

[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol. 21, No. 3, 2001

방위별 경사면일사량 분석에 관한 연구

조덕기*, 전일수*, 전명석*, 강용혁*, 오정무*

* 한국에너지기술연구원

A Study on the Analysis of Solar Radiation on Inclined Surfaces

D.K.Jo*, I.S.Chun*, M.S.Jeon*, Y.H.Kang*, C.M.Auh*

* *Korea Institute of Energy Research*

Abstract

The amount of incident solar rays on inclined surfaces with various directions has been widely utilized as important data in installing solar collector, hot water system, and photovoltaic module, and designing solar buildings and house. This is because the performance of the solar energy applied systems is much affected by angle and direction of incident rays. Recognizing those factors mentioned above are of importance, actual experiment has been performed in this research to obtain the angle of inclination with which the maximum incident rays can be absorbed. The results obtained in this research could be used in designing optimal solar systems.

1. 서 론

최근 대체에너지자원 중 인류의 마지막 보루인 태양에너지의 사업 수행지역이 확대됨에 따라 태양열 및 태양광 시스템의 설계기준 및 이에 따른

설계자료로서 해당 지역에 대한 최적 일사자료가 매우 절실히 요구되고 있다. 태양에너지 이용시스템은 주로 태양에너지의 입사각도에 따라 시스템의 효율이 크게 좌우되고 있다. 따라서 방위별에 따라 경사면에 입사되는 일사량은 태양에너지 수

집장치인 태양열집열기나 태양전지판 설치와 태양열 주택 및 건물 설계시에 매우 중요한 자료로 널리 이용되고 있다. 즉, 직접적으로 태양열 및 태양광시스템의 열적성능에 미치는 효과는 태양열집열기나 태양전지판 등의 설치각도나 향에 따라 좌우되는 태양에너지 양에 크게 영향을 받기 때문에 일사량 데이터는 매우 중요하다는 뜻이다.

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

2. 실험

2.1 측정지의 선정

측정지에서 일사센서를 설치할 입지를 선정할 시에는 일사센서의 감지부 면이 태양광선이 잘 받아들일 수 있도록 주위의 장애물로부터 충분히 떨어진 장소를 물색하여야 한다. 만약 이와 같은 장소를 구하기 곤란한 경우에는 최소한 동북동(ENE)쪽에서 남(S)쪽을 경유하여 서북서(WNS)쪽에 이르는 수평방향에 장애물이 없는 곳을 선정하여야 하며, 혹 장애물이 있더라도 그 높이가 수평방향에서 5° 이상 높이 있지 않은 장소를 선정하여야 한다.

따라서, 이와 같은 점을 고려하여 측정기기의 설치위치는 비교적 높아 주변의 장애물의 영향이 적은 한국에너지기술연구원내 건물의 옥상(36° 22'N, 127° 22'E)으로 정하였다.

2.2 측정데이터의 수집과 처리

방위별 경사면일사량 측정을 위하여 측정지에 일사센서를 남향면에 수평면에 대한 경사각도 0°에서 90° 사이에 15도씩 변환하여 7개를 설치하였으며, 또한 동향 및 서향, 그리고 북향면의

경사각도 90°에 각각 1개씩 설치하여 총 10개를 설치하였다. 이와 같이 설치된 시스템에 의하여 측정되는 데이터는 통제소에 설치된 데이터 프로세서의 원격제어에 의해 기존 전화선을 통하여 원거리 전송되며, 전송된 데이터는 다시 데이터 화일로 구분하여 하드디스크에 저장시켜 각종 데이터의 분석 및 전산처리를 행할 수 있다. 이와 같이 통제소에서 전산처리되고 있는 전산프로그램은 데이터 회수 및 처리용 프로그램(data retrieval and process program)으로 이를 통하여 시간별 일사량 자료를 전송 받아 데이터베이스로 재처리해서 저장하고, 이를 지속적으로 보완할 수 있도록 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

당 연구원이 위치한 대전지방에서 1996년 8월부터 2000년 2월까지 3년 6개월간 매 시간마다 측정된 실측자료를 토대로 주거부분 설계를 위한 각 방위별 수직면 일사량을 분석하여 보면, 표 1에서 나타난바와 같이 전 기간에 걸쳐 남향 수직면에서 받는 일사량은 동, 서향 수직면에 비해 1.5배 정도로 나타났으나, 북향 수직면에 비해서는 무려 4배나 높게 나타났다. 또한 표 2와 그림 1에서 보는바와 같이 남향에서 지표면에 대한 경사각도가 0° ~ 90° 사이의 집열면에서는 경사각도가 30°에서 최대의 일사량을 받는 것으로 나타났다.

