh)이 낮은 사용량을 나타낸다.

고등학교의 학급당 전기사용량을 지역별로 살펴보면, 강원(31,464kWh), 전남(30,313kWh), 전북(30,096kWh), 경북(30,073kWh), 충북(27,667kWh), 충남(27,509kWh)이 높은 사용량을 나타내며, 부산(16,550kWh), 대전(16,601kWh)이 낮은 사용량을 나타낸다.

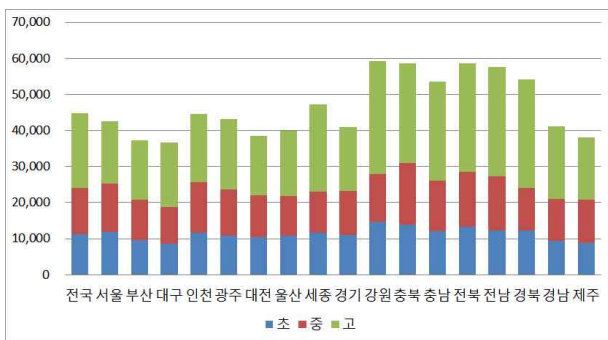


그림 7. 지역별 초·중·고등학교의 학급당 전기사용량 분석

지역별 온도를 감안하여 상대적인 학급당 전기 에너지 사용정도를 파악하기 위하여, 전국 평균 고등학교 대비 평균 초·중·고등학교 학급당 에너지 사용 비율(0.5배)로 비교하면, 서울(0.7배)이 높고 충남(0.4배), 전북(0.4배), 전남(0.4배), 경북(0.4배)이 낮다. 평균 중학교 학급당 에너지 사용 비율(0.6배)로 비교하면, 서울(0.8배)이 높고 강원(0.4배), 경북(0.4배),

충남(0.5배), 전북(0.5배), 전남(0.5배), 세종(0.5배)이 낮다.

따라서 지역별 온도를 감안하면 고등학교 대비 초·중·고등학교 학생들의 학급당 전기사용량이 높은 지역은 서울이 높으므로 서울의 초·중·고등학교의 에너지사용량 절감을 위한 노력이 필요하다. 또한 절대적인 학급당 에너지 사용량이 높은 지역은 강원, 충북, 충남, 전북, 전남 지역으로 이들 지역을 우선순위를 두어 에너지 절감 노력을 수행한다면 타지역에 비하여 높은 성과를 달성할 수 있을 것이다.

#### IV-3. 초·중·고등학교의 교실당 전기사용량 분석

전국 초·중·고등학교의 교실당 평균 전기사용량은 초·중·고등학교는 8,258kWh, 중학교 8,123kWh, 고등학교 13,813kWh로 고등학교, 초·중·고등학교 순으로 많이 사용한다. 고등학교 대비 비율로 살펴보면 초·중·고등학교와 중학교가 0.6배 사용한다.(그림 8 참조)

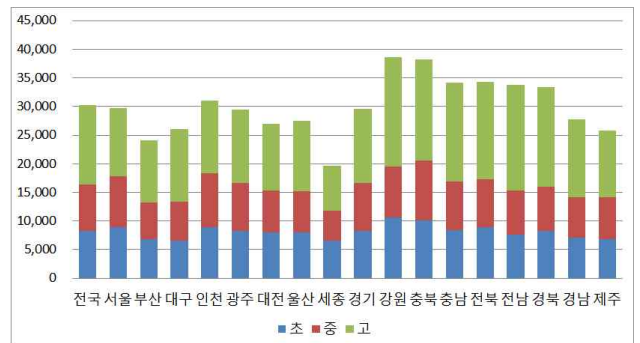


그림 8. 지역별 초·중·고등학교의 교실당 전기사용량 분석

초·중·고등학교의 교실당 전기사용량을 지역별로 살펴보면, 강원(10,677kWh), 충북(10,137kWh)이 높은 사용량을 나타내며, 대구(6,512kWh), 세종(6,558kWh), 부산(6,767kWh), 제주(6,882kWh)이 낮은 사용량을 나타낸다.

