

# 학교시설 현황분석을 통한 에너지절약설계 개선방향 연구

## A Study on Design for Energy-saving Based on Analysis of Current Situation in School Facilities

맹준호\*                      김성중\*\*                      이승민\*\*\*                      고현수\*\*\*\*  
Meang, Joon-Ho              Kim, Sung-Joong              Lee, Seung-Min              Ko, Hyun-Su

### Abstract

We suggest improvement direction of energy-saving design based on analysis of current situation in school facilities.

School facilities have large area among public buildings. While the number of students is decreasing, the number of school and energy consumption is increasing year after year. School facilities have excellent heat insulation property, but it requires further examination about excessive heat insulation plan. School facilities are using gas heat pump actively for cooling and heating, but has difference in use ratio of ground source heat pump by region.

Thus School facilities requires active using of ground source heat pump and BIPV(Building Integrated Photovoltaic System).

키워드 : 학교시설, 설계현황, 에너지절약, 에너지 사용현황, 건물에너지평가프로그램  
Keywords : School Facilities, Design Situation, Energy Saving, Energy Consumption, ECO2

### 1. 서론

#### 1-1. 연구의 필요성 및 목적

기후변화에 따른 지구 생태계의 변화와 에너지 및 자원고갈 등에 대한 전 지구적 대응 노력이 절실한 상황에서 새 정부의 에너지 정책은 축소, 탈(脫) 석탄, 신재생에너지 사용을 확대하여 안전하고 깨끗한 에너지로의 전환을 추구하고 있다.

우리나라는 2015년 12월 파리협정의 체결로 2030년까지 37%의 온실가스 감축 목표를 수립하였다. 그리고 '제1차 기후변화대응 기본계획'에서는 기후

변화대응을 위한 7대 주요과제를 제시하고, '2030 국가온실가스감축 기본로드맵'을 설정하여 온실가스 감축목표 달성을 위한 이행방안을 제시하고 있다.

또한 우리나라 건축물은 국가 온실가스 배출의 약25%를 차지하고, 에너지 소비의 약20%를 차지하고 있어 건축물의 에너지 효율 향상이 필요하다. 이를 위해 정부에서는 건축물 에너지관련 다양한 정책을 수립, 시행하고 있으며, 그 중 녹색건축물 조성 지원법의 시행에 따라 녹색건축인증, 건축물 에너지효율등급인증, 에너지절약설계기준 작성 등 녹색건축 및 에너지성능 관련 법규를 별도로 제정하여 확대시행 및 관련기준을 지속적으로 강화하고 있다.

이러한 녹색건축 및 에너지성능 관련 인증제도에서는 일정규모 이상의 공공건축물의 경우 의무적으로 인증획득 및 기준을 적용하도록 하고 있다.

국공립 초·중·고등학교 등의 교육시설은 공공기관 에너지이용합리화 추진에 관한 규정에 따라 공공건축물로 분류되며 3,000㎡이상일 경우 건축물 에너지효율 1등급 이상(2014년 9월 1일 기준)을 의

\* 한국교육녹색환경연구원, 공학박사  
\*\* 한국교육녹색환경연구원, 공학박사  
\*\*\* 한국교육녹색환경연구원, 공학박사, 교신저자  
\*\*\*\* 한국교육녹색환경연구원, 공학석사  
※ 이 논문은 2018년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (20182010600110, 에너지 자립형 학교건물 구현을 위한 패시브·액티브 기술 융복합 모델 및 가이드라인 개발)

무적으로 획득하도록 유도해 왔다.

본 연구에서는 이러한 배경에 따라 현재 건축되거나 설계되어지고 있는 학교시설의 설계현황을 분석하여 학교시설 에너지절약설계 개선방향을 제시하고자 한다.

## 1-2. 연구의 범위 및 방법

연구 범위 및 방법으로는 학교시설 에너지사용 현황 및 관련 법규 및 국토교통부 정책을 분석하였으며, 국가정책 중 에너지절약설계검토서 및 건축물 에너지효율등급 인증 결과의 내용 분석을 위해 2016년 7월 1일부터 2018년 8월31일 까지 검토건 및 인증완료 건을 대상으로 학교시설의 에너지절약 설계현황 분석을 통해 개선방향을 도출하였다.

