

운량을 고려한 국내 16개 지역의 일사량 예측방법

조덕기*, 강용혁*

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

A Study on the Solar Radiation Estimation of 16 Areas in Korea Using Cloud Cover

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

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

Abstract

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 cloudiness.

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 cloud cover.

Particularly, the straight line regression model proposed shows reliable results for estimating the global radiation on a horizontal surface with monthly average deviation of -0.26 to +0.53 % and each station annual average deviation of -1.61 to +1.7 % from measured values.

Keywords : 태양복사 (Solar Radiation), 수평면 전일사량 (Global Radiation on Horizontal Surface), 운량 (Cloud Cover), 직선회귀모형 (Straight Line Regression Model)

1. 서 론

태양으로부터 지구표면에 도달되는 복사에너지는 대기권을 통과하는 사이에 전리층과 오존층에 흡수되며, 또한 대기 중의 구름이나 수증기, 이산화탄소, 먼지 등에 의해 상당

량이 흡수되거나 산란되어 지표면에 도달되고 있다.

1922년 초기에 분광학자인 Angstrom은 최초로 월평균 1일 청명일사량에 대한 수평면 전일사량의 비를 그 지방의 월평균 1일 일조율 즉, 월평균 1일 가조시간에 대한 일조시간의 비

와의 관계식으로 제시하면서 일사량을 이론적으로 예측하기 위한 연구가 시작되었다.

또한, 일사와 운량의 상호관계를 더욱 발전시키기 위해 Norries(1968)에 의해 여러번 재검토가 시도되었고, 또한 Bennet(1965)는 일사율과 운량, 그리고 일사율과 일조율과의 상관관계를 서로 비교하여 일조율이 운량치보다도 일사율과 더 이상적인 상호관계를 갖는다는 점을 발견하였다.

이와 같이 일사량은 대기상태 및 특성에 의해 크게 달라짐에 따라 많은 학자들은 일사량과 관련 기상매개변수 사이에 함수관계가 있을 것으로 간주하여 이들 간의 상관관계를 오래 전부터 연구하여 왔다

따라서 본 논문에서는 우리나라 주요지역에서 최근에 걸쳐 측정된 일사량과 기상매개변수인 운량과의 상관관계를 도출하여 일사량 관측이 수행되지 않은 인접 지역들에 적용할 뿐만 아니라 현재 관측을 수행중인 지역에 대해서도 일사자료를 추정하여 태양광시스템 설치를 위한 해당지역의 일사량 예측과 측정자료의 질적수준을 평가하는데 이용하고자 하였다.

2. 일사에측 이론적 배경

전천을 하나로 하여 육안으로 본 구름의 면적과의 비로 표시되는 운량치를 이용한 일사량 예측방법은¹⁾²⁾ 많은 학자들에 의해 연구되어 월평균 1일 대기권밖 일사량에 대한 수평면 전일사량의 비와 월평균 1일 운량과의 경험적인 상관관계를 식 (1)과 같이 제시하였다.

$$\frac{H}{H_0} = a'' + b'' C \quad (1)$$

여기서 H_0 : 월평균 1일 대기권밖 일사량
 H/H_0 : 일사율
 C : 월평균 1일 운량치
 a'', b'' : 운량을 기초로 한 상수

이며, 월평균 1일 대기권밖 일사량은 다음 식의해 산출할 수 있다.

$$H_0 = 24 \times 3600/\pi \cdot G_{sc} [1 + 0.033 \cos(360d/365)] \times [\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + 2\pi \omega_s / 360 \cdot \sin \phi \sin \delta] \quad (2)$$

여기서 G_{sc} : 태양상수 (1,353 W/m²)
 d : 통산일(通算日)
 ϕ : 해당지방의 위도
 δ : 일적위
 $\omega_s = 23.45 \sin(360 \cdot 284d/365)$
 ω_s : 일몰시간각
 $\cos \omega_s = -\tan \phi \tan \delta$

그러나 위 식은 일사와 운량의 상호관계를 더욱 발전시키기 위해 Norries(1968)에 의해 여러 번 재검토가 시도되었다.

