

저자 (Authors)	현지연, 박보량, 조지현, 조혜운, 문진우 Hyun, Ji-Yeon, Park, Bo-Rang, Cho, Ji-Hyeon, Cho, Hye-Un, Moon, Jin-Woo
출처 (Source)	<a href="#">대한건축학회 학술발표대회 논문집 41(1)</a> , 2021.4, 274-275 (2 pages)
발행처 (Publisher)	<a href="#">대한건축학회</a> ARCHITECTURAL INSTITUTE OF KOREA
URL	<a href="http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE10563694">http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE10563694</a>
APA Style	현지연, 박보량, 조지현, 조혜운, 문진우 (2021). 기후대별 사무소 건물 PCW 창호 적용에 따른 에너지 성능 분석. 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 41(1), 274-275.
이용정보 (Accessed)	중앙대학교 165.194.26.*** 2021/07/20 17:23 (KST)

---

### 저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독 계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

### Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

# 기후대별 사무소 건물 PCW 창호 적용에 따른 에너지 성능 분석

## Energy Performance Analysis According to the application of PCW in Office Buildings by Climate Zone

○현 지 연\*      박 보 랑\*\*      조 지 현\*      조 혜 운\*      문 진 우\*\*\*  
Hyun, Ji-Yeon      Park, Bo-Rang      Cho, Ji-Hyeon      Cho, Hye-Un      Moon, Jin-Woo

### Abstract

The purpose of this study is to analyze the building energy performance of the photochromic window (PCW) in various climatic zones. For this, computer simulations were used to compare the building cooling, heating, and lighting energy consumption of PCW with clear and Low-e windows in temperate, tropical, marine, and cold climates. The results presented that the PCW which have low VLT and U-Value generally consumed higher lighting energy and lower cooling and heating energy. Thus, the applicability of PCW as building exterior materials was confirmed. However, to utilize PCW as a more energy-efficient building exterior material, research for VLT improvement is continuously required.

키워드 : 광변색 창호, 스마트창호, 건물에너지

Keywords : PCW (Photochromic Window), Smart Window, Building Energy

### 1. 서론

#### 1.1 연구배경 및 목적

건물에서 창호는 타 구조체에 비해 낮은 단열성능으로 인해 에너지손실의 주요 원인이 되고 있다. 겨울철 창호를 통한 열손실로 난방에너지가 증가하고 여름철에는 과도한 일사 투입으로 인해 냉방에너지가 증가할 수 있다. 이러한 창호의 취약점 극복을 위해 최근에 고단열, 고기밀성 창호의 개발과 더불어 일사유입을 조절할 수 있는 다양한 스마트창호의 연구가 활발해지고 있다[1].

스마트창호는 빛, 열, 전력에 반응하여 유리의 투과성능이 변하는 기능을 가진 창을 말한다. 스마트창호의 종류는 외부조건에 따라 능동적으로 변화하는 패시브 창호와 전압에 의해 조절되는 액티브 창호로 나뉜다. 패시브 창호 중 외부 일사량에 의해 투과율이 변화하는 광변색 창호(Photochromic window)는 설치 면적과 관계없이 일정한 변색속도를 가지며 저렴한 단가, 단순한 구조의 장점이 있다. PCW 창호 관련 선행연구로는 건축재료, 소자와 변색 물질에 관한 연구가 주로 이루어지고 있으며 건물 외피에 적용하여 건물에너지 성능을 분석한 연구는 현저히 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 PCW 창호의 건물 외장재로서의 성능을 확인하기 위해 다양한 기후대별 업무시설에 적용하여 연간 건물 에너지사용량을 비교·분석하였다.

### 2. 입력모델 설정

#### 2.1 대표기후 선정

PCW 창호는 외부 일사 조건의 영향을 받아 나타나는 성능이 달라지므로 기후조건 고려가 중요하다. 대한민국 서울과 미국 공조냉동공학회(ASHRAE, The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)와 International Energy Conservation Code (IECC)의 기준에 의해 각 기후대를 대표하는 지역을 선정하였다. 온난기후로 Seoul, Republic of Korea, 열대기후 Miami, Florida, U.S.A, 해양성기후 San Francisco, California, U.S.A, 냉대기후 Ann Arbor, Michigan, U.S.A로 총 4가지 기후대를 설정하였다[2].