## II. 학교시설 에너지사용현황 및 관련 정책 현황

### II-1. 학교시설 에너지사용현황

학교시설 에너지사용현황 분석을 위해 건물용도별 에너지사용현황을 보면(그림1)<sup>1)</sup> 학교시설이 전체 에너지사용량의 약12.9%~14.6%를 차지하는 것으로 나타나고 있어 상용건물과 아파트 다음으로 많은 에너지를 사용하고 있다. 그리고 상용건물, 아파트, 학교, 백화점이 우리나라 건물에너지 사용량의 약60%를 차지하고 있는 것을 알 수 있다. 건축물 비중이(동수 기준) 약3%(통계청, 2017년 문교사회용 2.7% 차지)가 되지 않는 것으로 보면 적지 않은 에너지를 사용하고 있음을 알 수 있다.

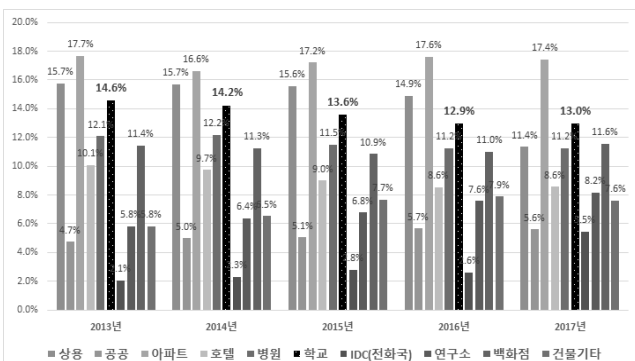


그림1. 건물용도별 에너지사용량 현황

1) 통계청, [http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M\\_01\\_01&vwcd=MT\\_ZTITLE&parmTabId=M\\_01\\_01#SelectStatsBoxDiv](http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_01_01&vwcd=MT_ZTITLE&parmTabId=M_01_01#SelectStatsBoxDiv)

학교 급별로 구분하여 전기사용량을 살펴보면(그림2), 초, 중, 고등학교가 동일하게 2014년까지 증가하다가 2015년에 잠시 감소한 뒤 다시 증가하고 있는 것으로 나타났다.

우리나라 에너지절약설계기준 개정에 따라 2012년 5월부터 공공기관의 경우 주간 최대 냉방부하의 60% 이상은 의무적으로 가스, 신재생에너지 이용 등의 전기 대체 냉방설비를 이용하도록 전기사용을 제한했음에도 불구하고 2015년부터 다시 전기사용량이 증가하고 있다는 것은 학교시설에서의 전기사용량이 많다는 것을 알 수 있다.

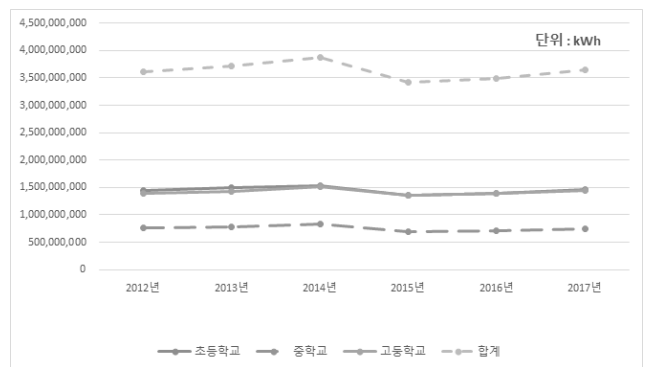


그림2. 연도별 학교시설 전기사용량

### II-2. 학교시설 에너지 관련 정책 현황

#### 1) 건축물 에너지절약설계기준

건축물 에너지절약설계기준은 녹색건축물 조성 지원법 시행령 제10조 (에너지 절약계획서 제출 대상 등)에 따라 법 제14조제1항에서 “대통령령으로 정하는 건축물”이란 연면적의 합계가 500제곱미터 이상인 건축물을 대상으로 한다.

단독주택, 문화 및 집회시설 중 동·식물원, 건축법시행령 별표1 제17호~26호까지 건축물 중 냉방 또는 난방설비를 설치하지 않는 건축물과 별도 고시 건축물은 예외로 둔다. 건축물의 에너지절약설계기준 제3조(에너지절약계획서 제출 제외대상 등)에 해당하는 건축물은 변전소, 도시가스배관시설, 정수장, 양수장 중 냉·난방 설비를 설치하지 아니하는 건축물, 운동시설 중 냉·난방 설비를 설치하지 아니하는 건축물, 위락시설 중 냉·난방 설비를 설치하지 아니하는 건축물, 관광 휴게시설 중 냉·난방 설비를 설치하지 아니하는 건축물과 사업계획 승인을 받아 건설하는 주택으로서 「에너지절약형 친환경주택의 건설기준」에 적합한 건축물이 해당된다.

