

Research Paper

설계자와 건축물 에너지 평가사 측면의 제로에너지 건축물 인증 활성화를 위한 중요도 비교 분석

Analyzing the Significance of Enhancements in Zero Energy Building Rating Systems: A Comparative Study between Designers and Building Energy Assessors

명일¹ · 최종대¹ · 정호연¹ · 최재규^{2*}

Myung, Il¹ · Choi, Jong-Dae¹ · Jung, Ho-Youn¹ · Choi, Jae-Kyu^{2*}

¹Technical Expert, CREBIZ Certification Body, Yeongdeungpo-Gu, Seoul, 07207, Korea

²Assistant Professor, Department of Architecture, Dong Seoul University, Seongnam-Si, Gyeonggi-Do, 13117, Korea

*Corresponding author

Choi, Jae-Kyu

Tel : 82-31-720-2132

E-mail : jaguart@du.ac.kr

Received : June 5, 2023

Revised : July 21, 2023

Accepted : August 1, 2023

ABSTRACT

This research conducts a comparative analysis of the perceived importance of advancing zero energy building certification from the viewpoints of two major stakeholders - designers and building energy assessors. Both groups prioritized the importance of policy, technology, education, incentives, and promotion respectively. For designers, enhancing energy efficiency standards, developing a skilled energy workforce, and implementing an office registration system emerged as critical factors in invigorating the certification process. The findings suggest potential avenues for the government to formulate realistic strategies for boosting the certification activity.

Keywords : zero energy building rating system, relative importance evaluation, designer, building energy assessor

1. 서론

1.1 연구의 목적

탄소중립(Carbon neutral)은 국내 뿐만 아니라, 전세계적으로도 화두가 되고 있는 이슈이며, 국내 정부에서는 2020년 2050 탄소중립 정책을 발표하며, 다양한 부문에서의 추진전략을 발표하고 있다[1]. 이 탄소중립 구현을 위해 건물부문에서는 기존 건축물 측면에서 그린리모델링 정책, 신축 건축물 측면에서 제로에너지 건축물 인증을 추진하며, 공공건축물을 중심으로 의무화를 진행하고 있다. 정부는 제로에너지 건축물 인증과 관련하여 2017년부터 인증제도를 운영하기 시작하였으며, 2020년부터 공공건축물 1,000m² 이상 규모의 건축물에 인증 의무화를 시작하였고, 2025년부터는 공공건축물 뿐만 아니라, 민간건축물에 한해서도 연면적 1,000m² 이상, 공동주택 30세대 이상의 경우도 인증 의무화 로드맵을 추진하고 있다[2,3].

제로에너지 건축물 인증 활성화를 위해 정부에서는 제로에너지 빌딩 인증시스템을 운영하며, 9개의 인증기관을 운영하며 인증 처리 기간의 단축을 위해 노력하고 있고, 인증 컨설팅 지원, 경제성 분석 참고자료 제공, 전문 인력 양성 교육 진행, 컨설팅 지원 우수사례집 및 기술요소 참고서 제공 등을 진행하며, 제로에너지 건축물 인증 활성화를 위해 노력하고 있다. 제로에너지 건축물 구현을 위해서는 발주처 뿐만 아니라, 다양한 참여주체자들의 노력이 필요하며, 인증 활성화를 위해서는 다양한 참여주체들의 의견을 고려해야 할 것이다. 제로에너지건축물 인증의 경우, 최초 기획자인 설계자와 인증기관 사이에는 사



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

전 검토 및 에너지 시뮬레이션, 결과 분석 등을 위해 민간 컨설팅 업체들이 존재하며, 민간 컨설팅 업체들의 별도 자격기준은 없지만, 주로 건축물 에너지 평가사 자격을 가진 업체들이 컨설팅 업체로 활동하고 있다. 이에 건축물 에너지 평가사와 설계자는 제로에너지 건축물의 계획 및 설계단계에서 제로에너지 건축물 구현을 위해 중요한 주체라고 할 수 있다. 따라서 이러한 초기 단계의 주요 주체인 설계자와 건축물 에너지 평가사의 관점에서 제로에너지 건축물 인증의 활성화를 위한 의견을 듣는 것은 매우 중요할 것이다. 기존 제로에너지건축물 인증과 관련되어서는 주로 공사비 예측이나 인증기준 개선[1,3-5], 기술요소[6] 등에 대한 연구들이 진행되었지만, 제로에너지건축물에 참여하는 주체들에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

이에 따라 본 연구에서는 제로에너지 건축물 구현을 위해 계획단계부터 중요한 역할을 하는 설계자와 제로에너지 건축물 및 건물에너지 관련 전문 인력인 건축물 에너지 평가사 측면에서 제로에너지 건축물 인증 활성화를 위한 중요도를 비교분석하여, 인증 활성화를 위해 어떠한 측면에서 노력이 필요한지를 파악해보고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 제로에너지 건축물 인증 활성화 항목을 파악하는데 있어, 제로에너지 건축물 인증과 관련된 참여주체인 설계자와 건축물 에너지 평가사들의 관점에서 중요도 항목을 분석하고자 하였다. 이에 에너지효율등급이나 제로에너지건축물 인증에 경험이 있는 설계자들과 건축물 에너지 평가사들을 대상으로 설문조사를 실시하여 중요도를 비교분석하였다. 중요도 분석을 위한 연구방법은 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법으로 의사결정의 비능률적인 방법을 개선하기 위해 만들어졌다. 이 기법은 의사결정 문제를 상호 관련된 의사결정 사항들의 레벨 또는 계층으로 분류하여 의사결정 계층을 설정하고 각 요소들 간의 쌍대비교를 통해 집단의 생각과 의견을 파악할 수 있다[7]. 이러한 기법의 특징을 이용하여 설계자와 건축물 에너지 평가사 두 집단의 의견을 파악하기 용이할 것으로 판단되어, AHP 기법을 분석방법을 활용하였다. 본 연구의 흐름은 다음과 같다. 먼저 제로에너지 건축물 인증과 관련된 선행연구를 고찰한다. 다음으로 설문조사를 위한 설문지 구성을 위해 기존 연구 및 전문가 인터뷰를 통해 1계층과 2계층 항목에 대한 요소를 도출하고, 각 요소들 간의 비교를 위해서는 5점 척도로 설문지를 구성하여, 설문조사 개요와 분석에 사용된 설문 응답자의 일반적인 특성을 살펴본다. 설계자와 건축물 에너지 평가사의 중요도 비교분석결과에서는 1계층 항목에 대한 중요도를 비교분석하고, 설계자와 건축물 에너지 평가사의 관점의 차이를 파악한다. 그리고 2계층 항목에 대한 중요도를 분석하여 항목별, 두 집단의 관점별로 차이가 있는지를 살펴본다. 또한, 모든 항목에 대한 중요도 분석결과를 통해 설계자와 건축물 에너지 평가사 입장에서 어떠한 요소가 인증 활성화에 있어, 중요한지를 분석한다. 마지막으로 본 연구의 결론 및 향후 연구방향 등을 나타내는 순서로 전체 연구를 진행한다.

