

인공위성을 이용한 국내 일사량 분포 예측

조덕기*, 윤창열*, 김광득*, 강용혁*

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

Estimation of Solar Radiation Distribution in Korea Using a Satellite

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

Since the solar energy resource is the main input for sizing any solar photovoltaic system, it is essential to utilize the solar radiation data as an application and development of solar energy system increase. It will be necessary to understand and evaluate the insolation data. The Korea Institute of Energy Research(KIER) has begun collecting horizontal global insolation data since May, 1982 at 16 different locations in Korea and for the more detailed analysis, 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.

From the results, the measured data has been collected at 16 different stations and estimated using satellite at 23 different stations over the South Korea from 1982 to 2009. The Result of analysis shows that the annual-average daily global radiation on the horizontal surface is 3.56 kWh/m²/day and estimated solar radiation fluxes show reliable results for estimating the global radiation with average deviation of -7.27 to +3.65 % from the measured values.

Keywords : 일사량분포 (Solar Radiation Distribution), 태양광시스템 (Solar Photovoltaic System), 수평면 전일사량 (Global Radiation on Horizontal Surface), 위성영상 (Satellite Image)

기 호 설 명

Gcs	: 청명한 하늘 부분에서 지표면에 입사하는 일사량	Gr	: 지구로부터 반사된 일사량
Gcl	: 흐린 하늘 부분에서 지표면에 입사하는 일사량	C	: 흐림도 계수
Go	: 대기의 상단에 입사하는 대기권밖 일사량	As	: 평균 반구상의 지표면 알베도
Ga	: 대기에 의해 흡수된 일사량	Gacs	: 청명한 하늘에서 각각 대기로서 흡수된 일사량
		Gacl	: 흐린 하늘에서 각각 대기로서 흡수된 일사량
		T	: 청명계수

투고일자: 2011년 3월 14일, 심사일자: 2011년 3월 18일, 게재확정일자: 2011년 3월 25일
교신저자: 조덕기(dokkijo@kier.re.kr)

1. 서 론

근래에 들어와서 태양광시스템의 이용이 날로 늘어나고 그에 따른 각종 시스템의 개발 및 최적화 사업이 활발해짐에 따라 적용지역에 대한 일사량자원 정보의 필요성이 한층 높아지고 있다. 국내에서도 태양광에너지사업 수행지역이 확대됨에 따라 태양광시스템의 설계 기준 및 이에 따른 설계자료로서 정확한 일사량 자료가 절실히 요구되고 있으나 일사량 측정네트워크¹⁾가 일부지역에만 국한됨에 따라 국내 전 지역에 대한 일사량의 산출은 현실적으로 불가능한 실정이다.

따라서, 본 연구의 목적은 일사량을 측정하지 못하는 일부 특정지역에 대하여 미국 나사(NASA)의 지상관측시스템, GEOS-4 위성영상²⁾ 등을 이용한 일사량 예측기법을 적용하여 국내에서의 전반적인 태양광에너지 이용가능성에 대한 정밀분석을 시도하고자 하였다.

2. 이론적 배경

N이 인공위성에서 스캔(scan)하는 표적(target) 내에서 하늘(sky)에 대한 구름이 덮인 부분의 분율일 때³⁾, 지구 지표면에 도달하는 태양복사 G_s 는 식 (1)에서와 같이 청명한 부분과 구름에 덮인 부분을 통해 두 부분에서 혼합하여 입사하는 일사량이다.

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

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

여기서, G_{cs} 는 청명한(clear) 하늘 부분에서 지표면에 입사하는 일사량, G_{cl} 은 흐린 하늘 부분에서 지표면에 입사하는 일사량이다.

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

$$\begin{aligned} \text{Cloudiness} &= G_{cs} - G_s, \text{ 또는} \\ \text{Cloudiness} &= N (G_{cs} - G_{cl}) \end{aligned} \quad (2)$$

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

$$\begin{aligned} G_o &= G_a + G_r + G_s (1 - A_s), \text{ 또는} \\ G_s &= (G_o - G_a - G_r) / (1 - A_s) \end{aligned} \quad (3)$$

여기서, A_s 은 평균 반구상의 지표면 알베도(hemispherical ground albedo)로서 지표면 위에 입사한 일사량에 대하여 지표면으로부터 반사된 일사량의 비율로 정의된다. 식 (3)에서 $G_s (1 - A_s)$ 의 조건은 지표면에 의해 흡수된 일사량을 나타낸다. 이에 따라 청명한 하늘과 담철한 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.

