

[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol. 22, No. 3, 2002

인공위성을 이용한 한반도에서의 태양에너지 이용가능성 분석에 관한 연구

A Study on the Feasibility Analysis for the Use of Solar Energy in Korea Using a Satellite

조덕기*, 강용혁*, 오정무*
D.K.Jo*, Y.H.Kang*, C.M.Auh*

Key words : 태양복사(Solar Radiation), 수평면 전일사량(Horizontal Global Insolation),
정지위성(Geostationary Satellite), 지표면 반사율(Ground Albedo), 운량(Cloud Index)

Abstract

Images taken by geostationary satellite may be used to estimate solar irradiance fluxes at earth's surface. It is based on the empirical correlation between a satellite derived cloud index and the irradiance at the ground. For the validation, estimated solar radiation fluxes are compared with observed solar radiation fluxes at 16 sites over the Korean peninsula from January 1982 to December 2000. Estimated solar radiation fluxes show reliable results for estimating the global radiation with average deviation of -5.6 to +2.8% from the measured values and the yearly averaged horizontal global insolation of Korean peninsula was turned out to be 3,038 kcal/m².day.

1. 서론

최근 대체에너지 기술은 세계 에너지 시장의 직면한 변화에 중요한 위치를 취하고 있다. 태양에너지를 이용한 간단한 집열장치나 지방에서 소규모 전원공급을 위해 사용하는 태양광 발전장치에

서 대규모 태양전지판을 사용한 상업적 빌딩 건설과 대규모 열발전 및 풍력발전에 이르기까지 다양하게 이용되고 있다. 대체에너지 기술을 성취시키기 위한 결정적인 요소는 수평면 전일사량 및 기상데이터의 정확도의 유효성이다. 국내에서도 태양에너지사업 수행지역이 확대됨에 따라 태양열

* 한국에너지기술연구원

* Korea Institute of Energy Research

및 태양광시스템의 설계기준 및 이에 따른 설계자료로서 정확한 일사자료가 절실히 요구되고 있으나 일사량 측정네트워크가 일부지역에만 국한됨에 따라 한반도 전지역에 대한 태양에너지 자원 산출은 현실적으로 불가능 실정이다.

따라서, 본 연구의 목적은 일사량을 측정하지 못하는 일부 특정지역에 대하여 미국 나사(NASA) ESE(earth science enterprise)에서 GEOS-1 위성영상 등을 이용한 일사량 예측기법을 적용하여 한반도에서의 전반적인 태양에너지 이용가능성에 대한 평가를 시도하고자 하였다.

2. 이론적 배경

N이 인공위성에서 스캔(scan)하는 표적(target) 내에서 하늘(sky)에 대한 구름이 덮인 부분의 비율일 때, 지구 지표면에 도달하는 태양복사 G_s 는 식 (1)에서와 같이 청명한 부분과 구름에 덮인 부분을 통해 두 부분에서 혼합하여 입사하는 태양복사이다.

$$G_s = (1 - N) G_{cs} + N G_{cl}, \text{ 또는}$$

$$G_s = G_{cs} + N (G_{cl} - G_{cs}) \quad (1)$$

여기서, G_{cs} : 청명한(clear) 하늘 부분에서 지표면에 입사하는 태양복사

G_{cl} : 흐린 하늘 부분에서 지표면에 입사하는 태양복사

이다.

흐림도(cloudiness) 측정은 지표면에서 태양에너지를 예측하기 위한 목적이기 때문에 흐림도는 식 (2)에서 제시한 바와 같이 하늘에 현존하는 구름으로 인하여 지표면에 도달하지 못하는 태양복사로 정의한다.

$$\text{Cloudiness} = G_{cs} - G_s, \text{ 또는}$$

$$\text{Cloudiness} = N (G_{cs} - G_{cl}) \quad (2)$$

또한, G_0 는 대기의 상단에 입사하는 대기권밖 태양복사, G_a 는 대기에 의해 흡수된 태양복사, 그리고 G_r 은 행성, 즉 지구로부터 반사된 양을 의미하며, G_r 의 양은 우주에서 인공위성의 단파장대 센서에 의해 각각 감지된다. 이에 따른 에너지보존 방정식은 식 (3)과 같다.

$$G_0 = G_a + G_r + G_s (1 - A_s), \text{ 또는}$$

$$G_s = (G_0 - G_a - G_r) / (1 - A_s) \quad (3)$$

여기서, A_s 은 평균 반구상의 지표면 알베도(hemispherical ground albedo)로서 지표면 위에 입사한 태양복사에 대하여 지표면으로부터 반사된 태양복사의 비율로 정의된다. 식 (3)에서 $G_s (1 - A_s)$ 의 조건은 지표면에 의해 흡수된 태양복사를 나타낸다. 이에 따라 청명한 하늘과 담천한 하늘에서의 에너지보존 방정식은 각각 식 (4)와 (5)와 같이 재 정의할 수 있다. 이들 식에서 c_s 와 c_l 은 각각 청명한 하늘과 흐린 하늘의 매개변수를 나타내며, 짧은 시간대에서의 A_s 의 변화는 무시한다.

$$G_{cs} = (G_0 - G_{acs} - G_{rcs}) / (1 - A_s) \quad (4)$$

$$G_{cl} = (G_0 - G_{acl} - G_{rc1}) / (1 - A_s) \quad (5)$$

한편, 태양복사를 위한 넓은 대역의 대기투과율 T는 식 (6)에서와 같이 대기열(atmospheric column) 상단에 입사하는 대기권밖 태양복사에 대한 대기열을 통하여 지표면에 도달하는 태양복사의 비율로서 정의된다.

$$T = G_s / G_0 \quad (6)$$

식 (4)와 식 (5)로부터 식 (1)의 G_{cl} 과 G_{cs} 을 대신하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$G_s = (G_0 - G_a - G_{rcs}) / (1 - A_s) +$$

$$N (G_{rcs} - G_{rcI}) / (1 - A_s) \quad (7)$$

다시 위의 식을 양변을 G_0 에 의해 나누고 식 (6)의 T 를 삽입하면, 식 (8)를 얻을 수 있다.

$$T = a + b C \quad (8)$$

계수 a 와 b 는 회귀에 의한 현장 데이터로부터 결정된다. 그에 따라 인공위성 영상으로부터의 흐림도 계수는 식 (8)에서 대기투과율을 얻기 위해 사용되어지며, 그리고 원하는 표적에서 연속적으로 지표면에 도달하는 태양복사는 식 (9)로부터 예측된다.

