토지주택연구
Land and Housing Review
pISSN: 2093-8829, eISSN: 2234-1765
Land and Housing Review 2025, 16(2):121-129 | https://doi.org/10.5804/LHR.2025.16.2.121

수평형 태양전지 일체형 창호 적용에 따른 업무시설의 에너지 성능 분석*

Energy Performance Analysis of Horizontal Solar Cell integrated Windows in Office Building

김아영** · 박보랑*** · 정용기**** · 문진우*****
A Young Kim** · Bo Rang Park*** · Yong Gi Jung**** · Jin Woo Moon*****

Abstract

Recently, window-integrated building-integrated photovoltaics (BIPV) have garnered increasing attention as a strategy for realizing zero energy buildings (ZEB). However, conventional window-integrated BIPV systems often employ dark-colored solar cells to enhance power generation efficiency, which in turn reduces solar heat gain and increases overall energy consumption. To address this issue, horizontal solar cell-integrated windows (HSC_W) have been developed. HSC_W is a novel window-integrated BIPV system in which solar cells are cut to specific dimensions and arranged horizontally within the window cavity. This study aims to analyze the building energy performance of HSC_W?balancing both visibility and electricity generation?and to evaluate its applicability as an exterior building material. Low-emissivity (low-e) glass was used as the baseline model, and simulations were conducted using DesignBuilder and EnergyPlus to assess heating/cooling loads, lighting energy demand, and power generation. The results showed that while total energy consumption increased by approximately 3.4% compared to the baseline model, the high power generation efficiency led to an annual energy surplus of 4,070 kWh. These findings suggest that HSC_W can make a meaningful contribution to achieving ZEB goals as an effective building envelope component. This study provides foundational data for enhancing HSC_W performance and expanding its practical application.

Keywords: Zero Energy Building, Building Integrated Photovoltaic, Building Energy Consumption, Power Generation, Surplus Energy

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 기후변화는 온실가스 배출 증가로 인하여 심화되고 있다(WMO, 2022). 건물부문이 전체 온실가스 배출의 약 38%를 차지하면서 '에너지 전환'의 중요성이 강조되고 있다(IEA, 2021). 이에 따라, 한국 정부는 건물부문의 온실가스 감축을 위해 2017

*이 논문은 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원(No. 20213091010020)과 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00217322).
**중앙대학교 건축학과 박사과정(주저자: dkdud8936@cau.ac.kr)
***중앙대학교 건축학과 연구전담교수
****중앙대학교 건축학과 박사과정
*****중앙대학교 건축학과 교수(교신저자: gilerbert73@cau.ac.kr)
Received: September 2, 2024 / Accepted: October 25, 2024

년부터 신축 건물을 대상으로 Zero Energy Building (ZEB) 인증제도를 도입하였으며, 2020년도부터는 공공건물에 대하여 의무화하고 있다. ZEB 인증은 에너지자립률에 따라 1~5등급을 부여하고 있으며, 이를 달성하기 위해서는 에너지소비량 절감뿐만 아니라, 신재생에너지 적용률을 높여 건물 내 전기공급의 탈탄소화가 필요하다(국토교통부, 2021a). 현재 적용 가능한 신재생에너지 기술 중 태양광 기술이 성능 및 경제성 측면에서 가장 각광받고 있다(박승준 외, 2021).

그러나, 일반적으로 모듈화되어 있는 Photovoltaic (PV)로는 건물 옥상에 설치할 수 있는 면적이 제한적이기 때문에 높은 등급의 ZEB 구현에 한계가 존재한다. 이를 해결하기 위해 Building Integrated Photovoltaic(BIPV)이 에너지자립률 향상을 위한 핵심기술로 주목받고 있다(Park et al., 2023). BIPV는 기존 건축물 옥상에 설치했던 PV 시스템을 건물 외장재로 대신함으로써 별도의 설치부지가 필요 없으며, 전력생산뿐만 아니라 경제적, 미적측면의 이중효과를 거둘 수 있다. 이러한 장점으로 옥상, 지붕, 입면, 창, 차양 등 다양하게 적용되고 있다. 특히, 업무시설 건물은 창면적비(Window-to-Wall Ratio, WWR)가 극대화된 커튼월 구조가 증가함에 따라 창호 부분에 반투명 BIPV를 적용할 경우 에너지 생산에 매우 유리하다(박보랑 외, 2022).