중학교의 교실당 전기사용량을 지역별로 살펴보면, 충북(10,448kWh), 강원(9,477kWh)이 높은 사용량을 나타내며, 세종(5,206kWh), 부산(6,436kWh), 대구(6,851kWh)가 낮은 사용량을 나타낸다.

고등학교의 교실당 전기사용량을 지역별로 살펴보면, 강원(19,047kWh), 전남(18,478kWh), 충북(17,596kWh), 경북(17,458kWh), 충남(17,248kWh)이 높은 사용량을 나타내며, 세종(7,849kWh), 부산

(10,912kWh), 대전(11,562kWh), 제주(11,618kWh)가 낮은 사용량을 나타낸다.

지역별 온도를 감안하여 상대적인 교실당 전기 에너지 사용정도를 파악하기 위하여, 전국 평균 고등학교 대비 평균 초등학교 교실당 에너지 사용 비율(0.6배)로 비교하면, 서울(0.8배), 세종(0.8배)이 높고 전남(0.4배)이 낮다. 평균 중학교 교실당 에너지 사용 비율(0.6배)로 비교하면, 서울(0.7배), 인천(0.7배), 세종(0.7배)이 높고 전남(0.4배), 경북(0.4배)이 낮다.

따라서 지역별 온도를 감안하면 고등학교 대비 초등학생과 중학생들의 교실당 전기사용량이 높은 지역은 서울과 세종이 높으므로 이들 지역의 초등학교와 중학교의 에너지사용량 절감을 위한 노력이 필요하다. 또한 절대적인 교실당 에너지 사용량이 높은 지역은 강원, 충북 지역으로 이들 지역을 우선순위를 두어 에너지 절감 노력을 수행한다면 타지역에 비하여 높은 성과를 달성할 수 있을 것이다.

#### IV-4. 초·중등학교의 냉난방면적당 전기사용량 분석

초중등학교의 냉난방면적당(m<sup>2</sup>) 전기사용량 분석을 위하여 난방을 하는 교실은 냉방도 사용하므로 난방(개별, 중앙, 지역)의 면적이 냉방면적과 같다고 판단하고 분석하였다. 전국 초중등학교의 냉난방면적당 평균 전기사용량은 초등학교는 44.7kWh, 중학교 44.9kWh, 고등학교 66.1kWh로 고등학교, 중학교, 초등학교 순으로 많이 사용한다. 고등학교 대비 비율로 살펴보면 초등학교와 중학교가 0.7배 사용한다.(그림 9 참조)

초등학교의 냉난방면적당 전기사용량을 지역별로 살펴보면, 강원(55.5kWh), 인천(55.4kWh), 충북(53.9kWh), 서울(51.4kWh), 전북(50.2kWh)이 높은 사용량을 나타내며, 광주(17.5kWh), 세종(34.1kWh), 대구(39.5kWh)가 낮은 사용량을 나타낸다.

중학교의 냉난방면적당 전기사용량을 지역별로 살펴보면, 인천(53.0kWh), 충북(52.3kWh), 강원(51.4kWh)이 높은 사용량을 나타내며, 세종(29.3kWh)이 낮은 사용량을 나타낸다.

고등학교의 냉난방면적당 전기사용량을 지역별로 살펴보면, 경북(77.9kWh), 강원(75.7kWh), 전남(75.6kWh), 충북(74.5kWh), 충남(71.5kWh), 전북

(70.7kWh)이 높은 사용량을 나타내며, 세종(39.3kWh), 서울(56.7kWh), 부산(57.4Wh)이 낮은 사용량을 나타낸다.

