



탄소중립을 위한 공공건축물 그린리모델링 에너지 절감 효과 분석 - 국공립 어린이집, 보건소, 공공의료시설을 중심으로 -

*An Analysis of Energy Saving Effect of Green Remodeling in Public Buildings for Net-Zero
- In Case of Public Daycare Center, Public Health Center, Public Health and Medical Institution -*

유수진* · 이상윤**

Sujin Woo* · Sang-Yoon Lee**

* Main author, Corresponding author, Graduate Student, Dept. of Architecture & Architectural Engineering, Yonsei Univ., South Korea (sjwoo@lh.or.kr)
** Coauthor, Professor, Dept. of Architectural Engineering, Yonsei Univ., South Korea (sangyoonl@yonsei.ac.kr)

ABSTRACT

Purpose: As the need for environmental protection was further emphasized after the outbreak of COVID-19, Korea submitted the “2050 Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies” and the “2030 Nationally Determined Contribution” to the UN in October 2021. Accordingly, the greenhouse gas reduction target in the building sector has also been greatly raised, and among them, green remodeling of existing buildings is mainly focused on building energy along with zero energy. To this end, the government adopted the green remodeling project for public buildings as the key project of building NetZero and Korea NewDeal. This is a green remodeling of existing public buildings with a focus on public buildings mainly used by children and the elderly who are vulnerable to infectious diseases. **Method:** This study analyzes the construction method applied to reduce carbon emissions through energy design consulting, focusing on 1,065 buildings that are the target of the support project. And, the energy saving effect of the design consulting is analyzed, and the development direction of the public building green remodeling project is suggested through this analysis. **Results:** As a result of regional average energy saving rate analysis through green remodeling, the overall average energy saving rate was analyzed to be 36.8%. By use, the health center showed the highest energy saving rate. In the future, green remodeling of public buildings needs to secure a substantial business plan and quality through business planning and energy design that reflects the characteristics of the building, and it is necessary to expand support in consideration of the urgency and popularity of the project.

KEYWORD

그린리모델링
공공건축물
탄소중립
온실가스 감축
건축물에너지

Green Remodeling
Public Building
Net Zero
Building Energy

ACCEPTANCE INFO

Received Oct. 4, 2022
Final revision received Oct. 25, 2022
Accepted Oct. 27, 2022

© 2022. KIEAE all rights reserved.

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

코로나19 발생 후 기후변화에 대한 대응과 포스트코로나를 위한 신성장동력의 필요성이 더욱 강조되면서 정부에서는 2020년 7월 그린뉴딜, 디지털뉴딜, 안전망강화의 세 가치를 중점으로 한국판뉴딜을 발표하였다[1]. 동시에 한국판뉴딜의 10대 대표사업으로 그린리모델링을 선정하였다. 기후변화와 환경위기에 대응해 도시·공간·생활 인프라의 녹색친화적인 국민일상과 생활환경을 조성하여 지속 가능한 신재생에너지를 사회전반으로 확산하고, 미래 에너지의 패러다임 전환을 유도하고자 한국판 그린뉴딜의 대표과제로 그린리모델링을 추진하였다.

이러한 배경을 바탕으로 탄소중립의 필요성이 더욱 대두되면서 지난해 21년 10월 우리나라는 ‘2050 탄소중립 시나리오’[2]와 ‘2030 국가 온실가스 감축목표 상향안’[3]을 국제사회에 제출하였다[4].

상향된 2030 국가 온실가스감축 목표 안에 따르면, 기후위기의

Table 1. National NDC Target (Unit: million tons of CO₂e)

Category	Base Year ('18)	Current NDC (Reduction rate compared to '18)	Updated NDC (Reduction rate compared to '18)
Domestic emissions	727.6	536.1 (△191.5, △26.3%)	436.6 (△291.0, △40.0%)
Building	52.1	41.9 (△19.5%)	35.0 (△32.8%)

심각성과 국제사회에서의 역할 등을 종합적으로 고려하여 지난해 국가 온실가스 감축목표를 대폭 상향하여 다음 Table 1.과 같이 2030년까지 배출정점인 2018년 온실가스 배출량 대비 40%의 감축안을 마련하였다[3].

건축물 부문에서는 신축은 제로에너지 및 기축은 그린리모델링을 통하여 건축물 에너지 효율 향상 계획을 발표하였다. 세부 계획으로는 고효율기기의 보급을 통한 스마트에너지 관리와 저탄소 청정에너지 확대, 그리고 사용자 행태개선을 통하여 2018년 온실가스 배출량 대비 32.8%의 감축을 목표로 하였으며 2050년까지는 88.1%의 감축을 통해 탄소중립을 실현하겠다는 추진계획이다[3]. 이러한 온실가스 감축 목표 달성과 탄소중립 실현을 위해 정부에서는 한국판뉴딜의 중점사업으로 공공건축물 그린리모델링 사업을 선정하였다[1].

그린리모델링은 기존건축물의 온실가스 감축 및 에너지성능향상

Table 2. Public Building Green Remodeling Business Overview

Classification	Business Plan Support
Project name	Public Building Green Remodeling
Institution in charge	Ministry of Land, Infrastructure and Transport / Green Remodeling Center
Purpose	Support for project cost to improve energy performance and living environment of existing public buildings (matching fund)
Target	Public Daycare Center, Public Health Center, Public Health and Medical Institution
Budget	About 330 billion won per year (government subsidy 227.6 billion won)
Support amount	(Seoul-government agency-public institution) 50% of green remodeling cost (the rest) 70% of green remodeling cost
Process	① Preliminary investigation and selection of project targets
	② Application for government funding and grant of project expenses for selected project targets
	③ Provision of preliminary investigation and consulting result reports to project target organizations
	④ Project execution and management of project target organizations (design and construction)
	⑤ Business performance management (monitoring)

과 더불어 주거환경을 개선하는 리모델링[5]으로서, 코로나19로 인한 환기 열악시설의 집단 감염예방을 위한 관리와 노후한 기존건축물의 정비 및 리모델링에 대한 필요성에 의해 그 중요성이 더욱 증대되었다[6]. 특히 취약계층 이용 공공건축물에 대한 시설 개선이 시급하여 Table 2.와 같이 어린이와 노약자 등이 주로 이용하는 건축물 중, 사용승인 후 10년 이상 된 국공립 어린이집, 보건소, 공공의료시설을 대상으로 에너지 성능과 실내공기질 등을 개선하고자 그린리모델링 사업을 추진하였다[6].

