

충북지역 보건지소·진료소의 그린리모델링 내용 및 에너지 절감효과 분석 : 2021 공공건축물 그린리모델링 사업 및 ECO2-OD 모델링을 기반으로

Analysis on Green Remodeling Contents and Energy Saving Effect of Small-sized Public Health Care Building in Chungbuk Region : Based on 2021 Public Building Green Remodeling Project and ECO2-OD Modeling

배영현¹⁾ · 한민지¹⁾ · 최윤정^{2)*}

충북대학교 주거환경학과 학사과정¹⁾ · 충북대학교 주거환경학과 교수^{2)*}

Bae, Younghyun¹⁾ · Han, Minji¹⁾ · Yoon Jung Choi^{2)*}

Dept. of Housing & Interior Design, Chungbuk National University^{1),2)}

Abstract

The purpose of this study was to analyze the energy saving effect of 2021 Green Remodeling Project for small-sized public health care building in the Chungcheongbuk-do region. After analyzing architectural drawings and pre-consulting contents for a total of nine buildings, conducting field surveys from August to November 2022, and ECO2-OD modeling after remodeling construction, we conducted a qualitative analysis of energy saving effects according to building characteristics and green remodeling contents. The total number of green remodeling items per building ranged from 4 to 8 (average 6.2), of which the number of those applied to the passive items ranged from 1 to 3 (average 2.6), and the number of items reflecting in ECO2-OD ranged from 3 to 6 (average 5.0). As a result of ECO2-OD modeling, the energy demand reduction rate by green remodeling was revealed by 14.1 to 42.8 (average 27.3)%, energy consumption was reduced by 20.8 to 47.2 (average 32.5)%. In addition, the energy efficiency rating of the building was improved by an average of 1.6 grades, confirming the need for green remodeling projects. The most significant factors affecting the reduction in energy consumption after green remodeling are the reduction in energy requirements due to the application of green remodeling items in the building sector and the installation of solar panels, while other influencing factors are the improvement in capacity and efficiency by replacing with EHP and boilers, and the reduction in capacity and density of LED lighting.

Keywords: Public buildings, Small-sized public health care building, Green remodeling, Energy saving effect, ECO2-OD

이 논문은 국토교통부·국토안전관리원 지원 「2021 그린리모델링 충청권 지역거점 플랫폼」의 최윤정교수팀 결과의 일부이며, (사)한국생활과학회 2023하계학술대회 발표내용을 수정보완한 것임.

* Corresponding author: Yoon Jung Choi

Tel: +82-43-261-2714, Fax: +82-43-276-7166

E-mail: ychoi@cbnu.ac.kr

© 2024, Korean Association of Human Ecology. All rights reserved.

I. 연구의 배경 및 목적

공공건축물 그린리모델링 사업은 국토교통부에서 2013년부터 그린리모델링창조센터를 설립하고 민간건축물 그린리모델링 이차지원사업, 그린리모델링 사업자 선정 및 등록과 함께 시작하였다(국토안전관리원 그린리모델링 창조센터 홈페이지, 2023). 2020년부터는 그린뉴딜의 일환으로 대폭 확대되었는데, 2021년 공공건축물 그린리모델링 사업 공고문(국토교통부, 2021a)에 따르면, 노후 공공건축물의 에너지성능향상 및 생활환경개선을 위한 사업비용을 지원하는 사업으로 「녹색건축물 조성지원법」 제27조를 법적 근거로 두고 있다. 사업지원대상은 「그린리모델링 지원사업 운영등에 관한 고시」 제2조 제5호의 공공건축물 중 2012년 1월 1일 이전에 준공한 건축물에 해당하는 시설로 국공립어린이집, 직장어린이집, 보건소, 보건의료원, 보건지소 및 건강생활지원센터, 보건진료소, 공공보건의료기관이 해당된다.

이러한 그린리모델링 사업의 원활한 수행을 위해 지역거점 플랫폼이 구축되었는데, 이는 지역의 대학·연구소 등이 참여하는 그린리모델링 협력체계로서, 사업대상기관의 사업대상지에 대한 공사 관련 기술자문 및 에너지성능분석, 건물운영 매뉴얼 제공 등의 사업지원과, 그 외에 지역 역량강화, 사업대상 홍보, 공감대 확산 등을 수행한다. 2021년 지역거점 플랫폼은 5개 권역(수도권, 강원권, 충청권, 전라권, 경상권)에서 운영되며, 총 141개의 대표기관과 협력기관이 수행하고 있다(국토교통부, 2021b).

그린리모델링 충청권 플랫폼 자료에 의하면, 2021년 공공건축물 그린리모델링 사업의 대상은 어린이집 26개, 보건소계열 98개(보건소 4개, 보건지소 34개, 보건진료소 60개), 의료시설 2개로 총 126개 건물이었다. 충북일보 미디어전략팀(“그린리모델링으로 그린 보건진료소”, 2021)은 청주시 오창읍 가좌보건진료소의 진료소장을 인터뷰하였는데, 공공건축물 그린리모델링 사업대상으로 선정되어 공사를 진행한 후, 이전에는 에어컨을 틀어도 쉽사리 시원해지지 않았으나 공사후에는 여름엔 더 시원하고 겨울엔 더 따뜻한 무더위 쉼터이자 한파대비 장소로 한걸음 나아갔으며 폐열회수형환기장치를 설치하여 미세먼지 대비 쉼터 역할도 할 수 있게 되었다고 답했다. 이처럼 지역의 보건지소와 보건진료소(이하 보건지소·진료소)는 취약계층의 지역보건의료기관으로서의 역할뿐 아니라 무더위, 한파, 미세먼지 대비 쉼터 등

의 역할을 수행하므로, 그린리모델링에 의한 에너지절감과 건강성 향상의 의미가 큰 공공건축물이라 할 수 있다.

그런데 김혜진 외(2023)가 2020년 그린리모델링 충청권역 플랫폼에서 에너지평가를 담당한 19개 건물의 분석결과, 리모델링 적용항목수와 에너지절감률은 대체로 비례하지만, 리모델링 적용항목수가 많았음에도 에너지절감률이 낮거나, 적용항목수는 적는데 에너지절감률이 높게 나타나는 등 건물별 차이가 크게 나타났다. 즉, 그린리모델링에 의한 에너지절감은 적용항목수보다는 건축물의 특성 및 그린리모델링 내용에 따라 차이를 보이므로, 취약계층의 지역보건의료기관을 대상으로 그린리모델링의 내용과 에너지 절감효과는 어떠한지 분석하여 그린리모델링 사업 및 설계에 고려할 점을 파악할 필요가 있다.

이에, 본 연구는 2021년 그린리모델링 충청권 지역거점 플랫폼에 속한 연구자들이 에너지분석을 담당한 사업대상건물 중 동일용도인 보건지소·진료소를 대상으로 건축물 특성과 그린리모델링 내용에 따른 에너지 절감효과를 분석하여, 향후 그린리모델링 사업 및 설계에 반영할 점을 제안하는 것을 목적으로 한다.

II. 연구방법

1. 조사대상

본 연구의 대상은 2021년 공공건축물 그린리모델링 사업의 충청권역 사업대상지 중 일부로, 본 연구팀이 에너지평가를 담당한 건물 중 보건지소 3개, 보건진료소 6개, 총 9개 건물을 대상으로 하였다. 대상건물은 컨설팅업체의 사전조사 후 소관 지자체에서 2021년 공공건축물 그린리모델링 사업에 신청, 선정된 후 그린리모델링 설계 및 공사가 진행되었다.

2. 조사분석방법

본 연구는 건물특성 및 그린리모델링 내용에 따른 에너지 절감효과 분석을 위해, 데스크리서치, 현장조사, 공사후 ECO2-OD 모델링을 진행하였다.

1) 데스크리서치

건물별 그린리모델링 전 도면과 사전컨설팅보고서(기

존건물의 건축적특성, 개선안, 예상 총사업비, 개선안에 따른 개선전·후의 ECO2-OD 모델링 결과)를 통해 그린리모델링 전 대상건물의 일반사항 및 현황과 개선안 등을 파악하였다. 또한, 대상건물의 그린리모델링 도면(건축, 기계, 전기) 및 관련자료를 분석하여 그린리모델링의 내용을 파악하였다. 이들 자료는 지자체 담당자로부터 직접 제공받거나, 국토안전관리원으로부터 제공받았다.

본 연구내용의 분석에 직접 활용한 건축물의 에너지관련 기준으로 「건축물의 에너지절약설계기준」(2023. 2. 28, 일부개정) 별표 1(지역별 건축물 부위의 열관류율표), 「건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준」(2019. 3. 1, 시행) 별표 2(건축물 에너지효율등급 인증 등급) 등을 고찰하였다.