계절별로는 표 3과 그림 2에서 보는바와 같이 난방기간인 겨울철의 경우 정남향 수직면에서 받는 일사량은 동, 서향 수직면에 비해 약 2.6배정도 크고, 수평면 전일사량보다도 1.5배 많은 일사량을 받는 것으로 나타났으며, 북향 수직면에서 받는 일사량보다는 무려 9배나 큰 것으로 나타났다. 여름철의 경우는 북향을 제외한 동, 서향 수직면에서 받는 일사량에 비해 다소 적게 나타난

Table 1. 방위별에 따른 경사면일사량 비교

(단위 : kcal/m².day)

| 수평면 전일사량 | 집열면 방위 | 경사면 일사량 | 정남향 경사면과의 비교 | | | | | | 수평면 전일사량과의 비교 |
|-------------|------------------------|------------|--------------|------|------|------|------|------|---------------------|
| | | | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° | |
| 2,920 | S ($\beta=15^\circ$) | 3,353 | 1.00 | 0.95 | 0.98 | 1.10 | 1.31 | 1.56 | 1.15 |
| | S ($\beta=30^\circ$) | 3,545 | 1.06 | 1.00 | 1.03 | 1.17 | 1.38 | 1.65 | 1.21 |
| | S ($\beta=45^\circ$) | 3,433 | 1.02 | 0.97 | 1.00 | 1.13 | 1.34 | 1.60 | 1.18 |
| | S ($\beta=60^\circ$) | 3,038 | 0.90 | 0.85 | 0.88 | 1.00 | 1.18 | 1.41 | 1.04 |
| | S ($\beta=75^\circ$) | 2,566 | 0.77 | 0.72 | 0.75 | 0.84 | 1.00 | 1.20 | 0.88 |
| | S ($\beta=90^\circ$) | 2,144 | 0.64 | 0.60 | 0.62 | 0.71 | 0.84 | 1.00 | 0.73 |
| | E ($\beta=90^\circ$) | 1,398 | 0.42 | 0.39 | 0.41 | 0.46 | 0.54 | 0.65 | 0.48 |
| | W ($\beta=90^\circ$) | 1,408 | 0.42 | 0.40 | 0.41 | 0.46 | 0.55 | 0.66 | 0.48 |
| | N ($\beta=90^\circ$) | 531 | 0.16 | 0.15 | 0.15 | 0.17 | 0.21 | 0.25 | 0.18 |

Table 2. 남향면에서의 월별 경사면일사량 비교

(단위 : kcal/m².day)

| 경사각도 β | 월 | | | | | | | | | | | | 평균 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| S ($\beta=0^\circ$) | 1,735 | 2,432 | 3,139 | 3,722 | 4,014 | 3,989 | 3,562 | 3,310 | 3,082 | 2,579 | 1,841 | 1,640 | 2,920 |
| S ($\beta=15^\circ$) | 2,388 | 3,136 | 3,755 | 4,055 | 4,159 | 4,039 | 3,631 | 3,495 | 3,486 | 3,212 | 2,503 | 2,377 | 3,353 |
| S ($\beta=30^\circ$) | 2,856 | 3,505 | 4,046 | 4,121 | 4,048 | 3,863 | 3,498 | 3,472 | 3,659 | 3,607 | 2,961 | 2,904 | 3,545 |
| S ($\beta=45^\circ$) | 3,083 | 3,712 | 3,959 | 3,787 | 3,580 | 3,336 | 3,063 | 3,142 | 3,495 | 3,676 | 3,166 | 3,195 | 3,433 |
| S ($\beta=60^\circ$) | 3,029 | 3,524 | 3,562 | 3,185 | 2,843 | 2,601 | 2,406 | 2,578 | 3,051 | 3,428 | 3,084 | 3,169 | 3,038 |
| S ($\beta=75^\circ$) | 2,875 | 3,185 | 3,035 | 2,532 | 2,103 | 1,870 | 1,768 | 1,988 | 2,526 | 3,026 | 2,866 | 3,016 | 2,566 |
| S ($\beta=90^\circ$) | 2,706 | 2,888 | 2,571 | 1,937 | 1,483 | 1,278 | 1,235 | 1,467 | 2,042 | 2,652 | 2,627 | 2,841 | 2,144 |