2. 선행연구 고찰

제로에너지 건축물 인증과 관련하여 선행연구를 고찰해보면, 다음과 같이, 사례 분석을 통한 개선 방안 도출, 기계설비나 신재생 에너지 시스템의 개선, 제로에너지 건축물 구현을 위한 공사비 예측, 제로에너지 건축물 인증기준의 개선 등에 대한 연구들이 진행되었다.

Kim et al.[4]은 공동주택을 대상으로 하여 제로에너지 건축물의 각 등급별 인증을 위한 설계요소, 에너지 절감률, 그리고 신재생에너지 시스템을 통한 자립률과 공사비를 분석하였다. Yoon[5]은 교육연구시설 중 학교시설을 대상으로 하여 제로에너지 건축물 인증과 에너지효율등급 인증을 획득한 건축물의 현황을 분석하여 사례 건축물을 선정하고, 설비시스템 현황에 따라 유형을 분류하여 ECO2 프로그램을 활용하여 에너지 성능평가를 실시하였으며, 이를 통해 제로에너지 건축물 인증 획득 가능여부와 기준에 미달되는 유형은 인증 조건 충족을 위한 개선안을 제시하였다. Ko[6]는 국내 단독주택과 공동주택의 비교분석을 통해 제로에너지 건축물의 적용 가능한 요소를 도출하고, 에너지 자립률에 영향을 미치는 것들을 분석하여

공동주택의 제로에너지 인증 활성화에 기여하고자 하였다. Hong[1]은 현실적으로 제로에너지 건축물을 구현하기 위해 반드시 고려되어야 하지만, 아직 정책을 시행하는 초기 단계이고, 예비 인증에 비해 본인증을 받은 건축물의 수가 많지 않아, 관련 데이터 수집이 어렵지만, 제로에너지 건축물에 대한 공사비 예측에 대한 연구는 반드시 진행되어야 하므로, 이 연구에서는 기획단계에서 건축주나 발주처가 소량의 정보를 활용하여 비용기반의 의사결정을 할 수 있도록 제로에너지 건축물에 대한 개략 공사비를 예측할 수 있는 모델을 제시하였다. Jang et al.[3]은 국내 제로에너지 건축물 인증 기준에 대한 세분화된 기술 수준의 구축을 위해 국내 뿐만 아니라, 국외의 제로에너지 건축물 인증기준 및 사례분석을 진행하였고, 분석결과를 통해 국내 제로에너지 건축물 인증기준에 대한 개선방안을 제시하였다.

제로에너지 건축물 인증과 관련된 연구들은 위와 같이, 다양한 연구들이 진행되었으나, 제로에너지 건축물 구현과 인증을 위한 참여주체들이 제로에너지 건축물 인증에 대해 어떠한 생각을 가지고 있는지, 활성화 측면에서 어떠한 부분들의 개선이나 노력이 필요한지를 접근한 연구는 미흡한 실정이다.

3. 중요도 항목 선정 및 설문 조사 개요

3.1 중요도 항목 선정

설계자와 건축물 에너지 평가사인 두 집단의 중요도 비교분석을 위해 중요도 항목은 제로에너지 건축물 제도 개선 관련 연구보고서[8]와 전문가 인터뷰를 통해 도출하였다. 전문가 인터뷰를 통한 항목 도출은 에너지효율등급인증이나 녹색건축 인증, 그린리모델링 인증, 제로에너지건축물 인증 등에 실무적인 경험이 있는 20년 이상의 경력이 있는 전문가 4인의 인터뷰를 통해 도출하였다. 1차적으로 1계층 항목은 연구보고서[8]의 내용을 활용하여 기본적으로 인증 활성화를 위해 고려되는 5가지 항목인 정책, 기술, 교육, 인센티브, 홍보로 구성하였고, 2차적으로 각 1계층 항목별 세부항목인 2계층 항목을 설정함에 있어, 전문가들의 인터뷰를 토대로 작성하였다. 정책 항목은 현재 제로에너지 관련 법규나 정부의 녹색건축 기본계획, 한국에너지공단이나 제로에너지건축물 인증시스템에서 진행하고 있는 정책들을 고려하여 세부 항목을 설정하였고, 기술 항목은 크게 설계, 시공, 자재, 요소기술과 관련된 내용을 토대로 세부항목을 설정하였으며, 교육 항목은 한국에너지공단에서 진행하고 있는 인증 관련 교육과 실무적인 차원에서 필요한 교육 내용들을 추가하여 세부 항목을 설정하였다. 그리고 인센티브 항목과 관련해서는 현재 정부에서 제로에너지 건축물 인증과 관련되어 제공하고 있는 인센티브 항목들과 추가적으로 실무에서 요구되는 세부 항목들을 추가하여 구성하였고, 마지막으로 홍보 항목의 세부 항목은 인증 관련 참여주체를 고려하여 항목을 설정하였다. 비교항목이 많은 경우, 설문 응답자의 응답에 대한 집중도가 낮아질 수 있으므로, 2계층 세부항목 설정과정에서 세부 항목별로 중복되는 항목들(예를 들면, 기술 항목의 패시브/액티브 요소 기술개발, 주거/비주거 표준 모델 개발 등의 항목)은 하나의 항목으로 통합하였다.

이러한 1계층 항목별로 각각 2계층에 대한 항목을 Table 1과 같이 구성하였다. 정책과 홍보 항목 5가지, 기술, 교육, 인센티브 관련 항목 각각 5가지로 구성하여, 총 28가지의 2계층 항목을 구성하였다. 이렇게 1계층 항목 5가지, 2계층 항목 28가지를 기반으로 하여 쌍대비교하여 중요도 분석을 실시하였다.

세부적으로 살펴보면, 정책(Policy) 항목의 세부 항목은 에너지효율기준 강화(PO-1), 세부 추진 로드맵 마련(PO-2), 제로에너지건축물 설계 제도 정비(기술컨설팅 영역)(PO-3), 운영기관의 인증기관 모니터링(PO-4), 에너지 전문가 양성 및 사무소 등록제(PO-5)로 구성하였다. 기술(Technology)항목의 세부항목은 다양한 주거/비주거 표준 모델 개발(TE-1), 제로에너지건축물 설계 컨설팅 지원(TE-2), 패시브액티브 요소 기술 개발(TE-3), 자재 개발(TE-4), 신재생에너지 활용 컨설팅 지원(TE-5), 고효율 기계설비 장치 개발(TE-6)이다.

