



## 공동주택 수직 벽체 설치 BIPV 시스템의 발전량 예측 프로그램 개발 연구 Development of Power Generation Amount Prediction Program for BIPV System Installed on the Vertical Wall of Apartment

이용준\*

Lee, Yong-Jun\*

\*\* Corresponding author, BEL Technology CO. Ltd., Seoul, Korea (leeyj@beltec.co.kr)

### ABSTRACT

**Purpose:** The installation of the BIPV system in the apartment complex is expected to increase significantly in the future. However, due to the characteristics of the apartment complex, it is very likely that the building will be shaded by neighboring buildings. Therefore, it is difficult to judge the efficiency of the installed BIPV system by simple judgment method. In order to expand the application of the BIPV system, a practical evaluation method for the annual Duration of Sunshine and the generation amount of the wall that BIPV panel will be applied, so that accurate economic judgment and optimization of the installation location are required. The purpose of this study is to develop a program that can effectively evaluate the annual Duration of Sunshine and the generation amount for the application location of the BIPV system installed on the vertical exterior wall of apartment. **Method:** In this study, a program was developed to evaluate the annual duration of sunshine, flux of solar radiation, and generation amount, which reflects the effects of obstruction on the BIPV installation site in the apartment complex. The method of evaluating the flux of solar radiation and generation amount of the developed program was verified by comparing measured data with prediction result. The evaluation program is designed to perform calculations in conjunction with commercial CAD programs, so that it is possible to easily evaluate the generation amount according to the installation location of BIPV without any special knowledge or program management training. **Result:** In addition, it is confirmed that more realistic generation amount can be calculated by using possible performance parameters that can be referenced in the PV performance test report.

### KEYWORD

공동주택  
BIPV 시스템  
발전량 예측 프로그램

Apartment  
BIPV System  
Power Generation Amount Prediction Program

### ACCEPTANCE INFO

Received Dec 3, 2017  
Final revision received Dec 18, 2017  
Accepted Dec 23, 2017

© 2018 KIEAE Journal

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

건축물의 에너지 저감을 위한 신재생에너지 시스템의 적용은 제로에너지 건물 구축을 위해서 불가피하다. 특히 제로에너지 건물 구축을 위한 정부 로드맵에 따라 신재생 에너지의 적용 필요성이 매우 높아지고 있다. 현재 공동주택에 적용되고 있는 신재생 에너지 시스템은 지열, 태양광 발전이 주를 이루고 있으며, 특히, 태양광 시스템의 경우, 패널 단가의 하락과 효율 상승 등 경제성이 상당 부분 향상되어 적용이 증가하고 있다. 그러나 도심지에 건설되는 공동주택의 경우 일반적인 PV 시스템은 설치가 가능한 수평면이 한정적이기 때문에 지붕면까지 적용 면적을 확대한다 하여도 설치 용량 확보에 한계가 있다. 이에 수직 벽면에 설치가 가능한 BIPV 시스템의 적용 필요성이 증가하고 있다.

또한 설치비에 대한 정부 지원으로 BIPV 시스템의 설치가 용이해지고 있으며, 기존 공동주택에도 거주자가 스스로 구매하여 설치할 수 있는 BIPV 시스템이 상용화되어 시판되는 등 적용 사례가 확대되고 있다. 특히, 최근 공동주택에 설치되는 PV에서 발전되는 전기도 매전이 가능하도록 제도가 변경되어 발전량당 단가가 기존의 자체 사용시에 비하여 2배로 상승되어 공동주택에 대한 BIPV 시스템의

설치는 향후 매우 증가될 것으로 판단된다. 그러나 공동주택의 특성상 인접 건물 또는 인접 주동에 의한 일사차폐의 가능성이 매우 높기 때문에 현재와 같은 동지일 기준의 단순한 판단만으로는 설치된 BIPV 시스템의 발전 효율을 판단하기 어렵고, 특히 연간 발전량에 대한 정확한 평가가 불가능 하기 때문에 실질적인 경제성 판단이 불가능하다.

이에 BIPV 시스템의 적용 확대를 위해서는 적용하고자 하는 벽면의 연간 일조환경 및 연간 발전량에 대한 실질적인 평가방법이 확보되어야 하며, 이를 통하여 정확한 경제성 판단 및 설치 위치의 최적화가 요구된다. 본 연구에서는 공동주택의 수직 외벽에 설치되는 BIPV 시스템의 적용 위치에 대한 연간 일조환경 및 발전량을 실질적으로 평가할 수 있는 프로그램의 개발을 목적으로 한다.

### 1.2. 연구의 방법 및 범위

공동주택의 수직 외벽에 설치되는 BIPV시스템의 적용 위치에 따른 연간 일조환경 및 발전량의 실질적 평가가 가능한 예측 프로그램의 개발을 위한 연구 범위는 다음과 같다.