$$G_s = G_0 T \quad (9)$$

3. 인공위성에 의한 영상처리

GOES-1 인공위성 영상 자료의 기본 구조는 기본적으로 정사각형 형태의 격자망으로 이루어져 있다. 영상에서 나타나는 이들 각각의 정사각형 격자를 픽셀(pixel), 또는 화소라고 부르며, 이 픽셀은 영상을 구성하는 기본 단위가 된다. 이들 픽셀은 각각이 독립적인 하나의 밝기를 가지고 있으며, 이런 밝기를 가진 픽셀들이 무수히 많이 조합되어 연속적인 명암을 갖는 하나의 영상을 구성하게 된다. 또한 GOES-1 인공위성에 의한 원격탐사는 멀리 떨어진 거리에서 대상 물체의 특징

을 정확히 판단하기 위해 다양한 파장대에서 얻어진 영상 자료의 중첩을 통해 그 물체의 분광 특성을 분석하고 있다. 일반적으로 모든 물질은 전자기파 중 특정한 파장의 전자를 흡수하거나 반사하는 고유한 특성을 가지는데, 이러한 성질을 그 물질의 분광 특성이라고 한다. 이 분광 특성에 의해 어떠한 표적물로부터 반사되거나 복사되는 에너지의 세기는 물체의 특성에 따라 달라지며, 같은 대상물이라도 파장대에 따라 반사 또는 복사되는 비율이 달라지기 때문에 물체의 판별이 가능하게 된다.

4. 인공위성 예측치와 측정일사량과의 비교분석

임의의 지역의 수평면 전일사량을 예측하기 위하여 일부 특정지역에 대하여 미국 나사(NASA) ESE(earth science enterprise)에서 GEOS-1 인공위성 등을 이용한 일사량 예측기법을 적용한 예측치와 '82. 1 ~ 2000. 12 기간 사이에 실제로 측정된 평균일사량과 비교하였으며, 그 비교결과는 표 1과 그림 1에 각각 제시하였다.

표 1에서 보는바와 같이 인공위성에 의한 시물레이션 예측치와 실측치를 비교하여 보면, 연평균 오차가 서울을 포함한 일부지역을 제외하고는 대부분 지역에서 예측치에 대한 실측치의 오차범위가 $-5.6 \sim +2.8 \%$ 내에서 나타나 예측치는 실측치와 상당히 근접한 값을 나타내었다. 그러나 그림 3에서 보는바와 같이 대기오염이 심각한

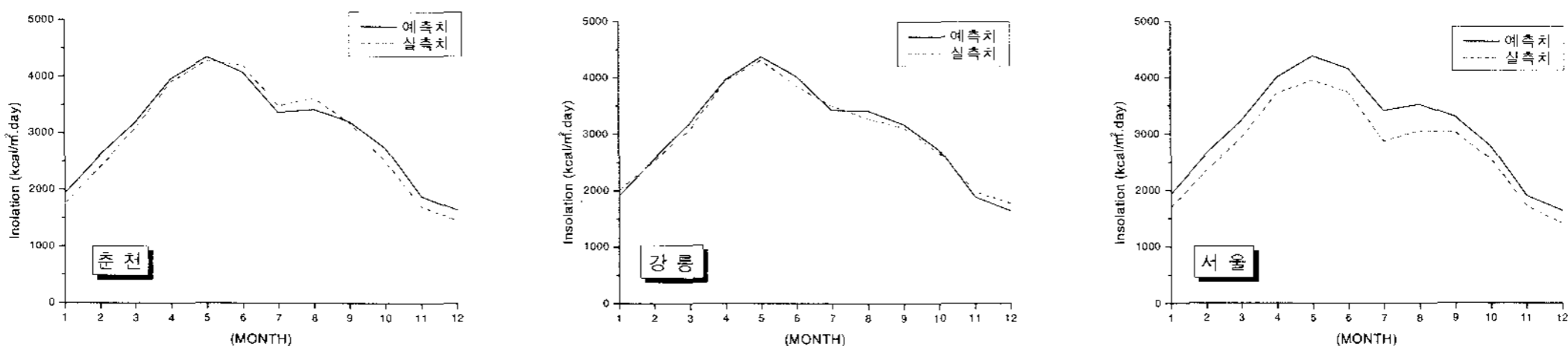


그림 1. 주요 지역별 월별 일평균 수평면 전일사량 실측치와 인공위성에 의한 예측치와의 비교

서울지역을 비롯한 해안지역인 목포, 제주와 그 인접지역인 진주, 그리고 대규모 공단이 위치한

전주지역은 타 지역에 비해 예측치는 실측치와의 오차가 다소 높게 나타나는 경향을 보였다.

표 1. 각 지역별 예측치와 실측치와의 비교

(단위 : kcal/m².day)