#### 2.2 대상건물 모델링

본 연구에서는 DesignBuilder (Version6.1.6.011)를 사용하여 PCW 창호의 성능을 분석하였다. 대상 건물은 4층으로 층고는 3.5m, 연면적 640㎡로 일반 업무시설이다[3]. 기후대별 기준에 적합한 건물의 단열기준과 냉난방 조건을 설정하였다. Seoul은 건축물에너지절약 설계기준을 반영하였으며 그 외 미국지역은 ASHRAE 90.1의 기준을 적용하였다. 건물 냉난방 시스템은 일반적으로 사용되는 Fan Coil Unit (4-Pipe)을 적용하였고 COP 값은 냉방일 때 5.96, 난방일 때 0.85로 설정하였다. 시스템 냉난방 온도와 기간은 기후조건을 고려하여 설정하였다. 지역별 기후조건은

\* 중앙대 대학원 석사과정

\*\* 중앙대 대학원 전임연구원, 공학박사


\*\*\* 중앙대 건축학부 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Chung-Ang University, gilerbert73@cau.ac.kr)

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단-미래선도기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임. No. NRF-2018M3C1B9088457

National Renewable Energy Laboratory's (NREL)에서 제공하는 TMY2 dataset을 사용하였다. 시뮬레이션 상세 정보는 표1과 같다.

표1. 시뮬레이션 모델 정보

Contents		Information	
Modeling Image			
	Exterior window	Size	5.6m x 2m (8AE)
Occupied load	WWR	40%	
	Lighting	Office-10.2 W/m <sup>2</sup> , Core-2 W/m <sup>2</sup>	
	People	0.161 person/m <sup>2</sup>	
	Office equipment	11.8 W/m <sup>2</sup>	
Dimming Control		Office-400 Lux, Core-200 Lux	
Detail parameters by Climate zone			
Seoul	Construction (U-Value)	External walls/Roof/Floors	0.240/0.150/0.290 W/m <sup>2</sup> K
	System	Heating/Cooling setpoint Temperature	20°C/26°C
		Schedule	Heating period
Miami	Construction (U-Value)	External walls/Roof/Floors	0.124/0.063/0.322 W/m <sup>2</sup> K
		System	Heating/Cooling setpoint Temperature
	Schedule	Heating period	-
San Francisco	Construction (U-Value)	External walls/Roof/Floors	0.084/0.048/0.107 W/m <sup>2</sup> K
		System	Heating/Cooling setpoint Temperature
	Schedule	Heating period	Jan 01-Feb 28, Dec 01-Dec 31
Ann Arbor	Construction (U-Value)	External walls/Roof/Floors	0.550/0.048/0.074 W/m <sup>2</sup> K
		System	Heating/Cooling setpoint Temperature
	Schedule	Heating period	Jan 01-Apr 30, Oct 01-Dec 31
		Cooling period	May 01-Sep 30

### 2.3 창호 유형 및 변색 스케줄

본 연구에 적용된 3가지 창호의 유형은 표2와 같다. PCW의 성능평가를 위해 Clear Window (CW), Low-e Window (LW)를 비교군으로 설정하였고 CW를 기준모델로 설정하였다. 3가지 창호의 특성은 DesignBuilder의 Glass data를 이용하였다. PCW는 일사에 따른 변색 유무에 따라 PCC (Photochromic-colored) 와 PCB (Photochromic-Bleached)로 구분하였으며 계절별 일사유입시간을 고려하여 동절기, 중간기, 하절기로 구분하여 설정하였다.

표2. 창호의 특성 및 변색 스케줄

Type	Glazing Layer	W/m <sup>2</sup> K	SHGC	VLT (%)
CW	Clear5+Ar12+Clear5	2.531	0.71	78.4
LW	Low-e5+Ar12+Clear5	1.832	0.61	76.7
PCW	PCC(Colored 5)+Ar12+ Clear5	1.487	0.23	26.6
	PCB(Bleached 5)+Ar12+Clear5		0.69	62.2
Window discolor operation (PCC)	Month		Time	
	January-February, November-December		09:00~17:00 (8hr)	
	March-May, October		08:00~18:00 (10hr)	
	June-September		07:00~19:00 (12hr)	

