

단독 주택의 제로에너지건축물 인증을 위한 태양광시스템 최적화에 관한 연구

신지웅* · 윤재현*** · 고정림***

* (주)이에이엔테크놀로지, 대표이사

** (주)이에이엔테크놀로지, 본부장

*** (주)이에이엔테크놀로지, 사장

A Study on the Optimization of Photovoltaic System for the ZEB Certification in Detached Housing

Shin Jee-Woong* · Yun Jae-Hyun*** · Ko Jeong-Lim***

*EAN Technology Co., Ltd., CEO

**EAN Technology Co., Ltd., General Manager

***EAN Technology Co., Ltd., President

†Corresponding author: jhyun@eantec.co.kr

Abstract

As part of the government's energy policy, Zero Energy Building certification was launched on January of 2017. However, the three passive-housing rental housing projects are the only ZEB-certified detached housing since the certification's launch. The reason is that, in order for a detached housing to earn ZEB certification, it has to secure self-reliance in energy, and a photovoltaic system is the only viable renewable energy system. Therefore, conducting an analysis to optimize the photovoltaic system in an early design stage is strongly recommended. This study aimed to propose an optimal photovoltaic system design for a detached housing after analyzing through the ECO2 energy simulation of 44 cases, varying in a module type and efficiency, inclination and azimuth. As a result, 15 cases out of 44 cases were analyzed to satisfy ZEB evaluation criteria, and it is thought that these data could contribute greatly to the expansion of ZEB certification dissemination.

Keywords: 제로에너지건축물(ZEB), 단독주택(Detached Housing), 패시브하우스(Passive House), 태양광시스템(Photovoltaic System), ECO2 시뮬레이션(ECO2 energy Simulation)

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

정부는 2017년 1월 20일 신기후체제 출범에 따른 에너지 정책의 일환으로 제로에너지 건축물 인증제를 시행하였고, 2020년까지는 공공부문에서 2025년부터는 민간부문의 건



Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.39, No.3, pp.1-7, June 2019
<https://doi.org/10.7836/kSES.2019.39.3.001>

pISSN: 1598-6411

eISSN: 2508-3562

Received: 27 March 2019

Revised: 25 April 2019

Accepted: 07 May 2019

Copyright © Korean Solar Energy Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

물 분야까지 제로에너지 의무화 방안을 추진 중에 있다. 현행 제도에서 규정하고 있는 제로에너지건축물(Zero Energy Building, 이하 ZEB)은 ‘건축물의 에너지 소비를 최소화하고 신재생에너지를 적극 활용하여 건축물 자체의 에너지 자립도를 높인 건축물’로 정의하고 있으며, ZEB 인증 취득을 위한 평가기준은 기존의 건축물에너지효율등급제와 연동하여 1++ 등급 이상¹⁾을 획득하고, 건물에너지관리시스템 혹은 원격검침전자식 계량기가 설치된 건축물을 대상으로 에너지자립률에 따라 1~5등급을 부여하는 형식으로 되어 있다. 따라서 다른 건축물에 비해 그 수가 가장 많은 단독 주택의 경우 온실가스 감축 잠재력이 가장 클 것으로 예상되나, ZEB 인증 현황은 2017년 LH에 시행한 패시브하우스 임대주택사업 3건을 제외하고 현재까지 전무한 실정이다. 이러한 가장 큰 이유는 단독 주택의 특성상 대부분 개별 HVAC 시스템을 적용하고 있어, 지열, 연료전지 등의 타 신재생에너지원의 적용이 불가능하고 태양광시스템을 통해서만 에너지자립을 확보가 가능하기 때문이다. 이러한 관점에서 본 연구는 국가에서 최초로 시행한 ZEB 임대주택 시범사업의 설계 참여 경험과 노하우를 바탕으로 ECO2 시뮬레이션 분석을 실시하여 단독 주택의 태양광시스템 최적화 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법

본 연구에 적용한 분석 방법 및 단독 주택의 제원은 Table 1과 같다.