따라서 본 연구에서는 공공건축물 그린리모델링 지원 사업을 중심으로 사전기획단계에 해당하는 현황조사와 에너지 설계컨설팅을 시행하고[8], 각 개별건축물의 컨설팅에 적용된 그린리모델링 기술요소와 이에 따른 에너지 절감 효과를 분석하여 향후 공공건축물 그린리모델링 사업의 발전방향을 모색하고자 한다.

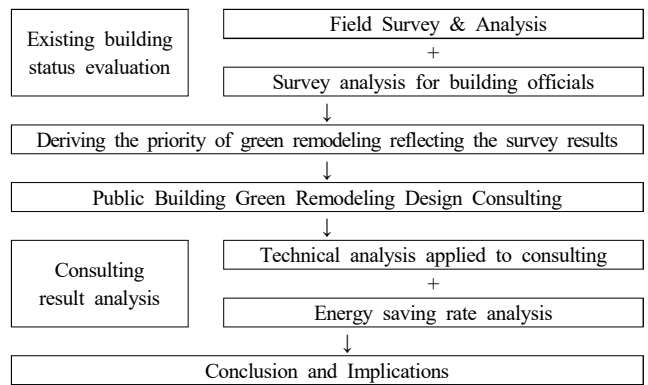
1.2. 연구의 방법 및 범위

공공건축물 그린리모델링 사업은 감염병 취약계층이 이용하는 공공건축물이 지원 대상이므로, 본 연구의 범위 역시 사업대상과 동일하게 설정하였다. 사용승인 후 10년 이상 된 전국의 지자체·공공기관이 소유하거나 운영하는 국공립어린이집, 보건소, 공공의료시설을 대상으로[6], 2021년 한국토지주택공사에서 시행한 공공건축물 그린리모델링 사업을 위한 사전조사 및 설계컨설팅 지원에 희망한 지자체와 공공기관 소유의 건축물 1,065동을 대상으로 하였다[7]. 공공건축물 그린리모델링 사전조사 및 설계컨설팅 추진방법은 사업초기 단계에서 기존 건축물의 현황평가와 담당자 설문을 실시한 후, 이를 반영한 에너지 설계컨설팅을 통해 각 건축물에 적합한 에너지 성능 향상 방안을 도출하였다[8]. 각 지자체의 한정된 사업비 안에서 최적의 에너지 성능 개선이 이루어지길 수 있도록 사업 참

Table 3. Subjects and Scope of Study

Classification	Description
Subject	1,065 buildings subject to preliminary research on green remodeling of public buildings in 2021 (Public Daycare Center, Public Health Center, Public Health and Medical Institution)
Qualify	Public buildings more than 10 years after approval for use (approval for use before January 1, 2012)
Scope of Study	A Preliminary research and Analysis of Consulting Results for Green Remodeling of 1,065 Buildings
Contents	Building information collection, field studies, project cost review, structural safety review, and energy consulting

Table 4. Research Flow Chart



여기관의 신속하고 면밀한 의사결정을 지원하고자 사업추진기관인 한국토지주택공사 그린리모델링창조센터에서 수행하였다[7].

본 연구는 취약계층이 이용하는 공공건축물의 대규모 실태조사에 기반한 연구로서 1,065개동의 각 개별 건축물에 대한 현장조사와 설문조사, 시뮬레이션의 세 가지 연구방법을 통한 결과를 근거로 하는 것에 기존연구들과 차이가 있다. 따라서 본 연구에서는 Table 3.와 같이 앞서 수행한 공공건축물의 사전조사와 컨설팅 결과를 종합하여 분석하고자 한다.

연구흐름은 Table 4.와 같이 먼저 각 건축물에 대한 정보수집과 현장점검을 통한 건축물 노후도 현황평가를 기술요소별로 분석하고, 대상건축물의 담당자·재실자 등 관계자 설문내용을 분석한다. 이러한 현황분석과 설문조사 결과를 종합하여 건축물의 그린리모델링 우선순위를 도출한다. 그리고 각 건축물의 에너지 설계컨설팅 내용을 분석하여 1,065동의 그린리모델링에 적용된 기술요소를 알아보고, 이에 따른 에너지 절감 효과를 용도별, 지역별로 분석한다. 이를 통해 공공건축물 그린리모델링 사업을 위한 제도개선안을 제언하여 향후 그린리모델링 활성화를 위한 기초자료로 활용하고자 한다[9].

2. 공공건축물 그린리모델링 사전조사

2.1. 건축물 노후도 현황평가

공공건축물 그린리모델링을 시행하기 위한 기획업무단계에 해당하는 사전조사는 건축물 현재 상태를 파악하기 위하여 현장조사를 통한 현황평가와 담당자·재실자 등 관계자 설문조사로 구분하여 진행하였다. 먼저 어린이집, 보건소, 의료시설의 각 건축물에 대한 노

후 실태 분석을 위한 현장조사를 실행하였다. 건축물 정보수집을 통해 용도, 규모, 사용승인일 등 건물개요와 개보수 이력 등의 일반사항을 확인하고, 단열, 창호, 마감 등의 상태와 기계·전기설비의 용량, 효율, 고장 여부 등 공종별 노후상태를 확인·평가하여 그린리모델링 설계컨설팅을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다[9].

