

# Mock-up 실험을 통한 반투명 태양전지 창호의 실내환경 및 발전성능 평가

## A Performance Evaluation of Semi-transparent Photovoltaic (PV) Window based on Dye-Sensitized Solar Cells (DSSCs) by Mock-up Test

○ 조 지 현\*      박 보 량\*\*      최 은 지\*\*      최 영 재\*\*      조 혜 운\*\*      문 진 우\*\*\*  
Ji Hyeon Cho    Bo Rang Park    Eun Ji Choi    Young Jae Choi    Hye Un Cho    Jin Woo Moon

### Abstract

In this study, the performance comparison of two types Photovoltaic (PV) and Low-e windows was conducted using a mock-up test results. In the case of indoor temperature, the PV window presented high thermal insulation performance. However the illuminance was under 400 lux which is the standard of general offices due to the low Visible Light Transmittance (VLT). For the energy output, both PV windows generated low as much as 0.35~0.37 Wh. Therefore, it is essential to improve thermal and optical performance. And the applicability of PV window should be ensured using investigations reflecting power generation amount compared to energy consumption.

키워드 : 반투명 태양전지 창호, 염료감응형 태양전지, Mock-up

Keywords : Semi-transparent PV window, DSSCs, Mock-up

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

건축물 에너지 소비량 절감을 위해 정부는 2030년까지 제로에너지빌딩 의무화 실시를 공표하며 건축물의 신재생에너지발전설비 도입을 적극 권장하고 있다. 2018년 기준 신재생에너지발전설비 보급량의 55%를 차지하는 태양전지는 건축 분야에서 건축물부착형 태양전지 등, 건축물 외장재로서 다양한 형태로 개발되고 있으며 이 중 가시광 투과성에 의한 차양 성능을 갖춘 반투명 태양전지 창호에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 그러나 반투명 태양전지 창호 관련 국내외 선행연구는 소자 개발을 주로 다루고 있으며 건축물 적용에 따른 열적·광학적 성능에 의한 실내환경 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 논문은 반투명 태양전지 창호의 Mock-up 실험을 통한 실내환경성능 및 발전량 분석을 통해 건축물 외장재로서의 반투명 태양전지 창호의 적용가능성을 파악하고자 하였다. 또한, 반투명 태양전지 창호의 적용성 확대 기반마련을 위한 기초자료로써 활용하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법

건축 외장재와 반투명 태양전지 창호 성능을 분석하고자 Mock-up을 구성하였으며, 2019년 11월 1일부터 당해 12월 31일까지 중간기, 동절기 각각 1개월간의 Mock-up 실내 온도, 조도 및 발전량 데이터를 수집하였으며 청천공 상태의 날짜(11월 2일, 12월 20일)를 선별하여 데이터 분석을 진행하였다.

## 2. Mock-up 구성

### 2.1 Mock-up 설정

Mock-up은 서울시 C대학교에 구축하였다. 주변 구조물에 의한 태양광 차단을 피하기 위해 바닥으로부터 1,000mm 높이의 단차를 두어 1,400mm(H)×1,000mm(W) ×1,000mm(D) 규모의 열관류율 0.47W/m<sup>2</sup>·K인 EPS 패널 직육면체 모듈을 구성하였다. Mock-up은 컬러별 반투명 태양전지 창호 2가지 유형과 성능 평가 시 대조군으로 로이 창호(Low-e) 1가지로 설정하였으며 각 창호는 940mm×600mm 크기로 제작되었다. 실내외 조도 및 온도 측정을 위해 모듈 내·외부에 일사량계, 온도 및 조도 센서를 설치하였으며 태양광에 의한 발전량 측정은 태양광 충전 컨트롤러인 MPPT IV Tester를 설치하였다. 창호 유형별 상세 물성치는 표 1과 같다. Low-e 창호를 기준모델로 설정하고 Red (PV-R)와 Yellow (PV-Y) 컬러 반투명 태양전지 창호의 성능을 비교 분석을 하였다.