Table 1 Analysis methods and specifications of base model

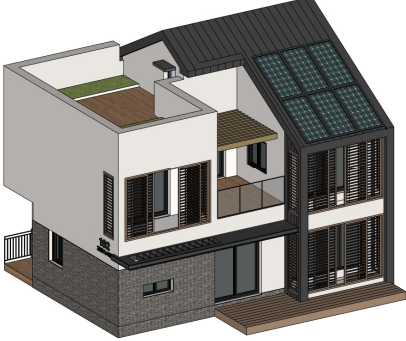
| Bird's-eye view of base model | Category | Contents |
|---|-------------------|---|
|  | Program | - ECO2_2016 (Ver.2017.121.0) |
| | Climate condition | - Chuncheon, Gangwon-do |
| | U-value of window | - 0.767 W/m ² K |
| | Type | - 84 m ² A TYPE |
| | SHGC | - 0.47 |
| | U-value of wall | - 0.150 W/m ² K (EPS II-3) |
| | U-value of roof | - 0.120 W/m ² K (PIR II-2) |
| | U-value of floor | - 0.095 W/m ² K (EPS II-1) |
| | Heating system | - High efficiency gas boiler (Efficiency 91.3%) |
| | Ventilation | - 200 CMH (Effective heating efficiency 77%) |
| | Lighting density | - 7.97 W/m ² |
| | Energy management | - Smart metering system |

Table 1을 보면 기후조건의 경우 ECO2 프로그램 상 가장 열악한 환경인 강원도 춘천의 기후조건을 적용한 이유는 불리한 조건을 적용하고도 ZEB 인증 기준을 만족할 경우 그 외 모든 조건은 만족할 것이라는 가정을 세웠기 때문이다. 또한, 본 연구의 BASE 모델인 단독 주택은 현행 에너지와 관련된 모든 법적 기준을 만족하는 성능으로 실제 ZEB 인증을 취득한 임대주택 시범사업의 제원²⁾을 적용하여, 본 연구의 신뢰성을 향상 시키고자 하였다.

2. Base 모델의 분석 및 연구 Case 선정

2.1 Base 모델의 ECO2 시뮬레이션 분석 결과

본 연구에 적용한 BASE 모델의 ECO2 시뮬레이션 분석 결과는 Table 2와 같다.

Table 2 The analysis of building energy efficiency rating in base model

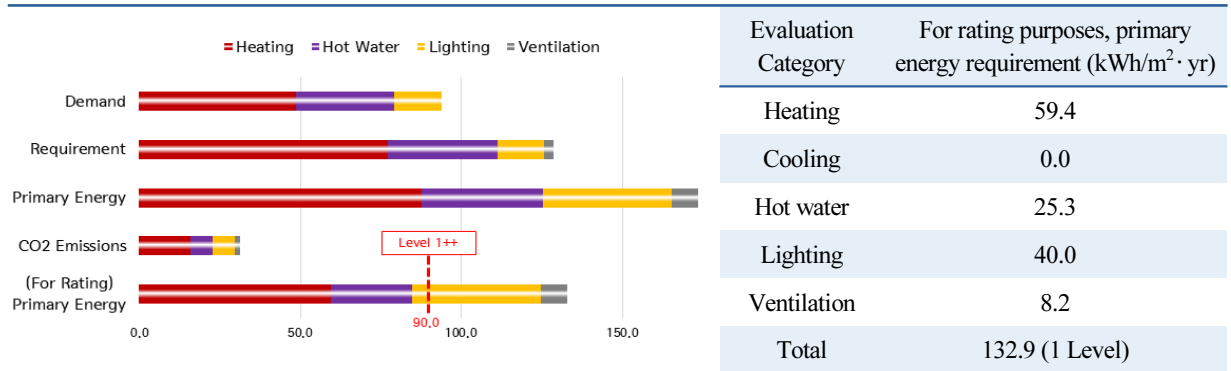


Table 2를 보면 BASE 모델의 경우 ECO2 시뮬레이션 분석 결과 현행 에너지와 관련된 모든 법적 기준을 만족하는 패시브디자인과 액티브시스템의 설계기법 요소를 반영하였음에도 불구하고, 건축물에너지효율이 1등급으로 분석되었다. 따라서 ZEB 인증 최소 기준인 1++등급(등급용 1차에너지소요량 90 kWh/m²·yr 미만)을 만족하기 위해서는 모든 단독 주택의 경우 신재생에너지원인 태양광시스템의 설치가 필수라고 판단된다.

2.2 태양광시스템의 분석 Case 선정

본 연구에 적용한 태양광시스템의 분석 Case 선정은 Fig. 1과 같다.

