

## 외관 형태 보존을 고려한 근현대 건물의 신재생에너지 접목

### An application of renewable energy considering building exterior preservation of historic building

○ 동 현 석\* 이 주 상\*\* 김 태 연\*\*\*  
Dong, Hyunseok Lee, Joosang Kim, Taeyeon

#### Abstract

Historic buildings that are currently in use need to incorporate renewable energy solutions that consider both energy performance and conservation. This study aims to investigate renewable energy technologies with a focus on energy efficiency and the preservation of historic buildings. For the preservation of these buildings, a geothermal heat pump system and Fenestration Integrated Photovoltaic (FIPV) are proposed in this study. The use of a geothermal heat pump can lead to a decrease in energy consumption by 10,761kWh/year, while FIPV can contribute to a reduction of 383kWh/year. Considering both energy performance and conservation aspects, the geothermal heat pump emerges as a viable option for implementing sustainable energy solutions in historic building.

키워드 : 근현대 건물, 신재생에너지, 태양광, 건물 일체형 태양광, 보존, 지열 히트펌프

Keywords : Historic building, Renewable energy, Photovoltaic, Building Integrated PhotoVoltaic, Preservation, Geothermal Heat Pump

#### 1. 서론

전세계적인 탄소중립 정책으로 건축 분야에서는 건물 에너지 소비를 최소화하고 에너지 생산을 하는 제로에너지 건물화에 관한 연구가 활발하다. 건물의 패시브/액티브적 요소의 에너지 효율화를 통해 에너지 소비를 감소시키고 신재생에너지를 통해 에너지 생산할 필요가 있다. 이러한 의미에서 역사적 가치가 있는 근현대 건물도 제로에너지 건물화를 위한 신재생에너지의 설치가 필요하다. 보존이 필요한 근현대 건물은 에너지 성능과 함께 외관 형태를 보존하면서 신재생에너지를 도입해야 한다.

본 연구에서는 근현대 건물의 외관 변형을 최소화하면서 신재생에너지를 사용할 수 있는 방법을 모색하고, 이를 바탕으로 에너지 성능을 비교 분석하였다.

#### 2. 연구 방법

##### 2.1 대상건물 선정

본 연구에서 선정한 근현대 건물은 사적 제275호인 Y 대학교 내 근현대 건물이다. 건물 연면적은 1,365㎡이며,

\* 연세대 대학원 석사과정

\*\* 연세대 대학원 박사과정

\*\*\* 연세대 건축공학과 교수, 공학박사(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Yonsei University, tkim@yonsei.ac.kr)

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00144050)

지하 1층과 지상 3층 구조로 현재 사무실로 활용되고 있다. 건물 외벽은 운모편암으로 만들어진 석조구조이고, 최상층인 지붕은 목조 구조이다. 현재 사용중인 냉난방설비는 공기열원 히트펌프(Air-Source Heat Pump, ASHP)이다.

##### 2.2 근현대 건물에 적용 가능한 신재생에너지 선정

본 연구에서는 건물의 외관을 변형시키지 않는 지열 히트펌프 시스템과 BIPV(Building Integrated PhotoVoltaic)를 근현대 건물에 적용 가능한 신재생에너지로 선정하였다. BIPV 모듈은 근현대 건물의 외관 형태 보존을 고려하여 창문형 BIPV 모듈을 적용하였다.

##### 2.3 에너지 시뮬레이션 조건

선정된 건물에 신재생에너지를 사용했을 경우의 에너지 분석을 위해 EnergyPlus 기반 DesignBuilder 프로그램을 사용하였다. 건물의 상세사항은 문화재청에서 발행한 정밀 실측 조사보고서의 내용과 현장에서 측정된 데이터를 기반으로 하였다. 표1과 표2에 각각 지열과 창문형 BIPV 모듈의 상세사항을 나타내었다. 지중온도는 한국 기상측정데이터를 참고하였다. 창문형 BIPV 모듈은 a-Si(amorphous silicon)을 적용하였다. 이때 창문의 SHGC(Solar Heat Gain Coefficient)는 0.47, VT(Visual Transmittance)는 0.15로 설정하였다[2].