2) 현장조사

현장조사는 대상건물의 도면 및 자료에 대한 데스크리서치 내용과 실제 공사내용이 동일한지 확인을 목적으로 그린리모델링 공사후 2022년 8월~11월에, 건물별 1회 방문하여 관찰 및 사진촬영, 시설근무자와 인터뷰 등을 진행하였다.

현장조사시 도면과 다른 부분이 발견되는 경우 현장조사결과를 모델링에 이용하였으며, 2021년 공공건축물 그린리모델링 사업의 예산은 아니지만, 동일기간에 신재생에너지 보급지원사업이나 보건지소·진료소에서 자부담으로 설치한 신재생에너지 설비, 온수기 등은 급변 그린리모델링 내용에 포함하여 분석하였다.

3) 공사후 ECO2-OD 모델링

사전건설업체가 담당한 공사전 ECO2-OD 파일은 국토안전원으로부터 제공받았으며, 공사후 에너지 분석은 ECO2-OD 프로그램을 이용하여 진행하였다. ECO2-OD 입력값은 설계도서 및 현장조사시 실측 또는 확인된 값을 이용하였으며, 공사전·후 동일한 구조체는 공사전 도면이 확보된 경우는 도서정보로, 정보가 없을 경우는 준공연도 직전의 「건축물의 에너지절약설계기준」의 기준치를 입력하였다.

본 연구의 선행연구 고찰을 위해, 연구자 소속 대학 도서관의 전자자료 통합검색, RISS, DBpia에서 ‘보건지소’, ‘보건진료소’, ‘그린리모델링’, ‘공공건축물 그린리모델링’, ‘에너지분석’, ‘ECO2-OD’ 등의 키워드로 2023년 2월까지 검색을 진행하였다. 그 결과, 보건지소·진료소를 포함한 그린리모델링 사업의 에너지평가를 위해 사전조사보고서와 설계건설팅을 자료로 분석한 연구는 3편(김도희 외, 2022; 배민정 외, 2022; 우수진, 이상윤, 2022) 있었으나, 그린리모델링 사업이 완료된 건축물을 대상으로한 연구는 1편(김혜진 외, 2023) 뿐이었고, 보건지소·진료소만을 대상으로 에너지분석을 한 논문은 전무하였다.

김혜진 외(2023)의 공공건축물 그린리모델링 사업대상의 물리적환경 변화에 따른 에너지분석과 시설근무자 평가에 의한 개선사항 제안 연구는, 2020년 그린리모델링 충청권역의 19개 건물(보건소계열 15개, 어린이집 3개, 의료시설 1개)을 대상으로 ECO2-OD에 의한 에너지분석과 공사후 근무자를 대상으로 한 설문조사를 수행하였다. 그중 본 연구의 내용에 해당하는 에너지분석 부분의 주요 연구결과는, 그린리모델링 적용항목은 평균 5.8건, 채택률은 고효율 냉난방장치, 고성능 창 및 문, 고효율조명, 내외부 단열보강, 급탕설비 교체, 폐열회수형환기장치 순이었다. 대상건물의 공사후 1차에너지소요량 절감률은 0.2~51%, 평균 26.0%로 그린리모델링 적용항목수와 대체로 비례하였다. 적용항목수에 비해 절감률이 높게 나타난 건물들은 전체건물의 창호와 냉난방장치, 조명을 동시에 교체하였으며, 반대로 적용항목수에 비해 절감률이 높지 않은 건물들은 부분 리모델링이었다. 이에, 부분 리모델링을 지양하고 전체건물을 대상으로 리모델링하며, 건물별 환경성능진단에 따른 우선순위를 도출하여 그린리모델링 항목을 채택할 것을 제안하였다.

이상 고찰결과, 이 연구는 어린이집, 보건소계열, 의료시설을 구분하여 분석하지 않았으므로, 보건소계열 그린리모델링의 더 효과적인 에너지절감 방안을 위해 보건지소·진료소의 건축물 특성과 그린리모델링 내용에 따른 에너지 절감효과 분석은 의미가 있다고 판단된다.

2. ECO2-OD 프로그램

ECO2-OD란 건축물의 에너지소비총량을 평가하기 위한 프로그램으로 건축물의 에너지요구량과 소비총량을 산출하며, 프로그램에 요구되는 정보는 크게 일반사

III. 문헌고찰

1. 선행연구고찰

항, 건축부문, 설비부문으로 구분된다. 이는 「건축물의 에너지절약설계기준」의 평가항목을 기초로 ISO 13790의 계산방식에 따라 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 등에 대해 연간 단위면적당 ‘1차에너지소요량’을 종합적으로 평가하도록 제작되었다(한국건설기술연구원, 2014).

ECO2-OD에서 산출되는 ‘에너지요구량’은 건물 내 채실자에게 직접적으로 영향을 미치는 열, 냉열, 빛 및 급탕에 필요한 에너지량을 의미하므로, 건물형태, 방위, 자재특성 및 단열성능, 창면적비 등과 같은 건축부문의 영향을 받는다. ‘에너지소요량’은 에너지요구량을 충족시키기 위해 설비시스템에서 소요되는 석유, 가스, 전기 등과 같은 연료에 따른 에너지량을 의미하므로, 건축부문에 의한 에너지요구량에 설비시스템의 수량, 종류, 용량, 효율 등을 고려하여 계산된다. ‘1차에너지소요량’은 에너지소요량에 연계된 연료의 채취, 가공, 운송, 변환, 공급과정 등에 필요한 에너지를 포함하여 환산된 에너지량을 의미한다. 연료(가스, 기름 등)는 에너지소요량의 1.1배, 전력의 경우 2.75배, 지역난방의 경우 0.728배, 지역냉방의 경우 0.937배로 산출된다(한국에너지공단, 2020).

ECO2-OD에서 산출된 1차에너지소요량 값은 「건축물의 에너지절약설계기준」에 따라 연면적 합계 500㎡ 이상의 건축물이 의무제출해야하는 ‘에너지절약설계검토서’의 적합판단기준, 「에너지절약형 친환경주택의 건설기준」에 따라 30세대 이상 공동주택이 의무제출해야하는 ‘친환경주택에너지절약성능계획서’의 평가기준, 500㎡이상의 건축물이 인증표시의무인 「건축물에너지효율등급 인증」의 등급산정기준, 2023년 현재 500㎡이상의 공공건축물과 공공이 공급하는 공동주택이 의무대상인 「제로에너지건축물 인증」의 등급산정기준, 「녹색

건축인증」의 ‘에너지성능’ 평가항목에서 배점산출기준으로 활용되고 있다.

3. 건축물의 에너지 관련 기준

1) 건축물의 부위별 열관류율 기준

「건축물의 에너지절약설계기준」(2023. 2. 28, 일부개정)에 의하면, 건축물을 건축하거나 대수선, 용도변경 및 건축물대장의 기재내용을 변경하는 경우에는 열손실방지 등의 에너지이용합리화를 위한 조치를 하여야 한다. 이때 거실의 외벽, 최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕, 최하층에 있는 거실의 바닥, 바닥난방을 하는 층간바닥, 거실의 창 및 문 등은 별표1의 열관류율 기준을 준수하여야 한다.

본 연구의 대상건물은 모두 충청권 소재로 별표1에서 구분한 중부2지역, 공동주택 외에 해당하므로 일부발체하여 <표 1>에 기재하였다.

2) 건축물 에너지효율등급

건축물의 설계 및 시공단계에서부터 에너지효율적 설계를 채택, 에너지를 저소비하는 에너지절약형 건물보급을 목적으로, 「건축법 시행령」 별표1 각 호에 따른 건축물은 「건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증기준」(2020. 8. 13., 일부개정)에 따라, 난방, 냉방, 급탕(給湯), 조명 및 환기 등에 대한 1차에너지소요량으로 건축물 에너지효율등급을 인증받는다. 별표2(건축물 에너지효율등급 인증등급)을 주거용 이외의 건축물 기준을 <표 2>에 기재하였다.

