

국내 최대 경사면일사량 분석

조덕기*, 윤창열*, 김광득*, 강용혁*

*한국에너지기술연구원(dokkijo@kier.re.kr / yuncy@kier.re.kr / kdkim@kier.re.kr / yhkang@kier.re.kr)

Analysis of Maximum Solar Radiation on Inclined Surfaces in Korea

Jo, Dok-Ki*, Yun, Chang-Yeol*, Kim, Kwang-Deuk*, Kang, Young-Heack*

*Korea Institute of Energy Research(dokkijo@kier.re.kr / yuncy@kier.re.kr / kdkim@kier.re.kr / yhkang@kier.re.kr)

Abstract

The amount of incident rays over inclination according to direction has been widely utilized as important data in installing solar thermal systems. To optimize the incident solar radiation, the slope, that is the angle between the plane surface in question and the horizontal, and the solar azimuth angles are needed for these solar thermal systems. This is because the performance of the solar thermal systems is much affected by angle and direction of incident rays. Recognizing that factors mentioned above are of importance, actual experiment on the moving route of the sun have been performed in this research to obtain the angle of inclination with which the maximum incident rays can be absorbed. After all, the standard for designing highly optimized solar thermal systems will be provided for designers and employees working in the solar collector related industries.

Keywords : 태양열시스템 (Solar Thermal System), 경사면 (Inclined Surface), 태양복사 (Solar Radiation)

1. 서 론

최근 태양에너지의 사업 수행지역이 확대됨에 따라 태양열시스템의 설계기준 및 이에 따른 설계 자료로서 해당 지역에 대한 최적 일사자료가 매우 절실히 요구되고 있다. 태

양열시스템은 주로 태양에너지의 입사각도에 따라 시스템 효율 및 성능이 크게 좌우되고 있어 방위별에 따라 경사면에 입사되는 일사량은 태양에너지 수집장치인 태양열 집열판이나 온수기 설치 시에 매우 중요한 자료로 널리 이용되고 있다. 즉, 직접적으로 태

양열시스템의 성능에 미치는 효과는 설치각도나 향에 따라 좌우되는 태양에너지 양에 크게 영향을 받기 때문에 경사면상에 입사되는 일사량 데이터는 매우 중요하다.

본 연구에서는 이와 같은 중요성을 감안하여 방위별 경사각도에 따른 태양에너지 강도 측정실험을 통하여 태양열시스템 최적이용에 적합한 최대 일사량을 받을 수 있는 경사각도를 산출하여 태양열시스템 설계자 및 관련 산업체 종사자들에게 최적시스템 설계 기준을 제시하고자 한다.

2. 실험결과 및 고찰

지표면상에 입사되는 총일사량, 즉 수평면 전일사량 실측데이터를 근거로 하여 수평면상에 입사되는 일사량에 대한 경사면상에 입사되는 총일사량의 비를 산출¹⁾²⁾하기 위하여 우선, 수평면에서의 총일사량에 대한 산란일사량 비율과 수평면에 대한 경사면에서의 직달일사량의 비율을 산출하여 구한 후, 수평면에 대한 경사면일사량 비율을 지표면상에 입사되는 총일사량에 곱하여 경사면상에 입사하는 총일사량을 예측하였다.

우선 한국에너지기술연구원이 위치한 대전 지방에서 1996년 8월부터 2005년 12월까지 9년 5개월간 매 시간마다 측정된 실측자료와 경사면상에 입사하는 총일사량을 예측한 결과와 비교하여 보면, 표 1에서 보는바와 같이 각 경사각별 예측치는 전 기간에 걸쳐 실측치와 거의 유사한 값을 나타내었다.

