

## 동절기 기후 요소와 수직면 건물일체형 태양광발전시스템 발전량의 상관관계 분석

박 강 현, 김 수 민<sup>†</sup>

숭실대학교 건축학부 건축환경재료연구실

### Comparative Analysis of the Change Tendency between Climatic Elements and Electricity Generation of Building Integrated Photo Voltaic in Winter

Kang-Hyun Park, Sumin Kim<sup>†</sup>

Building Environment and Materials Lab., School of Architecture, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea

(Received March 15, 2012; revision received April 10, 2012)

**ABSTRACT:** Most air pollution and smog are a result of the burning of fossil fuels. The use of fossil fuels also causes acid rain and global warming. So the need for solar energy utilization is increased. It is essentially important to make efforts to reduce usage of fossil energy resources. In this study, we analyzed the correlation between climatic elements(Cloud cover, Duration of sunshine, Temperature) and the photovoltaic power generation. Cloud cover of the correlation coefficient was 0.87. And duration of sunshine of the correlation coefficient was 0.93. The order of the correlation coefficient was duration of sunshine, cloud cover, temperature. To accurately analyze of the degree of correlation for the photovoltaic power generation, additional research about climatic elements that show a high correlation is needed.

**Key words:** Building Integrated Photo Voltaic(BIPV, 건물일체형 태양광발전), Cloud cover(운량), Duration of sunshine(일조시간), Climatic element(기후요소), Correlation coefficient(상관계수)

### 1. 서 론

대부분의 대기 오염과 스모그는 화석 연료를 태움으로써 발생한다. 또한 화석 연료의 사용은 산성비를 내리게 하며, 무엇보다도 중요한 것은 지구 온난화를 초래한다는 것이다. 대표적인 화석 연료인 석유의 경우, 오늘날 가장 많이 쓰이는 에너지원이지만 전세계를 대상으로 한 석유의 공급에는 한계가 있으며, 한 세기 이내에 매장량의 대부분이 고갈될 것

으로 예상된다.<sup>(1)</sup> 우리나라의 경우, 화석 연료의 사용에서 비롯되는 온실가스의 배출량은 2007년 기준 6억 1000만 톤에 이르며, 이 중 건물에서 배출되는 온실가스의 양은 1억 3800만 톤에 상당한 것으로 전체 온실가스 배출량의 약 22.6%에 이른다. 이에 따라 정부는 2020년까지 배출전망치(Business As Usual; BAU) 대비 감축목표를 설정하였고, 이 중 건물 부문에서의 감축목표는 26.9%에 달한다.<sup>(2-4)</sup> 건물 부문에서의 목표는 2007년 수준보다도 온실가스 배출량이 적어야 하는 것으로 쉽지 않은 목표이다.

이와 같이 화석연료의 사용을 줄이고 온실가스 감축목표를 지키기 위해서는 친환경적인 에너지원 또는 재생 에너지원의 사용이 불가피하다. 특히 재생 에

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-2-820-0665; fax: +82-2-816-3354

E-mail address: skim@ssu.ac.kr

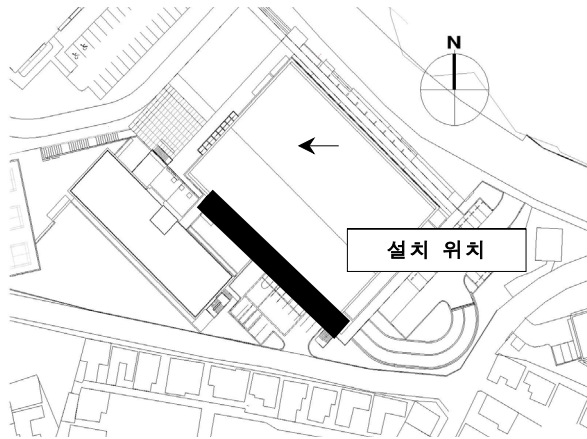


Fig. 1 Block plan.