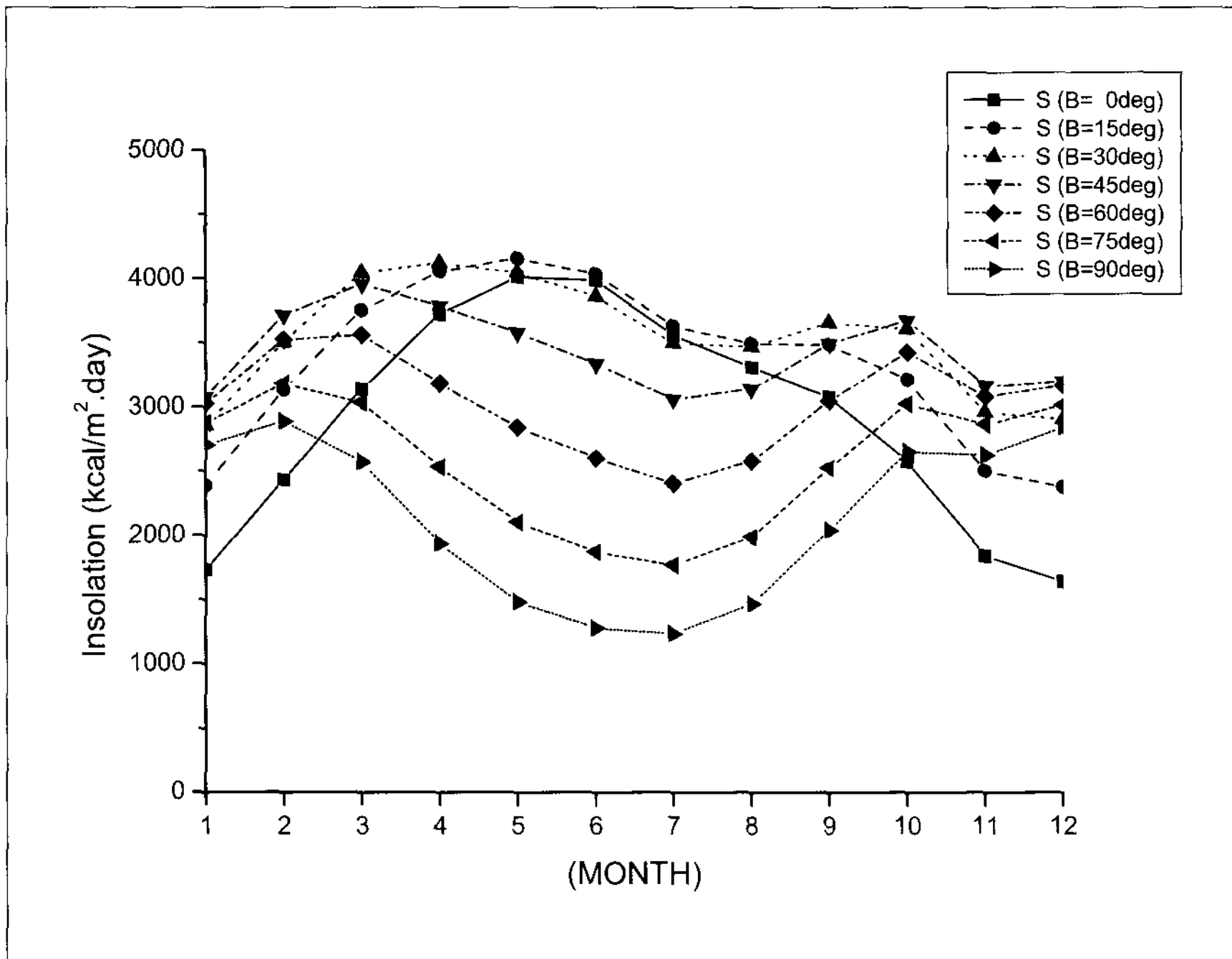


Fig. 1. 월별에 따른 남향면 경사면일사량

Table 3. 계절별에 따른 방위별 경사면일사량

(단위 : kcal/m².day)