교육(Education)항목의 세부 항목은 인증절차 및 평가기준 교육(ED-1), 제로에너지건축물 개념 교육(ED-2), 단열 및 기

밀 관련 교육(ED-3), 에너지 시뮬레이션 교육(ED-4), 기계설비 장치 교육(ED-5), 신재생에너지 설비 시스템 교육(ED-6)이다. 인센티브(Incentive)의 세부항목은 용적률/건축물의 높이 기준 완화(IN-1), 신재생에너지 설치 보조금 우선지원(IN-2), 주택도시기금 대출한도 확대(IN-3), 소득세 또는 법인세 공제(IN-4), 인증 수수료 지원(IN-5), 취득세 및 등록세 완화(IN-6)이고, 마지막으로 홍보(Promotion)의 세부 항목은 제로에너지건축물과 관련된 참여 주체인 발주처, 설계자, 시공사 등을 대상으로 하여 건축주 또는 발주처 대상 홍보(PR-1), 건축사 대상 홍보(PR-2), 시공사 대상 홍보(PR-3), 대중 매체 홍보(PR-4), 교육기관 홍보(PR-5)로 구성하였다.

Table 1. Selection criteria for relative importance analysis

Tier 1		Tier 2	
Item	Code	Item	
Policy	PO-1	Strengthening energy efficiency standards	
	PO-2	Developing detailed roadmap	
	PO-3	Development of zero energy building design system(technical consulting area)	
	PO-4	Monitoring the certification authority of the operating institution	
	PO-5	Training of energy professionals and office registration system	
Technology	TE-1	Development of various residential/non-residential standard models	
	TE-2	Consulting support for zero energy building design	
	TE-3	Development of passive/active element technology	
	TE-4	Material development	
	TE-5	Support for consulting on new and renewable energy utilization	
	TE-6	Development of high-efficiency mechanical equipment	
Education	ED-1	Certification procedures and evaluation criteria training	
	ED-2	Training for zero energy buildings	
	ED-3	Insulation and airtightness training	
	ED-4	Energy simulation training	
	ED-5	Mechanical equipment and equipment training	
	ED-6	Training on renewable energy facilities	
Incentive	IN-1	Mitigation of floor area ratio / building height criteria	
	IN-2	Priority support for renewable energy installation subsidy	
	IN-3	Expansion of housing and urban fund loan limits	
	IN-4	Income tax or corporate tax deduction	
	IN-5	Certification fee support	
	IN-6	Relaxation of acquisition and registration taxes	
Promotion	PR-1	Promote to the owner or place of order	
	PR-2	Promote to architects	
	PR-3	Promote to builders	
	PR-4	Public relations	
	PR-5	Promotion of educational institutions	

3.2 설문 조사 개요 및 설문 응답자의 일반적 특성

설계자와 건축물 에너지 평가사 측면에서 제로에너지 건축물 인증 활성화의 중요도를 분석하기 위해 Table 1의 중요도 항목을 기반으로 설문지를 구성하였으며, 설문 대상자는 설계자와 건축물 에너지 평가사들을 대상으로 하였다. 설문 조사 방식은 온라인 설문지를 배포하여 수거하는 방법으로 진행하였고, 설문 조사 기간은 2023년 3월부터 5월까지 실시하였고, 응답된 설문지 중 응답내용이 불분명하거나 일관성 비율(Consistency ratio, CR)이 0.1보다 커 일관성이 확보되지 않은 설문지는 분석에서 제외하였다. 최초 설문지는 설계자 75부, 건축물 에너지 평가사 68부씩을 배포하였고, 그중 모든 항목에 대한 답변이 불충분하게된 설계자 7부, 건축물 에너지 평가사 4부의 응답지는 제외하였으며, 일관성 비율이 확보되지 않은 설문

지인 설계자 10부, 건축물 에너지 평가사 8부의 설문 응답지는 최종 분석에서 제외하였다. 이에 최종적으로 분석한 사용한 설문지는 총 114부로 설계자 58부, 건축물 에너지 평가사 56부이다.

앞서 설문조사 항목을 토대로 작성한 설문지를 배포하여 회수된 설문 응답자들에 대한 일반적인 특성을 살펴보면 Table 2와 같다. 설계자와 건축물에너지평가사를 포함한 전체 집단의 수는 114명으로 연령을 보면, 설계자와 건축물에너지평가사의 경우, 50대의 비율이 각각 41.4%와 48.2%로 가장 높았고 다음으로는 60대 이상과 40대 순으로 비율이 높았다. 교육 정도의 경우, 설계자와 건축물에너지평가사 모두 대학교 졸업자가 65.5%와 55.4%로 가장 많은 비율을 차지하였고, 건축물에너지평가사의 경우, 대학원 졸업자의 비율이 39.3%로 거의 40%정도 되는 높은 비율을 보였다. 경력을 살펴보면, 설계자와 건축물에너지평가사 모두 25년 이상 경력자가 50% 정도 되는 비율을 차지하였고, 다음으로 20년~25년 경력, 15년~20년 경력자가 20% 내외의 비율을 차지하였다. 전체적으로 본 분석에 활용된 설문 응답자들의 경향은 학력 수준이 7~80% 이상이고, 경력의 경우, 10% 내외 정도가 10년 이하의 경력이었지만, 응답자의 80% 이상이 경력 15년 이상으로 구성되어 있어, 설계자와 건축물 에너지 평가사 각각의 집단의 제로에너지 건축물 인증 활성화 중요도를 분석하고 두 집단 간의 비교분석결과에 대한 객관성과 신뢰성을 가질 수 있을 것으로 판단된다.

