

반투명 BIPV 창호 적용에 따른 전기요금 절감 가능성 분석

Electricity Cost Reduction Potential of Semi-Transparent BIPW Windows

○ 박 보 랑* 김 아 영** 현 지 연** 문 진 우**
Park, Bo-Rang* Kim, A-Young** Hyun, Ji-Yeon** JIN WOO MOON***

Abstract

This study conducted a simulation-based analysis to evaluate the energy performance and electricity cost reduction effects of applying semi-transparent BIPV windows to an elementary school building. The results showed that heating energy decreased by 11.65% and lighting energy by 3.83%, resulting in a 1.66% reduction in total energy consumption. The system generated 60,575.8 kWh annually, offsetting the building's 47,114.8 kWh energy use and producing 13,460.99 kWh of surplus electricity. Applying Net Metering yielded an estimated annual electricity cost reduction of about 1.44 million KRW. Therefore, semi-transparent BIPV windows are evaluated as an effective technology contributing to both zero-energy building realization and economic efficiency.

키워드 : BIPV 창호, 전기요금, 신재생에너지, 건물에너지

Keywords : BIPV Window, Electricity Cost, Renewable Energy, Building Energy

1. 서 론

1.1 연구의 목적

한국은 2030년까지 공공 및 민간건축물의 제로에너지건축물 (Zero Energy Building)화를 목표로 하고 있다. 이를 위해 신재생 에너지 기술의 대표적인 태양광발전시스템을 활용한 BIPV 창호가 건물일체형 전력 생산 방식으로 주목받고 있다. 특히, 반투명 BIPV 창호는 채광과 조망을 유지하면서 전력 생산이 가능하여 건물의 에너지자립률 향상뿐 아니라 잉여전력을 통한 전기요금 절감 효과까지 기대할 수 있다.

따라서, 본 연구의 목적은 반투명 BIPV 창호를 적용한 건물의 전기요금 절감 가능성을 분석하고, 에너지 프로슈머 개념을 기반으로 경제적 효과를 평가하는 것이다.

1.2 연구의 방법

본 연구에서는 단결정 실리콘 태양전지를 소규모로 절단하여 수평으로 배열한 이중창 구조의 반투명 BIPV 창호를 개발하였다. 이를 교육시설 건물에 적용하여 에너지소비량과 전력 생산량을 컴퓨터 시뮬레이션(DesignBuilder v.7.0.2.003)을 기반으로 분석하였다. 생산된 전력을 건물 에너지소비량에 반영하고, 남은 잉여 전력은 판매 가능한 수익으로 전환하여 전기요금 절감 효과와 경제성을 검토하였다.

2. 시뮬레이션 모델 설정

2.1 대상건물

대상 건물은 선행연구[1]를 기반으로 설정한 서울지역의 표준 규모 초등학교로, 연면적 5,513m², 5층 규모의 남향 중북도형이다. 공간은 공조(일반교실, 특별교실, 교무실)와 비공조(계단실 및 코어)로 구분하였다. 창면적비는 27.6%이며, 일사 조건을

고려하여 반투명 BIPV 창호를 남, 동, 서측에 적용, 북측은 Low-e 창호를 적용하였다. 상세정보는 표 1과 같다.

표 1. 대상건물 상세

Item	Parameter	Value
Building information	Total floor area	5,512.5 m ² (1,102.5 m ² for each floor)
	Number of floors	5
	Floor to floor	4.6 m
	Floor to ceiling	3.6 m
	Window wall ratio	27.6 %
Construction (U-value)	Exterior wall	0.15 W/m ² K
	Roof	0.24 W/m ² K
	Ground floor	0.29 W/m ² K
	Window	Low-e 1.54 W/m ² K
		BIPV 1.50 W/m ² K
Occupied load	Lighting	Conditioned area 10 W/m ²
		Unconditioned area 4 W/m ²
	People	Classroom 0.37m ² /person
		Special classroom 0.37m ² /person
		Teacher's office 0.53 m ² /person
	Office equipment	Classroom 2 W/m ²
		Special classroom 2 W/m ²
		Teacher's office 12 W/m ²
		EPS 10 W/m ²
		Electrical room 50 W/m ²
Heating/ Cooling system	Fan coil unit	4 pipes
	Fuel	Electricity for grid
	COP	Heating 4.0 / Cooling 4.2
	Set-point temperature	Heating 20℃ / Cooling 26℃
	Set-back temperature	Heating 15.5℃ / Cooling 29.4℃

* 중앙대학교 연구전담교수, 건축학박사

** 중앙대학교 대학원 박사과정

*** 중앙대학교 건축공학과 교수, 공학박사

(교신저자 : gilerbert73@cau.ac.kr)

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.RS-2023-00217322 and 2023-00237932)

2.2 반투명 BIPV 창호

반투명 BIPV 창호 적용에 의한 전력 생산량 및 경제성 분석을 위해 Low-e창호를 기준모델로 설정하였다. 반투명 BIPV 창

호는 단결정 실리콘 태양전지를 수평 배열한 PV 삽입 단판유리를 포함한 이중창 구조로 기존 창호형 BIPV보다 높은 발전효율(Eff)과 가시광선투과율(VLT)을 가진다. 상세 물성치는 표 2와 같다.