건축물의 에너지절약설계기준 제15조 (에너지성능지표의 판정)에 따라 공공기관이 신축하는 건축물(별동으로 증축하는 건축물을 포함한다)은 74점 이상일 경우 적합한 것으로 본다.

2) 건축물 에너지효율등급 인증기준

건축물에너지효율등급인증은 제로에너지건축물 인증과 통합된 법으로 명시하고 있다. 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙 제2조 (적용대상)에 따라 녹색건축물 조성 지원법(이하 "법"이라 한다) 제17조제5항 및 「녹색건축물 조성 지원법 시행령」(이하 "령"이라 한다) 제12조제1항에 따른 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증으로 규정하고 시행하고 있다. 건축물에너지효율등급인증은 건축물의 에너지 성능을 정량적으로 평가하는 인증제도로 건물에너지평가프로그램(ECO2)은 ISO 13790과 DIN V 18599를 기준으로 건물에 대한 에너지 평가기법을 마련하였다.

프로그램(ECO2)으로 도출한 결과 값은 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기에 대한 단위면적당 1차 에너지 소요량에 대한 평가가 이루어지며, 단위면적당 1차 에너지 소요량은 에너지소요량에 연료의 채취, 가공, 운송, 변환, 공급과정 등의 손실을 포함한 단위면적당 1차 에너지량으로 등급을 적용하게 된다.

건축물 에너지효율등급 인증기준을 통해 도출한 단위면적당 1차 에너지 소요량을 통해서 표1과 같이 총10개 등급으로 건축물 에너지효율등급을 나눌 수 있다.

학교시설이 포함되는 주거용 이외의 건축물의 경우 연간 단위면적당 1차 에너지소요량이 200kWh/m<sup>2</sup>·년 이상 260kWh/m<sup>2</sup>·년 미만일 경우 1등급을 부여하게 되며, 최고등급인 1+++는 연간 단위면적당 1차 에너지소요량이 80kWh/m<sup>2</sup>·년 미만일 경우 부여 받게 된다.

또한 효율등급인증 기준에서는 건물의 용도를 구분하지 않고, 실별 특성을 고려하여 조건을 달리 적용하고 있다. 학교시설의 경우 초, 중, 고등학교의 교실과 대학의 강의실을 구분하고 있으며, 실의 사용시간, 운전시간, 사람수, 월별 사용일수 등의 조건을 달리 적용하고 있다.

표2는 초, 중, 고등학교의 교실 용도프로필에 대한 세부 내용이다.

표1. 건축물 에너지효율등급 인증등급

등급	주거용 건축물		주거용 이외의 건축물	
	연간 단위면적당 1차 에너지소요량 (kWh/m <sup>2</sup> ·년)		연간 단위면적당 1차 에너지소요량 (kWh/m <sup>2</sup> ·년)	
1+++	60 미만		80 미만	
1++	60 이상	90 미만	80 이상	140 미만
1+	90 이상	120 미만	140 이상	200 미만
1	120 이상	150 미만	200 이상	260 미만
2	150 이상	190 미만	260 이상	320 미만
3	190 이상	230 미만	320 이상	380 미만
4	230 이상	270 미만	380 이상	450 미만
5	270 이상	320 미만	450 이상	520 미만
6	320 이상	370 미만	520 이상	610 미만
7	370 이상	420 미만	610 이상	700 미만

표2. 초, 중, 고등학교의 교실 용도프로필

구분	단위	값
사용시간과 운전시간		
사용시작시간	[Uhr]	08:00
사용종료시간	[Uhr]	15:00
운전시작시간	[Uhr]	08:00
운전종료시간	[Uhr]	15:00
설정 요구량		
최소도입외기량	[m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )]	10
급탕요구량	[Wh/(m <sup>2</sup> d)]	30
조명시간	[h]	6
열발열원		
사람	[Wh/(m <sup>2</sup> d)]	100
작업보조기기	[Wh/(m <sup>2</sup> d)]	20
실내공기온도		
난방설정온도	[°C]	20
냉방설정온도	[°C]	26
월간 사용일수		
1월 사용일수	[d/mth]	0
2월 사용일수	[d/mth]	14
3월 사용일수	[d/mth]	23
4월 사용일수	[d/mth]	22
5월 사용일수	[d/mth]	21
6월 사용일수	[d/mth]	22
7월 사용일수	[d/mth]	15
8월 사용일수	[d/mth]	3
9월 사용일수	[d/mth]	22
10월 사용일수	[d/mth]	21
11월 사용일수	[d/mth]	22
12월 사용일수	[d/mth]	15
용도별 가중치		
난방	-	1.964
냉방	-	1.964
급탕	-	1.250
조명	-	1.875
환기	-	1.964

### III. 학교시설 에너지절약설계현황 분석

#### III-1. 학교시설 에너지절약설계현황 분석방법

학교시설의 에너지절약 설계현황을 분석하기 위해 에너지절약설계기준 내 에너지성능지표 작성내용과 건축물 에너지효율등급 인증결과를 분석하였다.