Table 2. General characteristics of each group

Category	Designer		Building Energy Assessor	
	Freq.	Ratio	Freq.	Ratio
Total	58	100%	56	100%
Age	20	2	0	0.0%
	30	3	3	5.4%
	40	11	12	21.4%
	50	24	27	48.2%
	Over 60	18	14	25.0%
Education	High school graduation	2	1	1.8%
	College graduation	10	2	3.6%
	University graduation	38	31	55.4%
	Graduate graduation	8	22	39.3%
Career	Less than 5 years	8	2	3.6%
	More than 5 years~less than 10 years	2	6	10.7%
	More than 10 years~less than 15 years	1	2	3.6%
	More than 15 years~less than 20 years	6	11	19.6%
	More than 20 years~less than 25 years	12	9	16.1%
More than 25 years	29	26	46.4%	

4. 설계자와 건축물에너지평가사의 중요도 비교분석결과

4.1 1계층에 대한 중요도 분석결과

설계자와 건축물 에너지 평가사의 비교 관점에서 제로에너지 건축물 인증의 활성화를 위한 중요도 비교분석결과를 살펴 보면 다음과 같다. 두 집단 간의 1계층 항목인 제도, 기술, 교육, 인센티브, 홍보 항목별로 비교한 결과를 보면, Figure 1과 같이 설계자의 경우, 정책(22.6%), 기술(21.2%), 교육(20.7%), 인센티브(18.3%), 홍보(17.2%) 순으로 중요하다고 여기는 것으로 분석되었다. 건축물 에너지 평가사의 경우도, Figure 2와 같이 설계자와 마찬가지로 정책에 대한 중요도가 26.8%로 가장 높은 것으로 나타났으며, 설계자보다 정책이 인증 활성화에 더 많은 영향을 미친다고 판단하는 것으로 분석되었다. 정책 다음으로는 기술(22.0%), 교육(20.2%), 인센티브(16.5%), 홍보(14.5%) 순으로 나타났다. 설계자와 건축물에너지 평가사 모두 정책이나 기술 등이 제대로 정비되거나 개발되어야 제로에너지건축물 인증이 활성화될 수 있다고 판단하였다.

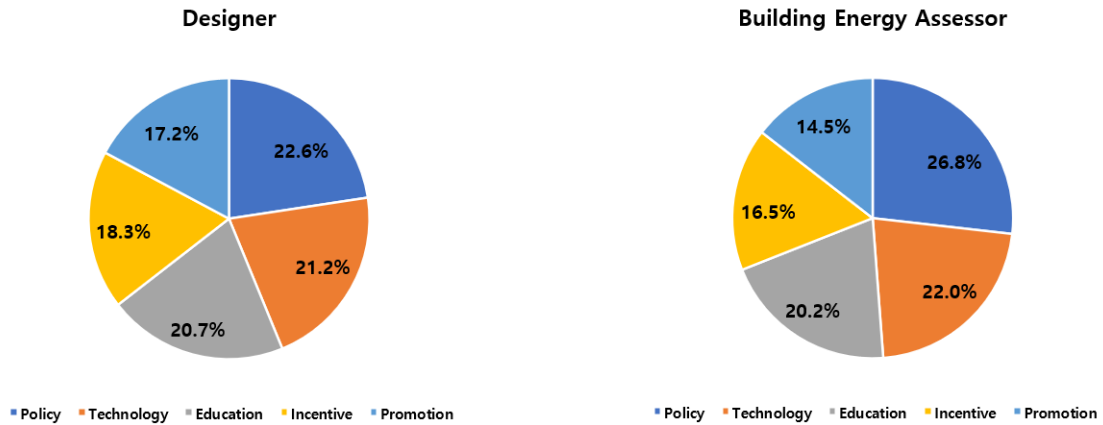


Figure 1. Analysis results highlighting importance - designer perspective

Figure 2. Analysis results highlighting importance - building energy assessor perspective

두 집단의 결과를 합한 전체 집단의 중요도 분석결과를 보면, 정책에 대한 설계자와 건축물 에너지 평가사의 중요도가 높아, 정책(0.222), 기술(0.216), 교육(0.205), 홍보(0.184), 인센티브(0.173) 순으로 중요한 것으로 나타났다. 1계층 항목에 대한 설계자와 건축물 에너지 평가사, 전체 집단의 일관성 비율(CR)은 0.070, 0.072, 0.071로 0.1이하의 수치를 보여 분석결과에 대해 신뢰할 수 있는 것으로 나타났다(Table 3 참조).

Table 3. Comparative analysis results for tier 1 importance

Division	Designer		Building Energy Assessor		All	
	Weight	CR	Weight	CR	Weight	CR
Policy	0.226		0.268		0.222	
Technology	0.212		0.220		0.216	
Education	0.207	0.070	0.202	0.072	0.205	0.071
Incentive	0.183		0.165		0.173	
Promotion	0.172		0.145		0.184	

4.2 2계층에 대한 중요도 분석결과

4.2.1 정책에 대한 중요도 분석결과

제로에너지 건축물 인증 활성화를 위한 2계층 항목에 대한 중요도 분석결과 중 정책과 관련된 중요도 비교분석 결과를 보면, Table 4와 같다. 두 집단 모두를 분석한 결과는 에너지 전문가 양성 및 사무소 등록제(PO-5) 0.211, 제로에너지건축물 설계 제도 정비(PO-3) 0.209, 세부 추진 로드맵 마련(PO-2) 0.204, 에너지효율기준 강화(PO-1) 0.193, 운영기관의 인증기관 모니터링(PO-4) 0.183 순으로 분석되었다. 집단별로 보면, 설계자의 경우, 에너지효율기준 강화(PO-1) 항목이 중요도가 가장 높았고, 그 다음으로는 에너지 전문가 양성 및 사무소 등록제(PO-5)에 대한 항목을 중요하게 여기는 것으로 나타났다. 건축 설계자 입장에서는 해당 건축물이 제로에너지 건축물 인증 대상에 해당되면, 자체적으로 제로에너지 건축물 인증을 위해 도면 및 스펙 검토나 에너지 시뮬레이션을 진행하기보다는 제로에너지 건축물 관련 민간 컨설팅 업체 등을 통해 협력 개념으로 지원받는 경우들이 많아, 실무적인 지원을 위해 에너지 전문가나 공식적인 에너지 컨설팅 업체들이 필요하기 때문인 것으로 판단된다. 설계자는 에너지효율기준 강화(PO-1) 0.238, 에너지 전문가 양성 및 사무소 등록제(PO-5) 0.204, 제로에너지건축물 설계 제도 정비(PO-3) 0.194, 세부 추진 로드맵 마련(PO-2) 0.193, 운영기관의 인증기관 모니터링(PO-4) 0.172 순으로 분석되었다. 한편 건축물 에너지 평가사의 경우, 에너지 전문가 양성 및 사무소 등록제에 대한 중요도가 가장 높은 것으로 분석되었다. 건축물 에너지 평가사