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

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

- 1) The Kenneth E. Johnson Environmental and Energy Center, Solar Radiation Data Sources-Applications and Network Design, DOE, U.S.A., 1978.
- 2) Hans Georg Beyer, Claudio Costanzo and Detlev Heinemann, Modifications of the Helliosat Procedure for Irradiance Estimates from Satellite Images, Solar Energy, Vol. 56, No. 3, pp. 207-212, 1996.
- 3) MD. Rafiqul 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.

여기서 G_{acs} 와 G_{acl} 은 청명한 하늘과 흐린 하늘에서 각각 대기로부터 흡수된 일사량이며, G_{rcs} 와 G_{rc1} 은 청명한 하늘과 흐린 하늘에서 각각 지구로부터 반사된 일사량인 지구복사를 의미한다.

한편, 일사량을 위한 넓은 대역의 청명계수 T 는 식 (6)에서와 같이 대기열(atmospheric column) 상단에 입사하는 대기권밖 태양복사에 대한 대기열을 통하여 지표면에 도달하는 일사량의 비율로서 정의된다.

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

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

$$G_s = (G_o - G_a - G_{rcs}) / (1 - A_s) + N \quad (7)$$

$$(G_{rcs} - G_{rc1}) / (1 - A_s)$$

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

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

여기서 계수 a 와 b 는 회귀에 의한 현장 데이터로부터 결정된다. 또한 C 는 흐림도 계수로서 다음과 같이 정의된다.

$$C = (\text{Cloudiness}) (1 - A_s) / G_o \quad (9)$$

그에 따라 인공위성 영상으로부터의 흐림도 계수는 식 (8)에서 청명계수를 얻기 위해 사용되어지며, 그리고 원하는 표적에서 연속적으로 지표면에 도달하는 일사량은 식 (10)으로부터 예측된다.

$$G_s = G_o T \quad (10)$$

3. 인공위성 예측치와 측정치와의 비교 분석

임의의 지역의 수평면 전일사량을 예측하기 위하여 일부 특정지역에 대하여 미국 나사(NASA)의 지상관측시스템, GEOS-4 인공위성 등을 이용한 일사량 예측기법을 적용한 예측치와 '82.1 ~ 2009.12 기간 사이에 실제로 측정된 평균 일사량과 비교하였으며, 그 비교결과는 표 1에 제시하였다.

표 1에서 보는바와 같이 인공위성에 의한 시뮬레이션 예측치와 실측치를 비교하여 보면, 연평균 오차가 대기오염이 심각한 서울과 일기불순이 심한 제주를 제외하고는 대부분 지역에서 예측치에 대한 실측치의 오차범위가 연평균 -7.27 ~ +3.65% 내에서 나타나 예측치는 실측치와 상당히 근접한 값을 나타내었다.

4. 국내 태양광에너지 자원 상세 정밀 분석

4.1 관측지 선정

본 연구에서는 국내에서의 일사량자원의 광역분포 상태를 분석하기 위하여 관측지간의 평균거리를 약 50 km로 설정하고 전반적인 데이터의 정확도 평가를 위해 국내에서 39개 지역, 즉 위성예측은 속초를 비롯한 철원, 동두천, 울릉도, 영월, 충주, 울진, 상주, 군산, 울산, 마산, 통영, 여수, 완도, 진도, 성산, 서귀포, 인천, 수원, 안동, 대관령, 추풍령, 고산과 실측은 한국에너지기술연구원 관측지인 춘천, 강릉, 서울, 원주, 서산, 청주, 대전, 포항, 대구, 전주, 광주, 부산, 목포, 제주, 진주를 대상으로 선정하였다. 국내 일사량자원 분석을 위한 관측지 선정 작업에 고려된 사항은 우선, 관측지 상호간의 거리는 가능한 균등하게 유지하고, 변동형태를 연구할 수 있도록 내륙, 해안 등 지역적 특수성을 고려하였다.

