

# 국내 태양광시스템 설치지역을 위한 일조시간에 의한 일사예측에 관한 연구

조덕기\*, 윤창열\*, 김광득\*, 강용혁\*

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

## A Study on the Estimating Solar Radiation Using Hours of Bright Sunshine for the Installation of Photovoltaic System 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

Solar radiation data are the best source of information for estimating average incident radiation. Lacking this or data from nearby locations of similar climate, it is possible to use empirical relationships to estimate radiation from days of hours of bright sunshine.

It is necessary to estimate the regression coefficients in order to predict the daily global radiation on a horizontal surface. Therefore many different equations have proposed to evaluate them for certain areas. In this work a new correlation has been made to predict the solar radiation for 16 different areas over Korea by estimating the regression coefficients taking into account hours of bright sunshine.

Particularly, the proposed straight line regression model shows reliable results for estimating the global radiation on a horizontal surface with monthly average deviation of -0.2 to +0.5% and each station annual average deviation of -1.6 to +1.7% from measured values.

Keywords : 태양복사 (Solar Radiation), 수평면 전일사량 (Global Radiation on Horizontal Surface), 일조시간 (Hours of Bright Sunshine), 직선회귀모형 (Straight Line Regression Model)

## 1. 서 론

최근에 태양에너지사업 수행지역이 확대됨에 따라 태양광시스템의 설계기준 및 이에 따른 설계자료로서 해당지역에 대한 정확한 일사자료가 매우 절실히 요구되고 있다. 그러나 일사측정 지역이 일부지역에만 국한됨에 따라 우리나라 전 지역에 대한 일사량 산출은 현실적으로 불가능한 실정이다.

일반적으로 일사자료가 없는 지역에서는 기상조건이 유사한 지방의 측정자료를 사용하는 것이 통상적이나, 그렇지 못한 지역에서는 그 지역의 일조율이나 운량 등 관련 기상자료를 이용하여 일사량을 예측하는 방법이 매우 유효하게 널리 사용되고 있다. 즉, 태양으로부터 지구표면에 도달되는 복사에너지는 대기권을 통과하는 사이에 전리층과 오존층에 흡수되며, 또한 대기중의 구름이나 수증기, 이산화탄소, 먼지 등에 의해 상당량이 흡수되거나 산란되어 지표면에 도달되고 있다.

이와 같이 일사량은 대기상태 및 특성에 의해 크게 달라짐에 따라 많은 학자들은 일사량과 관련 기상매개변수사이에 함수관계가 있을 것으로 간주하여 이들간의 상관관계<sup>1)2)</sup>를 오래 전부터 연구하여 왔다.

따라서, 본 논문에서는 이와 같은 점을 고려하여 우선 일사량을 측정하는 지역에서 측정된 일사자료와 일조시간과의 상관관계를 유도하여 지역상수를 산출하고, 해당지역의 일사량을 기기고장이나 교정 등으로 측정하지 못할 시, 이 상수를 해당 지역에 적용하여 일사량을 예측하고자 하였으며, 또한 현재 관측을 수행중인 지역에 대해서도 일사자료를 추정하여, 그 지역 측정자료의 질적수준을 평가하는 보편으로도 이용하고자 하였다.

## 2. 일사예측 이론적 배경

1922년 초기에 분광학자인 Angstrom에 의해 최초로 월평균 1일 청명일사량에 대한 수평면 전일사량의 비를 그 지방의 월평균 1일 일조율 즉, 월평균 1일 가조시간에 대한 일조시간의 비와의 관계식으로 식 (1)과 같이 제시되면서 부터 일사량을 이론적으로 예측하기 위한 연구가 시작되었다.

$$\frac{H}{H_c} = a' + b' \frac{n}{N} \quad (1)$$

여기서, H : 월평균 1일 수평면 전일사량  
 H<sub>c</sub> : 월평균 1일 청명일사량  
 n : 월평균 1일 일조시간  
 N : 월평균 1일 가조시간  
 n/N : 일조율  
 a', b' : 경험적 상수

이다.

그러나, 위 식은 청명일이라는 개념이 명확하지 않아 최근에 와서는 이와 같은 문제점을 보완하기 위하여 Page(1964) 및 Garg(1967)와 같은 학자들은 청명일일사량 대신에 대기권밖 일사량을 근거로 한 관계식으로 식 (2)와 같이 유도하였다.

$$\frac{H}{H_o} = a + b \frac{n}{N} \quad (2)$$

여기서, H<sub>o</sub> : 월평균 1일 대기권밖 일사량  
 H/H<sub>o</sub> : 일사율  
 a, b : 개정된 경험적 상수

이며, 월평균 1일 대기권밖 일사량은 다음 식의 의해 산출할 수 있다.

