

국내 태양열시스템의 최적 설치에 관한 연구

조덕기*, 강용혁*

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

A Study on the Optimal Installation of Solar Thermal System in Korea

Jo, Dok-Ki*, Kang, Young-Heack*

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

Abstract

Since The measured solar radiation incident on tilted surfaces by all directions has been widely used as important solar radiation data in installing solar flat-plate collectors. To maximize the incident beam radiation, the slope, which is the angle between the plane of the 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 system 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 installing optimal solar flat-plate collectors.

Keywords : 태양열시스템(Solar Thermal Sytem), 수평면일사량(Horizontal Radiation),직달일사량(Beam Radiation)

1. 서 론

최근 대체에너지자원 중 인류의 마지막 보루인 태양에너지의 사업 수행지역이 확대됨에 따라 태양열시스템의 설계기준 및 이에 따른 설계자료로서 해당 지역에 대한 최적 일사자료가 매우 절실히 요구되고 있다. 태양열시스템은 주로 태양에너지의 입사각도에 따라 시스템의 효율이 크게 좌우되고 있다. 따라서 방위별에 따라 경사면에 입사되는 일사량은 태양에너지 수집장치인 태양열 집열기나 태양열 온수기 설치와 태양열

주택 및 건물 설계 시에 매우 중요한 자료로 널리 이용되고 있다. 즉, 직접적으로 태양열시스템의 열적성능에 미치는 효과는 태양열 집열기나 태양열 온수기 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 태양열 시스템 설계자 및 관련 산업체 종사자들에게

최적시스템 설계기준을 제시하고자 한다

2. 측정지 선정 및 데이터 수집과 처리

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 랜통신 인터페이스를 통하여 원거리 전송되며, 전송된 데이터는 다시 데이터 화일로 구분하여 하드디스크에 저장시켜 데이터 회수 처리용 프로그램(Logger Net)으로 시간별 일사량 자료를 전송 받아 데이터베이스로 재처리해서 저장하고, 이를 지속적으로 보완할 수 있도록 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

당 연구원이 위치한 대전지방에서 1996년 8월부터 2006년 12월까지 10년 5개월간 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 그림 1과 표 2에서 보는바와 같이 남향에서 지표면에 대한 경사각도가 0°~90° 사이의 집열면에서는 경사각도가 30°에서 최대의 일사량을 받는 것으로 나타났다.

계절별로는 그림 2와 표 3에서 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 일사량보

다는 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, 서향 수직면에 비해 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 절 약이라는 측면에서 볼 때, 보다 효과적임을 증명하고 있다.

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

한편, 경사면일사량 분석 이론식을 기초로 시뮬레이션 기법에 의하여 산출된 주요 지역의 최적 경사각을 가지고, 다시 근접지역 간의 최적 경사각을 거리에 따라 균등하게 배분하여 임의의 지역의 최적 경사각을 산출하는 기법으로 그린 전국적인 연평균 최적 시스템 설치 경사각 분포도를 그림 4와 같이 작성하였다.

Table 1. 방위별에 따른 경사면일사량

(단위 : kcal/m²/day)

수평면 전일사량	집열면 방위 (경사각)	경사면 일사량	정남향 경사면과의 비교						수평면 전일사량과의 비교
			15°	30°	45°	60°	75°	90°	
2889	S(15°)	3378	1.00	0.95	0.98	1.10	1.29	1.51	1.17
	S(30°)	3559	1.05	1.00	1.03	1.16	1.36	1.59	1.23
	S(45°)	3441	1.02	0.97	1.00	1.13	1.31	1.54	1.19
	S(60°)	3058	0.91	0.86	0.89	1.00	1.17	1.37	1.06
	S(75°)	2624	0.78	0.74	0.76	0.86	1.00	1.17	0.91
	S(90°)	2235	0.66	0.63	0.65	0.73	0.85	1.00	0.77
	E(90°)	1478	0.44	0.42	0.43	0.48	0.56	0.66	0.51
	W(90°)	1434	0.42	0.40	0.42	0.47	0.55	0.64	0.50
	N(90°)	587	0.17	0.16	0.17	0.19	0.22	0.26	0.20