지역명		월 별												연평균
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
춘천	예측치	1935	2617	3195	3965	4348	4075	3367	3428	3211	2739	1889	1643	3034
	실측치	1753	2410	3084	3912	4228	4196	3492	3623	3190	2492	1708	1455	2962
	오차(%)	+10.4	+8.6	+3.6	+1.4	+2.8	-2.9	-3.6	-5.4	+0.7	+9.9	+10.6	+12.9	+2.4
강릉	예측치	1913	2563	3195	3965	4371	4027	3430	3420	3180	2724	1882	1636	3026
	실측치	2008	2531	3073	3942	4309	3848	3504	3279	3118	2676	1970	1779	3003
	오차(%)	-4.7	+1.3	+4.0	+0.6	+1.4	+4.7	-2.1	+4.3	+2.0	+1.8	-4.5	-8.0	-0.8
서울	예측치	1935	2655	3232	4003	4379	4162	3422	3526	3309	2784	1904	1636	3079
	실측치	1697	2355	2921	3719	3949	3742	2875	3057	3033	2555	1718	1408	2752
	오차(%)	+14.0	+12.7	+10.6	+7.6	+10.9	+11.2	+19.0	+15.3	+9.1	+9.0	+10.8	+16.2	+11.9
원주	예측치	1935	2617	3195	3965	4348	4075	3367	3428	3211	2739	1889	1643	3034
	실측치	1767	2415	2986	3850	4146	4076	3398	3558	3213	2677	1820	1519	2952
	오차(%)	+9.5	+8.4	+7.0	+3.0	+4.9	0	-0.9	-3.7	0	+2.3	+3.8	+8.2	+2.8
서산	예측치	1876	2570	3232	4064	4410	4193	3533	3691	3325	2867	1962	1651	3115
	실측치	1938	2635	3306	4132	4545	4370	3549	3775	3467	2905	1908	1635	3181
	오차(%)	-3.2	-2.5	-2.2	-2.1	-3.0	-4.1	-0.5	-2.2	-4.1	-1.3	+2.8	+1.0	-2.1
청주	예측치	1943	2570	3165	3996	4333	4059	3430	3533	3171	2792	1954	1695	3053
	실측치	1865	2537	3064	3928	4309	4086	3543	3591	3266	2782	1888	1587	3037
	오차(%)	+4.2	+1.3	+3.3	+1.7	+0.6	-0.7	-3.2	-1.6	-2.9	+0.4	+3.5	+6.8	+0.53
대전	예측치	1943	2570	3165	3996	4333	4059	3430	3533	3171	2792	1954	1695	3053
	실측치	1913	2594	3228	4082	4240	3937	3623	3715	3250	2844	1985	1698	3092
	오차(%)	+1.6	-0.9	-2.0	-2.1	-2.2	+3.1	-5.3	-4.9	-2.4	-1.8	-1.6	-0.2	-1.3
포항	예측치	1872	2463	3091	3950	4317	3948	3501	3518	3075	2724	1933	1665	3005
	실측치	2087	2595	3109	3981	4364	3955	3493	3532	3041	2761	2113	1904	3078
	오차(%)	-10.3	-5.1	-0.6	-0.8	-1.1	-0.2	+0.2	-0.4	+1.1	-1.3	-8.5	-12.5	-2.4
대구	예측치	1965	2502	3039	3912	4194	3846	3541	3571	3115	2792	2027	1761	3022
	실측치	1961	2516	3184	3953	4256	3914	3476	3403	3032	2743	2013	1777	3019
	오차(%)	+0.2	-0.6	-4.6	-1.0	-1.5	-1.7	+1.9	+4.9	+2.7	+1.8	+0.7	-0.9	+0.1
전주	예측치	1913	2493	3113	3981	4286	3980	3627	3714	3260	2867	2042	1724	3083
	실측치	1764	2327	2923	3800	4068	3805	3372	3410	3090	2744	1842	1550	2891
	오차(%)	+9.6	+7.1	+6.5	+4.8	+5.4	+4.6	+7.6	+8.9	+5.5	+4.5	+10.9	+11.2	+6.6
광주	예측치	1839	2478	3173	4041	4364	4098	3715	3850	3381	2927	2027	1665	3130
	실측치	1946	2568	3202	4022	4317	3906	3566	3721	3369	2979	2051	1706	3113
	오차(%)	-5.5	-3.5	-0.9	+0.5	+1.1	+5.0	+4.2	+3.5	+0.4	-1.7	-1.2	-2.4	+0.5
부산	예측치	1876	2425	3008	3898	4194	3829	3627	3646	3123	2755	1998	1695	3006
	실측치	2163	2726	3153	3863	4234	3851	3637	3761	3091	2925	2237	1973	3135
	오차(%)	-13.3	-11.0	-4.6	+0.9	-0.9	-0.6	-0.3	-3.1	+1.0	-5.8	-10.7	-14.1	-4.1
목포	예측치	1802	2386	3076	3996	4286	3941	3920	3993	3453	2980	2093	1680	3134
	실측치	1987	2636	3372	4260	4604	4203	3889	4232	3569	3161	2179	1753	3320
	오차(%)	-9.3	-9.5	-8.8	-6.2	-6.9	-6.2	+0.8	-5.6	-3.3	-5.7	-3.9	-4.2	-5.6
제주	예측치	1751	2279	2971	3920	4186	3861	4149	4129	3517	3002	2136	1680	3132
	실측치	1212	1903	2702	3761	4289	3956	4206	3890	3187	2790	1861	1302	2922
	오차(%)	+44.5	+19.8	+10.0	+4.2	-2.4	-2.4	-1.4	+6.1	+10.4	+7.6	+14.8	+29.0	+7.2
진주	예측치	1914	2502	3113	3912	4194	3846	3541	3571	3115	2792	2027	1761	3024
	실측치	2360	2939	3447	4153	4429	3944	3743	3761	3310	3087	2350	2122	3304
	오차(%)	-18.9	-14.9	-9.7	-5.8	-5.3	-2.5	-5.4	-5.1	-5.9	-9.6	-13.7	-17.0	-8.5
영주	예측치	2002	2570	3105	3935	4271	3932	3351	3382	3035	2724	1954	1738	3000
	실측치	2008	2608	3302	4168	4537	4171	3609	3642	3398	2862	2039	1788	3178
	오차(%)	-0.3	-1.5	-6.0	-6.3	-5.9	-5.7	-7.1	-7.1	-10.7	-4.8	-4.2	-2.8	-5.6
평균	예측치	1901	2516	3129	3969	4301	3996	3559	3621	3228	2813	1979	1686	3058
	실측치	1902	2518	3129	3970	4302	3998	3561	3622	3227	2811	1980	1685	3059
	오차(%)	-0.1	-0.1	0	0	0	-0.1	-0.1	0	0	+0.1	-0.1	+0.1	0