1) H.P. Garg, Treatise on Solar Energy, John Wiley New York, 1982.  
 2) Duffie John A. and Beckman William A., Solar Engineering of Thermal Process, John Wiley & Sons, Inc., 1991

$$H_o = 24 \times 3600/\pi \cdot G_{sc} [1 + 0.033 \cos(360d/365)] \times [\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + 2 \pi \omega_s / 360 \cdot \sin \phi \sin \delta] \quad (3)$$

여기서  $G_{sc}$  : 태양상수 (1,353 W/m<sup>2</sup>)  
 $d$  : 통산일(通算日)  
 $\phi$  : 해당지방의 위도  
 $\delta$  : 일적위  
 $= 23.45 \sin(360 \cdot 284d/365)$   
 $\omega_s$  : 일몰시간각  
 $\cos \omega_s = -\tan \phi \tan \delta$

### 3. 일사에측 상관식 산출

예측기법에 적용되는 인자로서는 해당지역 수평면 전일사량과 운량으로 표 1에서 보는바와 같이 전국 주요 16개 지역을 선정하여 이들 지역에서 1982.1 ~ 2010.12 기간 동안에 측정된 29년간의 1일 데이터(254,040 개)를 이용하였다.

또한, 이들 인자 중 수평면 전일사량은 한국에너지기술연구원 측정네트워크에서 미국 Eppley사에서 제작한 수평면일사계와 동사의 적분기록장치, 그리고 Vaisala사의 데이터수집장치에 의해 관측되었으며, 태양의 직사광이 지표면에 비친 시간인 일조시간 관련 기상자료는 동기간 동안에 기상청에서 발행한 “기상년·월보” 1일 자료<sup>3)</sup>를 사용하였다.

일반적으로 운량에 의한 일사에측 방법에서 지역상수 a”, b” 값은 표준치의 회귀함수로 나타나며, 각 측정지역에서 관측된 수평면 전일사량, 운량 등의 기상자료를 기초로 최소자승법<sup>4)</sup>을 사용하여 다음 식과 같이 산출할 수 있다.

표 1. 일사에측 시뮬레이션을 위한 선정지역 명세

지역명	지역번호	위도	경도	고도(m)
춘천	101	37° 54'	127° 44'	74.0
강릉	105	37 45	128 54	26.0
서울	108	37 34	126 58	85.5
원주	114	37 20	127 57	149.8
서산	129	36 46	126 28	19.7
청주	131	36 38	127 26	59.0
대전	133	36 22	127 22	67.2
포항	138	36 02	129 24	2.5
대구	143	35 53	128 37	57.8
전주	146	35 49	127 09	51.2
광주	156	35 10	126 53	70.3
부산	159	35 06	129 02	69.2
목포	165	34 49	126 22	36.5
제주	184	33 31	126 32	22.0
진주	192	35 12	128 06	21.5
영주	272	36 52	128 31	209.5

즉,  $\sum_{i=1}^N [aX(i) + b - Y(i)]^2$  의 식이 최소가 되는 a, b를 구하는 것으로서,

$$a = \{N \sum X(i)Y(i) - [\sum X(i)][\sum Y(i)]\} / \{N \sum [X(i)]^2 - [\sum Y(i)]^2\} \quad (4)$$

$$b = \frac{1}{N} [\sum Y(i) - \sum X(i)] \quad (5)$$

이다. 또한 R은,

$$R = \{[\sum [X(i) - X] - [Y(i) - Y]]\} / \{\sum [X(i) - X]^2 \sum [Y(i) - Y]^2\} \quad (6)$$

이며, R이 1에 가까울수록 회귀식이 실측치와 거의 일치하는 a, b 값들을 계산함을 나타낸다.

3) 기상청, “기상년·월보”, 1982 ~ 2010.

4) Montgomery, Douglas C., Design and Analysis of Experimental (Third Edition), John Wiley & Sons, Inc., 1981.