또한, 이론적 배경을 바탕으로 산출된 우리나라 주요지역별 시스템 최적 경사각과 이에 따른 최적 경사각으로 설치된 면에서 표 2에서 보는바와 같이 하루에 최대를 받을 수 있

표 1. 남향 경사면에서의 실측치와 예측치의 비교

(단위: kWh/m²/day)

구분	월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	평균
15°	실측	2173	3.56	4.28	4.89	4.80	4.97	3.99	3.89	4.03	3.76	2.82	2.69	3.87
	예측	2.51	3.25	3.94	4.60	4.55	4.76	3.83	3.70	3.75	3.45	2.56	2.42	3.61
45°	실측	3.33	4.01	4.60	4.93	4.65	4.76	3.83	3.85	4.21	4.23	3.34	3.29	4.09
	예측	2.92	3.59	4.10	4.52	4.33	4.46	3.62	3.58	3.80	3.74	2.93	2.87	3.70
75°	실측	3.54	4.28	4.52	4.54	4.11	4.18	3.35	3.48	4.02	4.33	3.59	3.63	3.97
	예측	3.18	3.75	4.06	4.25	3.94	4.01	3.29	3.31	3.67	3.83	3.15	3.17	3.63
60°	실측	3.48	4.03	4.03	3.78	3.26	3.36	2.63	2.85	3.51	4.02	3.48	3.61	3.50
	예측	3.26	3.71	3.82	3.79	3.41	3.43	2.85	2.93	3.38	3.73	3.19	3.28	3.40
75°	실측	3.32	3.70	3.49	3.03	2.44	2.60	1.97	2.22	2.94	3.59	3.27	3.45	3.00
	예측	3.16	3.48	3.40	3.19	2.79	2.77	2.35	2.45	2.94	3.44	3.07	3.21	3.02
90°	실측	3.14	3.39	3.00	2.33	1.73	1.99	1.39	1.64	2.38	3.19	3.04	3.29	2.54
	예측	2.88	3.06	2.83	2.48	2.12	2.10	1.83	1.91	2.38	2.98	2.78	2.96	2.53

표 2. 수평면 전일사량과 최대 경사면일사량과의 비교

(단위: kWh/m²/day)

구분	봄	여름	가을	겨울	HP	연평균(A)
최대 경사면 일사량(B)	3,993	3,720	3,433	3,369	3,430	3,629
수평면 전일사량(C)	3,843	3,719	2,704	2,076	2,387	3,086
B/A	1.10	1.02	0.94	0.92	0.94	1.00
B/C	1.03	1.00	1.26	1.62	1.43	1.17

* HP: 난방기간 (10월~3월)

는 연평균 경사면일사량은 30.9°에서 3,629 kcal/m²인 것으로 나타났으며, 봄철은 18.4°에서 3,993 kcal/m², 여름철은 2.8°에서 3,720 kcal/m², 가을철은 44.4°에서 3,433 kcal/m², 겨울철은 57.8°에서 3,369 kcal/m², 그리고 난방기간(HP) 동안은 51.9°에서 3,430 kcal/m²으로 각각 나타났다.

한편, 우리나라 전 지역에 대한 시스템 최적경사각 산출을 위한 시뮬레이션 결과, 그림에서 나타난바와 같이 대부분 지역의 연평균 최적 시스템 설치경사각은 남향 30°~36° 부근에서 최대 경사면일사량을 받아들이는 것으로 나타났다.

분포상 특징을 살펴보면, 최적 경사각은 차령산맥 및 노령산맥을 경계로 하여 호남지방과 남해중서부지방 일원이 30°, 제주도지방이 24°, 태백산맥 대관령 일대가 36°로 나타났으며, 그 외의 대부분 지역에서는 33°인 것으로 나타났다.

1) Duffie John A. and Beckman William A., Solar Engineering of Thermal Process, John Wiley & Sons, Inc., 1991.

2) D. Feuermann, and A. Zemel, Validation of Models For Global Irradiance, on Inclined Planes, Solar Energy, Vol. 48, No. 1, 1992.

