

# 소방서를 대상으로 한 그린리모델링 용도 확대 가능성 분석에 관한 연구 A Study on the Possibility of Expanding the Use of Green Remodeling for Fire Stations

정상현(Sangheon Jeong), 오진환(Jinhwan Oh)\*, 배상무(Sangmu Bae)\*\*, 남유진(Yujin Nam)\*\*\*†

부산대학교 건축공학과 석사과정, \*부산대학교 건축공학과 박사과정, \*\*부산대학교 생산기술연구소, \*\*\*부산대학교 건축공학과 교수

*Master Course, Department of Architecture Engineering Pusan National University, Busan 46241, Korea*

*\*Doctoral Course, Department of Architecture Engineering Pusan National University, Busan 46241, Korea*

*\*\*Research Institute of Industrial Technology, Pusan National University, Busan 46241, Korea*

*\*\*\*Professor, Department of Architecture Engineering Pusan National University, Busan 46241, Korea*

---

## Abstract

This study aims to investigate the possibility of expanding the support program for green remodeling of fire stations and analyze the standard design guidelines. Green remodeling is essential for reducing greenhouse gas emissions and promoting green buildings, but currently, it is only conducted for buildings with limited purposes. In this study, we conduct green remodeling for fire stations with severe aging to demonstrate energy performance improvement and investigate the potential for expanding the support program to other types of aging buildings. The research methodology includes analysis of previous studies, preliminary investigation and alternative setting, energy analysis, calculation of construction costs, evaluation of the possibility of introducing support programs, and examine of the fire station standard design guidelines. The research results confirm that green remodeling can reduce energy consumption in fire stations and present the possibility of including fire stations as targets in the support program for green remodeling of public buildings.

**Key words:** Green Remodeling(그린리모델링), Public Buildings(공공건축물), Energy Performance(에너지 성능), Green Remodeling Support Program(그린리모델링 지원사업), Occupant Satisfaction(재실자 만족도)

---

†Corresponding author

E-mail: [namyujin@pusan.ac.kr](mailto:namyujin@pusan.ac.kr)

접수일: 2024년 02월 07일; 심사일: 1차:2024년 02월 26일, 채택일: 2024년 02월 26일

---

## 1. 서 론

최근 정부는 ‘2050 탄소중립 시나리오’[1]를 확정하고, 특히 ‘국가 온실가스 감축 로드맵’[2]을 통해 건물 부문에서의 온실가스 감축률을 32.8%로 계획하였다. 이에 따라 제로에너지건축물 보급을 확대하기 위해, 정부는 2020년부터 연면적 1,000㎡ 이상인 공공건축물에 대해 제로에너지건축물 의무화를 시행하고 있으며, 연면적 500㎡ 이상인 모든 건축물에 대해 2030년까지 제로에너지건축물 의무화 계획을 시행하여 온실가스 저감과 녹색건축 성장을 목표로 하고 있다. 이와 함께 기존 건축물에도 주목하여 노후 공공건축물 에너지 성능향상에 따른 온실가스 저감 및 생활환경 개선에도 주목하고 있다. 또한, 민간 부문에 대한 그린리모델링 확산을 도모하고자 정부는 2013년부터 ‘공공건축물 그린리모델링 지원사업’을 실시하고 있다.

공공건축물 그린리모델링 지원사업 가이드라인에 따르면, 준공 후 10년 이상 경과된 어린이집, 보건소, 의료시설, 경로당, 파출소, 도서관만을 지원 대상으로 구분하고 있다. 하지만 노후화가 심각한 공공건축물임에도 앞선 언급된 용도의 건축물들이 아닌 경우 공공건축물 그린리모델링 지원 대상에서 제외되어 건축물 개선에 난항을 겪고 있다. 특히 국민 안전과 직결되는 소방시설의 경우, 전국적으로 20년 이상 경과한 노후 소방서는 총 113개소[3]인 것으로 확인되었다. 이러한 노후 소방시설의 현황은 국민의 생명과 안전을 보장하기 위한 소방 인프라의 개선 필요성에 대한 요구가 높아지고 있다.