표 2. 우리나라 주요 지역별 수평면 전일사량 - 일조시간 지역상수 값

월	지역 상수	춘천	강릉	서울	원주	서산	청주	대전	포항	대구	전주	광주	부산	목포	제주	진주	영주
1월	a"	2.9484	3.1114	2.7955	3.2198	3.5945	3.2008	2.9016	2.6144	2.8758	3.0042	3.402	3.129	3.7312	2.7424	3.3719	2.7532
	b"	0.8752	0.9209	0.8601	0.9623	0.9601	0.9244	1.0071	1.0446	0.9157	0.9527	0.9674	0.9399	0.9902	1.0659	1.0345	0.8809
	R	0.8868	0.9122	0.8589	0.8945	0.901	0.8769	0.9055	0.9226	0.8799	0.8984	0.8853	0.847	0.9104	0.9039	0.9102	0.9264
2월	a"	4.1689	4.248	4.0939	4.5092	4.4636	4.3106	4.0956	3.7505	4.1372	4.0188	4.219	3.7297	4.4793	3.5226	5.0218	3.8069
	b"	1.0339	1.07	1.0189	1.1063	1.1329	1.0933	1.1915	1.2088	1.0545	1.0901	1.1944	1.1767	1.2376	1.2658	1.1302	1.022
	R	0.8519	0.8581	0.845	0.8721	0.8773	0.8714	0.8896	0.8888	0.8479	0.8706	0.8726	0.8364	0.8953	0.8881	0.8528	0.9053
3월	a"	5.189	4.732	4.5127	5.0563	4.8281	4.4976	4.7384	4.5594	4.7215	4.4696	5.0096	4.6714	5.4864	4.1946	5.4584	4.484
	b"	1.3098	1.4121	1.3305	1.441	1.4475	1.3868	1.4662	1.4845	1.3582	1.4244	1.4673	1.4289	1.5191	1.5802	1.4737	1.2841
	R	0.9119	0.9269	0.8982	0.925	0.9384	0.9076	0.9395	0.9415	0.9216	0.9339	0.9203	0.8961	0.9344	0.9418	0.9433	0.9108
4월	a"	6.1907	6.1588	5.5199	6.3569	5.972	5.6313	5.7982	5.6028	5.7264	5.6736	6.1399	5.292	6.6403	5.6702	6.0743	4.7785
	b"	1.4538	1.5442	1.5018	1.5511	1.5891	1.5162	1.6057	1.6182	1.5085	1.5259	1.583	1.6392	1.6616	1.6641	1.6656	1.5069
	R	0.9212	0.9327	0.9114	0.9296	0.9487	0.9249	0.9433	0.9458	0.9369	0.9353	0.9301	0.9052	0.954	0.9489	0.9504	0.932
5월	a"	7.0886	7.1498	5.9769	7.0793	6.6483	6.7706	6.9286	6.5339	6.4924	6.6937	6.8082	6.2446	7.3979	6.7342	7.0509	5.9367
	b"	1.5505	1.6154	1.6017	1.6536	1.6557	1.5669	1.5776	1.6572	1.5906	1.5768	1.6469	1.6301	1.702	1.7068	1.7047	1.5234
	R	0.9231	0.9471	0.9244	0.9338	0.9437	0.9342	0.9109	0.9373	0.9324	0.935	0.9409	0.9118	0.9601	0.9506	0.9397	0.9019
6월	a"	7.5073	7.4294	6.4892	8.0578	7.5434	7.7372	7.4719	7.4605	7.4656	7.3925	7.3219	6.5381	7.7887	7.4136	7.4072	7.2631
	b"	1.5882	1.6499	1.5819	1.6497	1.6323	1.4935	1.5682	1.5929	1.5406	1.5791	1.6669	1.6587	1.7279	1.6783	1.7379	1.4288
	R	0.9307	0.9485	0.9228	0.9247	0.9433	0.9185	0.9084	0.9205	0.9328	0.9312	0.9339	0.9145	0.9468	0.9292	0.9352	0.87
