

학교시설 제로에너지인증제 시행에 따른 요소별 자립률 분석

An Analysis of the Self-reliance Rate by Element according to the Implementation of Zero Energy Certification System in School Facilities

맹준호*
Meang, Joon-Ho

김성중**
Kim, Sung-Joon

이승민***
Lee, Seung-Min

고현수****
Ko, Hyun-Su

Abstract

The Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (MOLIT) is implementing a zero-energy building (ZEB) certification to save energy for the building section and to accelerate the achievement of national greenhouse gases reduction goals in accordance with a new climate regime. In 2014, the MOLIT announced a plan for early activation of the ZEB, and in January 2016, the “Green Buildings Construction Support Act” was revised and established. In addition, the plan was established to gradually spread zero-energy buildings from the public sector in 2020 to the private sector by 2025.

Therefore, this study analyzed the self-sufficiency rate of each energy factor according to the implementation of the zero energy building certification of school facilities that belong to the public sector and are included in the mandatory zero energy buildings from 2020.

키워드 : 학교시설, 설계현황, 에너지절약, 에너지 사용현황, 건물에너지평가프로그램, 에너지자립률

Keywords : School Facilities, Design Situation, Energy Saving, Energy Consumption, ECO2, Energy Self reliance rate

I. 서론

I-1. 연구의 필요성 및 목적

우리나라의 건축물은 국가 온실가스 배출의 약 25%를 차지하고, 에너지 소비의 약 20%를 차지하고 있어 건축물의 에너지 효율 향상시키고 온실가스 배출 감소를 위한 노력이 필요한 실정이다. 이를 위해 국토교통

부는 新기후체제 출범에 따라 건물부분의 에너지절약 및 국가 온실가스 감축 목표 달성을 앞당기기 위해 제로에너지건축물 인증제를 시행하고 있다.

제로에너지건축물 인증제는 외벽, 창호 등의 단열성능 극대화 및 지열, 태양광 등 신·재생 에너지 활용을 통해 에너지자립을 실현하는 건축물로 정의하고 있으며, 에너지설계기준 강화를 추진 및 점진적 확대 방안 계획을 수립하고, 2014년 ZEB 조기활성화 방안을 발

* 한국교육녹색환경연구원, 공학박사

** 한국교육녹색환경연구원, 공학박사
(교신저자 : ks@kisee.re.kr)

*** 한국교육녹색환경연구원, 공학박사

**** 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)

표하였다. 2016년 1월 “녹색건축물 조성 지원법”을 개정하고 제도적 기반을 마련하여 2020년부터 공공부문을 시작으로 2025년까지 민간부문까지 단계적 제로에너지건축물을 확산시키기 위한 계획을 수립 시행 중에 있다.

이에 따른 제로에너지 의무화에 해당하는 학교시설은 국공립 초·중·고등학교 등의 교육시설은 공공기관 에너지 이용합리화 추진에 관한 규정에 따라 공공건축물로 분류되며 3,000㎡ 이상일 경우 건축물 에너지효율 1등급 이상(2014년 9월 1일 기준)을 의무적으로 획득하도록 유도해 왔으나, 2020년 1월(허가기준)부터 더욱 강화된 1,000㎡ 이상 건축물에너지효율등급 1++이상 자립률 20%에 해당하는 제로에너지 건축물을 의무 취득하여야 한다.

본 연구에서는 정부 정책의 일환으로 제로에너지인 증제 시행에 따라 신축학교(건축물에너지효율등급 의무시행일 기준일 2014년 9월)를 대상으로 학교시설의 설계현황을 분석하고, 1개 샘플학교를 대상으로 요소별 분석을 통해 제도 정착의 정보제공을 위한 신축학교의 요소별 자립률을 분석하고자 한다.

I-2. 연구의 범위 및 방법

연구범위 및 방법으로는 건축물에너지효율등급 인증을 받은 2014년부터 2020년까지의 학교시설 988건을 현황조사하고, 샘플학교 1개를 선정하여, ECO2 프로그램을 이용해 건축, 기계, 전기, 신재생 등 ECO2 입력요소에 따른 1차에너지 소요량 및 자립률 변화를 분석하였다.

II. 학교시설 에너지사용현황 및 관련 정책 현황

II-1. 학교시설 에너지사용현황

학교시설 에너지사용현황 분석을 위해 건물 용도별 에너지사용현황을 보면(Figure 1)¹⁾ 학교시설이 전체 에너지사용량의 약 12.9%~14.6%를 차지하는 것으로 나타나고 있어 상용건물과 아파트 다음으로 많은 에너지를 사용하고 있다. 그리고 상용건물, 아파트, 학교, 백화점이 우리나라 건물에너지 사용량의 약 60%를 차지하고 있는 것을 알 수 있다. 건축물 비중이(동수 기

준) 약 3% (통계청, 2017년 문교사회용 2.7% 차지)가 되지 않는 것으로 보면 적지 않은 에너지를 사용하고 있음을 알 수 있다.