표 1. 주요 지역별 예측치와 실적치와의 비교

(단위 : kWh/m²/day)

지역명		월 별												연평균
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
춘천	예측치	2.38	3.19	3.93	4.89	5.24	4.76	3.82	4.06	3.87	3.30	2.41	2.14	3.67
	실측치	2.16	2.94	3.80	4.72	5.17	5.10	4.16	4.35	3.90	3.10	2.14	1.86	3.62
	오차(%)	10.19	8.50	3.42	3.60	1.35	-6.67	-8.17	-6.67	-0.77	6.45	12.62	15.05	+1.36
강릉	예측치	2.21	3.01	3.79	4.80	5.20	4.78	3.84	3.88	3.74	3.26	2.32	2.01	3.57
	실측치	2.42	3.06	3.76	4.73	5.12	4.69	4.06	3.95	3.67	3.26	2.44	2.21	3.61
	오차(%)	-8.68	-1.63	0.80	1.48	1.56	1.92	-5.42	-1.77	1.91	0.00	-4.92	-9.05	0.90
서울	예측치	2.34	3.14	4.00	4.84	5.19	4.86	4.11	4.44	4.01	3.39	2.38	2.06	3.73
	실측치	2.03	2.83	3.59	4.49	4.83	4.48	3.37	3.70	3.63	3.13	2.11	1.78	3.33
	오차(%)	15.27	10.95	11.42	7.80	7.45	8.48	21.96	20.00	10.47	8.31	12.80	15.73	12.01
원주	예측치	2.38	3.19	3.93	4.89	5.24	4.76	3.82	4.06	3.87	3.30	2.41	2.14	3.67
	실측치	2.17	2.94	3.73	4.70	5.13	4.97	4.08	4.27	3.87	3.28	2.24	1.94	3.61
	오차(%)	9.68	8.50	5.36	4.04	2.14	-4.23	-6.37	-4.92	0.00	0.61	7.59	10.31	1.66
서산	예측치	2.15	3.07	4.04	4.94	5.27	5.02	4.60	4.87	4.21	3.49	2.36	1.91	3.83
	실측치	2.35	3.22	4.07	4.99	5.45	5.11	4.17	4.50	4.15	3.54	2.37	2.03	3.83
	오차(%)	-8.51	-4.66	-0.74	-1.00	-3.30	-1.76	10.31	8.22	1.45	-1.41	-0.42	-5.91	0.00
청주	예측치	2.37	3.18	3.96	4.87	5.21	4.78	4.05	4.11	3.78	3.36	2.44	2.15	3.69
	실측치	2.31	3.11	3.83	4.80	5.29	4.92	4.16	4.27	3.90	3.38	2.31	1.96	3.69
	오차(%)	2.60	2.25	3.39	1.46	-1.51	-2.85	-2.64	-3.75	-3.08	-0.59	5.63	9.69	0.00
대전	예측치	2.37	3.18	3.96	4.87	5.21	4.78	4.05	4.11	3.78	3.36	2.44	2.15	3.69
	실측치	2.33	3.19	4.00	4.97	5.26	4.86	4.27	4.44	3.95	3.50	2.45	2.10	3.78
	오차(%)	1.72	-0.31	-1.00	-2.01	-0.95	-1.65	-5.15	-7.43	-4.30	-4.00	-0.41	2.38	-2.38
포항	예측치	2.34	3.02	3.77	4.84	5.26	4.96	4.20	4.09	3.62	3.32	2.43	2.10	3.66
	실측치	2.51	3.23	3.89	4.88	5.25	4.81	4.19	4.25	3.58	3.37	2.65	2.37	3.75
	오차(%)	-6.77	-6.50	-3.08	-0.82	0.19	3.12	0.24	-3.76	1.12	-1.48	-8.30	-11.39	-2.40
대구	예측치	2.52	3.18	3.89	4.81	5.19	4.65	4.07	4.03	3.63	3.48	2.54	2.29	3.69