일반적인 PV 모듈은 발전효율을 최대화하기 위해 어두운 색상으로 제작된다. 이를 그대로 창호에 적용할 경우 일사획득 감소로 인하여 내부조도 감소, 조명 에너지사용 증가 등 건물의 에너지소비 증가를 유발하는 단점이 있다(권혁주 외, 2017).

이러한 단점을 보완하기 위하여 수평형 태양전지 일체형 창호(Horizontal Solar Cell integrated Window, HSC_W)가 개발되었다. HSC_W는 R&D 연구과제로 주관연구기관 및 참여기관의 협업으로 개발된 시스템이다. HSC_W의 구조는 유리 사이 중공층에 고효율 PV Module을 일정크기로 절단하여 수평으로 배치한 형태로 가시성과 발전량을 동시에 만족할 수 있는 신개념 창호형 BIPV이다. 현재 HSC_W의 소재 및 제작 관련 연구는 활발한 편이나, 건물 외장재로써의 에너지 성능 평가 및 검증에 관한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 가시성과 높은 발전효율을 동시에 만족하는 HSC_W 적용 시 에너지 성능 분석을 통해 건물 외장재로써의 적용가능성을 확인하는 것이다. 이를 위해 업무시설을 대상으로 HSC_W 적용 시 건물 냉·난방, 조명 에너지소비량 및 전력발전량을 컴퓨터 시뮬레이션을 활용하여 평가하였다. HSC_W의 적용가능성을 판단하기 위하여 기존에 일반적으로 적용되는 Low-e 창호를 비교군으로 설정하여 분석하였다. 또한, 열·광학적 성능에 따른 조명 에너지소비량에 미치는 영향을 반영하기 위하여 Dimming Control을 적용하여 에너지 성능 분석을 진행하였다.

본 연구의 결과는 신개념 창호형 BIPV인 HSC_W의 적용방안 및 에너지절감형 외장재로써의 가능성을 확인하는 것에 의미가 있다. 향후 ZEB 구현을 위한 에너지자립률 상향 기술 개발 및 적용에 대한 의사결정을 돕는 기초자료로써 활용성을 기대할 수 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 HSC_W 건물 외장재로써의 적용가능성을 확인하기 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 활용하여 냉·난방, 조명 에너지소비량과 HSC_W의 전력발전량을 통합하여 최종 에너지소비량을 분석하였다. HSC_W 적용 대상 건물은 대한민국 서울특별시에 위치한 업무시설로 설정하였다. 시뮬레이션 프로그램은 LEED와 ASHRAE 90.1 기준을 포함하고 있는 DesignBuilder(Ver. 7.0.2.003)와 EnergyPlus (Ver. 9.2.0)를 사용하였다. 3D Modelling이 용이한

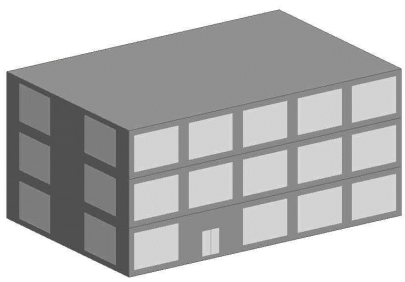
DesignBuilder를 활용하여 건물 모델링 및 에너지소비량 분석을 수행하였으며, HSC_W의 전력발전량 산출은 PV Module 별 정밀분석을 위하여 EnergyPlus 프로그램과 연동하여 시뮬레이션을 수행하였다.

2. 시뮬레이션 모델 구축

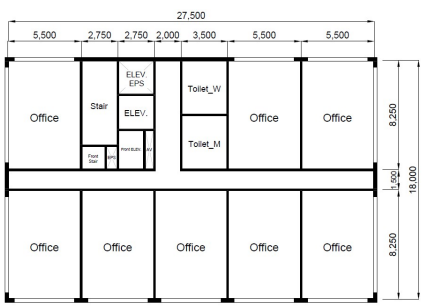
2.1 대상건물 모델링

컴퓨터 시뮬레이션 대상건물은 현재 ZEB 의무기준과 선행연구 및 통계자료를 바탕으로 Fig. 1과 같이 구성하였다(이경재·방재성, 2020; 한국에너지공단, 2022). 대상건물은 남향이며, 장단변비는 약 1.5:1이다. 한 층에 8개의 업무공간(8.25m× 5.50m)이 있으며, 가로 4.50m, 세로 3.06m 크기의 창이 설치되어 있다.

