

# 노후 공공건축물의 현장 조사 결과에 따른 에너지효율등급 평가 결과 분석

배민정<sup>1</sup> · 안호상<sup>2</sup> · 강재식<sup>3†</sup>

<sup>1</sup>한국건설기술연구원, 전임연구원

<sup>2</sup>한국건설기술연구원, 연구위원

<sup>3</sup>한국건설기술연구원, 선임연구위원

## Analysis of Building Energy Efficiency Rating for Old Public Buildings according to the On-site Investigation Results

Bae Minjung<sup>1</sup> · Ahn Hosang<sup>2</sup> · Kang Jaesik<sup>3†</sup>

<sup>1</sup>Research Specialist, Department of Building Energy Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

<sup>2</sup>Research Fellow, Department of Building Energy Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

<sup>3</sup>Senior Research Fellow, Department of Building Energy Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

<sup>†</sup>Corresponding author: [jskang@kict.re.kr](mailto:jskang@kict.re.kr)

### Abstract

The building energy efficiency grade of old buildings in Korea is rated according to criteria of building energy performance calculated by the ECO2 energy simulation program. To evaluate this performance, ECO2 input data are required, which influence both the intermediate decision process and final calculation results. However, the required input data collection of old buildings for ECO2 simulation is not as simple as expected, and is more difficult than that for new buildings because of many unrecorded changes and updates after the original construction. In these aspects, certification assessment documents for old public buildings are not suitable for preparing input data for ECO2 and usually do not reflect the actual status and condition of buildings from either passive or active perspectives. Therefore, in this study, an ECO2 building energy simulation was performed for 41 old public buildings to examine how input data differences from on-site audits can induce differences in both the simulation process and results. The error range of the primary energy consumption for grades extended from 0 to 231.9 kWh/m<sup>2</sup> · yr, depending on whether on-site audit results are considered or not. Because of the long operation period of old public buildings, the initial design plan and current operation status have changed significantly, and our suggestion is that the confirmation step for collecting input data for old public buildings must be a prerequisite and an essential aspect for on-site investigation based on ECO2 simulation.

**Keywords:** 노후 공공건축물(Old public buildings), 현장조사(on-site investigation), 건축물 에너지효율등급(Building energy efficiency rating), ECO2 요구정보(ECO2 input data)



Journal of the Korean Solar Energy Society  
Vol.43, No.6, pp.39-49, December 2023  
<https://doi.org/10.7836/kjes.2023.43.6.039>

pISSN : 1598-6411

eISSN : 2508-3562

Received: 16 October 2023

Revised: 31 October 2023

Accepted: 4 November 2023

Copyright © Korean Solar Energy Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

우리 정부는 탄소중립이라는 대전환 시대에 능동적으로 대응하고자 ‘2050 탄소중립 추진전략’을 마련하고 ‘2030 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution; NDC)’를 설정하였다. 국토교통부는 건물부문 온실가스 감축을 목표로 ‘2021년 국토교통 탄소중립 로드맵’을 수립하였으며, 2023년 연면적 500 m<sup>2</sup> 이상 공공건축물을 시작으로 2025년 모든 신축 건물의 제로에너지건축물(Zero Energy Building; ZEB) 구현이라는 목표를 설정하였다. 또한 건물 부문의 실효적 온실가스 감축을 위해 노후화된 기존 건축물의 에너지성능을 ZEB 수준까지 향상시키는 ‘ZEB 전환 그린리모델링 사업’도 본격적으로 논의하기 시작하였다. 그린리모델링 사업은 2013년 ‘녹색건축물 조성지원법’에 따라 본격적으로 운영 체계가 마련되기 시작하였고, 2015년부터는 국내 노후화된 기존 건축물을 대상으로 그린리모델링 시범사업이 진행되었으며<sup>1)</sup>, 2020년부터는 어린이, 노약자 등 사회적 취약계층이 주로 이용하는 노후 공공건축물에 대해 에너지 성능 및 생활환경을 개선하기 위한 공공건축물 그린리모델링 사업이 활발히 추진되고 있다<sup>2)</sup>.

이처럼 다양한 그린리모델링 관련 정책사업이 노후 건축물의 에너지성능 개선과 재실자의 거주환경 쾌적성 실현을 목표로 운영되어 왔다. 이제 기존 건축물의 그린리모델링 사업을 통해 ZEB 수준의 건물 에너지 성능을 구현하기 위해서는 기존 건축물의 건축물에너지효율등급 인증 절차도 고려될 필요가 있다. 국내 제로에너지건축물 인증제도는 국가공인 프로그램 ECO2를 이용하여 건축물의 단위면적당 1차에너지소비량을 평가하고 건축물에너지효율등급 1++ 이상, 에너지 자립율 20% 이상, 건축물에너지관리시스템(BEMS) 또는 전자식 원격 검침계량기 설치 여부를 검토하여 제로에너지 등급을 부여한다<sup>3)</sup>. 즉, 신축/기존 건축물의 제로에너지 등급 확보를 위해서는 건축물에너지효율등급이 필요한데 현행 건축물에너지효율등급 인증 체계는 신축 건축물에 초점이 맞춰져 있어 기존 건축물의 인증 평가에도 신축 건축물 인증용 평가서류와 동일한 목록 및 구성을 요구한다. 이때 평가서류가 미흡할 경우 인증기관 및 평가담당자에 따라 평가 방법이 달라질 수 있어<sup>4)</sup> 평가 결과에 영향을 미치거나 평가가 진행되기 어려울 수 있다.