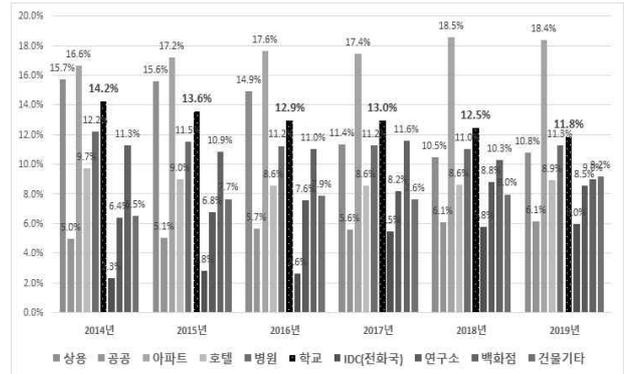


Figure 1. Energy usage status by building use (Statistics Korea)

학교급별로 구분하여 전기사용량을 살펴보면(Figure 2), 초, 중, 고등학교가 동일하게 2014년까지 증가하다가 2015년에 잠시 감소한 뒤 다시 증가하고 있는 것으로 나타났다.

우리나라 에너지절약설계 기준 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 꾸준히 증가하고 있다는 것은 학교시설에서의 전기사용량이 늘고 있다는 것을 알 수 있다.

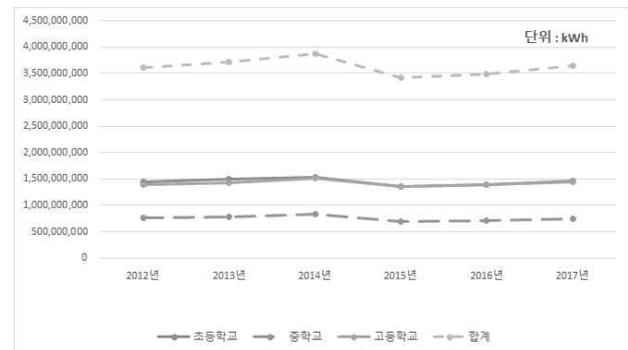


Figure 2. Amount of electricity used in school facilities by year

1) 통계청, http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_01_01&vwcd=MT_ZTITLE&parmTabId=M_01_01#SelectStatsBoxDiv

II-2. 제로에너지인증 정책 현황

제로에너지건축물은 건축물에 필요한 에너지 부하를 최소화하고 신·재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색건축물 대상으로 에너지자립률에 따라 1~5등급까지 제로에너지건축물 인증을 부여하게 된다. 세부 인증기준은 건축물에너지효율등급 1++ 등급 이상, 에너지자립률 20% 이상, BEMS(9개) 또는 원격검침전자식 계량기 설치(6개, 추가 권장 3개)에 3가지 조건이 충족 시에 에너지자립률에 따라 등급별 인증을 부여한다.

1) 건축물 에너지효율등급

건축물 에너지효율등급 인증은 제로에너지건축물 인증과 같은 법령으로 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. 건축물 에너지효율등급 인증은 건축물의 에너지성능을 정량적으로 평가하는 인증제도로 건물에너지평가프로그램(ECO2)은 ISO 13790과 DIN V 18599를 기준으로 건물에 대한 에너지 평가기법을 마련하였다.

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

건축물 에너지효율등급 인증기준을 통해 도출한 단위면적당 1차에너지 소요량을 통해서 <Table 1>과 같이 총 10개 등급으로 건축물 에너지효율등급을 나눌 수 있다.

학교시설이 포함되는 주거용 이외의 건축물의 경우 연간 단위면적당 1차에너지소요량이 80kWh/m²·년 이상 140kWh/m²·년 미만일 경우 1++등급을 부여하게 되며, 최고 등급인 1+++는 연간 단위면적당 1차에너지소요량이 80kWh/m²·년 미만일 경우 부여받게 된다.

Table 1. Building energy efficiency certification grade

등급	주거용 건축물	주거용 이외의 건축물
	연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/m ² ·년)	연간 단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/m ² ·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

2) 에너지자립률

에너지자립률은 대상 건축물의 단위면적당 1차 에너지소비량 대비 단위면적당 1차에너지생산량의 비율을 말하며 산정방식에 따라 산출된 에너지자립률을 기준으로 <Table 2>와 같이 인증등급을 부여한다.

Table 2. Zero energy building certification grade

인증등급	에너지자립률
1등급	에너지자립률 100% 이상
2등급	에너지자립률 80% 이상~100% 미만
3등급	에너지자립률 60% 이상~80% 미만
4등급	에너지자립률 40% 이상~60% 미만
5등급	에너지자립률 20% 이상~40% 미만

3) BEMS 및 원격검침전자식계량기 설치

「건축물의 에너지절약설계기준」의 [별지 제1호 서식]2.에너지성능지표 중 전기설비부문 8.BEMS(건물 에너지관리시스템) 또는 건축물에 상시 공급되는 에너지원별 원격검침전자식계량기 설치 여부를 확인하게 된다. 우선 BEMS는 4개의 공통항목과 5개의 개별항목에 대하여 확인하며, 원격검침전자식계량기는 4개의 공통항목과 2개의 개별항목으로 총 6개의 평가항목이 있으나, 일부 항목은 추가를 권장하므로 총 6~9개 항목으로 구성되어 있으며, <Table 3>과 같다.