전국의 학교시설을 학교급, 지역 등을 포함한 학교기본현황과 에너지성능 평가항목과 관련된 설계요소 및 건축물 에너지효율등급의 결과분석을 중심으로 검토하였다.

#### III-2. 분석대상

분석대상 범위는 표3과 같이 에너지절약설계기준 검토대상 1,106건과 표5의 건축물에너지효율등급 인증 결과 559건으로 대상을 설정하였다. 표4의 에너지성능지표 점수획득 현황을 보면 비주거 소형은 평균 76.58점, 비주거 대형은 평균 78.46점을 획득하고 있다. 다음으로 표6의 건축물에너지효율등급 인증 획득현황은 1++등급이 81.2%로 가장 높았으며, 1+등급, 1+++등급, 1등급 순으로 인증등급을 획득하고 있다.

표3. 에너지절약설계기준 검토 대상

구분		건수		1,106 건
건축 종류별	신축	227건	552건 (약 50%)	
	개축	27건		
	별동증축	298건		
증축, 이전 등	554건			

표4. 에너지성능지표 점수획득 현황

구분	비주거 소형 (500㎡이상~3,000㎡미만)	비주거 대형 (3,000㎡이상)
건축분야	55.64점	38.88점
기계설비분야	10.35점	21.74점
전기설비분야	8.73점	12.32점
신재생분야	1.87점	5.51점
합계	76.58점	78.46점

표5. 건축물에너지효율등급 인증대상

구분			비고
초등학교	360교	559 교	예비인증 및 본인증이 중복되는 경우 본인인증만 대상
중학교	129교		
고등학교	70교		

표6. 건축물에너지효율등급 학교급별 인증현황

등급	초등 학교	중학교	고등 학교	합계	
1+++ 등급	3건	4건	1건	8건	1.4%
1++ 등급	298건	101건	55건	454건	81.2%
1+ 등급	57건	24건	12건	93건	16.7%
1등급	2건	0건	2건	4건	0.7%
합계	360건	129건	70건	559건	100%

#### III-3. 에너지절약설계현황 분석결과

##### 1) 부위별 평균열관류율

그림3은 부위별 외벽, 지붕, 바닥의 평균열관류율을 나타낸 값이다. 전국평균 외벽 0.466W/㎡·K, 지붕 0.145W/㎡·K, 바닥 0.169W/㎡·K를 보이고 있으며, 중부>남부>제주 순으로 외벽, 지붕, 바닥의 평균열관류율이 낮은 값을 보이고 있다.

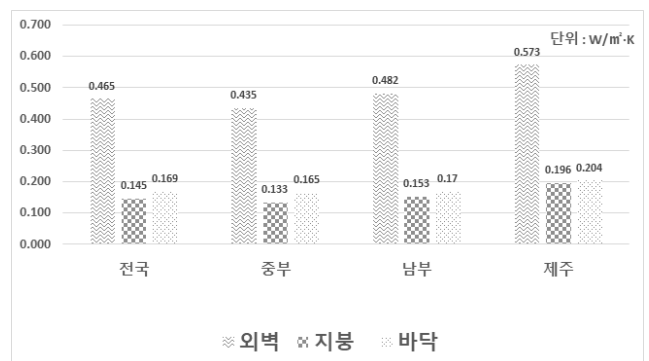


그림3. 부위별 평균열관류율

##### 2) 외피면적 대비 창면적 비율

그림4는 전국 평균 창면적 비율을 나타낸 것이다. 초등학교 24.88%, 중학교 25.65%, 고등학교 25.46%로 큰 차이를 보이지 않았으며, 초등학교는 제주 2.082%~대구29.47%, 중학교는 부산30.23%~서울19.47%, 고등학교는 경남20.12%~부산30.08%의 범위를

보였다. 남부지역인 부산과 대구에서 창면적 비율이 높은 것으로 나타났다.