건축물에너지효율등급 인증평가에는 인증용 평가서류로서 건축, 기계, 전기 및 신재생에너지 부문의 설계도서와 성능증빙서류 등이 필요하며 이것은 ECO2 요구정보 수집에 사용된다. 오래전 준공된 건축물의 경우 설계도서 등 인증용 평가서류가 일부 누락되거나 실제 건축물 운영 현황과 상이하여 평가서류만으로는 ECO2 요구정보를 구축하기 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해 관련 선행 연구가 진행되었다. Choi et al. (2018)<sup>4)</sup>은 기존 단독주택의 건축물에너지효율등급 인증평가를 위한 도서 수집 프로세스를 제안하였으며, 특히 ECO2 요구정보 부족에 대응할 수 있는 평가서류 대체 방안을 연구하였다. Lee et al. (2022)<sup>5)</sup>는 디지털 진단 및 설계자동화 플랫폼을 활용하여 에너지성능 개선 부위의 목표 성능 계획을 반영한 설계 프로세스와 에너지효율등급 인증을 위한 자료 제공 프로세스를 제안하였다. 기존 건축물의 인증용 평가서류를 구축하는 효율적인 방법은 다양하게 논의되고 있으나 누락된 ECO2 요구정보를 구축하기 위한 최선의 방법은 현장 조사를 통해 보완하는 것이다. 기존 건축물에 대한 현장 조사는 건축물 에너지 성능 평가를 위해 보편적으로 사용되어온 정보 수집 방법이다<sup>6,7)</sup>.

본 연구에서는 서울시 소재 노후 공공건축물을 대상으로 건축물에너지효율등급을 부여하기 위한 인증용 평가서류를 수집하고 동시에 현장 조사를 실시하였다. 건물 에너지 성능 분석에 필요한 ECO2 요구정보를 구축하여 시뮬레이션 분석을 수행하고, 노후 공공건축물의 에너지효율등급에 현장 조사 결과가 미치는 영향력을 분석하고자 하였다.

## 2. 연구 대상 및 방법

연구 대상은 Table 1과 같이 서울시에 위치한 노후 공공건축물 41개소를 대상으로 수행되었다. 모든 대상 건축물은 1960 ~ 80년대 준공되어 현재까지 사용되고 있으며, 일부 건축물은 리모델링을 진행하여 부위별 에너지 성능이 개선되었다. 건축물에너지효율등급 평가를 위해서는 건축, 기계, 전기 및 신재생에너지 부문의 설계도서와 건축물 부위별 성능내역서, 건물 전개도, 장비용량 및 조명밀도 계산서, 이외에도 인증·운영기관이 필요하다고 정한 서류가 필요하다<sup>4)</sup>. 이에 따른 ECO2 요구정보는 일반사항(사용년수, 건물면적, 용도, 층수 등), 운영실(입력 존)별 정보(사용프로필, 면적, 침기율, 조명에너지부하율 등), 운영실(입력 존)별 외피정보(방위, 면적, 열관류율 등), 설비정보(난방기기 및 공급/분배시스템, 냉방기기 및 분배시스템, 신재생에너지 등) 등이 해당된다.

본 연구의 방법은 Fig. 1과 같다. 첫 번째, 수집된 인증용 평가서류를 유형별로 분류하고 ECO2 요구정보를 구축한 후 연구 대상으로 설정한 노후 공공건축물 41개소의 ECO2 시뮬레이션 분석을 수행하였다. 이때 수집된 인증용 평가서류의 문제점을 분석하였으며 현장 조사를 통해 확인되어야 하는 항목을 도출하였다. 두 번째, 노후 공공건축물의 현장 조사를 실시하고, ECO2 요구정보를 보완하여 ECO2 시뮬레이션 분석을 다시 수행하였다. 인증용 평가서류만으로 분석된 건축물에너지 시뮬레이션 결과와 현장 조사 기반 시뮬레이션 결과를 비교하여 등급용 1차에너지소요량의 오차를 분석하고자 하였으며, 기존 건축물의 에너지효율등급 인증을 위해 필수적으로 고려되어야 하는 현장 조사 항목을 도출하였다.