대상건물의 상세 물성값은 Table 1에서 확인할 수 있다. 재실 스케줄은 일반적인 업무시설 출·퇴근 시간인 오전 9시부터 오후 5시 평일 근무로 설정하였다. 외벽, 지붕, 바닥의 단열성능은 현재 중부 2지역 비주거용도의 법적 열관류율을 적용하였다(국토교통부, 2024). 시뮬레이션에 적용되는 Weather File은 International Weather for Energy Calculation



(a) Target Office Building



(b) Typical Floor Plan

Fig. 1. Simulation Model Image

Table 1. Simulation Model Information

Item		Values
Location		Korea, Seoul
Building Type		Office
Total Floor Area		1,485 m^2
Number of Floors		3F
Floor to Floor		5 m
Floors Heights		4 m
WWR		44%
Window Area		481.95 m^2
Lighting Power Density		Office: 400 W/ m^2
		Core: 200 W/ m^2
Occupancy Density		0.111 person/ m^2
Occupancy Hour		08:00 to 17:00 (Weekdays only)
Equipment Density		11.77 W/ m^2
Airtightness		1.5 ACH
U-value	Roof	0.150 W/m^2K
	External Walls	0.240 W/m^2K
	Ground Floors	0.290 W/m^2K
	Window	1.500 W/m^2K
Heating / Cooling System Type		Fan Coil Unit (4-Pipe)
Heating / Cooling Fuel		Electricity for grid
Heating / Cooling COP		4.0 / 4.2
Heating / Cooling Setpoint Temp.		20.0℃ / 26.0℃
Heating / Cooling Setback Temp.		15.5℃ / 29.4℃
Heating Period		January to April October to December
Cooling Period		May to September

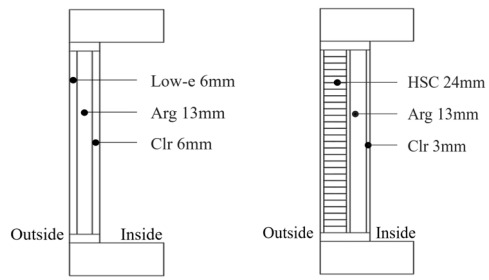
(IWEC)에서 제공하는 대한민국, 서울 지역의 TMY3 기상 파일을 사용하였다(ASHRAE, 2024). 냉난방 열원장치는 중소규모 업무시설에 많이 사용되는 Fan Coil Unit(4-Pipe)의 개별 EHP(Electric Heat Pump)를 적용하였으며, COP는 선행연구를 참고하여 에너지소비효율등급 1등급으로 적용하였다(김지혜 외, 2020). 실내조도는 업무시설 기준인 Office 400lux, Core 200lux로 설정하였다. 창호 유형에 따른 자연채광성능 분석을 위해 업무시설 작업 높이인 0.75m에 조도센서를 설치하여 실내 기준조도에 따라 조명출력 값을 조절할 수 있도록 Dimming Control을 실시하였다. 선행연구를 참고하여 DesignBuilder에 내제되어 있는 방식 중 가장 효과적인 Linear off 방식을 적용하였다(김남현 외, 2021).

2.2 창호유형 설정

HSC_W 적용을 통한 에너지 성능 평가를 위해 일반적으로 적용되고 있는 Low-e 창호를 Base model로 설정하였다. Low-e 창호는 현재 상용화된 제품 중 일반적으로 많이 사용되는 유형으로 설정하였다(KCC, 2024). HSC_W 시편의 열·광학적 성능 시험을 위해 한국건설생활환경시험연구원(Korea Conformity Laboratories, KCL)의 KS L 2514, KS L 2525, NFRC 300:2017 시험방법을 통해 Table 2와 같이 13가지의 각종 특성을 취득하였다. 창호의 물리적 특성은 KCL에서 취득한 값을 활용하여 국제 유리 데이터베이스(International Glazing Database, IGDB) 및 WINDOW6 프로그램이 반영된 DesignBuilder의 Glass data를 이용하여 SHGC, VLT, U-value 산출하였다(Table 3).