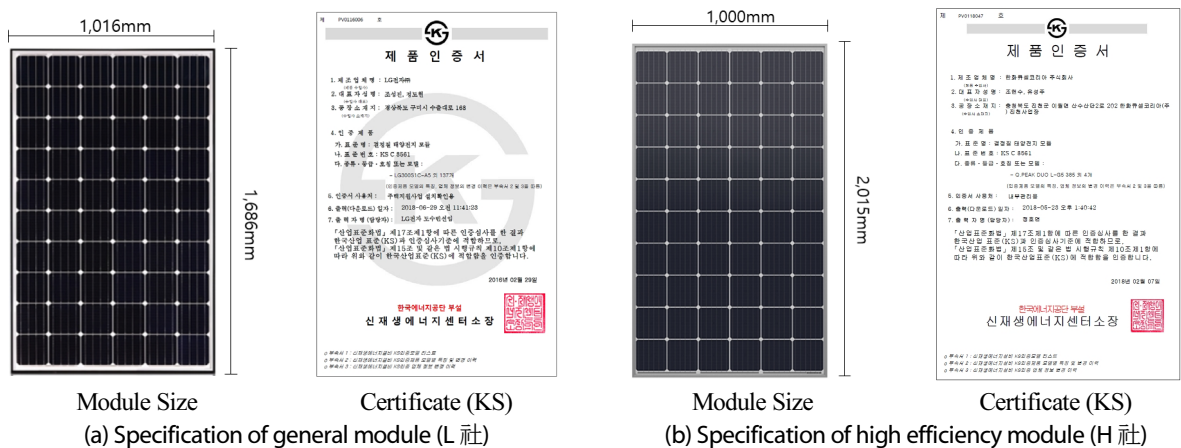


Fig. 1 Photovoltaic system specifications applied to this study

태양광시스템의 Case 선정시 최대 태양광시스템 설치용량을 2 kWp 이하로 잡은 이유는 많은 태양광을 설치할 경우 보다 유리하게 ZEB 인증을 만족할 수 있으나 이는 건축주로 하여금 금전적 큰 부담이 되고, 본 연구의 주목적인 태양광시스템의 최적화에는 위배 되기 때문이다. 이러한 관점으로 본 연구는 단독 주택에서 대부분 사용하는 단결정의 일반 모듈(정격효율 : 17.5%, 300 W×6 EA = 1.800 kWp, 설치면적 : 10.278 m²)과, 고효율 모듈(정격효율 : 19.1%, 385 W × 5 EA = 1.925 kW, 설치면적 : 10.075 m²)을 구성하여 태양광시스템 설치용량을 산정하고 대분류 하였다. 이를 바탕으로 태양광시스템의 최적화를 도출하기 위해 건축물에너지효율등급 운영규정 상 신재생에너지설비 KS 인증서를 제출할 경우 성능치 입력이 가능하다는 점과 ECO2 시뮬레이션상에서 기울기(수직, 45도, 수평) 및 방위(남, 남동, 남서, 동, 서)의 입력방법³⁾ 등을 종합적으로 고려하여 총 44 Case의 예비모델을 선정하였다.

3. 태양광시스템의 Case 별 분석 결과

3.1 일반 태양광 모듈의 분석 결과

일반 태양광 모듈에 해당하는 Case 1~22의 ECO2 시뮬레이션 분석 결과는 Tables 3, 4와 같다.

Table 3 Mono-Crystal silicon general module application [Without rating efficiency value]

| Category | Case 1 | Case 2 | Case 3 | Case 4 | Case 5 | Case 6 | Case 7 | Case 8 | Case 9 | Case 10 | Case 11 |
|---|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|------------|
| Inclination of PV | Verticality | | | | | | | | 45° | | Horizontal |
| Azimuth of PV | S | SE | SW | E | W | S | SE | SW | E | W | - |
| Primary energy (kWh/m ² ·yr) | 104.4 | 105.8 | 106.8 | 111.0 | 111.9 | 92.9 | 95.2 | 95.9 | 101.6 | 102.3 | 97.2 |
| Energy level | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ |
| Self-sufficiency rate (%) | 16.40 | 15.61 | 15.04 | 12.63 | 12.08 | 23.04 | 21.70 | 21.29 | 18.05 | 17.61 | 20.55 |
| ZEB level | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Table 4 Mono-Crystal silicon general module application [Rating efficiency value (17.5%)]

| Category | CASE 12 | CASE 13 | CASE 14 | CASE 15 | CASE 16 | CASE 17 | CASE 18 | CASE 19 | CASE 20 | CASE 21 | CASE 22 |
|---|-------------|---------|---------|---------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Inclination of PV | Verticality | | | | | | | | 45° | | Horizontal |
| Azimuth of PV | S | SE | SW | E | W | S | SE | SW | E | W | - |
| Primary energy (kWh/m ² ·yr) | 91.4 | 93.4 | 94.8 | 100.9 | 102.3 | 74.6 | 78.0 | 79.0 | 87.2 | 88.3 | 80.9 |
| Energy level | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1++ | 1++ | 1++ | 1++ | 1++ | 1++ |
| Self-sufficiency rate (%) | 23.92 | 22.76 | 21.93 | 18.41 | 17.62 | 33.60 | 31.65 | 31.05 | 26.33 | 25.68 | 29.97 |
| ZEB level | - | - | - | - | - | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Table 3을 보면 일반 태양광 모듈의 성능치를 미 적용한 Case 1~11의 경우 모두 ZEB 인증 평가기준을 만족하지 못하는 것으로 분석되었다. 그러나 Table 4를 보면 일반 태양광 모듈의 성능치(17.5%)를 입력할 경우 수