| 구분 \ 계절 | 봄 | 여름 | 가을 | 겨울 | 연평균 |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| HOR ($\beta=0^\circ$) | 3,625 | 3,620 | 2,501 | 1,936 | 2,920 |
| S ($\beta=15^\circ$) | 3,990 | 3,772 | 3,067 | 2,634 | 3,353 |
| S ($\beta=30^\circ$) | 4,072 | 3,611 | 3,409 | 3,088 | 3,545 |
| S ($\beta=45^\circ$) | 3,775 | 3,180 | 3,446 | 3,330 | 3,433 |
| S ($\beta=60^\circ$) | 3,197 | 2,528 | 3,188 | 3,241 | 3,038 |
| S ($\beta=75^\circ$) | 2,557 | 1,875 | 2,806 | 2,806 | 2,566 |
| S ($\beta=90^\circ$) | 1,977 | 1,327 | 2,440 | 2,812 | 2,144 |
| E ($\beta=90^\circ$) | 1,695 | 1,573 | 1,248 | 1,077 | 1,398 |
| W ($\beta=90^\circ$) | 1,702 | 1,587 | 1,272 | 1,070 | 1,408 |
| N ($\beta=90^\circ$) | 643 | 778 | 384 | 320 | 531 |

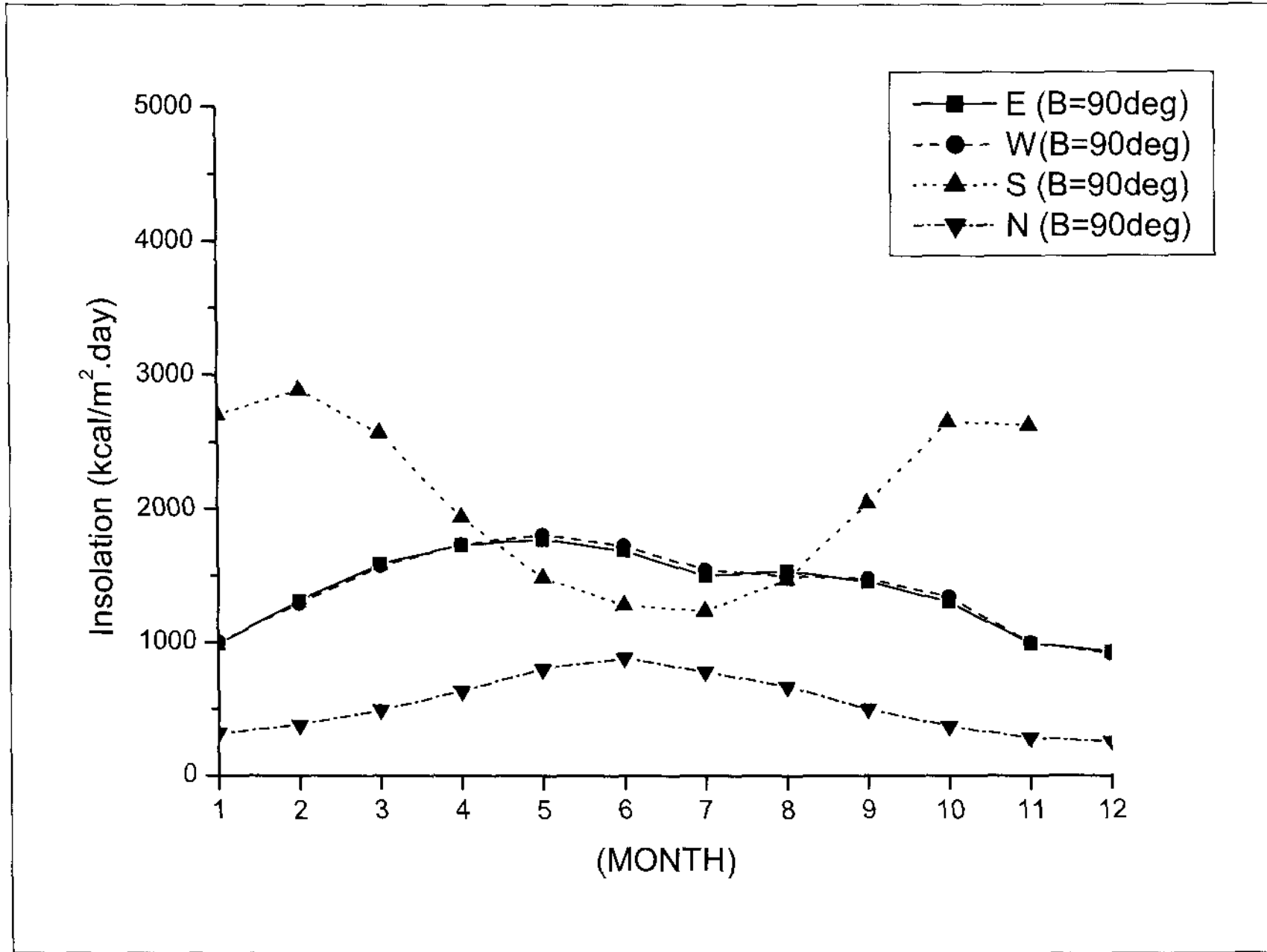


Fig. 2.
월별에 따른 방위별 수직면 경사면일사량

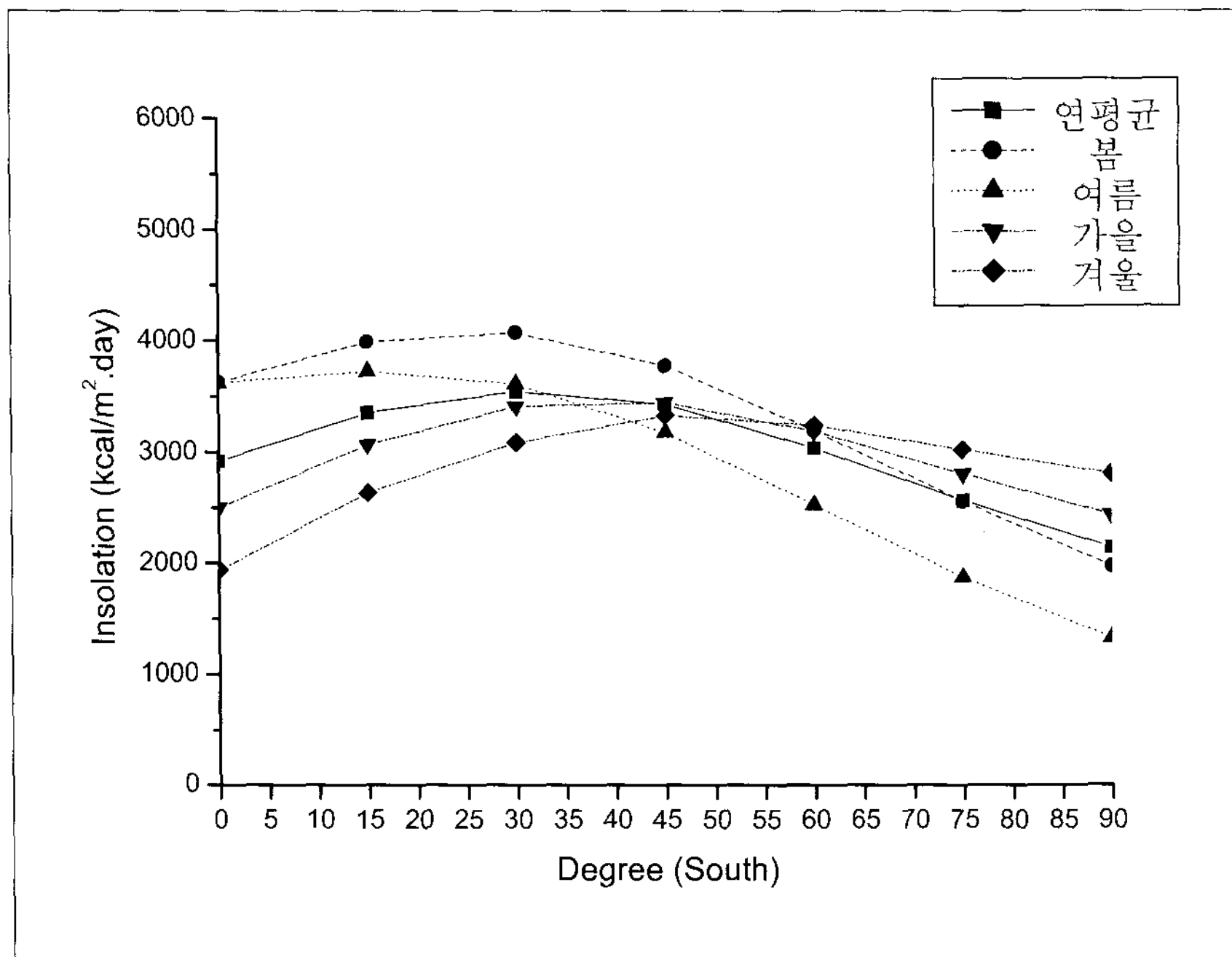


Fig. 3.
남향면에서의 계절별 경사면일사량