Table 2. Thermal and Optical Properties of HSC Specimens

Type	Values
Thickness [mm]	24.0
U-Value [W/m^{2}K]	3.83
Visible Transmittance [%]	90.0
Inside/Outside Visible Transmittance [%]	8.0/7.9
Solar Transmittance [%]	73.3
Inside/Outside Solar Reflectance [%]	7.1/7.0
Infrared Transmittance [%]	56.9
Inside/Outside Infrared Reflectance [%]	6.2/6.1
Solar Heat Gain Coefficient	0.80
Shading Coefficient	0.91
Emissivity [%]	0.84
Efficiency Value [%]	20.52



(a) Low-e (b) HSC_W

Fig. 2. Low-e and HSC_W Detailed Sections

HSC_W의 구조는 1개의 Module 안에 155mm×10mm 크기로 절단된 PV Cell 10개가 수평으로 배치되어 있는 형태이다(Fig. 2). 따라서 창면적보다 넓은

Table 3. Composition and Physical Properties of Windows

Window Type	Glazing Layer [No. Thickness]	U-Value [W/m^{2}K]	SHGC*	VLT** [%]	Eff*** [%]
Base	Low-e 6+Arg 13+Clr 6	1.493	0.568	74.5	-
HSC_W	HSC 24+Arg 13+Clr 3	1.542	0.732	81.4	20.52

Note: * Solar Heat Gain Coefficient, ** Visible Transmittance, and *** PV Generation Efficiency.

Table 4. Installation Area Details When Applying HSC_W

Orientation	Number of windows (EA)	Window Area (m^2)	PV Cell Area (m^2)
South	14	192.8	195.3
East	6	82.6	83.7
West	6	82.6	83.7
North	9	123.9	125.6

표면적에 PV Cell을 설치 가능한 이점이 있다. HSC_W의 Module 크기는 180mm×85mm이며, Module 1개당 PV Cell이 설치되는 면적은 0.0155m^2이다. 대상건물에 HSC_W 창호를 적용할 경우 방위별 설치되는 면적은 Table 4와 같다. HSC_W의 발전효율은 개발기관인 'K' 대학교에서 2023년 3월 15일 청천공 기준으로 10~17시 동안 옥외에서 측정한 실험값 중 피크효율 값을 활용하였다.

3. 대상건물 신뢰도 분석

3.1 표본 업무시설 선정 범위 및 방법

컴퓨터 시뮬레이션의 대상건물은 ASHRAE, 국내 건축물 에너지절약설계기준, 선행연구, 통계자료 등에 기반하여 설정된 모델이다. 본 연구에서는 대상건물의 신뢰도 검증을 하기 위해 준공시기, 건물용도, 연면적을 기준으로 시뮬레이션 대상건물과 유사한 건물의 실제 전기사용량과 비교하여 평가하였다.

실제 건물의 전기사용량 데이터는 국토교통부에서 운영하는 건축 HUB 포털(2024)을 참고하였다. 건축 HUB 포털은 지역, 준공년도, 건물 구조, 건물용도, 층수에 따른 필터링이 가능하며, 건축물의 상세정보, 주용도, 층별 현황, 월별 전기사용량을 제공한다.

표본 업무시설의 선정 기준은 서울시에 위치하며, 주용도가 업무시설이 아니더라도 실제로 사용되고 있는 건물 용도가 업무시설인 경우 포함하였다. 본 연구에서는 표본 업무시설 선정 시 통계적으로 의미가 있는 표본을 선정하기 위하여 연면적, 준공시기를 고려하였다. 연면적에 따라 열원방식 및 주요 설비 시스템 차이를 고려하여 중규모에 속하는 500~3,000m^2 범위로 설정하였다. 준공시기의 경우 단열설계 기준이 강화되는 시기를 고려하여 현재 단열성능 기준과 동일한 2017년 이후로 한정하였다. 실제 건물의 경우 구조, 재실인원, 창면적비, 방위 등 특성이 다양하기 때문에 평가지표로 EUI(Energy Use Intensity, kWh/m^2)를 사용하였다. EUI는 식 (1)과 같이 연간 에너지소비량을 바닥면적으로 나눈 값이다. 여기서, 연간 에너지소비량은 최종에너지로 계산하였다.

$$EUI = \frac{\text{Energy Consumption (kWh)}}{\text{Floor Area } (m^2)} \quad (1)$$

3.2 신뢰도 분석 결과

위에서 언급한 표본 업무시설 선정 조건에 부합하더라도 전력사용량이 큰 전산센터, PC방, 식당가는 표본건물 선정 시 제외하였다. 따라서 조건에 부합하는 표본 수는 총 61개로 도출되었다. 표본 업무시설의 EUI는 최소 34.3kWh/m^2·yr, 최대 127.4 kWh/m^2·yr이며, 평균 83.2kWh/m^2·yr, 중간 85.6 kWh/m^2·yr로 산출되었다.

