

G-SEED 인증 건축물과 비인증 건축물의 에너지 소비량 특성에 관한 연구 : 업무시설을 대상으로

김종현, 김진호*
인천대학교 도시건축학부

A Study on the Comparison for Energy Consumption Characteristics between G-SEED certified and non-certified Office Buildings in Korea

Jong-Hyun Kim, Jin-Ho Kim*
Division of Architecture and Urban Design, Incheon National University

요약 기후변화 문제를 해결하기 위해 세계 각국은 온실가스 감축 의무를 이행하기 위해 노력하고 있다. 건물부문은 국가 온실가스 배출량의 약 25%를 차지하며, 향후 40%까지 증가할 것으로 전망하는 만큼 정부는 에너지 절감 계획에 대한 정책을 수립하여 추진 중이다. 건물부문의 에너지 절감을 위한 정책의 일환으로 녹색건축인증제도 시행을 통해 보다 에너지 절감형 건축물 설계와 시공을 유도하고 있다. 본 연구는 G-SEED 인증 건축물과 비인증 건축물의 에너지 소비량에 영향을 미치는 원인에 대한 분석과 결과를 바탕으로 현행 제도의 실효성과 문제점을 파악하고 향후 G-SEED 제도의 개선 방향에 대해 논의하고자 한다. 이를 위해 서울시에 소재하고 있는 인증 업무시설 135동과 비인증 업무시설 142동을 대상으로 건축물 정보와 에너지 소비량 데이터를 수집하였으며, 분석결과 다음과 같은 결론을 도출하였다. 인증 업무시설은 비인증 업무시설에 비해 연간 50% 이상의 에너지 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 계절에 따른 에너지 소비량은 난방 도일과 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 사용승인연도가 높을수록 인증 업무시설의 에너지 소비량은 감소하며, 비인증 업무시설은 오히려 증가하는 경향을 보였다. 규모와 인증등급에 따른 에너지 소비량은 상관관계가 미미한 것으로 드러났다. 본 연구는 이상의 분석을 통하여 G-SEED 인증제도 개선을 위한 기초자료로서 의의가 있다. 또한 건축물의 에너지성능 기준이 강화되는 추세를 감안하여, 분야별 점수를 공개적인 자료로 전환하는 것을 제시한다.

Abstract Considerable efforts have been made to reduce greenhouse gas emission around the world to cope with climate change. The government is implementing G-SEED certification to promote energy efficient building design. This study aims to verify the effectiveness of the G-SEED certification system by analyzing the actual energy use of certified and non-certified office buildings. For this purpose, the energy consumption of 135 certified and 142 non-certified office buildings was analyzed according to the seasonal characteristics, building size and number of floors, approval year, and certification grade. The energy saving effects of certified buildings was about 50% higher than that of non-certified buildings. The seasonal energy consumption of buildings is closely related to the heating degree-days. The energy consumption of certified and non-certified buildings decreases with increasing approval year. On the other hand, the energy consumption according to building size and certification grade is not related. This study provides meaningful basic data of G-SEED certification system for future improvement. As the building energy performance standards are strengthened over the years, it is necessary to make the individual score of G-SEED certified projects open to the public to configure the factors of energy efficiency.

Keywords : G-SEED, Energy Consumption, Office Building, Certification Grade, Seasonal Characteristics

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant by the Korean Government.
(No. NRF-2017R1C1B5076708)

*Corresponding Author : Jin-Ho Kim(Incheon National Univ.)

email: jinhokim2015@inu.ac.kr

Received September 10, 2019

Revised October 2, 2019

Accepted November 1, 2019

Published November 30, 2019

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

기후변화와 자원의 고갈 등으로 인한 환경문제는 전 세계가 당면한 심각한 문제이다. 이에 각국의 정부는 에너지 절감 정책과 기술개발을 통해 환경문제를 해결하고자 노력하고 있다.

건물부문은 국가 온실가스 배출량의 약 25%를 차지하는 만큼 정부는 건물 부분의 에너지 절감 계획과 구체적인 실천방안에 대한 정책을 수립 및 추진 중이다. 이에 정부는 2020년의 건물부문 온실가스 배출전망치(Business As Usual)의 26.9%를 감축 목표로 설정하였으며[1], 목표 달성을 위해 다양한 정책을 추진하고 있다. 건물부문의 에너지 절감을 위한 대표적인 정책으로 정부는 2000년에 '녹색 건축인증제도'를 도입하여 시행하고 있으며, 건축물 규모와 용도에 따라 건축물의 녹색 건축 인증등급을 의무적으로 취득하도록 규정하고 있다[2].

녹색 건축인증제도 (G-SEED: Green Standard for Energy and Environmental Design, 이하 G-SEED)는 2000년도에 시범인증 도입을 시작으로 순차적으로 인증기준 및 세부시행지침이 마련되었다. 인증기준의 개정과 시행 그리고 공공시설에 대한 의무화를 통한 기반 구축단계를 지나 민간영역까지 확대된 국가공인 인증제도로 정착하게 되었다[3]. G-SEED는 그동안 수차례의 기준 개정을 통해 관련 분야의 기술발전과 시장환경에 영향을 줌으로써 제도의 안정적인 정착과 도약의 발판을 마련하였다. 그러나 건축물의 광범위한 분야를 다루는 제도의 특성상 G-SEED 인증 건축물의 에너지 절감에 대한 효과와 정책의 실효성에 대해 논의할 필요성이 있다.