	실측치	2.37	3.12	3.95	4.83	5.19	4.78	4.17	4.08	3.64	3.36	2.49	2.23	3.68
	오차(%)	6.33	1.92	-1.52	-0.41	0.00	-2.72	-2.40	-1.23	-0.27	3.57	2.01	2.69	0.27
전주	예측치	2.35	3.12	4.00	4.79	5.13	4.69	4.12	4.14	3.73	3.54	2.48	2.16	3.69
	실측치	2.16	2.88	3.71	4.70	5.04	4.67	4.03	4.13	3.77	3.39	2.32	1.93	3.56
	오차(%)	8.80	8.33	7.82	1.91	1.79	0.43	2.23	0.24	-1.06	4.42	6.90	11.92	3.65
광주	예측치	2.06	2.97	3.92	4.84	5.16	4.91	4.63	4.82	4.11	3.51	2.36	1.87	3.76
	실측치	2.37	3.19	4.02	4.95	5.28	4.74	4.20	4.38	3.98	3.64	2.59	2.14	3.79
	오차(%)	-13.08	-6.90	-2.49	-2.22	-2.27	3.59	10.24	10.05	3.27	-3.57	-8.88	-12.62	-0.79
부산	예측치	2.44	3.06	3.73	4.74	5.21	4.84	4.28	4.22	3.56	3.37	2.50	2.23	3.68
	실측치	2.64	3.35	3.95	4.78	5.16	4.76	4.31	4.53	3.73	3.55	2.76	2.45	3.83
	오차(%)	-7.58	-8.66	-5.57	-0.84	0.97	1.68	-0.70	-6.84	-4.56	-5.07	-9.42	-8.98	-3.92
목포	예측치	2.05	2.85	3.74	4.68	5.05	4.70	4.58	4.89	4.04	3.50	2.42	1.90	3.70
	실측치	2.36	3.23	4.15	5.14	5.48	5.03	4.61	5.01	4.26	3.84	2.67	2.14	3.99
	오차(%)	-13.14	-11.76	-9.88	-8.95	-7.85	-6.56	-0.65	-2.40	-5.16	-8.85	-9.36	-11.21	-7.27
제주	예측치	1.92	2.80	3.74	4.82	5.31	5.50	5.14	5.35	4.43	3.84	2.59	1.87	3.94
	실측치	1.48	2.42	3.50	4.68	5.19	4.83	5.00	4.70	3.88	3.44	2.26	1.53	3.58
	오차(%)	29.73	15.70	6.86	2.99	2.31	13.87	2.80	13.83	14.18	11.63	14.60	22.22	10.06
진주	예측치	2.52	3.18	3.89	4.81	5.19	4.65	4.07	4.03	3.63	3.48	2.54	2.29	3.69
	실측치	2.75	3.49	4.22	5.02	5.29	4.74	4.38	4.43	3.94	3.79	2.85	2.58	3.96
	오차(%)	-8.36	-8.88	-7.82	-4.18	-1.89	-1.90	-7.08	-9.03	-7.87	-8.18	-10.88	-11.24	-6.82
영주	예측치	2.38	3.12	3.83	4.83	5.25	4.78	3.99	4.02	3.72	3.37	2.43	2.16	3.66
	실측치	2.31	3.06	3.89	4.83	5.29	4.92	4.16	4.19	3.87	3.36	2.42	2.11	3.70
	오차(%)	3.03	1.96	-1.54	0.00	-0.76	-2.85	-4.09	-4.06	-3.88	0.30	0.41	2.37	-1.08
평균	예측치	2.30	3.08	3.88	4.83	5.21	4.84	4.21	4.32	3.86	3.43	2.44	2.09	3.71
	실측치	2.30	3.08	3.88	4.83	5.21	4.84	4.21	4.32	3.86	3.43	2.44	2.09	3.71
	오차(%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