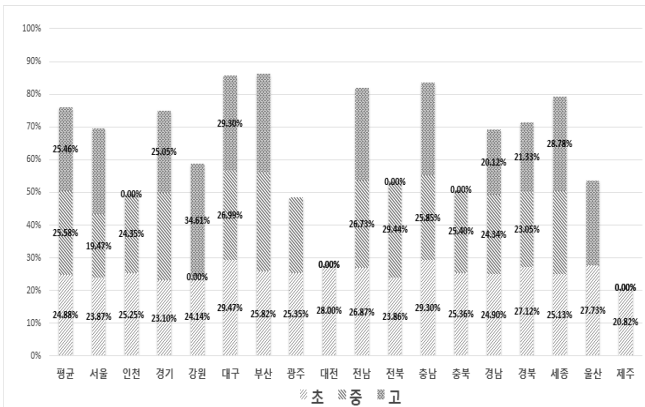


그림4. 외피면적 대비 창면적 비율

### 3) 냉난방설비 비율

그림5는 냉난방설비의 사용비율을 나타낸 것이다. 냉방설비의 경우 에너지절약설계기준의 냉방용량의 60% 이상을 가스, 지역냉방, 신재생에너지 이용 등 전기 대체 냉방설비 이용 규정에 의해, 냉난방설비로 학교급에 관계없이 50% 이상을 GHP를 사용하고 있다.

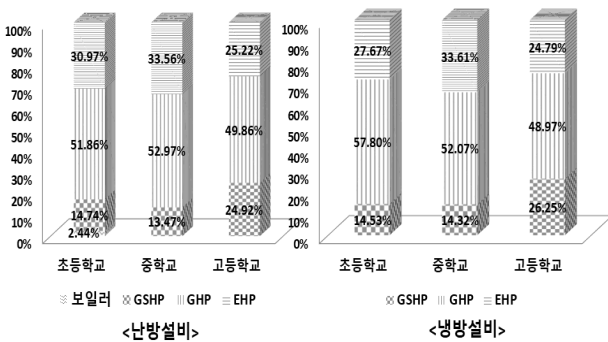


그림5. 학교급별 냉·난방설비

### 4) 급탕설비 비율

그림6은 학교시설의 급탕설비의 비율을 나타낸 것이다. 학교급에 상관없이 급탕설비는 가스온수기의 비중이 높게 나타나고 있으며, 전기온수기의 사용 비율은 초등학교 23.05%, 중학교 24.13%, 가장 적은 고등학교는 11.45%의 비율을 나타내고 있다.

학교에서 유지관리 측면에서는 중앙식 보일러가 높은 열효율과 관리의 용이성이 있으나, 비용이 비싸고, 시공 후 증설에 따른 배관변경 공사가 어렵고

배관에 의한 열손실이 크므로 학교시설의 배치 및 기능에 따라 중앙식 보일러와 개별식 보일러의 효율적인 배치가 필요 할 것으로 보인다.

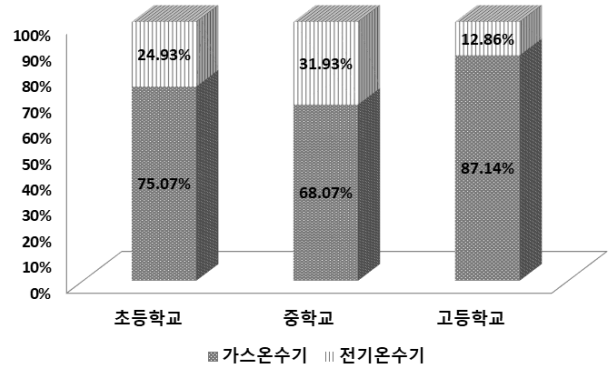


그림6. 학교급별 급탕설비

### 5) 조명밀도

냉난방공간(에너지절약설계기준의 거실)의 평균 조명밀도는 전국 6.65W/m<sup>2</sup>로 에너지성능지표에서는 8W/m<sup>2</sup> 미만인 경우 배점 1점을 획득하게 되어있어 낮은 조명밀도를 보인다.

또한 전남지역은 5.70W/m<sup>2</sup>으로 가장 낮은 조명밀도를 보이고 있다. 그림7은 냉난방공간의 평균조명밀도를 나타낸 것이다.

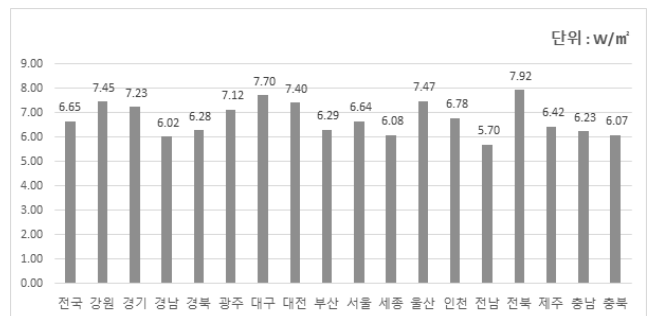


그림7. 냉난방공간의 평균조명밀도

### 6) 태양광발전설비

태양광발전설비 설치 면적은 전국평균 초등학교 909m<sup>2</sup>, 중학교 863m<sup>2</sup>, 고등학교 896m<sup>2</sup>로 비슷한 설치면적을 보이고 있고, 지역 및 학교급별로는 초등학교는 482m<sup>2</sup>~1,179m<sup>2</sup>, 중학교는 284m<sup>2</sup>~1,135m<sup>2</sup>, 고등학교는 356m<sup>2</sup>~1,806m<sup>2</sup>로 대구와 경북, 경남이 많은 설치면적을 보이고 있다.