현재까지 G-SEED 인증 건축물과 비인증 건축물을 대상으로 한 에너지 소비량 특성과 실효성에 관한 연구는 부족한 편이며, 에너지 절감을 위한 국가 정책 G-SEED의 개선을 위해서는 이에 관한 연구가 필요하다고 판단된다. 따라서 본 연구의 목적은 G-SEED 인증 건축물과 비인증 건축물을 대상으로 에너지 소비량을 비교·분석하여 G-SEED 제도와 국가 정책 개선에 필요한 기초자료를 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 G-SEED 인증 업무시설과 비인증 업무시설에 미치는 영향에 대한 요인을 조사하고 에너지 소비량 결과를 살펴보고자 한다. 연구의 범위는 서울시 소재 인

증 업무시설과 비인증 업무시설이다. 최초 한국환경산업기술원[3]에서 제공하는 2019년 01월 녹색 건축인증 현황자료를 바탕으로 인증 업무시설 153동과 건축데이터 민간개방 시스템[4]에서 제공하는 공공건축물 에너지 소비량 (2016년 2분기~2019년 1분기) 자료를 바탕으로 비인증 업무시설 152동으로 파악되었다. 조사 대상인 2017~2018년에 해당하는 2개년 동안의 에너지 소비량 데이터 수집을 위해 2016년 12월까지 사용승인을 받은 건축물로 한정하였다. 또한, 에너지 소비량에 결측치가 있거나, 건축물대장이 확인되지 않는 경우 대상에서 제외하였다. 최종적으로 인증 업무시설 135동과 비인증 업무시설 142동으로 연구대상이 확정되었다. 건축물 정보는 건축물의 연면적, 층수, 사용승인일, 인증의 유무와 인증 등급에 대한 정보를 포함하고 있다. 에너지 소비량 정보는 각 건축물에 대한 에너지원별 소비량(kWh)과 연구대상 기간 동안의 냉·난방 도일과 계절 특성을 함께 조사하여 데이터를 수집 및 정리하였다.

본 연구는 이상의 데이터 구축을 통해 G-SEED 인증 업무시설과 비인증 업무시설의 에너지 소비량에 영향을 미치는 원인에 대한 분석과 결과를 바탕으로 현행 제도의 실효성과 문제점을 파악하고 향후 G-SEED 제도의 개선 방향에 대해 논의하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 G-SEED 제도 고찰 및 인증 건축물 현황

Fig. 1과 같이 건물부문은 산업 전체 에너지 및 자원 소비의 약 40%를 차지하고 있으며[5], 기계설비, 건축자재, 조경 등 다양한 업종과 연결되어 온실가스 배출량에 많은 영향을 미치는 분야이다. 따라서 건물 부분에 대한 에너지 소비와 CO₂ 배출량 절감은 기후변화에 대응하기 위해 중요한 국가적 과제이다. 이에 정부에서는 G-SEED 제도 도입을 통해 건축물 분야의 에너지 및 CO₂ 절감을

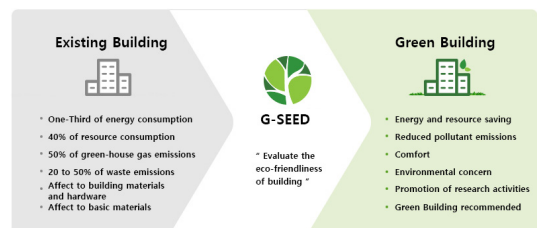


Fig. 1. Overview of the G-SEED

유도하고 친환경 건축물의 확산 및 환경 가치에 대한 인식 제고와 환경기술 발달 및 연구 활동 진흥 등의 직·간접적 효과를 기대하고 있다[3].

국내의 대표적인 친환경인증제도인 녹색 건축인증제도 (G-SEED)는 설계와 시공 유지, 관리 등 전 과정에 대한 평가를 통해 친환경 인증을 부여하고 지속 가능한 개발의 실현을 목표로 한다.

「녹색건축물 조성 지원법[6]」, 「녹색 건축인증에 관한 규칙[7]」, 「녹색 건축인증 기준[8]」을 관련 법령으로 지정하고 있으며 신축 건축물의 경우 사용승인 또는 사용검사를 받은 후 3년 이내의 모든 건축물, 기존 건축물의 경우 공동주택과 업무용 건축물을 대상으로 한다. 공공기관에서 발주하는 연면적 3,000 m² 이상 건축물을 인증 의무 대상으로 정한다. 인증 등급은 최우수(그린 1등급), 우수(그린 2등급), 우량(그린 3등급), 일반(그린 4등급)으로 구분되어 있다. 녹색건축물 인증 시 취득세, 건축물 기준 완화의 인센티브를 법적으로 지정하고 있다.

2019년 1월 G-SEED 인증현황을 살펴보면 Fig. 2에 보는 바와 같이, 인증 건축물은 2002년에 3건에 불과하였지만, 2014년 1,032건, 2018년 1,999건으로 해마다 큰 폭으로 증가하고 있다. 세부적으로 용도별 인증현황은 교육연구시설 용도가 27%로 가장 많았으며, 다음으로 업무용 건축물이 15%로 큰 비중을 차지하고 있다 (Fig. 3).

G-SEED에서 다루고 있는 분야는 개정에 따라 조금씩 변동은 있었으나, 토지이용 및 교통, 에너지 및 환경오염, 물순환관리, 재료 및 자원, 실내환경, 생태환경, 유지관리에 대한 7개 분야와 혁신적인 설계에 대해서는 주거와 비주거에서 공통적인 분야로 세부기준을 규정하고 있으며 주거부문에서는 주택성능 분야를 추가로 규정하고 있다[6].

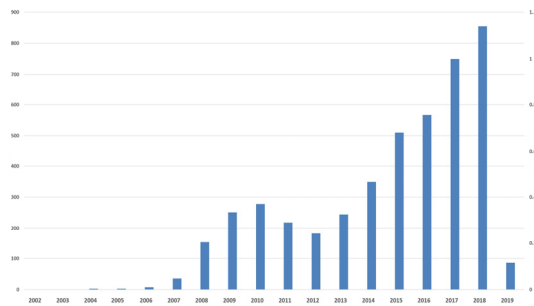


Fig. 2. Green Building Certification Status by Year

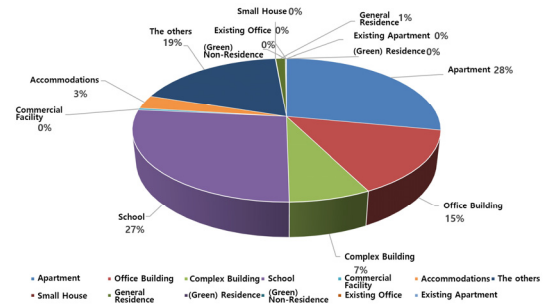


Fig. 3. Green Building Certification Status by Building Type

그러나 최근의 녹색건축물 설계기준인 G-SEED와 에너지 절약계획서 (Energy Performance Index) 기준이 강화됨에 따라 점차 에너지 성능에 대한 기준이 강화되는 추세에 있다. 이를 고려해 볼 때, G-SEED에서 에너지 및 환경오염 부문의 에너지 소비량과 에너지관리에 대한 요구가 한층 강화될 것으로 예상된다. 따라서 건축물에 대한 에너지 부문의 강화 추세에 맞추어 현재의 G-SEED 인증 건축물의 에너지 소비량에 대한 고찰과 실효성에 대한 논의와 더불어 비인증 건축물에 대한 에너지 성능 비교 연구도 수행될 필요성이 있을 것으로 판단된다.