표 2. 국내 주요지역의 월 및 연평균 1일 수평면 전일사량

(단위 : Wh/m²/day)

지역명	월 별												연평균
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
춘 천	2.16	2.94	3.8	4.72	5.17	5.10	4.16	4.35	3.9	3.1	2.14	1.86	3.62
강 릉	2.42	3.06	3.76	4.73	5.12	4.69	4.06	3.95	3.67	3.26	2.44	2.21	3.61
서 울	2.03	2.83	3.59	4.49	4.83	4.48	3.37	3.7	3.63	3.13	2.11	1.78	3.33
원 주	2.17	2.94	3.73	4.7	5.13	4.97	4.08	4.27	3.87	3.28	2.24	1.94	3.61
서 산	2.35	3.22	4.07	4.99	5.45	5.11	4.17	4.5	4.15	3.54	2.37	2.03	3.83
청 주	2.31	3.11	3.83	4.8	5.29	4.92	4.16	4.27	3.9	3.38	2.31	1.96	3.69
대 전	2.33	3.19	4.00	4.97	5.26	4.86	4.27	4.44	3.95	3.5	2.45	2.10	3.78
포 향	2.51	3.23	3.89	4.88	5.25	4.81	4.19	4.25	3.58	3.37	2.65	2.37	3.75
대 구	2.37	3.12	3.95	4.83	5.19	4.78	4.17	4.08	3.64	3.36	2.49	2.23	3.68
전 주	2.16	2.88	3.71	4.70	5.04	4.67	4.03	4.13	3.77	3.39	2.32	1.93	3.56
광 주	2.37	3.19	4.02	4.95	5.28	4.74	4.2	4.38	3.98	3.64	2.59	2.14	3.79
부 산	2.64	3.35	3.95	4.78	5.16	4.76	4.31	4.53	3.73	3.55	2.76	2.45	3.83
목 포	2.36	3.23	4.15	5.14	5.48	5.03	4.61	5.01	4.26	3.84	2.67	2.14	3.99
계 주	1.48	2.42	3.5	4.68	5.19	4.83	5.00	4.7	3.88	3.44	2.26	1.53	3.58
진 주	2.75	3.49	4.22	5.02	5.29	4.74	4.38	4.43	3.94	3.79	2.85	2.58	3.96
영 주	2.31	3.06	3.89	4.83	5.29	4.92	4.16	4.19	3.87	3.36	2.42	2.11	3.70
인 천	1.97	2.71	3.53	4.37	4.86	4.66	3.99	4.35	3.84	3.21	2.10	1.74	3.44
수 원	1.97	2.71	3.53	4.37	4.86	4.66	3.99	4.35	3.84	3.21	2.1	1.74	3.44
안 동	2.00	2.69	3.38	4.36	4.91	4.58	3.88	3.94	3.56	3.19	2.15	1.82	3.37
대관령	1.86	2.6	3.35	4.33	4.87	4.58	3.73	3.8	3.58	3.09	2.05	1.70	3.30
추풍령	2.00	2.74	3.50	4.39	4.88	4.58	3.94	4.03	3.62	3.18	2.16	1.81	3.40
고 산	1.62	2.42	3.3	4.35	4.97	5.27	5.00	5.24	4.24	3.64	2.29	1.58	3.66
속 초	1.82	2.61	3.49	4.44	5.06	4.68	4.09	3.98	3.75	3.15	2.04	1.65	3.40
철 원	1.87	2.68	3.46	4.35	4.88	4.40	3.62	3.78	3.69	3.14	2.02	1.66	3.30
동두천	2.00	2.75	3.47	4.41	4.90	4.56	3.71	3.98	3.71	3.13	2.13	1.81	3.38
울릉도	1.61	2.36	3.58	4.58	5.28	5.67	4.86	4.79	3.99	3.3	2.03	1.49	3.63
영 월	1.86	2.6	3.35	4.33	4.87	4.58	3.73	3.80	3.58	3.09	2.05	1.70	3.30
충 주	2.00	2.74	3.50	4.39	4.88	4.58	3.94	4.03	3.62	3.18	2.16	1.81	3.40
울 진	1.97	2.61	3.33	4.37	4.92	4.75	4.08	4.01	3.47	3.14	2.15	1.77	3.38
상 주	2.00	2.69	3.38	4.36	4.91	4.58	3.88	3.94	3.56	3.19	2.15	1.82	3.37
군 산	1.81	2.65	3.57	4.46	4.93	4.81	4.47	4.77	4.03	3.31	2.09	1.61	3.54
울 산	2.05	2.64	3.29	4.28	4.88	4.64	4.16	4.14	3.41	3.19	2.21	1.88	3.40
마 산	2.12	2.74	3.43	4.34	4.86	4.45	3.96	3.95	3.48	3.30	2.25	1.93	3.40
통 영	2.17	2.81	3.54	4.47	5.03	5.13	4.69	5.02	4.15	3.68	2.46	2.03	3.77
여 수	2.00	2.64	3.39	4.34	4.86	4.54	4.13	4.34	3.79	3.4	2.24	1.85	3.46
완 도	1.73	2.46	3.30	4.22	4.73	4.5	4.45	4.79	3.87	3.31	2.14	1.60	3.43
진 도	1.73	2.46	3.30	4.22	4.73	4.5	4.45	4.79	3.87	3.31	2.14	1.60	3.43
성 산	1.62	2.42	3.30	4.35	4.97	5.27	5.00	5.24	4.24	3.64	2.29	1.58	3.66
서귀포	1.62	2.42	3.30	4.35	4.97	5.27	5.00	5.24	4.24	3.64	2.29	1.58	3.66
평 균	2.07	2.82	3.61	4.56	5.04	4.77	4.19	4.32	3.81	3.34	2.28	1.88	3.56

표 3. 계절별 수평면 전일사량 변동추이

(단위 : kWh/m²/day)

구 분	봄	여름	가을	겨울	연평균 (A)
수평면 전일사량(G)	4.40	4.43	3.14	2.26	3.56
G / A	1.24	1.24	0.88	0.63	1.00

