



## 그린리모델링 사례분석을 통한 요소기술 우선순위 도출 - 공공어린이집을 중심으로 -

### Deriving Priorities for Element Technology through Green Remodeling Case Analysis - Focusing on Public Daycare Centers -

방주예\* · 임세현\*\* · 심성진\*\*\* · 김성은\*\*\*\* · 송용우\*\*\*\*\* · 박진철\*\*\*\*\*

Jooye Bang\* · Sehyeon Lim\*\* · Sungjin Sim\*\*\* · Seongeun Kim\*\*\*\* · Yongwoo Song\*\*\*\*\* · Jinchul Park\*\*\*\*\*

\* Main author, Graduate Student, School of Architectural Engineering, Chung-Ang Univ., South Korea (bang0927@naver.com)

\*\* Coauthor, Graduate Student, School of Architectural Engineering, Chung-Ang Univ., South Korea (dlatpgus7578@naver.com)

\*\*\* Coauthor, Graduate Student, School of Architectural Engineering, Chung-Ang Univ., South Korea (ssj3029@gmail.com)

\*\*\*\* Coauthor, Graduate Student, School of Architectural Engineering, Chung-Ang Univ., South Korea (asteria03@naver.com)

\*\*\*\*\* Coauthor, Ph.D, School of Architectural Engineering, Chung-Ang Univ., South Korea (yongma0930@naver.com)

\*\*\*\*\* Corresponding author, Professor, School of Architectural Engineering, Chung-Ang Univ., South Korea (jincpark@cau.ac.kr)

#### ABSTRACT

**Purpose:** In order to cope with the climate crisis caused by global warming, greenhouse gas reduction goals are being proposed worldwide. The Korean government is setting goals for reducing greenhouse gas emissions by sector through the 2030 National Greenhouse Gas Reduction Basic Roadmap. Among them, the construction sector has set a goal of reducing greenhouse gas emissions by about 32.8% by 2030. To achieve this, zero-energy buildings for new buildings and green remodeling projects for existing buildings are being promoted. Currently, in Korea, the proportion of old buildings is expected to increase by about 21.9% after the next 10 years. Considering that the importance of green remodeling is attracting more attention as the proportion of old buildings gradually increases, this study intends to derive priorities for each elemental technology targeting daycare centers for efficient green remodeling. **Method:** The data before and after green remodeling were checked for 69 daycare centers that have been green remodeled. In order to build the base-model, the average value of all daycare centers was derived, and the base-model was compared by green remodeling element technology. **Result:** As a result of comparing the primary energy consumption reduction rate by green remodeling element technology, the total heat exchanger saved the most at 15.57%, followed by high performance windows and doors, and high efficiency air conditioners. By deriving these priorities, efficient green remodeling can be performed.

#### KEYWORD

공공건축물  
그린리모델링  
그린요소기술  
ECO2-OD

Public Building  
Green Remodeling  
Green Technology  
ECO2-OD

#### ACCEPTANCE INFO

Received Jan. 17, 2024

Final revision received Jan. 29, 2024

Accepted Feb. 2, 2024

© 2024. KIEAE all rights reserved.

## 1. 서론

2015년 파리기후협약을 시작으로 전 세계적으로 지구 온난화에 따른 기후위기에 대응하기 위해 나라별로 국가 온실가스 감축 목표를 제시하고 이행하기로 합의하였다[1]. 이에 따라, 우리나라 정부는 '2030 국가 온실가스 감축 기본 로드맵'을 제정하였으며, 이를 통해 2018년 727.6백만 톤에 달하는 온실가스 배출량을 2030년까지 436.6백만 톤으로 대폭 감축하여, 전체 배출량에서 약 40%의 저감을 달성하고자 하는 목표를 세웠다[2]. 해당 로드맵은 발전, 산업, 건물 등 다양한 부문에 걸쳐 온실가스 감축 목표를 세분화하여 규정하고 있다. 건축 부문에서는 약 32.8%의 온실가스 배출 감축을 목표로 설정하였으며, 2050년까지는 88.1%에 달하는 에너지 소비 감축을 통하여 건축물로부터의 온실가스 배출량을 줄이고자 한다. 이러한 목표를 실현하기 위하여, 건축물 에너지 효율 증진, 고효율 기기 보급 확대 등의 방안을 마련하였다. 건축 부문에서의 에너지 성능향상

을 위하여 신축 건물은 제로 에너지건축물을 목표로 설정하였고, 기존 건축물에 대해서는 그린리모델링 사업을 추진하고 있다. 또한, 2023년 정부는 '국가 탄소 중립·녹색성장 기본계획'을 발표하였으며, 기존 건축물의 그린리모델링을 촉진하기 위해 그린리모델링 로드맵, 공공건축물의 그린리모델링 사업 확대 등 지정되었다[3].