기존 건축물 에너지 절감을 위해 그린리모델링 사업 추진 이후 규모, 용도, 타당성, 효과 등의 관련 연구가 급격하게 증가하고 있으며, 특히 그린리모델링 용도확대와 관련된 연구가 활발히 이루어지고 있다. Lee & Kim[4]은 그린리모델링을 실시한 공공건축물의 에너지 절감 효과를 분석하고 원가법을 사용하여 건축물 가치향상 효과를 분석하였다. Yeom et al.[5]은 소규모 주택에서 패시브 요소와 액티브 요소를 지역별로 고려하여 단열 강화에 따른 NPV 분석을 수행하고, 그린리모델링 도입 타당성을 분석하였다. Han & Yoon[6]은 부산광역시 남구를 대상으로 노후 단독주택 현황 조사를 통해 표준모델을 선정하고, 에너지 시뮬레이션을 이용하여 그린리모델링 효과를 예측하였다. Woo & Lee[7]는 그린리모델링 사업을 희망하는 공공건축물 현황평가와 설문조사를 반영한 설계 컨설팅을 바탕으로 지역별, 용도별 그린리모델링 개선 전·후의 에너지 절감률을 분석하였다. Yoo et al.[8]은 공공건축물의 소방업무 시설을 중심으로 에너지 소비량을 측정하였고, 리모델링 도입 시 에너지 성능개선 효과를 분석하였다. 하지만 선행연구들은 공공건축물의 그린리모델링 전후 에너지 절감 효과를 제시하는 것을 주목적으로 하고 있으며, 지원 확대 및 용도 반영을 위한 실질적인 연구는 미흡한 실정이다.

## 2. 연구 방법 및 조건

본 연구는 다음과 같이 진행되었다. 관련 선행연구와 선정된 소방서 모델 분석을 실시하였다. 개선점을 고려한 후, ECO2-OD 프로그램을 활용하여 개선안별 에너지 소요량 및 절감률을 분석하였다.

단, 설비기기는 ‘공공기관 에너지 이용 합리화 추진에 관한 규정’에 근거하여 최신화되었음을 가정하였다. 이후 개선안별 사업비를 산출하고 공공건축물 그린리모델링 지원사업 보조금과 비교하여 지원 대상 확대 가능성을 검토하였다. 마지막으로 소방청사 표준설계 가이드라인 분석을 통해 리스트 작성을 수행하여 향후 소방서의 그린리모델링 설계개선안을 모색하였다.

### 2.1 대상 건물

대상 건물은 서울 소재 Y 소방서로 1998년에 준공된 공공업무시설이다. Fig. 1은 본 연구 대상 건물의

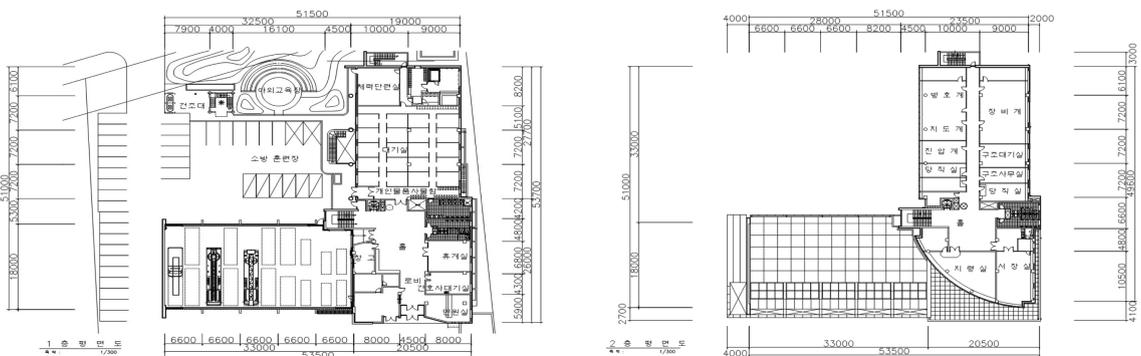


Fig. 1. Target model

**Table 1.** Model information

Parameters		Values
Location		Seoul
Building type		Public facilities
Main structure		Steel reinforced concrete structure
Construction year		1998
Area (m <sup>2</sup> )	Total floor area	4,598.99
	Building area	1,762.76
Heat transmission rate (u-value)	Roof	0.332
	Floor	0.468
	Wall	0.48
	Window	2.9
	Door	4.2
Window to wall ratio (%)		17.67
Lighting power density (W/m <sup>2</sup> )		6.07

1층 및 2층 평면도를 나타내며, Table 1은 대상 건물의 개요와 부하 조건을 나타낸다. 건물 외피 단열성능은 1996년 2월9일에 개정된 ‘지역별 건축물 부위의 열관류율 표(제21조 관련)’를 참고하여 설정하였다. 냉·난방기기, 조명기기, 실내 단말기의 경우 시간 경과에 따라 최신설비로 교체되었음을 전제로 기존 모델을 구상하였다.