3. 일사에측 상관식 산출

예측기법에 적용되는 인자로서는 해당지역 수평면 전일사량과 운량으로 표 1에서 보는바와 같이 전국 주요 16개 지역을 선정하여 이들 지역에서 '82.1 ~ 2008.12 기간 동안에 측정된 27년간의 시간별 데이터(3,784,320 개)를 이용하였으며, 하늘을 덮고 있는 구름의 양인 운량 관련 기상자료는 동기간 동안에 기상청에서 발행한 "기상년·월보" 1일 자료³⁾를 사용하였다.

또한, 이들 인자 중 수평면 전일사량은 한국에너지기술연구원 측정네트워크에서 미국 Eppley

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

3) 기상청, "기상년·월보", 1982 ~ 2008.

사에서 제작한 수평면일사계와 미국 Vaisala사의 데이터수집장치에 의해 관측되었으며, 이에 대한 측정기기의 규격은 표 2와 표 3과 같다.

일반적으로 운량에 의한 일사예측 방법에서 지역상수 a, b 값은 표준치의 회귀함수로 나타나며, 각 측정지역에서 관측된 수평면 전일사량, 운량 등의 기상자료를 기초로 최소자승법⁴⁾을 사용하여 다음 식과 같이 산출할 수 있다.

표 1. 일사예측 시물레이션을 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

표 2. 수평면일사계의 규격(미 Eppley사 모델 PSP)

구분	규격
감도	약 9mV/W/m ²
임피던스	약 650 ohms
수감부	1cm ² 의 원형
온도의존도	±1% (대기온도-20°C ~ +40°C)
직선도	±0.5% (0 ~ 2800 W/m ²)
반응시간	1초 (1/e 신호)
코사인특성	±1% (천정각 0° ~ 70°)
	±3% (천정각 70° ~ 80°)
방위특성	영향 없음
보정	약 1 cal/cm ² /min (대기온도 +25°C)

표 3. 데이터수집장치의 규격(미 Vaisala사 모델 570A)

구분	규격
아날로그 입력	12비트 ABC
- 해	0.39%
- 입력전압	0 ~ 5V
- 정확도	+0.1%
클럭안정도	+1 ppm/월
측정간격	1초 ~ 18시간
기억용량	136 kbyte
전원	6.5 AH, 12V 축전지
작동온도	-20°C ~ +50°C
박스재질	강철판에 에폭시 처리
크기	38.75 (W) × 25 (H) × 34.78 cm (D)
무게	24.75 kg

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

$$a = \frac{\{N\sum X(i)Y(i) - [\sum X(i)][\sum Y(i)]\}}{\{N\sum [X(i)]^2 - [\sum Y(i)]^2\}} \quad (6)$$

$$b = \frac{1}{N} [\sum Y(i) - \sum X(i)] \quad (7)$$

이다. 또한 R은,

$$R = \frac{\{\sum [X(i) - X] - [Y(i) - Y]\}}{\{\sum [X(i) - X]^2 \sum [Y(i) - Y]^2\}} \quad (8)$$

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

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

두 변수 x와 y간의 n개의 데이터(x_i, y_i), i = 1, 2, ..., n에 관한 직선회귀 모형은 다음과 같은 가정아래 표현된다.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \epsilon_i \quad (9)$$

$[\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2)]$ 이고 서로 독립]