2.2 LEED 인증제도 고찰 및 G-SEED 인증제도와 비교

1998년 USGBC (U.S. Green Building Council, 이하 USGBC)에 의해 개발된 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design, 이하 LEED)는 미국의 친환경 건축물 인증제도이다. 최초 개발된 후 몇 번의 개정을 거쳐 2013년부터 LEED v4.1을 시행하고 있다. LEED 인증제도는 세계 건축 산업뿐 아니라 우리나라의 G-SEED 제도의 시행에도 큰 영향을 미쳤다. 총 110점 만점을 바탕으로 인증등급은 Platinum (80+ points earned), Gold (60~79 points earned), Silver (50~69 points earned), Certified (40~49 points earned)으로 구분되어 있다. 이 제도의 주요 평가항목은 지속 가능한 토지 (Sustainable sites)의 사용, 수자원 효율 (Water efficiency), 에너지와 대기 환경 (Energy and atmosphere), 자재와 자원 (Materials and resources), 실내환경 (Indoor environmental quality)이며 이외에 여러 추가 항목 있다[9].

G-SEED 및 LEED 인증제도에서 평가항목은 용도별

로 구분되어 있다. G-SEED 인증제도에서 신축 업무용 건축물의 평가항목은 Table 1과 같다. LEED 인증제도의 BD+C(Building Design + Construction Guide) 중 신축 건축물의 평가항목은 Table 2과 같다.

Table 1. G-SEED Evaluation criteria

Evaluation criteria	Points	Ratio
Location and Transportation	12	9.7%
Energy and Environmental Pollution	29	23.4%
Materials and Resources	15	12.1%
Water Efficiency	14	11.3%
Maintenance	7	5.6%
Ecological Environment	14	11.3%
Indoor Environmental Quality	14	11.3%
Innovation Design (Addition item)	19	15.3%
Total	124	100%

LEED 인증제도는 에너지 및 환경오염 항목에서 전체 배점 중 약 30%를 차지하고 있다. 반면, G-SEED 인증제도는 약 23%으로 LEED 인증제도가 에너지 관련 항목에서 더 높은 배점을 할당하고 있는 것을 확인할 수 있다. 이는 인증 받은 건축물의 에너지 성능 및 에너지 절감에 상당한 비중을 두고 있음을 알 수 있다.

Table 2. LEED Evaluation criteria

Evaluation criteria	Points	Ratio
Integrative Process	1	0.9%
Location and Transportation	16	14.5%
Sustainable Sites	10	9.1%
Water Efficiency	11	10%
Energy and Atmosphere	33	30%
Materials and Resources	13	11.8%
Indoor Environmental Quality	16	14.5%
Innovation	6	5.5%
Regional Priority	4	3.6%
Total	110	100%

2.3 선행연구 고찰

성순택 외(2018)는 G-SEED 인증 건축물을 대상으로 에너지성능 평가에 있어서 에너지효율등급 또는 에너지 성능지표의 평가수준에 따라 녹색건축인증 분야 중 에너

지 분야를 제외한 토지교통, 물순환관리, 유지관리, 재료 자원, 생태환경, 실내환경 분야에서 어떠한 영향을 나타 내는지 분석하였다. 에너지 및 환경오염 분야의 평점 획득수준이 높을수록 타 분야에서 수준 저하가 일어나고 있음을 확인하였다. 이에 대한 결과로 적정 평가를 받기 위한 평가 기준의 개선이 검토될 필요성이 있다는 것을 도출하였다[10].

진수민(2017)은 공공건축물을 대상으로 공공건축물 에너지 소비량 개방 데이터를 활용하여 유형별 에너지 소비량 특성을 비교·분석하였다. 공공건축물을 지역 및 용도, 규모 특성에 따라 세분화하여 각 특성이 에너지 소비량에 미치는 영향을 확인하였다. 그 결과로 에너지 소비량에 가장 큰 영향은 기저에너지와 관련된 특성임을 도출하였다[11].

김창원(2016)은 일반 업무시설, 금융 업무시설, 판매 시설, 의료시설, 숙박시설 등 총 10개 건축물을 대상으로 월별, 연도별 단위면적당 에너지사용량과 동·하절기 에너지사용량에 대한 데이터를 수집하였다. 그 결과 용도별 1차 에너지 및 냉난방 사용량 비중은 의료시설이 가장 높고, 냉난방 소비 비율은 일반 업무시설이 가장 높음을 도출하였다[12].

김동일 외(2017)은 서울 소재 업무시설 총 299동을 대상으로 기후요소(냉방도일, 난방도일, 일사량, 열대야 일수)에 따른 계절별 냉·난방 에너지 소비량의 상관관계 및 에너지 소비 패턴을 분석하였다. 냉·난방 도일에 따라 월별 에너지 소비량을 예측할 수 있다는 것을 연구결과로 도출하였다[13].

기존의 연구는 일부 비인증 건축물에 대한 에너지 소비량 비교에 한정되어 수행한 것으로 판단된다. 본 연구에서는 G-SEED 인증 건축물과 비인증 건축물에 대한 에너지 소비량 비교 연구를 수행한다. 따라서 에너지 소비량 비교를 위해 현재 G-SEED 인증 건축물을 가장 많이 소재한 서울시 업무시설을 대상으로 충분한 데이터를 확보하여 연구를 수행할 필요성이 있다고 판단된다.

3. 데이터 수집 및 분석 방안

3.1 조사 대상 건축물 현황

본 연구는 업무시설을 대상으로 G-SEED 인증 건축물과 비인증 건축물에 대한 에너지 소비량 특성을 알아보기 위해 에너지원별 소비량을 검토한 후 계절, 규모, 사용 승인일, 인증등급 측면에서 분석을 수행하였다.