7월	a"	6.8761	7.0558	5.8156	7.3432	7.2527	7.0635	7.1887	7.0062	7.1751	7.0682	7.1709	6.554	7.6839	7.957	7.0899	6.2232
	b"	1.6867	1.6353	1.6075	1.7606	1.6373	1.5332	1.6161	1.5908	1.53	1.5895	1.6141	1.5855	1.6809	1.5341	1.7283	1.5884
	R	0.9067	0.929	0.8868	0.9186	0.9271	0.9105	0.9111	0.9293	0.9217	0.9056	0.9057	0.9104	0.9336	0.9246	0.93	0.9065
8월	a"	6.7559	6.2877	5.8917	6.9958	6.7663	6.278	6.8474	6.5203	6.6934	6.6169	6.8467	6.2092	7.4012	6.7492	6.9972	5.6812
	b"	1.5527	1.5833	1.4315	1.6098	1.5162	1.5096	1.5379	1.5471	1.454	1.5056	1.53	1.4911	1.5399	1.5626	1.6133	1.5067
	R	0.923	0.9419	0.8944	0.9323	0.9405	0.9334	0.9196	0.9309	0.928	0.9191	0.9172	0.9028	0.9474	0.9371	0.9378	0.9124
9월	a"	5.6719	5.3688	5.1431	6.0819	6.1962	5.8748	6.0107	5.1965	5.7078	6.34	6.1372	5.224	6.5298	5.4986	6.2044	5.2505
	b"	1.3727	1.4212	1.3216	1.4618	1.3371	1.3253	1.37	1.4802	1.3446	1.2715	1.383	1.4086	1.426	1.4996	1.4966	1.3613
	R	0.9152	0.9426	0.9038	0.922	0.9318	0.9193	0.9236	0.9336	0.9268	0.907	0.9202	0.9239	0.9496	0.9361	0.9424	0.9107
10월	a"	4.585	4.245	4.246	5.0866	4.9119	4.5526	4.8891	4.5988	4.9558	4.7552	5.2209	4.6754	5.3698	4.6231	5.2794	4.7378
	b"	1.1522	1.1873	1.0726	1.1703	1.1525	1.14	1.1483	1.1801	1.0526	1.132	1.1392	1.1343	1.1971	1.2928	1.247	1.0467
	R	0.8775	0.9343	0.8681	0.8789	0.907	0.8966	0.8772	0.9255	0.8871	0.9001	0.8765	0.8734	0.9246	0.9205	0.9163	0.899
11월	a"	2.9075	2.8477	2.8232	3.3296	3.6138	3.0084	3.2837	3.0621	3.3428	3.1684	3.6989	3.3514	3.8393	3.2932	3.8215	3.0135
	b"	1.0011	1.0137	0.9108	1.0099	0.9631	1.0017	1.0099	1.0345	0.9123	0.9782	0.9999	0.9604	1.0091	1.1135	1.0591	0.9103
	R	0.9219	0.9391	0.8906	0.9115	0.9104	0.9083	0.8975	0.9202	0.9051	0.9161	0.8988	0.8721	0.8875	0.9334	0.9187	0.9089
12월	a"	2.6658	3.0328	2.713	3.0053	3.2982	2.6411	2.7865	2.8676	3.0665	2.972	3.3207	3.0217	3.4582	2.6709	3.5247	2.7252
	b"	0.8158	0.8068	0.7225	0.8645	0.8555	0.8643	0.9127	0.898	0.7891	0.8476	0.8434	0.8319	0.8792	1.0303	0.9187	0.7936
	R	0.9125	0.9121	0.8571	0.9185	0.8878	0.9007	0.9107	0.9051	0.8644	0.9089	0.8696	0.8276	0.9237	0.9315	0.9188	0.9324