건축물 노후도 현황평가는 그린리모델링 지원 기술요소 항목을 기준으로 하였다[10]. 단열, 창호, 냉·난방설비, 환기설비, 조명설비 등으로 구분하여 현장조사자의 육안조사와 Table 5.와 같이 노후도 체크리스트를 작성하여 양호·보통·불량의 3단계로 평가하였다[8].

창호의 경우 창호의 내구성 및 성능기준, 수선 교체주기 등을 고려하여 경과 연수 3년 미만은 양호로 평가하였으며, 경과 연수 3년 이상 및 10년 미만은 보통단계, 창호의 파손 또는 기밀성저하 등은 불량상태로 판단하였다[11].

단열은 현행 에너지절약설계기준의 법적 단열기준을 충족한다면 양호, 준공이후 단열보강을 시행한 경우 보통, 단열재가 누락 또는 파손되었거나 준공이후 단열보강을 하지 않아 보강이 필요한 경우 불량

Table 5. Existing Building Energy Efficiency Evaluation Standard

Classification		Evaluation Standard
Windows	Good	Less than 3 years
	Average	More than 3 years and Less than 10 years
	Defect	Breakdown, Airtightness Degradation, etc.
Insulation	Good	Maintain legal building energy standards
	Average	Energy reinforcement work after completion
	Defect	Missing insulation or Insulation Performance Degradation
Interior finish	Good	No interior finish flaws
	Average	Replaceable with contamination of finishing materials, etc.
	Defect	Repair work required due to damage, etc.
HVAC	Good	Less than 3 years
	Average	More than 3 years and Less than 10 years
	Defect	More than 10 years
Light	Good	LED lighting installation rate 100%
	Average	LED lighting installation rate 30%
	Defect	LED lighting installation rate less than 30%

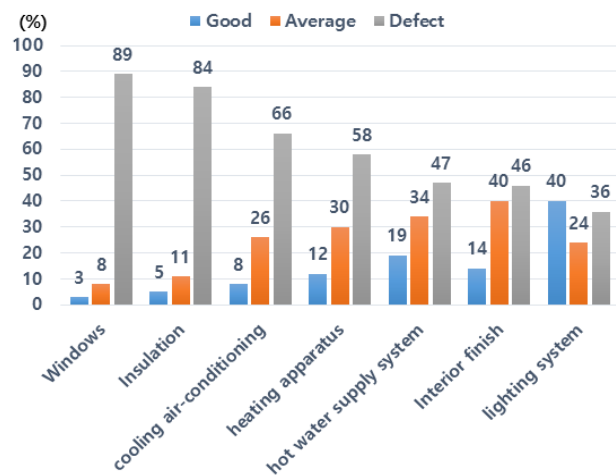


Fig. 1. Analysis Result of Level of Deterioration of the Building

으로 판단하였다[12]. 실내마감의 경우 하자가 없거나, 2년 이내 실내 공사를 진행한 경우에는 양호, 오염 등의 경미한 하자가 발생하였거나, 석면철거에 따른 마감교체가 필요한 경우를 보통으로 판단하고 파손 등에 의하여 보수가 필요한 경우 불량으로 평가하였다[13].

열원설비인 냉·난방과 급탕은 모두 경과 연수에 따라 교체주기를 고려하였으며 조명설비는 LED 조명 설치비율에 따라 노후도를 판단하였다[12].

이러한 현장조사를 통한 현황평가 결과는 다음 Fig. 1.과 같이 나타났다. 창호부분의 경우 불량 비율이 89%를 차지하여 불량상태가 가장 높았으며, 단열 부분 역시 불량비율이 84% 으로 파악되어 창호와 단열을 포함한 패시브적인 건축공사가 가장 시급한 것으로 나타났다.

건축물 기술요소별 불량 상태의 비율이 높게 나온 순서로는 창호(89%)>단열(84%)>냉방설비(66%)>난방설비(58%)>급탕설비(47%)>내부마감(45%)>조명설비(36%) 의 순서로 나타났다.

비계설치와 재실자 이동 등 기타 부대공사가 필수적인 창호, 단열의 건축공사에 비해 냉·난방 및 조명 설비는 교체 공사가 용이하고 비용이 저렴하기 때문에 이미 자체적 리모델링이 이루어진 곳이 많아 상태가 양호한 것으로 나타났다.

2.2. 재실자 실내 환경 만족도 설문조사 분석

건축물 노후도 현황평가와 더불어 그린리모델링을 위한 에너지 설계컨설팅의 우선순위를 도출하기 위하여 다음 Table 6.과 같이 설문조사를 실시하였다. 각 건축물의 고정근무자에 해당하는 지자체·공공기관 담당자 및 운영 관리자 1,831명을 대상으로 건축물의 현재 실내 환경에 대한 만족도를 설문조사하였다[8].

각 해당 공공건축물의 온열·빛·음·공기환경의 실내 환경에 대한 사용 만족도를 조사하여 수치화하고 불만족 원인을 분석해 각 건축물의 그린리모델링 우선순위 지표로 활용하고자 하였다.

만족도 조사는 Table 7.에서와 같이 리커트척도 7단계를 활용하여 매우만족(7), 만족(6),약간만족(5),보통(4),약간불만족(3),불만족(2),매우불만족(1)로 응답을 구분하였으며 항목별 배점과 응답자수를 곱한 후 전체 응답자수로 나누어 만족도 결과를 도출하였다.

설문결과는 Table 8.과 같이 만족도의 점수에서 동절기 온열환경이 3.54로 가장 불만족사항으로 나타났으며, 뒤를 이어 여름철 온열환경(3.79)과 전계절의 온열환경(3.80)이 불만족사항으로 나타나 실내 온열환경에 영향을 주는 창호, 단열공사의 필요성이 가장 시급한 것으로 파악되었다.