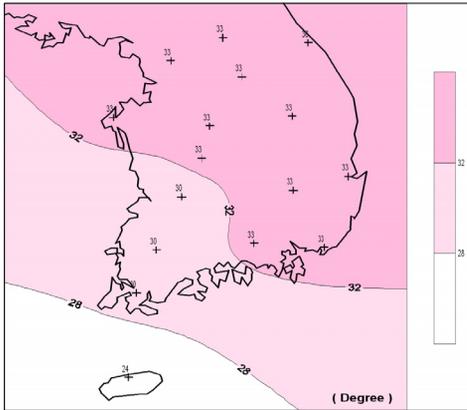


그림 1. 전국 정남기준 연평균 최적 시스템 설치경사각 산출도

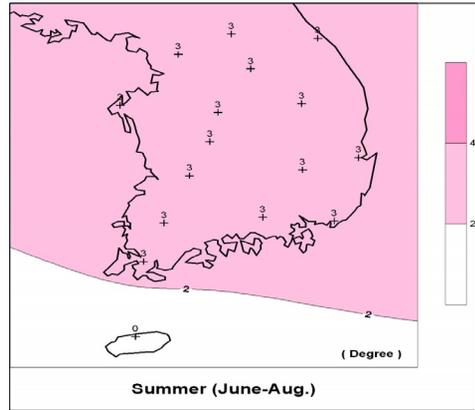


그림 4. 전국 정남기준 여름철 최적시스템 설치경사각 산출도

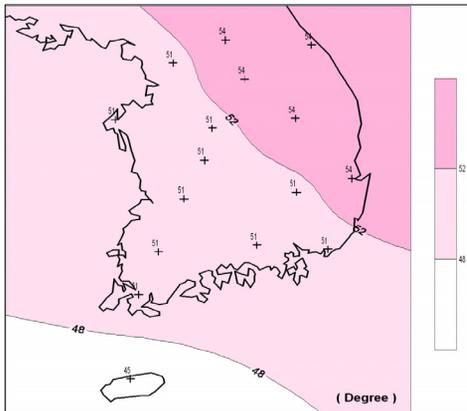


그림 2. 전국 정남기준 평균 난방기간 최적 시스템 설치경사각 산출도

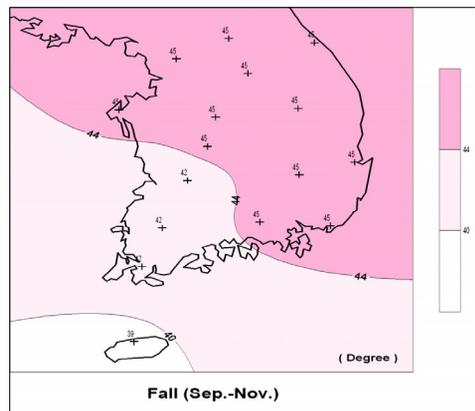


그림 5. 전국 정남기준 가을철 최적시스템 설치 경사각 산출도

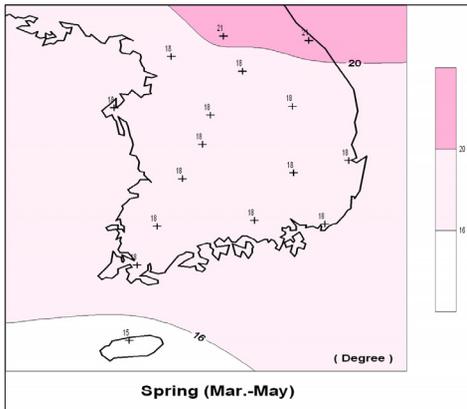


그림 3. 전국 정남기준 봄철 최적시스템 설치경사각 산출도

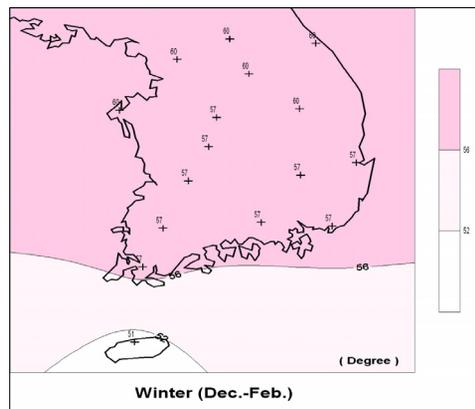


그림 6. 전국 정남기준 겨울철 최적시스템 설치 경사각 산출도

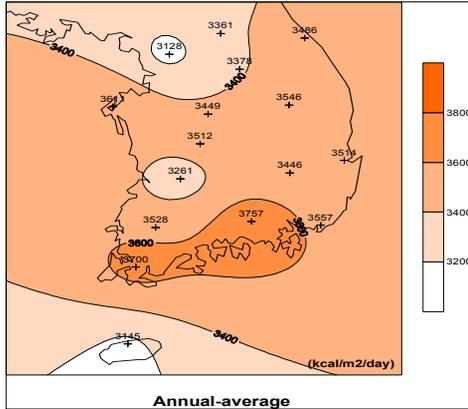


그림 7. 전국 정남기준 연평균 최대 경사면일사량

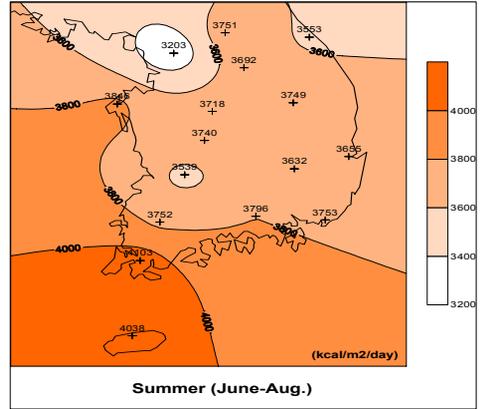


그림 10. 전국 정남기준 여름철 최대 경사면일사량

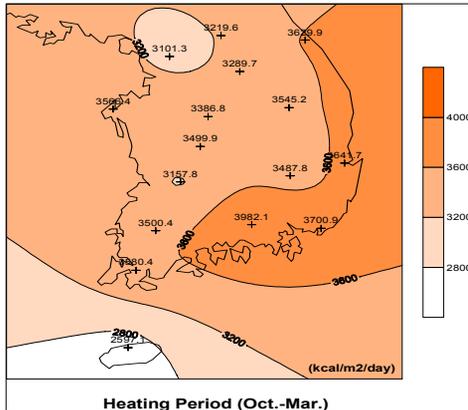


그림 8. 전국 정남기준 난방기간 최대 경사면일사량

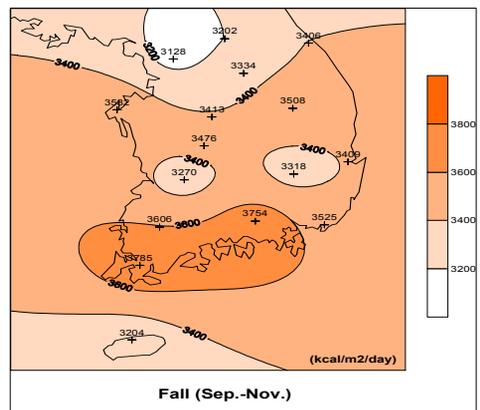


그림 11. 전국 정남기준 가을철 최대 경사면일사량

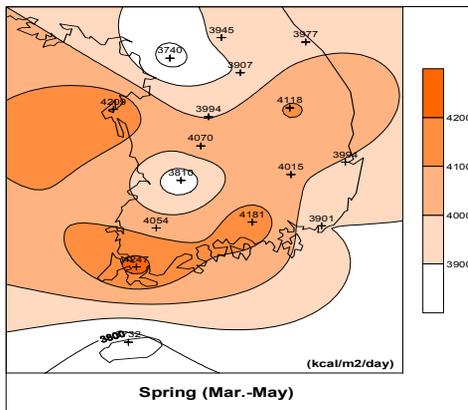