Table 3. BEMS or Automatic meter reading electronic meter Installation evaluation items

항 목	구분	
	BEMS	원격검침
1	데이터 수집 및 표시	○
2	정보감시	○ (권장사항)
3	데이터 조회	○
4	에너지소비 현황 분석	○
5	설비의 성능 및 효율 분석	○ (권장사항)
6	실내외 환경 정보 제공	○
7	에너지 소비량 예측	○ (권장사항)
8	에너지 비용 조회 및 분석	○
9	제어시스템 연동	○
10	계측기관리	○
11	데이터관리	○

III. 학교시설 에너지절약 설계현황 분석

III-1. 학교시설 에너지절약 설계현황 분석방법

학교시설의 에너지절약 설계현황을 분석하기 위해 건축물 에너지효율등급 인증 결과를 분석하였다.

전국의 학교시설을 학교급, 지역 등을 포함한 학교 기본 현황과 설계요소 및 건축물 에너지효율등급의 결과 분석을 중심으로 검토하였다.

III-2. 분석대상

분석대상 범위는 <Table 4>와 같이 건축물에너지효율등급 인증 결과 988건 중에서 초등학교, 중학교, 고등학교를 분류하여 분석하였다. 다음으로 <Table 5>의 건축물 에너지효율등급 인증 획득현황을 나타낸 것으로 1++등급이 79.3%로 가장 높았고, 1+등급, 1+++등급, 1등급 순으로 인증등급을 획득하고 있다.

Table 4. Building energy efficiency certification grade certification target

구분		비고
초등학교	576교	
중학교	253교	
고등학교	159교	

988교

예비인증 및 본인증이 중복되는 경우 본인증만 대상

Table 5. Building energy efficiency certification grade Certification status by school grade

등급	초등학교	중학교	고등학교	합계	
1+++ 등급	28건	14건	12건	54건	5.5%
1++ 등급	470건	197건	116건	783건	79.3%
1+등급	74건	40건	29건	143건	14.4%
1등급	4건	2건	2건	8건	0.8%
합계	576건	253건	159건	988건	100%

III-3. 건축물에너지효율등급 인증 분석결과

1) 부위별 평균열관류율

<Figure 3>은 부위별 외벽, 지붕, 바닥의 평균 열관류율을 나타낸 값이다. 전국 평균 외벽 0.466W/m²·K, 지붕 0.145W/m²·K, 바닥 0.169W/m²·K를 보이고 있으며, 중부>남부>제주 순으로 외벽, 지붕, 바닥의 평균 열관류율이 낮은 값 순으로 나타났다.

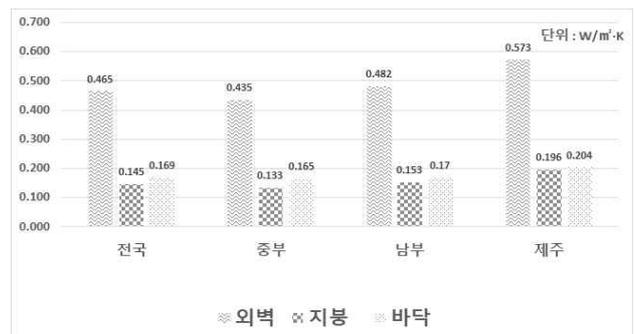


Figure 3. Average heat transmission coefficient of region

2) 외피면적 대비 창면적 비율

<Figure 4>는 전국 평균 창면적비율을 나타낸 것이다. 초등학교 24.88%, 중학교 25.65%, 고등학교 25.46%로 큰 차이를 보이지 않았으며, 초등학교는 제주 20.82%~대구 29.47%, 중학교는 부산 30.23%~서울 19.47%, 고등학교는 경남 20.12%~부산 30.08%의 범위를 보였다. 남부지역인 부산과 대구에서 창면적비율이 높은 것으로 나타났다.

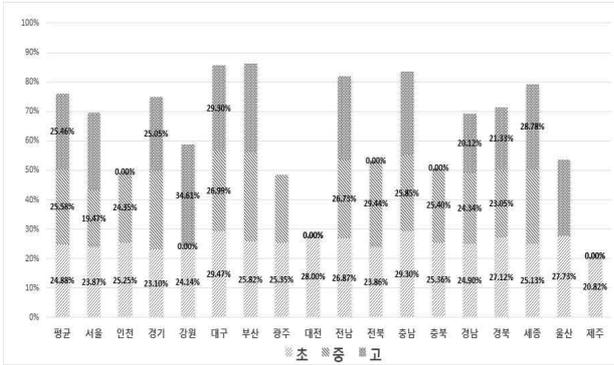


Figure 4. Window area ratio to building envelope

3) 난방설비 비율

〈Figure 5〉는 냉난방설비의 사용비율을 나타낸 것이다. 냉방설비의 경우 에너지절약설계기준의 냉방용량의 60% 이상을 가스, 지역냉방, 신재생에너지 이용 등 전기대체 냉방설비 이용 규정에 의해, 냉난방설비로 학교급에 관계없이 50% 이상을 GHP를 사용하고 있다.