4.2 양적비교

표 2는 1982년 1월부터 2009년 12월까지 기간 동안 한국에너지기술연구원에서 운영하는 일사량 측정네트워크(16개소)에서 측정된 수평면 전일사량 자료의 평균치와 인공위성 모델링을 통하여 산출된 수평면 전일사량 예측치(23개소)를 가지고 국내 주요 지역별로 서로

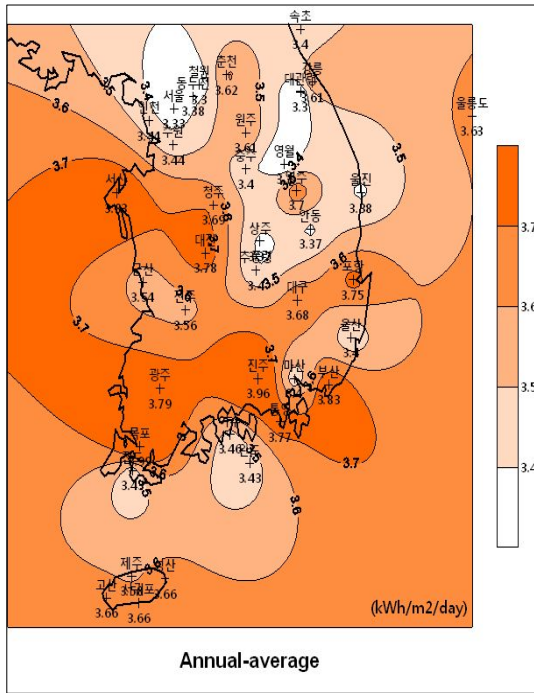


그림 1. 전국 연평균 1일 수평면 전일사량 자원분포도

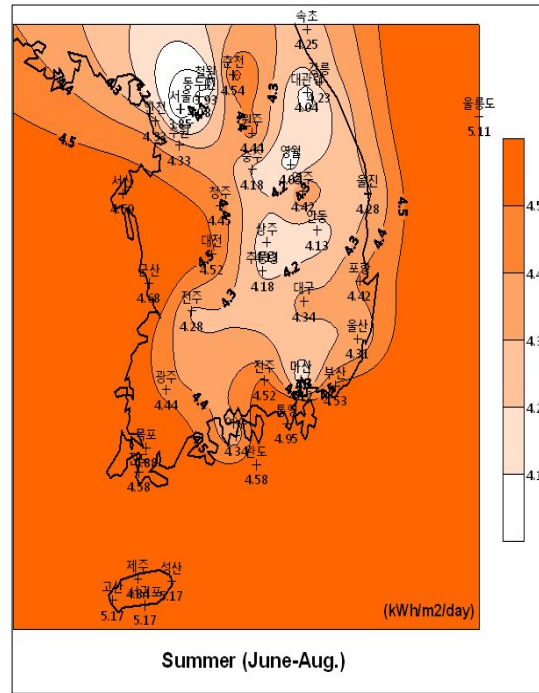


그림 3. 전국 여름철 일평균 수평면 전일사량 자원분포도

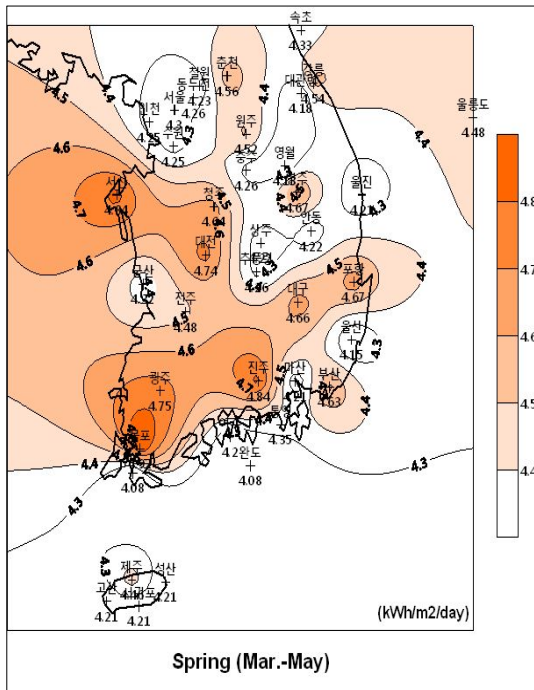


그림 2. 전국 봄철 일평균 수평면 전일사량 자원분포도

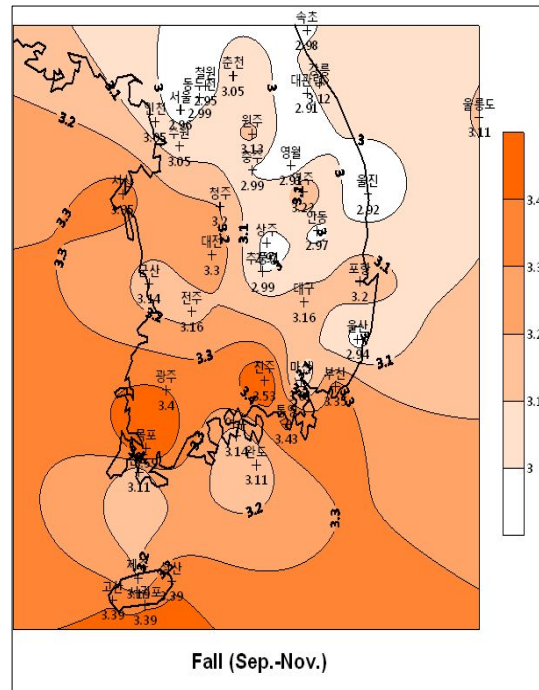


그림 4. 전국 가을철 일평균 수평면 전일사량 자원분포도

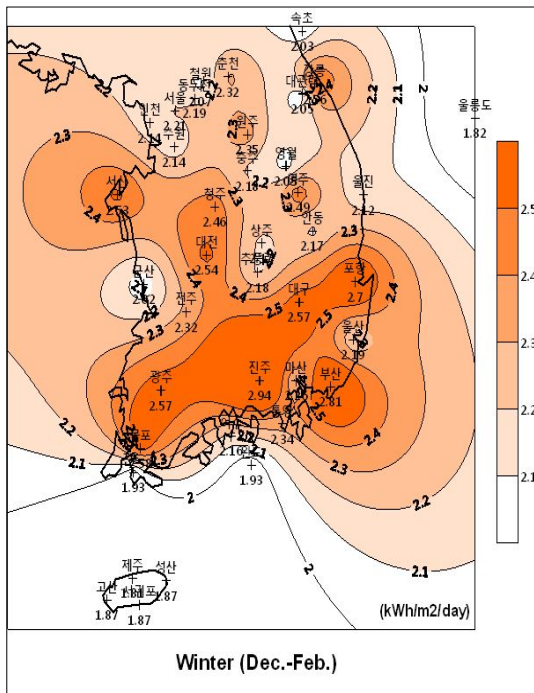


그림 5. 전국 겨울철 일평균 수평면 전일사량 자원분포도

비교한 것이다. 분석결과에서 나타남바와 같이 국내 주요 39개 전 지역에서의 수평면 전일사량은 연 평균치로 계산하였을 때, 전국이 하루에 3.56 kWh/m² 정도를 받는 것으로 나타났다.