자격의 경우, 제로에너지건축물이나 건물에너지 관련 전문 인력 확보를 위해 2013년부터 민간 자격이 시행되었으며, 2015년부터는 국가 자격으로 승격되어, 2020년까지 548명의 전문 인력을 배출시키고 있다. 하지만, 제로에너지 건축물 인증과 관련하여 비공식적인 민간 차원의 컨설팅 정도의 역할만 가능하여 사무소 등록제 등을 통해 공식적인 업역 확보를 하여 공공건축물 뿐만 아니라, 민간건축물에 대한 제로에너지 건축물 인증 활성화에 기여할 수 있을 것으로 보고 있기 때문인 것으로 보여진다. 한편, 제로에너지건축물 인증기관은 한국에너지공단 1곳이었으나, 2021년 11월에 추가로 8개 기관(국토안전관리원, 한국건물에너지기술원, 한국건설기술연구원, 한국교육녹색환경연구원, 한국부동산원, 한국생산성본부인증원, 한국에너지기술연구원, 한국환경건축연구원)을 지정하여 인증처리기간의 단축을 목적으로 총 9개의 인증기관을 운영중이다. 하지만, 공공건축물 시장 뿐만 아니라, 중소형 규모의 민간건축물 시장까지를 감안한다면, 캐나다처럼 국가적으로 자격을 인정받은 건축물 에너지 평가사의 사무소 등록을 통해 민간 제로에너지건축물 인증의 활성화에 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 중요도 순으로 보면, 건축물 에너지 평가사는 에너지 전문가 양성 및 사무소 등록제(PO-5) 0.245, 제로에너지건축물 설계 제도 정비(PO-3) 0.228, 세부 추진 로드맵 마련(PO-2) 0.202, 운영기관의 인증기관 모니터링(PO-4) 0.182, 에너지효율기준 강화(PO-1) 0.142 순으로 나타났다.

Table 4. Comparative analysis results for policy importance(tier 2)

Division	Designer		Building Energy Assessor		All	
	Weight	CR	Weight	CR	Weight	CR
PO-1	0.238		0.142		0.193	
PO-2	0.193		0.202		0.204	
PO-3	0.194	0.053	0.228	0.073	0.209	0.063
PO-4	0.172		0.182		0.183	
PO-5	0.204		0.245		0.211	

4.2.2 기술에 대한 중요도 분석결과

기술 항목에 대한 중요도를 분석한 결과를 살펴보면, Table 5와 같다. 전체 집단의 기술 항목의 중요도 분석결과는 자재 개발(TE-4) 0.178, 고효율 기계설비 장치 개발(TE-6) 0.172, 다양한 주거/비주거 표준 모델 개발(TE-1) 0.169, 신재생에너지 활용 컨설팅 지원(TE-5) 0.164, 패시브액티브 요소 기술 개발(TE-3) 0.161, 제로에너지건축물 설계 컨설팅 지원(TE-2) 0.157 순으로 중요한 것으로 분석되었다. 설계자의 경우, 자재 개발보다 설계에 초점이 맞추어져 계획이나 설계단계시 직접적으로 활용할 수 있는 다양한 주거/비주거 표준 모델 개발을 더 중요하게 여기는 것으로 나타났다. 중대형 상업 건축물의 경우, 표준 모델을 개발하기는 어려울 수도 있으나, 공동주택이나 중소형 건축물의 경우, 표준 모델 개발이 상대적으로 용이할 것으로 보여진다. 제로에너지 건축물의 표준모델과 관련해서는 기초 설계 용역 등이 진행되었지만, 실무적으로 활용할 수 있는 차원에서의 개발이 필요할 것으로 판단된다. 또한, 이러한 표준 개발은 설계 초기단계부터 에너지 요구량이 작은 건축물로 계획될 수 있다는 장점을 가질 수 있을 것이다. 제로에너지 건축물은 아니지만, (사)한국패시브건축협회에서는 패시브 하우스 표준 주택을 개발하여 건축주들이 패시브하우스에 쉽게 접근할 수 있도록 제공하고 있다.

Table 5. Comparative analysis results for technology importance(tier 2)

Division	Designer		Building Energy Assessor		All	
	Weight	CR	Weight	CR	Weight	CR
TE-1	0.183		0.156		0.169	
TE-2	0.172		0.142		0.157	
TE-3	0.174	0.056	0.149	0.070	0.161	0.063
TE-4	0.161		0.192		0.178	
TE-5	0.156		0.171		0.164	
TE-6	0.153		0.189		0.172	

반면, 건축물 에너지 평가사의 경우, 자재 개발과 고효율 기계설비 장치 개발과 같은 자재 측면의 개발이 인증 활성화에 있어, 중요한 요소로 판단하였다. 제로에너지 건축물 구현을 위해 적용할 수 있는 신재생에너지 시스템의 경우, 기본적으로 태양광 시스템을 시작으로 지열, 태양열, 연료전지 시스템 등을 적용하고 있지만, 비용적인 부분이나 설치 후 유지관리, 시공 전/시공 후의 효율이 유지되는지에 대한 부분들을 고려한 시스템이나 장치 개발들이 필요할 것으로 보여진다.

중요도 순서로 보면, 설계자의 경우, 다양한 주거/비주거 표준 모델 개발(TE-1) 0.183, 패시브액티브 요소 기술 개발(TE-3) 0.174, 제로에너지건축물 설계 컨설팅 지원(TE-2) 0.172, 자재 개발(TE-4) 0.161, 신재생에너지 활용 컨설팅 지원(TE-5) 0.156, 고효율 기계설비 장치 개발(TE-6) 0.153 순으로 나타났고, 건축물 에너지 평가사의 경우, 자재 개발(TE-4) 0.192, 고효율 기계설비 장치 개발(TE-6) 0.189, 신재생에너지 활용 컨설팅 지원(TE-5) 0.171, 다양한 주거/비주거 표준 모델 개발(TE-1) 0.156, 패시브액티브 요소 기술 개발(TE-3) 0.149, 제로에너지건축물 설계 컨설팅 지원(TE-2) 0.142 순으로 나타났다.