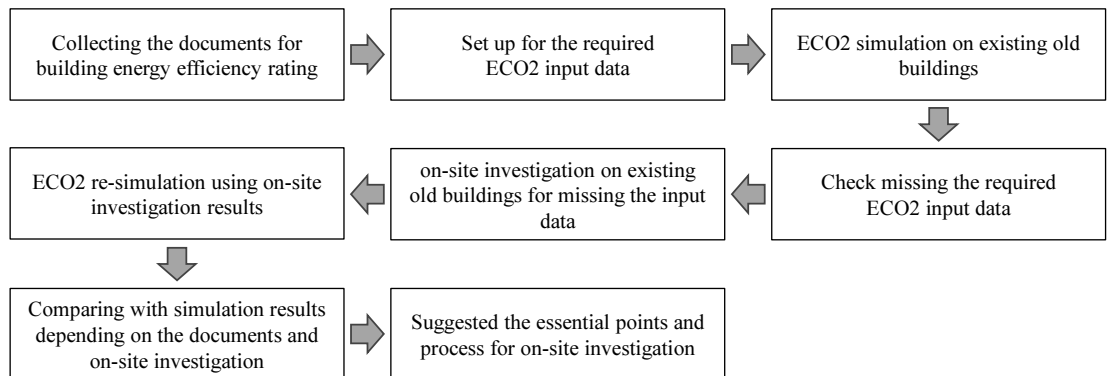


Fig. 1 Flowchart of study

**Table 1** Research subject of existing old public buildings

No.	Building use	The number of floor	Total floor area [m <sup>2</sup> ]	Year of construction	Year of remodeling
1	Education & research	B1, 5F	4,901	1980	2016
2	Office	3F	2,598	1988	2021
3	Education & research	3F	5,063	1979	2009
4	Education & research	3F	2,204	1979	2009
5	Welfare	3F	4,071	1979	2009
6	Office	B1, 3F	3,819	1985	2008
7	Cultural & assembly, Neighborhood living, Sports	1F	1,318	1988	2018
8	Education & research	B1, 3F	4,388	1984	2006
9	Office	B1, 4F	4,600	1983	2001
10	Education & research	B1, 3F	2,701	1987	1995
11	Education & research	2F	1,263	1987	2019
12	Education & research	B1, 2F	2,553	1988	-
13	Education & research	B1, 3F	1,333	1988	-
14	Education & research	B1, 3F	1,818	1988	-
15	Education & research	B1, 3F	2,402	1988	-
16	Education & research	B1, 2F	1,290	1988	-
17	Education & research	B2, 1F	2,750	1988	-
18	Cultural & assembly, Neighborhood living, Sports	B1, 3F	3,071	1975	2009
19	Education & research	B1, 4F	3,871	1986	2018
20	Office	5F	3,547	1967	1991
21	Welfare	B1, 3F	5,534	1961	2001
22	Cultural & assembly, Neighborhood living, Sports	B1, 3F	1,983	1963	2018
23	Education & research	B1, 3F	1,959	1979	-
24	Education & research	B1, 3F	2,623	1979	-
25	Education & research	B1, 4F	1,175	1981	-
26	Welfare	B1, 2F	2,441	1988	-
27	Education & research	B1, 2F	1,991	1989	-
28	Education & research	B1, 3F	1,385	1989	-
29	Cultural & assembly, Neighborhood living, Sports	B1, 2F	2,044	1979	2010
30	Education & research	B1, 5F	3,633	1988	2018
31	Education & research	B1, 2F	1,677	1986	2017
32	Education & research	B1, 3F	5,067	1963	-
33	Welfare	B1, 2F	1,442	1986	-
34	Office	B1, 2F	1,423	1988	-
35	Education & research	B1, 3F	1,193	1987	2017
36	Office	B1, 3F	4,582	1979	2004, 2017
37	Education & research	B1, 4F	2,538	1984	2014
38	Education & research	B1, 2F	5,438	1989	-
39	Office	B1, 5F	4,795	1988	2009
40	Office	B1, 4F	4,262	1988	2018
41	Welfare	B2, 3F	2,784	1970	-

### 3. 노후 공공건축물의 ECO2 요구정보 구축

기존/신축 건축물의 에너지효율등급 평가를 위해서는 ECO2 요구정보가 모두 반영된 평가서류를 인증기관에 제출하여야 한다. Table 2는 건축물의 에너지 성능 평가를 위해 ECO2 시뮬레이션 분석 시 요구되는 최소 요구정보를 나타낸 것이다.

**Table 2** Required information for ECO2 simulation

Classification		Required information for ECO2
Architecture	General	- Building scale, use, region, heating/cooling area, etc
	Roof system	- U-value or insulation material & thickness, etc
	Wall system	- U-value or insulation material & thickness, etc
	1F system	- U-value or insulation material & thickness, etc
	Window system	- U-value or Glazing type & thickness, etc
Machinery	Heating/cooling system	
	Hot water	- Equipment list, efficiency, distribution scheme, etc
	Ventilation system	
Electricity	Lighting system	- Lighting floor planning, density [W/m <sup>2</sup> ], etc
Renewable energy	Photovoltaic (PV)	- Capacity, installation, azimuth, module type, application, etc
	Photovoltaic thermal (PVT)	- Uses, collector type, azimuth, power supply, etc
	Geothermal source heat pump (GSHP)	- Capacity, heating and cooling COP, pump power, heat storage tank and heat exchanger installation, etc
	Fuel cell	- Fuel, uses, capacity, heat generation and efficiency, etc

ECO2 요구정보 구축을 위해 노후 공공건축물 41개소의 인증용 평가서류를 수집하였으며 Table 3과 같이 건축, 기계, 전기 및 신재생에너지 부문으로 구분하여 Table 2에 명시된 ECO2 최소 요구정보 구축 여부를 표기하였다. ‘(1)’은 인증용 평가서류만을 활용하여 ECO2 요구정보를 구축하는 경우로, 요구정보 구축 완료 시 ‘○’로 표기하였다. 이때 ECO2 요구정보는 건축, 기계, 전기 및 신재생에너지 부문의 설계도서, 수집 가능한 기타자료 및 준공년도를 고려한 법적기준 순으로 신뢰성을 두고 구축하였다.