표 1 창호유형별 물성치

창호명	구성	U-Value [W/m <sup>2</sup> ·K]	SHGC	VLT [%]	EFF [%]
PV-R	Clr3+Air12.55 + Red4.4 + Air12.55+Clr3	1.082	0.43	4.9	2.99
PV-Y	Clr3 + Air12.55 + Yellow4.4 + Air12.55 + Clr3	1.078	0.43	13	0.72
Low-e (Base case)	Clr6 + Air12 + Low-e6	1.54	0.49	59	-

## 3. 반투명 태양전지 창호 성능 분석

### 3.1 창호 유형별 실내 온도

대기온도에 따른 창호 유형별 실내온도 분석을 위해 청천공 상태의 날짜(11월 2일, 12월 20일)를 선정하여 평가를 실시하였다(그림 1). 세 가지 창호의 실내온도 차이는 아주 미비하게 나타났다. 중간기인 11월 2일의 경우 일간 평균 대기온도가(19.17°C) 세 가지 창호의 실내온도 보다 높다. 이에 따라 열관류율 성능이 낮아 열전달에 취약하며 Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)가 높은 Low-e 창호의 실내온도가 15.62°C로 두 가지 반투명 태양전지 창호유형 보다 높게 나타났다.

\* 중앙대학교 건축학과, 석사과정

\*\* 중앙대학교 건축학과

\*\*\* 중앙대학교 건축학과 교수, 건축학박사

(교신저자 : gilerbert73@cau.ac.kr)

이 논문은 2018년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단-미래선도기술개발사업 (No. NRF-2018M3C1B9088457) 과 2019년도 (No. NRF-2019R1A2C1084145)의 지원을 받아 수행된 연구임.

동절기인 12월의 경우 한 낮(오후 1시~오후 5시)의 평균 대기온도는 7.94°C로 실내온도 보다 낮게 나타났다. 이때 실내온도는 PV-Y가 10.70°C로 가장 높고 Low-e가 9.85°C로 가장 낮게 나타나 기준모델 보다 열관류율 성능이 우수한 반투명 태양전지 창호가 동절기 열손실 예방에 효과적인 것으로 확인 되었다.

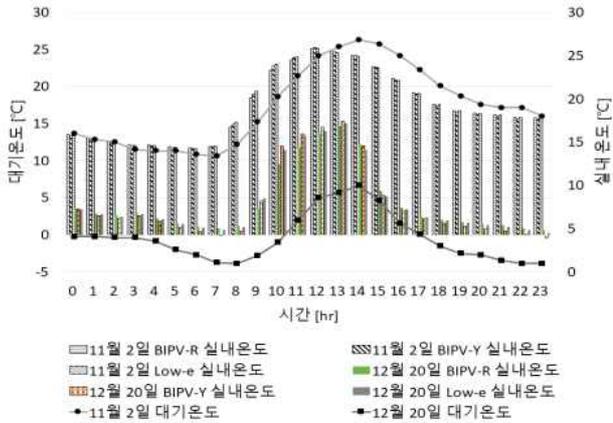


그림 1. 중간기와 동절기 일별 대기온도에 따른 창호별 실내온도

### 3.2 창호 유형별 실내 조도

11월 2일과 12월 20일 양일간의 일사량 차는 수평면 35 W/m<sup>2</sup>, 경사면 222 W/m<sup>2</sup>로 경사면 일사량의 차가 큰 것으로 나타났다. 실내조도 실험 결과 11월 2일 Low-e가 일 평균 363.74 lux로 가장 크게 나타났고 PV-Y 194.43 lux, PV-R 126.27 lux 순으로 나타났다. 12월 20일 역시 Low-e가 803.64 lux로 가장 높은 조도를 보였고 PV-Y 322.70 lux, PV-R 124.63 lux 순으로 나타났다(그림 2). 두 가지 반투명 태양전지 창호 모두 높은 일사유입률을 보이는 12월에도 KS A 3011 사무소 조도기준 400 lux에 크게 미치지 못하는 것으로 나타났다. 이는 반투명 태양전지 창호의 VLT (4.9%~13%) 가 기준모델(59%) 대비 현저히 낮음에 따른 현상으로 건축물 창호로서 VLT 개선이 필요한 것으로 사료 된다.