Table 3. Valid Samples By Building Area

Area \ Division	G-SEED Certified	Non-Certified	Total
3,000~5,000m ²	9	33	42
5,000~7,000m ²	6	27	33
7,000~9,000m ²	9	17	26
9,000~10,000m ²	5	6	11
10,000~20,000m ²	26	33	59
20,000~30,000m ²	13	13	26
30,000m ²	67	13	80
Total	135	142	277

이를 위하여 본 연구에서는 2019년 01월까지 G-SEED 인증을 취득한 서울시 소재 업무시설 135동과 2016년부터 2019년 3월까지의 에너지 소비량을 보고한 비인증 업무시설 142동에 대한 건축물 정보와 에너지 데이터를 수집하였다. 본 연구에서 활용한 건축물의 규모별 현황은 Table 3과 같다.

3.2 에너지 소비량 수집 및 분석 방안

건축물의 전기 및 가스에너지 소비량 데이터는 에너지별 환산기준[14]에 따라 열에너지로 환산하였으며, 각 건축물의 1개월 동안의 단위 면적당 에너지 소비량 (kWh/m²) 단위로 데이터를 정리하였다. 연간 단위면적당 1차 에너지 소비량은 월별 단위면적당 1차 에너지 소비량을 합산한 다음의 식 Eq. (1)과 같으며, $\alpha \sim \mu$ 는 각 월별 단위면적당 1차 에너지 소비량을 의미한다.

$$kWh/m^2 \cdot year = E(\alpha) + E(\beta) + \dots + E(\mu) \quad (1)$$

E denotes Energy Consumption per Unit Area

본 연구에서는 건축물 및 에너지 소비량 데이터는 데

이터 수집 기간(2017~2018년) 동안 에너지 소비량에 결측치가 있는 경우, 건축물대장이 확인되지 않는 경우, 사용승인일이 2017년 이후에 해당하는 경우의 에너지 소비량 데이터는 제외하였다. 최종적으로 연구에 활용한 건축물 정보와 에너지 소비량 데이터는 Table 3에 나타난 건축물 현황이 분석 대상에 해당한다. 이상의 업무시설을 대상으로 전기 및 가스에너지 소비량, 건축물의 규모, 사용승인연도, 인증등급과 계절별 특성에 따라 분석하고자 한다.

4. 분석결과

4.1 인증 및 비인증 건축물의 에너지 소비량

Table 4는 G-SEED 인증 업무시설과 비인증 업무시설의 월별 전기 및 가스에너지 소비량 결과를 보여주고 있다. 월별 에너지 소비량은 2017년과 2018년 모두 비슷한 경향을 보여주고 있으며, 전기에너지 소비량이 가스에너지 소비량에 비해 높은 결과를 나타내고 있다.

월별 단위면적당 전기 및 가스에너지 소비량 변화 추이는 Fig. 4, 5과 같으며, 혹서기인 8월과 혹한기인 1월에 최대 에너지 소비량 결과를 보여주고 있다. G-SEED 인증 업무시설의 월별 에너지 절감효과는 비인증 업무시설 대비 약 52~72%로 상당한 것으로 보인다. 인증 업무시설의 에너지 절감효과는 Fig. 6, 7과 같이 나타났다. 특히, 8월에 전기에너지 60~63%, 가스에너지 67~75%이며, 혹한기에 해당하는 1월에 전기에너지 63~65%, 가스에너지 74~78%로 상당한 에너지 절감효과가 있는 것으로 나타난다. 또한, 5월, 9월보다는 혹한기나 혹서기(1월, 8월)에 에너지 소비량 절감효과가 큰 것으로 보인다.

Table 4. Annual Energy Consumption by Energy Source

Division		Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2017 Energy Consumption (kWh/m ²)	G-SEED Certified	Electric	16.3	15.9	12.1	10.8	15.9	12.6	15.5	17.8	13.7	12.1	13.2	15.4
		Gas	5.1	5.4	3.2	2.0	1.4	1.4	2.1	8.4	6.2	1.4	2.1	3.9
		All	21.4	21.3	15.2	12.8	17.3	13.9	17.6	26.3	19.9	13.5	15.3	19.3
	non- certified	Electric	46.0	47.3	38.3	33.7	30.8	34.9	47.6	47.6	39.3	29.5	34.5	41.4
		Gas	19.9	19.9	15.7	8.1	4.8	5.1	7.1	33.2	25.8	3.8	8.0	17.0
		All	65.9	67.2	53.9	41.9	35.6	40.0	54.7	80.7	65.2	33.3	42.5	58.3
2018 Energy Consumption (kWh/m ²)	G-SEED Certified	Electric	17.3	16.1	13.2	12.4	12.8	14.2	17.2	19.9	17.7	12.5	12.7	14.8
		Gas	5.1	4.8	3.1	2.1	1.5	1.7	2.2	2.9	2.2	1.5	2.1	3.7
		All	22.4	20.8	16.4	14.5	14.3	15.9	19.4	22.8	20.0	14.1	14.8	18.5
	non- certified	Electric	46.5	46.2	35.9	32.5	30.3	34.2	40.7	50.3	39.5	29.9	32.2	38.4
		Gas	23.4	22.4	13.8	7.5	4.5	4.8	6.9	8.6	6.3	4.3	7.1	14.6
		All	70.0	68.5	49.7	40.0	34.8	39.0	47.6	58.9	45.8	34.2	39.4	53.0