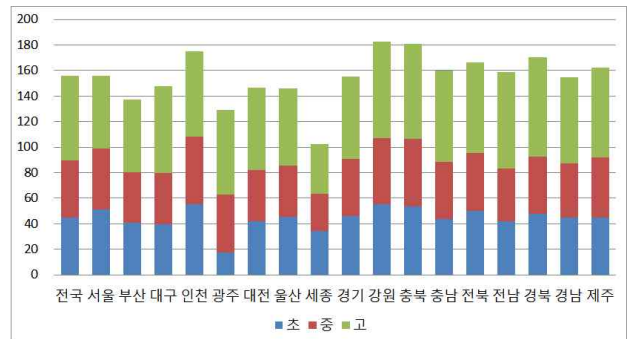


그림 9. 지역별 초중등학교의 냉난방면적당 전기 사용량 분석

지역별 온도를 감안하여 상대적인 냉난방면적당 전기 에너지 사용정도를 파악하기 위하여, 전국 평균 고등학교 대비 평균 초등학교 냉난방면적당 에너지 사용 비율(0.7배)로 비교하면, 서울(0.9배), 인천(0.8배)이 높고 광주(0.3배), 세종(0.9배)이 낮다. 평균 중학교 냉난방면적당 에너지 사용 비율(0.7배)로 비교하면, 서울(0.8배)이 높고 전남(0.5배)이 낮다.

따라서 지역별 온도를 감안하면 고등학교 대비 초등학교와 중학교의 냉난방면적당 전기사용량이 높은 지역은 서울로 초등학교와 중학교의 에너지사용량 절감을 위한 노력이 필요하다. 또한 절대적인 냉난방면적당 에너지 사용량이 높은 지역은 강원, 충북 지역으로 이들 지역을 우선순위를 두어 에너지 절감 노력을 수행한다면 타지역에 비하여 높은 성과를 달성할 수 있을 것이다.

#### IV-5. 초·중등학교의 물리적 특성을 감안한 지역별 전기사용량 분석

앞의 내용을 바탕으로 초중등학교의 물리적 특성을 감안한 지역별 전기사용량을 분석하면 표 3과 같다. 학교시설물의 물리적 특성은 학교당학생수, 학급당학생수, 일반고대비 학교수비율/학생수비율, 학생, 학급, 교실, 냉난방면적을 의미한다.

서울의 초등학교는 학교당 학생수와 학급당 학생수가 많고 일반 고등학교 대비 학생수비율보다 학교수 비율이 낮으므로 많은 학생들이 적은 초등학교에 밀집되어 있는 것을 알 수 있으며 냉난방면적

당 전기사용량은 높게 나타났다. 반면 서울의 고등학교는 학교당 학생수가 많으나 냉난방면적당 전기사용량은 낮은 것으로 나타났다.

부산은 초중고의 학교당 학생수와 학급당학생수가 보통이었으나 학급당전기사용량과 교실당전기사용량이 높은 것으로 나타났고 고등학교의 냉난방면적당 전기사용량은 낮은 것으로 나타났다.

대구는 일반 고등학교수 대비 중학교수, 고등학교의 학교당 학생수와 학급당 학생수는 높다. 초등학교와 중학교의 학생당·학급당·교실당 전기사용량과 초등학교의 냉난방면적당 전기사용량은 낮은 것으로 나타났다.

인천은 일반고 대비 초등학교수와 중학교수의 비율이 낮고 초등학교와 중학교의 학교당·학급당 학생수는 높고 일반고등학교 대비 초등학교와 중학교의 학교수 비율 대비 학생수 비율이 낮으므로 많은 학생들이 적은 학교에 밀집되어 있는 것을 알 수 있다. 중학교의 학급당·냉난방면적당 전기사용량이 높고 초등학교는 냉난방면적당 전기사용량이 높다.

광주는 일반고 대비 초등학교수의 비율이 낮고 냉난방면적당 전기사용량이 낮다.

대전은 초등학교의 학교당 학생수와 고등학교의

비율이 낮고 고등학교는 학생당·학급당·교실당 전기사용량이 낮다.