그림 9. 전국 정남기준 봄철 최대 경사면일사량

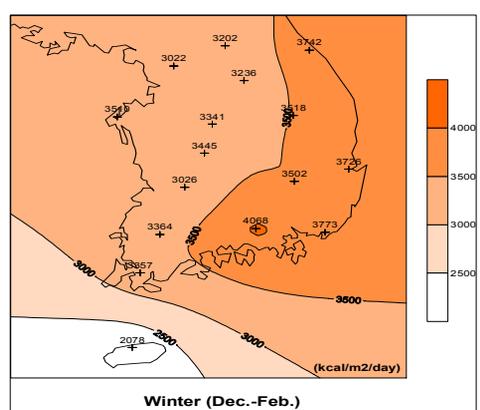


그림 12. 전국 정남기준 겨울철 최대 경사면일사량

반면에, 같은 기간 난방기간(10월~3월) 동안에 산출된 최적경사각은 그림 2에서 나타 난바와 같이 제주도를 제외한 대부분 지역의 연평균 최적 시스템 설치경사각은 남향 51° ~ 54° 부근에서 최대의 일사를 수열 받는 것으로 나타났다. 또한 계절별 전국의 시스템 최적 경사각 분포는 그림 3 ~ 그림 6과 같다.

한편, 그림 7은 최적 시스템 설치경사각에서 얻을 수 있는 전국의 연평균 최대 경사면 일사량을 표시한 것이며, 하루에 3,128 kcal/m²에서 3,757 kcal/m²의 분포로 전국적으로 고른 분포형태를 나타내었다. 지역적으로는 남해 중서부 해안지방과 태안반도 일대의 일사량이 크게 나타났으며, 반면 전주지방과 서울지방의 경우는 낮게 나타났다.

계절별로 전국의 시스템 최적 경사각 설치시의 최대 경사면일사량은 그림 8에서 그림 12로 나타내었다.

4. 결 론

한국에너지기술연구원이 1982년부터 2005년까지 매 시간마다 측정된 실측 자료를 토대로 전국의 최적 태양열시스템 설치각 산출과 이 시스템 최적 경사각으로 얻을 수 있는 최대 경사면일사량을 예측하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1) 우리나라 주요 지역별 시스템 최적 경사각과 이에 따른 최적 경사각으로 설치된 면에서 하루에 최대로 받을 수 연평균 경사면 일사량은 30.9°에서 3,629 kcal/m²인 것으로 