#### (1) 설치 지역, 향, 기울기 각도별 일사량 및 발전량 예측 방법

국내 전지역을 대상으로 실질적인 일사량 예측과 BIPV 패널의 설치 조건에 따른 패널 입사 일사량을 실질적으로 예측할 수 있는 평가 방법이 우선적으로 요구되며, 특히 연간 태양의 움직임에 따른 일조환경을 함께 고려하기 위해서는 특정 시간 간격에 따라 일사량을 합리

적으로 평가할 수 있는 예측 방법이 확보되어야 한다.

또한 설치되는 BIPV 시스템의 발전 특성에 따라 예측된 일사량을 이용하여 실질적인 발전량을 산출할 수 있는 예측 방법이 확보되어야 한다. 이를 위하여 기존의 다양한 예측방법에 대한 검토를 통하여 가장 실질적인 예측 결과를 도출할 수 있는 방법을 선정하였다.

(2) 연간 일조시간의 평가 방법

적용되는 벽면에 입사되는 일사량이 예측되고 이에 따른 발전량이 실질적으로 예측된다 하여도 해당 시간에 일조 차폐의 영향 여부를 판단하지 못하면 도심지의 공동주택 외벽에 설치되는 BIPV의 발전량을 예측할 수 없다. 이를 해결하기 위하여 연간 일정 간격에 따른 일조시간의 평가 방법이 필요한데, 본 논문에서는 태양계적도의 작도 방법을 활용하여 일조차폐물의 연간 차폐 영향을 빠르게 평가할 수 있는 연간 일조환경 평가법을 설정하였다.

(3) 사용자 편의성 확보

BIPV 시스템의 적용 위치에 대한 검토는 공동주택의 설계 단계에서 이루어지며, 이 때 검토하는 설계자가 별도의 전문적인 지식이나 프로그램의 운용법 입력조건 등에 대한 별도의 학습 없이 손쉽게 검토가 가능하도록 하는 프로그램 활용 편의성이 확보되어야 한다.

이에 보편적인 설계 프로그램인 상용 CAD프로그램 및 스프레드 시트 프로그램과 연동하여 설계 작업중 평가를 병행할 수 있도록 프로그램을 개발하였다.

2. 연간 일사량 및 발전량 예측 방법

본 연구에서는 기존의 연구성과를 참조하여 연간 일사량 및 발전량 예측 방법을 선정하였다. 선정된 예측방법은 대상 지역의 기후 정보(외기온, 상대습도, 풍속, 전운량)를 이용한 일사량 예측 방법과 PV패널의 특성 시험 결과를 활용한 발전량 예측 방법이며, 산출 수식은 다음과 같다.

2.1. 일사량 예측 방법

(1) 수평면 전일사량( $I_h$ ) 산출 방법 (Zhang and Huang Model) [6]

$$I_h = \left[ I_o \cdot \sin(h) \cdot \left\{ C_0 + C_1 \cdot (CC) + C_2 \cdot (CC)^2 \right. \right. \\ \left. \left. + C_3 \cdot (T_n - T_{n-3}) + C_4 \cdot \varphi + C_5 \cdot V_w \right\} + d \right] / k \dots [1]$$

여기서,  $I_o$  : 태양상수(=1355W/m<sup>2</sup>)     $h$  : 태양고도 (°)  
 $C_0$  : 0.5598     $C_1$  : 0.4982     $C_2$  : -0.6762     $C_3$  : 0.02842  
 $C_4$  : -0.00317     $C_5$  : 0.014     $d$  : -17.853     $k$  : 0.843  
 $T_n$  : n시간의 외기온(°C)     $T_{n-3}$  : n-3시간의 외기온(°C)  
 CC : 운량 (0~10)     $\varphi$  : 상대습도(%)     $V_w$  : 풍속(m/s)

(2) 직산분리를 이용한 법선면 일사량( $I_{dn}$ ) 산출 방법 (Liu and Jordan model)<sup>[6]</sup>

$$I_{dn} = I_d / \sin(h) \dots [2]$$

여기서,  $I_d$  : 수평면 직달일사량

(3) 수평면 천공일사량( $I_s$ ) 산출 방법

$$I_d = I_h - I_s \dots [3]$$

$$0 < K_t < 0.3 \text{ 일 때, } \frac{I_s}{I_h} = 1.020 - 0.254K_t + 0.0123\sin(h)$$

$$0.3 < K_t < 0.78 \text{ 일 때, } \frac{I_s}{I_h} = 1.400 - 1.7949K_t + 0.177\sin(h)$$

$$0.78 < K_t \text{ 일 때, } \frac{I_s}{I_h} = 0.486K_t - 0.182\sin(h)$$

여기서,  $K_t$  : 대기청명도 계수

(4) 경사면의 전일사량 예측 방법

지역의 위경도를 활용한 태양기하학을 통하여 산출되는 태양 고도 및 방위각과 앞서 선정된 예측방법에 따라 산출된 수평면 일사량을 이용하여 특정 경사면의 전일사량 예측 방법은 다음 수식과 같다.