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

표 4. 우리나라 주요 지역별 수평면 전일사량 - 운량 지역상수 값

월	지역 상수	춘천	강릉	서울	원주	서산	청주	대전	포항	대구	전주	광주	부산	목포	제주	진주	영주
1월	a"	10.56721	11.38809	10.06679	11.27528	12.37375	11.89605	12.07588	11.93888	11.40803	11.44433	12.96325	12.03742	13.15868	13.3549	12.87455	11.26877
	b"	-0.7479	-0.82966	-0.7735	-0.82759	-0.83673	-0.85082	-0.89457	-0.94982	-0.84558	-0.84213	-0.88619	-0.86988	-0.87454	-1.12232	-0.91002	-0.81065
	R ²	0.65962	0.71153	0.62653	0.66982	0.57757	0.62829	0.63029	0.72446	0.64453	0.61131	0.58569	0.60004	0.55483	0.6684	0.678	0.72228
2월	a"	14.20038	15.0563	13.73279	14.94579	15.87059	15.34806	15.9896	15.92253	15.13565	14.89503	17.07093	16.17373	17.56614	18.31982	16.615	14.10504
	b"	-0.93419	-1.04378	-0.96583	-1.0269	-1.04669	-1.06251	-1.13546	-1.24317	-1.0653	-1.05923	-1.19609	-1.24141	-1.23553	-1.52569	-1.11486	-0.90016
	R ²	0.2937	0.62298	0.59785	0.62853	0.60045	0.67454	0.66564	0.7101	0.69666	0.63318	0.63725	0.64704	0.61857	0.68917	0.65446	0.64064
3월	a"	19.56737	20.70736	18.51901	20.25614	20.85196	19.97662	20.80835	20.94632	20.10872	19.86086	21.78891	20.4822	22.70148	23.01079	21.59461	20.07849
	b"	-1.30283	-1.50317	-1.29386	-1.3911	-1.39302	-1.38182	-1.47288	-1.58717	-1.39005	-1.4366	-1.47642	-1.43725	-1.60911	-1.78072	-1.37387	-1.41604
	R ²	0.60697	0.63225	0.56635	0.62988	0.59416	0.58856	0.66885	0.68939	0.65352	0.66005	0.62121	0.56393	0.65975	0.67593	0.60146	0.65532
4월	a"	23.95576	25.25835	23.24556	24.98126	25.56535	24.7081	25.77007	25.62609	24.56722	24.12362	26.22167	25.70945	27.06563	27.07558	26.21434	24.47958
	b"	-1.61436	-1.71956	-1.65682	-1.71378	-1.68345	-1.7114	-1.80798	-1.88972	-1.70763	-1.68485	-1.80146	-1.83573	-1.85335	-1.9596	-1.75702	-1.66539
	R ²	0.63352	0.63243	0.65487	0.66287	0.6405	0.66011	0.69461	0.70528	0.68396	0.67037	0.66862	0.61179	0.68653	0.70879	0.65129	0.7159
5월	a"	28.24082	29.03169	26.82991	28.58777	29.47968	28.19421	28.27102	28.63111	27.85681	27.10388	29.47102	28.55632	30.1982	29.80443	29.14739	28.19294
	b"	-1.91338	-1.95396	-1.92327	-1.95306	-2.00463	-1.92003	-1.9612	-2.07021	-1.92985	-1.87605	-2.04581	-2.03659	-2.11835	-2.08059	-1.95702	-1.90363
	R ²	0.67304	0.63911	0.67422	0.68387	0.68208	0.68455	0.67572	0.72043	0.68735	0.69638	0.70558	0.67146	0.72731	0.67967	0.65836	0.67162
6월	a"	30.9604	32.02548	28.29691	30.65946	31.51085	29.835	30.22335	30.71895	29.94245	28.3528	31.14086	31.24431	32.40483	32.30318	31.10369	31.21899
	b"	-2.13355	-2.2741	-2.03909	-2.07998	-2.18051	-2.03671	-2.10367	-2.19424	-2.09925	-1.93448	-2.19154	-2.28818	-2.31999	-2.27159	-2.12991	-2.17195