표 2. 대상건물 상세

Type	Layer (mm)	U-value (W/m ² K)	SHGC	VLT (%)	Eff (%)
Low-e	Clr6 + Air12 + Clr6	1.54	0.57	74.5	-
BIPV	PV Glazing24 + Arg13 + Cle3	1.50	0.73	81.4	20.5

3. 결과 분석

3.1 건물 에너지소비량 및 전력 생산량

건물 에너지소비량은 난방, 냉방, 조명으로 평가하였다. 반투명 BIPV 창호 적용 건물에 한해 PV에 의한 전력 생산량을 반영한 순에너지 소비량을 추가로 그림 1과 같이 확인하였다. 총 에너지소비량은 반투명 BIPV 창호가 47,114.8kWh/yr로 기존 모델(Low-e)대비 1.66% 적었다. 반투명 BIPV 창호는 난방에너지 소비가 기존 창호보다 11.65% 낮아, 우수한 단열성능에 따른 열손실 저감 효과를 보였다. 반면 냉방에너지는 21.39% 증가했으며, 이는 높은 SHGC와 조명 발열 영향으로 인한 과냉방 현상 때문이다. 조명에너지는 반투명 BIPV창호가 기존모델 보다 3.83% 낮아, 더 높은 가시광선투과율로 인해 자연채광 활용이 증가한 결과로 분석된다.

반투명 BIPV 창호 적용 건물과 Low-e 창호 적용 건물의 에너지소비량은 비슷한 수준이지만 반투명 BIPV 창호의 적용으로 전력 생산량이 -60,575.8kWh/yr로 나타나 전체적으로 128.1%의 에너지 절감효과를 보였다.

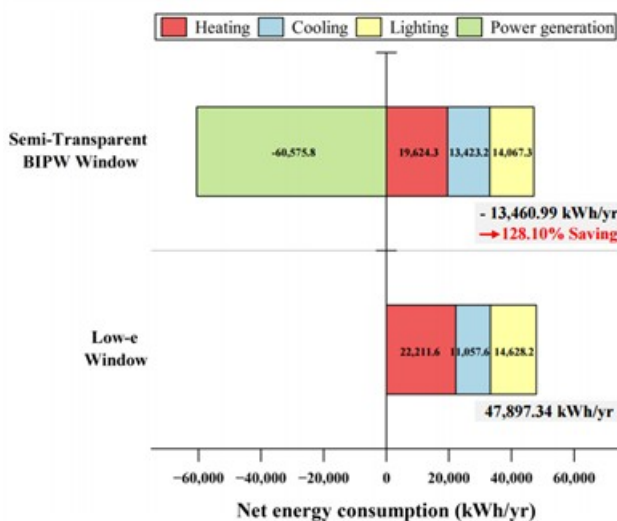


그림 1. 창호 유형별 연간 총 에너지소비량 및 전력 생산량

생산된 전력 중 건물에서 자가소비 후 남은 잉여 전력을 대상으로 한국전력공사의 요금상계거래에 적용했을 때 예상 전기요금 절감효과를 표 3과 식 1과 같이 분석하였다. 반투명 BIPV

창호 적용 건물의 연간 총 에너지소비량은 47,114.8 kWh이며, 생산된 전력 60,575.8 kWh 중 13,460.99 kWh의 잉여 전력이 발생하였다. 이 잉여 전력은 요금상계거래를 통해 차감되며, 계절별 가중평균 전력요금과 요금 절감식을 적용한 결과, 연간 약 144만 원의 전기요금 절감 효과가 산정되었다. 또한, 계약전력 감소에 따른 기본요금 절감이 추가적으로 기대된다.

표 3. 월별 에너지소비량 기반 전기요금

Season	Energy Consumption [kWh]	Consumption Rate (%)	Electricity Rate [KRW/kWh]	Weighted Average Electricity Rate [KRW/kWh]
Winter	16,018.18	34.0	114.5	38.93
Spring & Fall	17,984.25	38.2	94.4	36.03
Summer	12,112.32	25.8	116.2	29.87
Total	47,114.80	100		107.26

Electricity bill savings (KRW/yr) =

Surplus power × Total Weighted Average Electricity Rate
식 (1)

= 13,460.99 × 107.26

= 1,443,888 KRW/yr (VAT included)

4. 결 론

본 연구에서는 반투명 BIPV 창호(HLSCiW)를 초등학교 건물에 적용하여 에너지성능과 전기요금 절감 효과를 분석하였다. 그 결과, 난방에너지 소비가 11.65% 감소하고, 조명에너지는 3.83% 절감되어 건물의 총 에너지소비량이 기존모델보다 1.66% 낮게 나타났다. 또한 연간 60,575.8 kWh의 전력 생산으로 건물 에너지소비를 모두 충당하고 13,460.99 kWh의 잉여 전력이 발생하였으며, 이를 요금상계거래(Net Metering)에 적용할 경우 약 144만 원의 전기요금 절감이 가능하였다. 따라서 반투명 BIPV 창호는 제로에너지건축물 구현과 경제성 향상에 기여할 수 있는 효과적인 기술 대안으로 판단된다.

참고문헌

1. 황동곤, 비주거용 건물 유형별 표준모델과 단위부하 개선에 관한 연구, 서울시립대학교, 박사학위논문, 2019.