4.2.3 교육에 대한 중요도 분석결과

교육 항목에 대한 중요도를 분석한 결과를 살펴보면, Table 6과 같다. 전체 집단의 경우, 제로에너지 건축물 개념 교육과 단열 및 기밀 관련 교육이 중요한 것으로 분석되었고, 상대적으로 에너지 시뮬레이션 교육은 덜 중요한 것으로 분석되어, 제로에너지 건축물 개념 교육(ED-2) 0.179, 단열 및 기밀 관련 교육(ED-3) 0.171, 신재생에너지 설비 시스템 교육(ED-6) 0.167, 에너지시뮬레이션 교육(ED-4) 0.165, 인증절차 및 평가기준 교육(ED-1) 0.165, 기계설비 장비 교육(ED-5) 0.153 순으로 나타났다. 설계자의 경우, 제로에너지건축물 구현을 위해 패시브적으로 중요한 요소인 단열 및 기밀 관련 교육(0.182)이 가장 중요한 항목인 것으로 분석되었지만, 건축물 에너지 평가사의 경우, 기계설비 장비 교육(0.179)나 신재생에너지 설비 시스템 교육(0.178)이 가장 중요한 항목인 것으로 분석되었다. 이는 건축물 에너지 평가사는 설계자에 비해 패시브적인 요소인 단열이나 기밀 등에 대한 교육과 정보 등은 많이 접하였기 때문인 것으로 보여진다. 설계자의 경우, 설계시 액티브적인 요소보다 패시브적인 요소를 도면에 직접적으로 반영해야 하는 대상이며, 기계설비나 신재생 에너지시스템의 경우, 에너지 컨설팅을 통해 진행하기 때문인 것으로 보여진다. 또한, 이러한 교육진행시 단열과 기밀에 대한 상세 및 시방에 대한 교육들도 함께 이루어져야 할 것이다. 이러한 분석 결과를 통해 설계자와 건축물 에너지 평가사 각 집단의 교육 수요도 파악할 수 있지만, 반대로 어떠한 교육이 필요한지도 파악해 볼 수 있을 것이다. 한편, 에너지 시뮬레이션 교육(ED-4)에 대한 중요도의 경우, 건축물 에너지 평가사는 다양한 시뮬레이션 교육과 실무를 경험하고 있기 때문에, 낮은 중요도(0.147)를 보인 것으로 보여지지만, 설계자의 경우도, 높은 차원의 중요한 항목은 아니었다. 이는 에너지 시뮬레이션의 경우, 설계자가 직접 수행하기보다 컨설팅과 함께 외주 형태로 진행되고 있고, 한국에너지공단에서 정기적인 교육과 튜토리얼 영상 제공을 통한 교육들이 진행되고 있기 때문인 것으로 보여진다.

Table 6. Comparative analysis results for education importance(tier 2)

Division	Designer		Building Energy Assessor		All	
	Weight	CR	Weight	CR	Weight	CR
ED-1	0.174		0.156		0.165	
ED-2	0.178		0.179		0.179	
ED-3	0.182		0.160		0.171	
ED-4	0.161	0.072	0.147	0.073	0.153	0.073
ED-5	0.150		0.179		0.165	
ED-6	0.155		0.178		0.167	

4.2.4 인센티브에 대한 중요도 분석결과

인센티브 항목과 관련하여 중요도를 분석한 결과는 Table 7과 같다. 전체 집단의 중요도는 인증 수수료 지원(IN-5) 0.183, 주택도시기금 대출한도 확대(IN-3) 0.175, 신재생에너지 설치 보조금 우선 지원(IN-2) 0.163, 용적률/건축물의 높이 기준 완

화(IN-1) 0.162, 소득세 또는 법인세 공제(IN-4) 0.158, 취득세 및 등록세 완화(IN-6) 0.158 순으로 나타났다.

Table 7. Comparative analysis results for incentive importance(tier 2)

Division	Designer		Building Energy Assessor		All	
	Weight	CR	Weight	CR	Weight	CR
IN-1	0.195		0.131		0.162	
IN-2	0.182		0.146		0.163	
IN-3	0.163		0.185		0.175	
IN-4	0.155	0.054	0.161	0.085	0.158	0.070
IN-5	0.150		0.214		0.183	
IN-6	0.155		0.161		0.158	

설계자의 경우, 건축 계획적인 측면과 사업성 측면에서 중요한 요소인 용적률/건축물의 높이 기준 완화(0.195)를 중요한 요소로 보았고, 다음으로 신재생에너지 설치 보조금 우선 지원(IN-2)에 대한 항목을 중요한 요소로 보았다. 반면, 건축물 에너지 평가사의 경우, 인증 수수료 지원(0.214)을 다른 항목들에 비해 가장 중요한 요소로 보았고, 다음으로 주택도시기금 대출 확대(0.185) 순이었다. 정부에서는 제로에너지건축물 인증 표시 의무대상이 아닌, 민간건축물에 대해서는 인증 수수료를 제로에너지 등급에 따라 일정 비율로 감면을 해주고 있으며, 신재생에너지 설치보조금 사업 및 주택도시기금의 대출 한도 상향 등도 진행하고 있지만, 사용승인 조건으로 강제하거나, 일회성 허가관련 인센티브의 적용 보다는 실질적이며 지속적인 인센티브제도를 개발 적용함으로써 향후 소유자 및 사용자로 하여금 지속적인 효능감에 의해 자발적으로 인증갱신 및 유지가 이루어질 수 있는 인센티브 제도로 개선되어야 할 것이다.

4.2.5 홍보에 대한 중요도 분석결과

1계층 항목 중 마지막으로 홍보 항목에 대한 중요도 분석결과를 살펴보면, Table 8과 같다. 전체 집단과 설계자, 건축물 에너지 평가사 모두 건축주 또는 발주처 대상에 대한 홍보를 인증 활성화에 있어, 중요한 요소로 보는 것으로 나타났고, 건축물 에너지 평가사는 건축주나 발주처 뿐만 아니라, 대중 매체를 통한 홍보를 매우 중요한 활성화 요소로 보는 것으로 나타났다. 현재 제로에너지 건축물 인증은 공공 500m² 이상(5등급), 공공 공동주택 30세대 이상(5등급)이 의무화 대상이며, 이러한 제로에너지 건축물 인증의 의무화 대상 확대로 제로에너지 건축물의 필요성에 대한 인식은 만들어지겠지만, 민간 건축물의 경우, 자발적인 참여를 위해 계획측면이나 에너지 시뮬레이션을 통한 예측 자료를 통한 홍보보다 실제 제로에너지건축물의 구현 이후의 에너지 사용량에 대한 모니터링을 통해, 실질적으로도 에너지 절감뿐만 아니라, 에너지 자립을 할 수 있다는 실제적인 홍보가 필요할 것이다. 또한, 제로에너지 건축물은 초기비용이 높을 수 밖에 없는데, 투자 대비 회수율이나 회수 가능 연도 등의 연구를 통한 결과 홍보도 필요할 것이다. 또한, 제로에너지 건축물 구현을 위해 초기단계부터 계획을 진행하는 건축사 교육에 대한 요소도 설계자와 건축물 에너지 평가사 모두 중요하게 여기는 것으로 분석되었다.