너지는 자연 속에서 획득이 가능하고 반복하여 사용할 수 있어 사용 영역의 확대가 기대된다. 재생 에너지 중 태양광을 이용한 발전 시스템은 초기 투자비가 많이 소요되지만 설치 후 유지관리가 용이하여 점차적으로 확산되고 있다. 태양광 발전 시스템 중 건물 일체형 태양광발전시스템(Building Integrated Photo Voltaic : BIPV)은 발전 설비의 설치를 위한 별도의 공간 확보 없이 벽면 등의 건물 외피에 적용할 수 있다는 장점이 있다.<sup>(5)</sup> 하지만 발전 설비의 설치면 방향이 고정되어 있어 가동 시간 중 발전 효율이 높은 시간대가 편중 또는 축소될 수 있다는 단점도 있다.

기후 요소가 태양광 발전과 시스템에 미치는 영향 정도를 분석하는 연구가 진행 중에 있다.<sup>(7-10)</sup> 태양광 발전은 외기에 노출되어 태양의 일사를 획득하여 발전하는 것으로 일기의 변화에 따라 발전량에도 차이가 있을 수 있다. 이에 따라 본 연구는 동절기 기후 변화에 따른 BIPV의 발전량 변화 정도를 조사 및 분석하여 기후 요소와의 상관 관계를 확인하고자 한다.

## 2. 연구 대상 및 방법

### 2.1 연구 대상

본 연구에서는 서울시 도봉구에 소재한 체육관에 설치된 BIPV의 발전량 데이터와 서울 기상청의 기상 데이터를 조사 및 분석하였다. Fig. 1과 Fig. 2는 건물의 배치와 BIPV가 설치되어 있는 모습을 나타낸 것이다. 설치면은 남서향을 향하고 있으며, 태양광 설비의 용량은 28.36 kW이다. 기후 변화에 대한



Fig. 2 The BIPV on curtain-wall.

조사 대상 기후 요소로는 상관성이 높을 것으로 추정되는 운량, 기온, 일조시간으로 정하였고, 조사 대상 기간은 2010년 12월 초에서 2011년 2월 말까지로 하였다. Table 1은 연구 대상이 위치한 지역의 기후 정보를 나타낸 것이다.

### 2.2 연구 방법

연구 대상 기간인 2010년 12월부터 2011년 2월까지의 기상 데이터와 동 기간 동안의 발전량 데이터를 조사한 후 상관 관계를 분석하였다. 비교 분석은 일별 데이터를 기준으로 하였고, 기후 요소별 상관 관계를 확인하기 위해 상관 계수  $r$ 를 산출하였고, Scatter diagram을 이용하여 시각적으로 나타내었다. 조사 대상 기후 요소는 운량, 일조시간, 기온으로 하였으며, 운량은 0.0~10.0(단위 : 할)으로 표현되는 강수현상과 관계가 없는 구름의 양이나 본 논문에서

Table 1 Weather information<sup>(3)</sup>

	2010. 12.	2011. 01.	2011. 02.
Duration of sunshine(hr)	157.8	218.5	166.6
Mean cloud cover (%)	41	27	40
Mean temperature (°C)	-1.3	-7.2	1.2
Rainfall(mm)	16.1	8.9	29.1
Mean relative humidity(%)	55.9	53.8	55.2
Amount of snowfall(cm)	22.2	12	0.2

는 단위를 백분율(%)로 적용하였다. Scatter diagram 은 상관 관계의 유무를 시각적으로 확인하기 위한 그래프로써 작성된 그래프상 타점들의 형태에 따라 양의 상관 관계, 음의 상관 관계 또는 상관 관계가 없음을 알 수 있다.<sup>(6)</sup> 상관 계수  $r$ 은 -1에서 1까지의 값으로 나타난다. 상관 계수의 부호가 양(+)일 때에는 양의 상관관계를, 음(-)일 때에는 음의 상관 관계가 있음을 나타낸다. 상관 관계의 강도는 상관 계수의 절대값  $|r|$  또는 자승값  $r^2$ 으로 평가한다. 값이 1에 가까울수록 상관이 강하다는 것을 의미하며, 0에 가까울수록 상관 관계가 존재하지 않음을 나타낸다. 변수  $x$ (발전량)와  $y$ (기후 요소)의 상관 계수  $r$ 은 식 (1)과 같다.