울산은 일반고 대비 중학교의 수가 낮고 일반고 대비 학생수비율보다 학교수비율이 낮으며 중학교의 학생당·학급당 전기사용량이 낮다.

세종은 초등학교는 학급당 학생수가 적고 일반고 대비 학생수비율보다 학교수비율이 낮으며 중학교는 학급당 학생수와 일반고 대비 학생수비율대비 학교수 비율이 낮고 고등학교는 학교당·학급당 학생수가 적으므로 학생들이 적게 많은 학교에 분포되어 있음을 알 수 다. 이에 초·중·고의 학생당 전기사용량은 높고 초·중·고의 교실당 전기사용량이 낮고 초·중학교는 냉난방면적당 전기사용량이 낮다.

경기는 일반고 수 대비 초등학교 수의 비율이 낮고 초등학교의 학생당 전기사용량이 낮다.

강원은 초·중·고의 학교당 학생수가 적고 초등학교는 학급당 학생수가 적고 초등학교는 일반고 대비 학생수 비율보다 학교수의 비율이 높다. 중학교의 학생당 전기사용량을 제외하고 초·중·고의 학생당·학급당·교실당·냉난방면적당 전기사용량이 높다.

표 3. 지역별 전기사용량의 비교

	일반고 수 대비 비율		학교당 학생 수			학급당학생수			일반고대비 학교수비율/ 학생수비율			기온		전기사용량													
														학생당			학급당			교실당			냉난방면적당				
	초	중	초	중	고	초	중	고	초	중	고	차이	순위	초	중	고	초	중	고	초	중	고	초	중	고		
서울	○	○	+	+	+	+	○	○	-	○	○	9.0	12	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	+	○	-
부산	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	○	7.2	15	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-
대구	○	+	○	○	+	○	○	+	○	○	○	9.7	9	-	-	○	-	-	○	-	-	○	-	○	-	○	○
인천	-	-	+	+	○	+	+	○	-	-	○	6.9	16	○	○	○	○	+	○	○	○	○	○	+	+	○	
광주	-	-	○	○	+	○	○	+	○	○	○	9.7	9	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	○	○	
대전	○	○	+	○	○	○	○	+	○	○	○	10.1	6	○	-	-	○	○	-	○	○	-	○	○	○	○	○
울산	-	-	○	○	○	○	○	○	○	-	○	9.1	11	○	-	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○
세종	○	○	○	○	-	+	-	-	-	-	○	9.9	7	+	+	+	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	
경기	-	-	○	+	○	○	+	○	○	○	○	10.1	5	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
강원	○	○	-	-	-	-	○	○	+	○	○	11.0	3	+	○	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
충북	+	+	○	○	○	○	○	○	+	+	○	9.7	8	+	+	○	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
충남	+	+	○	○	○	○	○	○	+	+	○	11.1	2	○	○	○	+	+	+	○	○	+	○	○	○	○	+
전북	○	○	-	○	○	-	○	-	+	+	○	11.6	1	+	+	+	+	+	+	○	○	○	+	○	○	+	
전남	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	○	8.5	13	+	+	+	+	+	+	○	○	+	○	○	○	+	
경북	○	○	○	-	○	○	-	-	○	○	○	10.8	4	○	○	+	+	○	+	○	○	+	○	○	+	○	+
경남	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	7.5	14	-	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
제주	+	○	○	○	○	○	○	+	+	○	○	5.5	17	-	○	-	-	○	○	-	○	-	○	○	○	○	○

범례: ○: 평균 지역, +: 평균 보다 높음, -: 평균 보다 낮음

학급당학생수가 많으나 중학교는 학생당 전기사용

충북은 일반고 수 대비 초·중학교수의 비율이



높고 초·중학교의 일반고 대비 학생수비율보다 학교수비율이 높다. 고등학교의 학생당 전기사용량을 제외하고 학생당·학급당·교실당·냉난방면적당 전기사용량이 높다.