그린리모델링은 준공 후 10년 이상 된 건축물의 에너지 성능을 향상시키고 효율성을 개선하기 위한 리모델링 과정을 의미한다[4]. 2022년 기준으로 전국에는 총 735만 동의 건축물이 존재하며, 이중 준공된 지 10년 이상의 건물은 561.6만 동의로 전국의 그린리모델링이 필요한 건축물의 비율이 76.4%에 이르는 것으로 나타나고 있다[5]. 또한, 향후 10년 후 준공 후 10년 이상 된 건축물과 신축건축물의 수치를 확인한 결과 각각 21.9%, 8% 증가하여 향후 10년간 그린리모델링 대상 건축물 수가 상당한 폭으로 증가 할 것으로 예측된다. 따라서, 향후 10년 또는 그 이상의 기간에는 신축건축물보다 기존 건물의 리모델링을 통한 에너지 성능의 유지 및 향상이 점차 중요한 문제로 대두될 것으로 예상된다.

노후 건축물의 비중이 증가함에 따라 국토교통부는 2020년부터 시작된 ‘공공건축물 그린리모델링 지원사업’을 통해 공공건축물의 에너지 사용 및 실내환경 개선을 추진하고 있다. 이는 그린리모델링을 통해 기존 건축물의 1차 에너지소요량을 30% 이상 감축하는 것을 목표로 하고 있으며, 대상 건물로는 어린이집, 보건소, 파출소 등이 있다[6]. 그러나 현재 ‘공공건축물 그린리모델링 지원사업’을 통한 그린리모델링 시 주로 시공이 용이한 ‘고성능 창호’와 ‘내·외부 단열보강’과 같은 요소기술이 주로 시공되고 있다. 이는 건물 내부 환경을 향상시키는 반면, 설비의 성능향상은 미미하여 고비용에도 불구하고 에너지 절감에 있어 기대한 만큼의 효과를 거두지 못하는 문제점이 드러나고 있다[7-9]. 따라서 본 연구는 노후 어린이집을 대상으로 그린리모델링 전후 사례분석을 통해 Base-Model을 구축하고 그린 요소기술별 1차 에너지소요량 절감률을 확인하고 우선순위를 도출함으로써 그린리모델링의 보급 확대에 기여하고자 한다.

## 2. 그린리모델링 현황 및 적용기술

### 2.1. 국내·외 그린리모델링 정책 현황

그린리모델링과 관련된 국내외 정책 현황은 Table 1.과 같다. 국내에서는 ‘공공건축물 그린리모델링 지원사업’, ‘민간건축물 그린리모델링 이자 지원사업’ 등 다양한 그린리모델링 관련 정책들이 있다. 해외에서는 미국, 독일, 프랑스, 영국 등의 나라에서 건물의 에너지 성능을 향상시키는 그린리모델링을 지원하기 위한 다양한 제도적 장치를 마련하고 있다.

국내에서는 그린리모델링의 활성화를 위한 다양한 사업이 있다. ‘공공건축물 그린리모델링 지원사업’은 어린이집, 보건소, 의료시설, 경로당, 파출소, 도서관을 대상으로 한다. 그린리모델링 지원항목은 Table 2.와 같다. 필수공사와 선택공사로 구분되며, 필수공사 중 최소 한 가지 이상을 포함하여 두 가지 이상의 요소기술 적용과 더불어 1차 에너지소요량 절감률을 30% 이상 달성하는 것을 목표로 하고 있다. ‘민간건축물 그린리모델링 이자 지원사업’은 민간건축물의 에너지 성능을 향상시키기 위해 공사비용 일부를 지원하는 제도로, 모든 유형의 민간건축물이 신청할 수 있다.

해외 여러 국가에서는 그린리모델링 즉, 환경친화적이며 에너지 성능을 강조하는 리모델링을 장려하기 위해 다양한 정책을 시행하고 있다. 미국의 PACE 제도는 건물 내 신재생에너지 설비의 보급을 촉진하고자 설치비용을 지원해주는 제도이다[10]. ‘Retrofit Chicago’는 시카고 내의 상업, 주거, 공공건축물 등 노후 건축물을 대상으로 건물의 에너지 진단, 에너지 성능평가 등을 지원하고 있다[11]. 엘라배마주의 ‘SAVE’는 건물의 그린리모델링 및 신재생에너지를 설치할 경우 보조금 지원을 하는 제도이다[12]. 독일에서는 신재생에너지 설비 설치가 필요한 건물에 대해 독일 재건은행(KfW)을 통한 건축 보수 자금 대출 프로그램을 운영하고 있다[13]. 프랑스는 에너지 소비가 많은 노후 건축물에 대해서는 그린리모델링을 의무화하였으며, Eco-Loan을 통해 주거 건물을 대상으로 무이자 대출 지원 프로그램을 진행 중이다[14]. 영국의 경우 건축 부문에서 에너지 효율을 향상시키기 위한 비용 지원정책인 ‘Green Deal’을 시행하고 있다.