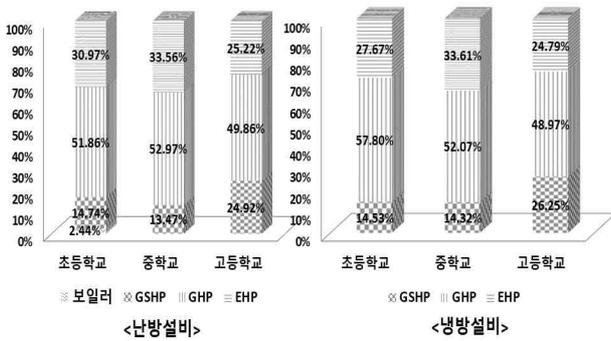


Figure 5. Heating and Cooling System by School Class

4) 급탕설비 비율

〈Figure 6〉은 학교시설의 급탕설비의 비율을 나타낸 것이다. 학교급에 상관없이 급탕설비는 가스온수기의 비중이 높게 나타나고 있으며, 전기온수기의 사용비율은 초등학교 24.93%, 중학교 31.93%, 가장 적은 고등학교는 12.86%의 비율을 나타내고 있다.

학교에서 유지관리 측면에서는 중앙식 보일러가 높은 열효율과 관리의 용이성이 있으나, 비용이 비싸고, 시공 후 증설에 따른 배관 변경 공사가 어렵고 배관에 의한 열 손실이 크므로 학교시설의 배치 및 기능에 따라 중앙식 보일러와 개별식 보일러의 효율적인 배치가 필요할 것으로 보인다.

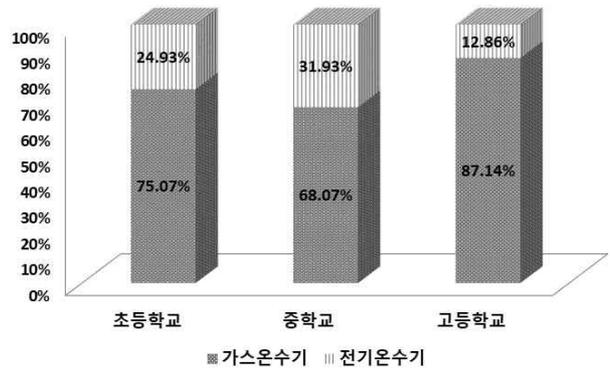


Figure 6. Hot water supply system by School Class

5) 조명밀도

냉난방공간(에너지절약설계기준의 거실)의 평균 조명밀도는 전국 6.65W/m²로 에너지성능지표에서는 8W/m² 미만인 경우 배점 1점을 획득하게 되어 낮은 조명밀도를 보인다.

또한 전남지역은 5.70W/m²으로 가장 낮은 조명밀도를 보이고 있다. 〈Figure 7〉은 냉난방공간의 평균 조명밀도를 나타낸 것이다.

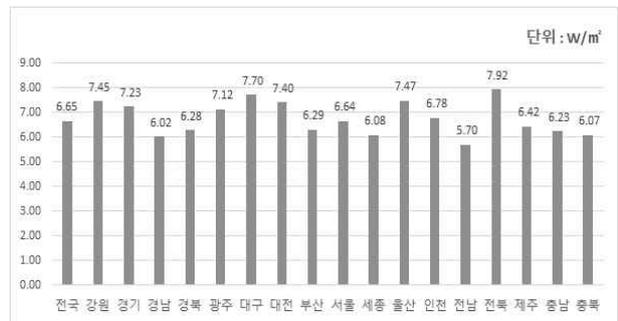


Figure 7. Average Lighting Density in Heating and Cooling Spaces

III-4. 에너지관련 요소별 자립률 분석

「녹색건축물 조성 지원법」 제2조 제4호 “제로에너지 건축물 이란” 건축물에 필요한 에너지부하를 최소화하고 신에너지 및 재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색건축물이라 정의되어있으며, 제로에너지건축물을 실현시키는 위한 기술은 패시브(Passive)기술과 액티브(Active)기술로 정리된다. 패시브 기술은 계절 외기온도에 대한 변화가 건축물에 미치는 영향을 최소화하여 적은 에너지를 사용하면서 실내환경을 유지할 수 있게 하는 기술로 자연환기, 고성능 창호, 외단열, 차양 등이 있으며, 액티브 기술은

사용되는 기자재의 에너지사용은 적으면서, 높은 성능을 나타내는 기술로 고효율보일러, 폐열회수환기장치, LED조명, BEMS 등이 있다. 다만 ECO2에서 적용할 수 있는 패시브 및 액티브기술이 한정적이며, 적용할 가능할 패시브 및 액티브 기술들이 어떠한 영향을 미치는지 분석하고자 한다. ECO2에서 학교시설은 규모의 차이를 보일 뿐 “교실(초,중,고)” 사용하는 프로파일은 동일하기 때문에 중부지역 12,000㎡ 규모의 학교시설 1개교를 대상으로 분석하였다. 그 세부 내용은 <Table 6>과 같다.