반면에, 봄과 가을철에 정남향 수직면에서 받는 일사량은 북향을 포함하여 동, 서향 수직면에 비

해 높게 나타나는 경향을 보였다. 이와 같은 결과를 미루어 보아 남쪽을 향한 수직면은 겨울철에

최대의 수열을 받는 반면에, 여름철에는 매우 수열이 적다는 점에서 주택이나 건물을 설계시에 주거배치를 가급적 남-북향보다는 동-서향으로 길게 하는 것이 에너지 절약이라는 측면에서 볼 때, 보다 효과적임을 증명하고 있다.

또한, 남향면에서 경사각도별로 계절별 특성을 분석하여 보면, 그림 3에서 보는바와 같이 봄철에서는 지표면에 대한 경사각도가 30°인 집열면에서, 여름철은 경사각도 15°에서, 가을철과 겨울철은 경사각도 45°에서 최대의 일사량을 받는 것으로 나타났다.

5. 결 론

당 연구원이 위치한 대전지방에서 1996년 8월부터 2000년 2월까지 3년 6개월간 매 시간마다 측정된 방위별 경사면일사량 분석결과를 살펴보면,

- 1) 전기간에 걸쳐 남향 수직면에서 받는 일사량은 동, 서향 수직면에 비해 1.5배 정도로 나타났으나, 북향 수직면에 비해서는 무려 4배나 높게 나타났으며, 남향에서 지표면에 대한 경사각도가 0°~90° 사이의 집열면에서는 경사각도가 30°에서 최대의 일사량을 받는 것으로 나타났다.
- 2) 계절별로는 난방기간인 겨울철의 경우 정남향 수직면에서 받는 일사량은 동, 서향 수직면에 비해 약 2.6배정도 크고, 수평면 전 일사량보다도 1.5배 많은 일사량을 받는 것으로 나타났으며, 북향 수직면에서 받는 일사량보다는 무려 9배나 큰 것으로 나타났다. 여름철의 경우는 북향을 제외한 동, 서향 수직면에서 받는 일사량에 비해 다소 적게 나타난 반면에, 봄과 가을철에 정남향 수직면에서 받는 일사량은 북향을 포함하여 동, 서

향 수직면에 비해 높게 나타나는 경향을 보였다.