Table 1. Green remodeling policy

Category	Type
Korea	Green Remodeling Support Project for Public Buildings
	Green Remodeling Interest Support Project for Private Buildings
USA	PACE(Property Assessed Clean Energy)
	Retrofit Chicago
	SAVE
Germany	KfW Efficiency House
France	Eco-Loan
UK	Green Deal

Table 2. Green remodeling support items

Category	Details
Required Construction	Architectural elements <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adding internal and external insulation</li> <li>• Floor insulation and heating</li> <li>• High performance windows and doors</li> </ul>
	Mechanical, Electrical elements <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heat recovery ventilation</li> <li>• High efficiency cooling and heating</li> <li>• High efficiency boiler</li> <li>• High efficiency lighting (LED)</li> <li>• Renewable energy (Solar panel)</li> <li>• BEMS (Building Energy Management System)</li> <li>• Cool Roof</li> </ul>
Selective Construction	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Landscaping</li> <li>• Solar control device</li> <li>• Smart air shower</li> <li>• Instantaneous water heater</li> <li>• Water-saving device</li> <li>• EPD (Environmental Product Declaration)</li> <li>• Finishing material (wallpaper, ceiling, flooring)</li> </ul>

### 2.2. 그린리모델링 요소기술별 특징

그린리모델링 시 적용되는 요소기술별 특징은 Table 3.과 같다. 내·외부와 바닥은 외부 마감재 추가 및 교체할 수 있으며, 창 및 문은 로이복층유리와 같은 고효율 유리를 이용하여 실내의 쾌적성을 향상시킬 수 있다. 폐열회수형 환기장치의 경우 실내·외 공기의 직접적인 접촉 없이 환기를 통해 실내 환기 효율을 향상시킬 수 있다. 냉난방장치, 보일러, 조명은 고효율의 기기를 사용하여 건물의 에너지 효율을 향상시킬 수 있다. 신재생에너지인 태양광은 건물의 옥상, 외벽과 같은 곳에 설치가 용이하며, 전기를 생성하여 건물 내에서 사용할 수 있다.

## 3. 사례분석

### 3.1. 분석대상

서울시에 위치한 그린리모델링이 완료된 69개소의 어린이집을 대상으로 2023년 기준으로 그린리모델링 전후 데이터를 활용하여 에너지 성능 분석을 하였다. 어린이집은 주로 작은 규모의 건물로 이루어져 있으며, 지속적인 에너지 사용이 필요하다는 특성을 지니고

Table 3. Green remodeling support items

Category	Features
<b>Adding internal and external insulation</b>	Improve the performance of blocking heat transfer from the outside by adding insulation to the walls and roof of the building
<b>Adding floor insulation and heating</b>	Improve existing insulation performance and indoor comfort by adding floor insulation
<b>High performance windows and doors</b>	Minimize indoor heat loss by replacing high-performance windows and prevent external heat inflow by maximizing insulation effect
<b>Heat recovery ventilation</b>	Improved indoor ventilation efficiency through indoor air heat recovery and external air intake
<b>High efficiency cooling and heating</b>	Reduce energy consumption by applying energy-efficient devices
<b>High efficiency boiler</b>	
<b>High efficiency lighting (LED)</b>	Reduces power consumption and improves energy efficiency compared to fluorescent lights
<b>Renewable energy (Solar panel)</b>	Generate electricity from the sun and directly supply power to buildings
<b>BEMS (Building Energy Management System)</b>	Manage your building's energy use by monitoring and analyzing your building's energy consumption
<b>Cool Roof</b>	Prevent indoor temperature rise by using materials with high solar reflectance to block solar heat from entering the roof
<b>Landscaping</b>	Regulates building temperature by reducing heat island effect, managing stormwater, improving air quality and providing natural cooling and shade
<b>Solar control device</b>	Installed on windows or exterior walls to control solar heat to maintain indoor temperature and prevent energy efficiency savings
<b>Smart air shower</b>	Blocks dust and viruses coming from outside
<b>Instantaneous water heater</b>	Improves energy efficiency as hot water can be used immediately
<b>Water-saving device</b>	Save water resources by reducing water usage
<b>EPD (Environmental Product Declaration)</b>	Products with low carbon emissions by quantitatively assessing the environmental impact of the entire product process from production to disposal
<b>Finishing material (wallpaper, ceiling, flooring)</b>	Improved energy efficiency and indoor environment by using finishing materials with insulation performance