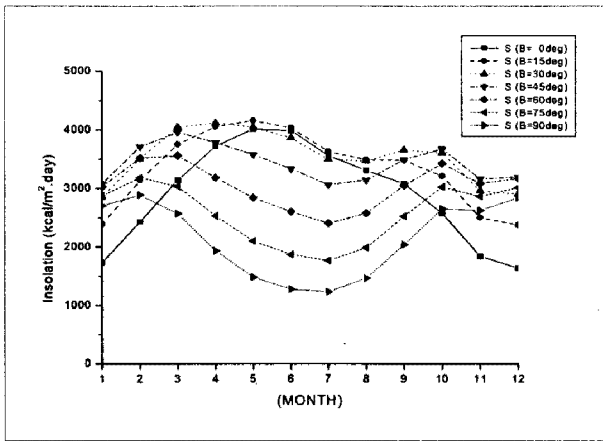


그림 1. 월별에 따른 경사면일사량 비교

표 2. 남향면에서 경사면일사량 비교

(단위 : kcal/m²/day)

월 각도	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	평균
S (0°)	1725	2358	3093	3844	3959	4201	3352	3161	3040	2573	1771	1587	2889
S (15°)	2398	3040	3721	4211	4270	4251	3471	3435	3686	3284	2444	2327	3378
S (30°)	2915	3434	3991	4236	4126	4059	3328	3394	3840	3684	2878	2820	3559
S (45°)	3117	3637	3904	3875	3600	3526	2904	3068	3671	3776	3097	3115	3441
S (60°)	3075	3441	3508	3261	2944	2874	2308	2509	3194	3494	2990	3096	3058
S (75°)	2939	3167	3043	2618	2230	2213	1734	1957	2685	3132	2811	2963	2624
S (90°)	2801	2907	2635	2037	1636	1678	1245	1447	2181	2779	2622	2857	2235

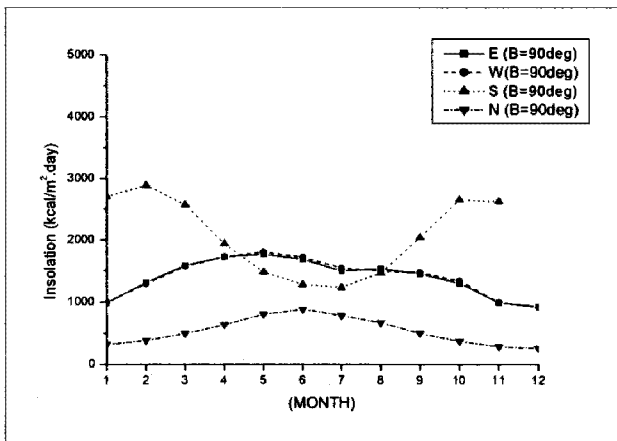


그림 2. 월별에 따른 방위별 수직면 경사면일사량

표 3. 계절별에 따른 경사면일사량

(단위 : kcal/m²/day)

계절 구분	봄	여름	가을	겨울	연평균
HOR(0°)	3632	3571	2461	1890	2889
S(15°)	4067	3719	3138	2588	3378
S(30°)	4118	3594	3467	3056	3559
S(45°)	3793	3166	3515	3290	3441
S(60°)	3238	2564	3226	3204	3058
S(75°)	2630	1968	2876	3023	2624
S(90°)	2103	1457	2527	2855	2235
E(90°)	1819	1674	1325	1093	1478
W(90°)	1733	1668	1299	1037	1434
N(90°)	672	956	431	290	587

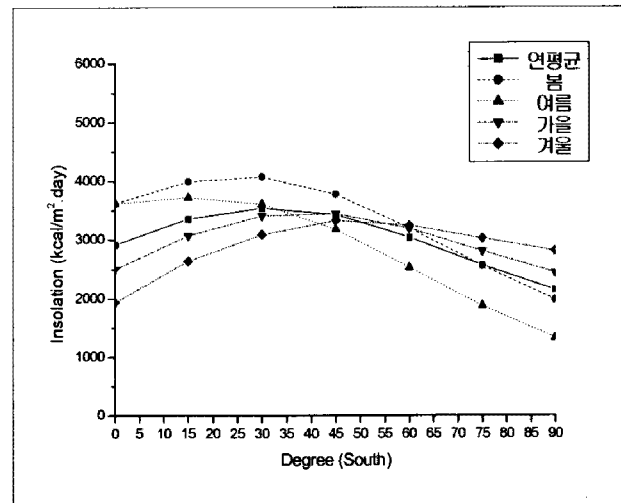


그림 3. 남향면에서의 계절별 경사면일사량

우리나라 전 지역에 대한 시뮬레이션 결과, 그림 4에서 나타낸바와 같이 대부분 지역의 연평균 최적 시스템 설치경사각은 남향 30° ~ 36° 부근에서 최대의 태양에너지를 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.

