

# 태양전지 온도에 따른 효율

(The efficiency of solarcell related to temperature)

신혜영\*\* · 최홍규\* · 김용규\* · 안윤기\* · 최준영\* · 윤철구\* · 임명환\* · 김종수\* · 서범관\*  
(hye-young Shin\*\* · hong-kyoo Choi\* · young-kyu Kim\* · youn-ki An\* · June-young Choi\* · cheol-gu Yoon\*  
· myung-hwan Lim\* · jong-soo Kim\* · beom-gwan Seo)  
(\*\* 홍익대학교 · \* 홍익대학교 · (주) 삼우 종합건축사 사무소)

## Abstract

화석연료의 문제점을 보완하고 있는 태양광발전 시스템은 태양전지 모듈의 온도에 따라 출력량이 급격히 변화하는 특성을 가지고 있다. 이러한 특성을 잘 이해하고 전력생산을 극대화 하기위해 태양전지의 온도를 낮추기 위한 방법을 고려했다. 본 논문에서는 모듈의 앞면과 뒷면에 똑같은 온도 감소 설비를 한 후 뒷면의 온도를 낮추는 것이 발전량에 더 큰 도움을 준다는 결론을 도출하였다.

## Abstract

Photovoltaic system that is overcoming the problem of fossil fuel, changes the output quantity rapidly according to the temperature of module. so, we studied this principle and considered the method making lower the temperature of module for maximization of electric power production. In this thesis, we concluded that, we fit on below and upper direction of the module to decrease at the same temperature. lower temperature of below direction is more useful for the generating quantity.

## 1. 서론

신·재생 에너지는 화석연료의 문제점들을 보완하고 대체하기 위해 등장했다고 볼 수 있다. 신·재생 에너지가 갖는 특징들은 자연스럽게 기존의 화석연료의 가장 큰 문제점인 자원고갈과 환경문제의 보완점으로 말할 수 있을 것이다. 이러한 특성 때문에 신·재생 에너지는 자연스레 중요성을 띠게 되었다. 우리나라 정부에서도 2011년 까지 총 에너지의 5%를 신·재생 에너지로 공급한다는 목표와 공공기관이 신축하는 건축물에 건축공사비의 5%이상을 태양광, 지열 등 신·재생 에너지 시설에 투자하도록 의무화 하고 있다. 이에 따라 최근 국내에서도 태양광발전시스템에 대한 관심이 많아지면서 그 시설이 급격히 늘어나고 있으며, 신·재생 에너지의 효율 증대 또한 발전 기술의 중요한 요소 중 하나로 고려되어 지고 있다.

태양광 발전은 반도체의 광기전력 효과를 이용하여 태양으로부터 발생하는 빛 에너지를 전기에너지로 변환하는 전력변환 및 제어 기술을 말한다. 하지만 태양에너지는 빛에너지뿐만 아니라 열에너지도 포함하고 있어

태양전지 모듈의 수명 및 출력에 적지 않은 영향을 미치고 있다. 태양전지의 출력은 모듈 표면으로 입사되는 태양빛의 세기와 태양전지의 온도에 따라 변하는 특성을 가지고 있는데 환경조건에 따라 전기 생산량이 의존적이다. 현재 가장 많이 이용하고 있는 결정질 실리콘 태양 전지의 경우 PV모듈 온도의 상승이 PV시스템의 성능을 저하시키는 주요 요인이 된다. 본 논문에서는 계절에 따른 발전량의 변화를 비교 검토한 뒤, 모듈의 표면온도를 낮추어 발전량을 실측하고, 실측 data를 통해 태양전지의 온도변화에 따른 효율을 비교해 보았다.

## 2. 본론

### 2.1. 태양전지의 특성

태양전지의 특성이란 태양전지 모듈에 입사된 광 에너지가 변환되어 발생하는 전기적 출력의 특성을 전압-전류특성이라 한다. 일반적으로 태양광 발전에 대하여 태양광이 가장 강렬하게 비추는 한 여름에 가장 발전량이 많을 것으로 알고 있지만 실제 운전에 들어가 보면 그렇지 않다. 즉, 모듈의 표면온도가 높게 되면 출력이

저하하는 부(-)의 온도 특성을 가진다. 방사를 받는 모듈 표면의 온도는 외기온도에 비례해서 청천시 20~40℃ 정도 높게 되기 때문에 기준 상태에서의 출력에 비해서 저하한다.