<표 1> 지역별 건축물 부위의 열관류율표 (일부발체)

(단위 : W/㎡·K)

건축물의 부위	지역		중부2지역
	외기에 직접 면하는 경우	공동주택 외	
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우	공동주택 외	0.240 이하
	외기에 간접 면하는 경우	공동주택 외	0.340 이하
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우		0.150 이하
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.240 이하
창 및 문	외기에 직접 면하는 경우	공동주택 외	창, 문 1.500 이하
	외기에 간접 면하는 경우	공동주택 외	

출처 : 「건축물의 에너지절약설계기준」(2023. 2. 28, 일부개정) 별표 1

〈표 2〉 건축물 에너지효율등급 인증등급(주거용 이외 건축물)
(단위 : kWh/m²·년)

등급	연간 단위면적당 1차에너지소요량
1+++	80 미만
1++	80 이상 140 미만
1+	140 이상 200 미만
1	200 이상 260 미만
2	260 이상 320 미만
3	320 이상 380 미만
4	380 이상 450 미만
5	450 이상 520 미만
6	520 이상 610 미만
7	610 이상 700 미만

출처 : 「건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준」(2020. 8. 13, 일부개정) 별표 2

IV. 조사결과 및 해석

1. 대상건물의 개요

본 연구 대상건물의 개요는 2021년 공공건축물 그린리모델링사업의 건물번호순으로 <표 3>에 정리하고, 일부 건물의 공사전·후 외관과 내부모습은 <표 4>와 같다. 본 연구대상 건물은 모두 소규모건축물로서 6개건물이 1998~2009년에 건축된 철근콘크리트 중단열구조였다. 그린리모델링 전 건축특성이 9개건물간에 큰 차이가 없어, 그린리모델링에 의한 에너지 절감효과를 건물간 비교하기에 무리가 없다고 판단된다.

〈표 3〉 대상건물의 개요

건물	건물용도	준공연도[년]	층수	연면적[m ²]	방위	건물구조 및 벽체단열의 종류		
						1층 연와조	중단열+2003외단열	
a	보건지소	1987, 2003중축	2	376.72	북서	2층 철근콘크리트조	외단열	
b	보건지소	2008	2	349.41	남서	철근콘크리트조	외단열	
c	보건 진료소	1998	2	170.99	남동	철근콘크리트조	중단열	
d		2007	1	166.28	서	철근콘크리트조	중단열	
e		2006	1	158.56	북서	철근콘크리트조	중단열	
f		2005	2	273.15	남	철근콘크리트조	중단열	
g		2008	2	188.32	남동	철근콘크리트조	외단열	
h		2007	2	169.65	남서	철근콘크리트조	중단열	
i		보건지소	2009	2	336.69	동	철근콘크리트조	중단열

〈표 4〉 대상건물의 공사전·후 외관과 내부모습(일부발체)

건물 번호	공사전		공사후	
	외관	진료소 내부	외관	진료소 내부
e				
g				
i				

2. 그린리모델링 적용항목 및 에너지성능 변화

1) 그린리모델링 적용항목

대상건물의 그린리모델링 적용항목은 2021년 공공건축물 그린리모델링 사업에서 지원하는 필수공사와 선택요소로 구분하여 작성하였으며, <표 5>에 적용(○), 일부적용(△), 미적용 또는 이번 그린리모델링 이전에 적용되어 있었던 항목은 ‘-’로 표기하였다. 또한, 동일방식·용량의 신품으로 교체한 경우는 비용은 투입되었으나 에너지소요량에는 변함이 없으므로 ‘□’로 구분 표기하였다. <표 5>의 건축부문 건축단 조사대상 그린리모델링 사업의 경우 벽체단열보강, 지붕단열보강, 바닥단열보강, 고성능 창 및 문이다. ECO2-OD반영 항목수란 동일방식·용량의 신품으로 교체하여 에너지소요량에 변함이 없는 경우(‘□’ 표기)와 ECO2-OD에 반영되지 않는 항목(회색음영), 적용시 에너지소요량이 오히려 증가하는 폐열회수형환기장치(적색음영)를 제외한 것이다.

그린리모델링 사업에서 지원하는 필수 또는 선택 항목 중 바닥난방(배관교체), BEMS(건물에너지관리시스템), 석면제거, 스마트에어샤워, Cool-Roof(차열도료)는 그린리모델링에 적용시 실제로는 건물의 환경성능이 개선될 수 있지만 ECO2-OD에는 입력되지 않는 항목이며, 일사조절장치는 창문별로 입력은 가능하지만 입력요소는 수평차양각, 수직차양각 뿐이므로, 건축물의 실제 에너지성능이 잘 분석될 수 있도록 ECO2-OD의 개선이 필요하다고 생각된다.

그린리모델링 항목별 채택건물수는 고성능 창 및 문, 고효율조명이 9개건물(100%), 벽체단열보강은 8개건물(외단열 4개, 내단열 2개, 내·외단열 2개), 급탕설비와 고효율냉난방장치는 7개건물, 폐열회수형환기장치는 6개건물, 지붕단열보강은 5개건물(외단열 2개, 내단열 3개), 신재생에너지(태양광) 2개건물, 바닥난방(단열보강·배관교체), 고효율보일러, 석면제거가 각 1개건물씩이었다.

채택률이 높게 나타난 동시적용항목은 ‘고성능 창 및 문’과 ‘고효율조명 교체’로 9개건물에서 동시적용되었으며 이어 ‘벽체의 내·외부 단열보강’과 ‘고성능 창 및 문’, ‘고효율조명 교체’ 3건이 동시적용된 건물이 8개로 나타났다. 건물별 그린리모델링 총항목수는 4~8건(평균 6.2건)이었으며, 이중 건축부문 적용항목수는 1~3건(평균 2.6건)이었고, ECO2-OD반영 항목수는 3~6건(평균 5.0건)이었다.

대상건물의 공사기간은 평균 3개월이며, 설계비와 공

사비, 공사중 임시시설로 이전비용 등의 총사업비는 1.9~3.0억원, 평균은 2.5억원이었다.

2) 공사전·후 에너지성능 비교

ECO2-OD 모델링을 통해 산출한 대상건물의 공사전·후 연간 단위면적당 에너지요구량, 에너지소요량, 1차에너지소요량, 증감량, 증감률, 건축물 에너지효율등급수준은 <표 5>의 하단부와 같다. 증감량은 에너지요구량 등이 그린리모델링 후 감소된 경우 마이너스로 표현하였다.

이를 그린리모델링 전·후 증감량으로 살펴보면, 에너지요구량은 17.3~54.6(평균 33.1)kWh/m²·yr 감소, 에너지소요량은 13.0~54.6(평균 35.5)kWh/m²·yr 감소, 1차에너지소요량은 37.0~141.5(평균 102.5)kWh/m²·yr 감소하였으며, 증감률을 파악하면, 에너지요구량은 14.1~42.8(평균 27.3)% 감소, 에너지소요량은 20.8~47.2(평균 32.5)% 감소, 1차에너지소요량은 20.8~47.8(평균 33.3)% 감소하였다. 또한 건축물 에너지효율등급은 평균 1.6등급수준 향상하여, 그린리모델링 사업의 효과를 확인할 수 있었다.

3. 그린리모델링 내용에 따른 에너지성능 분석

1) 건축부문 적용내용과 에너지요구량 증감량

ECO2-OD에서 산출되는 에너지요구량과 관련되는 그린리모델링 건축부문 적용항목은 벽체단열보강, 지붕단열보강, 바닥단열보강, 고성능 창 및 문이다. 그린리모델링 전·후 구조체열관류율은 <표 6>과 같고, 이를 [그림 1]에 요약해서 그래프로 표현하였다. 에너지요구량 감소량이 큰 건물순으로 대상건물별 그린리모델링 전·후 에너지요구량을 막대로 표현하고 건축부문 적용건수는 숫자를 기입하여 꺾은선으로 나타냈다. 에너지요구량과 관련되는 구조체 단열 및 창호의 보강정도에 대해 건물전체 적용여부와 열관류율의 감소정도를 ●~○과 같이 진하기로 표현하였다.

[그림 1]에서 보는 바와 같이 에너지요구량은 모든 건물에서 감소하였으나, 구조체 단열 및 창호의 보강이 건물전체, 열관류율의 감소정도가 진하게 표현된 건물일수록 에너지요구량 감소량이 큰 것을 알 수 있다.