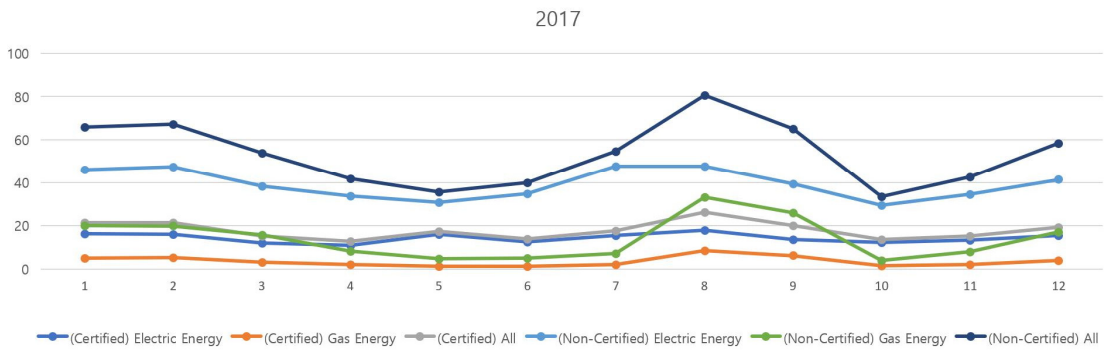


Fig. 4. Monthly Energy Consumption in 2017

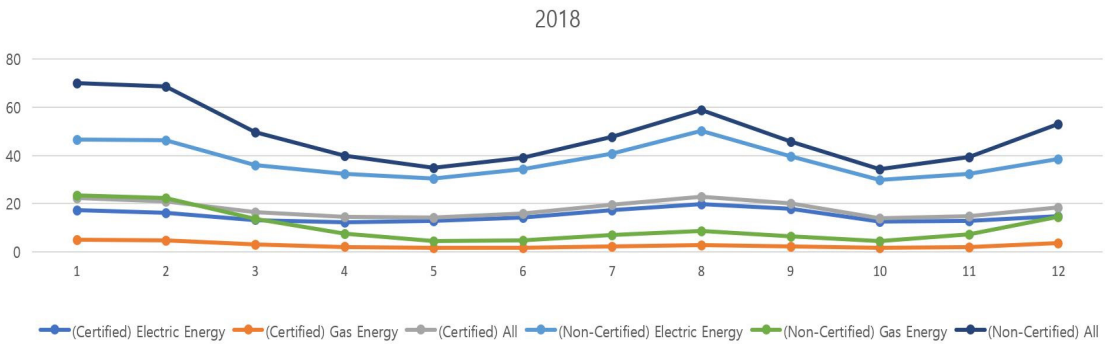


Fig. 5. Monthly Energy Consumption in 2018

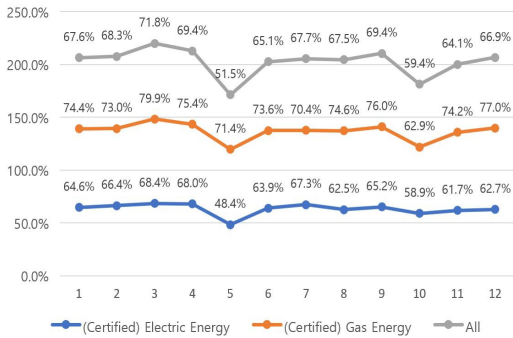


Fig. 6. Monthly Energy Savings in 2017

가스에너지 소비량은 12~1월은 높고 7~9월은 낮은 것으로 나타났다. 이와 같은 소비 패턴을 보인 것은 겨울철 보일러사용에 따른 가스소비량 증가에 의한 현상인 것으로 판단된다[13]. 또한, 2017년에 비해 2018년 가스에너지 소비량이 현격히 감소하고 있는 현상을 볼 수 있다 (Table 4). 이러한 결과는 경쟁 연료인 전기에너지

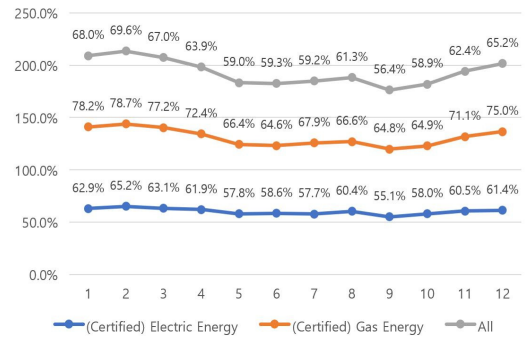


Fig. 7. Monthly Energy Savings in 2018

의 상대적으로 낮은 가격과 기온변화가 직접적인 원인이 된 것으로 판단된다. 또한, 전기 시스템의 관리상의 편리함을 선호하는 경향으로 판단된다[13]. 가스에너지 소비량은 6~8월에 가장 큰 변화를 나타내고 있어, 이 기간 동안의 가스에너지 소비량에 대한 추가적인 조사를 통해 분석되어야 할 부분이다.

4.2 계절별 에너지 소비량 특성

외기온은 에너지 소비량과 가장 밀접한 관련이 있는 요소로 본 연구에서는 이에 대한 영향을 알아보기 위해 냉·난방 도일에 따른 에너지사용량 변화를 알아보았다. 냉·난방 도일에 따른 전기 및 가스에너지 소비량 결과는 Fig. 8, 9에서 제시한 바와 같다.

냉방이 이루어지는 기간(7~9월) 동안 인증 업무시설과 비인증 업무시설의 전력에너지 소비량은 모두 냉방도일과 상관관계가 있는 것으로 나타났으며 (Fig. 8), 반면에 가스에너지 소비량은 냉방 도일과 상관관계는 없는 것으로 보인다. 냉방기간 동안의 전기에너지 소비량은 인증 업무시설이 비인증 업무시설에 비해 62~65%의 에너지 절감효과를 보여주고 있다.

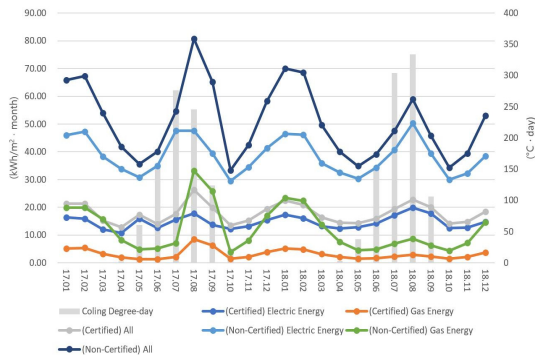


Fig. 8. Cooling Degree Day and Energy Consumption

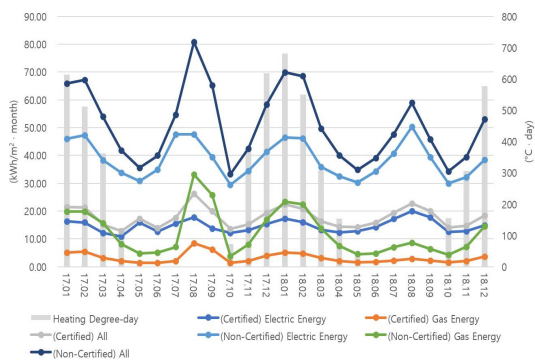


Fig. 9. Heating Degree Day and Energy Consumption

난방기간 (1~3월, 10월~12월) 동안의 에너지 소비량은 전기에너지와 가스에너지 모두에서 상관관계가 있는 것으로 나타났다 (Fig. 9). 겨울철에는 전기에너지와 가스에너지 모두 난방용 에너지로 활용되고 있는 것으로 예상된다. 한편, 중간기에 해당하는 4~5월의 기저 에너지

소비량은 냉·난방 도일의 영향이 적은 것으로 보이며, 연간 에너지 소비량과 비교한 것과 같은 경향성을 나타낸다.