한편, 우리나라의 월별 수평면 전일사량을 일년을 기준으로 볼 때, 표 1에서 보는바와 같이 일사량 조건이 가장 좋은 달은 봄철인 5월로 하루에 5.04 kWh/m²인 것으로 나타났으며, 가장 낮은 달은 겨울철인 12월로 하루에 1.88 kWh/m²로 나타났다.

계절별로는 표 3에서와 같이 연중 여름과 봄철의 일사량조건이 가장 좋으며, 가을철 겨울철은 연 평균치에도 훨씬 못 미치는 낮은 수준인 것으로 나타났다. 연 평균치에 대한 계절별 일사량조건은 봄과 여름철은 전체 평균보다 공히 24% 높았으며, 가을과 겨울철은 12%, 37% 정도 상대적으로 낮았다.

4.3 분포형태

한국에너지기술연구원에서 운영하는 일사

량측정네트워크에서 측정된 수평면 전일사량 자료의 평균치와 인공위성 모델링을 통하여 산출된 수평면 전일사량 예측치를 가지고 전산시물레이션 기법으로 그린 전국적인 국내 일사량자원 상세분포 현황도를 그림 1에 나타내었다.

분포상의 특징을 일사량조건이 좋은 순으로 지역 대를 나누면, 중서부 남해안지방과 태안반도 일대가 전국에서 가장 좋은 곳으로 나타났으며, 그 다음은 호남 및 김해평야 일대, 중부이남 및 중부이북지방 순으로 나타났다. 반면에 대기오염이 심각한 서울지방은 전국에서 가장 낮은 일사를 기록하였다.