대상건물의 연면적은 1,485m^2, 3개 층으로 구성되어 있으며, 에너지소비량 산출 시 Low-e 창호를 적용하였다. 그 결과, 74.7kWh/m^2·yr으로 표본 업무시설의 평균 EUI 보다 약 10.2% 낮은 수치로 나타났다. 표본모델과 시뮬레이션의 대상건물의 신뢰도 분석을 위해 Fig. 3과 같이 Box Plot으로 나타내었다. Box의 최상단은 25~75%에 속하는 전체 데이터를 나타내며, Box 내부에 있는 ×는 평균값을 의미한다.

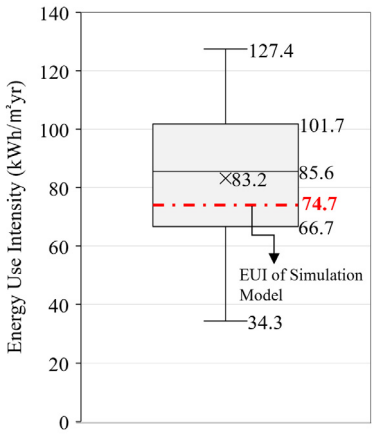


Fig. 3. Box Plot of Sample Office EUI

데이터 이상치 경계를 확인하기 위해 25%, 75% 지점에서 1.5 IQR(Inter Quartile Range)를 설정하였다. 그 결과 대상건물은 74.7kWh/m^2·yr로 표본 업무시설의 IQR 이내에 존재하는 것을 확인하였다. 이에 따라 본 연구의 시뮬레이션 모델은 타당한 것으로 판단된다. 오차에 대해서는 표본모델의 전기사용량은 실제 건물에서 사용되는 승강기 및 기저부하 등이 포함되어 대상건물 보다 높게 나타난 것으로 사료된다.

4. 컴퓨터 시뮬레이션 결과 분석

4.1 창호 유형별 건물 에너지소비량

Base model 및 HSC_W 적용에 따른 건물 에너지소비량과 전력발전량 분석을 실시하였다. 현재 ZEB 인증제도에서는 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 에너지를 평가하고 있다. 국토교통부(2021b), 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙의 [별표 1의 6]에 따르면, 업무시설 연면적 3,000m^2 미만으로 환기에너지는 제외하였다. 급탕 에너지의 경우 재실자의 건물 사용 스케줄에 따라 결정되기 때문에 창호 유형 변화와 관련 없이 동일하다. 따라서 난방, 냉방, 조명 에너지를 대상으로 분석하였다.

건물 총 에너지소비량은 Fig. 4, Table 5와 같이 HSC_W 적용 시 Base model 보다 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 총 건물 에너지소비량은 HSC_W 적용 시 42,109.8Wh로 Base model 대비 1,235.9kWh (3.4%) 증가하였다. 난방 및 조명 에너지의 경우 모든 기간에서 HSC_W 적용 시 Base model 대비 적은 에너지소비량을 소비하였다. 반대로 냉방 에너지의 경우 Base model 대비 더 많은 에너지를 소비하였다.

난방 에너지소비량은 Base, HSC_W 각각 11,923.7 kWh, 14,171.6kWh로 산출되어 Base model 대비 15.9% 감소하였다. 반면, 냉방 에너지소비량은 Base, HSC_W 각각 15,143.7kWh, 18,721.1kWh로 산출되어 Base model 대비 23.6% 증가하였다. 조명 에너지소비량은 가시광선 투과율(Visible Lighting Transmittance, VLT)의 영향으로 Base model 대비 HSC_W 적용 시 1.3% 적게 소비되는 것으로 나타났다. 이는 Base model 대비 높은 SHGC(28.9%), VLT (9.3%)로 HSC_W 적용 시 실내로 유입되는 일사량이 많기 때문이다. 일사획득은 외기 조건뿐만 아니라 창호의 SHGC, VLT에 많은 영향을 받는다.