이상의 분석결과를 볼 때, 계절에 따른 에너지 소비량은 여름철에는 전기에너지에 의한 상관관계가 크지만, 겨울철에는 전기에너지와 가스에너지 모두 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이를 통해 볼 때, 인증 업무시설의 외피 조건, 에너지 성능 등이 비인증 업무시설에 비해 우수할수록 겨울철에 에너지 소비량 절감효과는 클 것으로 예상되며, 이러한 예상은 Table 4에서 본 바와 같이, G-SEED 인증 업무시설의 에너지 절감효과는 비인증 업무시설에 비해 1월에 가장 크게 나타난 결과가 예상됨을 뒷받침하고 있다.

4.3 규모와 층수에 따른 에너지 소비량 특성

건물 규모에 따른 에너지 사용 패턴 및 특성 분석을 위해 연면적 규모를 7개 군으로 분류하였으며, 건물 규모에 따른 연간 단위면적당 에너지 소비량은 Fig. 10과 같다.

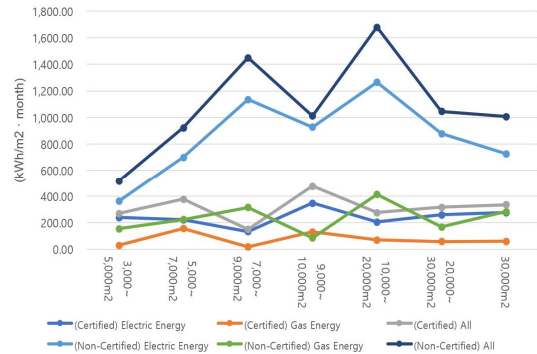


Fig. 10. Energy Consumption by Building Size

G-SEED 인증 업무시설과 비인증 업무시설의 규모에 따른 에너지 소비량은 10,000~20,000m² 미만 구간에서 가장 큰 차이를 보이고 있으며, 비인증 업무시설이 인증 업무시설에 비해 단위 면적당 에너지 소비량은 약 75%의 에너지 절감률 효과가 있는 것으로 나타났다(Fig. 10).

단위 면적당 연간 에너지 소비량을 살펴보면, 인증 업무시설은 9,000~10,000m² 미만 규모에서, 비인증 업무시설은 1,000~2,000m² 미만 규모에서 에너지 소비량이 가장 높은 것으로 나타났다. 특히, G-SEED 인증 업무시설의 에너지 절감효과는 7,000~9,000m² 미만 구간에서 전기에너지 80~83%, 3,000~5,000m² 미만 구간에서

서 가스에너지 75~81%로 상당한 에너지 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

건축물 규모로 봤을 때, 연면적 증가에 따라 가스에너지는 증가하는 반면에 전기에너지 소비량은 감소하는 것으로 나타난다. 건축물 규모에 따른 단위 면적당 에너지 소비량은 뚜렷한 상관관계를 보이지 않는다. 이러한 결과는 에너지 성능 기준이 연면적 3,000m² 이상의 대형 건물을 대상으로 시행되며[15], 에너지 소비량은 건축물에 채용되는 에너지 절감 기술에 의한 에너지 성능과 계절 특성 등이 더 많은 영향을 미치기 때문이다. Table 3과 같이 인증 건축물의 경우 규모에 따른 건축물의 분포가 10,000m² 이상 구간에 밀집해 있는 점을 고려하였을 때, 대형 건물에 대한 에너지 소비량의 추가적인 조사가 필요할 것으로 판단된다.

마찬가지로 건축물 층수에 따른 에너지 소비량 (Fig. 11)은 층수에는 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 다만, 비인증 업무시설의 경우 25층 이상에서 단위 면적당 에너지 소비량이 급격하게 증가하는 경향을 보이는 것이 주목할 만하다.

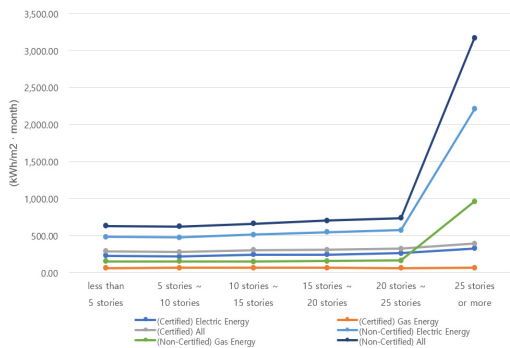


Fig. 11. Energy Consumption by the Number of Stories

비인증 업무시설의 에너지 소비량이 G-SEED 인증 업무시설에 비해 고층에서 급격하게 증가하는 이유에 대해서는 기후적인 요소에 의한 영향도 있겠지만, 대규모 업무시설의 경우 G-SEED 인증 건축물은 BEMS (Building Energy Management System) 적용에 따라 에너지 관리적인 측면에서 에너지 절감에 효과가 있었던 것으로 예상된다.

4.4 사용승인연도에 따른 에너지 소비량 특성

건축물의 사용 연수에 따른 에너지 소비량을 알아보기 위해 5년 단위로 사용승인연도에 따른 G-SEED 인증 업

무시설과 비인증 업무시설의 현황은 Table 5과 같다. 인증제도 시행 전에 해당하는 건축물(2000년도 이전)의 경우 증축 또는 그린 리모델링을 통해 G-SEED 인증을 받을 수 있다. 이에 따른 에너지 소비량 결과를 Fig. 12에 나타내었다.