Table 6. Sample School Overview

구분	A초등학교
규모	지하2층, 지4층
구조	철근콘크리트조, 철골조
건축면적	4,258.43
연면적	12,505.88
냉난방기기	EHP, GHP
신재생/공급의무비율	태양광(PV)/18%
건축허가연도	2016년
입력존(조명밀도)	5.10W/㎡
입력면(창면적비)	24.6%

1) 단열재

국토교통부 녹색건축 정책 추진경과에 따르면 2008년~2017까지 단열기준이 22~29% 상승하였다. 이에 ECO2 프로그램에서 단열재 변화에 따른 1차에너지소요량 변화를 보고자 한다.

<Figure 8>은 에너지절약설계기준[국토교통부고시 제2017-881호]의 중부2지역(서울) 법적기준 열관류율 값을 기준으로 단열재를 10mm씩 증가시켜 1차에너지소요량의 변화를 분석한 것이다. 법적 기준일 때 1차에너지소요량 140.2kWh/㎡·y에서 단열재를 100mm까지 증가시켰을 때 1차에너지소요량 137.1kWh/㎡·y로 약 3.1kWh/㎡·y 정도 줄어드는 것으로 나타났다.

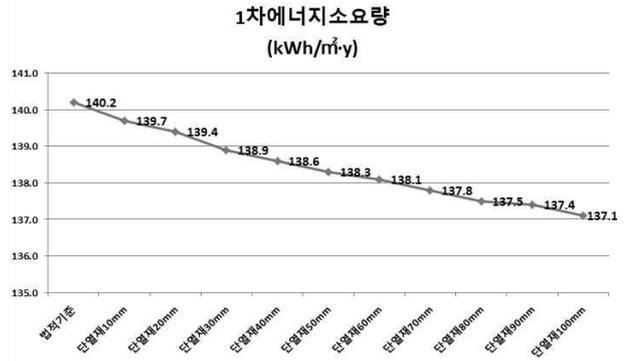


Figure 8. Analysis of Primary Energy Consumption by Window Area Ratio

2) 창호열관류율

<Figure 9>는 창호열관류율 변화에 따른 1차에너지소요량을 분석한 그래프이다. 창호열관류율 1.5W/㎡·K를 기준으로 낮은 열관류율 값을 가지는 창호가 ECO2에서 어떻게 변화하는지를 살펴보았다. 창호열관류율 1.5W/㎡·K~0.8W/㎡·K까지 1차에너지소요량 2.6kWh/㎡·y로 단열재와 비슷하게 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있었다.

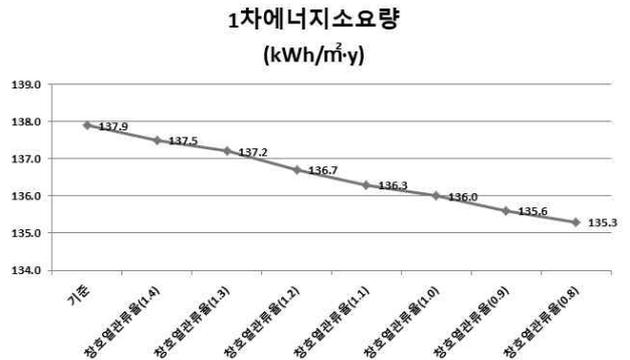


Figure 9. Analysis of Primary Energy Consumption by Change of Window heat transmission coefficient

3) 창면적비

제로에너지건축물을 추구하기 위해서는 창면적비는 무엇보다 중요한 요소 중에 하나이다. 적절한 창면적비는 재실자들에게 조망을 제공하고 에너지절약적인 측면에서 효율적인 창호 규모를 결정함에 상당히 중요하다. 하지만 <Figure 10>과 같이 창면적비 1%씩 줄일 때마다 ECO2에 미치는 1차에너지소요량은 미비한 것으로 나타났다.

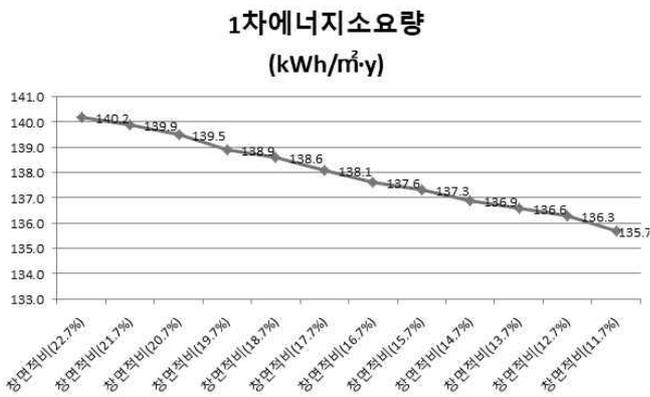


Figure 10. Analysis of Primary Energy Consumption by Window Area Ratio

4) 조명밀도

조명밀도는 1차에너지소요량을 결정하는 중요한 인자로 조명밀도 감소를 위한 고효율조명기기 및 간접조명을 이용한 광선반 등 다양한 기술들이 있으며, 조명밀도 감소에 따른 결과는 1W/m² 감소할 때마다 <Figure 11>과 같이 평균 약 5kWh/m²·y 씩 줄었으며, 자립률은 약 0.5% 상승을 보였다. 조명밀도는 1차에너지소요량 및 자립률에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