Table 4. Overview of the building

Category	Content
<b>Scale(number of floors)</b>	2 floor
<b>Building deterioration</b>	26 years
<b>Total floor area</b>	527.43m <sup>2</sup>

Table 5. Energy performance before and after green remodeling

Category		Average
<b>Energy Demand</b>	<b>Before</b>	93.6kWh/m <sup>2</sup> yr
	<b>After</b>	77.5kWh/m <sup>2</sup> yr
<b>Site Energy Use</b>	<b>Before</b>	99.1kWh/m <sup>2</sup> yr
	<b>After</b>	79.4kWh/m <sup>2</sup> yr
<b>Primary Energy Use</b>	<b>Before</b>	157.6kWh/m <sup>2</sup> yr
	<b>After</b>	133.2kWh/m <sup>2</sup> yr
	<b>Savings rate (%)</b>	15.57%

있어 어린이집을 대상으로 사례분석을 진행하였다. 에너지 성능 분석을 위한 도구로는 ECO2-OD를 이용하였다[15]. 69개소의 어린이집의 평균 개요와 그린리모델링 전후 에너지 성능은 Table 4., Table 5.와 같다. 건물의 평균 규모는 2층으로, 평균 노후도는 26년에 달한다. 건물의 평균 연면적은 약 527.43m<sup>2</sup>이며, 그린리모델링을 통한 1차 에너지소요량 평균 15.57% 절감되었다.

### 3.2. 적용 요소기술별 분석

69개소의 어린이집에 대한 그린리모델링은 ‘공공건축물 그린리모델링 지원사업’의 지원항목을 기준으로 다양한 요소기술들이 적용되었다. 적용된 요소기술로는 패시브 부문의 내·외부 단열보강, 고성능 창 및 문과 액티브 부문의 폐열회수형 환기장치, 고효율 냉·난방장치, 고효율 보일러, 고효율 조명(LED)과 같은 에너지 절약형 설비, 태양광 패널과 같은 신재생에너지가 적용되었다. 패시브 부문의 바닥 단열 및 난방 요소는 바닥 마감 공사의 장기간 소요로 인해, 어린이집의 운영 특성상 장기적인 공사가 어려운 점을 고려하여 적용되지 않은 것으로 확인되었다. 따라서, 바닥 단열 및 난방보다는 주로 지붕 단열보강이 이루어지고 있는 것을 확인하였다. 이를 토대로 각 건물의 그린리모델링 요소기술별 적용 항목 수를 산정한 결과 Table 6.과 같다. 고성능 창 및 문은 69개소 중 58개소에서 적용되어 전체 84.1%를 차지하고 있으며, 고효율 냉·난방장치 43개소(62.3%), 고효율 보일러 26개소(37.7%), 외벽 단열보강 24개소(34.8%), 폐열회수형 환기장치 20개소(29.0%), 고효율 조명 14개소(20.3%), 지붕 단열보강 7개소(10.1%), 태양광 3개소(4.3%) 순으로 적용되었다.

## 4. 그린리모델링 요소기술별 우선순위 도출

그린리모델링 사례분석을 바탕으로, 각 요소기술이 적용된 후의 에너지 절감효과를 분석하기 위하여 Base-Model을 구축하였다. 요소기술별 1차 에너지소요량 절감률을 기준으로 그린리모델링 시 우선으로 적용해야 할 요소기술의 순위를 도출하였다.

Table 6. Number of applications by green remodeling elements technology

Category	Number of applications (Rate)
High performance windows and doors	58 (84.1%)
High efficiency cooling and heating	43 (62.3%)
High efficiency boiler	26 (37.7%)
Adding external wall insulation	24 (34.8%)
Heat recovery ventilation	20 (29.0%)
High efficiency lighting (LED)	14 (20.3%)
Adding roof insulation	7 (10.1%)
Renewable energy (Solar panel)	3 (4.3%)

Table 7. Overview of the base-model

Category	Content	
Scale (number of floors)	2 floor	
Floor height	3m	
Ceiling height	2.5m	
Total floor area	523.47m <sup>2</sup>	
Floor area / Roof area	263.71m <sup>2</sup>	
Floor average U-value	0.58W/m <sup>2</sup> K	
Exterior wall area	East	104.29m <sup>2</sup>
	West	99.02m <sup>2</sup>
	South	110.90m <sup>2</sup>
	North	115.16m <sup>2</sup>
Window to Wall ratio	18.80%	
Window area	East	20m <sup>2</sup>
	West	20m <sup>2</sup>
	South	30m <sup>2</sup>
	North	20m <sup>2</sup>
Door area	West	3.94m <sup>2</sup>
	South	3.60m <sup>2</sup>
	North	1.89m <sup>2</sup>

#### 4.1. Base-Model 구축

Base-Model의 개요를 입력하기 위해 69개소 건물의 연면적, 외벽 면적 등 평균값을 산정하였으며, Table 7.과 같다. 또한, 그린리모델링 전 요소기술별 성능은 Table 8.과 같다. 바닥복사 난방의 경우 어린이집 특성상 그린리모델링 진행이 어려워 바닥복사 난방은 제외하고 Base-Model을 구축하였다.