Table 5. Valid Samples by the Year of Approval

Year \ Division	G-SEED Certified	Non-Certified	Total
less than 1990	5	59	64
1990 or more less than 1995	3	33	36
1995 or more less than 2000	4	22	26
2000 or more less than 2005	3	14	17
2005 or more less than 2010	7	12	19
2010 or more	113	2	115
Total	135	142	277

연간 단위면적당 에너지 소비량은 사용승인연도 기준 인증 업무시설은 1990년 이상~1995년 미만 구간, 비인증 업무시설은 2010년 이상 구간에서 가장 높은 것으로 나타났다. 가장 큰 차이를 나타내고 있는 2010년 이상 구간에서는 인증 업무시설을 비인증 업무시설에 비교하였을 때 55~58%의 에너지 절감률을 보이는 것으로 나타났다.

인증 업무시설의 경우 사용연수가 오래될수록 에너지 소비량이 높은 것으로 나타나며, 2010년 이상 구간에 가까워질수록 낮아지는 경향을 보인다. 비인증 업무시설의 경우 1995년 미만~2010년 미만 구간에서 일정한 에너지 소비량을 나타내며, 2010년 이상 구간에서 증가하는 경향을 보이는 것으로 나타났다.

연도별로 가스에너지 사용은 점차 감소하는 추세를 보여주고 있다. 이러한 이유는 가스의 가격 인상이 원인에 의한 것보다는 최근 들어 관리 차원에서 좀 더 편리하고 효율적인 목적을 위해 전기에너지 시스템에 의한 운영을 더욱 선호하는 경향[13]으로 판단된다.

건물의 에너지 성능 설계기준이 지속적으로 강화되고 있기 때문에, 일반적으로 건물의 사용승인연도에 따라 단위면적당 에너지사용량이 달라지는 것으로 알려져 있다 [15]. 하지만 Fig. 12의 단위면적당 에너지사용량과 사용승인연도에 대한 비교에서는 뚜렷한 상관관계를 보이지 않는다. 이러한 결과는 G-SEED 인증 건축물의 경우

2010년 이후 구간에 밀집해 있는 현상이 원인으로 판단된다. 후속연구에서는 사용승인연도를 2년 단위로 분류하여 단위 면적당 에너지 소비량 비교·분석이 필요할 것으로 판단된다.

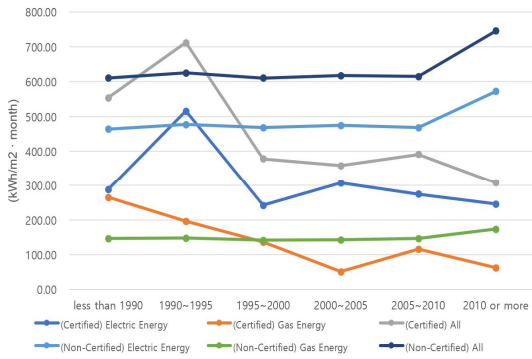


Fig. 12. Energy Consumption by the Year of Approval

4.5 인증등급에 따른 에너지 소비량

G-SEED 인증등급에 따른 에너지 소비량을 알아보기 위해 인증 업무시설을 인증등급(최우수, 우수, 우량, 일반)으로 구분하였다. 인증등급에 따른 연간 단위면적당 에너지 소비량은 Fig. 13과 같다.

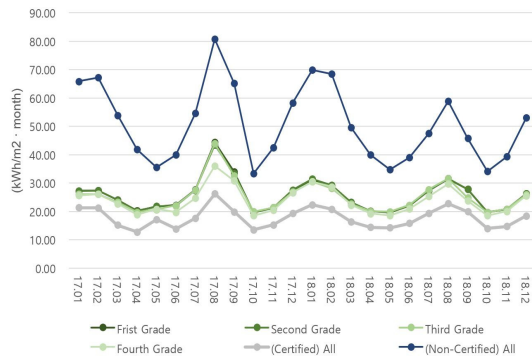


Fig. 13. Energy Consumption by the Certification Grade

인증등급에 따른 단위 면적당 에너지 소비량은 뚜렷한 상관관계를 보이지 않는다. 인증 업무시설과 비인증 업무시설의 에너지 소비량은 사용량에 있어 큰 차이를 보이지만 인증등급에 따른 에너지 소비량은 비슷한 사용량과 패턴을 나타내고 있다.

이러한 이유는 G-SEED 인증의 7개 분야 (토지이용 및 교통, 에너지 및 환경오염, 물순환관리, 재료 및 자원, 실내환경, 생태환경, 유지관리)에 대한 각각의 점수 합산

을 통해 인증등급이 정해지므로 인증등급이 높다고 해서 에너지 소비량이 절감된다는 것을 의미하지 않는 것으로 보인다. 인증등급과 에너지 소비량의 상관관계를 확인하기 위해서는 7개 항목 중 에너지 및 환경오염 항목에서의 세부 득점 현황에 대한 추가적인 조사와 분석이 필요할 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 G-SEED 인증 업무시설의 계절, 사용승인연도, 건축물 규모, 인증등급에 따른 에너지 소비량 특성에 관한 연구를 수행하였다. 이를 위해 G-SEED 인증 업무시설 135동과 비인증 업무시설 142동을 대상으로 건축물 및 에너지 소비량(전기, 가스) 데이터를 수집하여 이를 토대로 연구를 수행하였으며 다음과 같은 연구결과를 도출하였다.

1) G-SEED 인증 업무시설은 비인증 업무시설에 비해 연간 에너지 절감률은 50% 이상으로 상당한 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 또한, 에너지 절감효과는 1월과 8월에 가장 높았으며, 5월에 가장 낮은 것으로 보인다.

2) 냉·난방 도일에 따른 에너지 소비량에서 전기 및 가스에너지는 난방 도일과 높은 상관관계 있는 것으로 보인다. 냉방 도일에 따라서는 전기에너지가 높은 상관관계가 있는 반면, 가스에너지는 영향이 미미한 것으로 나타났다. 또한, 냉방기간 동안의 전기에너지 소비량은 인증 업무시설이 비인증 업무시설에 비해 62~65%의 에너지 절감효과를 보여주고 있다.

3) 건축물 규모에 따른 에너지 소비량은 뚜렷한 상관관계를 보이지 않았으나, 10,000m²~20,000m² 미만 구간에서 인증 업무시설이 비인증 업무시설에 비해 약 75%의 에너지 절감률을 나타냈다. 인증 업무시설은 9,000~10,000m² 미만, 비인증 업무시설은 1,000~2,000m² 미만 규모에서 에너지 소비량이 가장 높은 것으로 나타났다.