## 2.2. 모듈온도와 발전량의 관계

모듈온도와 발전량의 관계를 검토해 보기 위하여 실제 건물 옥상에 설치되어 있는 용량 5[kW]급 태양광 발전시스템의 모듈온도와 그에 따른 발전량을 비교해 보았다. 표 1은 한여름인 7월, 8월의 측정 data와 겨울철인 1월, 2월의 측정 data중 일사량이 비슷한 날짜를 비교한 표이다. 발전량은 15분 동안의 발전량을 나타내고 있다. 표 1을 통해 일사량이 거의 같은 날임에도 불구하고 여름철과 겨울철에 모듈 온도와 발전량에 차이가 나타나는 것을 확인 할 수 있다.

표 1. 여름철과 겨울철의 태양광 발전 시스템의 발전량

Table 1. The amount of power generation of photovoltaic system between winter and summer

날짜	일사량[W/m <sup>2</sup> ]	모듈온도[℃]	발전량[Wh]
7월 1일	107	26	67.82
1월 2일	102	0.86	142.42
7월 3일	543	63	350.7
1월 3일	533	4.31	791.04
7월 24일	272	39	191.38
1월 5일	272	2.25	409.29
7월 25일	683	45	456.27
1월 8일	680	5.57	1037.01
8월 1일	302	42	204.41
2월 2일	290	2.7	512.47
8월 3일	505	54	338.65
2월 4일	513	4.45	802.31
8월 5일	613	61	408.15
2월 11일	610	5.14	934.77

측정한 결과를 분석하여 보면 일사량이 거의 같은 날임에도 불구하고 여름철과 겨울철에 모듈 온도와 발전량에는 7월 24일과 1월 5일은 같은 시간동안 같은 일사량을 가지지만 모듈의 온도가 낮은 겨울철인 1월 5일의 발전량이 217.91[Wh]만큼 증가 하였다. 이를 통해 모듈의 온도와 발전량이 관계는 온도가 증가 할수록 발전량은 감소하는 반비례 관계임을 알 수 있다. 또한 모듈온도 1[℃]감소 시 효율 0.45[%] 증가한다는 모듈 특성도 확인할 수 있다.

## 2.3 실험 방법 및 실험 장치

태양전지의 온도변화에 따른 발전량의 변화를 측정하기 위해 건물옥상의 외부에 설치 되어있던 기존의 모듈 결선을 다음과 같이 바꾸어 설치하였다

표 2는 본 논문에서 사용된 태양전지 모듈의 설치 조

건을 나타낸다.

표 2. 태양전지 모듈의 설치 조건  
Table 2. Construct condition of solarcell

	모듈의 용량	모듈 종류	비고
1조	190[W]×12 =2.3[kW]	다결정 실리콘	온도감소를 위한 장치 설치
2조	190[W]×12 =2.3[kW]		온도감소를 위한 장치 설치 없음

1조의 모듈과 2조의 모듈을 각각 6직렬 2병렬결선을 하여 같은 용량으로 나누어 결선하여 비교해 볼 수 있도록 하였다.

보다 정확한 비교 실험을 위하여 먼저 1조의 모듈과 2조 모듈의 같은 조건에서의 발전량을 비교하였다.

표 3. 같은 조건에서의 1조 모듈과 2조 모듈의 발전량

Table 3. The amount of power generation of the 1group and 2group module related to the same condition

1조 모듈			2조 모듈		
모듈의 온도[℃]	발전량 [Wh]		모듈의 온도[℃]	발전량 [Wh]	
	앞면	뒷면		앞면	뒷면
42	45	1683	42	45	1802
40	42	1569	40	42	1682
34	37	1408	40	41	1514

측정결과 1조 모듈과 2조 모듈의 발전량은 같은 조건(일사량, 풍속, 기온)에서 차이를 보이고 있다. 그리하여 1조 모듈의 온도를 변화 시켜 발전량을 증가 시키도록 하였다.

표 3에서 나타나듯이 발전량이 증가함에 따라 1조와 2조 모듈의 발전량 차이가 6.6%, 6.71%, 7%로 감소하고 있다. 발전량 차이는 뒤에 실험 시 1조 모듈과 2조 모듈의 발전량 차이를 비교하는데 오차를 보정하는 상수로 사용한다. 1조에는 태양전지의 모듈의 온도를 감소시키기 위하여 온도 감소를 위한 장치를 설치함으로써 2조의 태양전지 모듈의 온도보다 감소시킨 뒤 온도변화에 따른 발전량을 비교해 볼 수 있도록 모니터링 시스템을 통해 발전량을 측정해 보았다.