	R ²	0.6905	0.69187	0.68471	0.68286	0.67949	0.68452	0.67812	0.67719	0.68194	0.64487	0.65305	0.64466	0.71902	0.63997	0.61438	0.66584
7월	a"	32.94705	31.70681	27.35718	32.95617	31.58662	30.13069	31.57691	29.96952	29.62986	28.5283	31.27726	30.0852	32.429	31.06514	31.14664	31.72074
	b"	-2.4954	-2.33387	-2.0946	-2.45956	-2.31284	-2.1756	-2.37537	-2.21696	-2.16007	-2.07709	-2.26953	-2.22588	-2.34563	-2.2126	-2.23741	-2.31506
	R ²	0.65	0.65287	0.61499	0.66724	0.68148	0.6523	0.65733	0.70809	0.68641	0.62958	0.59358	0.65857	0.6818	0.70715	0.66053	0.65787
8월	a"	28.67483	28.86885	24.1309	28.57289	27.54011	26.82368	28.02484	26.4234	26.21453	25.14361	26.38715	27.03179	28.711	29.46079	28.4066	27.95733
	b"	-2.06677	-2.16955	-1.75188	-2.04607	-1.97069	-1.92464	-2.05023	-1.90557	-1.88382	-1.79803	-1.77219	-1.92515	-1.96332	-2.22878	-1.9689	-2.06148
	R ²	0.6855	0.72252	0.62441	0.69409	0.71311	0.67421	0.702	0.65902	0.69032	0.66314	0.57187	0.6318	0.68135	0.71471	0.68374	0.70642
9월	a"	22.47141	23.21191	20.06233	23.42225	22.06825	21.79154	22.00204	23.15883	21.56739	20.90479	22.71366	21.90997	23.42737	24.94014	23.80208	21.71616
	b"	-1.53182	-1.69348	-1.37035	-1.59621	-1.46081	-1.46161	-1.50883	-1.76629	-1.50707	-1.40407	-1.5338	-1.55921	-1.59106	-1.91114	-1.61873	-1.37755
	R ²	0.61713	0.69542	0.60223	0.64874	0.67982	0.63591	0.67649	0.69346	0.68212	0.65163	0.64591	0.6433	0.70644	0.71874	0.65303	0.63494
10월	a"	15.65873	16.49231	14.69261	16.39787	16.79042	16.37437	16.51716	16.40167	15.71817	15.96569	17.22618	16.61329	18.05648	19.05961	18.18199	16.04159
	b"	-0.98622	-1.14097	-0.94248	-1.01782	-1.07299	-1.05246	-1.06737	-1.09008	-0.9867	-1.05218	-1.07696	-1.08025	-1.15298	-1.41167	-1.07947	-1.00588
	R ²	0.50543	0.62864	0.51248	0.52083	0.59002	0.57722	0.56275	0.57864	0.56325	0.59667	0.56906	0.55556	0.63844	0.67069	0.55854	0.59194
11월	a"	11.7831	12.21718	10.71334	12.06636	12.64807	12.37454	12.45235	12.49263	11.65641	11.84665	13.29466	12.65371	13.62451	14.36148	13.52678	11.65557
	b"	-0.88644	-0.93652	-0.81761	-0.89483	-0.89154	-0.89391	-0.89642	-0.93256	-0.79525	-0.84538	-0.8979	-0.89831	-0.93403	-1.1379	-0.85062	-0.82182
	R ²	0.65535	0.71767	0.60397	0.65304	0.29574	0.66266	0.61632	0.66719	0.61444	0.62051	0.64003	0.60857	0.617	0.71532	0.61452	0.66159
12월	a"	9.44909	10.07209	8.59697	9.96878	10.53778	10.0708	10.52761	10.42154	9.88623	10.04507	11.06011	10.51667	11.30947	11.93167	11.48145	9.82503
	b"	-0.68745	-0.71541	-0.61442	-0.71524	-0.68582	-0.69969	-0.74768	-0.75953	-0.66604	-0.72353	-0.71912	-0.73405	-0.73502	-0.99062	-0.73572	-0.69378
	R ²	0.68143	0.67639	0.57795	0.65728	0.53028	0.59085	0.57898	0.63039	0.55708	0.61009	0.54241	0.53137	0.58712	0.70975	0.61532	0.6887