Table 6. Building Officials and User Satisfaction Investigation

Classification	Contents
Purpose	Identify indoor environment status and set priorities of green remodeling
Target	Building officials and Users 1831 (full-time workers)
Questionnaire	Indoor Environment Satisfaction Survey for Public Buildings
Investigation methods	Building officials and User Interview Survey
Result Analysis	$\sum(\text{Points by item} * \text{Number of respondents by item}) / \text{Total number of respondents}$

Table 7. Satisfaction Survey Rating Scale

Point	7	6	5	4	3	2	1
Satisfaction Level	Extremely Satisfied	Very Satisfied	Slightly Satisfied	Neutral	Slightly Dissatisfied	Very Dissatisfied	Not at All Satisfied

Table 8. Satisfaction Survey Results

Classification		Results	
		Satisfaction Level	Point
Thermal Environment	Whole Season	Slightly Dissatisfied	3.80
	Winter	Slightly Dissatisfied	3.54
	Summer	Slightly Dissatisfied	3.79
Indoor Humidity	Winter	Slightly Dissatisfied	3.81
	Summer	Slightly Dissatisfied	3.81
Indoor Air Quality	Whole Season	Neutral	4.20
Sound Environment	Whole Season	Neutral	4.14
Luminous Environment	Whole Season	Neutral	4.48

실내습도의 경우 동절기와 하절기에 대한 설문결과가 약간불만족(3.81)으로 같게 나타나 계절에 관계없이 실내습도가 열악한 상황임이 파악되었다. 온열환경과 실내습도 항목이 모두 약간 불만족으로 나타났는데, 이러한 이유는 실내의 온·습도를 조절하는 단열·창호의 상태가 불량으로 나타난 현황평가 결과와 일맥상통하는 부분으로서 노후도가 가장 심각하기 때문인 것으로 파악되었다.

이에 반해 실내공기질, 음환경, 빛환경은 모두 보통수준으로 나타났다. 특히 빛환경의 경우 보통수준에서 가장 높은 점수인 4.48로 나타났다. 이러한 이유는 타 공종에 비해 조명 공사가 용이하여 이미 개선된 곳이 많았기 때문으로 판단되었다. 그러나 전체 설문항목에 대해 모두 약간불만족과 보통수준으로 나타나 어린이집, 보건소, 의료시설의 노후도에 의한 사용자의 불편함이 높은 것으로 파악되었다.

2.3. 사전조사 소결

건축물 노후도 현황평가와 관계자 만족도 설문조사 결과 모두 단열과 창호가 가장 불량한 상태로서, 재실자의 불만족이 가장 크며 개선의 시급성이 높은 것으로 나타났다. 또한 조명부분이 가장 양호한 상태로 파악되었으며, 만족도 설문조사에서도 현황평가와 마찬가지로 빛환경에 대한 응답이 보통수준으로 가장 만족도가 높게 나타났다. 이렇듯 건축물 현장조사를 통한 노후 현황평가와 재실자 만족도 설문조사 결과가 매우 일치한 것으로 나타났다.

3. 그린리모델링을 위한 에너지 설계컨설팅

3.1. 그린리모델링 우선순위 도출

앞서 파악한 공공건축물 노후도 현황평가 결과와 관계자 실내환경 설문조사를 종합하여 공공건축물 그린리모델링에 필요한 개선사항 우선순위를 도출하고자 하였다. 각 개별건축물의 현황평가 및 설문조사 결과에 따른 시급성을 반영하고 공공건축물 그린리모델링 사업의 공종별 지원기준을 참고하여[6] 에너지 성능 개선이 우선되도록 도출하였다.

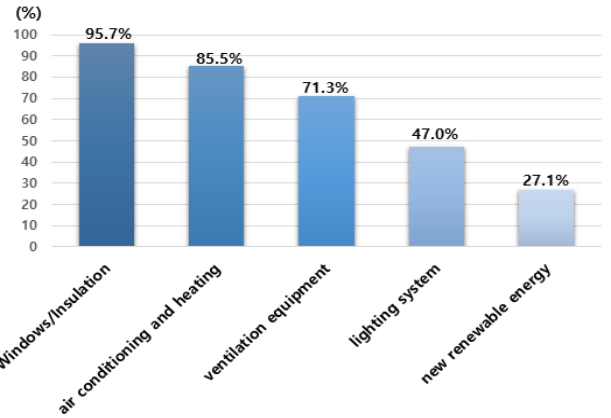


Fig. 2. Priority of Energy Performance Improvement Construction for Green Remodeling

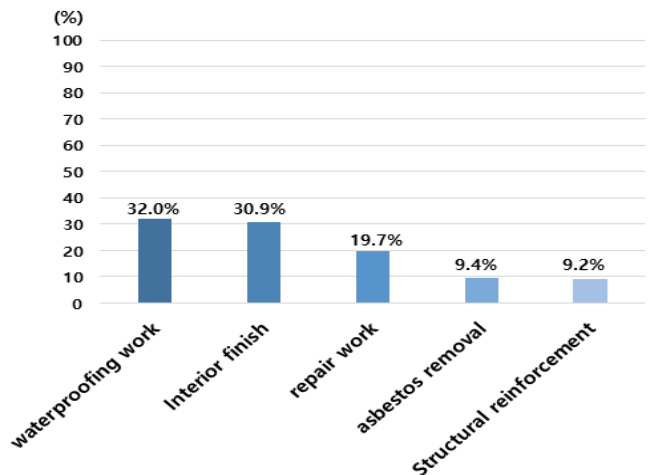


Fig. 3. Priority of Subsidiary Construction Related to Green Remodeling

노후건축물 현황평가와 설문조사를 종합한 결과, 다음 Fig. 2.와 같이 그린리모델링을 통한 에너지성능 개선의 우선순위는 창호 및 단열 항목이 95.7%로 가장 높은 것으로 분석되었으며, 냉·난방 설비>환기설비>조명설비>신재생에너지 설비 순으로 우선순위가 도출되었다.

또한 에너지성능에 영향을 미치지 않으나 건축물의 유지관리 및 하자보수 등 건축물 사용에 필요한 추가공사 항목으로는 다음 Fig. 3.에서와 같이 방수공사가 가장 필요한 것으로 나타났다. 방수는 벽체와 지붕의 단열성능과 직결되는 기술요소이므로 가장 필요성이 높은 것으로 도출되었으며 이러한 추가공사항목을 반영하여 그린리모델링 설계컨설팅을 시행하였다.