$$I_g = I_{sd} + I_{ps} + I_{gr} \dots [4]$$

① 경사면 직달일사량( $I_{sd}$ ) 산출 방법

$$I_{sd} = I_{dn} \cdot \cos(\theta) \dots [5]$$

$$\cos\theta = \sin(h) \cdot \cos(\phi) + \cos(\alpha - \epsilon) \cdot \cos(h) \cdot \sin(\phi) \dots [6]$$

$$I_{dn} = I_d / \sin(h) \dots [7]$$

여기서,  $I_{dn}$  : 법선면의 직달 일사량(W/m<sup>2</sup>),  $\theta$  : 경사면의 입사각 (°)

$\phi$  : 벽면의 경사각(°),  $h$  : 고도각(°)

② 경사면 천공일사량( $I_{ps}$ ) 산출 방법

$$I_{ps} = I_s \cdot \frac{1 + \cos(\phi)}{2} \dots [8]$$

여기서,  $I_s$  : 수평면 천공일사량(W/m<sup>2</sup>)

③ 지표면 반사일사량( $I_{gr}$ ) 산출 방법

$$I_{gr} = \rho \cdot I_h \cdot \frac{1 - \cos(\phi)}{2} \dots [9]$$

여기서,  $I_h$  : 수평면 전일사량(W/m<sup>2</sup>),  $\rho$  : 지표면 반사율

2.2. 발전량 예측 방법

① POA(Plane Of Array) Irradiance의 산출

본 연구에서 사용하는 패널에 입사되는 일사량 예측방법은 미국 Sandia lab에서 제공하는 POA 산출 식을 활용하였다. 패널에 입사되는 확산일사는 Isotropic sky diffuse model을 활용하였다.

$$E_b = DNI \times \cos(AOI) \dots [10]$$

$$E_{d,iso} = DHI \times \frac{1 + \cos(\theta_T)}{2} \dots [11]$$

여기서, DNI : 법선면 직달일사 (direct normal irradiance)

$E_b$  : 경사면 직달일사,     $E_{d,iso}$  : 경사면 확산일사량

DHI : 수평면 확산일사(diffuse horizontal irradiance)

AOI : 입사각 (angle of incidence),  $\theta_T$  : 패널의 기울기 (tilted angle)

② 모듈 온도 산출

본 연구에서는 모듈 온도의 산출을 위하여 다음과 같이 Sandia

module temperature 식을 활용하였다.

$$T_m = E_{POA} \cdot (e^{a+b \cdot WS}) + T_a \dots\dots\dots [12]$$

여기서, EPOA : 모듈 입사 일사량(POA, W/m<sup>2</sup>)  
 Ta : 공기 온도 (°C)  
 WS : 풍속(m/s)

③ 정격 발전량 및 온도 계수의 활용

본 연구에서는 PV 패널의 사양을 확인할 수 있는 패널의 성능 시험 성적서 상에 명기되어 있는 일사량 1,000W 시 정격 발전량을 근거로 1,000W 대비 POA의 비율로 단위 패널의 발전량을 비율적으로 산출하도록 간단한 산식을 작성하였다. 또한, 산출된 모듈 온도를 기초로 온도계수를 활용한 일사량 1000W시 발전량을 산출하여 정격 발전량과의 차이에 따른 비율을 적용하여 해당 패널의 시간별 발전량을 산출하였다. 이 때 활용되는 일사량(POA)는 시간별로 예측된 일사량을 Sandia 식으로 변환하여 활용하였다.

2.3. BIPV 예측 발전량과 실측 발전량 비교

본 연구에서는 한국건설생활환경시험연구원(KCL)의 서산 Testbed에 설치된 실측 설비를 활용하여 실측된 발전량과 선정된 예측 방법에 따라 산출된 발전량을 비교하였다.



Fig. 1. Test Facility

Table 1. Location of Facility & PV Installation condition

Longitude		126.58°
Latitude		37.34°
Time zone		GMT +9h
Case.	Orientation	Inclined angle
1~3	East	3°, 30°, 90°
4~6	South	3°, 30°, 90°
7~9	West	3°, 30°, 90°

측정기간은 2016년 1월 1일부터 2016년 12월 31일까지 1년간 측정 데이터를 이용하여 분석을 실시하였으며, 측정 데이터는 시간별 발전량 증 방위 및 설치 각도 조건 조합에 따라 9가지 Case의 발전량에 대한 분석을 실시하였다. 발전량 실측은 결정질 PV 패널을 대상으로 하였으며, 해당 패널의 성능에 대한 시험 결과를 정리하면 다음과 같다.

Table 2. Information of Tested PV Panel

Type PV	si pv modules
Power @ 1000	160.21 [W]
Temp. Coefficient	-0.501 [%W/°C]

단, 측정 결과가 상기 표3~5에서 볼 수 있는 바와 같이 일부 기간에서 오류 및 데이터 누락이 발생되어 다소 분석에 한계가 있다.