이러한 이유로 Base model 대비 HSC_W 적용 시 난방 및 조명 에너지소비량은 감소하였으며, 냉방 에너지소비량은 증가하는 것을 확인하였다. 따라서

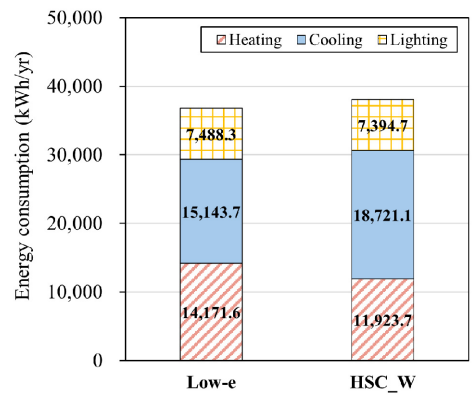


Fig. 4. Building Energy Consumption by Heating, Cooling and Lighting

업무시설과 같은 냉방부하가 높은 특징을 갖는 건물에 적용 시 일사 영향을 고려하여 여름철 냉방 에너지소비량 절감이 선행된 후 전력발전량을 반영할 수 있어야 할 것으로 사료된다.

4.2 HSC_W 전력발전량 및 순 에너지소비량

본 장에서는 HSC_W의 전력발전량이 반영된 순 에너지소비량을 분석하였다. 순 에너지소비량은 총 에너지소비량에서 신재생에너지를 통해 생산된 전기에너지 차이를 의미한다.

본 연구에서는 PV Module 별 상세 전력발전량 분석을 위해 EnergyPlus 프로그램을 사용하였다. 이는 PV 효율, 태양 복사량을 기반으로 계산되며, 패널의 온도 및 설치 각도, 기상 조건, 방향 등을 고려하여 전력발전량을 산출한다.

대상건물의 창은 모든 방위에 위치하며, 창 크기는 4.50m×3.06m로 모두 동일하나, 방위별 창 개수는 차이가 존재한다. 방위별 HSC_W 적용되는 상세면적 및 전력발전량은 Table 6과 같다. Module 1개당 발전량은 남향, 동향, 서향, 북향 순으로 나타났다. 북향의 경우 동·서향의 비해 넓은 창면적을 가짐에도 불구하고 단위면적당 전력발전량이 가장 적게 생산되는 것을 확인할 수 있다.

업무시설에 HSC_W 적용 시 큰 창면적비와 높은

Table 5. Building Energy Consumption by Window Type (Unit: kWh)

Month	Heating Energy Consumption		Cooling Energy Consumption		Lighting Energy Consumption	
	Low-e	HSC_W	Low-e	HSC_W	Low-e	HSC_W
Jan	4,635.8	4,038.4	0.0	0.0	843.4	835.0
Feb	2,916.1	2,439.7	0.0	0.0	622.3	612.0
Mar	1,126.9	847.7	0.0	0.0	495.3	490.6
Apr	532.4	377.9	0.0	0.0	561.7	551.8
May	0.0	0.0	966.0	1,478.3	556.1	550.2
Jun	0.0	0.0	2,577.6	3,297.1	455.1	453.3
Jul	0.0	0.0	4,102.5	4,876.4	562.4	555.5
Aug	0.0	0.0	5,288.5	6,046.9	554.3	544.4
Sep	0.0	0.0	2,209.1	3,022.5	517.1	509.9
Oct	28.6	18.7	0.0	0.0	728.5	718.5
Nov	955.7	769.4	0.0	0.0	745.3	735.3
Dec	3,976.1	3,431.8	0.0	0.0	846.7	838.2

Table 6. Detailed Information on Power Generation by Direction When HSC_W Is Applied

Orientation	Number of Windows (EA)	Window Area* (m^2)	Number of Modules (EA)	Power Generation per Module** (kWh/m^2)	Generation (kWh/yr)
South	14	192.8	12,600	1,865.2	26,113.3
East	6	82.6	5,400	1,151.1	6,906.4
West	6	82.6	5,400	1,049.8	6,298.5
North	9	123.9	8,100	310.2	2,791.6