이를 토대로 ECO2-OD를 활용하여 그린리모델링 전 에너지 성능을 분석한 결과, 에너지요구량, 에너지소요량, 1차 에너지소요량은 각각 95.9kWh/m<sup>2</sup>yr, 96.1kWh/m<sup>2</sup>yr, 162.0kWh/m<sup>2</sup>yr으로 나타났다. 또한, 건축물 에너지 효율 등급 계산 결과 1+ 등급으로 산정되었다. 이러한 결과는 Base-Model이 평균 20년 이상 되었음에도 건물에서 자체적인 수리 및 설비 교체로 인해 에너지 성능이 높게 유지되고 있다는 것으로 예상된다.

Table 8. Performance analysis by component technology before green remodeling

Category			Content	
P a s s i v e	Adding external wall insulation	Average U-value (W/m <sup>2</sup> K)	0.50	
	Adding roof insulation		0.43	
	High performance windows and doors		3.40	
A c t i v e	Heat recovery ventilation	Heat recovery (%)	Cooling	0.00
			Heating	0.00
	High efficiency cooling and heating	COP	Cooling	3.13
			Heating	3.30
		Capacity (kW)	Cooling	59.34
			Heating	62.59
	High efficiency boiler	Heat source		Natural gas
		Efficiency (%)		83.30
		Capacity (kW/m <sup>2</sup> )		0.20
High efficiency lighting(LED)	Lighting power (kW)		3.12	
	Lighting density (W/m <sup>2</sup> )		5.92	
Renewable energy (Solar panel)	Capacity (kW)		-	

Table 9. Energy performance before green remodeling

Category	Average
Energy Need	95.9kWh/m <sup>2</sup> yr
Energy Use	96.1kWh/m <sup>2</sup> yr
Primary Energy Use	162.0kWh/m <sup>2</sup> yr
Building Energy Efficiency Rating	1+

Table 10. Existing and remodeling U-value of passive elements

Category	U-Value		
	Adding external wall insulation	Adding roof insulation	High performance windows and doors
Existing	0.50W/m <sup>2</sup> K	0.43W/m <sup>2</sup> K	3.40W/m <sup>2</sup> K
Remodeling	0.24W/m <sup>2</sup> K	0.15W/m <sup>2</sup> K	1.00W/m <sup>2</sup> K
Improvement rate	52.00%	65.10%	70.60%

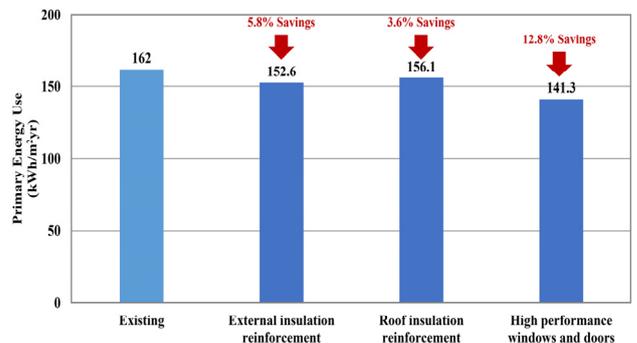


Fig. 1. Energy performance changes after changing passive elements

Table 11. Overview of heat recovery ventilation

Category	Content
Supply·Exhaust air volume (CMH)	500
Supply·Exhaust static pressure (Pa)	100
Supply·Exhaust fan power (kW)	0.02
Heating heat recovery rate (%)	72
Cooling heat recovery rate (%)	66

Table 12. Existing and remodeling heating and cooling and boiler

Category		High efficiency cooling and heating		High efficiency boiler
		Cooling	Heating	
Existing	COP	3.13	3.30	-
	Capacity	59.34kW	62.59kW	0.20kW/m <sup>2</sup>
	Efficiency	-	-	83.30%
Remodeling	COP	4.9	4.5	-
	Capacity	65.33kW	60.48kW	0.10kW/m <sup>2</sup>
	Efficiency	-	-	91.80%

Table 13. Existing and remodeling lighting

Category	High efficiency lighting(LED)		
	Type	Lighting power (kW)	Lighting density (W/m <sup>2</sup> )
Existing	Fluorescent lamp	3.12	5.92
Remodeling	LED	2.33	4.42