표1. 지열 히트펌프 입력변수

| 항목                                  | 입력변수  |
|-------------------------------------|-------|
| Ground temperature(°C)              | 15.6  |
| Borehole number(개)                  | 24    |
| Borehole diameter(m)                | 0.13  |
| Pipe length(m)                      | 70    |
| Pipe thickness(m)                   | 0.002 |
| U-tube distance(m)                  | 0.03  |
| Design flow rate(m <sup>3</sup> /s) | 0.008 |

표2. 창문형 BIPV 입력변수

| 항목                    | 입력변수           |
|-----------------------|----------------|
| 모듈 종류                 | 창문형 BIPV(a-Si) |
| 모듈 설치장소               | 남향 창문          |
| 발전효율(%)               | 5.9            |
| 설치면적(m <sup>2</sup> ) | 17.1           |

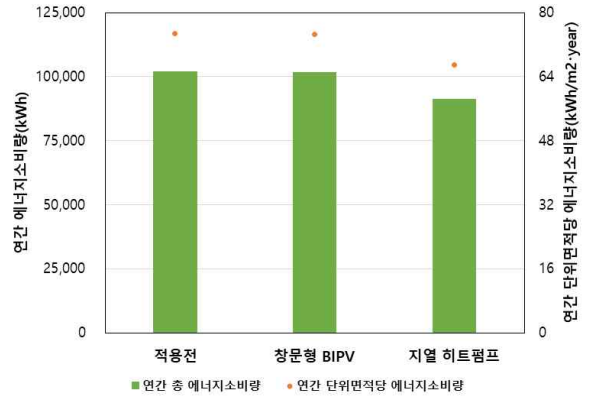
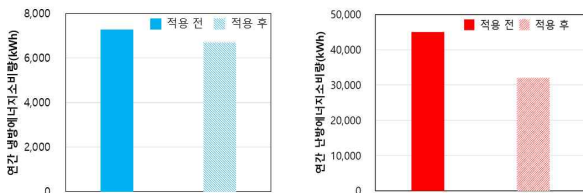


그림3. 연간 총 에너지소비량 & 단위면적당 에너지소비량

### 3. 분석 결과

#### 3.1 에너지 성능 비교

지열 히트펌프를 적용하였을 경우의 연간 건물 냉난방 에너지 감소량 분석을 위해 그림1(a)와 (b)에 연간 건물 냉난방 에너지소비량을 나타냈다. 지열히트펌프 적용전과 비교하여 건물 연간 냉방에너지와 난방에너지는 각각 약 7%, 28% 정도 절감되었다.



(a).연간냉방에너지소비량

(b).연간난방에너지소비량

그림1. 연간 냉난방 에너지소비량

그림 2에 월별 발전량을 나타냈다. 창문형 BIPV 모듈은 연간 약 592kWh를 생산하였다.

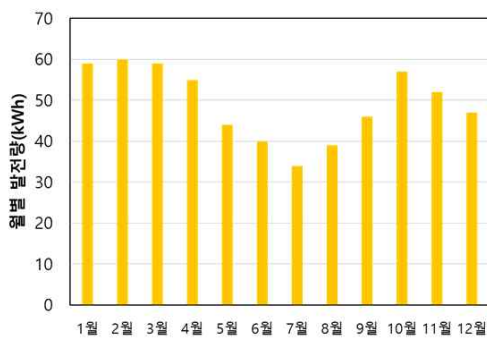


그림2. 월별 창문형 BIPV 발전량

그림 3에 신재생에너지원 적용에 따른 에너지 절감 정도를 비교하기 위해 연간 총 에너지소비량과 단위 면적당 건물 에너지소비량을 나타냈다. 지열 히트펌프를 적용하면 연간 10,761kWh, 창문형 BIPV를 창호에 적용하면 연간 383kWh정도 에너지가 절감된다.

#### 3.2 탄소배출량과 전기요금 비교

연간 총 에너지소비량에 따른 전기요금과 이산화탄소 배출량 분석을 하였다. 전기요금은 실제 선정된 건물에 부과된 전기 사용요금을 참고하여 에너지 1kWh당 120원으로, CO<sub>2</sub>의 경우 1kWh당 0.45kg으로 산정하였다. 표3에 그 결과를 나타냈다.

표3. 연간탄소배출량과 전기요금

| 모듈종류     | 에너지소비량 (kWh) | 배출량 (kg) | 전기요금 (천원) |
|----------|--------------|----------|-----------|
| 기존       | 102,195      | 45,988   | 12,263    |
| 창문형 BIPV | 101,812      | 45,815   | 12,217    |
| 지열       | 91,434       | 41,145   | 10,972    |

### 4. 결론

본 연구는 외관보존이 필요한 근현대 건물에 적용가능한 신재생에너지 적용 방법을 찾고, 이를 적용했을 경우의 에너지 성능 분석을 하였다. 선정된 방법은 창문에 태양광 모듈 적용과 공기열원히트펌프를 지열원 히트펌프로 교체하는 것이었다. 기존과 비교하여 연간에너지소비량은 창문형 BIPV는 0.3%, 지열의 경우 10% 에너지가 절감되었다.

#### 참고문헌

1. Elaouzy, Y. , ElFadar El, A. , Investigation of building-integrated photovoltaic, photovoltaic thermal, ground source heat pump and green roof systems, Energy Conservation and Management, 2023-05
2. Aritra G. Fenestration integrated BIPV(FIPV): A review, Solar Energy, 2022-05