3.2. 공공건축물 그린리모델링 에너지 설계컨설팅 수행

1,065개동의 사전조사와 설문조사를 종합한 설계 우선순위를 적용하여 각 건축물별로 에너지 설계컨설팅을 수행하였다. 설계컨설팅

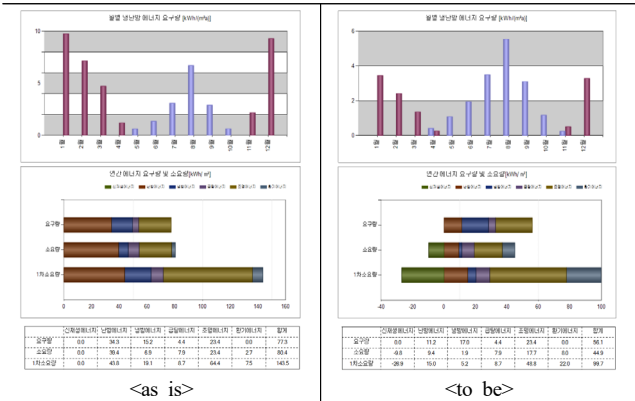


Fig. 4. Example of Green Remodeling Consulting Result using ECO2-OD

팅은 우선순위를 통해 도출된 각 건축물의 그린리모델링 개선방향을 따라 1,065개동에 대한 맞춤형 컨설팅을 수행하였다. 그리고 이러한 설계컨설팅 결과를 종합하여 전체 건축물에 적용된 그린리모델링 기술요소를 분석하였다.

그린리모델링에 적용된 기술을 분석한 결과, 에너지 성능 개선을 위하여 창호공사가 가장 많이 적용된 것으로 파악되었다. 필수공사 상위 5개에 적용된 기술요소로는 창호(88.4%) > 냉·난방설비(81.1%) > 환기 설비(68.2%) > 벽체 외단열(64.8%) > 고기밀 문(63%)으로 나타났다. 또한 그 뒤를 이어 보일러(56.1%), 지붕단열(50.8%), LED 조명(45.8%), 태양광(28.9%)이 적용된 것으로 나타났다.

현황평가와 설문조사에서 가장 시급한 것으로 나타난 단열공사가 냉·난방 및 환기설비보다 적용성이 낮게 나타난 이유는, 단열공사의 경우 재실자의 이동이 불가피하고, 이동에 따른 대체공간이 마련되어야 하기 때문에 적용성에 한계가 있는 것으로 파악되었다. 또한 단열보강을 위한 외벽절거와 비계 등 가설공사가 필수적이므로 현장적용에 어려움이 있는 것으로 나타나 그린리모델링 우선순위 도출 결과와 차이가 있는 것으로 나타났다.

그린리모델링 전에 해당하는 현재 상태의 건축물 에너지 성능 수준과 에너지 성능 개선을 위한 기술요소를 반영한 설계컨설팅 내용을 바탕으로 기존 노후 건축물이 현재 법적 에너지기준을 충족할 수 있도록 보강방법을 제안하고 이를 바탕으로 그린리모델링 전·후의 에너지 절감률 차이를 도출하였다[14].

다음 Fig. 4.와 같이 각 건축물별로 ECO2-OD를 통한 에너지 절감률을 분석하였으며, 이러한 시뮬레이션의 목적은 사전조사와 컨설팅 결과를 반영하여 그린리모델링을 시행할 경우 건축물 에너지가 얼마나 절감되는지를 파악하고 사업추진을 위한 지자체 및 공공기관 등 사업대상기관 의사결정에 도움을 주고자 하였다[15].

4. 공공건축물 그린리모델링을 통한 에너지 절감 효과 분석

4.1. 지역별 에너지 절감 효과 분석

설계컨설팅을 수행한 사업대상 건축물 1,065개소를 지역별(서울, 경기·인천, 강원, 충청, 전라·제주, 경상)로 구분하여 에너지 절감 효과를 분석하였다. 에너지 절감률 산정은 앞서 3장에서 도출한 에

Table 9. Analysis Result of Energy Saving through Green Remodeling of Public Buildings

Classification		Public Day Care Center	Public Health Center	Public Health and Medical Institution
Number of buildings		520	490	55
Total Floor Area (m ²)	Average	493.7	396.2	10,091.97
	Total	256,732.7	194,125.2	555,058.3
Average energy saving rate (%)		30.1	45.8	20.3

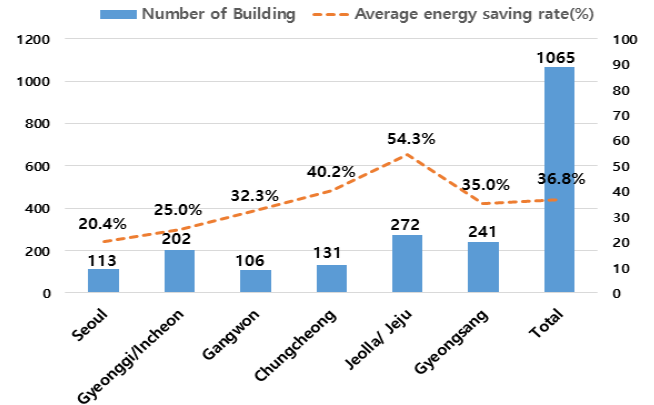


Fig. 5. Analysis of Energy Saving Rate by Region

Table 10. Analysis of Energy Saving Rate by Region

Region	Number of buildings	Total Floor Area (m ²)	Average energy saving rate (%)
Seoul	113	137,418	20.4
Gyeonggi-Incheon	202	291,093	25.0
Gangwon	106	80,553	32.3
Chungcheong	131	116,209	40.2
Jeolla-Jeju	272	154,507	54.3
Gyeongsang	241	226,136	35.0
Total	1,065	1,005,916	36.8

너지설계 우선순위에 따라 각 개별건축물의 맞춤형 컨설팅을 내용을 바탕으로 각 건축물의 현재 상태를 개선전으로 하고, 그린리모델링 컨설팅을 반영한 성능개선안을 개선후로 설정하여 ECO2-OD를 활용하여 시뮬레이션 하였다. 개선전인 건축물 현재상태의 도면 정보가 부족한 경우 건축물대장을 통해 확인한 허가년도 당시의 법적 에너지기준을 적용하였다[16].

