

# RPS 제도가 적용된 옥상녹화통합형 태양광시스템의 출력 경제성에 대한 연구

박상연\* · 김태한\*\*

\*상명대학교 대학원 환경자원학과 · \*\*상명대학교 환경조경학과

## I. 서론

최근 기후변화 재해에 대한 근원적 문제해결을 위해 중앙 집중식 에너지 공급체계를 효과적으로 분산형 구조로 개선할 수 있는 재생에너지 시스템이 활발히 논의되고 있다.

국내의 경우, 10%대의 전력 예비율을 유지하고 있으나, 점차 증가하는 전력수요에 대응할 수 있는 공급인프라 증설에 한계를 보이고 있다. 특히 절기 및 장소에 따른 가변적 전력수요는 새로운 접근방법을 요구하고 있으며, 이에 대한 대안으로 태양광발전이 제시될 수 있다. 태양광발전은 공간이 짧으며, 전력부하 집중 시간대에 분산형 전력 공급원으로 효과적으로 활용할 수 있다.

반면, 현재 태양광시장의 80%이상을 점유하는 결정질 태양전지는 모듈 표면온도가 25℃를 기준으로 1℃당 0.4~0.5%의 효율이 저감되는 물리적 특성을 가지고 있어, 작동환경에 대한 고려가 필요하다. 다양한 모듈표면온도 저감방법 중에서 옥상녹화는 식물과 토양에 의한 기작으로 주변기온저감효과는 물론 집중강우에 의한 도시홍수저감효과도 기대할 수 있다.

따라서, 본 연구는 태양광발전에 대한 옥상녹화의 온도저감 연계효과를 출력 및 경제성 개선 측면에서 모니터링결과를 기반으로 최근 시행되는 RPS제도와 연동하여 규명하고자 한다.

## II. 연구내용 및 방법

### 1. 실험지 개요

본 연구의 대상지는 천안시 소재 상명대학교 천안캠퍼스 상록관 옥상으로 태양광환경 분석을 통해 적지를 도출하여 실험구와 대조구에 동일한 태양광발전설비를 1.5kW씩 총 3kW가 시공되어 있으며, 모니터링설비를 구축하였다. 실험구는 녹화공간에는 유니트형 녹화에 세덤류를 식재하여 조성했다. 반면 대조구는 기존 옥상의 우레탄방수층을 기반으로 비녹화 옥상공간을 조성하였다.

### 2. 모듈표면온도 비교

태양광발전시스템의 출력량 선정을 위한 대표실측기간은 2014년도 중 일사량이 가장 우수했던 10월로 선정하였으며, 10월 중 1일에서 7일로 7일간을 선정하였으며, 선정기간을 기반으로 실험

구와 대조구의 태양광모듈온도 비교를 진행하였다.

대표 실측기간동안 녹화, 비녹화의 태양광 모듈표면온도 중 가장 높은 온도차는 6일 11시 50분에 23.7℃를 기록하였으며, 일조 집중시간인 12시부터 15시까지 평균 13.9℃의 온도차를 보였다.

### 3. 태양광모듈온도를 고려한 출력 예측

태양광모듈 표면온도는 태양광출력에서 가장 영향력있는 환경손실인자로서 온도변화에 따라 출력 특성분석이 가능하다. 이는 옥상녹화에 의한 모듈표면 온도 저감 효과가 태양광 출력에 미치는 상관관계를 규명하는 논리를 제공한다. 실험구와 대조구의 태양광모듈온도 모니터링 결과를 다음의 출력 예측식에 적용하여 모의하였다.

$$P = G_T \cdot \eta_{T_{ref}} A [1 - \beta_{ref} (T_C - T_{ref})]$$

$G_T$	: 단위 면적당 일사강도 (W/m <sup>2</sup> )
$A$	: 에너지를 받는 면적(m <sup>2</sup> )
$\eta_{T_{ref}}$	: 태양전지 변환효율(%)
$T_{ref}$	: 성능기준 온도(25℃)
$T_C$	: 실제 모듈 동작 온도(℃)
$\beta_{ref}$	: 온도계수

모의결과 대표실측기간 동안 실험구는 일조시간 평균 0.54kW, 일조집중시간 평균 0.73kW가 기록되었으며, 대조구는 7일 일조시간 평균 0.51kW, 일조집중시간 평균 0.68kW를 기록하였다. 이를 통해 각각 6.3%, 7.1%의 녹화로 인한 태양광출력 개선효과가 확인되었다.

### 4. 출력예측 및 실측 비교분석

앞서 출력예측식에 의해 산출된 결과의 타당성을 검증하기 위해 대표실측기간의 모니터링 결과와 비교 분석을 실시하였다. 실험구 출력예측과 실측결과는 일조시간 평균 9.1%, 일조집중시간 평균 8.7%차이를 보였으며, 대조구의 출력예측결과와 실측결과는 일조시간 평균 8.1%, 일조집중시간 평균 8.6%의 차이를 보였다.