직 설치를 제외하고 Case 17~22까지 ZEB 인증 평가기준을 만족하였다. 이러한 결과로 미루어 볼 때, 설계 초기단계에서부터 ECO2 시뮬레이션 분석을 통해 신재생에너지설비 KS 인증서가 확보된 태양광 모듈을 적용하는 것이 가장 중요할 것으로 판단된다.

3.2 고효율 태양광 모듈의 분석 결과

고효율 태양광 모듈에 해당하는 Case 23~44의 ECO2 시뮬레이션 분석 결과는 Tables 5, 6과 같다.

Table 5 Mono-Crystal silicon high efficiency module application [Without rating efficiency value]

| Category | CASE 23 | CASE 24 | CASE 25 | CASE 26 | CASE 27 | CASE 28 | CASE 29 | CASE 30 | CASE 31 | CASE 32 | CASE 33 |
|---|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|---------|---------|
| Inclination of PV | Verticality | | | | | 45° | | | Horizontal | | |
| Azimuth of PV | S | SE | SW | E | W | S | SE | SW | E | W | - |
| Primary energy (kWh/m ² ·yr) | 105.0 | 106.3 | 107.3 | 111.4 | 112.3 | 93.7 | 96.0 | 96.7 | 102.2 | 102.9 | 97.9 |
| Energy level | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ |
| Self-sufficiency rate (%) | 16.08 | 15.30 | 14.74 | 12.38 | 11.84 | 22.59 | 21.27 | 20.87 | 17.70 | 17.26 | 20.14 |
| ZEB level | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Table 6 Mono-Crystal silicon high efficiency module application [Rating efficiency value (19.1%)]

| Category | CASE34 | CASE35 | CASE36 | CASE 37 | CASE 38 | CASE39 | CASE40 | CASE41 | CASE42 | CASE43 | CASE 44 |
|---|--------------|--------------|--------------|---------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Inclination of PV | Verticality | | | | | 45° | | | Horizontal | | |
| Azimuth of PV | S | SE | SW | E | W | S | SE | SW | E | W | - |
| Primary energy (kWh/m ² ·yr) | 86.0 | 88.1 | 89.6 | 98.7 | 100.2 | 70.5 | 74.1 | 75.2 | 84.0 | 85.2 | 77.2 |
| Energy level | 1++ | 1++ | 1++ | 1+ | 1+ | 1++ | 1++ | 1++ | 1++ | 1++ | 1++ |
| Self-sufficiency rate (%) | 25.94 | 24.69 | 23.79 | 19.70 | 18.85 | 35.95 | 33.86 | 33.22 | 28.17 | 27.47 | 32.06 |
| ZEB level | 5 | 5 | 5 | - | - | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Table 5를 보면 고효율 태양광 모듈의 성능치를 미 적용한 Case 23~33의 경우 일반 태양광 모듈과 마찬가지로 모두 ZEB 인증 평가기준을 만족하지 못하는 것으로 분석되었다. 또한, 고효율 태양광 모듈을 적용하였음에도 불구하고 ECO2 시뮬레이션 상에서는 태양광시스템의 설치용량이 아닌 설치면적을 입력하기 때문에 등급용 1차에너지 소요량도 불리하게 평가되었다. 그러나 Table 6을 보면 고효율 태양광 모듈의 성능치(19.1%)를 입력할 경우 수직으로 설치한 동, 서 방위인 Case 37, 38을 제외하고 모두 ZEB 인증 평가기준을 만족하였다. 따라서 신재생에너지설비 KS 인증서가 확보된 고효율 태양광 모듈 적용시 건축적으로 다양한 입면 디자인 확보가 가능할 것으로 판단된다.

3.3 Case별 종합 분석 결과

본 연구에서 ZEB 인증 평가기준을 만족하는 Case 별 종합 분석 결과는 Fig. 2와 같다. Fig. 2를 보면 44 Case 중 15 Case가 ZEB 인증 평가기준을 만족하는 것으로 분석되었다. 물론 Base 모델과 다른 단독 주택의 경우 설계기법 요소가 상이하여 태양광시스템의 설치 용량이 변경될 것으로 판단된다. 그러나 본 연구에서는 태양광 모듈의 설치조건에 따른 다양한 Case 분석을 통해 가장 열악한 강원도 춘천의 기후조건을 적용하였음에도 불구하고, 최적 수준의 약 2 kWp 태양광시스템 용량을 확보한다면 단독 주택의 경우 ZEB 인증 취득이 가능하다는 사실을 정량적으로 증명하였다.