학교급별 설치면적의 차이는 크지 않았으며, 신재

생의무비율에 의한 설치용량에 따라 편차는 발생하지 않는 것으로 나타났다. 그리고 지역별에 따른 설치면적은 대구 및 경북, 경남 지역의 일조량이 높고, 유지관리 및 효율적인 부분에서 태양광발전설비가 우수하기 때문으로 판단된다.

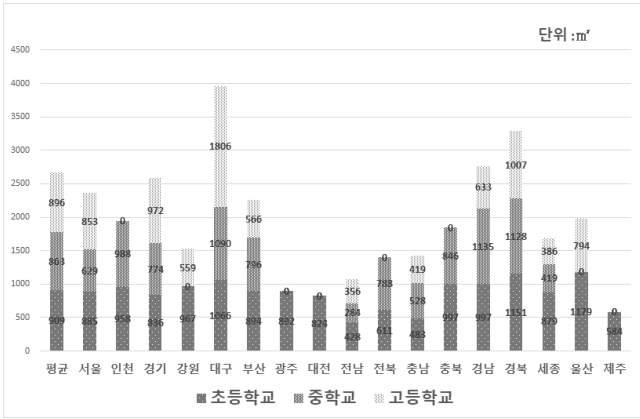


그림8. 학교급별 태양광 설치 면적

### 7) 지열이용 시설

지열이용시설을 적용한 학교수는 전체 69건으로 냉방 및 난방담당비율을 보면 전국 평균이 냉방담당 40%, 난방담당 37%로 비슷한 비율을 보이고 있으며, 지역별 상황에 따라 비율의 차이를 보인다.

현재까지 지열이용시설을 적용한 전체 건수 230건 중 2016년 7월 이전에 161건, 2016년7월 이후에 69건으로 차츰 적용비율이 감소하고 있는 추세를 보인다. 이는 지리적 특성과 한정된 예산, 유지관리의 어려움 등의 이유인 것으로 판단된다.

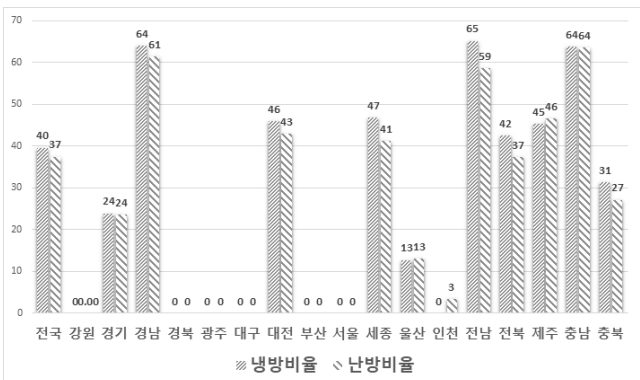


그림9. 지역별 지열이용시설의 냉방·난방 담당 비율

### 8) 단위면적당 1차 에너지 소요량

단위면적당 1차 에너지 소요량은 고등학교 141.95 kWh/m²·y, 초등학교 152.55kWh/m²·y, 중학교 155.78kWh/m²·y 순으로 나타나고 있으며, 초, 중, 고 평균은 각각 1+등급(140kWh/m²·y이상~200kWh/m²·y 미만)에 해당 하였다.

실제 인증등급 획득은 559개교 중 약80%의 학교가 등급산출용 1차 에너지 소요량으로 산정하여 1++등급을 획득하고 있었으며, 1차 에너지 소요량으로 보면 지역별 및 학교급에 따른 차이는 나타나고 있지 않았다.