### 5. RPS제도 적용 비용 분석

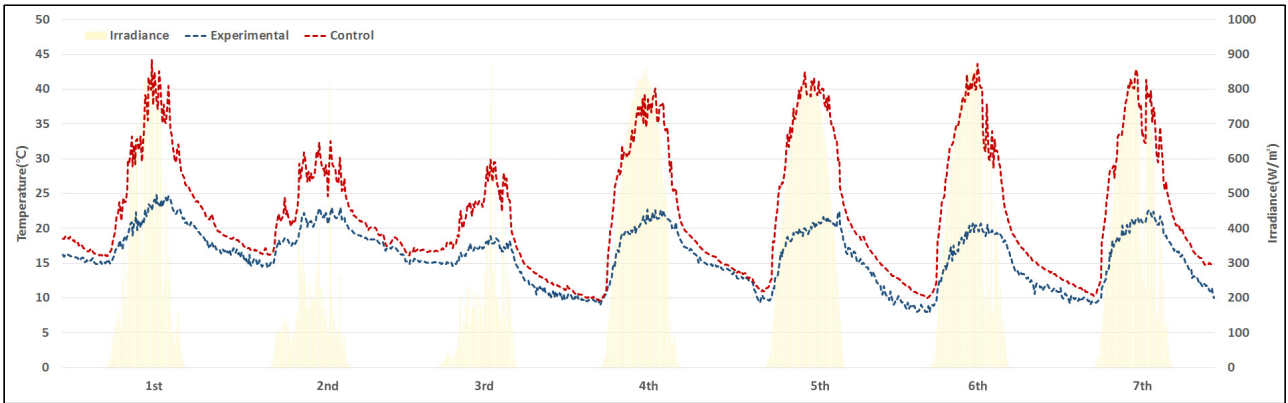


그림 1. PV Module Temperature Monitoring in Experimental and Control Testbed (1st~7th October, 2014)

본 연구는 2012년부터 시행중인 RPS제도를 통해 REC, SMP가 적용된 출력량을 기반으로 전력판매가를 도출하고자 하였다. 여기서 REC는 태양광시설의 시공대상지 지목에 따라 가중치가 적용되며, 일반적으로 태양광 발전사업의 매출액은 다음 산식으로 도출할 수 있다.

$$\text{연 매출액} = \text{연간발전량} \times (\text{SMP} + \text{REC} \times \text{가중치})$$

대표실측기간 동안 실험구와 대조구의 매출액 비교를 위하여 발전량과 2014년 10월 SMP와 REC를 적용하고 가중치는 건축물 기준 1.5를 적용하였다. 출력예측식을 통하여 도출된 실험구와 대조구의 매출액 비교결과 실험구가 대조구보다 6% 높았으며, 실측결과 또한 실험구가 대조구보다 매출액이 7% 높은 것을 확인할 수 있었다.

### III. 결론

1) 대표 실측기간동안 녹화, 비녹화의 태양광 모듈표면온도는 6일 11시 50분, 23.7°C로 최고차이를 기록하였으며, 일조집중시간인 12시에서 15시까지 평균 13.9°C의 온도차를 보였다. 이를 통해 옥상녹화의 태양광모듈표면 온도 저감에 대한 긍정적인 영향이 확인되었다.

2) 대표실측기간 동안 실험구 모의결과는 7일 일조시간 평균 0.54kW, 일조집중시간 평균 0.73kW가 기록되었으며, 대조구 모의결과는 7일 일조시간 평균 0.51kW, 일조집중시간 평균 0.68kW를 기록하였다. 이를 통해 녹화가 각각 6.3%, 7.1%의 태양광출력 개선에 기여한 것을 확인할 수 있었다.

3) 대표실측기간 동안 출력예측과 실측을 비교한 결과 실험구의 출력예측과 실측은 일조시간 평균 9.1%, 일조집중시간 평균

8.7% 차이를 보였으며, 대조구의 출력예측과 실측은 일조시간 평균 8.1%, 일조집중시간 평균 8.6%의 차이를 보였다.

4) 출력예측과 실측결과를 기반으로 RPS제도와 연계하여 비용 분석을 실시하였으며, 실험구가 대조구보다 매출액이 평균 7% 높게 산출되었다.

본 연구는 연구진행이 단기간 동안 수행되어, 보다 명확한 물리적, 경제적 효과 분석에 한계를 가지고 있으며, 이는 후속 연구를 통한 보완이 필요하고 이를 기반으로 한 체계적인 관련 출력 예측식의 보정이 요구된다.

### 참고문헌

1. 김태한, 박상연(2010) "표면온도 알고리즘을 통한 옥상녹화통합형 태양광발전시스템의 출력 모니터링 연구" 한국생태환경건축학회 15(1).
2. 이지희, 조한보, 김태한(2012) "스마트 가로등 시스템을 적용한 수인형 도시공원모텔에 관한 연구" 한국조경학회지 40(4).
3. 황혜미, 소정훈, 유권중(2010) "RPS와 연계한 태양광발전소의 운영 및 경제성 분석 방안" 대한전기학회 하계학술대회 논문집.
4. J. Jie, Y. Hua, H. Wei, P. Gang, L. Jianing and J. Bin(2007) Modeling of anovel trom be wall with PV cells, Building and Environment 42: 1544-1552.
5. S. D. Hendire(1979) Evaluation of combined photovoltaic / thermal collectors, Proceedings of ISES Solar World Congress, Atlanta, GA, pp. 1865-1869.
6. K. Nishioka, T. Hatayama, Y. Fuyuki and K. Kurokawa(2003) Fieldtest analysis of PV system output characteristics focusing on module temperature, Solar Energy Materials and Solar Cells 75: 665-671.
7. T. T. Chow, W. Heand J. Ji(2006) Hybrid photovoltaic-thermo syphon water heating system for residential application, Solar Energy 80: 298-306.
8. C. Cristofari, P. Poggi, G. Notton and M. Muselli(2006) Thermal modelling of a photovoltaic module, Proceedings of Sixth IASTED International Conference on "Modelling, Simulation and Optimization", Gaborone, Botswana, pp.273-278.