* 오차 : $[(\text{예측치}/\text{실측치}) - 1] \times 100$

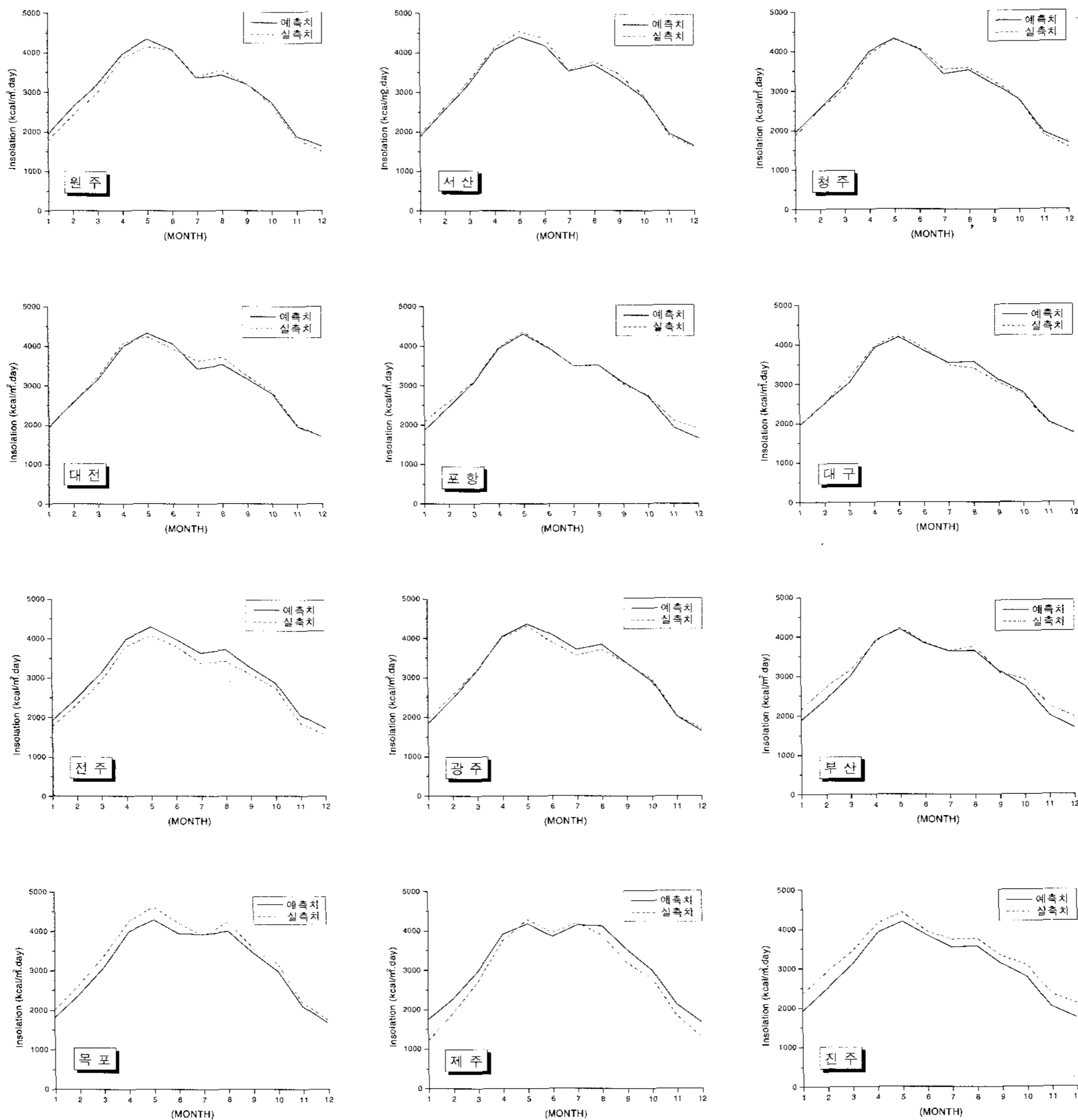


그림 1. 주요 지역별 월별 일평균 수평면 전일사량 실측치와 인공위성에 의한 예측치와의 비교 (계속)

5. 한반도 수평면 전일사량 분석

5.1 관측지 선정

본 연구에서는 한반도의 일사량 광역분포 상태를 분석하기 위하여 관측지간의 평균거리를 약 100 km로 설정하고 전반적인 데이터의 정확도 평가를 위해 한반도 내에서 28개 지역, 즉 북한에서는 평양을 비롯한 신의주, 개성, 원산, 고성,

만포, 성진, 청진, 나진, 해산, 풍산, 영원과 남한에서는 한국에너지기술연구원 관측지인 춘천, 강릉, 서울, 원주, 서산, 청주, 포항, 대구, 전주, 광주, 부산, 목포, 제주, 진주를 대상으로 한반도 일사량 관측지로 선정하였다. 한반도 태양에너지 자원분석을 위한 관측지 선정작업에 고려된 사항은 우선, 관측지 상호간의 거리는 가능한 균등하게 유지하고, 내륙, 해안 등 지역적 특수성에 따른

일사량 변동 형태를 연구할 수 있도록 관측지 선정에 반영한 것이다.

5.2 양적비교

표 2는 1982년 1월부터 2000년 12월까지 기간동안 한반도 남한지방 16개소에서 한국에너지기술연구원이 실시해 온 측정자료와 북한지방 12개소에서 인공위성 모델링을 통하여 산출된 예측치를 한반도 주요 지역별로 서로 비교한 것이다. 분석결과에서 나타난바와 같이 우리 나라(남북한) 주요 28개 전지역에서의 수평면 전일사

량은 연평균치로 계산하였을 때, 한반도 전국이 하루에 3,038 kcal/m² 정도의 일사에너지를 받는 것으로 나타났으며, 북한지방은 하루에 3,007 kcal/m², 남한지방은 하루에 3,059 kcal/m² 정도로 나타나 남한지방이 북한지방에 비하여 다소 높게 나타나는 현상을 보였다. 특히 남한지방의 대도시지역에서 대기오염에 의한 태양복사선의 투과방지가 북한의 지역들에 비해 상대적으로 컸음에도 불구하고 남한지역이 높게 나타난 것은 태양에너지의 강도가 지구상의 위도와 가장 밀접한 관계를 갖고 있음을 알 수가 있다.

표 2. 한반도 주요지역의 월 및 연평균 1일 수평면 전일사량

(단위 : kcal/m².day)

지역명	월 별												연 평균
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
평양	1847	2578	3351	3912	4325	4233	3565	3488	3397	2642	1788	1533	3055
신의주	1581	2155	3411	3822	4239	4249	3762	3518	3389	2513	1649	1357	2971
개성	1935	2655	3232	4003	4379	4162	3422	3526	3309	2784	1904	1636	3079
원산	1892	2632	3292	3875	4325	4083	3398	3330	3260	2619	1766	1541	3001
고성	1818	2555	3285	3996	4479	4130	3501	3451	3325	2717	1809	1526	3049
만포	1640	2294	3403	3723	4170	4114	3730	3398	3252	2438	1606	1357	2927
성진	1788	2587	3448	3927	4417	4059	3715	3480	3397	2671	1758	1467	3060
청진	1802	2609	3478	3845	4301	3987	3699	3398	3349	2596	1715	1467	3021
나진	1617	2463	3478	3792	4232	3948	3691	3352	3292	2475	1599	1357	2942
혜산	1876	2647	3434	3776	4256	4027	3683	3081	3260	2551	1722	1496	2984
풍산	1876	2647	3389	3852	4340	4066	3627	3398	3292	2626	1766	1526	3034
영원	1898	2625	3292	3852	4250	4114	3398	3338	3276	2604	1766	1548	2997
춘천	1753	2410	3084	3912	4228	4196	3492	3623	3190	2492	1708	1455	2962
강릉	2008	2531	3073	3942	4309	3848	3504	3279	3118	2676	1970	1779	3003
서울	1697	2355	2921	3719	3949	3742	2875	3057	3033	2555	1718	1408	2752
원주	1767	2415	2986	3850	4146	4076	3398	3558	3213	2677	1820	1519	2952
서산	1938	2635	3306	4132	4545	4370	3549	3775	3467	2905	1908	1635	3181
청주	1865	2537	3064	3928	4309	4086	3543	3591	3266	2782	1888	1587	3037
대전	1913	2594	3228	4082	4240	3937	3623	3715	3250	2844	1985	1698	3092
포항	2087	2595	3109	3981	4364	3955	3493	3532	3041	2761	2113	1904	3078
대구	1961	2516	3184	3953	4256	3914	3476	3403	3032	2743	2013	1777	3019
전주	1764	2327	2923	3800	4068	3805	3372	3410	3090	2744	1842	1550	2891
광주	1946	2568	3202	4022	4317	3906	3566	3721	3369	2979	2051	1706	3113
부산	2163	2726	3153	3863	4234	3851	3637	3761	3091	2925	2237	1973	3135
목포	1987	2636	3372	4260	4604	4203	3889	4232	3569	3161	2179	1753	3320
제주	1212	1903	2702	3761	4289	3956	4206	3890	3187	2790	1861	1302	2922
진주	2360	2939	3447	4153	4429	3944	3743	3761	3310	3087	2350	2122	3304
영주	2008	2608	3302	4168	4537	4171	3609	3642	3398	2862	2039	1788	3178
평균	1857	2527	3234	3925	4305	4040	3577	3525	3265	2722	1876	1599	3038