$$r = S(xy) / (S(xx)S(yy))^{1/2} \quad (1)$$

### 3. 연구결과 및 고찰

#### 3.1 시기별 발전량

월간 발전량에 대한 조사 결과는 Fig. 3과 같으며, 같은 기간 동안 태양광 발전 설비의 일평균 가동시간은 Fig. 4와 같다. 일평균 가동시간을 비교하여 볼 때, 1월과 2월의 가동 시간이 유사하게 나타났으나 발전량 그래프를 볼 때 12월 1,076 kWh, 1월 1,546 kWh, 2월 1,053 kWh로 1월 중에 가장 많은 발전을 한 것으로 나타나 가동시간의 변화가 발전량에 미치는 영향이 절대적이지 않음을 알 수 있다. 보다 더 정밀한 비교를 위해 일간 기상 정보를 확인하여 일간 발전량과 기후 요소 간의 상관 관계

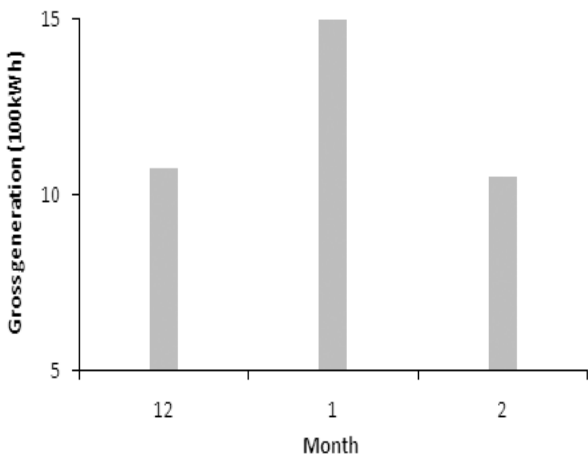


Fig. 3 Monthly electricity generation.

를 중점적으로 분석하였다. 하루 중 시간대별 발전량을 조사한 결과는 Fig. 5에서 보여주고 있다. 하루 중 13~15시 사이에 가장 많은 발전을 한 것으로 나타났는데 이는 연구 대상 BIPV의 태양광 패널 설치면이 남서향을 향하고 있기 때문으로 판단된다.

#### 3.2 기후 요소와 발전량 간 상관성

##### 3.2.1 운량과 발전량

Fig. 6는 운량과 BIPV의 발전량 간 상관성을 나타낸 것으로 상호 음의 상관관계가 있음을 알 수 있다. 운량이 적으면 적을수록 천공 상태에 가까워져 태양 일사의 전달에 있어 장애 요소가 줄어들어 발전에 필요한 일사 취득량이 증가하여 발전량이 증가하게 되는 경향을 보이고 있다. 운량과 태양광 발전설비의 발전량 간의 상관계수  $r$ 은 0.87로 상당히 높은 상관성을 나타내고 있다.

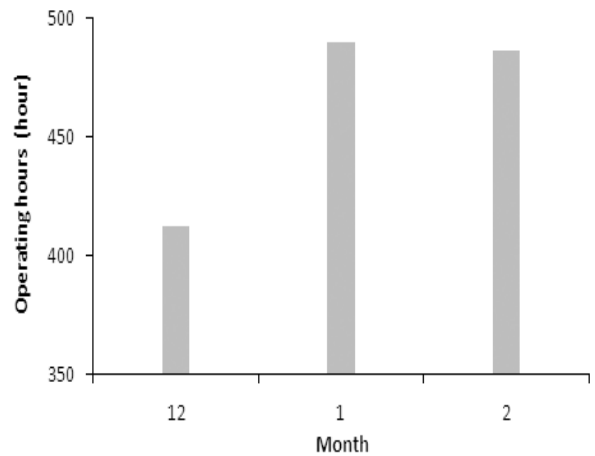


Fig. 4 Daily average of operating hour.