에너지요구량의 감소량에 따라 건물을 구분해보면, 감소량이 큰 그룹은 건물e,g(54.6, 47.2kWh/m²·yr)였으며, 중간정도인 그룹은 건물c,b,d(40.6, 39.0, 32.9kWh/m²·yr)였고, 감소량이 작은 그룹은 건물f,i,h,a(23.7, 21.8,

〈표 5〉 그린리모델링 적용항목 및 에너지성능

○: 적용, △: 일부적용, □: 동일방식·용량의 신제품으로 교체, -: 미적용
적색음영: 적용시 에너지소요량 증가항목, 회색음영: ECO2-OD 미반영항목

항목		건물번호	a	b	c	d	e	f	g	h	i	계		
필수 공사	단열 보강	벽체	외단열	-	△	-	-	○	△	○	△	○	6	
			내단열	-	△	△	△	-	△	-	-	-	4	
		지붕	외단열	-	○	-	-	-	-	-	-	-	○	2
			내단열	-	-	-	△	○	-	○	-	-	-	3
	바닥	단열보강	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	1	
		바닥난방	-	-	-	-	*	□	-	-	-	-	1	
	고성능 창 및 문	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	9		
	폐열회수형환기장치	-	-	△	△	△	△	△	△	△	-	6		
	고효율냉난방장치	△	△	-	△	△	-	△	△	△	△	7		
	고효율보일러(컨텐츠)	-	-	-	-	-	-	-	△	-	-	1		
	고효율조명(LED)	△	△	○	△	△	△	△	△	△	△	9		
	신재생에너지(태양광)	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	2	
BEMS(건물에너지관리시스템)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0		
선택 요소	급탕설비	□	△	○	-	○	□	□	□	□	-	7		
	석면제거	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	1		
	일사조절장치	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0		
	스마트 에어컨	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0		
	순간온수기	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0		
	Cool Roof (차열도료)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0		
건수	건축부문 건수	1	3	2	3	3	3	3	2	3				
	총 건수	4	6	7	7	7	6	8	6	5				
	ECO2-OD반영 항목수	3	6	5	6	6	4	6	4	5				
구분	건물번호	a	b	c	d	e	f	g	h	i	평균			
공사전 (kWh/m ² ·yr)	에너지요구량	123.1	153.6	119.6	108.8	127.6	112.6	117.8	113.9	108.5	120.6			
	에너지소요량	122.4	105.4	107.5	102.3	115.3	118.2	119.4	113.1	62.4	107.3			
	1차에너지소요량	361.1	303.8	312.0	297.6	335.9	341.3	280.5	330.9	177.9	304.6			
공사후 (kWh/m ² ·yr)	에너지요구량	105.8	114.6	79.0	75.9	73.0	88.9	70.6	93.4	86.7	87.5			
	에너지소요량	89.5	80.1	70.4	60.4	69.0	83.5	63.0	80.8	49.4	71.8			
	1차에너지소요량	260.7	229.2	200.0	173.2	194.4	240.8	146.3	232.7	140.9	202.0			
증감량 (kWh/m ² ·yr)	에너지요구량	-17.3	-39.0	-40.6	-32.9	-54.6	-23.7	-47.2	-20.5	-21.8	-33.1			
	순위	9	4	3	5	1	6	2	8	7				
	에너지소요량	-32.9	-25.3	-37.1	-41.9	-46.3	-34.7	-56.4	-32.3	-13.0	-35.5			
	순위	6	8	4	3	2	5	1	7	9				
	1차에너지소요량	-100.4	-74.6	-112.0	-124.4	-141.5	-100.5	-134.2	-98.2	-37.0	-102.5			
증감률 (%)	에너지요구량	-14.1	-25.4	-33.9	-30.2	-42.8	-21.0	-40.1	-18.0	-20.1	-27.3			
	순위	9	5	3	4	1	6	2	8	7				
	에너지소요량	-26.8	-24.0	-34.5	-41.0	-40.4	-29.4	-47.2	-28.6	-20.8	-32.5			
	순위	7	8	4	2	3	5	1	6	9				
	1차에너지소요량	-27.8	-24.6	-35.9	-41.8	-42.1	-29.4	-47.8	-29.7	-20.8	-33.3			
건축물 에너지효율 등급수준	전	3	2	2	2	3	3	2	3	1+				
	후	2	1	1	1+	1+	1	1+	1	1+				
	순위	6	6	6	2	1	2	2	2	9				
총사업비[억원]		3.0	2.9	2.0	2.0	1.9	3.0	2.3	2.0	3.0	2.5			

*건물e는 바닥난방의 배관교체는 없이, 진료소와 관사 별도순환으로 분리함

〈표 6〉 그린리모델링 전·후 구조체 열관류율

단위 : W/m²·K, (): 평균, □~■ : 변화 정도

건물	층별 용도	벽체		지붕		바닥		창호		구조체 개선내용
		전	후	전	후	전	후	전	후	
a	1층 보건 지소	0.28	0.28						6.6	· 창호전체 플라스틱창틀 16mm더블글래스 이중창
	2층 관사: 거주	0.47	0.47	0.39	0.39	1.73	1.73	(5.63)	2.7	
b	1층 보건 지소		0.21 (0.21)						4.0	· 벽체 1층 T100외단열 2층 T100내단열(한면만 내·외단열) · 지붕전체 T100외단열 · 창호전체 플라스틱창틀 22mm더블글래스 이중창 (1층 1개만 알루미늄창틀 24mm로이더블글래스 단창)
	2층 관사: 거주	0.52	0.20 0.13	0.36	0.17	2.11	2.11	(4.12)	(3.05)	
c	1층 보건 진료소		0.31 (0.35)							· 벽체전체 T50내단열(다용도실, 화장실, 현관제외) · 창호전체 플라스틱창틀 16mm로이더블글래스 이중창
	2층 관사: 비거주	0.58	일부 0.58	0.41	0.41	0.58	0.58	3.4	1.9	
d	단층 보건 진료소		0.27 (0.35)		0.19 (0.26)				4.0	· 벽체 진료소만 T50내단열 · 지붕 진료소만 T70내단열 · 창호전체 알루미늄창틀 24mm로이더블글래스 이중창
	관사: 비거주	0.47	0.47	0.32	0.32	0.31	0.31	(4.5)	6.6	
e	단층 보건 진료소		0.16	0.29	0.09	0.41	0.41		4.0	· 벽체전체 T135외단열 · 지붕전체 T250내단열 · 창호전체 알루미늄창틀 24mm로이더블글래스 이중창
관사: 비거주	0.47	0.47							0.8	
f	1층 보건 진료소		0.46 (0.40)							· 벽체전체 T10내단열 (1,2층 모두 짐질방쪽 외벽만 T80외단열) · 바닥 1층만 T30단열·배관교체 · 창호대부분 플라스틱창틀 24mm로이더블글래스 이중창 (1층 전면 플라스틱창틀 24mm로이더블글래스 단창)
	2층 관사: 거주	0.47	일부 0.15	0.29	0.29	0.41	0.29	5.3	1.9 (4.16)	
g	1층 보건 진료소		0.11	0.29	0.09	0.41	0.41		4.0	· 벽체전체 T135외단열 · 지붕전체 T250내단열 · 창호전체 알루미늄창틀 24mm로이더블글래스 이중창
	2층 관사: 비거주	0.47	0.47						1.8	
h	1층 보건 진료소		0.22 (0.25)						3.1 6.6	· 벽체전체 T72외단열 (2층 복서측 제외) · 창호 2층의 방 3개만 알루미늄창틀 24mm로이더블글래스 이중창(화장실 1개만 알루미늄창틀 16mm더블글래스 단창)
	2층 관사: 거주	0.46	0.22 0.46	0.29	0.29	0.41	0.41	(3.37)	6.6	
i	1층 보건 지소		0.22						1.7	· 벽체전체 T100외단열 · 지붕전체 T100외단열 · 바닥 2층만 단열·배관교체 · 창호 1층만 플라스틱창틀 22mm더블글래스 이중창
	2층 관사: 거주	0.59	0.22	0.36	0.17	0.64	0.64	3.1	(2.45)	
									3.1	

20.5, 17.3kWh/m²·yr였다. 대상건물의 금번 건축부문 적용건수는 일부적용을 포함하여 에너지요구량의 감소량이 가장 큰 그룹은 3건, 중간그룹은 2~3건, 감소량이 작은 그룹은 1~3건이었다. 또한, 건축부문 적용건수가 1건인 건물(a)과 2건인 건물(c,h)이 적용건수 3건인 건물(b,d,e,f,g,i)보다 에너지요구량 감소량이 크지 않았다.