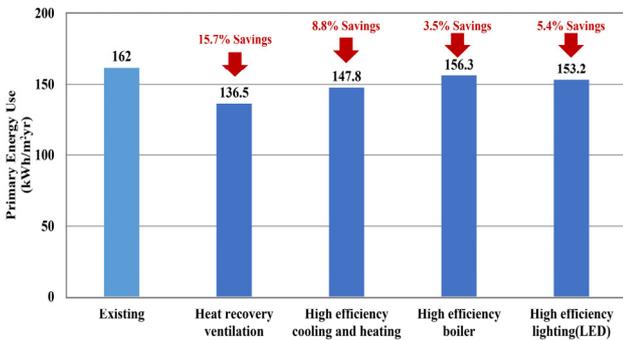


Fig. 2. Energy performance changes after changing active elements

## 4.2. 요소기술별 에너지 성능 분석

### 1) Passive 요소

패시브 부문에서 외벽, 지붕의 단열보강과 고성능 창 및 문에 대해 에너지 성능을 분석하였다. 이러한 분석을 통해 단열 성능이 향상된 외벽과 지붕, 고효율 창호의 적용이 건물의 에너지 성능에 미치는 영향을 확인하였다. Base-Model의 개선된 열관류율은 가장 최근 기준인 2018년도 ‘에너지 절약 설계기준’에 따라 변경하였으며, 각 열관류율이 50.0% 이상 향상되는 것으로 나타났다. 이를 토대로 에너지 성능 분석 결과 1차 에너지소요량은 외벽 단열보강 5.8%, 지붕 단열보강 3.6%, 고성능 창 및 문 12.8% 절감되었다. 반면, 지붕의 열관류율이 외벽의 열관류율보다 더 크게 개선되었음에도, 에너지 성

능 측면에서는 외벽의 열관류율을 개선했을 때 더 많은 에너지가 감소하였다. 이러한 결과는 외벽이 지붕보다 건물의 에너지 성능에 상대적으로 큰 영향을 미친다는 것으로 분석된다. 또한, 창호의 열관류율은 외벽 및 지붕의 열관류율 개선보다 건물의 에너지 성능에 더 큰 영향을 미친다는 것을 나타낸다.

### 2) Active 요소

액티브 부문에서는 신재생에너지(태양광)를 제외한 폐열회수형 환기장치, 고효율 냉·난방장치, 고효율 보일러, 고효율 조명에 대해 에너지 성능을 분석하였다.

폐열회수형 환기장치의 경우 기존 Base-Model에서는 폐열회수형 환기장치가 설치되어 있지 않았다. 그러나, ‘건축물 설비기준 등에 관한 규칙’에 따르면, 연면적 430 m<sup>2</sup> 이상인 어린이집 건물에는 폐열회수형 환기장치를 설치해야 한다[16]. 이를 고려하여 H사의 폐열회수형 환기장치를 한 층당 3대를 설치하였으며, 설치 개요는 Table 11.과 같다.

고효율 냉·난방장치와 보일러는 성능개선을 위해 에너지 효율 1등급을 만족하는 기기를 참조하였다. 그에 따라 고효율 냉·난방장치는 냉방 65.33kW, COP 4.9, 난방 60.48kW, COP 4.5로 개선하였다. 고효율 보일러의 경우 기존 효율 83.30%, 단위면적당 보일러 용량은 0.20 kW/m<sup>2</sup>에서 보일러 효율 91.80%, 단위면적당 보일러 용량도 0.10 kW/m<sup>2</sup>로 기존 용량의 약 절반 감소하였다.

기존 Base-Model은 형광등을 사용하고 있었으며, 조명 전력은 3.12kW로 적용되어 있었다. 고효율 조명을 위해 LED로 교체하였으며, 조명 전력은 2.33kW로 절감되었다.

그린리모델링 요소기술별 에너지 성능을 향상시킨 후 1차 에너지소요량 절감률을 확인한 결과 Fig. 2.와 같다. 액티브 요소 중 폐열회수형 환기장치가 15.7%로 가장 많이 절감되는 것으로 나타났다. 다음으로는 고효율 냉·난방장치, 고효율 조명(LED), 고효율 보일러 순으로 1차 에너지소요량이 절감되었다. 반면, 고효율 보일러의 경우 단위면적당 보일러 용량이 약 2배 이상 절감되었지만 1차 에너지소요량은 3.5%만이 절감되었다. 이는 에너지를 생성하고 전달하는 과정에서 에너지 손실이 존재하여 1차 에너지소요량의 개선율이 상대적으로 적게 나타난 것을 의미한다.