‘(2)’는 현장 조사를 통해 ECO2 요구정보를 구축하는 경우로, 구축 완료 시 ‘●’로 표기하였다. 노후 공공건축물 41개소에 대한 현장 조사는 ECO2 최소 요구정보를 수집할 수 있도록 Table 2에서 규정한 항목을 모두 조사하였으며, 인증용 평가서류를 통해 작성 불가능하였던 ECO2 요구정보를 보완하였고, 평가서류와 실제 운영 현황이 상이할 경우 실제 운영 현황으로 반영하였다. 현장 측정용 장비는 열화상카메라, 기류 속도 측정기, 벽체 내부 탐지용 카메라(내시경카메라)와 단열재 두께 측정기이고, 이외에도 창호 유리 시스템의 에너지 성능을 조사하기 위한 유리 기본 물성 측정기, 유리 두께 측정기와 층높이 등 건물 규모 실측을 위한 줄자, 레이저 거리측정기 등이 사용되었다.

**Table 3** Validation of the certification assessment documents for the required ECO2 input data

Building number	Architecture										Machinery		Electricity		Renewable energy		
	General		Roof system		Wall system		1F system		Glazing system		Equipment list & efficiency		Light planning, etc		Installation	Type & capacity etc.	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	
1	○	●	○	○	○	●	-	X	○	○	○	●	○	●	○	○	○
2	○	●	○	○	○	○	○	X	○	○	○	●	○	●	○	○	○
3	○	●	○	●	○	●	-	X	○	●	○	●	○	●	N/A	N/A	N/A
4	○	●	○	●	○	●	-	X	○	○	○	●	○	●	N/A	N/A	N/A
5	○	●	○	○	-	●	-	X	○	○	·	X	○	●	N/A	N/A	N/A
6	○	●	-	●	-	●	-	X	○	○	○	●	○	●	N/A	N/A	N/A
7	○	●	○	○	○	○	-	X	○	○	○	●	○	●	N/A	N/A	N/A
8	○	●	○	●	○	●	-	X	○	○	○	●	○	●	○	○	○
9	○	●	○	●	○	●	-	X	○	○	○	●	○	●	N/A	N/A	N/A
10	○	●	○	○	○	○	-	X	-	●	○	●	·	●	○	○	○
11	○	●	○	○	○	○	-	X	-	●	○	●	·	●	○	·	●
12	○	●	-	●	-	●	-	X	-	●	○	●	·	●	N/A	N/A	N/A
13	○	●	-	●	-	●	-	X	-	●	○	●	·	●	N/A	N/A	N/A
14	○	●	-	●	-	●	-	X	-	●	○	●	·	●	N/A	N/A	N/A
15	○	●	-	●	-	●	-	X	-	●	○	●	·	●	N/A	N/A	N/A
16	○	●	-	●	-	●	-	X	-	●	○	●	·	●	N/A	N/A	N/A
17	○	●	-	●	-	●	-	X	-	●	○	●	·	●	N/A	N/A	N/A
18	○	●	○	○	○	○	-	X	○	○	·	X	·	●	N/A	N/A	N/A
19	○	●	○	○	○	○	-	X	○	●	○	●	○	●	N/A	N/A	N/A
20	○	●	-	X	-	X	-	X	○	○	○	●	○	●	N/A	N/A	N/A
21	○	●	○	○	○	●	-	X	○	●	○	●	○	●	N/A	N/A	N/A
22	○	●	○	○	○	○	-	X	○	○	○	●	○	●	○	·	●
23	○	●	-	●	○	○	-	X	○	●	○	●	○	●	○	○	○
24	○	●	-	●	○	○	-	X	-	●	○	●	○	●	○	○	○
25	○	●	-	●	-	X	-	X	-	●	○	●	○	●	N/A	N/A	N/A
26	○	●	○	●	○	○	-	X	○	○	○	●	·	●	N/A	N/A	N/A
27	○	●	○	○	○	○	-	X	-	●	·	X	·	●	○	·	●
28	○	●	○	○	○	○	-	X	-	●	○	●	○	●	N/A	N/A	N/A
29	○	●	○	●	○	●	-	X	○	●	○	●	○	●	N/A	N/A	N/A
30	○	●	○	○	○	○	-	X	-	●	○	●	○	●	N/A	N/A	N/A
31	○	●	○	○	○	○	-	X	-	●	○	●	○	●	○	○	○
32	○	●	-	●	○	○	-	X	○	●	○	●	○	●	N/A	N/A	N/A
33	○	●	-	X	-	X	-	X	-	●	·	X	○	●	N/A	N/A	N/A
34	○	●	○	○	○	○	-	X	○	●	○	●	○	●	N/A	N/A	N/A
35	○	●	○	○	○	○	-	X	○	●	·	X	○	●	N/A	N/A	N/A
36	○	●	○	●	○	●	-	X	○	●	○	●	○	●	○	○	○
37	○	●	○	○	○	○	-	X	○	●	○	●	○	●	N/A	N/A	N/A
38	○	●	○	○	○	○	-	X	○	○	○	●	○	●	○	·	●
39	○	●	○	○	-	●	-	X	○	○	○	●	○	●	○	·	●
40	○	●	○	●	○	●	-	X	○	●	○	●	○	●	○	○	○
41	○	●	○	○	○	●	-	X	○	●	○	●	○	●	○	·	●