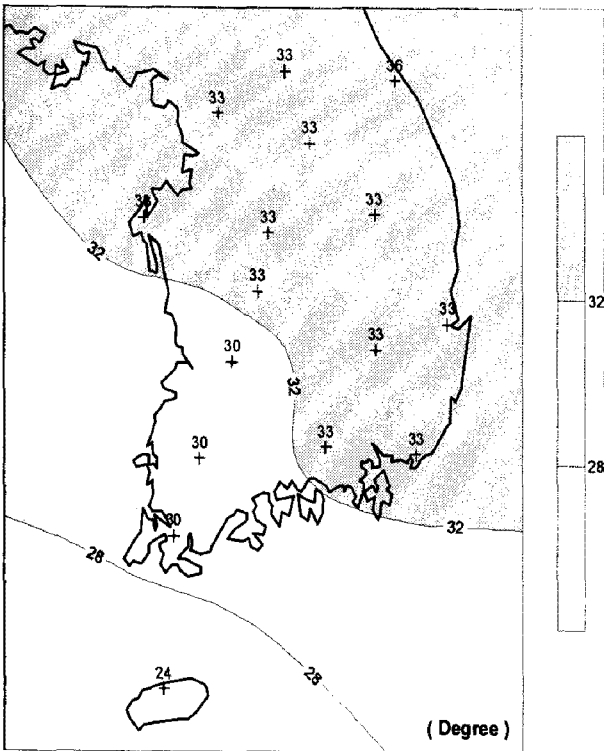


그림 4. 전국 정남기준 연평균 최적 시스템 설치 경사각 산출도

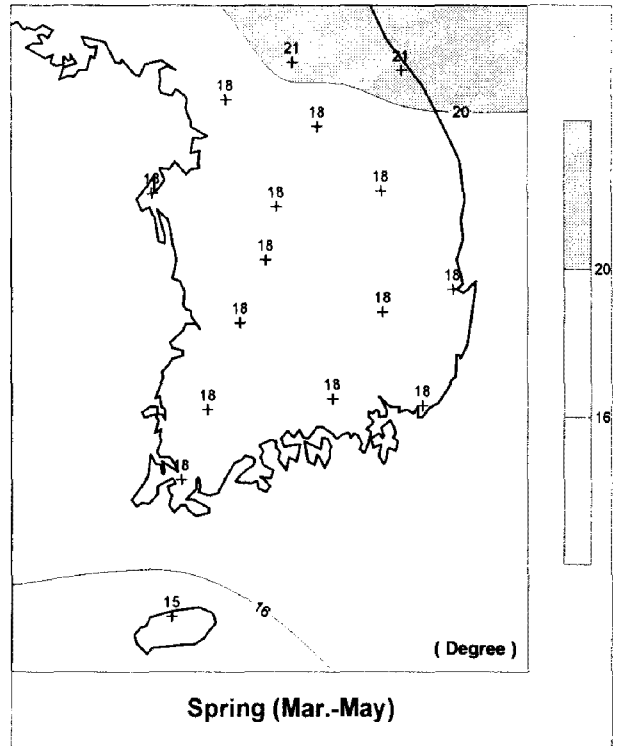


그림 6. 전국 정남기준 봄철 최적 시스템 설치 경사각 산출도

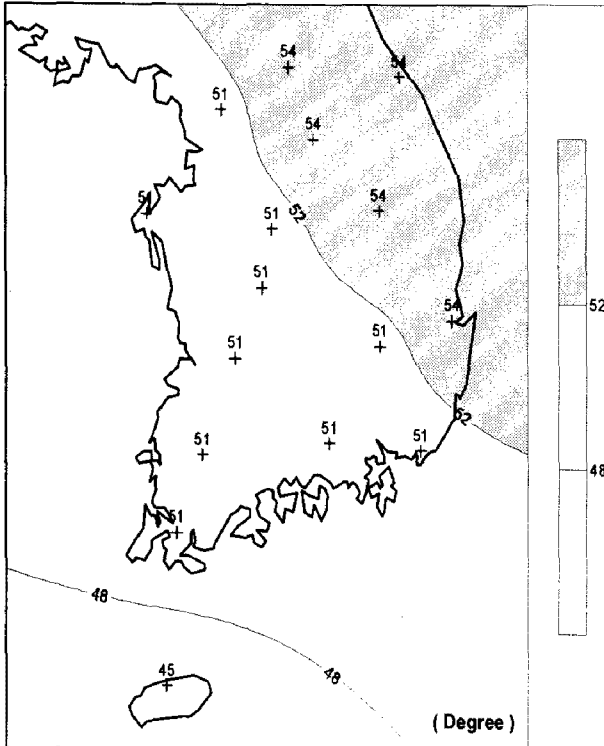


그림 5. 전국 정남기준 평균 난방기간 최적 시스템 설치 경사각 산출도

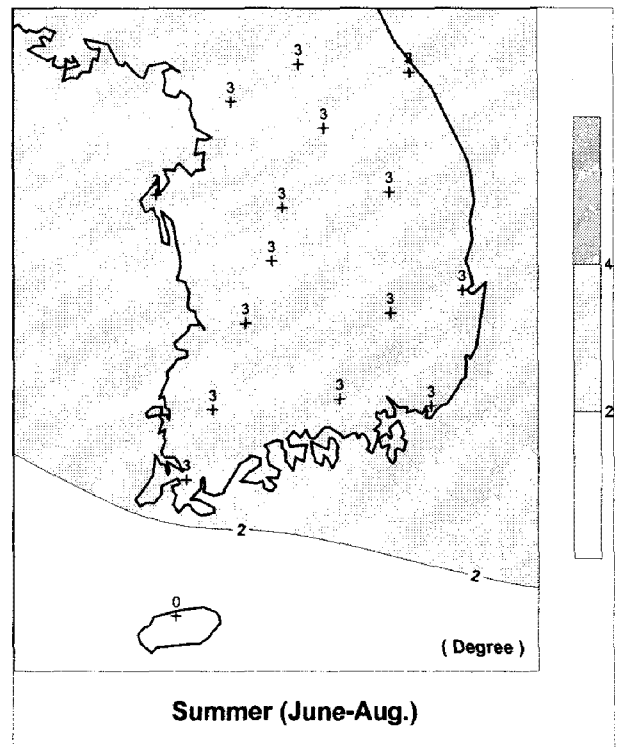


그림 7. 전국 정남기준 여름철 최적 시스템 설치 경사각 산출도

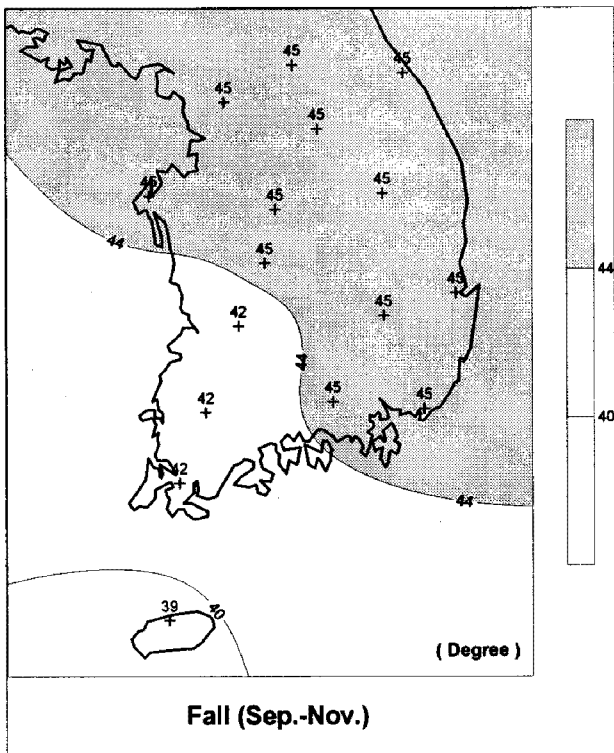


그림 8. 전국 정남기준 가을철 최적 시스템 설치 경사각 산출도

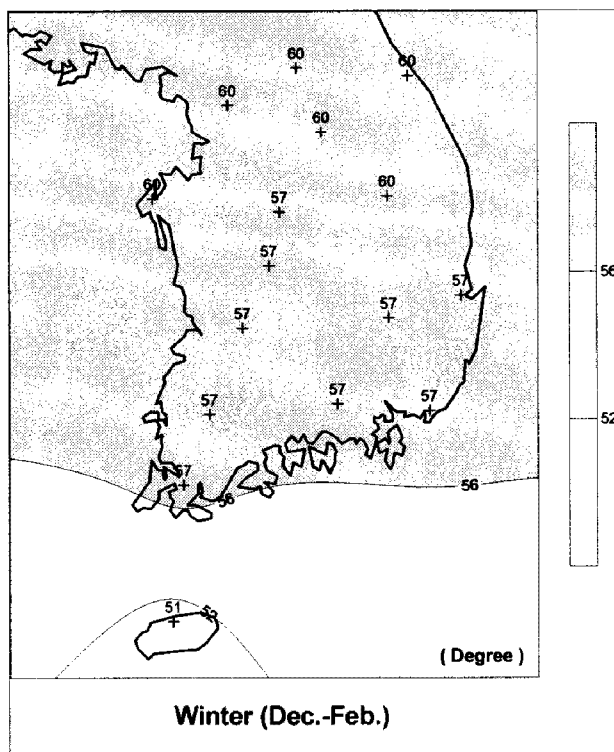


그림 9. 전국 정남기준 겨울철 최적 시스템 설치 경사각 산출도

반면에, 같은 기간 난방기간(10 ~ 3월) 동안에 산출된 최적경사각은 그림 5에서 나타난 바와 같이 제주도를 제외한 대부분 지역의 연평균 최적 시스템 설치경사각은 남향 $51^{\circ} \sim 54^{\circ}$ 부근에서 최대의 일사를 수열 받는 것으로 나타났다.