또한, 우리나라의 일사량자원에 대한 계절별 수평면 전일사량 분포특성은 그림 2~그림 5에서 나타남바와 같이 봄과 가을철의 일사량조건은 대체로 내륙지방의 지역보다는 남해 및 서해안지방의 지역이 좋으며, 여름철은 수도권을 제외한 전국이 고른 분포를 나타낸 반면에, 겨울철은 남해 및 나주평야-진주분지-대구분지-경주분지를 잇는 일원

지역이 다른 지역들보다 상대적으로 높은 형태를 나타내었다.

참고로 우리나라 주요지역에 대한 1982~2009년 기간 동안의 월별 일평균 수평면 전일사량 값을 표 2에 제시하였다. 이 자료는 우리나라에서 추진되고 있는 태양에너지 이용기술과 관련하여 각종 연구와 보급사업에 보다 활성화하기 위한 기준설계 자료의 대표값으로 이용할 수 있으리라 생각된다.

5. 결론

인공위성을 이용한 국내 태양에너지 이용가능성 분석 평가를 위하여 1982년 1월부터 2009년 12월까지 기간 동안 한국에너지기술연구원에서 운영하는 일사량 측정네트워크(16개소)에서 측정된 수평면 전일사량 자료의 평균치와 인공위성 모델링을 통하여 산출

된 수평면 전일사량 예측치(23개소)를 가지고 우리나라 주요 지역별로 분석한 결과를 종합해 보면, 다음과 같은 결론을 얻게 된다.

- (1) 1982년 1월부터 2001년 12월까지 기간 동안 우리나라 주요 20개 전 지역에서 측정된 수평면 전일사량은 연 평균치로 계산하였을 때, 전국이 하루에 3.56 kWh/m^2 정도를 받는 것으로 나타났다.
- (2) 우리나라의 월별 수평면 전일사량을 일 년을 기준으로 볼 때, 일사량조건이 가장 좋은 달은 봄철인 5월로 하루에 5.04 kWh/m^2 인 것으로 나타났으며, 가장 낮은 달은 겨울철인 12월로 하루에 1.88 kWh/m^2 로 나타났다.
- (3) 계절별로는 연중 여름과 봄철의 태양광조건이 가장 좋으며, 가을과 겨울철은 연 평균치에도 훨씬 못 미치는 낮은 수준인 것으로 나타났다. 연 평균치에 대한 계절별 태양광조건은 봄과 여름철은 전체 평균보다 공히 24% 높았으며, 가을과 겨울철은 12%, 37% 정도 상대적으로 낮았다.
- (4) 전국적인 수평면 전일사량 분포상의 특징을 일사조건이 좋은 순으로 지역대를 나누면, 중서부 남해안지방과 태안반도 일대가 전국에서 가장 좋은 곳으로 나타났으며, 그 다음은 호남 및 김해평야 일대, 중부이남 및 중부이북지방 순으로 나타났다. 반면에 대기오염이 심각한 서울지방은 전국에서 가장 낮은 일사를 기록하였다.
- (5) 우리나라의 수평면 전일사량 자원에 대한 계절별 일사량자원 분포특성은 봄과 가을철의 일사량조건은 대체로 내륙지방의 지역보다는 해안지방의 지역이 좋으며, 여름철은 전국이 고른 분포를 나타낸 반면에, 겨울철은 남해 및 나주평야-진주분지-대구분지-경주분지를 잇는 일원 지역이 다른 지역들보다 상대적으로 높은 형태를 나타내었다.

그러나, 현재까지의 결과만을 가지고 우리

나라의 전반적인 일사량자원 특성을 평가한다는 것은 아직 어려운 실정이다. 따라서 앞으로는 본 연구를 바탕으로 일사와 일조시간과의 관계뿐 만아니라 운량, 온도, 습도 등에 변화에 일사량의 변동형태 등 각종 기후 조건과의 관련성도 규명해 나아갈 계획이다.

후 기

본 연구는 국가 출연사업인 주요사업의 지원을 받아 수행되었음 (과제번호 : GP 2009-0051).

참 고 문 헌

1. The Kenneth E. Johnson Environmental and Energy Center, Solar Radiation Data Sources-Applications and Network Design, DOE, U.S.A., 1978.
2. Hans Georg Beyer, Claudio Costanzo and Detlev Heinemann, Modifications of the Helliosat Procedure for Irradiance Estimates from Satellite Images, Solar Energy, Vol. 56, No. 3, pp. 207-212, 1996.
3. MD. Rafiqul 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.
4. 기상청, "기상년·월보", 1982 ~ 2009.