또한, 해당 측정지의 지표면에 입사하는 수평면 전일사량을 종속변수로 잡고 여기에 영향을 주는 독립변수로 운량을 선택하는 모형의 도출을 시도 하였다.

두 변수  $x$ 와  $y$ 간의  $n$ 개의 데이터( $x_i, y_i$ ),  $i = 1, 2, \dots, n$ 에 관한 직선회귀 모형은 다음과 같은 가정아래 표현된다.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \epsilon_i \quad (7)$$

[ $\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ 이고 서로 독립]  
 $\beta_0, \beta_1$ 은 미지의 모수  
 $x$ 는  $i$ 번째 주어진 고정된  $x$ 의 값  
 $i = 1, 2, \dots, n$

먼저 직선회귀모형의 독립변수에 대한 회귀분석을 고려해 보면, 종속변수  $y$ 와 독립변수  $x$  사이에 다음과 같은 관계식이 성립한다.

표 3. 전국 주요지역의 월별 연평균 1일수평면 전일사량 값 (1982-2010)  
(단위 : kWh/m<sup>2</sup>/day)

지역 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
춘천	2.12	2.88	3.70	4.61	5.06	5.01	4.07	4.23	3.81	3.04	2.10	1.82	3.54
강릉	2.37	2.98	3.65	4.63	5.02	4.64	3.99	3.84	3.59	3.18	2.40	2.17	3.54
서울	2.00	2.77	3.50	4.38	4.72	4.41	3.30	3.61	3.55	3.07	2.08	1.74	3.26
원주	2.13	2.87	3.62	4.58	5.02	4.88	3.98	4.14	3.78	3.20	2.21	1.90	3.53
서산	2.30	3.13	3.95	4.87	5.32	5.01	4.09	4.38	4.05	3.47	2.32	1.98	3.74
청주	2.24	3.03	3.72	4.68	5.17	4.83	4.06	4.15	3.80	3.30	2.27	1.92	3.6
대전	2.28	3.11	3.88	4.85	5.15	4.79	4.18	4.33	3.86	3.42	2.42	2.05	3.69
포항	2.47	3.14	3.78	4.76	5.14	4.75	4.13	4.17	3.52	3.30	2.61	2.33	3.67
대구	2.33	3.04	3.83	4.71	5.08	4.70	4.07	3.99	3.56	3.28	2.45	2.18	3.60
전주	2.12	2.80	3.60	4.59	4.94	4.59	3.95	4.02	3.70	3.31	2.29	1.90	3.48
광주	2.32	3.10	3.90	4.83	5.16	4.65	4.10	4.27	3.89	3.56	2.55	2.10	3.70
부산	2.59	3.25	3.83	4.66	5.05	4.68	4.23	4.45	3.67	3.48	2.71	2.40	3.75
목포	2.31	3.14	4.03	5.01	5.36	4.92	4.51	4.89	4.17	3.75	2.62	2.08	3.90
제주	1.46	2.37	3.40	4.56	5.09	4.72	4.89	4.62	3.81	3.35	2.23	1.50	3.50
진주	2.70	3.39	4.10	4.90	5.19	4.65	4.28	4.33	3.87	3.71	2.80	2.52	3.87
영주	2.25	2.98	3.80	4.72	5.16	4.80	4.06	4.10	3.78	3.28	2.36	2.06	3.61
평균	2.25	3.00	3.77	4.71	5.10	4.75	4.12	4.22	3.78	3.36	2.40	2.04	3.62

표 4. 전국 주요지역의 월별 연평균 1일 일조시간 값 (1982-201009)

(단위 : Hrs/day)

지역 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
춘천	5.3	6.1	6.3	7.2	7.2	6.7	4.6	5.5	5.8	5.6	4.7	4.7	5.8
강릉	5.9	6.1	6	6.8	6.8	5.6	4.5	4.8	5.2	6.1	5.7	5.9	5.8
서울	5.1	5.8	6.1	6.8	6.9	6.0	3.8	4.9	5.8	6.4	5.1	4.9	5.6
원주	4.9	5.5	5.7	6.7	6.7	5.8	4.1	5.0	5.5	5.8	4.8	4.7	5.4
서산	4.9	6	6.5	7.3	7.5	6.4	4.6	5.9	6.3	6.6	5.0	4.5	6.0
청주	5.3	6.1	6.4	7.5	7.6	6.5	4.9	5.8	5.9	6.5	5.3	5.1	6.1
대전	5.2	5.9	6.3	7.3	7.4	6.5	4.9	5.7	5.8	6.5	5.3	5.0	6.0
포항	6.1	6.2	6.1	7.1	7.2	6.1	5.2	5.5	5.1	6.2	6.1	6.1	6.1
대구	6.2	6.6	6.5	7.3	7.4	6.1	4.9	5.3	5.3	6.5	6.0	6.1	6.2
전주	4.9	5.6	6.0	7.1	7.0	5.8	4.4	5.2	5.6	6.3	5.2	4.6	5.6
광주	5.1	5.8	6.2	7.1	7.1	5.6	4.6	5.6	5.7	6.6	5.5	5.0	5.8
부산	6.4	6.5	6.2	7.0	7.1	6.1	5.3	6.5	5.5	6.7	6.5	6.6	6.4
목포	4.6	5.5	5.9	6.9	7.0	5.7	5.1	6.6	6.0	6.8	5.6	4.6	5.9
제주	2.3	3.7	5.1	6.5	6.8	5.7	6.3	6.3	5.4	5.8	4.2	2.7	5.1
진주	6.1	6.5	6.3	6.9	6.8	5.4	4.7	5.3	5.2	6.5	5.9	6.1	6.0
영주	6.2	6.8	7.1	8.0	8.2	7.5	5.4	6.0	6.2	6.9	5.9	5.9	6.7
평균	5.3	5.9	6.2	7.1	7.2	6.1	4.8	5.6	5.6	6.4	5.4	5.2	5.9

$$H = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon \quad (8)$$

여기서,  $H$  : 해당 관측지의 월별 1일 수평면 전일사량  
 $x$  : 해당 관측지의 월별 1일 일조시간

으로 표현된다.