먼저 공공건축물 그린리모델링 지원대상 용도인 어린이집·보건의소·의료시설로 구분한 후, 각 용도의 건축물을 지역별로 세분화하여 평균 에너지 절감률을 분석하였다[15].

컨설팅 대상 건축물의 수는 Table 9.와 같이 어린이집이 520개소로 가장 많았으며, 그 뒤로는 보건소 490개소, 의료시설 55개소 순으로 나타났다.

용도별 규모를 따져본 결과 평균 면적은 의료시설>어린이집>보건소 순의 규모차이가 있었으며 보건소와 어린이집은 연면적 500m²이하의 소규모 시설위주의 형태가 대부분인 것으로 파악되었다. 의료시설은 55개소로 가장 적었으나 개별 건축물의 규모가 크기 때문에 전체 연면적 합계는 의료시설이 55만m²로 가장 큰 것으로 분석되었다.

지역별 평균 에너지 절감률 분석 결과, Fig. 5.와 같이 전체 평균

에너지 절감률은 36.8%로 분석되었으며, 각 지역별 절감이 많이 된 순위로는 전라·제주권의 평균 에너지 절감률이 54.3%로 가장 높게 나타났다.

이어서 충청권 40.2%, 경상권 35.0%, 강원권 32.3%, 경기권(인천포함)25.0%으로 평균 에너지 절감률이 나타났으며, 서울의 평균 에너지 절감률은 20.4%로 지역별 에너지 절감률이 가장 낮은 것으로 분석되었다.

전라·제주 지역의 에너지 절감률이 가장 높게 나타난 이유는 Table 10.에서 나타난 바와 같이 건축물의 수는 가장 많지만 총면적의 함은 작기 때문인 것으로 나타났다. 더불어 소규모 건축물과 경과연수가 오래된 노후건축물의 비중이 매우 많았으며, 전면 그린리모델링 공사를 반영한 보건소의 비율이 가장 높았기 때문에 파악되었다. 이와는 반대로 서울의 경우 그린리모델링 건축물이 대부분 어린이집으로, 어린이 안전문제로 인한 공사제약으로 일부 개선 항목만 적용한 그린리모델링을 반영했기 때문에 분석되었다.

4.2. 용도별 에너지 절감 효과 분석

용도별로 세분화 하여 살펴보면, ECO2-OD를 통해 그린리모델링 전·후의 평균 에너지 절감률을 산정한 결과는 다음 Fig. 6. 과 같이 보건소가 45.8%로 가장 높았으며, 어린이집은 30.1%, 의료시설은 20.3%로 나타났다. 용도별 에너지 절감률의 평균은 32.1%로 나타나 지역별 평균 절감률과는 약 5%가량 차이가 있는 것으로 파악되었다.

보건소가 절감효과가 가장 높게 나타난 이유로는, 수도권을 제외한 지방의 보건소는 보건지소, 보건진료소가 대부분으로서 도심에 위치한 보건소와는 달리 단독주택 정도의 소규모가 많기 때문이며,

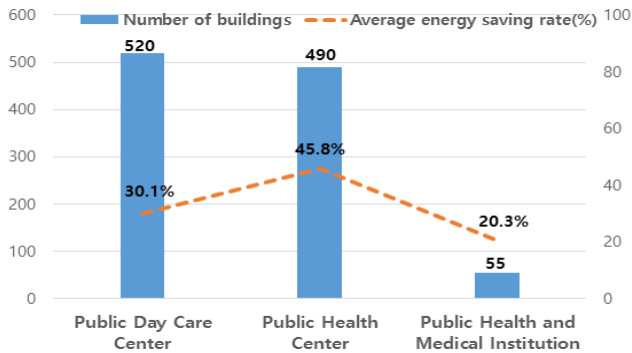


Fig. 6. Energy Saving Rate by Building Use

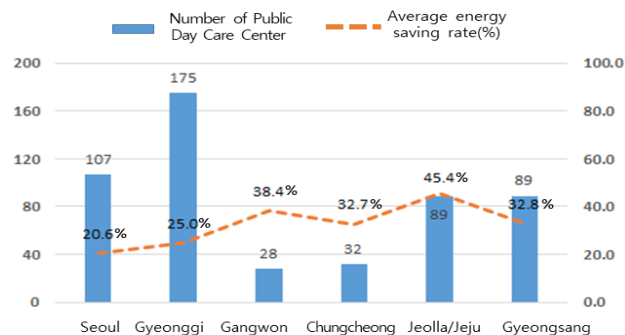


Fig. 7. Energy Saving Rate by Public Day Care Center

Table 10.에서 보인 것과 같이 평균 연면적의 역시 가장 작은 것으로 나타났다. 이러한 지방에 위치한 보건소(보건지소, 보건진료소)의 노후정도는 나머지 용도인 어린이집, 의료시설보다 심각한 것으로 파악되었다.

또한 어린이집과 의료시설에 비해 규모와 사용인원이 적고 공사로 인한 이주관련 문제에 대해 학부모 설득과 대체공간이 마련되어야 하는 어린이집과, 환자를 이동해야 하는 의료시설에 비해 상대적으로 수월하여 공사범위에 대한 제약이 적기 때문에 여러 기술요소가 적용된 것으로 분석되었다. 이러한 사유로 그린리모델링 개선요소가 적절히 반영되어 절감률이 높게 나타난 것으로 판단되었다.