- 3) 남향면에서 경사각도별로 계절별 특성을 분석하여 보면, 봄철에는 지표면에 대한 경사각도가 30°인 집열면에서, 여름철은 경사각도가 15°에서, 가을철과 겨울철은 경사각도가 45°에서 최대의 일사량을 받는 것으로 나타났다.

그러나, 현재까지의 결과만을 가지고 전반적인 우리나라 전지역에 대한 정확한 방위별 경사면일사량 산출은 아직 어려운 실정이다. 이에 따라 여러 지역에 대한 장기적인 방위별을 포함한 경사각도별 태양에너지 강도 측정뿐만 아니라 운량이나 대기오염도에 따른 일사량의 변동형태 등 각종 기후조건과의 연관성을 규명하여 우리나라 전지역에 적합한 방위별 경사면일사량 산출을 위한 모형을 유추해 나아갈 계획이다.

참 고 문 헌

1. 기상청, 기상년·월보, (1982~2000).
2. J.A. Duffie and W.A. Beckman, Solar Engineering of Thermal Process, Wiley New York, pp. 3~145, 1991.
3. D. Feuermann, and A. Zemel, Validation of Models For Global Irradiance, on Inclined Planes, Solar Energy, Vol. 48, No. 1, pp. 59~66, 1992.
4. T.M. Klucher, Evaluation of Models to Predict Insolation on Tilted Surface, Solar Energy, Vol. 23, pp. 111~114, 1992.
5. J.L. Wise, Analysis of Solar Radiation Measurements on An Inclined Surface in Anchorage Alaska, AEIDC Publication, 1980.