여기서  $\beta_0, \beta_1$ 은 미지의 모수이며,  $\epsilon$ 는 측정오차로서  $N(0, \sigma^2)$ 의 분포에 따르고 상호 독립이라고 가정한다.

따라서, 식 (8)을 토대로 해당 지역의 지표면에 입사하는 수평면 전일사량을 종속변수로 잡고 여기에 영향을 주는 독립변수로 일조시간을 선택하여 독립변수와 종속변수간의 관련성을 함수의 형태로서 표 2서 보는바와 같이 우리나라 주요지역과 그 인접지역에서 공히 적용할 수 있는 기후지역상수  $a'$ ,  $b'$ 값을 직선회귀모형 식으로 월별로 제시하였다.

표 5. 우리나라 주요 지역별 예측치와 실측치와의 비교

(단위 : kWh/m<sup>2</sup>/day)

지역	구분 \ 월	월												평균
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
춘천	예측치	.11	2.91	3.73	4.63	5.07	5.04	4.06	4.25	3.79	3.04	2.11	1.81	3.55
	실측치	2.12	2.88	3.70	4.61	5.06	5.01	4.07	4.23	3.81	3.04	2.10	1.82	3.54
	오차 (%)	-0.5	+1.0	+0.8	+0.4	+0.2	+0.6	-0.2	+0.5	-0.5	0	+0.5	-0.5	+0.3
강릉	예측치	2.37	2.99	3.67	4.63	5.04	4.63	4.00	3.86	3.54	3.19	2.40	2.16	3.54
	실측치	2.37	2.98	3.65	4.63	5.02	4.64	3.99	3.84	3.59	3.18	2.40	2.17	3.54
	오차 (%)	0	+0.3	+0.5	0	+0.4	-0.2	+0.3	+0.5	-1.4	+0.3	0	-0.5	0
서울	예측치	1.99	2.78	3.51	4.37	4.73	4.44	3.31	3.59	3.56	3.09	2.08	1.74	3.27
	실측치	2.00	2.77	3.50	4.38	4.72	4.41	3.30	3.61	3.55	3.07	2.08	1.74	3.26
	오차 (%)	-0.5	+0.4	+0.3	-0.2	+0.2	+0.7	+0.3	-0.6	+0.3	+0.7	0	0	+0.3
원주	예측치	2.21	2.94	3.69	4.65	5.04	4.90	4.04	4.18	3.92	3.30	2.27	1.96	3.59
	실측치	2.13	2.87	3.62	4.58	5.02	4.88	3.98	4.14	3.78	3.20	2.21	1.90	3.53
	오차 (%)	+3.8	+2.4	+1.9	+1.5	+0.4	+0.4	+1.5	+1.0	+3.7	+3.1	+2.7	+3.2	+1.7
서산	예측치	2.31	3.13	3.96	4.88	5.30	5.00	4.11	4.36	4.06	3.48	2.34	1.99	3.74
	실측치	2.30	3.13	3.95	4.87	5.32	5.01	4.09	4.38	4.05	3.47	2.32	1.98	3.74
	오차 (%)	+0.4	0	+0.3	+0.2	-0.4	-0.2	+0.5	-0.5	+0.2	+0.3	+0.9	+0.5	0
청주	예측치	2.25	3.05	3.71	4.72	5.19	4.84	4.05	4.18	3.80	3.32	2.31	1.96	3.62
	실측치	2.24	3.03	3.72	4.68	5.17	4.83	4.06	4.15	3.80	3.30	2.27	1.92	3.60
	오차 (%)	+0.4	+0.7	-0.3	+0.9	+0.4	+0.2	-0.2	+0.7	0	+0.6	+1.8	+2.1	+0.6
대전	예측치	2.26	3.09	3.88	4.87	5.17	4.91	4.20	4.34	3.88	3.43	2.40	2.04	3.71
	실측치	2.28	3.11	3.88	4.85	5.15	4.79	4.18	4.33	3.86	3.42	2.42	2.05	3.69
	오차 (%)	-0.9	-0.6	0	+0.4	+0.4	+2.5	+0.5	+0.2	+0.5	+0.3	-0.8	-0.5	0.5
포항	예측치	2.50	3.13	3.78	4.75	5.13	4.77	4.24	4.18	3.54	3.31	2.60	2.32	+3.69
	실측치	2.47	3.14	3.78	4.76	5.14	4.75	4.13	4.17	3.52	3.30	2.61	2.33	3.68
	오차 (%)	+1.2	-0.3	0	-0.2	-0.2	+0.4	+2.7	+0.2	+0.6	+0.3	-0.4	-0.4	+0.3