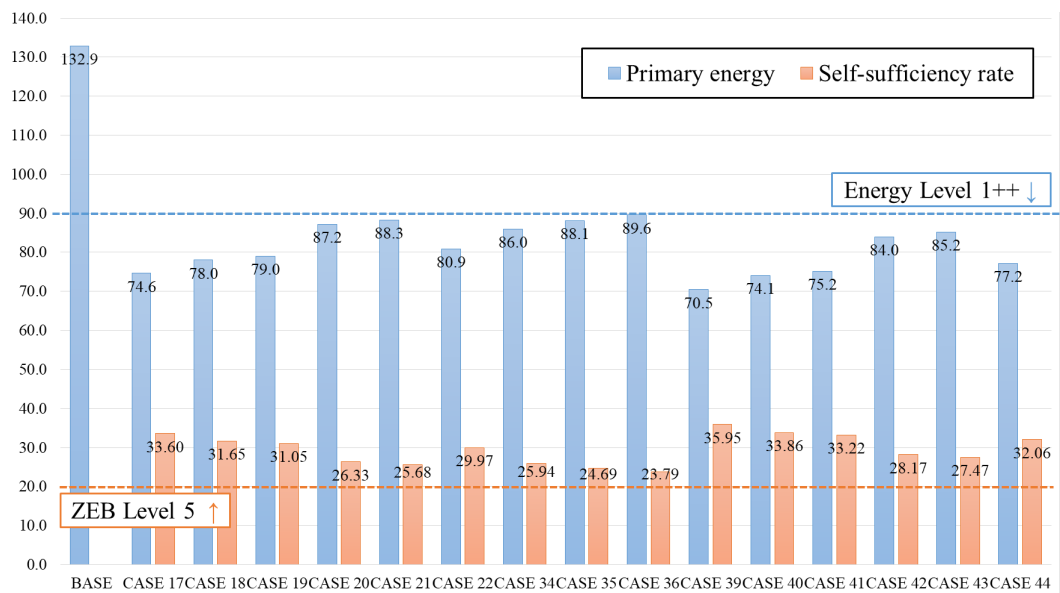


Fig. 2 Comprehensive analysis results by ZEB level 5 satisfied condition case

4. 결론

본 연구는 ZEB 인증을 취득한 임대주택 시범사업의 제원을 Base 모델로 선정하여 태양광 모듈의 설치조건에 따른 총 44 Case를 대상으로 ECO2 시뮬레이션 분석을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 44 Case 중 15 Case가 ZEB 인증 평가기준을 만족하는 것으로 분석 되었으며, 모두 신재생에너지설비 KS 인증서가 확보된 태양광 모듈의 효율 적용시에만 가능하였다. 따라서 향후에는 설계 초기단계에서부터 ECO2 시뮬레이션 분석을 통해 신재생에너지설비 KS 인증서 확보된 태양광 모듈을 적용하는 것이 가장 중요할 것으로 판단된다.
- (2) 고효율 태양광 모듈 적용시 동, 서 방위를 제외하고 수직형, 수평형 설치가 가능하여 건축적으로 다양한 입면 디자인 확보가 가능할 것으로 판단된다. 또한, 단독 주택의 경우 2 kWp 수준의 최적화된 태양광시스템 용량으로도 충분히 ZEB 인증 취득이 가능하다는 사실을 정량적 평가를 통해 증명하였다.

이와 같은 본 연구 결과는 향후 단독 주택의 태양광시스템 최적화를 위한 소중한 기초 자료로 활용되어 정부의 에너지정책의 일환인 ZEB 인증 보급 확대에 크게 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Shin, J. W., Ko, J. L., and Yun, J. H., A Case Study on the Energy Efficiency 1+++ Level of Office Building, Korean Association of Air Conditioning Refrigerating and Sanitary Engineers, Vol. 32, No. 11, pp. 54-63, 2015.
2. Shin, J. W., Technology and Policy for Passive Zero-energy Remodelling of Existing Buildings, Review of Architecture and Building Science, Vol. 58, No. 3, pp. 42-46, 2014.
3. Kim, M. H., Lim, H.W., Shin, U.C., Kim, H.J., Kim, H.K., and Kim, J.K., Design and Energy Performance Evaluation of Plus Energy House, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 38, No. 1, pp. 55-66, 2018.