### 3. 시뮬레이션 결과 분석

기후대별 PCW 창호 적용에 따른 냉난방, 조명에너지 분석을 실시하였다. Seoul의 전체 에너지소비량은 기준모델인 CW가 27,006.99kWh 사용되었으며 LW는 25,947.95kWh로

기준모델 대비 1,059.03kWh (3.92%) 적게 사용되었다. PCW는 31,582.23kWh로 기준모델 대비 4,575.24kWh (16.94%) 증가하였다. Miami의 전체 에너지소비량은 LW가 39,939.45kWh로 가장 적고 다음으로 CW는 41,215.58kWh, PCW는 45,700.47kWh로 높게 사용되었다. San Francisco의 전체 에너지소비량은 CW가 19,018.99kWh이며, PCW는 23,043.33kWh로 기준모델 대비 4,024.34kWh (21.16%) 더 사용되었고 LW는 18,780.64kWh로 가장 적게 사용되었다. Ann Arbor의 전체 에너지소비량은 LW가 26,391.86kWh로 가장 적고 CW는 29,333.17kWh, PCW는 기준모델보다 2,856.35kWh (9.74%) 증가한 32,189.52kWh가 사용되었다.

PCW의 U-Value 특성으로 창호를 통한 열손실이 적어 겨울철 난방에너지를 줄일 수 있고 변색 시 적용되는 PCC의 SHGC 특성으로 일사투과를 줄여 실내 온도가 유지되기 때문에 냉방 에너지소비량이 감소하는 것으로 사료 된다. 그러나 PCW의 VLT값이 기준모델보다 현저히 낮아 실내 자연광 유입이 차단되어 실내 조도 기준을 맞추기 위해 인공조명 사용량이 증가한 것으로 보인다. 이에 따라, PCW의 조명 에너지사용량이 기준모델 대비 대폭 증가하여 냉난방 에너지소비량 절감에도 불구하고 전체 에너지소비량이 높은 것으로 나타났다.

표3. 지역별 건물 에너지소비량

Type		Heating	Cooling	Lighting	Total
Seoul	PCW	4,644.60	10,793.19	16,144.44	31,582.23
	LW	4,617.56	11,395.28	9,935.11	25,947.95
	CW	5,515.86	11,729.40	9,761.73	27,006.99
Miami	PCW	0.00	34,158.56	11,541.91	45,700.47
	LW	0.00	33,168.36	6,771.09	39,939.45
San Francisco	PCW	0.00	34,520.68	6,694.90	41,215.58
	LW	1.86	10,351.78	12,689.69	23,043.33
Ann Arbor	PCW	0.50	10,962.40	7,817.74	18,780.64
	LW	4.02	11,278.63	7,736.34	19,018.99
	CW	8,415.39	8,062.59	15,711.55	32,189.53
Ann Arbor	LW	9,284.09	8,109.50	8,998.27	26,391.86
	CW	11,649.89	8,579.05	9,104.24	29,333.18

### 4. 결론

본 연구에서는 건물 외장재로서의 PCW 창호의 성능을 확인하기 위해 다양한 기후대를 선정하여 난방, 냉방, 조명 에너지소비량 분석을 시행하였다. PCW 창호 적용 시 비교군보다 냉난방 에너지 소비 측면에서는 효과적인 것으로 확인되었지만 조명에너지 소비 측면에서는 VLT 개선이 필요한 것으로 확인되었다.

추후 연구에서는 기후대별 실제 일사에 따른 변색 스케줄을 적용하여 VLT 성능이 개선된 PCW 창호 개발과 다양한 건축 용도를 대상으로 건물에너지 성능에 관한 후속 연구가 필요할 것으로 사료 된다.

### 참고문헌

- 황우진, 남중우, 원종서 (2015). 일반건축 냉난방에너지 최적화를 위한 외피기술개발. *DAELIM TECHNICAL REVIEW*, 114-121.
- 현지연 외 5명 (2020). 사무소 건물 적용 PCW 창호의 기후대별 에너지 성능 분석. *KIEAE Journal*, 20(6), 119-124.
- 박보량 외 3인 (2020). 사무소 건물 적용 DSSC BIPV 창호의 환경 및 에너지성능 분석. *KIEAE Journal*, 20(1), 121-128.