대구	예측치	2.38	3.08	3.76	4.65	5.07	4.68	4.08	4.00	3.56	3.28	2.45	2.19	3.60
	실측치	2.33	3.04	3.83	4.71	5.08	4.70	4.07	3.99	3.56	3.28	2.45	2.18	3.60
	오차 (%)	+2.1	+1.3	-1.8	-1.3	-0.2	-0.4	+0.2	+0.3	0	0	0	+0.5	0
전주	예측치	2.13	2.81	3.62	4.59	4.93	4.60	3.91	4.01	3.74	3.30	2.29	1.91	3.49
	실측치	2.12	2.80	3.60	4.59	4.94	4.59	3.95	4.02	3.70	3.31	2.29	1.90	3.48
	오차 (%)	0.5	0.4	0.6	0	-0.2	0.2	-1	-0.2	1.1	-0.3	0	0.5	0.3
광주	예측치	2.32	3.10	3.92	4.83	5.14	4.63	4.06	4.28	3.89	3.54	2.56	2.09	3.70
	실측치	2.32	3.10	3.90	4.83	5.16	4.65	4.10	4.27	3.89	3.56	2.55	2.10	3.70
	오차 (%)	0	0	+0.5	0	-0.4	-0.4	-1	+0.2	0	-0.6	+0.4	-0.5	0
부산	예측치	2.54	3.16	3.76	4.66	4.95	4.63	4.16	4.42	3.60	3.41	2.66	2.36	3.69
	실측치	2.59	3.25	3.83	4.66	5.05	4.68	4.23	4.45	3.67	3.48	2.71	2.40	3.75
	오차 (%)	-1.9	-2.8	-1.8	0	-2	-1.1	-1.7	-0.7	-1.9	-2	-1.8	-1.7	-1.6
목포	예측치	2.30	3.14	4.01	5.03	5.36	4.90	4.52	4.88	4.19	3.75	2.64	2.08	3.90
	실측치	2.31	3.14	4.03	5.01	5.36	4.92	4.51	4.89	4.17	3.75	2.62	2.08	3.90
	오차 (%)	-0.4	0	-0.5	+0.4	0	-0.4	+0.2	-0.2	+0.5	0	+0.8	0	0
제주	예측치	1.46	2.31	3.40	4.58	5.09	4.72	4.89	4.61	3.78	3.37	2.21	1.51	3.49
	실측치	1.46	2.37	3.40	4.56	5.09	4.72	4.89	4.62	3.81	3.35	2.23	1.50	3.50
	오차 (%)	0	-2.5	0	+0.4	0	0	0	-0.2	-0.8	+0.6	-0.9	0.7	-0.3
진주	예측치	2.69	3.44	4.09	4.88	5.18	4.66	4.23	4.32	3.89	3.72	2.80	2.54	3.87
	실측치	2.70	3.39	4.10	4.90	5.19	4.65	4.28	4.33	3.87	3.71	2.80	2.52	3.87
	오차 (%)	-0.4	1.5	-0.2	-0.4	-0.2	+0.2	-1.2	-0.2	+0.5	+0.3	0	+0.8	0
영주	예측치	2.30	2.99	3.78	4.68	5.12	4.99	4.12	4.09	3.80	3.32	2.33	2.06	3.63
	실측치	2.25	2.98	3.80	4.72	5.16	4.80	4.06	4.10	3.78	3.28	2.36	2.06	3.61
	오차 (%)	+2.2	+0.3	-0.5	-0.8	-0.8	+4.0	+1.5	-0.2	+0.5	+1.2	-1.3	0	+0.6
평균	예측치	2.26	3.00	3.77	4.71	5.09	4.77	4.12	4.22	3.78	3.37	2.40	2.05	3.63
	실측치	2.25	3.00	3.77	4.71	5.10	4.75	4.12	4.22	3.78	3.36	2.40	2.04	3.62
	오차 (%)	+0.4	0	0	0	-0.2	+0.4	0	0	0	+0.3	0	+0.5	+0.3

\* 오차 : [(예측치/실측치-1) × 100]

그러나, 표 2에서 보는바와 같이 전월을 통하여 지방도시보다는 대도시 일수록 일사와 일조시간과의 상관관계가 낮게 나타나는 경향을 보였다. 즉, 대도시 내에는 매연이나 부유분진, 배기가스 등 대기오염물을 많이 포함하고 있어 이것들이 도시 내에 입사하는 태양복사선의 투과를 방해하므로 대도시나 공업도시에 입사하는 일사량을 도시외곽 내지 전원지역, 도시에 입사되는 일사량과 비교하여 볼 때, 같은 일조시간대라도 차이를 보이고 있다.