Table 8. Comparative analysis results for promotion importance(tier 2)

Division	Designer		Building Energy Assessor		All	
	Weight	CR	Weight	CR	Weight	CR
PR-1	0.248		0.241		0.239	
PR-2	0.205		0.203		0.198	
PR-3	0.189	0.064	0.169	0.084	0.181	0.074
PR-4	0.185		0.259		0.217	
PR-5	0.174		0.129		0.165	

4.3 모든 항목에 대한 중요도 분석결과

제로에너지 건축물 인증 활성화에 대해 1계층 항목과 2계층 항목을 종합하여 전체 28가지 항목의 중요도를 나열해보면 Table 9와 같다. 설계자의 경우, 에너지효율기준 강화(PO-1), 에너지 전문가 양성 및 사무소 등록제(PO-5), 제로에너지건축물 설계 제도 정비(PO-3), 세부 추진 로드맵 마련(PO-2), 건축주 또는 발주처 대상 홍보(PR-1) 순으로 나타났고, 건축물 에너지 평가사의 경우, 에너지 전문가 양성 및 사무소 등록제(PO-5), 제로에너지건축물 설계 제도 정비(기술컨설팅 영역)(PO-3), 세부 추진 로드맵 마련(PO-2), 운영기관의 인증기관 모니터링(PO-4), 자재 개발(TE-4) 순으로 나타났다. 건축물 에너지 평가사의 경우, 현재로는 자격만으로 건축사나 구조기술사처럼 별도의 사무소를 등록할 수 있는 근거가 없고, 주로 민간 컨설팅 위주의 회사로 운영하고 있어, 정식 사무소 등록을 통한 제로에너지 건축물 컨설팅 활성화가 될 수 있을것이라고 판단하였다. 이 PO-5항목은 설계자 측면에서도 활성화를 위해 중요한 것으로 나타난 것으로 보아, 설계자 측면에서도 인증 활성화를 위해 에너지 전문가 및 공신력있는 건축물 에너지평가 사무소의 풀(pool)이 필요한 것으로 보여진다.

Table 9. Comparative analysis results for all items(tier 1 and 2)

Item	Code	Item	Designer		Building energy assessor		All	
			Weight	Ranking	Weight	Ranking	Weight	Ranking
Policy	PO-1	Strengthening energy efficiency standards	0.054	1	0.038	9	0.043	5
	PO-2	Developing detailed roadmap	0.044	4	0.054	3	0.045	3
	PO-3	Development of zero energy building design system (technical consulting area)	0.044	3	0.061	2	0.045	2
	PO-4	Monitoring the certification authority of the operating institution	0.039	6	0.049	4	0.041	6
	PO-5	Training of energy professionals and office registration system	0.046	2	0.066	1	0.047	1
Technology	TE-1	Development of various residential/non-residential standard models	0.039	7	0.034	15	0.037	11
	TE-2	Consulting support for zero energy building design	0.037	11	0.031	19	0.034	19
	TE-3	Development of passive/active element technology	0.037	9	0.033	16	0.035	14
	TE-4	Material development	0.034	15	0.042	5	0.038	8
	TE-5	Support for consulting on new and renewable energy utilization	0.033	18	0.038	8	0.035	13
	TE-6	Development of high-efficiency mechanical equipment	0.033	20	0.042	6	0.037	9
Education	ED-1	Certification procedures and evaluation criteria training	0.036	12	0.032	17	0.034	18
	ED-2	Training for zero energy buildings	0.037	10	0.036	10	0.037	10
	ED-3	Insulation and airtightness training	0.038	8	0.032	18	0.035	15
	ED-4	Energy simulation training	0.033	16	0.030	21	0.031	22
	ED-5	Mechanical equipment and equipment training	0.031	23	0.036	11	0.034	16
	ED-6	Training on renewable energy facilities	0.032	21	0.036	12	0.034	17
Incentive	IN-1	Mitigation of floor area ratio / building height criteria	0.036	13	0.022	27	0.028	26
	IN-2	Priority support for renewable energy installation subsidy	0.033	17	0.024	26	0.028	25
	IN-3	Expansion of housing and urban fund loan limits	0.030	25	0.031	20	0.030	23
	IN-4	Income tax or corporate tax deduction	0.028	26	0.027	23	0.027	27
	IN-5	Certification fee support	0.027	28	0.035	14	0.032	21
	IN-6	Relaxation of acquisition and registration taxes	0.028	27	0.027	24	0.027	28
promotion	PR-1	Promote to the owner or place of order	0.043	5	0.035	13	0.044	4
	PR-2	Promote to architects	0.035	14	0.029	22	0.036	12
	PR-3	Promote to builders	0.032	19	0.024	25	0.033	20
	PR-4	Public relations	0.032	22	0.038	7	0.040	7
	PR-5	Promotion of educational institutions	0.030	24	0.019	28	0.030	24

또한, 세부 추진 로드맵 마련(PO-2)이 중요한 것으로 나타나, 정부의 제로에너지 건축물 의무화 로드맵이 있지만, 보다 세부적으로 공공 건축물이나 민간 건축물의 인증활성화와 특히 민간 건축물의 자발적인 인증 활성화를 위한 세부적인 로드맵이 필요할 것이다. 또한, 요소기술이나 정책적으로 기준들이 마련되어 있어도 의무화 대상이 아닌 경우에는 발주처나 건축주의 제로에너지 인증 진행에 대한 의지가 중요하므로, 건축주나 발주처를 최초로 접하게 되는 설계자 입장에서는 건축주나 발주처의 홍보가 활성화를 위해 중요하게 본 것으로 여겨진다.

5. 결론

본 연구에서는 탄소중립 2050 구현을 위해 건물 부문에서 추진하고 있는 제로에너지 건축물 인증 활성화를 위해 설계자와 건축물 에너지 평가사 측면에서 중요도를 비교분석하였다. 본 연구의 주요 결과를 살펴보면 다음과 같다.