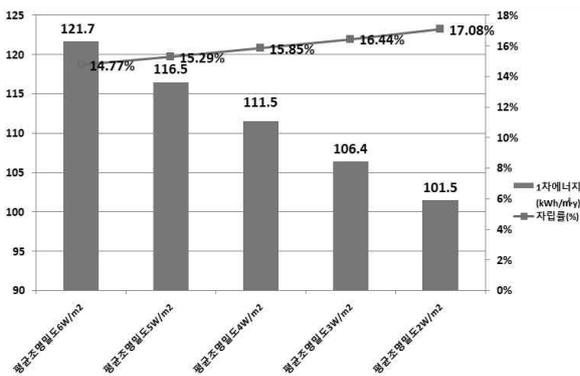


Figure 11. Changes in Primary Energy Consumption and Self-reliance Ratio by Lighting Density

5) 전열교환기효율

<Figure 12>는 교실에 사용되는 전열교환기의 난방 및 냉방 효율에 따른 변화값을 나타낸 것이다. 고효율기자재인증제품 기준 전열교환기의 효율은 난방 70%, 냉방 45%에서 최대 난방 90%, 냉방 65%까지 효율을 변경적용 해본 결과 1차에너지소요량 및 자립률에는 큰 변화가 없었다.

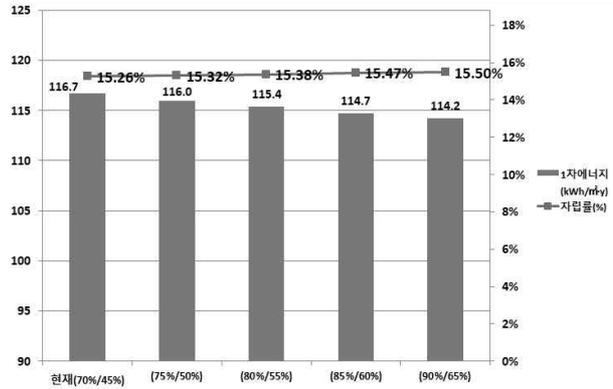


Figure 12. Changes in the Primary Energy Consumption and Self-reliance Rate by the Efficiency of Heat Exchanger

6) 태양광(PV)

국가기술표준원고시제2020-0015호(2020.01.28. 시행) '태양광 모듈 최저효율제도'를 시행 최저효율 태양광 효율 17.5% 이상 KS 기준을 취득할 수 있도록 개정하였으며, 17% 미만 제품은 시장에서 거래를 할 수 없다. 이에 <Figure 13>은 신축학교 1개교를 대상으로 태양광 용량에 따른 태양광효율의 변화를 나타낸 것이다. 그 결과를 보면 기본값(약 12%)을 적용하였을 때 자립률 14.25%에서 태양광효율 18% 적용 시 자립률 23.08%로 약 62%의 자립률 상향을 보였다.

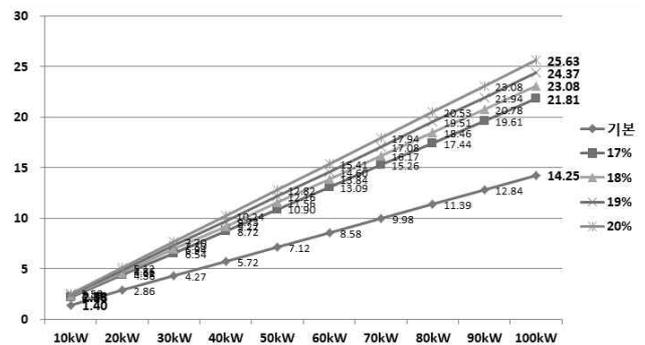


Figure 13. Self-reliance rate change according to capacity by solar energy efficiency

7) 태양광 PV 및 BIPV 상관관계

<Figure 14>는 ECO2에서 태양광 PV 및 BIPV 설치용량에 따른 자립률 변화를 나타낸 것이다. PV는 BIPV 보다 자립률이 약 2배 정도 높게 나타났다. BIPV 보다는 PV를 우선적으로 설치되어야 제로에너지건축물인증 달성에 유리할 것으로 판단된다.

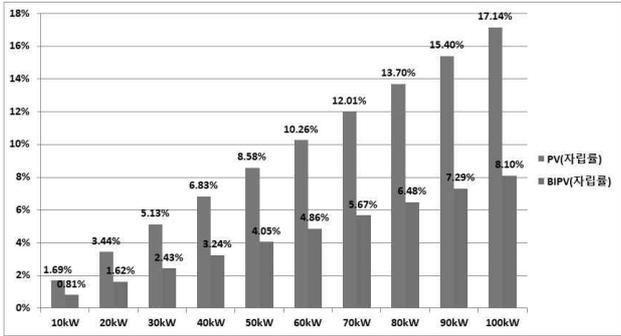


Figure 14. Self-reliance rate changes with solar PV and BIPV capacities

8) 지열

2012년 5월부터 공공기관의 경우 주간 최대 냉방부하의 60% 이상은 의무적으로 가스, 신재생에너지 이용 등의 전기대체 냉방설비를 이용하도록 명시하고 있으며, 학교시설에서는 가스(LNG)를 많이 사용하고 있다. 이를 대체할 지열 시스템을 비율로 적용하여 살펴보면 그 결과는 <Figure 15>와 같고 최초 열원설비 비율(EHP 40%, GHP 60%)에서 신재생설비 지열을 60%, 100% 일때 각각의 1차에너지소요량 및 자립률 변화를 나타낸 것이다. 전체 냉난방 설비 중에서 지열 60% 설치했을 때 1차에너지소요량이 11.1kWh/m²·y 감소, 자립률 1.68%가 나왔으며, 100%일 때 60% 대비 1차에너지 소요량이 23.6kWh/m²·y 감소, 자립률이 8.39% 상향을 보였다.