#### 4. 시뮬레이션에 의한 측정일사량과의 비교분석

우리나라 주요 지역별로 임의의 기간의 수평면 전일사량을 예측하기 위한 시뮬레이션을 일사-일조시간에 의한 방법을 적용하여 주요 16개 지역을 선정하여 1982 ~ 2010년도에 측정된 실측일사량과 비교하였으며, 그 비교결과를 표 5와 그림 1과 그림 2에 제시하였다.

일사-일조시간에 의한 시뮬레이션 예측치와 실측치를 비교하여 보면, 우리나라 주요 16개 지역에서의 연평균 월별 오차가 -0.2 ~ +0.5% 범위로 나타나났으며, 지역별 연평균 오차는 -1.6 ~ +1.7% 범위로 나타나 실측치와 상당히 근접한 값을 나타내었다.

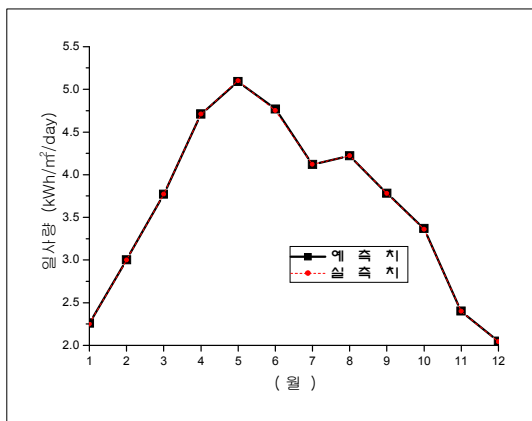


그림 1. 우리나라 주요 16개 전 지역의 월별 일평균 수평면 전일사량 예측치와 실측치

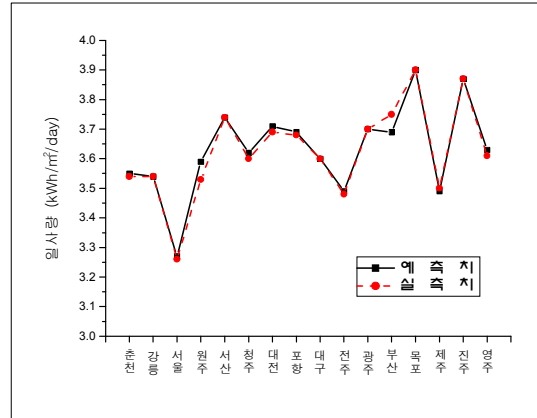


그림 2. 우리나라 주요 16개 지역에서의 연평균 1일 수평면 전일사량 예측치와 실측치

#### 5. 결론

본 논문에서는 일사량을 측정하는 지역들에서 측정된 일사자료와 일조시간과의 상관관계를 유도하여 지역상수를 산출하고, 해당 지역의 일사량을 기기고장이나 교정 등으로 측정하지 못할 시, 이 상수를 해당 지역에 적용하여 일사량을 예측하고자 하였으며, 또한 현재 관측을 수행중인 지역에 대해서도 일사자료를 추정하여, 그 지역 측정자료의 질적 수준을 평가하는 보편으로도 이용하고자 하였다.

이에 대한 연구결과로서, 일사-일조시간에 의한 시뮬레이션 예측치와 실측치를 비교하여 보면, 우리나라 주요 16개 지역에서의 연평균 월별 오차가 -0.2 ~ +0.5% 범위로 나타나났으며, 지역별 연평균 오차는 -1.6 ~ +1.7% 범위로 나타나 실측치와 상당히 근접한 값을 나타내었다.

그러나, 앞으로는 본 연구를 바탕으로 일사와 일조시간의 관계뿐만 아니라 일조시간과 운량, 온도, 습도 등에 변화에 일사량의 변동형태 등 각종 기후 조건과의 관련성도 규명해 나아가갈 계획이다.

## 후 기

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

## 참 고 문 헌

1. H.P. Garg, Treatise on Solar Energy, John Wiley New York, 1982.
2. J.A. Duffie and W.A. Beckman, Solar Engineering of Thermal Process, John Wiley & Sons, Inc., 1991.
3. 기상청, “기상년·월보”, 1982 ~ 2010.
4. Montgomery, Douglas C., Design and Analysis of Experimental (Third dition), John Wiley & Sons, Inc., 1981.