* 북한지방 : 예측치, 남한지방 : 실측치('82. 1 ~ 2000. 12 평균)

표 3. 계절별 수평면 전일사량 변동추이

(단위 : kcal/m².day)

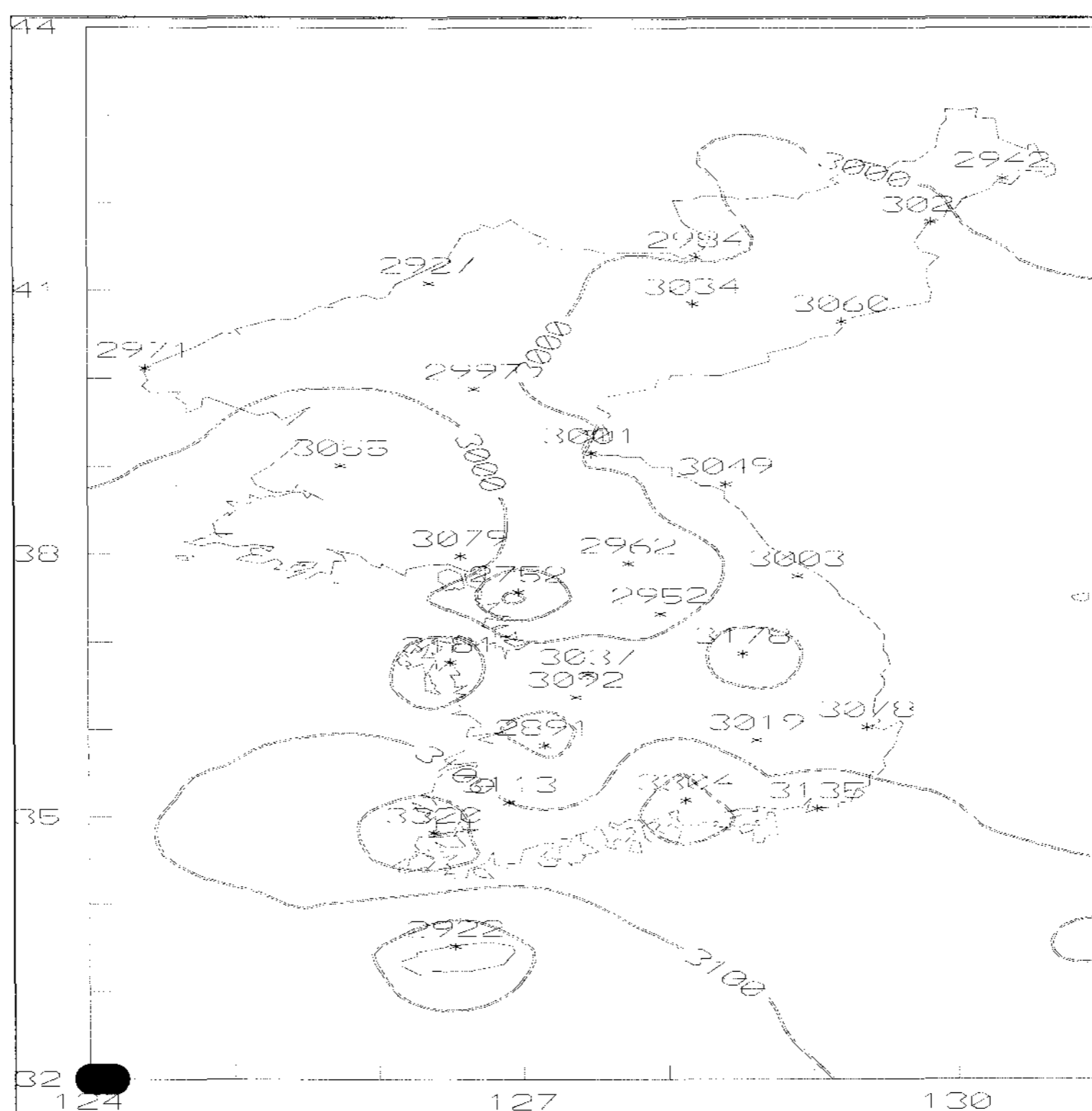
구 분	봄	여 름	가 을	겨 울	연평균(A)
수평면 전일사량 (G)	3,821	3,714	2,621	1,994	3,038
G/A	1.26	1.22	0.86	0.66	1.00

한편, 우리 나라(남북한)의 월별 수평면 전일사량의 일사조건을 일년을 기준으로 볼 때, 표 2에서 보는바와 같이 일사조건이 가장 좋은 달은 5월로 하루에 4,305 kcal/m²인 것으로 나타났으며, 가장 낮은 달은 12월로 하루에 1,599 kcal/m²로 나타났다. 계절별로는 표 3에서와 같이 연중 봄철의 일사조건이 가장 좋으며, 가을철과 겨울철은 연평균치에도 훨씬 못 미치는 낮은 수준인 것으로 나타났다. 연 평균치에 대한 계절별 일사조건은 봄과 여름철은 각각 26%, 22%

높았으며, 가을과 겨울철은 14%, 34% 정도 상대적으로 낮았다.