나타났으며, 봄철은 18.4°에서 3,993 kcal/m², 여름철은 2.8°에서 3,720 kcal/m², 가을철은 44.4°에서 3,433 kcal/m², 겨울철은 57.8°에서 3,369 kcal/m², 그리고 난방기간(HP) 동안은 51.9°에서 3,430 kcal/m²으로 각각 나타났다.

2) 우리나라 전 지역에 대한 시스템 최적경사각 산출을 위한 시뮬레이션 결과, 대부분 지역의 연평균 최적 시스템 설치경사각은 남향 30° ~ 36° 부근에서 최대 경사면일사량을

받아들이는 것으로 나타났다.

3) 최적 시스템 설치경사각에서 얻을 수 있는 전국의 연평균 최대 경사면일사량을 표시한 것이며, 하루에 3,128 kcal/m²에서 3,757 kcal/m²의 분포로 전국적으로 고른 분포형태를 나타내었다. 지역적으로는 남해 중서부 해안지방과 태안반도 일대의 일사량이 크게 나타났으며, 반면 전주지방과 서울지방의 경우는 낮게 나타났다.

후 기

본 연구는 산업자원부의 연구비지원으로 수행되었음 (과제번호 : 2007-N-NC04-P-02).

참고문헌

1. Duffie John A. and Beckman William A., Solar Engineering of Thermal Process, John Wiley & Sons, Inc., 1991.
2. D. Feuermann, and A. Zemel, Validation of Models for Global Irradiance, on Inclined Planes, Solar Energy, Vol. 48, No. 1, 1992.
3. 기상청, “기상년·월보”, 1982 ~ 2006.