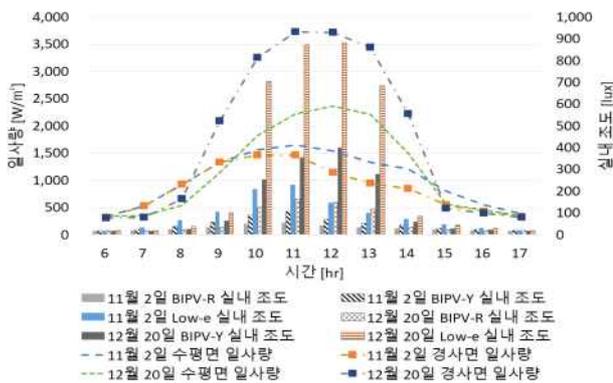


그림 2. 중간기와 동절기 일별 일사량에 따른 창호별 실내

### 3.3 반투명 태양전지 창호 전력 발전량

11월 2일과 12월 20일의 일조시간 동안 반투명 태양전지 창호의 시간별 평균 전력 발전량 결과는 그림

3과 같다. 12월 20일의 경사면 일사량이 11월 2일 대비 103% 증가함에 따라 PV-R과 PV-Y의 시간별 평균 발전량은 각 107%, 115% 증가하여 약 0.35Wh, 0.37Wh로 확인되었다. 두 가지 유형 태양전지의 발전효율이 현저히 낮아 생산된 전력량도 매우 적은 수치로 나타났다. PV-R의 발전효율이 PV-Y보다 2.27% 높으나, PV-Y의 발전량이 비교적 높게 나타난 것은 Mock-up 실험 중 PV-R 시편의 발전 성능이 외부기상 환경 및 제품의 손상 등으로 인해 최초 발전효율 보다 저하된 것으로 예상된다.

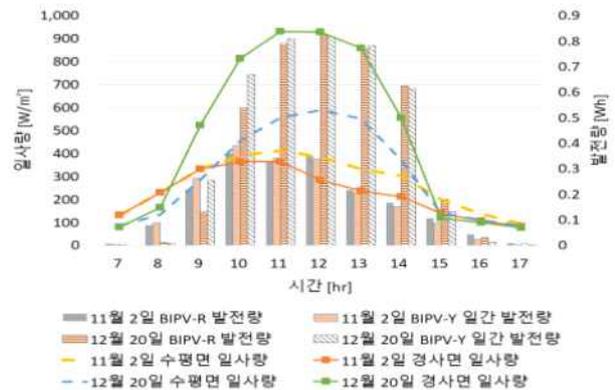


그림 3. 중간기와 동절기 일별 일사량에 따른 PV 창호별 발전량

## 4. 결 론

본 연구는 Mock-up 실험을 통해 건축물 외장재로 사용 가능한 반투명 태양전지 창호의 실내 열적·광학적 성능을 측정하였고 그 결과는 다음과 같다.

실내온도의 경우 PV-R과 PV-Y가 기준모델인 Low-e 창호 보다 열관류율 성능이 우수하여 중간기(11월)에는 낮고 동절기(12월)에는 더 높게 나타났다. 실내조도는 기준모델 대비 반투명 태양전지 창호의 VLT가 현저하게 낮아 일반 사무소 조도기준인 400 lux에 크게 미치지 못하는 것으로 분석되어 VLT 개선이 시급한 것으로 판단된다. PV의 발전효율에 따른 전력 발생량은 두 가지 창호 유형 모두 발전효율이 낮아 매우 적은 발전량(0.35~0.37 Wh)을 확인하였으며 효과적인 전력 생산을 위해서는 발전효율 개선이 불가피 하다. 이에 따라 건축물에 반투명 태양전지 창호 적용을 위해서는 열적·광학적 성능 개선을 위한 지속적인 연구가 필요할 뿐만 아니라 발전량과 냉난방 및 조명 등 에너지소비량의 통합 성능평가가 복합적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. 국토교통부, 제로에너지건축 의무화 로드맵, 2019.
2. 산업통상자원부, 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법, 2020.
3. 조윤택, 국내외 재생에너지 보급 현황 및 주요 이슈, POSRI 이슈리포트, 2019.
4. 윤천석, 윤하운, 윤정윤, 신재생에너지, 인피니티북스, 2019.