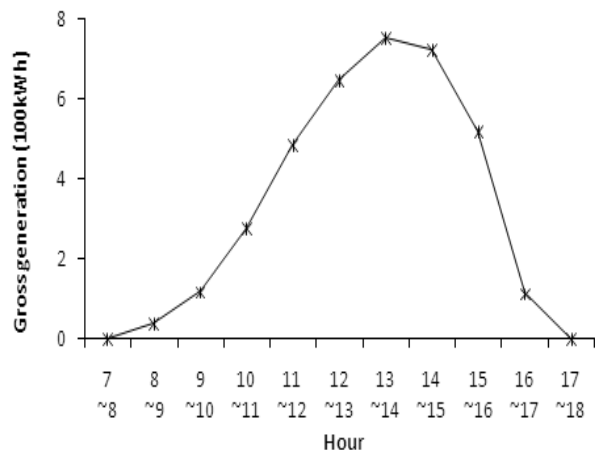


Fig. 5 Hourly electricity generation.

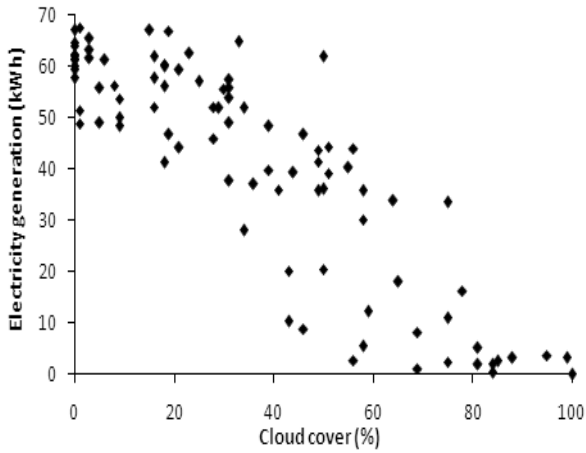


Fig. 6 The correlation between cloud cover and electricity generation.

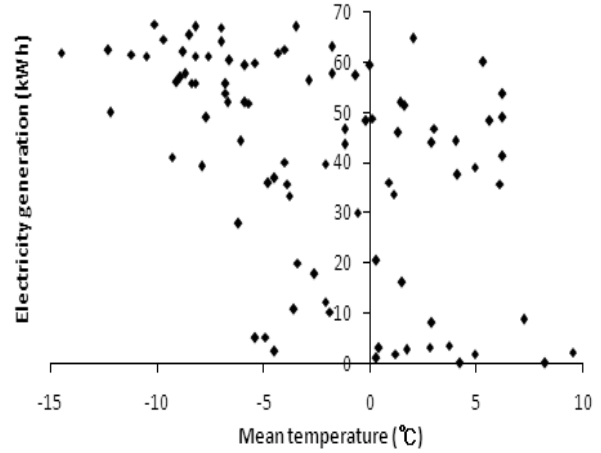


Fig. 8 The correlation between temperature and electricity generation.

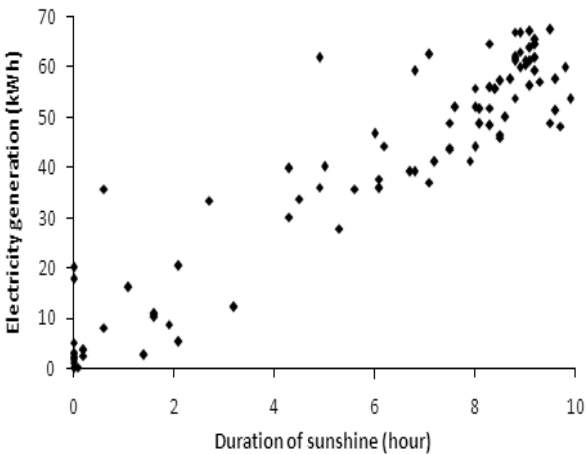


Fig. 7 The correlation between duration of sunshine and electricity generation.