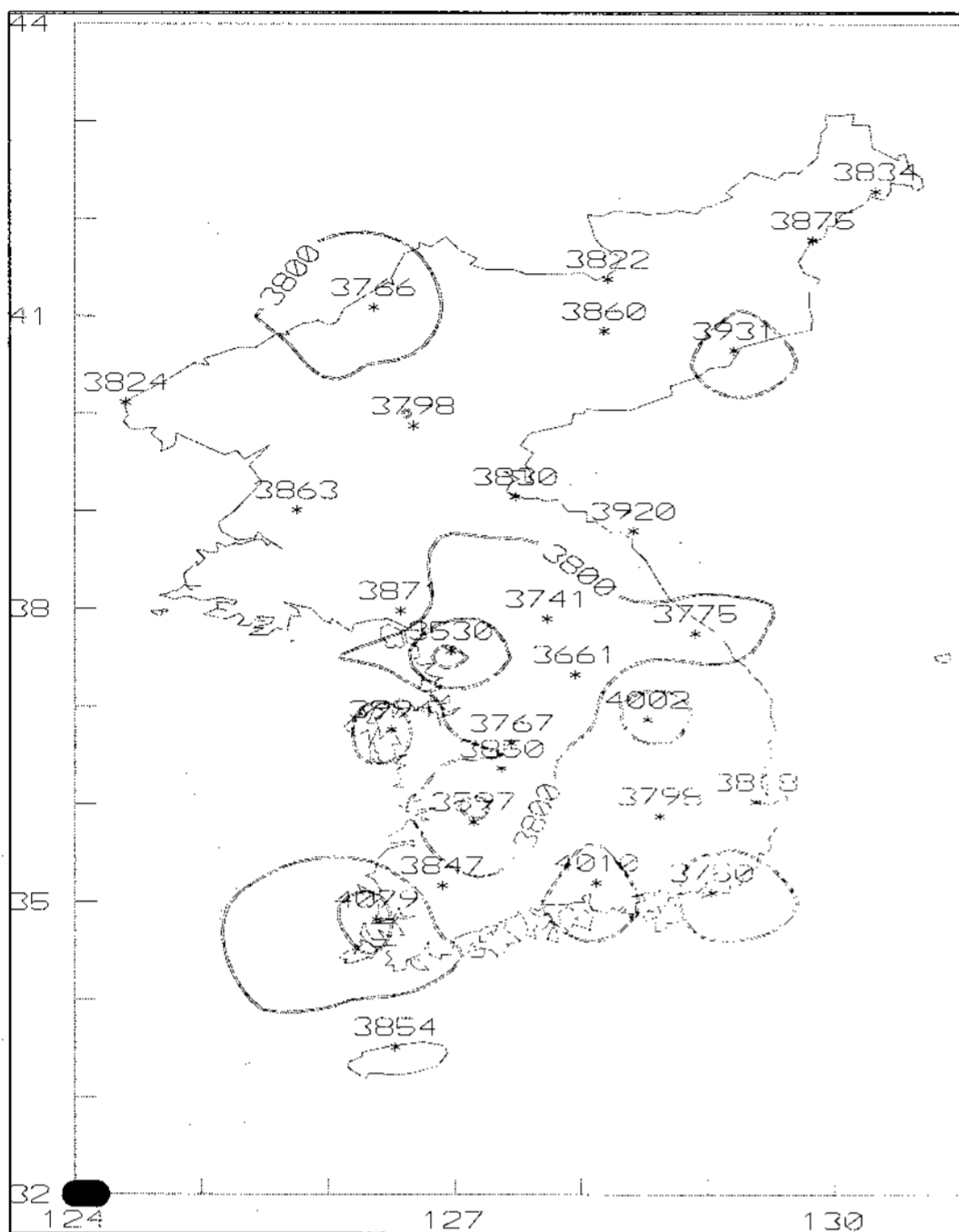
5.3 양적비교

한국에너지기술연구원에서 운영하는 일사량 측정네트워크(남한지방 16개소)에서 19여년간에 걸쳐 측정된 수평면 전일사량 자료의 평균치와 북한지방 12개소에서 인공위성 모델링을 통하여 산출된 수평면 전일사량 예측치를 가지고 전산시물레이션 기법으로 그린 전국적인 한반도 일사량분