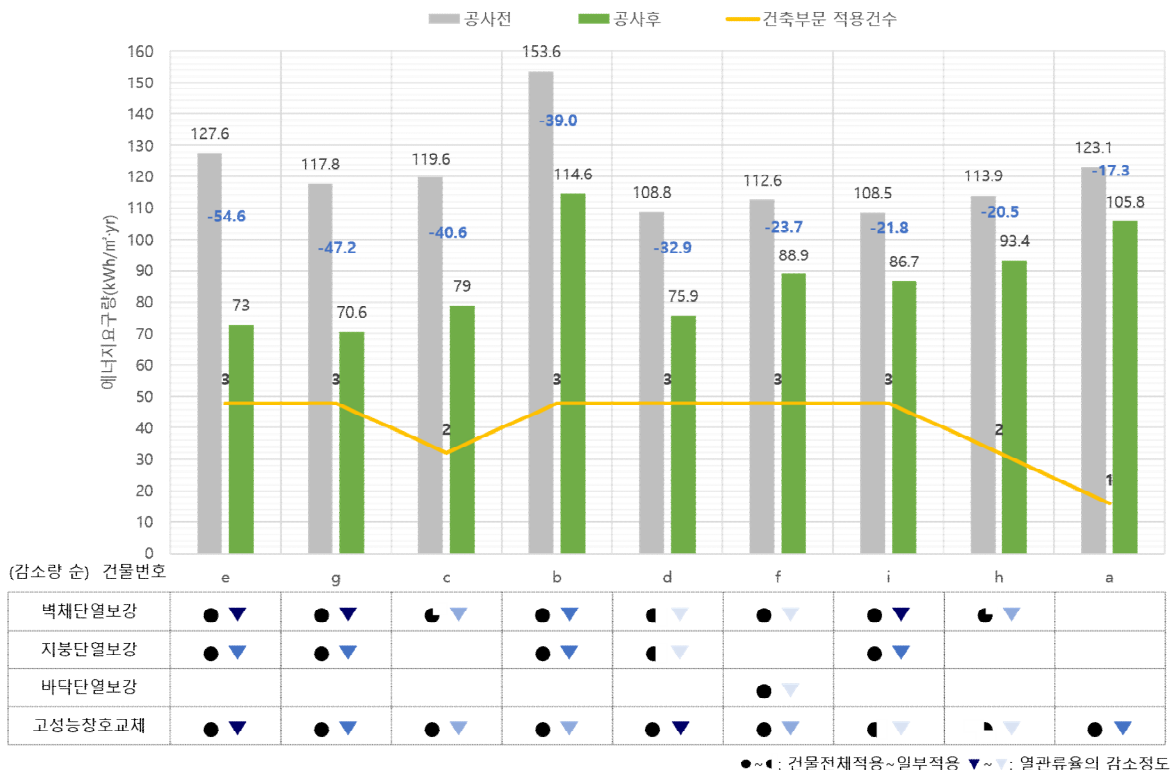
감소량이 가장 큰 그룹의 건축부문 적용항목 3건은 벽체단열보강, 창호교체, 지붕단열보강으로, 건물전체 벽체를 신축기준 열관류율(0.24W/m²·K) 이상으로 외단열보강하고, 창호도 신축기준 내외의 열관류율(1.5W/m²·K)로 전체교체하고, 건물전체 지붕을 신축기준 열관류율(0.15W/m²·K) 이상으로 내단열보강하였다.

감소량이 중간정도인 그룹은 건축부문 적용항목이 2~3건으로, 건물(c)는 대부분의 벽체를 T50 내단열보강하여 열관류율이 신축기준에 비해 다소 미흡하게 개선되었고, 설비부분의 조명밀도가 크게 감소하여 조명에너지요구량이 가장 많이 감소하였다<표 7>. 건물(b)는 벽체를 1층은 외단열, 2층은 내단열 보강하여 신축기준으로 개선하였고, 지붕도 전체 외단열보강하여 신축기준에 거의 부합하게 개선하였으나, 기존 바닥의 열관류율이 2.11W/m²·K인데 단열보강을 채택하지 않았으며, 창호는 플라

스틱창틀 22mm더블글래스 이중창으로 건물전체 교체하여 신축기준보다 미흡하게 개선되었다. 건물(d)는 창호를 신축기준 열관류율로 전체교체하였으나 벽체와 지붕을 절반정도만 내단열보강하여 평균 열관류율이 신축기준에 비해 미흡하게 개선되었다.

감소량이 작은 그룹은 건축부문 적용항목이 1~3건으로, 건물(f)는 최하층 바닥을 신축기준(0.24W/m²·K)에 거의 부합하는 열관류율로 단열보강하였다. 벽체는 1개 공간의 벽체는 T80단열재로 외단열보강하였으나, 이 공간을 제외한 전체 벽체를 T10 반사형단열재로 내단열보강하여, 단열보강후 평균 열관류율이 0.40W/m²·K로 기존 0.46W/m²·K와 거의 차이가 없었다. 창호는 대부분 플라스틱창틀 24mm로이더블글래스 이중창, 일부는 24mm로이더블글래스 단창으로 교체하여 열관류율이 신축기준보다 매우 미흡하게 개선되었다.

건물(i)는 전체 벽체와 지붕을 신축기준 열관류율로 외단열보강하였으나 창호를 일부만 교체하여 열관류율이 신축기준보다 미흡하게 개선되었으며, 기존 에너지효율등급이 1+등급수준이었다. 건물(h)는 대부분 벽체를 신축기준 열관류율로 외단열보강하였으나 창호를 일부만 교체하여 열관류율이 신축기준보다 미흡하게 개선되



[그림 1] 건축부문 적용건수와 그린리모델링 전·후 에너지요구량

었다. 가장 감소량이 작게 나타난 건물(a)는 구조체 단열 보강 없이 창호를 플라스틱창틀 16mm더블글래스 이중창으로 전체교체하여 열관류율이 신축기준보다 미흡하게 개선되었다.

이상에서, 에너지요구량 감소량이 크게 나타난 건물은 건축부문 적용건수가 많을수록, 건축부문 항목을 건물전체에 적용할수록, 지붕단열보강을 채택한 경우, 구조체 단열보강과 창호교체를 동시에 적용한 경우, 보강 후 구조체나 교체한 창호의 열관류율이 신축기준에 부합하는 경우, 내단열이 아닌 외단열 보강한 경우, 조명밀도가 감소하여 조명에너지요구량이 감소한 경우, 기존건물의 에너지효율등급수준이 높지 않은 경우로 요약된다.

2) 그린리모델링 내용과 에너지소요량 증감량

ECO2-OD에서 산출되는 에너지소요량이 감소되는 그린리모델링 적용항목은 건축부문의 벽체단열보강, 지붕단열보강, 바닥단열보강, 고성능 창 및 문, 설비부문의 고효율냉난방장치, 고효율보일러, 고효율조명, 신재생에

너지, 급탕설비, 순간온수기 등이며, 건강성 향상에 필수 항목인 폐열회수형환기장치는 에너지소요량이 증가하는 항목이다. 건물별 적용항목은 <표 5> 상단부, 에너지소요량 증감량은 <표 5> 하단부, 그린리모델링 전·후 설비특성은 <표 7>과 같고, 이를 [그림 2]에 요약해서 그래프로 표현하였다.

[그림 2]는 대상건물의 그린리모델링 적용건수 중 ECO2-OD반영 항목수와 그린리모델링 전·후 에너지소요량으로, 에너지소요량 감소량이 큰 건물순으로 대상건물별 그린리모델링 전·후 에너지소요량을 막대로 표현하고 ECO2-OD에 반영되는 그린리모델링 항목수는 숫자를 기입하여 꺾은선으로 나타냈다. 설비교체정도는 건물전체~일부를 구분하여 표시하였고, 고효율냉난방장치 교체시 고효율이 아닌 일반장치를 선택한 경우를 구분하여 표시하였다. 설비 용량과 효율(COP)은 에너지소요량 감소에 긍정적인 영향을 미치는 변화는 청색으로, 부정적 변화는 적색으로 하고 감소정도가 클수록 진하게 표현하였다.

<표 7> 그린리모델링 전·후 설비특성

건물	구분	공사전	공사후	비고	
a	난방	축열식 전기보일러 3대	축열식 전기보일러 3대	계속사용	
	냉방	1층	냉방기 6대	고효율냉난방EHP 1대	COP 개선, 용량 증가
		2층	냉방기 2대	냉방기 2대	계속사용
	급탕	축열식 전기온수기 2대	축열식 전기온수기 2대	1대만 동일방식·용량으로 교체	
	조명	LED교체율 48%	100%	용량 개선	
		조명밀도 6.37(W/m ²)	4.90(W/m ²)		
	환기	배기팬 5대	배기팬 5대	모두 교체	
b	난방	축열식 전기보일러 1대	축열식 전기보일러 1대	계속사용	
	냉방	1층	일반냉난방EHP 1대	고효율냉난방EHP 1대	COP 개선, 용량 증가
		2층	냉방기 2대	냉방기 1대, 냉난방기 1대	냉방기 1대 계속사용 냉난방기 1대 이동설치(다른건물에서)
	급탕	축열식 전기온수기 2대	축열식 전기온수기 2대	1대만 효율·용량 개선	
	조명	LED교체율 38%	100%	용량 증가	
		조명밀도 9.90(W/m ²)	10.87(W/m ²)		
	환기	배기팬 5대	배기팬 5대	계속사용	
신재생	태양광패널	태양광패널	4.5kw 계속사용		
c	난방	축열식 전기보일러 1대	축열식 전기보일러 1대	동일방식·용량으로 교체	
	냉방	1층	냉방기 1대	냉난방기 2대	COP 개선, 용량 증가
		2층	냉방기 1대	냉난방기 1대	COP 개선, 용량 증가
	급탕	축열식 전기온수기 1대	축열식 전기온수기 1대	효율·용량 개선	
	조명	LED교체율 0%	100%	용량 개선	
		조명밀도 9.61(W/m ²)	5.08(W/m ²)		
	환기	배기팬 2대	배기팬 2대	모두 교체	
신재생	-	폐열회수형환기장치 2대	1층에만 설치, 무덕트형		
		-	태양광패널	3kw	