○ : The required ECO2 input data can be collected by documents of certification assessment  
 ● : The required ECO2 input data can be collected through on-site investigation  
 · : The required ECO2 input data cannot be collected by documents of certification assessment  
 X : On-site investigation cannot be conducted  
 - : The required ECO2 input data is defined according to regulations

### 3.1 인증용 평가서류 수집 및 검토

**Table 4** Number of buildings with the required ECO2 input data has been collected through certification assessment documents

Configuration	Architecture					Machinery	Electricity	Renewable energy	
	General	Roof system	Wall system	1F system	Glazing system	Equipment list & efficiency	Light planning, etc	Installation	Type & capacity etc.
Number of buildings	41	28	29	1	26	36	30	15	9

인증용 평가서류 수집을 통해 ECO2 요구정보를 구축한 결과는 Table 4와 같다. 41개소 노후 공공건축물 중 2번 건물은 2021년 리모델링 공사가 완료되어 비교적 인증용 평가서류를 쉽게 수집할 수 있어 ECO2 요구정보를 작성하기에 용이하였다. 그 외 40개소 노후 공공건축물은 대부분 평·입·단면도를 수집할 수 있었으나 에너지 성능 평가에 요구되는 건축물 부위별 성능내역서는 확인할 수 없었다. 이 중 약 70%는 평·입·단면도에서 최상층 지붕, 외벽에 적용된 단열재 유형 및 두께 수준을 확인할 수 있었으므로 이를 토대로 열관류율 계산을 실시하였고, 최하층 바닥은 2번 건물을 제외한 모든 건축물에서 단열 성능 관련 정보를 확인할 수 없어 준공년도를 고려한 법적기준으로 ECO2 요구정보를 구축하였다. 이외에도 41개소 노후 공공건축물의 건물 용도, 규모, 방위별 실내 면적, 난방/비난방 공간 면적, 외기 직접/간접면한 부위별 면적은 모두 조사 가능하였다. 다만 모든 건축물에서 시험성적서 기반의 창호 에너지 성능 정보는 확인할 수 없었으며, 26개소는 설계도서에 명시된 프레임 종류, 두께, 유리 구성 등을 종합적으로 고려하여 「건축물의 에너지절약설계기준」<sup>8)</sup> 별표4 창 및 문의 단열 성능에 따라 열관류율로 적용하였다.

기계 도서는 건축물에 설치된 기기의 효율, 성능 등을 확인할 수 있도록 장비일람표, 계통도 등으로 구성되며, 전기 도서는 실별 조명 종류와 소비전력 정보가 기입된 조명기구 상세도, 평면도 등으로 구성된다. 41개소의 수집된 기계, 전기 도서는 Table 2에서 요구되는 정보 중 일부만 확인 가능하였으며, 수집 가능한 정보를 최대한 활용하여 ECO2 요구정보를 구축하였다. 또한 15개 건물에서 신재생에너지 설비를 운영하고 있음에도 6개 건물은 ECO2 요구정보를 위한 평가 서류를 수집할 수 없었으며, 9개 건물에서 수집된 서류에도 인증 평가에 필요한 정보가 충분하지 않아 현장 조사가 필요하였다. 이와 같이 구축된 요구정보는 ECO2 시뮬레이션 모델링에 적용되어 등급용 1차에너지소요량이 계산되었다.

### 3.2 현장 조사

노후 공공건축물이 운영 되어온 기간을 고려할 때 설계도서 등 수집된 인증용 평가서류와 실제 운영 현황이 상이할 수 있다. 또한 Table 2와 같이 본 연구에서 설정한 ECO2 요구정보는 3.1장에서 일부 구축되지 않았거나 미흡한 수준이므로 현장 조사를 통해 설정된 ECO2 요구정보를 구축, 보완하고자 하였으며, 그 결과는 Table 5

와 같다. 우선 건축물의 규모, 향, 난방/비난방 공간 면적, 외기 직접/간접 면한 부위별 면적 조사를 실시하였고, 건축물 주 용도 이외에도 층별/실별 용도가 추가·변경된 사항이 있는지 확인하였다. 층별 높이는 모든 건축물에서 비교적 건축 도서와 일치하였으며 23 ~ 25번 및 41번 건물의 경우 설계도서상 명시된 건축물 주 용도 이외에 층별/실별로 운영되는 용도가 다른 것으로 확인되었다. 실제 층별/실별 운영 정보는 ECO2 프로그램에서 입력 존을 설정하여 실제 용도 프로필을 반영할 수 있도록 하였다.