충남은 일반고 수 대비 초·중학교수의 비율이 높고 초·중학교의 일반고 대비 학생수비율보다 학교수비율이 높다. 초·중·고의 학급당 전기사용량과 고등학교의 교실당 전기사용량이 높다.

전북은 초등학교의 학교당·학급당 학생수가 적고 고등학교는 학급당 학생수가 적다. 초·중학교는 일반고 대비 학생수비율보다 학교수비율이 높다. 초·중·고의 학생당·학급당 전기사용량이 높고 초등학교는 냉난방면적당 전기사용량이 높다.

전남은 일반고 수 대비 초·중학교수의 비율이 높고 초·중·고의 학교당 학생수와 학급당 학생수가 적은 반면에 일반고 대비 학생수비율보다 학교수비율이 높아 적은 학생들이 여러학교에 분산되어 있음을 알 수 있다. 초·중·고의 학생당·학급당 전기사용량이 높고 고등학교는 교실당·냉난방면적당 전기사용량이 높다.

경북은 중학교가 학교당·학급당 학생수가 적고 고등학교는 학급당 학생수가 적다. 초등학교는 학급당 전기사용량이 높고 고등학교는 학생당·학급당·교실당·냉난방면적당 전기사용량이 높다.

경남은 초등학교의 학생당·교실당 전기사용량이 적다.

제주는 일반고 수 대비 초등학교의 수가 높고 일반고대비 학생수비율보다 학교수의 비율이 높다. 고등학교의 학급당 학생수가 높다. 초등학교는 학생당·학급당·교실당 전기사용량이 높고 고등학교는 학생당·교실당 전기사용량이 높다.

특히 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북 지역은 학교당학생수, 학급당학생수가 다른 지역보다 적고 일반고 대비 학생수 비율보다 학교수 비율보다 높으므로 적은 학생들이 많은 학교에 분포되어 있고 상대적으로 평균 기온의 차이가 커서 전기를 많이 사용하고 있는 것으로 판단된다. 다만 경기와 대전은 기온차이가 높은 편임에도 불구하고 상대적으로 적은 전기사용량을 나타내므로 효율적인 에너지 사용을 하고 있는 것으로 판단된다. 따라서 지역별로 상기한 내용을 고려함과 동시에 에너지 소비율이 높은 지역에 에너지 절감의 우선순위를 둔다면 타 지역보다 더 큰 효과를 볼 수 있을 것이다.

## V. 결론

정확한 에너지 사용량의 추정은 성공적인 프로젝트의 운영 및 유지관리에 있어서 매우 중요하다. 에너지의 사용량에 대한 관심이 고조됨에 따라 이에 대한 체계적인 관리와 예측이 선행되어야 학교시설의 에너지사용에 대한 계획이 수립될 수 있다. 특히 BTL사업의 경우 정확한 에너지사용량의 추정은 사업타당성을 확보할 수 있는 기본 전제 조건이 된다.

이에 본 연구는 지역별 학교의 물리적 특성과 에너지 사용량과의 관련성을 파악하여 지역별로 학교시설물의 에너지 절감을 위한 기초 정보를 제공하였다. 이는 궁극적으로 학교 시설물의 운영관리비를 체계적으로 관리하고 에너지 측면에서 효율적으로 사용할 수 있는 기반을 마련하였다.

향후에는 지역별 에너지 사용의 결과에 대하여 에너지가 과다 또는 과소한 지역에 대한 심층적인 분석이 필요하다. 이러한 정보를 사용하여 학급당 전기사용량을 절감이 필요한 대상 지역을 매크로하게 파악할 수 있으며 개별 학교에 대한 대상 학교 선정은 향후 연구로 진행이 필요하다. 또한 에너지에 영향을 미치는 여러 요인들을 다각적으로 고려하여 에너지 사용량을 예측하거나 분류할 수 있는 연구가 수행된다면 더 좋은 정보를 객관적으로 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