>> 뒤에 계속

〈표 7〉 그린리모델링 전·후 설비특성

건물	구분	공사전	공사후	비고	
d	난방	축열식 전기보일러 1대	축열식 전기보일러 1대	동일방식·용량으로 교체	
	냉방	진료소	일반냉난방EHP 1대	고효율냉난방EHP 1대	COP 개선, 용량 증가
		관사	냉방기 2대	냉방기 2대	계속사용
	급탕	축열식 전기온수기 1대	축열식 전기온수기 1대	계속사용	
	조명		LED교체율 41%	100%	용량 증가
			조명밀도 4.60(W/m ²)	5.42(W/m ²)	
	환기		배기팬 2대	배기팬 2대	모두 교체
		-	폐열회수형환기장치 4대	진료소에만 설치, 무덕트형	
신재생		-	태양광패널	3kw	
e	난방	축열식 전기보일러 1대	축열식 전기보일러 1대	계속사용	
	냉방	진료소	일반냉난방EHP 1대	고효율냉난방EHP 1대	COP 개선, 용량 증가
		관사	냉방기 1대	일반냉난방EHP 1대	진료소에서 사용하던 기기
	급탕	축열식 전기온수기 1대	축열식 전기온수기 1대	효율 개선, 용량 증가	
	조명		LED교체율 25%	100%	용량 증가
			조명밀도 5.85(W/m ²)	5.97(W/m ²)	
	환기		-	폐열회수형환기장치 1대	진료소에만 설치, 덕트형
f	난방	축열식 전기보일러 2대	축열식 전기보일러 2대	모두 동일방식·용량으로 교체	
	냉방	1층	냉난방기 2대	냉난방기 2대	1대 교체, 1대 계속사용, COP, 용량 개선
		2층	냉방기 2대	냉방기 2대	계속사용
	급탕	축열식 전기온수기 2대	축열식 전기온수기 2대	모두 동일방식·용량으로 교체	
	조명		LED교체율 50%	100%	용량 동일
			조명밀도 4.40(W/m ²)	4.41(W/m ²)	
	환기		배기팬 5대	배기팬 5대	모두 교체
		-	폐열회수형환기장치 2대	1층에만 설치, 덕트형	
g	난방	기름온수보일러 1대	가스보일러(콘덴싱) 1대	효율 개선, 용량 증가	
		축열식 전기보일러 1대	축열식 전기보일러 1대	동일방식·용량으로 교체	
	냉방	1층	냉방기 1대	고효율냉난방EHP 1대	COP 개선, 용량 증가
		2층	냉방기 1대	냉방기 1대	계속사용
	급탕	축열식 전기온수기 1대	축열식 전기온수기 1대	동일방식·용량으로 교체	
	조명		LED교체율 16%	100%	용량 개선
			조명밀도 9.31(W/m ²)	6.05(W/m ²)	
환기		배기팬 9대	배기팬 3대	6대 철거, 3대 교체	
		-	폐열회수형환기장치 1대	1층에만 설치, 무덕트형	
h	난방	축열식 전기보일러 1대	축열식 전기보일러 1대	동일방식·용량으로 교체	
	냉방	1층	냉방기 2대	고효율냉난방EHP 1대	COP 개선, 용량 증가
		2층	냉방기 2대	냉방기 2대	계속사용
	급탕	축열식 전기온수기 1대	축열식 전기온수기 1대	동일방식·용량으로 교체	
	조명		LED교체율 34%	100%	용량 개선
			조명밀도 5.64(W/m ²)	4.93(W/m ²)	
	환기		배기팬 3대	배기팬 3대	모두 교체
		-	폐열회수형환기장치 1대	1층에만 설치, 덕트형	
i	난방	축열식 전기보일러 2대	축열식 전기보일러 2대	계속사용	
	냉방	1층	일반냉난방EHP 1대	고효율냉난방EHP 1대	COP 미개선, 용량 증가
		2층	냉방기 2대	냉방기 4대	2대 철거, 4대 신설
	급탕	축열식 전기온수기 2대	축열식 전기온수기 2대	계속사용	
	조명		LED교체율 92%	100%	용량 개선
			조명밀도 7.03(W/m ²)	5.38(W/m ²)	
	환기		배기팬 5대	배기팬 6대	4대 교체, 1대 계속사용, 1대 신설
신재생		태양광패널	태양광패널	5.1kw 계속사용	

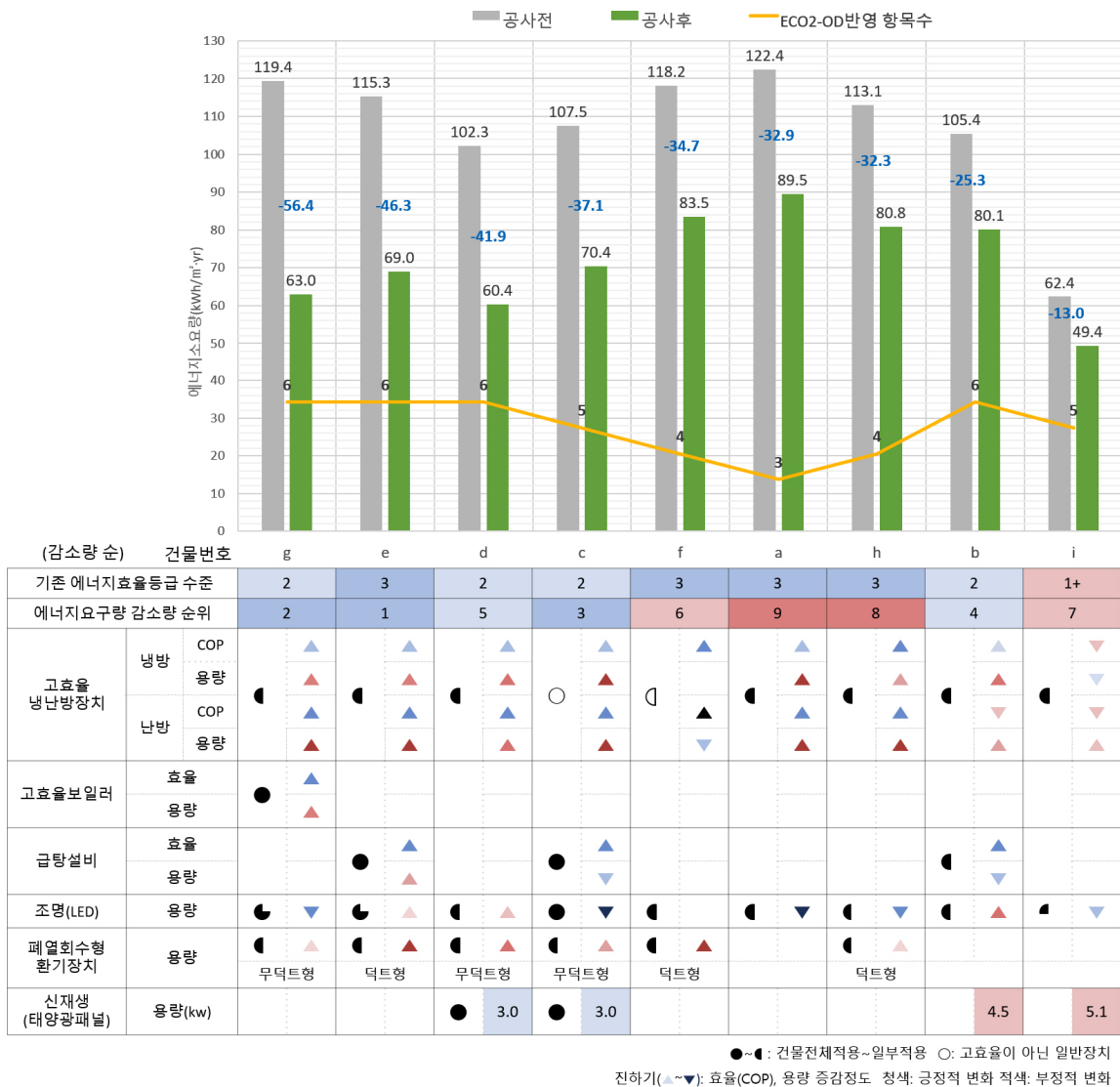
[그림 2]에서 보는 바와 같이 에너지소요량은 모든 건물에서 감소하였으나, 대체로 에너지요구량 감소량 순위가 높을수록, 설비 용량과 효율이 청색으로(긍정적 변화) 진하게(변화정도가 클수록) 표현된 개수가 많을수록, 태양광패널을 급변에 설치한 경우에 높은 것을 알 수 있다. 에너지소요량 감소량 8위와 9위인 건물은 기존에 태양광패널이 설치되어 있었고, 9위인 건물은 기존 에너지효율등급이 1+등급수준이었다.