Note: *4.50 m×3.06 m, **180 mm×85 mm

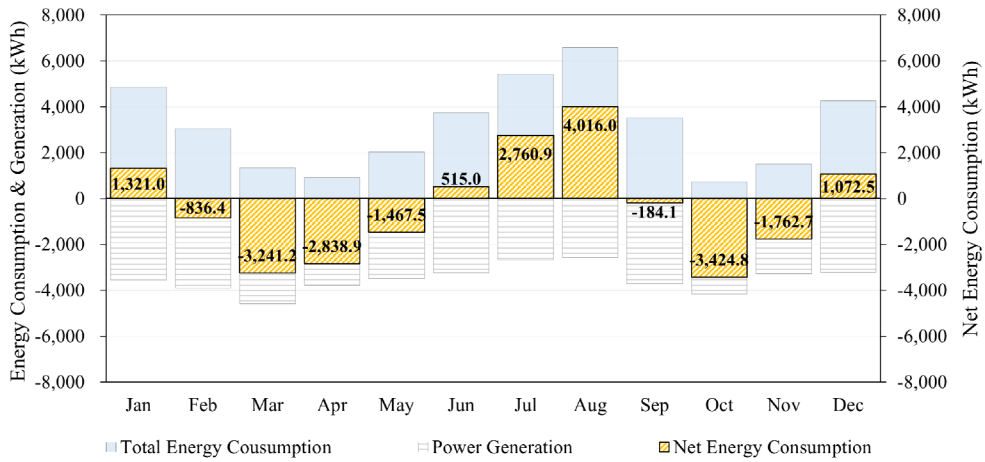


Fig. 5. Monthly Net Energy Consumption According to Power Generation When HSC_W Is Applied

발전효율로 연간 42,109.8kWh/yr의 전기를 생산함으로써 냉·난방 및 조명 에너지소비량을 모두 상쇄 가능하며, 연간 4,070.3kWh/yr의 잉여에너지가 발생한다.

Fig. 5는 HSC_W의 월별 에너지소비량과 전력발전량 그리고 순 에너지소비량을 반영한 것이다. 2~5월, 9~11월의 경우 전체 에너지소비량을 발전된 전력량 100% 상쇄 가능하며 최소 4.5%, 최대 84.1%의 잉여에너지가 발생한다. 잉여에너지는 요금상계제도(Net Metering)를 통하여 전력을 판매할 경우 수익을 예상할 수 있다. 반면, 6~8월, 12~1월의 경우 생산된 발전량에 에너지소비량이 평균 47.6% 높아 해당 기간은 ZEB 달성이 어려운 것으로 확인하였다. 하지만, HSC_W 적용함으로써 Base model 대비 111.1%의 에너지 저감이 가능하다.

5. 결 론

본 연구에서는 HSC_W의 건물 외장재로써의 적용 가능성을 확인하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 건물 에너지 성능 분석 및 전력발전량을 반영한 Net Energy Consumption을 산출하였다. 그 결과, HSC_W의 열·광학적 특성으로 인하여 업무시설에 HSC_W 적용 시 Base model 대비 냉방부하 증가로 인해 연간 총 에너지소비량은 약 3.4% 증가하였다. 9~11월의 경우 HSC_W의 높은 발전변환으로 인하여 추가 에너지소비 없이 자체 운영이 가능하며, 평균 48.3%의 잉여에너지가 생산되는 것을 확인하였다.

본 연구의 결과를 토대로 업무시설에 HSC_W 적용 시 Base Model 대비 에너지절약 및 ZEB 달성에 유리한 것을 확인하였다. 즉, 가시성과 발전량을 동시에 충족시킴으로써 건물 에너지 저감을 위한 핵심기술로 활용될 수 있다.

본 연구결과를 기반으로 Mock-up 실험을 진행 중에 있으며, 향후 건물 용도와 다양한 기후대, 창면적비 등 다양한 변수로 설정하여 후속연구를 수행할 예정이다.

참고문헌

1. 국토교통부(2021a), “2050년 탄소중립 달성을 위한 녹색건축 활성화 방안 발표”, 세종.
2. 국토교통부(2021b), “건축물의 설비기준 등에 관한 규칙”, “기계환기설비를 설치해야 하는 다중이용시설 및 각 시설의 필요 환기량” 제11조제4항.