한편, 그림 6 ~ 그림 9는 전국 정남기준 계절별 최적시스템 설치 경사각 산출도를 나타낸 것이다.

5. 결론

당 연구원이 위치한 대전지방에서 1996년 8월부터 2006년 12월까지 10년 5개월간 매 시간마다 측정된 방위별 경사면일사량 분석 결과를 살펴보면,

1) 전 기간에 걸쳐 남향 수직면에서 받는 일사량은 동, 서향 수직면에 비해 1.5배 정도로 나타났으나, 북향 수직면에 비해서는 무려 4배나 높게 나타났으며, 남향에서 지표면에 대한 경사각도가 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 사이의 집열면에서는 경사각도가 30° 에서 최대의 일사량을 받는 것으로 나타났다.

2) 계절별로는 난방기간인 겨울철의 경우 정남향 수직면에서 받는 일사량은 동, 서향 수직면에 비해 약 2.6배 정도 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, 서향 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.

4) 우리나라 대부분 지역의 연평균 최적 시스템 설치경사각은 남향 $30^{\circ} \sim 36^{\circ}$ 부근에서 최대의 태양에너지를 받아들이는 것으로 나타났다.

5) 또한 같은 기간 난방기간(10 ~ 3월) 동안에 산출된 최적경사각은 제주도를 제외한 대부분 지역의 연평균 최적 시스템 설치경사각은 남향 $51^{\circ} \sim 54^{\circ}$ 부근에서 최대의 일사를 수열 받는 것으로 나타났다.

그러나, 현재까지의 결과만을 가지고 전반적인 우리나라 전 지역에 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 전 지역에 적합한 방위별 경사면일사량 산출을 위한 모형을 유추해 나아갈 계획이다.

후 기

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

참고문헌

1. 기상청, 기상년·월보, (1982-2006).
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. J.L. Wise, Analysis of Solar Radiation Measurements on An Inclined Surface in Anchorage Alaska, AEIDC Publication, 1980.