### 4.3. 소결

Base-Model의 기존 및 개선을 통한 에너지 성능 분석 후 요소기술별 1차 에너지소요량 절감률을 기준으로 그린리모델링 시 우선순위를 도출하였다. 1순위인 폐열회수형 환기장치는 에너지성능지표에 명시된 폐열회수형 환기장치의 냉난방 효율 기준에 맞춰 설치하였다. 그 결과 1차 에너지소요량이 15.57% 절감되어 그린리모델링 요소기술 중 가장 많이 절감되어 그린리모델링 시 1순위로 적용할 경우 에너지 효율적인 그린리모델링이 가능하다. 다음 고효율 창 및 문의 경우 부위별 열관류율 개정 연혁표에 따라 개선하였을 때 각 모델의 2순위로 에너지 절감률을 달성할 수 있었다. 고효율 냉·난방장치는 에너지 효율 1등급의 제품으로 교체하였을 때 8가지 항목 중 3순위로 1차 에너지소요량이 감소하였다. 다음 4~7순위의 경우 외벽

Table 14. Deriving priorities by technology elements of green remodeling

Priority	Content	Primary Energy Use savings rate (%)
1	Heat recovery ventilation	15.74%
2	High performance windows and doors	12.78%
3	High efficiency cooling and heating	8.77%
4	Adding external wall insulation	5.80%
5	High efficiency lighting (LED)	5.43%
6	Adding roof insulation	3.64%
7	High efficiency boiler	3.52%

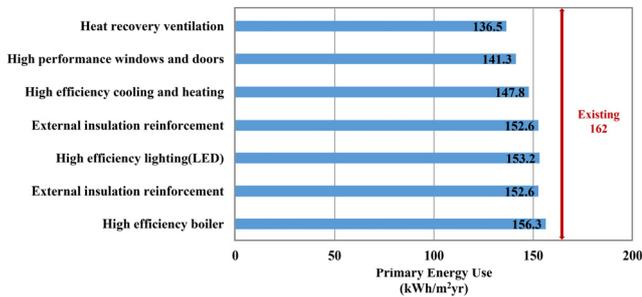


Fig. 3. Energy performance changes after changing green remodeling elements technology

단열보강, 고효율 조명(LED), 지붕 단열보강, 고효율 보일러 순으로 나타났다. 이러한 순위를 바탕으로 그린리모델링 시 주로 액티브 요소가 중점적으로 교체 시 건물의 에너지 성능을 효과적으로 향상시킬 수 있을 것으로 나타났다.

### 5. 결론

본 연구는 노후 어린이집을 대상으로 그린리모델링 사례분석을 진행하였으며, 이를 통해 Base-Model을 구축하여 요소기술별 우선순위를 도출하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 그린리모델링이 완료된 어린이집 69개소를 대상으로 사례 분석을 진행하였다. 그 결과, Table 6.과 같이 현재 그린리모델링 시 시공이 간편하고, 단시간 내에 공사를 완료할 수 있는 고성능 창 및 문이 58개소에 적용되어 가장 많이 적용되는 요소로 나타났으며, 다음으로 고효율 냉·난방장치, 고효율 보일러, 외벽 단열보강, 폐열회수형 환기장치, 고효율 조명(LED), 지붕 단열보강, 신재생에너지(태양광) 순으로 적용되고 있음을 확인하였다.

둘째, 이를 기반으로 69개소의 건물의 평균값을 통해 Base-Model을 구축하여 패시브 요소와 액티브 요소에 대해 각각 그린리모델링을 진행하였다. 패시브 요소인 외벽 단열보강, 지붕 단열보강, 고성능 창 및 문의 경우 '에너지 절약 설계기준'에 따라 성능을 향상시켰으며, 그 결과 1차 에너지소요량은 고성능 창 및 문이 12.8%로 가장 많이 절감되는 것으로 나타났다. 액티브 요소로는 폐열회수형 환기장치, 고효율 냉·난방장치, 고효율 보일러, 고효율 조명(LED)을 설치 및 성능을 향상시켰다. 그 결과, 폐열회수형 환기장치가 15.57%

로 가장 많이 절감되었다.

셋째, 요소기술별 1차 에너지소요량 절감률을 기준으로 그린리모델링 요소기술별 우선순위를 도출하였다. 그 결과, 효율적인 그린리모델링을 위해서는 폐열회수형 환기장치, 고성능 창 및 문, 고효율 냉·난방장치, 외벽 단열보강, 고효율 조명(LED), 지붕 단열보강, 고효율 보일러 순으로 적용되어야 하는 것으로 나타났다.