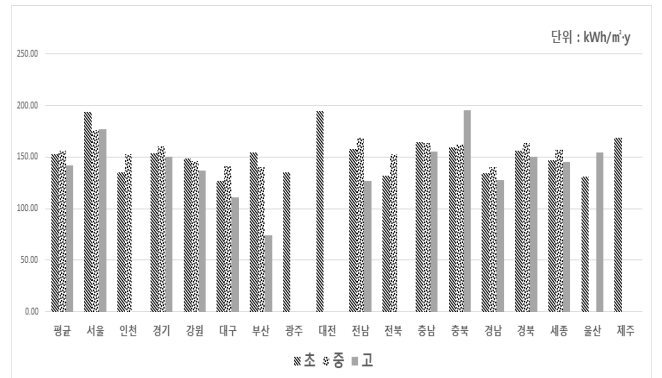


그림10. 학교급별 1차 에너지 소요량

## IV. 학교시설 에너지절약설계 개선방안

### IV-1. 건축분야

건축분야에서는 에너지절약설계의 가장 기본적인 방법인 패시브기법을 적용할 수 있으며, 부위별 단열성능, 창면적비를 고려할 수 있다.

순수 외벽의 평균 열관류율 현황을 보면 중부, 남부 등 지역별 혹은 초등학교, 중학교, 고등학교 등 학교급에 따른 편차를 보이고 있지 않으며, 오히려 법적단열기준이 완화된 남부지역에 속하는 대구, 경남은 초등학교, 중학교, 고등학교 모두 중부지역보다 전반적으로 우수한 단열성능을 나타내고 있다.

외벽단열의 경우 벽체단열두께를 증가시키면서 연간 원단위 에너지소비량을 시뮬레이션 하면 벽체 단열보강에 따른 연간에너지 소비량이 비례하여 계속적으로 감소하지 않고 절감량도 그다지 크지 않기 때문에 효율 및 경제성을 고려하여 과도한 설계가 되지 않도록 할 필요가 있다.<sup>2)</sup>

2) 조진일 외 4인, 제로에너지·생태학교 모형 개발연구 (II), 한국교육개발원 보고서, 2009, p174

창면적 비율은 단열성능과 마찬가지로 지역별 혹은 학교급별 편차를 나타내고 있지 않으나, 중부지역에 비해 남부지역이 창면적 비율이 높은 경향으로 나타났다. 학교시설의 경우 교실의 넓은 창이 남향 혹은 남동향으로 배치된 경우가 많아 유리하나, 동향이나 북향에 대한 창면적 배치 및 효과를 고려하여 설계할 필요가 있다.

#### IV-2. 기계 및 전기설비분야

기계 및 전기설비분야에서는 냉난방설비, 급탕설비, 조명밀도를 고려할 수 있다.

학교시설은 냉방설비와 난방설비를 겸용해서 사용하는 경우가 많으며, 냉방설비는 법적인 사항으로 인해 전체냉방설비용량의 60% 이상을 가스, 지역냉방, 신재생에너지 등 전기 대체 설비를 사용해야하기 때문에 난방설비도 같이 유사한 담당비율을 가지게 되어 현황에서도 GHP가 냉방 및 난방설비용량의 50% 이상을 담당하고 있는 것을 알 수 있다.

법적인 사항 등으로 인해 EHP의 담당비율이 감소되는 것은 좋은 방향이나, GHP의 과도한 적용보다 GSHP 등의 적절한 배분이 필요하다.

급탕설비는 대부분이 가스온수기를 많이 적용하고 있으며, 중앙식 보일러의 경우 높은 열효율과 관리의 용이성이 좋으나 비용이 비싸고 시공 후 증설에 따른 배관 변경공사가 어려우며 배관에 의한 열손실이 크므로, 중앙식 보일러와 개별식 보일러의 효율적인 배치가 필요하다.

조명밀도는 조명밀도를 낮추는 것이 에너지 효율적이기는 하나 적정조도와 함께 고려되어야 하므로 전반조명과 국부조명을 병행하기 어려운 학교시설에서는 더욱 세밀한 조도설계가 필요하다.

#### IV-3. 신재생분야

신재생에너지설비 분야는 공공건물의 신재생에너지 의무비율 적용 관련 규정에 의해 매년 적용비율이 높아지고 있다.

현황에서 보면 일단 태양광발전설비를 최대한 설치하고, 나머지를 지열이용시설 등으로 채우는 경향을 볼 수 있다.

일반적으로 학교시설은 넓은 운동장으로 인해 지열이용시설의 설치가 용이할 것으로 생각하는 경우가 많다.

그러나 지반상태와 지역주민의 민원 등으로 인해

교육청의 설치의지에도 불구하고 적용이 어려운 경우가 많으며, 특히 유지관리의 어려움이 지열이용시설 미설치의 큰 이유를 차지하고 있다.

지금까지 지열이용시설의 설치 없이 신재생에너지 의무비율을 준수해 오던 지역도 비율이 해마다 높아짐에 따라 지열이용시설의 설치를 신중히 고려해야 한다.