**Table 5** Number of buildings with the required ECO2 input data has been collected through on-site investigation

Configuration	Architecture					Machinery	Electricity	Renewable energy	
	General	Roof system	Wall system	1F system	Glazing system	Equipment list & efficiency	Light planning, etc	Installation	Type & capacity etc.
Number of buildings	41	19	19	0	26	36	41	15	6

건축물 외피 부위별 에너지 성능은 단열재 두께 측정기를 이용하여 건축 도서와 동일한지 현장 조사하였다. 조사 결과, 19개 건물의 최상층 지붕 및 외벽 부위에서 건축 도서와 현장 조사 결과가 상이하였으며 20, 33번 건물은 최상층 지붕 및 외벽 부위 조사가 불가하였고, 25번은 외벽 부위 조사가 불가하였다. 모든 노후 공공건축물에서 최하층 바닥은 현장 조사가 불가하였으므로 앞서 규정하였던 준공년도를 고려한 법적기준을 그대로 적용하였다. 현장 조사를 통해 확인된 단열재 유형이 시간 경과에 따라 열 성능이 저하된다면<sup>9)</sup> 「건축물의 에너지절약설계기준」 별표2 단열재의 등급 분류에서 규정된 열전도도 대비 30% 저감된 값으로 적용하고, 건축 도서와 달리 단열재가 실제로 적용되지 않았거나 일부 누락된 부위가 있는 경우는 이를 고려하여 적용하였다.

창호 부위는 현장 조사 방법을 활용하더라도 공인된 열관류율 값과 같은 에너지 성능 정보를 확보하기 어렵다. 3.1장에서 논의되었던 창호의 에너지 성능 정보 구축 방법과 마찬가지로 프레임 종류, 두께, 유리 구성 등을 현장 조사하였으며, 「건축물의 에너지절약설계기준」에서 규정하는 창 및 문의 유사 단열 성능을 ECO2 요구정보로 적용하였다. 조사 결과 3.1장에서 창호 에너지 성능 관련 ECO2 요구정보를 구축한 12개 건물은 건축 도서와 현장 조사 결과가 상이하였다. 그 외 15개 건물은 창호 에너지 성능 정보를 확인할 수 없어 준공년도를 고려한 법적 기준을 적용하였으므로 현장 조사 결과를 ECO2 요구정보로 반영하였다. 또한 태양열취득률(Solar heat gain coefficient; SHGC)의 경우 유리 기본 물성 측정기를 이용하여 현장에서 직접 측정 후 확보된 수치를 사용하였다.

41개 건물 중 36개 건물은 기계 도서에 명시된 난방·난방 및 공조기기 정보가 있었으며 이것은 현장에서 모두 확인되었다. 제품 카탈로그, 장비명판 등 현장에서 수집 가능한 자료를 최대한 확보하여 사용 중인 설비 규격을 ECO2 요구정보로 반영하였으며, 장비 일람표에 누락되었던 기기 정보는 이 과정을 통해 ECO2 요구정보로 추가되었다. 사용 중인 기계 설비의 성능 및 효율을 확인할 수 없는 5개소는 내구연한 또는 설치연도를 고려하



여 상용화 효율을 적용하였다. 또한 노후 공공건축물 41개소에는 모두 LED 조명 교체 사업이 진행되어 LED 조명기구를 사용하고 있었으며, 3.1장에서 수집된 전기 도서에서는 이와 같은 내용을 확인할 수 없었다. 사용된 조명기기 유형, 실별 조명밀도는 현장에서 모두 조사하여 ECO2 요구정보로 반영하였다. 신재생에너지 시스템을 운영 중인 건축물일 경우 인증용 평가서류 수집 여부와 관계없이 현장 조사를 모두 실시하였다. 서류 수집이 불가하여 ECO2 요구정보를 구축할 수 없었던 6개 건물과 인증용 평가서류를 통해 구축된 9개 건물 모두 현장 조사와 시설 담당자 인터뷰를 통해 설치된 신재생시스템의 종류, 용량, 성능 등의 필요 자료를 확보하였다.