그린리모델링의 효과를 극대화하기 위해서는 패시브와 액티브 요소를 각각 적용하는 것이 아니라 종합적으로 모든 요소를 적용해야 한다. 그러나 본 연구에서는 개별적인 요소만을 적용한 결과를 토대로 우선순위를 도출하였고, 69개의 어린이집을 대상으로 한 평균값을 사용하여 Base-Model을 구축함으로써 정확한 에너지 절감효과를 확인하는 데 어려움이 있었다. 향후 연구에서는 패시브와 액티브 요소를 종합적으로 적용하여 효과적인 그린리모델링을 수행하기 위한 연구를 진행하고자 한다.

### Acknowledgement

이 연구는 한국연구재단 (No. 2023R1A2C1006066, No. RS-2023-00217322)의 지원을 받아 수행된 연구임.

### References

- [1] 국토교통부, 국토교통 탄소 중립 로드맵, 2021. // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Land, infrastructure and transport carbon neutral roadmap, 2021.)
- [2] 관계부처 합동, 2030 국가 온실가스 감축 목표(NDC) 상향 안, 2021. // (Joint Government Agencies, Plan to increase the 2030 national greenhouse gas reduction target (NDC), 2021.)
- [3] 관계부처 합동, 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획, 2023. // (Joint government agencies, National carbon neutrality/green growth basic plan, 2023.)
- [4] 국토교통부, 녹색건축물 조성 지원법, 제27조, 2021. // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Green buildings construction support act, Article 27, 2021.)
- [5] 국토교통부, 전국 건축물 총 7,354,340동... 연면적 41억 3천만㎡, 2023.03. // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, A total of 7,354,340 buildings nationwide... Total floor area: 4.13 billion m², 2023.03.)
- [6] 국토교통부, 공공건축물 그린리모델링 지원사업 가이드라인, 2023. // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Public building green remodeling support project guidelines, 2023.)
- [7] 김성민, 기존 건축물 그린리모델링 적용 요소기술 및 에너지 절감효과 분석, 한국건축환경설비학회 논문집, 제11권 제3호, 2017.06, pp.238-245. // (S.M. Kim, Analysis on application of green remodeling technology and energy saving effect for existing buildings, Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, 11(3), 2017.06, pp.238-245.)
- [8] 김은희, 염철호, 공공건축물 활용성 제고를 위한 리모델링 정책지원 및 제도개선 연구, 건축도시공간연구소, 2015.05. // (E.H. Kim, C.H. Youm, Study on policy support and system improvement of remodeling for the enhancement of utilizing public buildings, Architecture & Urban Research Institute, 2015.05.)
- [9] 이뉴스투데이, “지원금은 늘리고, 승인은 줄이고”...이상한 그린리모델링 정책, <http://www.ewestoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=1564083>, 2022.04.18. // (eNewsToday, “Increase subsidies, reduce approvals”... Strange green remodeling policy, <http://www.ewestoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=1564083>, 2022.04.18.)
- [10] 김기란, 건물부문 탄소 중립 목표 달성을 위한 그린리모델링 활성화 방안에 관한 연구 - 광명시 공공건축물을 중심으로, 중앙대학교 석사 학위논문, 2022.08. // (G.R. Kim, A study on the activation of green

- remodeling to achieve carbon neutrality in the building sector - Focusing on public buildings in Gwangmyeong City -, Master's Thesis of Chung-Ang University, 2022.08.)
- [11] 김재문, 주요국의 그린리모델링 정책 동향-②(캐나다,미국), 대한건설정책연구원, 2020.09. // (J.M. Kim, Green remodeling policy trends in major countries-②(Canada, USA), Korea Research Institute for Construction Policy, 2020.09.)
- [12] 한국에너지신문, 건축물 에너지 절감 키워드 ‘그린리모델링’, <https://www.koenergy.co.kr/news/articleView.html?idxno=104845>, 2019.02.18. // (The Korea Energy Newspaper, Building energy saving keyword ‘green remodeling’, <https://www.koenergy.co.kr/news/articleView.html?idxno=104845>, 2019.02.18.)
- [13] 김재문, 주요국의 그린리모델링 정책 동향-①(프랑스,독일), 대한건설정책연구원, 2020.08. // (J.M. Kim, Green remodeling policy trends in major countries-①(France, Germany), Korea Research Institute for Construction Policy, 2020.08.)
- [14] 국토교통부, 건축물 에너지 수요 절감을 위한 그린리모델링 활성화 방안, 2013. // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Green remodeling activation plan to reduce building energy demand, 2013.)
- [15] 국토교통부, 건축물의 에너지절약설계기준, 제22조, 2023.02. // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Energy-saving design standards for buildings, Article 22, 2023.02.)
- [16] 국토교통부, 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙, 별표 1, 2021.08. // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Rules on building equipment standards, Attached Form 1, 2021.08.)