어린이집은 다음 Fig. 7. 과 같이 서울 및 경기 지역이 282개소로 전체의 26.5% 이상을 차지하였으며, 에너지 절감률은 평균 30.1%로 모든 지역에서 20%이상의 절감률을 초과하는 모습을 보였다.

어린이집은 어린이집인증평가와 같은 정기적인 행정평가로 인하여 내부마감, LED조명교체 등의 실내환경 개선이 이루어진 곳이 많이 있는 것으로 파악되어 그린리모델링을 위한 개선요소 반영이 선별적으로 이루어져 보건소에 비해 에너지 절감률이 낮게 나타났다.

보건소는 앞서 말한 것과 같이 45.8%의 절감률로 세 가지 용도 중 가장 큰 에너지 절감률을 나타냈다. 다음 Fig. 8. 과 같이 지역적으로는 전라·제주지역이 60.4%로 가장 높은 에너지 절감률이 나타났으며, 충청과 경상지역이 뒤를 이었다.

보건소는 전체 490개소 중에 전라·제주와 경상권이 313개소로 전체의 63.8% 이상을 차지하여 지방의 보건소의 비중이 높은 것을 확인할 수 있었으며, 에너지 절감률은 평균 45.9%로 모든 지역에서

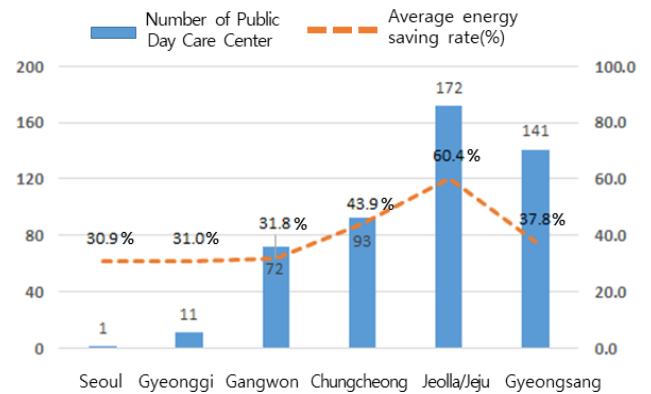


Fig. 8. Energy Saving Rate by Public Health Center

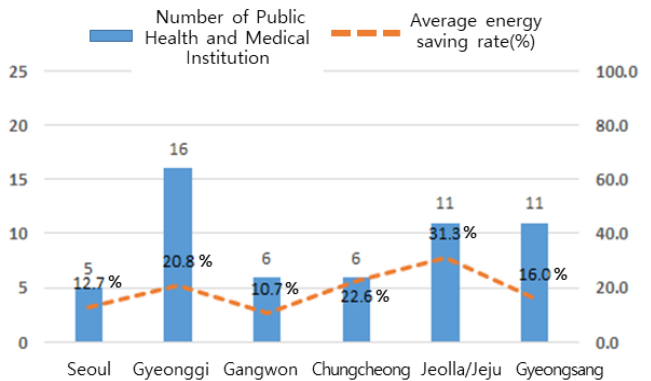


Fig. 9. Energy Saving Rate by Public Health and Medical Institution

30% 절감률을 초과하였다.

의료시설의 경우 그린리모델링을 통한 에너지 절감률은 평균 20.3%로 나타났다.

의료시설은 그린리모델링 건축물 동수가 55개소로 가장 적었으며, 경기 지역이 16개소로 29% 이상을 차지하였다. Fig. 9. 과 같이 에너지 절감률은 평균 20.3%로 경기, 전라·제주, 충청을 제외한 타 지역의 의료시설은 공공건축물 그린리모델링 사업의 에너지 절감률 목표성능인 20%를 만족하지 못하는 모습을 보였다. 그에 대한 원인으로 의료시설은 건축물의 연면적은 가장 넓었으나 환자의 이동과 공사소음·먼지 등과 안전문제의 제약이 있어 창호, 단열과 같은 건축공사보다는 일부공간의 설비공사를 위주로 그린리모델링 하고자 하여 에너지 절감률이 낮게 나타난 것으로 파악되었다.

5. 결론 및 제언

공공건축물 그린리모델링 사업을 희망하는 국공립 어린이집, 보건소, 의료시설 1,065동의 건축물 현황평가와 설문조사를 반영한 설계건설링을 바탕으로 그린리모델링 전·후의 에너지 절감률을 분석하였다.

그 결과 지역별, 용도별 평균 모두 그린리모델링 개선 전·후 30% 이상의 에너지 절감률을 달성하였다. 지역별 평균 에너지 절감률은 36.8%로 분석되었으며, 전라·제주권의 평균 에너지 절감률이 54.3%로 가장 높고, 서울권의 평균 에너지 절감률이 20.4%로 가장 낮은 것으로 나타났다.

용도별로는 어린이집, 보건소, 의료시설의 평균 에너지 절감률은 32.1%로 나타났으며, 보건소의 에너지 절감률이 45.8%로 가장 높게 나타났다. 이는 보건소의 경우 그린리모델링 공사로 인한 재실자 이주가 타 용도에 비해 많지 않고, 따라서 그린리모델링 공사범위가 타 용도에 비해 제한적이지 않으며, 지역의 보건소일수록 노후도가 심각하여 그린리모델링의 효과가 큰 것으로 파악되었다.

이러한 공공건축물 그린리모델링 사전조사 및 설계건설링을 통해 각 건축물별 특징을 반영한 사업기획과 에너지설계로 내실 있는 사업계획과 품질 확보가 가능할 것이라고 판단된다. 또한 각 개별 건축물의 현장조사를 통하여 지자체·공공기관 담당자의 이해도 증진과 그린리모델링 사업대상 발굴에도 기여할 수 있다.

그러나 그린리모델링 활성화와 시장 확대를 위하여 현재 국공립 어린이집, 보건소, 의료시설 등 건장 취약계층의 이용시설에만 국한된 공공건축물의 그린리모델링 대상은 사업의 시급성과 건축물 사용의 범용성, 대중성 등을 종합적으로 고려하여 지원사업 대상에 대한 용도확대가 필요하다.