### 3.3 ECO2 시뮬레이션 결과

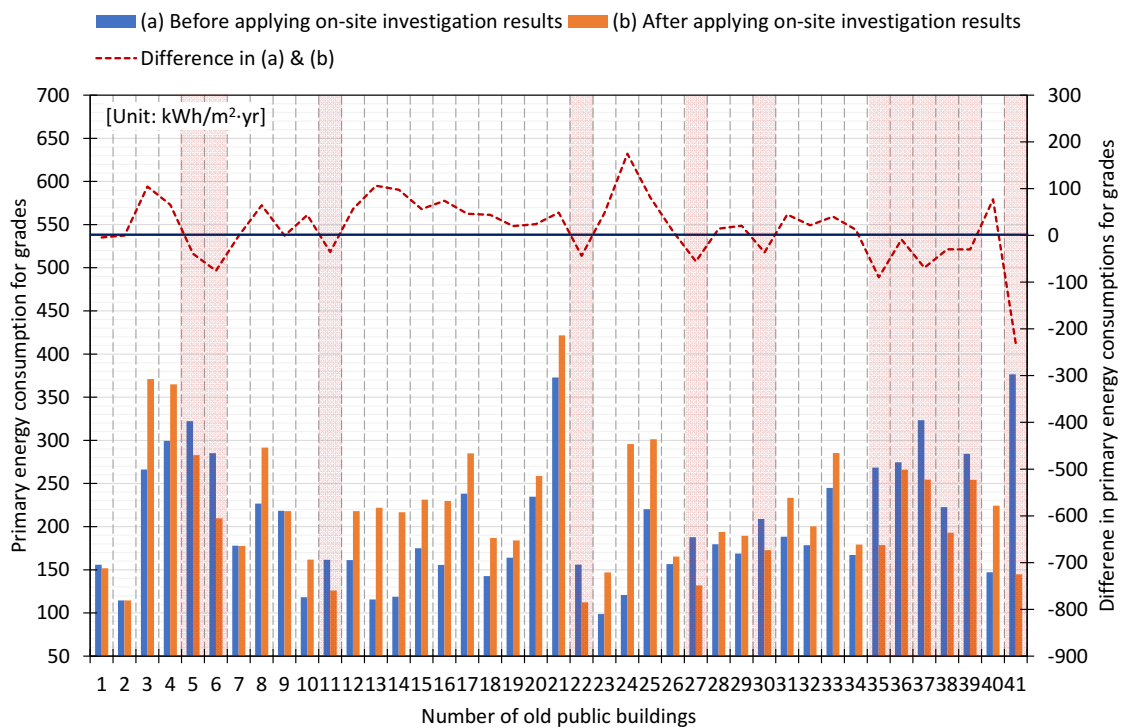


Fig. 2 Primary energy consumption for grades of old public buildings before and after applying on-site investigation results

Fig. 2는 노후 공공건축물 41개소의 ECO2 시뮬레이션 분석 결과를 나타낸 것이다. 인증용 평가서류만으로 ECO2 요구정보를 구축하여 등급용 1차에너지소요량을 산출하고, 현장 조사를 통해 ECO2 요구정보를 보완하여 등급용 1차에너지소요량을 산출하였으며, 두 산출값 간의 편차를 분석하였다.

건축물 현황을 반영한 ECO2 시뮬레이션 분석 결과와 인증용 평가서류만으로 분석된 시뮬레이션 결과 간에는 0 ~ 231.9 kWh/m<sup>2</sup>·yr의 편차 범위가 분석되었고, 건축물에너지효율등급으로 환산하여 비교하면 최대 4등급의 차이로 나타난다. 현장 조사를 통해 ECO2 요구정보를 보완한 경우 인증용 평가서류만으로 분석한 결과보다 대부분 등급용 1차에너지소요량이 더 높게 나타났다. 특히 3, 12~17번 및 29번 건물의 경우 현장 조사를 통해 ECO2 요구정보가 대부분 다시 작성되었는데, 등급용 1차에너지소요량은 20.5 ~ 106.5 kWh/m<sup>2</sup>·yr로 산

출되었고, 현장 조사 결과 반영 전 대비 높게 산출되었다. 10, 11, 19, 30, 34, 37번 건물의 경우 현장 조사 결과에 따른 건축물 외피 부위별 에너지 성능 변화는 없었으나 기계, 전기 부문 ECO2 요구정보가 변경, 보완되었다. 등급용 1차에너지소요량은 현장 조사 결과 적용 전후 12.1 ~ 68.8 kWh/m<sup>2</sup>·yr 차이 수준으로 분석되었고, 현장 조사 결과로 인해 3개 건물은 등급용 1차에너지소요량이 낮아지고 나머지 3개 건물은 높아졌다. 건축물에너지 효율등급으로 환산 후 비교하면 최대 2등급 가량 차이가 발생한다. 노후 공공건축물의 특성상 기계, 전기도서가 대부분 ECO2 요구정보를 반영하기에 충분하지 않으므로 해당 부문의 건물 현황 반영이 건축물에너지효율등급 변화에 영향을 미칠 수 있다. 한편 12개 건물에서 현장 조사 결과 적용 후 등급용 1차에너지소요량이 낮아지는 경향이 분석되었다. 이 중 6개 건물은 신재생에너지 시스템을 운영 중이므로 현장 조사 결과로 인한 영향보다 신재생에너지 시스템에 따른 기여도가 높은 것으로 판단된다.