본 연구에서는 시간대별 발전량 비교를 위해 실측 발전량과 예측 발전량을 MBE(Mean Based Error), CVRMSE(Coefficient of Variation of the Root Mean Square Error)를 이용하여 분석하였다.

Table 3. Comparison of measured irradiance with estimated irradiance and error analysis(orientation: East)

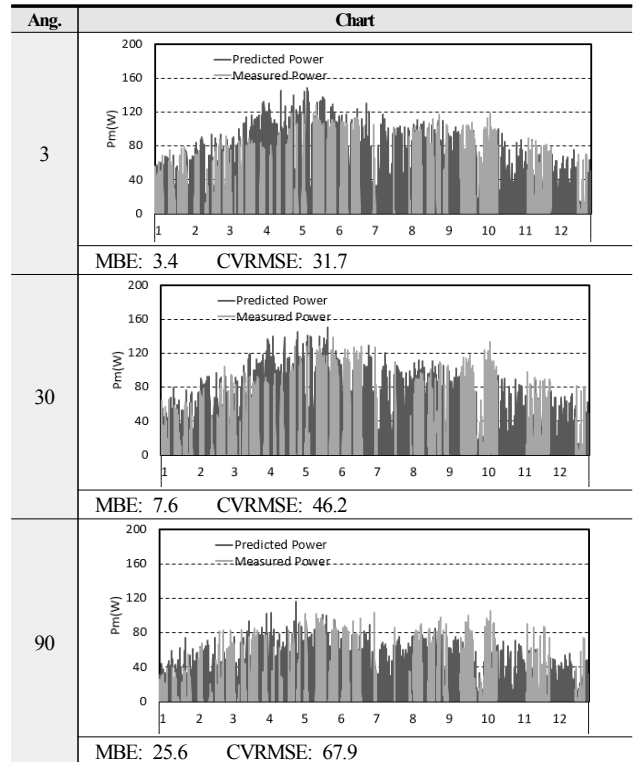
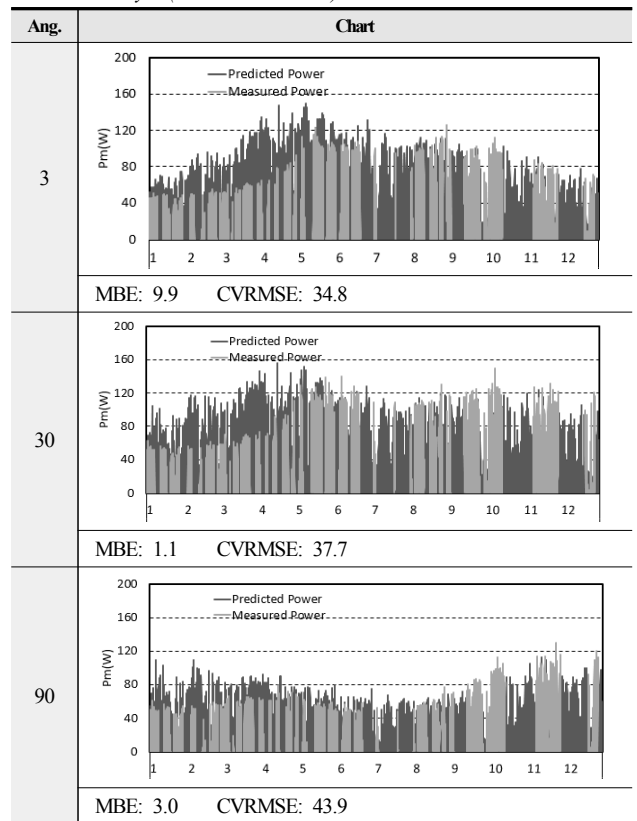


Table 4. Comparison of measured irradiance with estimated irradiance and error analysis(orientation: South)



오류 분석 결과, 동향 및 서향의 90° 경사에서 MBE가 허용범위

(±10%이내)를 초과하고 있으며, CVRMSE도 동향과 서향의 경사 각이 큰 경우 허용범위를 보다 크게 벗어나는 것으로 분석되었다. 그러나 연간 발전량 변화는 유사한 경향을 나타내고 있으며, 추후 지속적인 실측을 통하여 보다 안정된 실측 결과를 이용하여 예측 발전량을 검증 수정하여야 할 것으로 판단된다.

Table 5. Comparison of measured irradiance with estimated irradiance and error analysis(orientation: West)

Ang.	Chart
3	
	MBE: 3.4    CVRMSE: 31.7
30	
	MBE: 6.3    CVRMSE: 34.8
90	
	MBE: 15.9    CVRMSE: 58.0

### 3. 연간 일조시간 평가

본연구에서는 연간 분단위 평가를 통하여 매분마다 BIPV system의 패널에 음영 발생 유무를 예측하고, 해당 시간(분)에 음영 유무와 설치 조건(설치 지역, 설치 향, 설치 기술기)에 따른 유입 일사량을 예측하고 해당 시간에 BIPV system의 발전 특성을 반영한 발전량을 예측하여 이를 적산한 연간 일조시간, 연간 일사량, 연간 발전량의 예측이 가능한 평가 프로그램을 개발하였다.