1계층 항목에서는 설계자와 건축물 에너지 평가사 모두 정책, 기술, 교육, 인센티브, 홍보 순으로 중요한 것으로 분석되었으며, 건축물 에너지 평가사의 경우, 설계자보다 정책에 대해 약 4%정도 중요하게 판단하는 것으로 나타났다. 다음으로 2계층 항목 중 정책에 대한 중요도 분석결과는 설계자의 경우, 에너지 효율기준 강화나 에너지 전문가 양성 및 사무소 등록제에 대해 중요한 항목으로 보았고, 건축물 에너지 평가사의 경우, 에너지 전문가 양성 및 사무소 등록을 가장 우선적인 요소로 선정하였다. 기술 항목을 살펴보면, 설계자의 경우, 다양한 주거/비주거 표준 모델 개발을 중요하게 여기는 것으로 나타났지만, 건축물 에너지 평가사의 경우, 그 항목보다 자재 개발이나 고효율 기계설비 개발이 중요하다고 보았다. 교육 항목에 대한 분석결과를 보면, 설계자의 경우, 단열 및 기밀 관련 교육, 제로에너지 건축물 개념 교육 등 패시브적인 요소의 교육이나 기본 개념 교육에 대해 중요하다고 보았지만, 건축물 에너지 평가사의 경우, 패시브적인 요소보다는 기계설비나 신재생에너지 시스템과 같은 좀더 고급화된 교육을 인증 활성화에 중요한 요소로 보았다. 인센티브 항목의 경우, 설계자는 용적률/건축물의 높이 기준 완화나 신재생에너지 설치 보조금 지원에 대한 항목을 중요하게 생각하는 것으로 나타났고, 건축물 에너지 평가사의 경우, 인증 수수료 지원에 대한 항목이 중요하다고 보았다. 홍보 항목의 경우, 설계자와 건축물 에너지 평가사 모두 건축주나 발주처에 대한 홍보를 인증 활성화에 가장 중요한 요소로 보았다. 마지막으로 전체 28가지 항목에 대한 중요도를 살펴보면, 설계자의 경우, 에너지효율기준 강화나 에너지 전문가 양성 및 사무소 등록제가 인증 활성화에 중요한 요소로 나타났고, 건축물 에너지 평가사의 경우, 에너지 전문가 양성 및 사무소 등록제, 제로에너지건축물 설계 제도 정비가 중요한 요소로 나타났다.

정부에서 추진하고 있는 제로에너지 건축물 인증은 점차 의무화 대상이 확대 되고 있으나, 궁극적으로 인증 제도의 활성화를 위해서는 참여주체들의 의견을 검토하여 각 주체들에 적합한 정책이나 교육방식 등을 제시해줄 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 제로에너지 건축물 인증 관련 주체인 설계자와 건축물 에너지 평가사들을 대상으로 제로에너지 건축물 인증 활성화를 위한 중요도를 비교분석하였다. 정부에서는 제로에너지 건축물 인증을 활성화하기 위해 BEMS나 자가검침 시스템에 대한 지원, 민간 에너지 컨설팅 회사를 통한 제로에너지 건축물 컨설팅 지원 등 다양한 노력들을 하고 있다. 이러한 정부의 노력들이 보다 현실적이고 실효적으로 마련되기 위해 본 연구의 결과가 활용될 수 있을 것으로 보여진다. 또한, 이를 통해 실무적인 측면에서 어떠한 정책이나 기술, 교육 등이 필요한지를 파악하여 정부에서 계획중인 지원사업이나 교육 프로그램 등에 활용할 수 있을 것이고, 공공건축물 뿐만 아니라, 민간건축물의 활성화를 위한 인센티브 등의 기준 마련에 기여할 것으로 판단된다.

본 연구는 제로에너지 건축물 인증과 관련된 참여주체 중 설계자와 건축물 에너지 평가사를 대상으로 진행하였으나, 인증과 관련된 참여주체인 시공사나 건축주 등을 고려한 비교는 되지 않았다. 전체 참여주체인 시공사, 건축주 또는 발주처와의 중요도 비교분석을 통해서도 제로에너지 건축물 인증 활성화를 위해 유의미한 결과들을 얻어낼 수 있을 것이다. 이에 향후 연구에서는 추가적인 집단과의 비교를 통해 여러 참여주체들의 의견을 반영한 활성화 방안을 도출해낼 수 있을 것이다.

요약


본 연구에서는 참여주체 중 설계자와 건축물에너지평가사의 관점에서 제로에너지 건축물 인증 활성화를 위한 중요도를 비교분석하였다. 두 집단 모두 정책, 기술, 교육, 인센티브, 홍보 순으로 중요한 것으로 분석되었다. 설계자의 경우, 에너지효율기준 강화나 에너지 전문가 양성 및 사무소 등록제가 인증 활성화에 중요한 요소로 나타났고, 건축물 에너지 평가사의 경우, 에너지 전문가 양성 및 사무소 등록제, 제로에너지건축물 설계 제도 정비가 중요한 요소로 나타났다. 이를 통해 정부 차원에서의 인증 활성화를 위한 현실적인 방안들을 도출하는데 기여할 수 있을 것으로 보여진다.


키워드 : 제로에너지건축물 인증, 상대적 중요도 분석, 설계자, 건축물에너지평가사


Funding


CREBIZ Certification Body Co.

ORCID

Il Myung,  <http://orcid.org/0009-0008-3590-2334>

Jong-Dae Choi,  <http://orcid.org/0009-0008-0880-1431>

Ho-Youn Jung,  <http://orcid.org/0009-0002-1790-9838>

Jae-Kyu Choi,  <http://orcid.org/0009-0009-5142-3357>

References

1. Hong EB. An ANN-based conceptual estimating of zero-energy building using CTGAN [master's thesis]. [Seoul (Korea)]: Ewha woman University; 2022. 196 p.
2. Shin JW, Yun JH, Ko JL. A study on the optimization of photovoltaic system for the ZEB certification in detached housing. *Journal of the Korean Solar Energy Society*. 2019 Jun;39(3):1-7. <https://doi.org/10.7836/kses.2019.39.3.001>
3. Jang SJ, Choi KS, Kim SM, A study on the improvement of the certification criteria for zero energy buildings in Korea according to climate conditions and building types. *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*. 2020 May; 32(5):205-14. <http://dx.doi.org/10.6110/KJACR.2020.32.5.205>
4. Kim MY, Kim HG, Hong GP, Design factors and initial cost by zero energy building rating systems through case study. *Korea Institute of Ecological Architecture and Environment Journal*. 2018 Apr;18(2):55-60. <http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2018.18.2.055>
5. Yoon JW. A study on acquiring the zero energy building(ZEB) certification according to heat source systems in small-sized school facilities [master's thesis]. [Seoul (Korea)]: University of Seoul; 2020. 85 p.
6. Ko HW. An analysis study to improve the zero energy certification grade of apartment houses [master's thesis]. [Seoul (Korea)]: Kookmin University; 2021. 114 p.
7. Hwang JH. A study on the significance level of spartial characteristics based on AHP of school space innovation: focusing on Cheongwon elementary school [master's thesis]. [Suwon (Korea)]: Kyonggi University; 2021. 91 p.
8. Kim SS, Jin TS. An institutional study for the activation of zero energy building. *Sejong (Korea): Architecture & Urban Research Institute*; 2018 Oct. 149 p. Report No.: Research Report 2018-8.