그림 1. 온도 감소를 위한 장치 실제 설치 형태  
Fig 1. The actual type of the equipment installation for temperature diminution

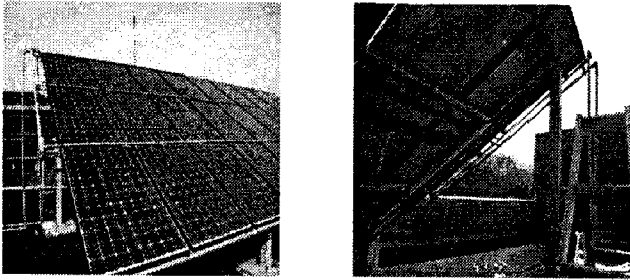


그림 2. 모니터링 장치  
Fig 2. monitoring

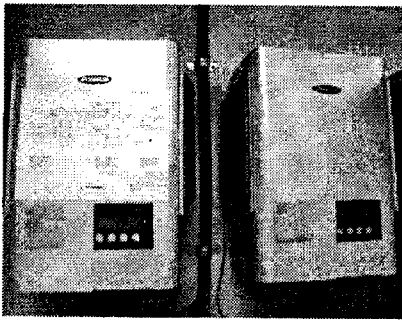
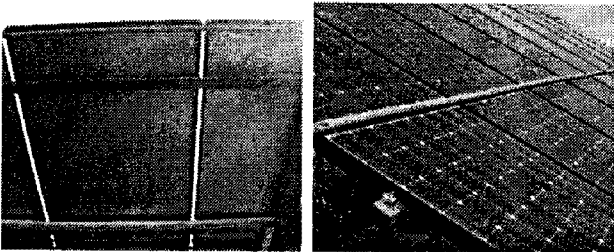


그림 3. 온도 감소를 위한 장치 작동모습  
Fig 3. operating shape of the equipment for temperature diminution



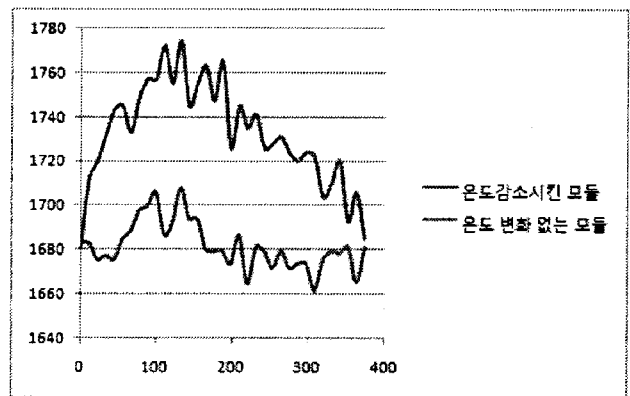
## 2.4 태양전지 모듈의 온도변화에 따른 발전량 비교

태양전지 모듈의 온도변화에 따른 발전량을 비교해 보기 위하여 1조 모듈의 앞면의 온도만을 감소시킨 후 비교하였다. 보정된 발전량은 2조 모듈의 발전량에 2.3점의 6.6[%]를 감소시킨 수치이다.

표 4. 1조 모듈의 앞면의 온도를 감소시킨 경우의 각 모듈의 발전량  
Table 4. The amount of power generation on each module when temperature of the front is diminished

1조 모듈			2조 모듈			
모듈의 온도 [°C]	발전량 [Wh]	발전량 [Wh]	모듈의 온도 [°C]		발전량 [Wh]	보정된 발전량 [Wh]
			앞면	뒷면		
42	1683	1802	42	45	1802	1683
23	1745	1816	42	45	1816	1696

그림 4. 1조 모듈의 앞면의 온도를 감소시킨 경우의 각 모듈의 발전량 그래프  
Fig 4. The amount of power generation graph on each module when temperature of the front is diminished



1조 모듈의 앞면에 물을 분사한 경우 모듈의 온도가 9[°C] 감소하고 약 2.8[%]의 발전량 증가가 생겼다.

표 5. 태양전지의 앞면과 뒷면의 온도  
Table 5. The temperature of the front and back of solarcell

태양전지 앞면의 온도[°C]	39	41	45	34	36
태양전지 뒷면의 온도[°C]	41	43	46	37	39

표 5에서와 같이 태양전지의 앞면과 뒷면의 온도측정 결과 뒷면의 온도가 태양전지 뒷면의 온도보다 고온임을 확인하였다.

그리하여 태양전지의 뒷면 온도를 감소시킨 후 각 태양전지 모듈의 발전량을 비교하였다.