또한 태양광발전설비의 다양한 적용을 위해 효율이 떨어지기는 하나 BIPV의 디자인 개발 및 새로운 기법이 개발되고 있어 적용을 고려할 수 있다.

#### V. 결론

본 연구에서는 학교시설 설계현황분석을 통해 학교시설의 에너지절약설계의 개선방향을 제시하고자 한다.

학교시설의 에너지설계현황을 위해 에너지절약계획서 작성 대상 1,106건과 에너지효율등급 인증 결과 559건을 대상으로 에너지성능 수준 및 설계수준을 분석하였다.

그 세부사항으로는 단열성능, 창면적 비율, 냉난방설비, 급탕설비, 조명밀도, 신재생부분의 태양광설치면적, 지열을 이용한 냉난방 비율 등을 분석하였으며, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 학교급별 단열성능 및 창면적비는 제도적 기반아래 우수한 수준을 보였으나, 고단열 및 고기밀에 따른 환기 및 과도한 설계가 되지 않도록 효율과 에너지비용 측면을 고려한 설계가 필요할 것으로 분석되었다.

(2) 공공기관 에너지이용 합리화 추진에 관한 규정에 따라 전기 대체 냉방설비 이용을 위한 방안으로 GHP의 설치가 50% 이상을 차지하고 있으며, 반면 지열을 이용한 냉난방설비의 적용은 지역별 편차가 심하게 나고 있어 적절한 배분이 필요할 것으로 분석되었다.

(3) '신에너지 및 재생에너지 개발 이용보급 촉진법 시행령'에 따라 공공건물의 신재생에너지 이용시설 의무설치 비율이 매년 증감함에 따라, 태양광발전설비의 경우에는 의무비율 이상으로 많은 면적을 설치하는 것으로 분석되었으며, 지열이용시설의 경우에는 지역조건, 유지관리의 어려움, 고가의 초기투자비용 등으로 점차 설치 빈도가 떨어지는 추세를 보였다.

신재생에너지 이용시설의 경우 이용확대를 위해 다방면의 연구가 진행되고 있으며, 특히 태양광발전 설비는 디자인측면에서 검토되고 있어 학교시설에서도 다양하게 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

추후 학교시설의 에너지절약설계현황과 실제 에너지사용량을 비교하여 설계방향에 대한 구체적인 방안을 마련할 필요가 있을 것으로 보인다.

## 국문초록

기후변화에 따른 지구 생태계의 변화와 에너지 및 자원고갈 등 전 지구적 대응노력이 절실한 상황에서 정부에서는 탈원전 정책 등 적극적인 정책을 수립하여 시행하고 있다.

특히 공공건물 중 적지 않은 비중을 차지하고 있는 학교시설은 학생수가 감소하는 반면 학교수가 증가하고 있으며 에너지사용량 또한 지속적으로 증가하고 있다.

본 연구에서는 학교시설의 설계현황을 분석하여 에너지절약설계의 개선방향을 제시하고자 하였다.

## 참고문헌

1. 계보경 외 2인, 미래학교 디자인 가이드라인, 한국교육학술정보원, 2011
2. 박재완 외 3인, 고등학교의 Zero Energy School 구현을 위한 기술 요소별 에너지 시뮬레이션 평가에 관한 연구, 한국태양에너지학회, 2010.11, pp.260~265
3. 윤종호 외 4인, 전국 고등학교 시설의 에너지 사용실태 분석 연구, 태양에너지학회, 2010.8, pp.55~62
4. 윤종호 외 4인, 전국 중학교 시설의 에너지 사용실태 분석 연구, 한국생태환경건축학회, 2010.08, pp.45~50
5. 김효중 외 4인, 전국 초등학교 교육시설의 단위면적당 에너지 사용실태 분석 연구, 한국태양에너지학회, 2010.4, pp.55~60
6. 윤종호 외 4인, 제로에너지 스쿨을 위한 초등 교육시설의 에너지 성능평가, 한국태양에너지학회, 2009.4, pp.121~126
7. 김강식 외 3인, 고등학교 시설의 에너지 소비량특성에 관한 사례분석, 한국태양에너지학회, 2011.10, p.99~104. <https://doi.org/10.7836/kses.2011.31.5.099>
8. 조진일 외 4인, 제로에너지·생태학교 모형 개발연구(Ⅱ), 한국교육개발원 보고서, 2009, p.174

(논문투고일 : 2018.10.29, 심사완료일 : 2018.12.07,  
게재확정일 : 2018.12.21.)