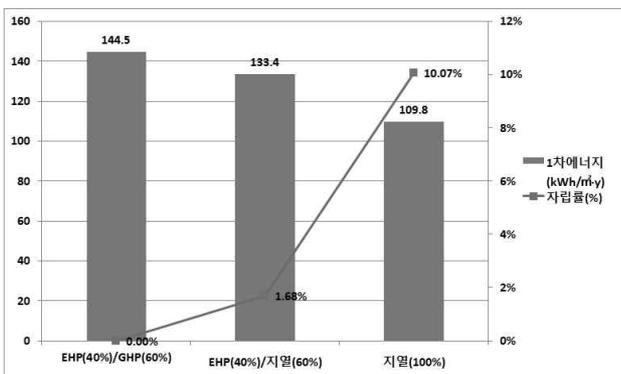


Figure 15. Changes in the Primary Energy Consumption and Self-reliance Ratio according to the Ratio of Heat Source Facilities

IV. 학교시설 제로에너지인증을 위한 효율적 설계방안

제로에너지건축물 인증을 위한 ECO2에 분석한

Passive, Active, 신재생 요소별 1차에너지소요량 및 자립률의 결과를 살펴보았다. 크게 Passive 요소는 미비하나 1차에너지소요량의 감소하였으며, Active 요소에서의 조명밀도는 1차에너지소요량 과 자립률에 영향을 보였다. 신재생설비는 1차에너지소요량 과 자립률 변화에 가장 큰 영역을 차지하고 영향력도 높았다. 그 세부 내용을 정리하면 다음과 같다.

IV-1. Passive 요소에 따른 영향

1) 앞서 <Figure 8>의 결과처럼 단열재의 경우 벽체 단열두께를 증가시키면서 연간 원단위 에너지소비량을 시뮬레이션 하면 벽체단열보강에 따른 연간에너지 소비량이 비례하여 계속적으로 감소하지 않고 절감량도 그다지 크지 않다. (조진일 외 4인, 제로에너지·생태학교 모형 개발연구(II), 한국교육개발원 보고서, 2009, p174) 기존 선행연구결과와 비슷한 경향을 보였다.

2) 창호열관류율은 1.5W/m²·K~0.8W/m²·K까지 단계적으로 강화된 열관류율값을 적용하였으나, 1차에너지소요량은 단열재와 비슷한 결과로 거의 변화가 없었다.

3) 창면적비는 선정된 모델의 창면적비 22.7%에서 1%씩 줄여서 창면적비가 9.7%까지의 1차에너지소요량은 약 6.5kWh/m²·y 줄어드는 것으로 나타났다.

IV-2. Active 요소에 따른 영향

Active 요소의 조명밀도, 전열교환기 효율에 따른 ECO2 적용 결과값을 살펴보면 다음과 같다.

1) 조명밀도의 경우에는 전력사용량과 직접적인 관계성으로 인하여 조명밀도가 1W/m²씩 줄 때마다 약 0.5%의 자립률 상향을 보였다.

2) 전열교환기 효율은 교실에 사용되는 환기유닛을 중심으로 최초 난방 70%, 냉방 45% 기준값에서 최대 난방 90%, 냉방 65%까지의 1차에너지소요량 및 자립률을 살펴본 결과는 1차에너지소요량 2.56kWh/m²·y, 자립률 0.24%로 아주 미비한 결과를 나타냈다.

IV-3. 신재생 요소에 따른 영향

[신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 기준(지식경제부 고시제2012-7호)]을 시작으로 한국에너지공단 신재생에너지센터 [신재생에너지설비의 지원 등에 관한 지침]을 토대로 신재생의무비율을 시행하고 있으며, 그 종류는 태양광, 태양열, 지열에너지, 집광채광, 연

료전지, 수열에너지, 목재펠릿 등 모두 7가지며, 세부적으로 14가지로 구성되어 있다. 다만 건축물 에너지 효율등급의 ECO2 프로그램에서 적용 가능한 신재생 에너지원은 한정적이다. ECO2에 적용가능한 신재생 설비는 태양광 고정식(PV), BIPV, 태양열에서 평판형, 진공관형, 지열, 연료전지(열병합) 등 6가지만 가능하다. 신재생의무비율 30%를 적용한다고 가정했을 때, 건축물 에너지효율등급 자립률 20%를 달성 가능 여부는 ECO2 프로그램을 시뮬레이션 이후 가능하기 때문에 신재생설비 적용 여부는 건축물 에너지효율등급, 제로에너지건축물인증 두 가지 모두 중요한 요소로 작용한다. 시뮬레이션 결과를 보면 PV, BIPV, 지열의 1차에너지소요량 및 자립률 결과는 PV 효율값이 영향이 BIPV보다 높게 나타났으며, 지열은 기존 EHP(40%), GHP(60%) 보다 1차에너지소요량 및 자립률 변화가 높게 나타났다.