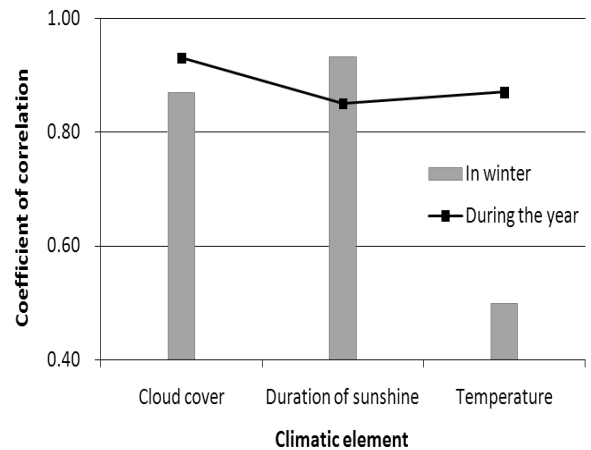


Fig. 9 The correlation coefficient of climatic elements.

### 3.2.2 일조시간과 발전량

BIPV의 발전량과 일조시간 간의 상관관계는 Fig. 7과 같았다. 일조시간이 증가함에 따라 발전량도 함께 증가하는 양의 상관관계를 나타내고 있다. 일조시간은 운량과 강수량 등의 기후 요소와 반비례하는 경향을 보이고 있어 관련 기후 요소의 변화 양상에 대한 추가적인 조사와 연구가 필요할 것으로 판단된다. 일조시간과 BIPV의 발전량 간의 상관 계수  $r$ 은 0.93으로 운량보다 높은 상관성을 나타내고 있다. 이는 동절기를 연구 대상 기간으로 한 결과로써 우기철이 있는 하절기 등 타 계절과 함께 비교할 경우에 대한 비교 분석이 뒤따라야 할 것이다.

### 3.2.3 외기온과 발전량

비교 대상 기후 요소 중 기온이 발전량에 미치는 영향을 알아보기 위해 조사 및 분석한 결과는 Fig. 8과 같다. 기온의 경우, BIPV의 발전량과의 상관성이 약한 것을 알 수 있다. 상관 계수  $r$ 은 0.50으로 나타나 Scatter diagram에서 보는 바와 같이 기온과 태양광 발전량 간의 상관성이 적은 것으로 나타났다. 일반적으로 고온의 하절기에는 발전량이 적으며, 저온의 동절기에는 발전량이 많은 것으로 나타나 온도와 발전량 간에 음의 상관관계가 클 것으로 예상하였으나 결과는 상관관계가 크지 않은 것으로 나타났다. 이에 따라 하절기의 경우에는 우기철 등으로 인한 운량의 증가로 발전량이 적고, 동절기에는 천공 상태에 가까워 취득 일사량이 많아져 발전량이 증가하는 것으로 판단된다.

### 3.3 연중 상관계수와 비교

Fig 9는 동절기 기간 동안의 기후 요소와 태양광 발전량과의 상관계수와 연중 기후 요소와 태양광 발전량과의 상관계수<sup>(10)</sup>를 비교한 것이다. 연중 기후 요소와 태양광 발전량과의 상관계수  $r$ 은 운량, 외기온, 일조시간의 순으로 각각 0.93, 0.87, 0.85이었다. 동절기 3개월간의 기후 요소와 태양광 발전량과의 상관계수  $r$ 은 일조시간, 운량, 외기온의 순으로 각각 0.93, 0.87, 0.50로 나타났다. 동절기 및 연중의 각 기후 요소 중 운량과 일조시간은 상당히 높은 상관관계를 나타내고 있지만 외기온의 경우 동절기의 상관계수  $r$ 은 0.50으로 연중 상관계수  $r$ 인 0.87과는 큰 차이를 보이고 있다. 이는 연중 일평균 기온의 변화 폭은 계절의 변화에 따라 크고 이에 따라 태양광 발전량과의 상관관계가 음의 상관관계를 이루는 반면, 동절기 기간 중에는 일평균 기온의 변화폭이 작아 음의 상관관계를 형성하지 못하고 Fig. 8과 같이 외기온과 태양광 발전량과의 상관관계가 부족한 형태를 보이는 것으로 판단된다.