## 국문초록

국내 학교시설은 교육 환경 개선 등으로 학습공간의 쾌적성과 편의성이 개선되었으나 에너지 사용량은 급증하였다. 미국에서도 마찬가지로 학교시설물의 에너지사용량은 1990년에서 2000년 사이에 17%가 증가하였고 특히 전기의 사용량은 25%나 증가하였다.(NCES 2003) 학교시설물의 에너지 사용과 관련하여 지난 10년 동안 지속적으로 전기와 가스 사용량을 억제하고자 노력하고 있으나 정확한 현재의 정보 분석과 이에 대한 구체적인 에너지 절감을 위한 실현 방안은 다소 부족하다. 이에 본 연구는 지역별 초중등학교의 물리적 특성에 따른 에너지 사용량을 분석하는 것이 목적이다.

본 연구는 학교에너지와 학교시설의 중요성에 대한 연구를 파악하고 2014년도 기준 초중등학교의 지역별 학교수, 학생수, 학급수, 학급원수 등의 개황을 파악한다. 지역별 학교의 에너지 절감을 위한 기본

적인 현황 파악하기 위하여 2015 교육통계연보와 기상청 정보를 바탕으로 초중등학교의 물리적 특성(학교수, 학생수, 학급수, 학급원수 등)과 지역별 온도를 파악하여 초중등 학교시설물의 물리적 특성에 기반하여 지역별 에너지 사용의 특징을 파악한다. 즉, 학교 건축물의 전기 에너지 사용량을 일반고등학교수 대비 학교수, 학교당 학생수, 학급당 학생수, 일반고등학교 대비 학교수와 학생수 비율, 지역별 여건 등을 고려하여 지역별, 학교급별로 에너지사용량을 분석하고 시사점을 도출하고자 한다.

### 참고문헌

1. 경기도교육청, 학교 전기에너지 절약 실천 매뉴얼, 2013, p.3.
2. 김강식, 박재완, 윤중호, 신우철, 고등학교 시설의 에너지 소비량특성에 관한 사례분석, 한국태양에너지학회 논문집, 한국태양에너지학회, 31권, 5호, 2011, pp.99-104.
3. 김영구, 이재립, 초·중등 교육시설의 유지관리비 분석-인천광역시 초·중등학교를 중심으로-, 한국교육시설학회지, 한국교육시설학회, 16권, 1호, 2009, pp.33-41
4. 김태우, 이강국, 홍원화, 교육 시설기준 변화에 따른 학교건축물의 에너지원 변화에 관한 연구, 한국생태환경건축학회 논문집, 한국생태환경건축학회, 10권, 6호, 2010, pp.73-80.
5. 윤중호, 신우철, 조진일, 최형주, 김효중, 전국 초등학교 시설의 에너지 사용실태 분석 연구, 대한건축학회논문집 계획계, 대한건축학회, 26권, 9호, 2010, pp.275-282.
6. 윤중호, 신우철, 조진일, 박재완, 김효중, 전국 중학교 시설의 에너지 사용실태 분석 연구, 한국생태환경건축학회 논문집, 한국생태환경건축학회, 10권, 4호, 2010, pp.45-50.
7. 윤중호, 신우철, 조진일, 김효중, 이철성, 전국 고등학교 시설의 에너지 사용실태 분석 연구, 한국태양에너지학회 논문집, 한국태양에너지학회, 30권, 4호, 2010, pp.55-62.
8. Joskow, P.L.(2002), U.S. Energy Policy During the 1990s. Current History, 101(653).
9. NCES(National Center for Education Statistics)(2003), Effects of Energy Needs and Expenditures on U.S. Public Schools, Statistical

Analysis Report.

10. OECD, Education at a glance 2015: OECD Indicators, OECD Publishing, 2015, p.416, p.419. <http://dx.doi.org/10.1787/eag-2015-en>

(논문투고일 : 2016.02.25, 심사완료일 : 2016.04.08, 게재확정일 : 2016.04.15.)