#### 3.1. 연간 일조 시간 평가 방법

개발된 프로그램에 반영된 연간 일조 시간 평가 과정을 정리하면 다음과 같다. 첫째, BIPV system과 일조차폐물의 관계를 정립하기 위하여 다음의 그림과 같이 BIPV 패널 설치면의 중심점을 기준으로 전산적으로 동일한 각도의 고도, 방위각 그리드를 그림 2, 3과 같이 형성하고, 해당 그리드에 인접 일조차폐물(설치 건축물 자체, 인접 건축물, 지형지물)의 위치 관계를 반영한 공간적인 일조 차폐물 지도를 형성한다. 각 분석 지점에 따른 일조차폐물의 위치는 해당 건축물 또는 지형지물이 신설 또는 철거되는 경우를 제외하면 연간 불변하기 때문에 분석 위치당 1회의 작성으로 완료되는 특징이 있다.

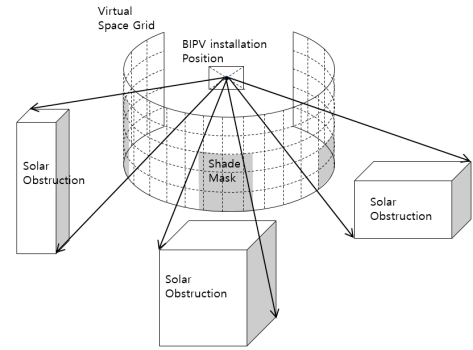


Fig. 2. Making Shade Mask Map

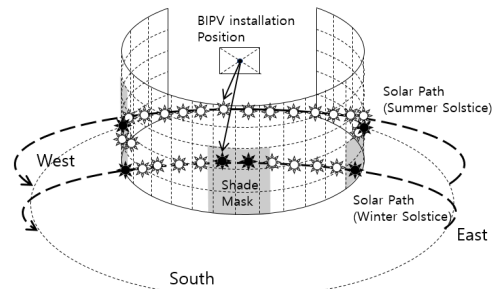


Fig. 3. Making Solar chart & Count Duration of sunshine

둘째, 연간의 일조 차폐 영향을 확인하기 위하여 연간 분단위로 설치 지역(위도, 경도)에 따른 태양의 위치(태양고도, 방위각)를 그림 3과 같이 산출하여 첫째 과정에서 작성된 일조 차폐물 지도에 중첩하여 전산적으로 태양위치 지도(태양궤적도)를 형성한다.

각 분석 지점에 따른 연간 태양의 위치는 불변하기 때문에 그림 3과 같이 설치위치당 1회로 작성이 완료된다. 셋째, 전산적으로 형성된 일조차폐물 지도와 태양위치 지도(태양궤적도)를 중첩하여 일조차폐물이 있는 그리드에 분단위 태양 위치가 중첩되는 시간(분)에는 일조차폐 영향이 있는 것으로 판단하여 연간의 일조 차폐 영향을 분석한다. 넷째, 분석된 연간 분단위 일조 차폐환경에 따라 해당 지역의 기상정보(기온, 습도, 운량, 풍속)에 따른 일사량을 산출하고 해당 일사량이 입사되었을 때 발전량을 설치되는 BIPV system의 발전 특성에 따라 산출한다. 다섯째, 분석된 분단위 일조시간, 일사량, 발전량을 합산하여 연간 결과를 도출한다. 일조 시간 평가 과정은 1월1일0시0분부터 평가를 시작하여 12월31일23시59분까지 1분 간격으로 52만5천6백회 반복 계산한다.

### 4. 평가 프로그램의 작성

다음의 그림 4는 본 연구에서 개발한 평가 프로그램의 전체 실행 과정을 정리한 것이다.

개발된 프로그램은 연간 일조 차폐영향, 유입 일사량, 발전량을 매 분단위로 분석하여 일조차폐 유무에 따른 일사량의 변화와 그에 따른 발전량의 변화를 현실적으로 빠르게 평가할 수 있는 방법 및 도구를 제공한다. 또한, 일반적으로 건축물의 설계자가 활용하는 CAD 프로그램과 연동하여 평가를 위한 입력 작업이 매우 간단하며, 별도의 기술 또는 지식의 습득 없이 빠르게 현실적인 발전량을 예측 평가할 수 있어, BIPV system의 설치 위치를 빠르고 용이하게 판단할 수 있다.