에너지소요량의 감소량에 따라 건물을 구분해보면, 감소량이 가장 큰 그룹은 건물g,e(56.4, 46.3 kWh/m²·yr)였으며, 이 두건물의 에너지효율등급은 1+등급수준이었다. 다음으로 큰 그룹은 건물d,c(41.9, 37.1 kWh/m²·yr),

에너지효율등급은 건물d는 1+등급수준, 건물c는 1등급수준이었다. 중간정도인 그룹은 건물f,a,h(34.7, 32.9, 32.3 kWh/m²·yr)였고, 에너지효율등급은 건물f,h는 1등급수준, 건물a는 2등급수준이었다. 감소량이 작은 그룹은 건물b,i(25.3, 13.0 kWh/m²·yr)였고, 에너지효율등급은 건물b는 1등급수준, 건물i는 1+등급수준이었다.

대상건물의 급변 그린리모델링 적용건수 중 ECO2-OD반영 항목수는 일부적용을 포함하여 에너지소요량의 감소량이 큰 그룹은 6건, 다음으로 큰 그룹은 5, 6건, 중간정도인 그룹은 3~4건, 감소량이 작은 그룹은 5, 6건이었다.

분석결과, 에너지소요량 감소량이 가장 큰 그룹 2개건



[그림 2] ECO2-OD반영 항목수와 그린리모델링 전·후 에너지소요량

물은 에너지요구량 감소량이 2, 1위로 가장 컸으며 ECO2-OD반영 항목수는 6건으로 가장 많았다. 에너지소요량 감소량이 1위인 건물(g)는 에너지요구량 감소량은 2위였으나 EHP와 보일러의 효율이 개선되고 조명 용량 및 밀도가 크게 감소하였다. 에너지소요량 감소량 2위인 건물(e)는 에너지요구량 감소량은 1위였으나 건물 일부(진료소)의 냉난방기기를 교체하였으나 건물전체적으로는 효율과 용량이 개선되지 못하였고 조명 용량 및 밀도도 증가하였다.

에너지소요량 감소량이 두 번째로 큰 그룹 2개건물은 에너지요구량 감소량이 5, 3위로 높은편이었으며 ECO2-OD반영 항목수는 5, 6건으로 많았고, 금번에 ‘신재생에너지 보급지원사업’을 통해 태양광패널을 설치하였다. 에너지소요량 감소량 3위인 건물(d)는 에너지요구량 감소량이 5위였으나, EHP로 교체하여 용량은 증가, 효율이 크게 개선되었고, 태양광패널 설치가 큰 영향요인으로 판단된다. 에너지소요량 감소량 4위인 건물(c)는 에너지요구량 감소량이 3위였고 태양광패널을 설치하였으나 냉방기를 냉난방기로 교체 및 신설하여 효율은 개선되었으나 대수가 증가하였고 용량도 크게 증가하였다.

에너지소요량 감소량이 세번째인 그룹 3개건물은 에너지요구량 감소량이 6, 9, 8위로 낮은편이었으며 ECO2-OD반영 항목수는 3~4건으로 가장 작았다. 에너지소요량 감소량 5위인 건물(f)는 에너지요구량 감소량은 6위, 교체한 냉난방기의 난방효율이 크게 개선되고 용량도 감소하였다. 에너지소요량 감소량 6위인 건물(a)는 에너지요구량 감소량은 9위였으나 냉방기 6대를 EHP 1대로 교체하여 용량은 증가하였으나 효율이 개선되었고, 조명 용량 및 밀도가 큰 폭으로 감소하였다. 에너지소요량 감소량 7위인 건물(h)는 에너지요구량 감소량은 8위였는데 냉방기 2대를 EHP 1대로 교체하여 효율은 개선되었지만 용량이 증가하였고, 조명 용량 및 밀도가 다소 감소하였다.

에너지소요량 감소량이 가장 작은 그룹 2개건물은 에너지요구량 감소량은 4, 7위였으며 ECO2-OD반영 항목수는 5, 6건으로, 기존에 태양광패널이 설치되어 있었다. 에너지소요량 감소량 8위인 건물(b)는 에너지요구량 감소량은 4위였으나, 교체한 EHP의 난방효율은 개선되었으나, 용량이 크게 증가하였고, 조명 용량 및 밀도가 증가하였다. 이러한 설비는 교체하였으나 에너지효율이 개선되지 못한 요인보다는 태양광패널이 기존에 설치되어 있어 기존 건물의 에너지소요량이 적었던 것이 원인으로

판단된다. 에너지소요량 감소량이 최하위인 건물(i)의 경우 에너지요구량 감소량은 7위였으나 교체한 EHP의 용량이 약간 감소하였으나 효율은 개선되지 못했고, 조명 용량 및 밀도는 다소 감소하였다. 이 건물도 이러한 요인보다는 기존 건축물에 태양광패널이 설치되어 있었고 에너지효율등급이 1+등급수준이었던 것이 원인으로 생각된다.

이상에서, 그린리모델링 후 에너지소요량 감소량에 크게 영향을 미치는 요인은 건축부분 항목의 적용에 의한 에너지요구량 감소량과 금번 태양광패널 설치로 판단되며, 그 외 EHP·고효율보일러로 교체하여 용량과 효율 개선, LED조명의 용량 및 밀도의 감소가 영향요인으로 생각된다. 에너지소요량의 감소량이 커지지 못한 원인은 에너지요구량 감소량이 적은 경우, 기존에 태양광패널이 설치되어 있던 경우, 기존 건물의 에너지효율등급수준이 높은 경우, 그린리모델링시 폐열회수환기장치 설치, 교체한 EHP의 용량과 효율이 개선되지 못한 경우, LED 조명의 용량 및 밀도가 증가한 경우로 요약된다.

V. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 2021년 공공건축물 그린리모델링 사업의 충청권역 사업대상지 중 본 연구팀이 에너지평가를 담당 한 보건지소 및 진료소를 대상으로 그린리모델링 적용내용에 따른 에너지 절감효과를 분석하여, 향후 그린리모델링 사업 및 설계에 반영할 점을 제안하는 것을 목적으로 하였다. 총 9개 건물을 대상으로 도면 및 사전컨설팅 내용 분석, 2022년 8월~11월에 현장조사, 공사후 ECO2-OD 모델링을 진행한 후, 건물특성 및 그린리모델링 내용에 따른 에너지 절감효과에 대해 질적분석을 진행하였다.

연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 연구대상은 보건지소 3개, 보건진료소 6개로, 모두 소규모건축물로서 6개건물이 1998~2009년에 건축된 철근콘크리트 중단열구조였다. 대상건물의 공사기간은 평균 3개월이며, 설계비와 공사비, 공사중 임시시설로 이전비용 등의 총사업비는 1.9~3.0억원, 평균은 2.5억원이었다. 그린리모델링 전 건축특성이 9개건물 간 크게 차이가 있지 않아, 그린리모델링에 의한 에너지 절감효과를 건물간 비교하기에 무리가 없다고 판단되었다.

2) 건물별 그린리모델링 적용항목수는 4~8건(평균 6.2건)이었으며, 이중 건축부문 적용항목수는 1~3건(평균 2.6건), ECO2-OD반영 항목수는 3~6건(평균 5.0건)이었다. 그린리모델링 항목별 채택건물수는 고성능 창 및 문, 고효율조명이 9개건물(100%), 벽체단열보강은 8개건물(외단열 4개, 내단열 2개, 내·외단열 2개), 급탕설비와 고효율냉난방장치는 7개건물, 폐열회수형환기장치는 6개건물, 지붕단열보강은 5개건물(외단열 2개, 내단열 3개), 신재생에너지(태양광) 2개건물, 바닥난방(단열보강·배관교체), 고효율보일러, 석면제거가 각 1개건물씩이었다. 채택률이 높게 나타난 동시적용항목은 ‘고성능 창 및 문’과 ‘고효율조명 교체’로 9개건물에서 동시적용되었으며, 이어 ‘벽체의 내·외부 단열보강’과 ‘고성능 창 및 문’, ‘고효율조명 교체’ 3건이 동시적용된 건물이 8개로 나타났다.