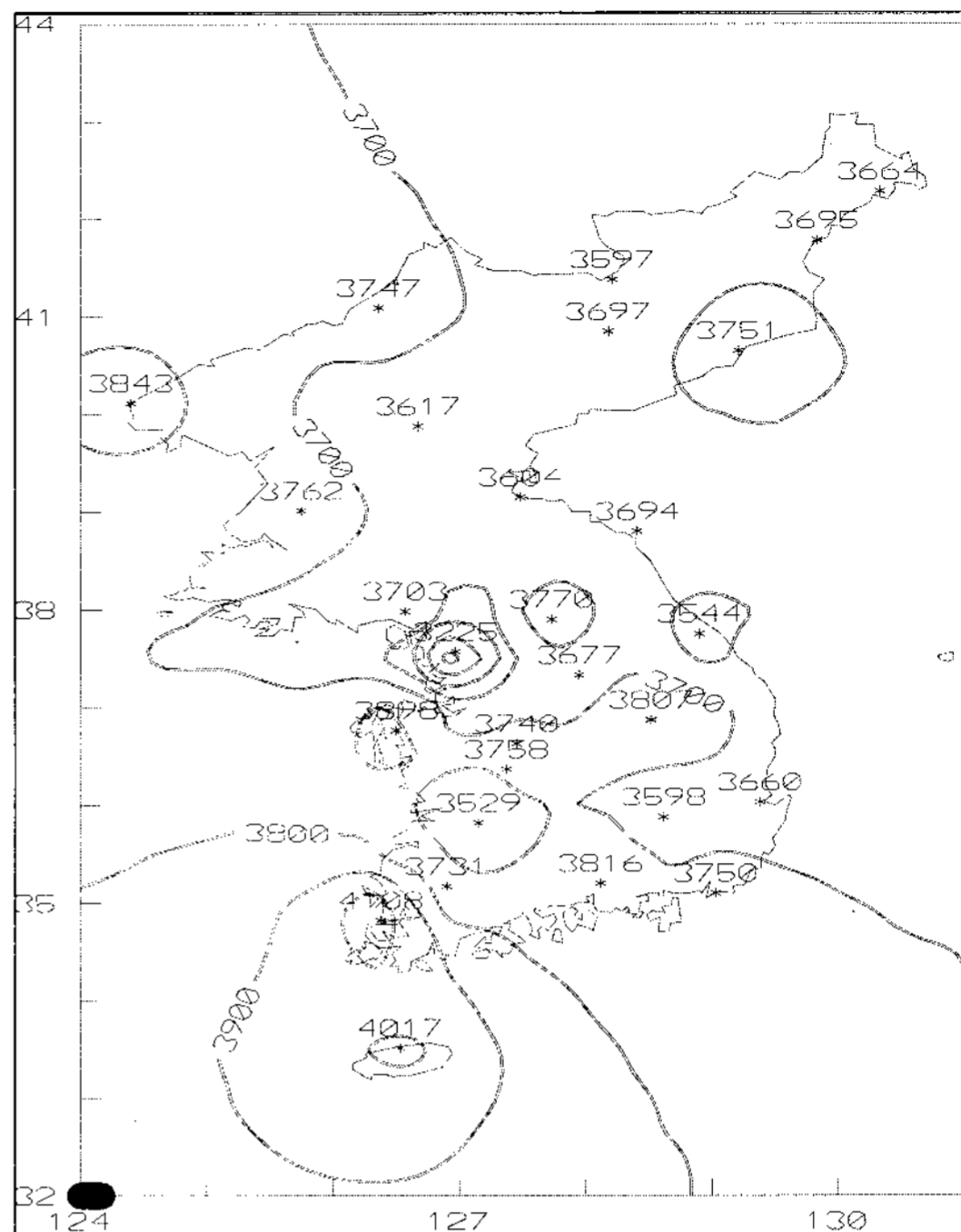


연 평균

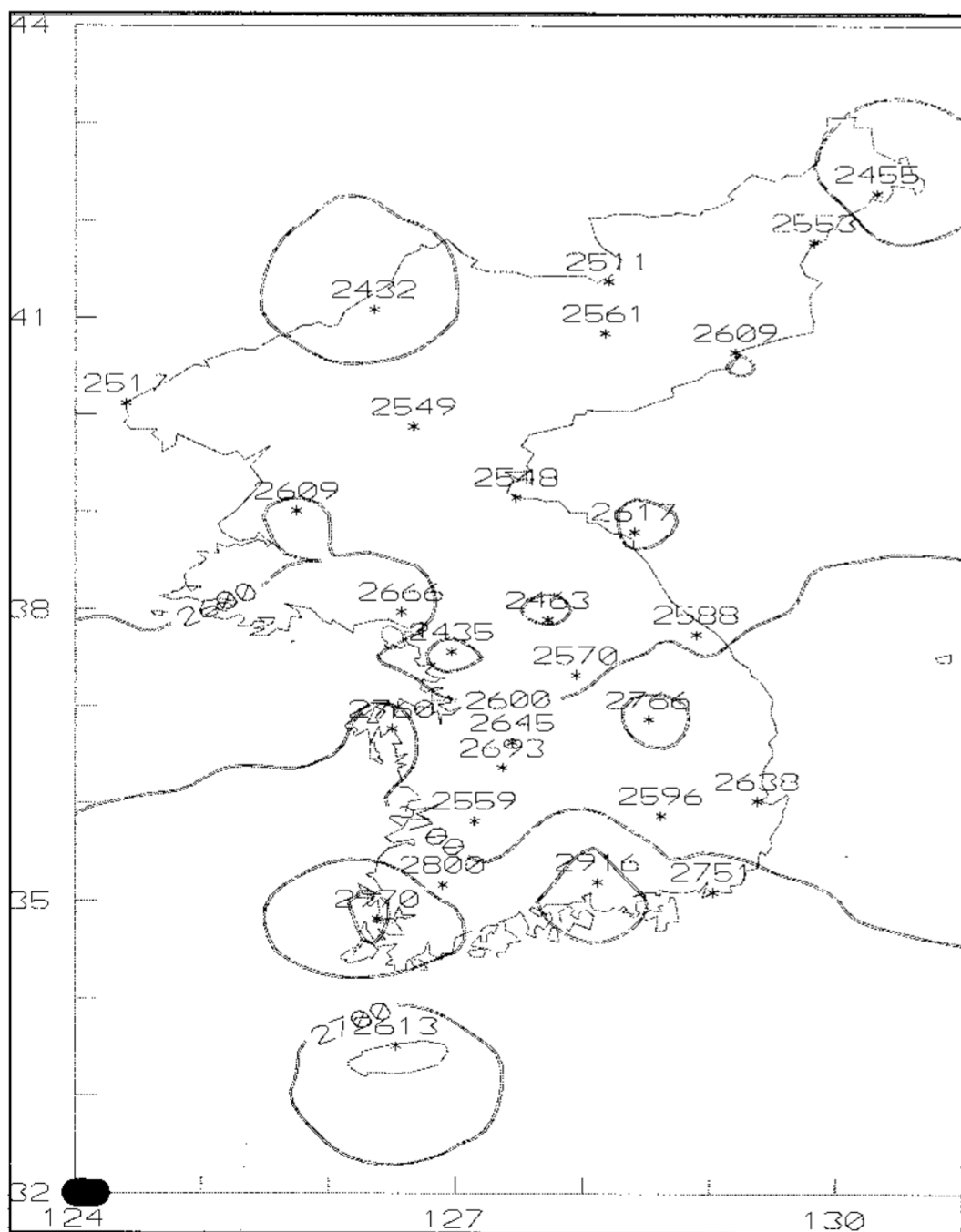
그림 2. 인공위성 예측을 통한 전국 연평균 1일 수평면 전일사량 자원분포도 (kcal/m².day)



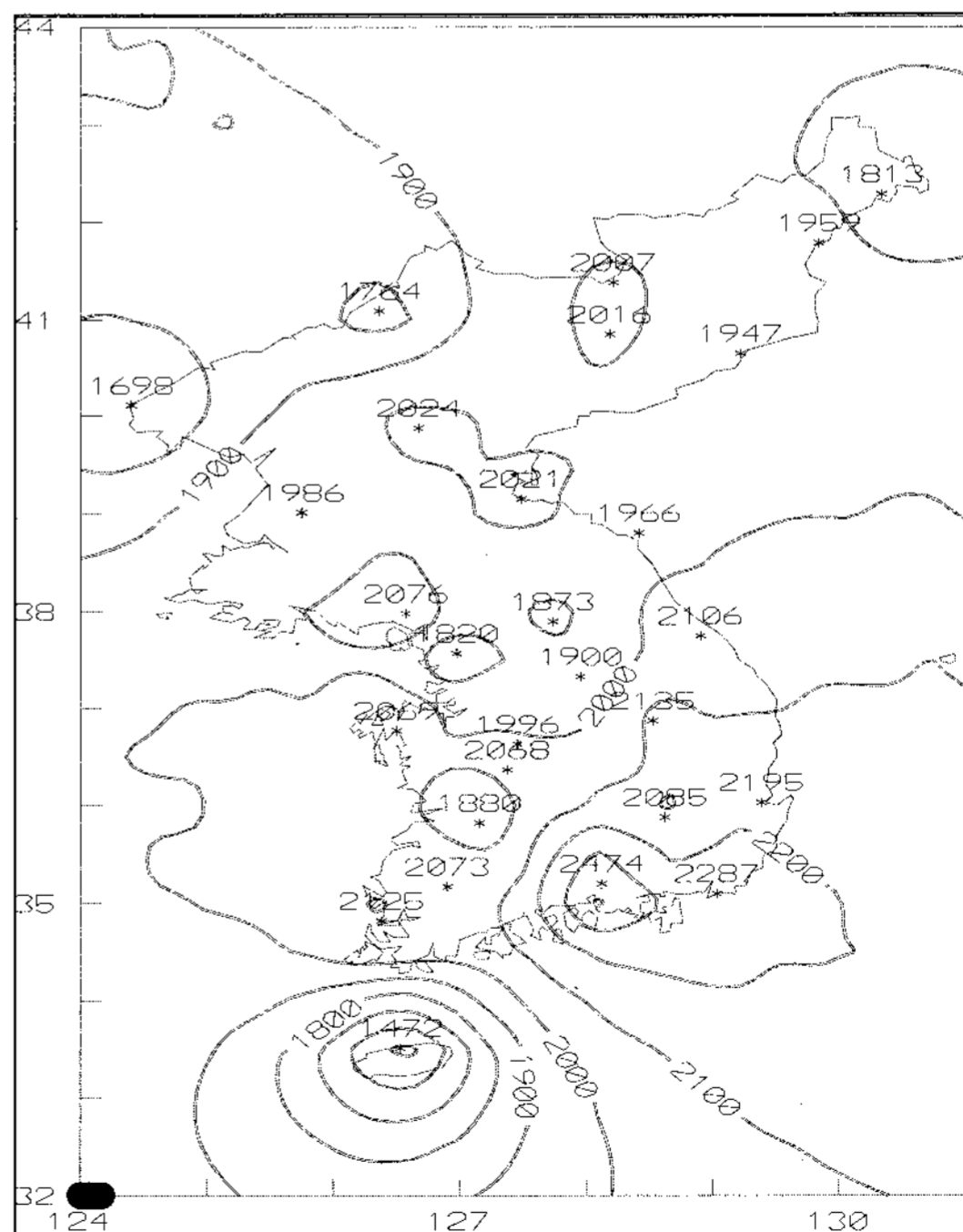
봄 (3~5월)



여름 (6~8월)



가을 (9~11월)



겨울 (11~2월)

그림 3. 인공위성 예측을 통한 전국 계절별 일평균 수평면 전일사량 자원분포도 (kcal/m²·day)

포 현황도를 그림 2에 나타내었다.