또한 공공건축물 그린리모델링 사업의 지속성을 위하여 기존 건축물이 가진 특성에 따라 임의 증축 건축물에 대한 현실적 대책 마련과 태양광, 태양열, 지열 등 기존의 신재생에너지 기술 이외의 신기술에 대한 도입 방안 등이 논의될 필요가 있다. 더하여 의료시설, 어린이집과 같이 리모델링 기간 동안 재실자의 이동과 대체 공간 확보에 대한 현실적 어려움으로 사업포기가 발생하여 재실공사에 대한 요구가 높아지므로 이를 보완할 수 있는 리모델링 재실공사 기술개발도 필요하다.

본 연구는 공공건축물 그린리모델링 지원사업에 대한 기초적이고 기본적인 연구로서 공공건축물 그린리모델링 지원사업의 목적인 에너지 절감효과를 파악하기 위하여 연구를 수행하였다. 따라서 향후 본 연구 자료를 바탕으로 그린리모델링을 활성화를 위하여 구체적이고 세분화된 제도개선과 관련 기술개발 연구가 지속되어야 할 것이다.

Acknowledgement

본 연구는 2021년 한국토지주택공사 그린리모델링센터의 공공건축물 그린리모델링 사전조사 및 컨설팅 용역 연구결과의 일부임.

References

- [1] 한국판 뉴딜 종합계획, 한국, 대한민국정부, 2020. // (The Government of the Republic of Korea, Korean New Deal. 2020.)
- [2] 2050탄소중립전략, 한국, 대한민국정부, 2020. // (The Government of the Republic of Korea, 2050 Carbon-neutral standardization strategy, 2020.)
- [3] 2030국가온실가스감축목표(NDC), 한국, 대한민국정부, 2021. // (The Government of the Republic of Korea, 2030 National greenhouse gas reduction goal in the korean, 2021.)
- [4] The Republic of Korea's Enhanced Update of its First Nationally Determined Contribution, 한국, 대한민국정부, 2021. // (The Republic of Korea's enhanced update of its first nationally determined contribution, The Government of the Republic of Korea, 2021.)
- [5] 녹색건축물조성지원법, <https://www.law.go.kr/> // (Green building construction support act, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea, <https://www.law.go.kr/>)
- [6] 공공건축물 그린리모델링 지원사업, 한국: 국토교통부, 2021. // (Green remodeling support project for public buildings, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea, 2021.)
- [7] 한국토지주택공사 그린리모델링센터, <https://www.greenremodeling.or.kr/> // (LH Green Remodeling Center, Korea, <https://www.greenremodeling.or.kr/>)
- [8] 우수진 외, 공공건축물 그린리모델링 사전조사 및 컨설팅 용역 최종보고서, 한국: 한국토지주택공사 그린리모델링센터, 2022. // (S.J. Woo et al., A Preliminary survey and consulting report on green remodeling of public buildings, Korea: LH Green Remodeling Center, 2022.)
- [9] 우수진, 이상윤, 취약계층 이용 공공건축물 그린리모델링을 통한 에너지 절감 효과 분석, 한국: 대한건축학회 학술발표대회논문집, 제42권 제1호, 2022, pp.522-523. // (S.J. Woo, S.Y. Lee, An analysis of energy saving effects through green remodeling of public buildings used by vulnerable social groups, Korea: Conference Journal of AIK, 42(1), 2022, pp.522-523.)
- [10] 공공건축물 그린리모델링 설계가이드라인, 한국: 한국토지주택공사 그린리모델링센터, 2020. // (Green remodeling design guidelines of public buildings, Korea: LH Green Remodeling Center, 2020.)
- [11] 공공건축물 그린리모델링 시공가이드라인, 한국: 한국토지주택공사 그린리모델링센터, 2020. // (Green remodeling construction guidelines of public buildings, Korea: LH Green Remodeling Center, 2020.)
- [12] 건축물의 에너지절약설계기준, <https://www.law.go.kr/> // (Energy-saving design standards for buildings, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea, <https://www.law.go.kr/>)
- [13] 김재문, 이정혁, 이두환, 공공건축물의 그린리모델링 수준별 LCC(Life Cycle Cost)분석을 통한 경제성 비교, 한국: 한국건설관리학회 논문집, 제19권 제2호, 2018, pp.38-49. // (J.M. Kim, J.H. Lee, D.H. Lee, Economic comparison through lcc analysis on each graded alternatives for green remodeling of public building, Korea: Korean Journal of Construction Engineering and Management, 19(2), 2018, pp.38-49.)
- [14] 한동익, 윤성환, 그린리모델링을 통한 노후 단독주택 에너지 절감 효과 분석, 한국: 대한건축학회 논문집, 제37권 제9호, 2021, pp.145-154. // (D.I. Han, S.H. Yoon, An analysis of energy saving effect of deteriorated detached house through green remodeling, Korea: Journal of the Architectural Institute of Korea, 37(9), 2021, pp.145-154.)

- [15] 최준우, 이종건, 그린리모델링 사전의사결정 지원도구 개발을 위한 공공건축물 유형별 표준모델 구축, 한국: KIEAE Journal, 제21권 제3호, 2021, pp.17-23. // (J.W. Choi, J.G. Lee, Establishment of standard models according to public building types for the green-remodeling pre-decision making supporting tools, Korea: KIEAE Journal, 21(3), 2021, pp.17-23.)
- [16] 김동준 외 3인, 에너지 저감을 위한 유지관리형 리모델링의 외벽 단열 성능기준 제안, 한국: KIEAE Journal, 제22권 제1호, 2022, pp.35-44. // (D.J. Kim et al., Suggestion of exterior walls's insulation performance criteria in maintenance remodeling for energy reduction, Korea: KIEAE Journal, 22(1), 2022, pp.35-44.)