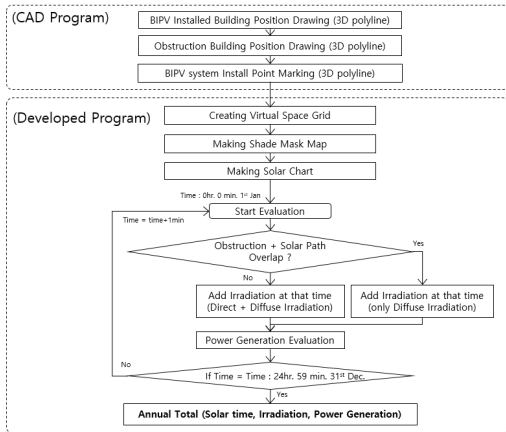


Fig. 4. Evaluation Process of Developed Program

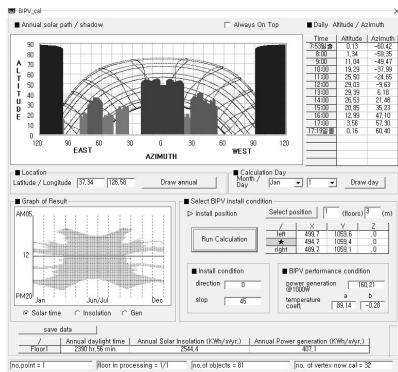


Fig. 5. GUI of Developed Program

## 5. 평가 프로그램의 활용

### 5.1. 프로그램 적용 모델 작성

개발된 프로그램을 활용한 연간 발전량 평가를 수행하기 위하여 가상의 공동주택 단지에 대한 두 개소의 설치 지점을 설정하고 지점별 발전량 평가를 실시하였다. 발전량의 평가는 설치지점별로 최하층에서 최상층까지 2개 라인에 대하여 평가를 실시하였으며, 분석지점의 설정은 다음의 그림과 같다.

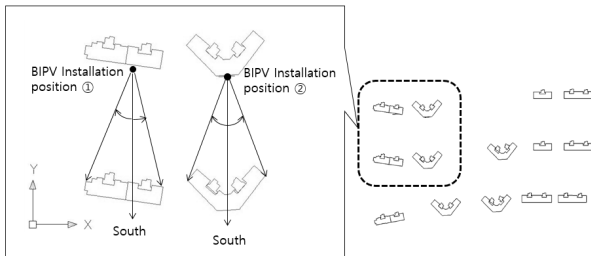


Fig. 6. Analysis Position for Program Test

Table 6. BIPV System Installation Condition

Orientation	South
Inclined slop	90°
Area	1.0 m <sup>2</sup>
Type of PV	si pv module

### 5.2. 연간 발전량 평가

개발된 프로그램을 활용하여 상기의 작성된 모델에 두 개 설치 지점에 대하여 분석한 결과를 정리하면 다음과 같다.

Table 7. Evaluation result of Analysis Positions (Duration of Sunshine & Power)

Floor	position ①		position ②	
	Duration of Sunshine (hr.)	Generation Power (KWh/m <sup>2</sup> /yr.)	Duration of Sunshine (hr.)	Generation Power (KWh/m <sup>2</sup> /yr.)
1	2561.3	223.4	2390.6	221.3
2	2589.9	224.5	2420.2	222.3
3	2619.2	226	2450.5	223.4
4	2652.7	227.4	2483.5	224.5
5	2688.5	229.1	2519.3	225.9
6	2732.7	232.3	2556.2	227.2
7	2793.2	238.3	2597.5	228.6
8	2843.4	238.9	2642.3	230
9	2884.5	239.6	2692.2	231.3
10	2914.2	240.4	2747.7	232.8
11	2947.5	241.2	2803.2	234.5
12	2989.7	242	2868.1	237
13	3022.7	243	2930.3	238.1
14	3054.5	243.7	2990.4	239.5
15	3085.7	244.6	3049.5	241.6
16	3117.5	245.8	3122.1	246.8
17	3152.4	247.2	3188.1	248.3
18	3196.2	249.9	3248.9	250.4
19	3237.2	250.7	3321.3	251
20	3271.3	250.8	3378.4	251
21	3316.5	251.2	3420.5	251.1
22	3379.2	251.4	3451.3	251.2
23	3421.5	251.5	3465.1	251.4