## 2.2 Case study 조건

**Table 2.** Case study information

Elements	Base model	Case1(Green remodeling)		Case2(Passive house)	
	Values	Criterion	Values	Criterion	Values
Wall (u-value)	0.480	0.240	0.229	0.150	0.146
Floor (u-value)	0.468	0.290	0.280	0.150	0.147
Roof (u-value)	0.332	0.150	0.150	0.150	0.118
Door (u-value)	4.200	1.500	1.500	0.800	0.800
Window (g-value)	0.719	-	0.579	0.5(more than)	0.400
Window (u-value)	2.900	1.500	1.494	0.800	0.850
Energy recovery system	-	Installation	Installation	Installation	Installation
Renewable energy supply ratio (%)	-	-	32	-	32
Air conditioner	Installation	High-efficiency	High-efficiency	High-efficiency	High-efficiency
Boiler	Installation	High-efficiency	High-efficiency	High-efficiency	High-efficiency
Lighting	Installation	High-efficiency	High-efficiency	High-efficiency	High-efficiency
Automatic meter reading	-	Installation	Installation	-	Installation
BEMS	-	Installation	Installation	-	Installation

본 연구에서는 그린리모델링과 패시브하우스 기준으로 에너지 성능을 개선하였다. 두 개선안 모두 환기, 신·재생설비 등과 같은 액티브 요소들은 동일 적용되었다. 공공기관 설치의무화제도 대상 건축물 확대를 고려하여 신·재생에너지 공급 비율을 적용하였다. 각 개선안은 단열 두께와 창문 성능과 같은 패시브 요소들을 다르게 적용함으로써 구분하였다. 각 개선안의 상세 내용은 Table 2와 같다.

### 2.3 에너지 분석 결과 및 기대효과

ECO2-OD 프로그램 활용하여 연간 에너지 요구량 및 소요량을 분석하였다. 그 결과 그린리모델링 개선안의 경우 기존 대비 63.2%의 에너지소요량이 감소하였고, 패시브하우스 개선안의 경우 기존 대비 71.7%의 에너지소요량이 감소 되었다.

패시브하우스 개선안은 그린리모델링 개선안과 비교해 전체적인 에너지부하량이 개선되었다. 이는 단열재 두께 보강과 열관류율이 더 낮은 창호의 사용으로 냉·난방 부하 저감을 발생 되었기 때문이다. 에너지소요량은 신·재생에너지 설치 유무에 따라 많이 감소한 것을 확인할 수 있었다. 이는 앞으로 신·재생에너지가 향후 기존 건축물 에너지 성능 향상에 주요한 요인으로 작용할 수 있음을 확인할 수 있었다.

**Table 3.** Annual energy requirement and consumption by case

	Energy requirement (kWh/m <sup>2</sup> )						Total
	Renewable	Heating	Cooling	Hot water	Lighting	Ventilating	
Base model	0.0	28.1	18.3	6.1	16.0	0.0	68.4
Green remodeling	0.0	13.1	20.2	6.1	16.0	0.0	55.4
Passive house	0.0	7.5	19.6	6.1	16.0	0.0	49.2
	Energy consumption (kWh/m <sup>2</sup> )						Total
	Renewable	Heating	Cooling	Hot water	Lighting	Ventilating	
Base model	0.0	31.5	15.8	6.1	16.0	6.7	76.1
Green remodeling	-35.0	13.4	14.6	-0.4	0.3	0.1	28.0
Passive house	-35.0	8.0	14.4	-0.6	-0.1	-0.1	21.6
	Primary energy consumption (kWh/m <sup>2</sup> )						Total
	Renewable	Heating	Cooling	Hot water	Lighting	Ventilating	
Base model	0.0	44.4	21.6	18.1	43.9	18.4	146.5
Green remodeling	-96.3	14.9	16.2	0.3	0.8	0.3	32.5
Passive house	-96.3	8.8	15.3	-0.1	-0.3	-0.1	23.9

분석 결과를 바탕으로 온실가스 배출량을 산정하여 계산한 내용은 Fig. 2와 같다. 온실가스 배출량 산정은 국가환경교육센터에서 제시한 산출식[9]을 이용하였다. 기존 대비 그린리모델링 개선안은 온실가스 배출량 84,632.3 kgCO<sub>2</sub>eq, 70.5%의 감축 효과를 나타냈다. 또한, 패시브하우스 개선안은 온실가스 배출량 93,212.4 kgCO<sub>2</sub>eq, 77.6% 감축 효과를 나타냈다.