3. 국토교통부(2024), “건축물의 에너지절약설계기준”, 국토교통부고시 제2024-1026호.
4. 권혁주·이금호·이광호(2017), “건물에너지 저감을 위한 향별 슬랫형 블라인드의 최적각도 제어 알고리즘 산출”, 「KIEAE Journal」, 17(3): 99~106.
5. 김남현·현지연·박보랑·최은지·문진우(2021), “조명제어방식에 따른 DSSC BIPV 창호 적용 건물 에너지 성능 분석”, 「한국생태환경건축학회 논문집」, 41(2): 119~124.
6. 김지혜·성제은·김혜기·박덕준·김선숙(2020), “건축물의 에너지절약설계기준 강화에 따른 업무용 건물의 에너지성능 개선효과”, 「한국건축친환경설비학회 논문집」, 14(1): 101~111.
7. 박보랑·최영재·김아영·문진우(2022), “기후대별 솔라사이니지 반투명 태양전지 창호 적용 사무용 건물의 에너지 성능분석”, 「KIEAE Journal」, 22(2): 33~46.
8. 박승준·전현우·이승준·오충현(2021), “제로에너지 건축물 확산을 위한 건물 일체형 태양광 적용방안 연구”, 「디지털융복합연구」, 19(9): 189~199.
9. 이경재·방재성(2020), 「숫자로 보는 공공건축」, 세종: 건축공간연구원.
10. 한국에너지공단(2022), “제로에너지건축물 인증 기술요소 참고서”, 서울.
11. Park, B. R., T. W. Kim, J. Y. Hyun, and J. W. Moon (2023), “Climate-Zone-Dependent Applicability of Semi-Transparent Cadmium-Telluride-Type Solar Cells as a Building Material with Display Characteristics”, *Energy & Buildings*, 287: 112977.
12. 건축 HUB 포털, “건축 HUB 건축서비스산업 정보체계”, 2024. 8. 6 읽음. https://www.hub.go.kr/portal/gis/bld/idx-bld-list.do
13. ASHRAE, “IWEC2 Weather Files for International Location”, Accessed July 15, 2024. https://www.ashrae.org/.
14. International Energy Agency (IEA) (2021), “Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector”, https://www.iea.org/.
15. KCC, “KCC Coated Glass”, Accessed August 20, 2024. https://www.kccglass.co.kr/eng/main.do/.
16. World Meteorological Organization (WMO) (2022), “A Multi-Organization High-Level Compilation of the Most Recent Science Related to Climate Change”, https://www.undrr.org/publication/united-science-2022-multi-organization-high-level-compilation-latest-climate-science

요 약

최근, 제로에너지건물 구현을 위해 창문 일체형 BIPV(Building Integrated Photovoltaics)가 주목받고 있다. 하지만, 기존의 창문 일체형 BIPV 시스템은 발전성능을 높이기 위해 어두운 색상을 적용하고 있다. 이로인해 일사획득 및 실내조도 감소로 에너지소비가 증가한다. 이를 해결하기 위해 수평형 태양전지 일체형 창문(Horizontal Solar Cell integrated Windows, HSC_W)이 개발되었다. HSC_W는 태양전지를 일정 크기로 절단하여 중공층에 수평으로 적용한 형태로 신개념 창호형 BIPV이다. 본 연구의 목적은 가시성과 발전량을 동시에 만족하는 HSC_W를 적용하여 건물 에너지 성능 분석을 통해 건물 외장재로써의 적용가능성을 확인하는 것이다. 본 연구에서는 Low-e 유리를 Base Model로 설정하고 DesignBuilder와 EnergyPlus 프로그램을 사용하여 건물 냉·난방에너지, 조명에너지, 발전량을 분석하였다. 그 결과, Base Model 대비 총 에너지소비량이 약 3.4% 증가한 것으로 나타났으나, 높은 발전효율로 연간 4,070kWh의 잉여전력량을 확인하였다. 이는 HSC_W가 건물 외장재로서 ZEB 달성에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구는 건물 외장재로써의 HSC_W의 성능을 개선하고 적용 범위를 확대하기 위한 기초자료로 활용될 수 있다.

주제어: 제로에너지건축물, 건물일체형태양광발전시스템, 건물에너지, 전력발전량, 잉여에너지