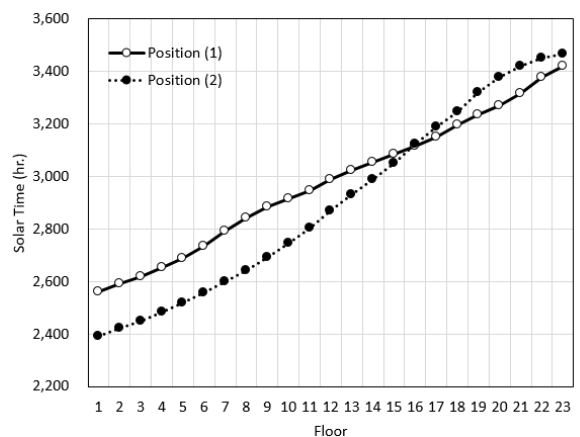


Fig. 7. Duration of Sunshine of Analysis Position

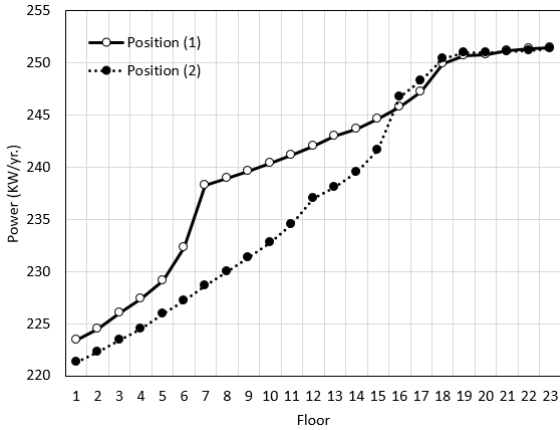
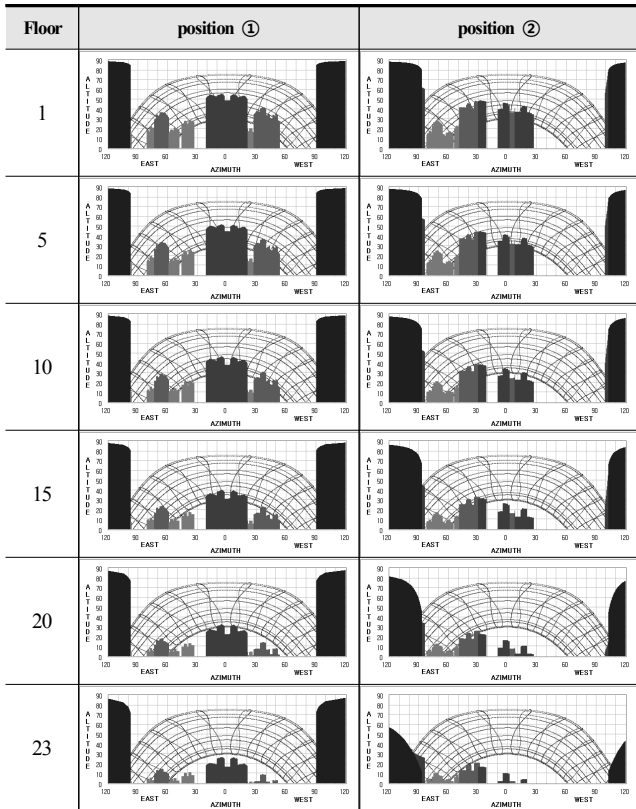


Fig. 8. Generation Power of Analysis Position

Table 8. Evaluation result of Analysis Positions (Solar Path & Shade Mask Map)



5.3. 연간 일조 시간과 연간 발전량 분석

앞에서 평가한 두 개의 분석점에 대한 연간 일조 시간과 연간 발전량 평가 결과를 분석하였다.

표 9와 그림 9, 그림 10은 각 분석 지점에서 평가된 최대 일조시간 대비 해당층의 일조시간의 차이의 비율과 최대 발전량 대비 해당 층의 발전량의 저감 비율을 비교한 것으로 분석지점 ②가 분석지점 ①에 비하여 일조 차폐의 영향이 보다 많아 최대 일조시간인 연간 3,420 시간에서 3,460시간 대비 최하층의 일조시간이 약 31% 감소하는 것으로 나타났으며, 이에 따라 발전량은 약 12%감소하는 것으로 나타났다. 분석지점 ①의 경우 일조시간 감소는 약 25%로 나타났으며, 이

때 발전량 감소는 약 11% 감소되는 것으로 분석되었다.

Table 9. Variation of Duration of Sunshine & Power

Floor	Position ①		Position ②	
	Duration of Sunshine (Sol. Time vs. Max sol. time)	Generation Power (Power vs. Max Power)	Duration of Sunshine (Sol. Time vs. Max sol. time)	Generation Power (Power vs. Max Power)
1	25.1%	11.2%	31.0%	12.0%
2	24.3%	10.7%	30.2%	11.6%
3	23.4%	10.1%	29.3%	11.1%
4	22.5%	9.6%	28.3%	10.7%
5	21.4%	8.9%	27.3%	10.1%
6	20.1%	7.6%	26.2%	9.6%
7	18.4%	5.2%	25.0%	9.1%
8	16.9%	5.0%	23.7%	8.5%
9	15.7%	4.7%	22.3%	8.0%
10	14.8%	4.4%	20.7%	7.4%
11	13.9%	4.1%	19.1%	6.7%
12	12.6%	3.8%	17.2%	5.7%
13	11.7%	3.4%	15.4%	5.3%
14	10.7%	3.1%	13.7%	4.7%
15	9.8%	2.7%	12.0%	3.9%
16	8.9%	2.3%	9.9%	1.8%
17	7.9%	1.7%	8.0%	1.2%
18	6.6%	0.6%	6.2%	0.4%
19	5.4%	0.3%	4.2%	0.2%
20	4.4%	0.3%	2.5%	0.2%
21	3.1%	0.1%	1.3%	0.1%
22	1.2%	0.0%	0.4%	0.1%
23	-	-	-	-