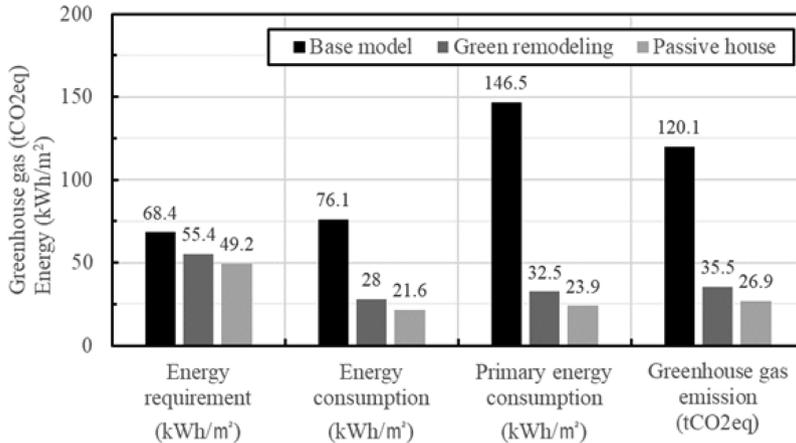


Fig. 2. Calculation of expected effect by case

#### 2.4 Case study 사업비 산출

소방서의 공공건축물 그린리모델링 지원사업 대상 확대 가능성을 검토하기 위해 사업비를 산출하였다. 필수사업비를 산출하고 간접노무비, 기타 경비 등은 연면적이 유사한 도서관의 그린리모델링 사업계획서[10]를 참고하여 직접 사업비 대비 환산 비율을 산정하여 비용 산출을 하였다.

그 결과, 그린리모델링 개선안의 평당 사업비가 1,115,889원, 패시브하우스 개선안의 평당 사업비는 1,302,923원이 산출되었다. 상세 사업비는 Table 4, Table 5와 같다.

Table 4. Case 1 (Green remodeling) detailed construction cost details

Elements		Quantity (m <sup>2</sup> )	Unit price (won)	Calculated amount (won)	Application criteria (area)
Architecture	Roof	145.21	380,000	55,179,800	Roof
	Direct Wall	117.29	380,000	44,570,200	Wall
	Indirect Wall	22.72	380,000	8,633,600	Wall
	Floor	229.5	227,000	52,096,500	Floor
	Door	23.1	850,000	19,635,000	Door
	Window	920.18	110,000	101,219,800	Window
Machinery	Energy recovery system	3,861.82	36,000	139,025,520	Supply
Electricity	Renewable energy (PV)	1,382.96	472,147	652,960,415	Module
	BEMS	4,412.12	19,771	87,232,025	Total floor
Totals ①				1,160,552,860	
Indirect labor + Other expenses + General maintenance fee + Profit + VAT ②				394,587,972	
Total project cost ①+②				1,555,140,831	
Construction cost per 3.3m <sup>2</sup>				1,115,889	

Table 5. Case 2 (Passive house) detailed construction cost details

	Elements	Quantity (m <sup>2</sup> )	Unit price (won)	Calculated amount (won)	Application criteria (area)
Architecture	Roof	217.82	380,000	82,771,600	Roof
	Direct Wall	246.31	380,000	93,597,800	Wall
	Indirect Wall	113.63	380,000	43,179,400	Wall
	Floor	596.7	227,000	135,450,900	Floor
	Door	23.1	850,000	19,635,000	Door
	Window	920.18	110,000	101,219,800	Window
Machinery	Energy recovery system	3,861.82	36,000	139,025,520	Supply
Electricity	Renewable energy (PV)	1,382.96	472,147	652,960,415	Module
	BEMS	4,412.12	19,771	87,232,025	Total floor
Totals ①				1,355,072,460	
Indirect labor + Other expenses + General maintenance fee + Profit + VAT ②				460,724,636	
Total project cost ①+②				1,815,797,095	
Construction cost per 3.3m <sup>2</sup>				1,302,923	

## 2.5 지원사업 도입 가능성 검토

‘공공건축물 그린리모델링 지원사업 가이드라인’에 따르면, 서울지역 보조율은 3.3m<sup>2</sup>당 사업비의 50%이며, 최대 150만 원으로 제한된다.