V. 결론

본 연구에서는 학교시설 제로에너지인증제 의무 시행에 따라 건축물에너지효율등급 인증대상을 988건을 분석 하였으며, 1개 학교시설을 선정하여 에너지소요량 별 1차에너지소요량 및 자립률에 미치는 영향을 분석 하였다.

그 세부사항으로는 Passive요소에서 단열재, 창호열관류율, 창면적비, Active요소에서 조명밀도, 전열교환기효율, 신재생요소에서 태양광 및 지열등을 분석하였으며, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 학교시설 단열성능 및 창호열관류율은 제도적 기반 아래 우수한 수준을 보이나 1차에너지소요량 및 자립률에 미치는 영향은 미비하였다. 창면적비 또한 마찬가지였으며, 3가지 요소는 에너지절약요소로 중요하나 제로에너지 인증을 획득하기 위한 과도한 단열재 증가 및 무리한 계획보다는 에너지비용 측면을 고려한 설계가 필요할 것으로 분석되었다.

2) ECO2에 적용한 Passive요소에서 1차에너지소요량 감소효과는 적게 보였으며, 제로에너지인증을 판단하는 자립률에는 영향을 보이지 않았다. Passive요소는 자립률과 직접적인 관계는 없는 것으로 판단되며, Active 요소는 1차에너지사용량에 따른 절감된 일부 에너지사용량이 자립률에 반영된다는 것을 알 수 있었다.

3) 제로에너지인증을 위한 태양광은 필수요소이며, 모듈 효율에 따라 자립률 또한 다양한 결과를 보였다. PV(거치형) 및 BIPV(밀착형)의 상관관계에서는 PV의 태양광이 BIPV보다 약 2배 자립률이 상향된 차이를 보였으며, 제로에너지인증을 위한 태양광 설계시 무엇보다 PV를 선택하고 모듈효율 18% 이상을 계획한다면 가장 효율적일 것으로 판단된다.

4) ‘신에너지 및 재생에너지 개발 이용보급 촉진법 시행령’에 따라 공공건물의 신재생에너지 이용시설 의무설치 비율이 매년 증가추세를 보이고 있다. 이에 따른 신재생에너지 이용시설의 경우 이용확대를 위해 다방면의 연구가 진행되고 있으며, 의무비율에서 선택적 적용은 가능하나 ECO2 프로그램에 적용반영 할 수 있는 신재생설비 극히 제한적이기 때문에 ECO2 프로그램에 추가 반영될 신재생설비의 추가적 연구가 필요할 것으로 판단된다.

국문초록

국토교통부는 新기후체제 출범에 따라 건물부분의 에너지절약 및 국가 온실가스 감축목표 달성을 앞당기기 위해 제로에너지건축물 인증제를 시행하고 있다. 2014년 ZEB 조기활성화 방안을 발표 하였으며, 2016년 1월 “녹색건축물 조성 지원법”을 개정하고 제도적 기반을 마련하여 2020년부터 공공부분을 시작으로 2025년 까지 민간부분 까지 단계적 제로에너지건축물을 확산시키기 위한 계획을 수립 시행중에 있다. 2020년부터 공공부분에 속하는 학교시설은 제로에너지건축물 의무대상에 포함됨에 따라

본 연구에서는 학교시설 제로에너지건축물 인증시행에 따른 에너지소요량 별 자립률을 분석하고자 한다.

참고문헌

1. 계보경 외 2인(2011), 미래학교 디자인 가이드라인, 한국교육학술정보원.
2. 박재완 외 3인(2010), 고등학교의 Zero Energy School 구현을 위한 기술 요소별 에너지 시뮬레이션 평가에 관한 연구, 한국태양에너지학회, 2010(11), 260-265.
3. 윤종호 외 4인(201), 전국 고등학교 시설의 에너지 사용실태 분석 연구, 한국태양에너지학회, 30(4), 55-62.
4. 윤종호 외 4인(2010), 전국 중학교 시설의 에너지 사용실태 분석 연구, 한국생태환경건축학회, 10(4), 45-50.

5. 김효중 외 4인(2010), 전국 초등학교 교육시설의 단위면적당 에너지 사용실태 분석 연구, 한국태양에너지학회, 2010(4), 55-60.
6. 윤종호 외 4인(2009), 제로에너지 스쿨을 위한 초등 교육시설의 에너지 성능평가, 한국태양에너지학회, 121-126.
7. 김강식 외 3인(2011), 고등학교 시설의 에너지 소비량특성에 관한 사례분석, 한국태양에너지학회, 31(5), 99-104.
8. 조진일 외 4인(2009), 제로에너지·생태학교 모형 개발연구(II), 한국교육개발원 보고서, 174.

논문투고일 2021.03.12, 심사완료일 2021.03.28, 게재확정일 2021.03.30.