### 4. 결 론

동절기 기간을 대상으로 일간 기상자료와 태양광 발전량 간의 상관관계를 조사 및 분석하였다. 동절기 중 1월의 발전량이 가장 많은 것으로 조사되었으며, 가동 시간이 발전량에 미치는 영향이 절대적이지 않은 것으로 확인되었다. 기후 요소 중 운량은 발전량과 음의 상관관계를 나타내었으며, 상관계수  $r$ 은 0.87로 나타나 높은 상관성을 보였다. 일조시간의 경우 발전량과 양의 상관관계를 나타내었고, 상관계수  $r$ 은 0.93으로 가장 높은 상관관계가 있었다. 동절기의 기후 특성인 적은 운량으로 발전에 필요한 일사량 획득이 많아져 발전량이 반비례로 증가하는 것을 알 수 있었으며, 일조시간의 증가에 따라 발전량이 함께 증가하는 경향성을 파악할 수 있었다. 비교 대상 기후 요소 중 외기온은 발전량의 변화에 미치는 영향이 적은 것으로 나타났다. 이는 동절기 기간 중 일평균 외기온의 변화 정도가 작아 발전량과의 상관관계의 규명이 불분명해졌기 때문으로 판단된다.

동절기 기간 동안의 발전량 변화 양상이 기후 요소로부터 받는 영향의 정도를 상관계수를 산출함으로써 상관성을 분석한 본 연구는 향후 BIPV 등의

태양광 발전 설비 활용에 있어 기초 데이터로의 활용이 기대된다. 조사 대상 기간을 하절기 및 간절기 까지 확대하여 해당 기간별 및 시간대별 세분화한 추가적인 비교 분석이 필요하며, 향후 강수량 및 습도 등의 기후 요소와의 상관성 분석으로 통해 발전량과의 관계를 명확히 규명할 필요가 있겠다.

### 후 기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2011-0016996).

### 참고문헌

1. Norbert, L., 2008, Heating Cooling Lighting, New Jersey : John Wiley and Sons, Inc., pp. 5-55.
2. National Implementation Plan for Reduction of Greenhouse Gas, 2011, Energy Daily.
3. <http://www.gihoo.or.kr>.
4. <http://www.greengrowth.go.kr>.
5. Yoon, J. H., 2011, The latest technology trends of building integrated photovoltaic (BIPV) and building integrated solar thermal (BIST) system, Construction Technology Review of SSICT, Vol. 59, pp. 4-9.
6. No, H. J., 1998, Research methods and statistical analysis by excel seoul : beopmunsa, pp. 21-121.
7. Kang, I. J., Han, K. B., Kwak, J. H., Choi, H., and Choi, C. Y., 2009, Analysis of the climate element for selected solar energy facility location, Proceedings of the KSCE 2009 Annual Conference, pp. 1783-1785.
8. Jeon, G. Y., Choi, H. J., Cha, I. S., and Yoon, J. P., 2007, Research about characteristic analysis by operation data of PV/Wind system and solar radiation/wind speed at Naju city, Proceedings of the Power Electronics 2007 Annual Conference, pp. 58-60.
9. Park, K. T., Choi, J. S., and Chung, D. H., 2008, A novel PV tracking system control considering the power loss with change of insolation,

- Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 22 No. 6, pp. 89-99.
10. Park, K. H., Lee, J. H., Kim, S. M., and Park, K. W., 2012, Analysis of the correlation between climatic elements and electricity generation of building integrated photo voltaic on gymnasium building's curtain wall, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 32 No. 1, pp. 8-14.