23 ~ 25번 및 41번 건물의 용도 프로파일은 인증용 평가서류에 명시된 것과 실제 사용 중인 층별/실별 현황이 상이하였고, 이로 인해 난방/비난방 공간 운영 현황도 실제 사용 현황과 불일치하였다. 현장 조사 결과를 반영하여 ECO2 시뮬레이션 분석을 수행하면 48.1 ~ 231.9 kWh/m<sup>2</sup>·yr의 오차 범위가 나타났다. 건축물에너지효율등급으로 비교하면 1 ~ 4등급 차이가 발생하는 것을 뜻하며, 이처럼 기존 건축물의 ECO2 시뮬레이션 분석에는 용도 프로파일의 큰 영향을 미칠 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 41개 노후 공공건축물의 건축물에너지효율등급 평가를 목적으로 국가 공인 프로그램 ECO2를 활용하여 건축물의 에너지 성능을 분석하였다. 인증용 평가서류를 수집하여 ECO2 요구정보를 작성하였으며, 이를 토대로 ECO2 시뮬레이션 분석을 수행하였다. 그러나 요구정보 작성이 어렵거나 건물 운영 기간 특성상 실제 운영 현황과 상이할 것을 고려하여 현장 조사 실시 후 ECO2 요구정보를 보완하여 시뮬레이션 분석을 재실시하였다. 대부분 인증용 평가서류와 실제 운영 현황이 상이하였고, 등급용 1차에너지소요량 및 건축물에너지효율등급에도 차이가 크게 발생하였다.

노후 공공건축물의 건축물에너지효율등급 평가 시에는 건축, 기계, 전기, 신재생에너지 부문별 설계도서와 패시브/액티브 성능 확인 자료 및 기타 인증·운영기관이 필요하다고 정한 서류를 기본적으로 수집하고, 현장 조사를 통해 건축, 기계, 전기, 신재생에너지 부문별 ECO2 요구정보를 반드시 확인하여야 한다. 특히 건물의 주 용도는 대부분 건물 사용승인 당시의 계획과 달라진 경우가 많으며 이에 따라 난방/비난방 공간 면적도 변화되었을 가능성이 높다. 실제 현황 반영 여부에 따라 시뮬레이션 결과도 큰 편차가 발생하였으므로 현장 조사를 통해 해당 내용은 반드시 확인될 필요가 있다. 노후 공공건축물 특성상 수집 가능한 기계, 전기도서는 ECO2 요구정보를 작성하기에 충분하지 않고, 냉방·난방 및 공조기기 등이 실제 운영 현황과 상이한 경우가 대부분이므로 현장 조사를 통해 ECO2 요구정보를 검토, 보완하여야 한다. 또한 건축물의 부위별 에너지 성능은 공인된 시험성적서 형태로 확인하기 어렵고, 건축 도서와 실제 적용된 단열 시스템이 상이할 수 있으므로 현장 확인을 통

해 실제 에너지 성능 수준을 반영하여야 정확한 건축물에너지효율등급을 부여할 수 있다. 이때 사용된 건축용 단열재 제품이 시간 경과에 따른 단열 성능 저하 특성이 있을 경우 이를 고려하여야 하며 단열재가 실제로 적용되지 않았거나 일부 누락되어 있는 부실 시공 건축물의 경우에도 이와 같은 현장 특성이 반영되어야 한다.

## 후기

이 연구는 2023년도 한국건설기술연구원 주요사업 연구비 지원에 의한 결과의 일부임(과제번호: 20230276).

## REFERENCES

1. Bae, M., Ahn H., Yun, S., and Kang, J., ZEB Green Remodeling Application Plan and Case-study Through Existing Public Buildings, *Journal of the Korean Solar Energy Society*, Vol. 42, No. 6, pp. 93-104, 2022, <https://doi.org/10.7836/kses.2022.42.6.093>.
2. Woo, S. and Lee, S., 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 -, *Journal of Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, Vol. 22, No. 5, pp. 19-26, 2022, <https://doi.org/10.12813/kieae.2022.22.5.019>.
3. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Enforcement Ordinance for Certification of Building Energy Efficiency Rating and Zero Energy Building, No. 878, 2022.
4. Choi, S., Seo, J., Kim, J., Lee, H., Kim, Y., Park, C., and Lee, H., Proposal for an Improvement Plan of Energy Efficiency Rating Method of Existing Buildings - Focused on single-detached houses, *Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems*, Vol. 12, No. 4, pp. 419-432, 2018, <https://doi.org/10.12972/jkiaabs.20180036>.
5. Lee, S., Ahn, H., and Kang, J., Analysis of Process of Green Remodeling for Digital Platform Establishment, *Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems*, Vol. 16, No. 6, pp. 559-568, 2022, <https://doi.org/10.22696/jkiaabs.20220047>.
6. Son, J., Aum, T., and Hong, J., Improving Field Measurements of the Energy Performance for Green Remodeling of the Public Buildings, *Spring Conference of Architectural Institute of Korea*, Vol. 41, No. 1, pp. 341-342, April 2021, Jeju, Republic of Korea.
7. Jung, C., Kim, S., Kim, J., and Park, D., A Study on the Use Profile Segmentation of Neighborhood Living Facilities Using Field Survey Data, *Spring Conference of Architectural Institute of Korea*, Vol. 43, No. 1, pp. 862-863, April 2023, Busan, Republic of Korea.
8. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Code for the Building Energy Saving Designs, No.2017-881, 2018.
9. Choi, H., Huh, J., Kang, J., Choi, G., and Ahn, H., Performance of the Building Insulation according to Accelerated Laboratory Methods, *Journal of the Korean Society of Living Environmental System*, Vol. 28, No. 2, pp. 189-198, 2021, <https://doi.org/10.21086/ksles.2021.4.28.2.189>.