3) ECO2-OD 모델링 결과, 그린리모델링에 의한 건물별 에너지요구량은 17.3~54.6(평균 33.1)kWh/m²·yr 감소, 에너지소요량은 13.0~54.6(평균 35.5)kWh/m²·yr 감소, 1차에너지소요량은 37.0~141.5(평균 102.5)kWh/m²·yr 감소하였으며, 증감률을 파악하면, 에너지요구량은 14.1~42.8(평균 27.3)% 감소, 에너지소요량은 20.8~47.2(평균 32.5)% 감소, 1차에너지소요량은 20.8~47.8(평균 33.3)% 감소하였다. 또한 건축물 에너지효율등급은 평균 1.6등급수준 향상하여, 그린리모델링 사업의 효과를 확인할 수 있었다.

4) 건축부문 적용항목과 에너지요구량 감소량 분석결과, 에너지요구량 감소량이 크게 나타난 건물은 건축부문 적용건수가 많을수록, 건축부문 항목을 건물전체에 적용할수록, 지붕단열보강을 채택한 경우, 구조체 단열보강과 창호교체를 동시에 적용한 경우, 보강후 구조체나 교체한 창호의 열관류율이 신축기준에 부합하는 경우, 내단열이 아닌 외단열 보강한 경우, 조명밀도가 감소하여 조명에너지요구량이 감소한 경우, 기존건물의 에너지효율등급수준이 높지 않은 경우로 요약된다.

5) 그린리모델링 내용과 에너지소요량 감소량 분석결과, 그린리모델링 후 에너지소요량 감소량에 크게 영향을 미치는 요인은 건축부문 항목의 적용에 의한 에너지요구량 감소량과 급변 태양광패널 설치로 판단되며, 그 외 EHP·고효율보일러로 교체하여 용량과 효율 개선, LED조명의 용량 및 밀도의 감소가 영향요인으로 생각된다. 에너지소요량의 감소량이 커지지 못한 원인은 에너지요구량 감소량이 적은 경우, 기존에 태양광패널이

설치되어 있던 경우, 기존 건물의 에너지효율등급수준이 높은 경우, 그린리모델링시 폐열회수형환기장치 설치, 교체한 EHP의 용량과 효율이 개선되지 못한 경우, LED 조명의 용량 및 밀도가 증가한 경우로 요약된다.

2. 제언

이상의 조사분석결과에 따라, 차기 공공건축물 그린리모델링 사업기획, 그린리모델링 지역거점 플랫폼, 그린리모델링 설계, 그리고 공공건축물의 건물관리자 및 지자체 담당자 측면에서 다음과 같이 제안한다.

1) 공공건축물 그린리모델링 사업기획 측면에서, 본 연구결과 기존 건물의 건축물 에너지효율등급수준이 높은 경우 에너지소요량 감소량을 높이기 어려운 것으로 파악되었으므로, 사업효과를 제고하기 위해서는 공공건축물 그린리모델링 지원사업 가이드라인의 대상선정 배점 기준표(국토안전관리원 그린리모델링 창조센터, 2022)에 기존 건물의 에너지효율등급수준을 평가항목에 포함하여, 기존 건물의 에너지효율등급수준이 낮은 건물을 우선 선정할 필요가 있다.

또한, 그린리모델링 건물은 기밀성이 강화되므로 환기장치가 필수요소일 뿐 아니라 보건지소·진료소는 취약계층의 지역보건의료기관이므로 건강성 향상을 위해 기밀성 개선시 폐열회수형환기장치 설치를 의무화할 필요가 있다고 생각된다.

2) 그린리모델링 지역거점 플랫폼 측면에서는, 플랫폼에서 진행되는 사업 중 그린리모델링 건물의 에너지성능 평가와 전문가대상 교육을 연계하여, 차기 그린리모델링 설계시 참고할 수 있도록 에너지평가결과를 지자체 담당자와 설계사에 제공하고 피드백할 것을 제안한다.

3) 그린리모델링 설계 측면에서는, 사전컨설팅보고서가 기존건물에 대한 현장진단 및 에너지모델링 후 건축물에너지효율등급 1++등급수준을 목표로 개선방향이 제안된 것이므로 그린리모델링 설계에 참고할 필요가 있으며, 사전컨설팅 내용에서 기존 구조체의 부위별 열관류율이 취약한 부위를 우선 단열보강할 필요가 있다. 또한, 건축부문 항목의 적용에 의한 에너지요구량 감소가 에너지소요량 감소에 큰 영향을 미치며 그 외 영향요인으로 나타난 결과를 고려하면, 그린리모델링 설계시 설비교체보다는 건축부문 항목을 우선적용하고 건물일부가 아닌 전체적용, 내단열보다는 외단열보강, 보강후 구조의 열관류율이 신축기준이 되도록 단열재를 선택한다.

창호의 경우 교체후 신축기준에 적합하기 위해서는 목재 또는 플라스틱 창틀의 24mm로이더블글래스 이중창 이상을 선택해야한다.

설비의 경우 교체할 EHP 및 보일러 선택시 기존 기기와의 용량과 효율 등의 비교가 필요하고, LED조명 교체시 조도기준에 적합한 선에서 조명 용량 및 밀도를 낮추는 설계가 필요하다.

폐열회수환기장치 설치하는 에너지소요량을 다소 증가시키지만, 건강성 향상을 위해 필요한 선택이라고 생각된다. 에너지모델링 결과, 덕트형보다는 무덕트형, 무덕트형인 경우는 설치기기의 수량과 동력이 적을수록, 덕트형인 경우에는 동력과 풍량이 작을수록 환기에너지소요량이 적게 나타났으므로, 사용공간의 체적에 적절한 방식과 기기수량을 선택해야한다.

4) 공공건축물의 건물관리자 및 지자체 담당자 측면에서는, 태양광패널을 설치한 건물의 에너지 절감효과가 크게 나타났으므로, 그린리모델링 사업시 태양광패널이 설치되지 않은 건물은 조사대상 건물의 사례와 같이 ‘공공건축물 그린리모델링’ 사업비 이외에 산업통상자원부의 ‘신재생에너지 보급지원사업’을 통해 태양광패널을 설치하는 것이 매우 필요하다.

주제어: 공공건축물, 보건지소, 보건진료소, 그린리모델링, 에너지 절감효과, ECO2-OD

REFERENCES

「건축물의 에너지절약설계기준」 (2023. 2. 28., 일부개정)
 「건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준」 (2020. 8. 13., 일부개정)
 국토교통부(2021a). 2021년 공공건축물 그린리모델링 사업 공고문, http://www.molit.go.kr/USR/BORD0201/m_69/DTL.jsp?mode=view&idx=244456에서 인출.
 국토교통부(2021b). 2021년 공공건축물 그린리모델링 사업 설명회 자료, http://www.molit.go.kr/USR/BORD0201/m_69/DTL.jsp?mode=view&idx=244456에서 인출.

국토안전관리원 그린리모델링 창조센터(2022). 2022년 공공건축물 그린리모델링 대상 가이드라인, <https://www.greenremodeling.or.kr/board/boardView.asp?bid=notice&nSeq=5142&page=2&search=sTitle&searchString=#content>에서 인출.

국토안전관리원 그린리모델링 창조센터 홈페이지(2023). 사업개요 <https://www.greenremodeling.or.kr/>에서 인출.

김도희, 김은서, 송두삼(2022). 노후 건축물 그린리모델링안 작성에서 전문가와 건물 사용자 관점의 차이에 따른 에너지 절감효과의 분석. *설비공학논문집*, 34(9), 399-409.

김혜진, 서동현, 김태영, 오승아, 최윤정(2023). 공공건축물 그린리모델링 사업대상의 물리적환경 변화에 따른 에너지분석과 시설근무자 평가에 의한 개선사항 제안. *대한건축학회논문집*, 39(1), 205-216.

충북일보 미디어전략팀(2021). 그린리모델링으로 그린 보건진료소, <https://www.inews365.com/news/article.html?no=682563>에서 인출.

배민정, 안호상, 윤성준, 강재식(2022). 기존 공공건물 분석을 통한 ZEB 그린리모델링 적용방안 및 사례 분석. *한국태양에너지학회논문집*, 42(6), 93-104.

우수진, 이상윤(2022). 탄소중립을 위한 공공건축물 그린리모델링 에너지 절감 효과 분석 - 국공립 어린이집, 보건소, 공공의료시설을 중심으로 -. *KIEAE Journal*, 22(5), 19-26.

한국건설기술연구원(2014). *건축물 에너지성능의 정량적 평가방법 표준화를 위한 연구 최종보고서*. 세종: 국토교통부.

한국에너지공단(2020). 건축물 에너지효율등급 인증평가 프로그램 ECO2 매뉴얼, https://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/info/data/open/kem_view.asp?q=22116에서 인출.

Received 20 December 2023;

Accepted 4 January 2024