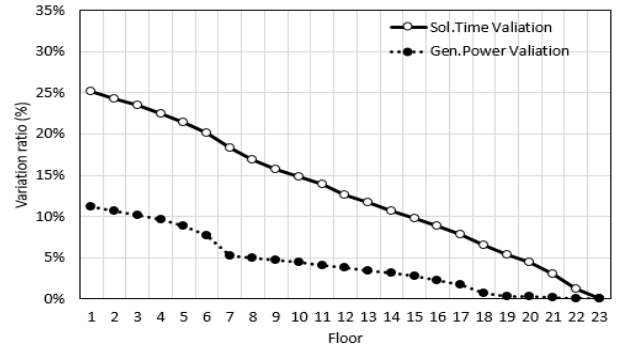


Fig. 9. Variation of Duration of Sunshine & Power (Position ①)

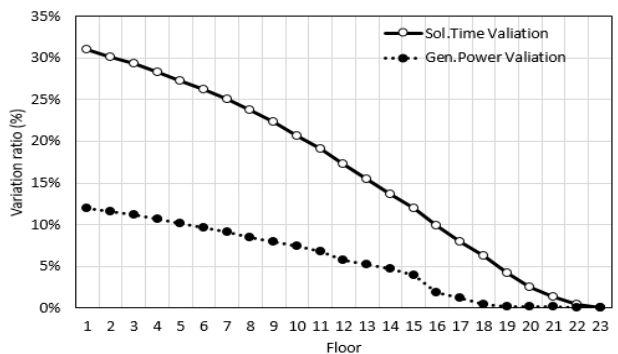


Fig. 10. Variation of Duration of Sunshine & Power (Position ②)

즉, 직달 일사가 일정 비율 감소된다하여도 확산일사의 영향으로 일조시간 감소와 동일한 비율로 발전량이 감소되지는 않는 것으로 나타났다. 또한 유사한 일조시간 감소 비율을 나타내는 층은 유사한 발전량 감소를 나타내었으며, 예를 들어, 일조시간 감소율이 약 20%인 층(분석지점 ①은 6층, 분석지점 ②는 10층)의 경우 발전량 감소는 약 7.5%로 유사한 감소율을 나타내었다.

개발된 프로그램을 활용하여 분석 지점별 연간 일조시간, 일사량, 발전량을 평가한 결과, 지점별 일조 차폐의 영향을 적절히 반영하여 연간 발전량을 평가 할 수 있는 것으로 나타났다.

## 6. 결론

본 연구에서는 공동주택의 BIPV 설치 지점에 대해 일조차폐물의 영향을 반영한 연간 일조 시간, 일사량, 발전량을 평가할 수 있는 프로그램을 개발하였으며, 개발된 프로그램의 일사량 및 발전량 평가법을 기존의 평가법을 실측 설비에서 측정된 데이터와 비교 검증하여 예측 결과의 정도를 정량적으로 비교하였다.

평가 프로그램은 상용CAD 프로그램과 연동하여 계산을 수행하며, 이에 따라 별도의 전문지식이나 프로그램 운용 교육 없이 손쉽게 BIPV의 설치 위치에 따른 발전량 평가가 가능하도록 개발되었다.

또한 PV 성능 시험 성적서에서 참조 가능한 성능 변수를 활용하여 보다 현실적인 발전량을 계산 할 수 있음을 확인하였다.

향후 개발 프로그램은 BIPV 설치에 따른 발전량에 기준하여 전력 판매 비용 또는 전력 소비 대체 비용을 산출하고 BIPV 패널의 초기 설치 비용 등을 고려할 수 있는 경제성 평가 기능을 추가하여 활용도를 향상시킬 계획이다.

## ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE) of the Republic of Korea (No. 20143010011910).

## Reference

- [1] Song, D.S, et al, Applicability of the Solar irradiance Model in Preparation of Typical Weather Data Considering Domestic Climate Conditions, 2016, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.28 (12), 2016
- [2] Zhang Q., et al, Development of Typical Year Weather Data for Chinese Locations, 2002, ASHRAE Transactions, Vol.108
- [3] Hideyo NIMIYA, Hiroshi AKASAKA, Yoh MATSUO and Kazuhiro SOGA, A Method to Estimate the Hourly Solar Radiation Using AMeDAS Data Part 2, Transactions of the Society of Heating, Air- conditioning and Sanitary Engineers of Japan, No. 65, 1997, p.53-65
- [4] 이용준 외4인, “연간 일조환경 및 일사량 산출을 통한 BIPV의 발전량 예측 프로그램 개발”, 한국태양에너지학회 춘계학술발표회 논문집, 2017. 04 // Lee, Yong-Jun, Oh, Eun-Joo, Do, Sin-Young, Lee, Seung-Joon, Lee, Sang-Moon, Development of BIPV power generation prediction program Through annual sunshine environment and solar radiation calculation, Journal of KSES 2017 Spring Annual Conference, 2017.04