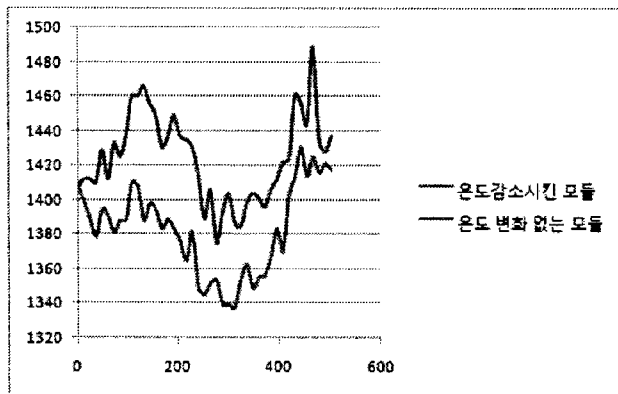
표 6. 1조 모듈의 뒷면의 온도를 감소시킨 경우의 각 모듈의 발전량

Table 6. The amount of power generation on each module when temperature of the back is diminished

1조 모듈			2조 모듈				
모듈의 온도 [°C]		발전량 [Wh]	모듈의 온도 [°C]		발전량 [Wh]	보정된 발전량 [Wh]	
앞면	뒷면		앞면	뒷면			
34	37	1408	40	41	1514	1408	
26	30	1489	41	41	1532	1424.76	

그림 5. 1조 모듈의 뒷면의 온도를 감소시킨 경우의 각 모듈의 발전량 그래프

Fig 5. The amount of power generation graph on each module when temperature of the back is diminished



뒷면에 물을 분사하는 실험 과정에서 뒷면에 분사하는 물이 모듈의 후면에 약 70%가 도달하고 약 30%는 도달하지 못하였다. 물이 모듈에 닿느냐 닿지 않느냐는 모듈의 온도를 결정하는 아주 중요한 요소이다. 그래서 이 오차를 보정하기 위해 뒷면에 물을 분사하는 시간을 앞면에 분사하는 시간에 비해 3분의 1정도 길게 하였다. 그 결과 뒷면에 물을 분사한 경우 4.3[%]의 발전량 증가가 생겼다.

### 3. 결론

본 논문에서는 교토의정서의 온실가스 배출감소협약, 화석연료의 고갈에 따라 증가하고 있는 신·재생에너지 중 태양광 발전 시스템의 발전기술의 중요한 요소인 효율증대를 고려하여 태양전지의 온도변화에 따른 발전량을 검토해 보았다. 태양전지 모듈의 온도가 1[°C]감소하는 경우 효율 0.45[%]증가한다는 모듈의 특성을 고려하여 모듈의 온도를 감소시켜 발전량을 측정하였다. 또한 태양전지의 뒷면온도를 감소시켜 태양전지 모듈의 온도를

를 최대한 낮추었다. 그 측정결과 태양전지 모듈의 앞면의 온도를 감소시킨 경우 발전량이 2.8[%] 증가하였고 후면의 온도를 감소시킨 경우 4.3[%]의 증가율을 보였다.

이런 현상은 태양전지 모듈의 뒷면 온도가 앞면의 온도에 비해 높아 똑같은 온도의 물이 모듈에 닿았을 때 더 많은 온도의 감소를 가져오기 때문으로 분석된다.

실험결과 대용량 발전 시스템에서와 태양전지의 모듈 온도가 60~70[°C]까지 상승하게 되는 한여름에 이와 같은 방식으로 태양전지의 온도를 감소시킨다면 큰 효율증대를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

전면에 물을 분사하는 경우 태양전지 모듈의 온도감소로 인한 발전량 증가 외에도 모듈 표면에 이물질 제거로 인한 음영감소로 인한 발전량 증가 효과도 있다고 할 수 있다. 단점으로는 물로 인해 표면의 태양광이 일부 반사된다.

반면 후면에 물을 분사하는 경우 전면과 반대로 모듈 표면의 이물질 제거는 불가능 하지만 모듈 표면의 물로 인한 태양광 반사는 없다.

이 결론을 토대로 추후 연구에는 앞면 물 분무시의 장점과 뒷면 물 분무시의 장점을 합친 앞뒷면 부분에 동시에 물을 뿌려 효율을 고려해 봐야 할 것이다. 또한 향후 태양전지 온도 감소에 대한 발전 증가량과 온도감소를 위한 장치 설비의 경제성을 함께 비교하여 4계절마다의 특성에 적합하며 최대한의 효율을 얻기 위한 최적화 방안도 찾아야 할 것이다.

### 참고 문헌

- [1] Ceman Solar Energy Society "Planning and installing Photovoltaic systems"
- [2] 이순형 "태양광 발전 시스템의 계획과 설계"
- [3] Henry W. Brandhorst, Jr. Dennis J. Flood "THE PAST, PRESENT AND FUTURE OF SPACE PHOTOVOLTAICS"
- [4] 홍성구, 최홍규, 유해출, 이찬재, 한상권, 김태훈, "냉각시스템 설치에 따른 태양광 발전"
- [5] 산업자원부 "태양광 발전 용어집"