Table 4, Table 5에서 산출된 3.3m<sup>2</sup>당 사업비의 50%는 각 557,944원, 651,461원이다. 각 개선안은 ‘공공기관 에너지 이용 합리화 추진에 관한 규정’에 의해 일부 설비 기기 최신화를 가정하고 있으며, 그린리모델링 지원 항목 중 선택 공사 및 추가지원공사를 실시하지 않았다. 앞서 언급된 가정을 고려하지 않는다면 실제 사업비는 더 높게 책정될 것이라 사료된다.

하지만 그린리모델링 사업 선정 최소 조건 이상을 고려하여 필수공사만 진행할 경우, 지원사업 최대 보조금 150만 원을 초과하지 않는다. 따라서 소방서를 공공건축물 그린리모델링 지원사업 대상 확대는 충분히 검토될만한 사안으로 여겨진다.

## 3. 소방청사 특화 리모델링 기술 검토

### 3.1 소방청사 사용자와 건축 담당자 의견을 고려한 리모델링 기술

2020년 그린리모델링 지역거점 강원권에서 진행한 사업에 따르면 전반적으로 에너지소요량 평균값이 대체로 감소하여 재실자들의 만족도가 향상되었음을 확인할 수 있었다. 그러나 설계단계에서 사용자의 의견과 공간 용도에 대한 충분한 검토가 이루어지지 않아, 건물 사용자의 실질적 요구사항과 그린리모델링 본질 사이에 괴리가 발생한 것으로 나타났다. 또한, 그린리모델링 수행 경험이 있는 참여자를 대상으로 사업을 활성화시킬 수 있는 영향 요인에 대해 설문조사[11]를 진행한 결과, ‘재실자의 만족도’ 부문이 영향 요인 중 가장 높은 순위를 차지하는 것을 확인할 수 있었다.

따라서 재실자 만족도 향상을 위해 기존 건물의 단열 및 설비성능 개선뿐만 아닌 해당 건축물 담당자와

사용자의 요구사항도 반영한 특화 리모델링이 필요하다. 본 연구에서는 국립소방연구원의 ‘소방청사 표준 설계 가이드라인 개발(2차년도)’[12]을 참조하여 소방청사에 필요한 최적화 기술을 검토하였다. 이후 ① 계획 부문 ② 환경·설비 부문 ③ 재료·시공 부문으로 구분하고 검토 결과를 바탕으로 개선 사항을 요약하였으며, 그에 따른 기대효과를 도출하였다.

Table 6. Specialized green remodeling technology for fire station

Elements		Content	Application effect
Planning	Internal space partition	Areas within the fire station are divided into red zones (contaminated zones), yellow zones (conversion zones), green zones (non-contaminated zones)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blocks the effects of cancer substances</li> <li>• Reduces incidence of disease or cancer</li> </ul>
	Environment & Facility	Remove diesel emissions from operation and maintenance of fire-fighting vehicles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blocks the effects of class 1 carcinogens</li> <li>• Helps reduce disease incidence</li> </ul>
Environment & Facility	Air quality control	Introduction of air cleaning facilities and ventilation systems to maintain indoor comfortable air quality	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Improve concentration and work efficiency</li> <li>• Reduced risk of respiratory disease</li> <li>• Providing a safe and comfortable environment</li> </ul>
	Wastewater treatment facility	Properly treat and discharge wastewater generated during the cleaning process of contaminants from firefighting equipment	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Local environmental protection</li> <li>• Water pollution prevention</li> <li>• Strengthening social image</li> </ul>
	Material & Construction	Fall prevention	Design of sliding and falling of firefighters due to the nature of the space where emergency dispatch takes place
Material & Construction	Indoor color	Applying colors to the rest area to induce emotional stability, which is necessary for firefighters who frequently experience traumatic incidents	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relieves physical and psychological stress</li> <li>• Increased work concentration</li> </ul>

#### 4. 결 론

본 연구는 노후 소방서를 대상으로, 그린리모델링 후 에너지 분석을 실시하고 사업비 검토를 통해 소방서의 공공건축물 그린리모델링 지원 대상 확대 가능성과 소방청사 표준설계 가이드라인 참조하여 재실자 만족도 향상이 가능한 리모델링 기술들을 검토하였다. 결과는 다음과 같다.