4) 사용승인연도에 따라서는 사용연수가 오래될수록 G-SEED 인증 업무시설의 전기 및 가스에너지가 상당히 감소하는 추세이나 비인증 업무시설은 오히려 증가하는 경향을 보여주었다. 인증 업무시설은 1990년 이상~1995년 미만 구간, 비인증 업무시설은 2010년 이상 구간에서 가장 높은 단위 면적당 에너지 소비량이 나타났다.

5) 마지막으로 G-SEED 인증 업무시설의 인증등급과

에너지 소비량의 상관관계는 미미한 것으로 나타났다. 이러한 이유는 본 연구에서 활용된 자료는 G-SEED 인증 등급, 건축물 정보, 에너지 소비량의 경우에는 공개된 자료이나, 개별 영역별 점수가 공개되지 않아 에너지 성능에 관한 판단을 내리기에는 한계가 있기 때문이다. 따라서 건축물의 에너지 성능 기준이 강화되는 추세를 고려한다면, 7가지의 항목별(토지이용 및 교통, 에너지 및 환경오염, 물순환관리, 재료 및 자원, 실내환경, 생태환경, 유지관리) 점수를 공개적인 자료로 전환하며, 분야별 최소 기준을 마련하는 방법을 도입할 필요가 있을 것이다. 또한, 에너지 성능 항목의 비중 조정을 통해 효과적인 개선책을 마련해야 할 것으로 판단된다.

본 연구는 이전에 고찰된 적이 없는 G-SEED 인증 건축물과 비인증 건축물을 대상으로 한 에너지 소비량 특성과 실효성을 파악하고, 에너지 소비량에 영향을 미치는 요인을 실증적으로 검토하였다는 점에서 의의가 있다. 이상의 분석 자료를 통하여 G-SEED 인증제도 개선 방향의 기초자료로 활용하며, 에너지 절약적 설계를 유도할 수 있도록 한다. 이를 통해 후속연구에서는 G-SEED 인증 업무시설의 인증등급과 에너지 소비량과의 상관관계를 파악할 수 있을 것으로 사료된다. 이러한 점에서 미국의 USGBC의 LEED 인증제도처럼 개별 평가점수를 일반에게 공개하는 것은 주목할 만하다[16].

References

- [1] Green Architecture Division, First Green Building Basic Plan, Basic Plan Report, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea, pp1-12.
- [2] Green Architecture Division, Enforcement Decree of the Green Building Creation Support Act, Statute Report, Ministry of Land Infrastructure and Transport, Korea, pp1-6.
- [3] Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Certification Overview [Internet], Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, c2012 [cited 2012 Jan.], Available From: <http://gseed.greentogo.kr/sys/gms/selectGreenMain.do> (accessed Aug. 20, 2019)
- [4] Ministry of Land Infrastructure and Transport, Information File Service [Internet], Ministry of Land Infrastructure and Transport, c2013 [cited 2013 Nov.], Available From: <http://open.eais.go.kr> (accessed Aug. 20, 2019)
- [5] D. M. Roodman & N. Lenssen, A Building revolution : How Ecology and Health Concerns Are Transforming Construction, 1st Ed. p.10-22, World Watch Institute Paper, 1995.
- [6] Green Architecture Division, Enforcement Decree of the Green Building Creation Support law, Statute Report, Ministry of Land Infrastructure and Transport, Korea, pp1-5.
- [7] Green Building Research Center, Green Building Certification Operation Rules, Statute Report, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Korea, pp1-5.
- [8] Green Architecture Division, Green Building Certification Criteria, Statute Report, Ministry of Land Infrastructure and Transport, Korea, pp1-4.
- [9] U.S Green Building Council, A LEED for Every Project [Internet], Leadership in Energy and Environmental Design, c1998, Available From: <https://new.usgbc.org/leed> (accessed Aug. 20, 2019)
- [10] S. T. Seong, K. D. Chang, I. Myung, S. H. Lee, "Impact of Energy Performance Sector on Assessing Green Building Certification", *Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, Vo18, No.3, pp.57-64, Jun. 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.12813/kieae.2018.18.3.057>
- [11] S. M. Jeon, *A study on energy consumption characteristics related to type of public building*, Master's thesis, Yonsei University of Architectural Engineering, Seoul, Korea, pp.22-27, 2017.
- [12] C. W. Kim, *A Study on the Analysis of Primary Energy Consumption of Various Types of Building*, Master's thesis, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, Korea, pp.5-7, 2016.
- [13] D. I. Kim, B. H. Lee, J. D. Yun, "Big Data Usage Consumption of building energy Analysis and Application", *The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea*, Vo46, No.10, pp.50-60, Oct. 2017.
- [14] Office of Energy and Resources, Energy Law Enforcement Rules, Statute Report, Ministry of Trade, Industry and Energy, Korea, pp1-4.
- [15] D. S. Choi, Y. J. Lee, M. J. Ko, "The Prediction and Valuation of Gas Consumption in building using Artificial Neural Networks Based on Clustering Method", *Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, Vo18, No.5, pp.69-74, Oct. 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.12813/kieae.2018.18.5.069>
- [16] U.S Green Building Council, Certification Scorecard of the Projects [Internet], Leadership in Energy and Environmental Design, c1998, Available From: <https://www.usgbc.org/projects> (accessed Aug. 20, 2019)

김 종 현(Jong-Hyun Kim)

[준(학생)회원]



- 2018년 2월 : 인천대학교 도시건축학부 건축학전공 졸업
- 2018년 3월 ~ 현재 : 인천대학교 일반대학원 건축학과 건축학석사 (M.Arch) 과정

<관심분야>

건축계획, 건축설계

김 진 호(Jin-Ho Kim)

[정회원]



- 2003년 2월 : 경북대학교 건축공학과 (공학사)
- 2005년 5월 : 일리노이주립대 건축학과 (건축학석사)
- 2005년 6월 ~ 2015년 7월 : 미국 레갯아키텍츠 건축사사무소 건축사
- 2015년 8월 ~ 현재 : 인천대학교 도시건축학부 부교수

<관심분야>

건축계획, 건축설계, 친환경 건축설계