분포상의 특징을 일사조건이 좋은 순으로 지역대를 나누면, 그림에서 보는바와 같이 남해중서부지방과 태안반도 일대, 그리고 영주분지 일원의 일사조건이 전국에서 가장 좋은 곳으로 나타났으며, 그 다음은 호남 및 김해평야 일대, 중부이남, 그리고 북부 동해안 및 서해안 지방, 중부이북지방, 북부내륙지방, 제주도 순으로 나타났고, 대기오염이 심각한 서울지방은 한반도 내에서 가장 낮은 일사량을 기록하였다. 또한 우리 나라 한반도의 수평면 전일사량 자원에 대한 계절별 일사량분포 특성은 그림 3에서 나타낸바와 같이 봄철과 가을철의 일사조건은 대체로 내륙지방의 지역보다는 해안지방의 지역이 좋으며, 여름철은 한반도 전국이 고른 분포를 나타낸 반면에, 겨울철은 남해지방 일원 지역의 일사량이 다른 지역들보다 상대적으로 높은 형태를 나타내었다.

참고로 우리 나라 한반도 전지역에 대해 지역별로 '82 ~ 2000년 기간동안의 월별에 따른 연평균 1일 수평면 전일사량의 값을 표 2에 제시하였다. 이 자료는 우리 나라 한반도에서 추진되고 있는 대체에너지 이용기술과 관련하여 각종 연구와 보급사업이 보다 활성화하기 위한 기준설계 자료의 대표 값으로 이용할 수 있으리라 생각된다.

6. 결 론

우리 나라 한반도 내에서 인공위성을 이용한 태양에너지 이용가능성 분석 평가를 위하여 1982년 1월부터 2000년 12월까지 기간동안 한반도 남한지방 16개소에서 한국에너지기술연구원이 실시해 온 측정자료와 북한지방 12개소에서 인공위성 모델링을 통하여 산출된 예측치를 한반도 주요 지역별로 분석한 결과를 종합해 보면, 다음과 같은 결론을 얻게 된다.

1) 인공위성에 의한 시뮬레이션 예측치와 실측치와의 연평균 오차가 서울을 포함한 일부지역을

제외하고는 대부분 지역에서 예측치에 대한 실측치의 오차범위가 $-5.6 \sim +2.8\%$ 내에서 나타나 예측치는 실측치와 상당히 근접한 값을 나타내었다.

2) 우리 나라(남북한) 주요 28개 전지역에서의 수평면 전일사량은 연평균치로 계산하였을 때, 한반도 전국이 하루에 $3,038 \text{ kcal/m}^2$ 정도의 일사 에너지를 받는 것으로 나타났으며, 이 중에서 북한 지방은 하루에 $3,007 \text{ kcal/m}^2$, 남한지방은 하루에 $3,059 \text{ kcal/m}^2$ 정도로 나타났다.

3) 우리 나라(남북한)의 월별 수평면 전일사량의 일사조건을 일년을 기준으로 볼 때, 일사조건이 가장 좋은 달은 5월로 하루에 $4,305 \text{ kcal/m}^2$ 인 것으로 나타났으며, 가장 낮은 달은 12월로 하루에 $1,599 \text{ kcal/m}^2$ 로 나타났다.

4) 계절별로는 연중 봄철의 일사조건이 가장 좋으며, 가을철과 겨울철은 연평균치에도 훨씬 못 미치는 낮은 수준인 것으로 나타났다. 즉, 연 평균치에 대한 계절별 일사조건은 봄과 여름철은 각각 26%, 22% 높았으며, 가을과 겨울철은 14%, 34% 정도 상대적으로 낮았다.

5) 우리 나라 한반도 분포상의 특징을 일사조건이 좋은 순으로 지역대를 나누면, 남해중서부지방과 태안반도 일대, 그리고 영주분지 일원의 일사조건이 한반도에서 가장 좋은 곳으로 나타났으며, 그 다음은 호남 및 김해평야 일대, 중부이남, 그리고 북부 동해안 및 서해안 지방, 중부이북지방, 북부내륙지방, 제주도 순으로 나타났고, 대기오염이 심각한 서울지방은 한반도 내에서 가장 낮은 일사량을 기록하였다.

6) 우리 나라 한반도의 수평면 전일사량 자원에 대한 계절별 일사량분포 특성은 봄철과 가을철의 일사조건은 대체로 내륙지방의 지역보다는 해안지방의 지역이 좋으며, 여름철은 한반도 전국이 고른 분포를 나타낸 반면에, 겨울철은 남해지방 일원 지역의 일사량이 다른 지역들보다 상대적으로 높은 형태를 나타내었다.

그러나, 한반도 북한지방은 남한지방과는 달리 장기간 실측이 아닌 예측치인 관계로 현재까지의 결과만을 가지고 우리 나라 한반도의 전반적인 수평면 전일사량 자원을 평가한다는 것은 아직 어려운 실정이다. 따라서 본 연구는 가능하다면 인공위성을 통하여 기상변화에 따른 일사량의 변동형태 등 각종 기후조건과의 연관성도 규명하여 보다 정확한 태양에너지자원 예측기법을 개발해 나아가 갈 계획이다.

참고문헌

1. MD. Rafiquel Islam and R.H.B. Exell, Solar Radiation Mapping from Satellite Image Using a Low cost System, Solar Energy, Vol. 56, No. 3, pp. 225-237, 1996.
2. Hans Georg Beyer, Claudio Costanzo and Detlev Heinemann, Modifications of the Heliostat Procedure for Irradiance Estimates from Satellite images, Solar Energy, Vol. 56, No. 3, pp. 207-212, 1996.
3. The Kenneth E. Johnson Environmental and Energy Center, Solar Radiation Data Sources-Applications and Network Design, DOE, U.S.A., 1978.
4. Duffie John A. and Beckman William A., Solar Engineering of Thermal Process, John Wiley & Sons, Inc., 1991, pp. 3-145.
5. Garg H.P., Treatise on Solar Energy, John Wiley & Sons, 1982, pp. 26-131.
6. Dickinson, William C., and Chermisinoff Paul N., Solar Energy Technology Handbook, Dekker, Inc., 1982.
7. 기상청, "기상년·월보", (1982-2000).