(1) 서울 소재 Y 소방서를 그린리모델링, 패시브하우스 개선안으로 구분해 사례 연구하였다. 그 결과, 그린리모델링 개선안의 경우 기존 대비 63.2%의 에너지소요량이 감소하였으며, 패시브하우스 개선안의 경우 기존 대비 71.6%의 에너지소요량이 감소함을 확인할 수 있었다.

(2) 개선안별 3.3㎡당 50% 공제된 사업비는 공공건축물 그린리모델링 지원사업 최대 보조금 150만 원을 초과하지 않으므로, 소방서의 공공건축물 그린리모델링 지원사업 대상 확대 의견은 충분히 검토할 만한 사안으로 여겨질 것이라 사료된다.

(3) 국립소방연구원의 ‘소방청사 표준설계 가이드라인 개발(2차년도)’을 기반으로 리모델링 기술을 요소별로 검토하였다. 추후 검토한 기술 항목을 고려한다면 소방서의 환경성·기능성·안전성·사용자 만족도 등을 향상할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 노후화된 소방청사를 대상으로 그린리모델링할 경우, 높은 에너지 절감 효과가 발생함을 확인하였으며, 비용적 측면에서도 도입 가능성을 확인하였다.

공공건축물 그린리모델링은 에너지 개선뿐만 아니라 정부(지자체)의 지원 예산도 중요한 요소 중 하나이다. 따라서, 소방청사의 그린리모델링은 에너지적 측면과 비용적 측면 모두를 만족하는 결과를 도출하였으므로 차후 용도 확대 시 고려될 여지가 높다고 사료된다. 향후, 소방청사 외의 공공시설에 대한 그린리모델링 도입 타당성을 분석하고 데이터베이스를 구축하여 그린리모델링 보급 활성화에 기여할 예정이다. 또한, 그린리모델링이 민간 부문까지 확대된다면 더 높은 에너지 절감과 지속 가능한 환경을 조성할 수 있을 것이다.

## 후 기

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(No. 2021R1A2C2014259).

## References

1. The Government of the Republic of Korea, 2050 Carbon-neutral standardization strategy, 2021.
2. The Government of the Republic of Korea, 2030 National greenhouse gas reduction goal in the Korea, 2023.
3. Ministry of the Interior and Safety, <https://www.open.go.kr/com/main/mainView.do>.
4. Lee, B. H. and Kim, D. I., 2017, A Study on Green Retrofit Effects and Value Assessment for a Public Building, Journal of KIAEBS, Vol. 11, No. 2, pp. 155-161.
5. Yeom, J. R., Bae, S. M., Kim, D. Y., and Nam, Y. J., 2021, Feasibility Analysis on the Green-remodeling of Small-scale Housing, KIEAE Journal, Vol. 21, No. 1, pp. 73-80.
6. Han, D. I. and Yoon, S. H., 2021, An Analysis of Energy Saving Effect of Deteriorated Detached House through Green Remodeling - Focusing on Nam-gu, Busan -, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 37, No. 9, pp. 145-154.
7. Woo, S. J. and Lee, S. Y., 2022, 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-, KIEAE Journal, Vol. 22, No. 5, pp. 19-26.
8. Yoo, J. H., Cho, S. W., Lee, S. R., and Cho, G. Y., 2021, A Case Study of the 24hours Public Building in Relation to Energy Consumption and Improvements of Remodeling -Focused on Fire Station Facilities-, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 42, No. 1, pp. 23-31.
9. Korea Environment Conservation Institute, Carbon Neutral Program Configuration Guide, 2021.
10. Korea Authority of Land & Infrastructure Safety, Green Remodeling Regional Base Platform Specialization Project Report in Metropolitan Area 1, 2022.
11. Kim, S. R. and Ahn, Y. H., 2018, Identifying Drivers influencing Green Remodeling Project in the Perspective of Participant, Proceedings of the AIK Conference 2018, Vol. 38, No. 1, pp. 696-699.
12. National Fire Research Institute of Korea, Guideline Development of Standard plans for fire station II, 2021.