β_0, β_1 은 미지의 모수
 x 는 I번째 주어진 고정된 x 의 값
 $i = 1, 2, \dots, n$

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

$$H = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (10)$$

여기서, H : 해당 관측지의 1일 수평면 전일사량

x : 해당 관측지의 1일 운량

으로 표현된다.

여기서 β_0, β_1 은 미지의 모수이며, ε 는 측정오차로서 $N(0, \sigma^2)$ 의 분포에 따르고 상호 독립이라고 가정한다.

따라서, 식 (10)을 토대로 해당 지역의 지표면에 입사하는 수평면 전일사량을 종속변수로 잡고 여기에 영향을 주는 독립변수로 운량을 선택하여 독립변수와 종속변수간의 관련성을 함수의 형태로서 표 4에서 보는바와 같이 우리나라 주요지역과 그 인접지역에서 공히 적용할 수 있는 기후지역상수 a , b 값을 직선회귀모형 식으로 월별로 제시하였다.

표 5. 전국 주요지역의 월별 연평균 1일 운량 값(1982-2008)
 (단위 : 1/10)

지역 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
춘천	40	38	47	45	53	61	74	65	58	48	48	43	52
강릉	35	41	50	51	56	69	75	69	62	45	39	32	52
서울	38	38	46	45	52	61	74	64	53	39	40	39	49
원주	41	42	50	48	54	64	74	66	59	45	44	41	52
서산	49	43	47	47	52	62	73	60	52	41	47	49	52
청주	44	42	47	45	50	61	71	61	55	42	45	42	50
대전	44	42	46	46	50	62	69	60	54	40	43	42	50
포항	33	37	46	45	50	63	67	60	60	42	34	28	47
대구	35	38	47	46	50	63	69	63	59	40	37	31	48
전주	46	45	48	46	51	62	69	60	54	39	43	45	51
광주	52	48	52	49	54	67	73	62	57	42	47	49	54
부산	34	39	48	49	53	65	68	59	58	41	35	28	48
목포	56	50	50	49	52	64	69	56	53	40	45	52	53
제주	73	65	61	54	56	68	61	58	60	50	56	65	61
진주	36	38	49	51	54	68	71	64	61	45	41	32	51
영주	35	39	47	46	50	62	72	63	55	40	39	33	48
평균	43	43	49	48	52	64	71	62	57	42	43	41	51

그러나, 표 5에서 보는바와 같이 전월을 통하여 운량 값이 적은달인 10월과 12월에 대부분 지역에서 상관도가 0.6이하로 나타나 운량 값이 적을수록 일사와의 상관관계가 낮게 나타났으며, 지방도시보다는 대도시 일수록 일사와의 상관관계가 낮게 나타나는 경향을 보였다.

이와 같은 원인은 측정기기에 의한 일반 기상관측과는 달리 운량관측은 관측자의 목적에 의해 이루어지기 때문에 각기 다른 관측자의 관측관점에 따라 운량이 적은 날 뿐만 아니라 대도시 일수록 지방도시보다는 매연, 부유분진, 배기가스 등에 의한 대기오염으로 운량측정이 목적에 의해 판단하기에는 상당한 차이를 나타내기 때문으로 생각한다.

4. 시뮬레이션에 의한 측정일사량과의 비교분석

우리나라 주요 지역별로 임의의 기간의 수평면 전일사량을 예측하기 위한 시뮬레이션을 일사-운량에 의한 방법을 적용하여 주요 16개 지역을 선정하여 1982 ~ 2008년도에 측정된 실측일사량과 비교하였으며, 그 비교결과를 표 6과 그림 1과 그림 2에 제시하였다.

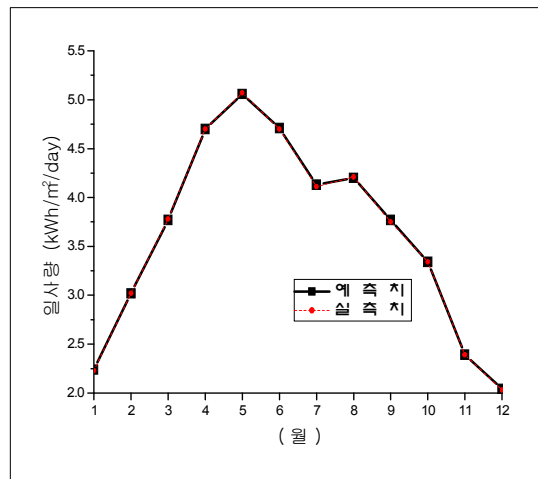


그림 1. 우리나라 주요 16개 지역의 월별 일평균 수평면 전일사량 예측치와 실측치

표 6. 우리나라 주요 지역별 수평면 전일사량 - 운량 지역상수 값

(단위 : kWh/m²/day)

지역	구분	월												평균
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
춘천	예측치	2.11	2.96	3.73	4.64	5.03	4.99	4.02	4.23	3.78	3.03	2.09	1.80	3.53
	실측치	2.09	2.88	3.7	4.61	5.04	4.97	4.05	4.22	3.77	3.01	2.09	1.81	3.52
	오차 (%)	0.96	2.78	0.81	0.65	-0.20	0.4	-0.74	0.24	0.27	0.66	0	-0.55	0.28
강릉	예측치	2.36	2.99	3.66	4.58	5.03	4.54	3.94	3.86	3.53	3.16	2.38	2.16	3.52
	실측치	2.35	2.99	3.67	4.59	4.99	4.56	3.96	3.84	3.55	3.16	2.39	2.15	3.52
	오차 (%)	0.43	0	-0.27	-0.22	0.8	-0.44	-0.51	0.52	-0.56	0	-0.42	0.47	0
서울	예측치	1.98	2.79	3.49	4.39	4.68	4.41	3.29	3.59	3.56	3.06	2.07	1.72	3.25
	실측치	1.97	2.78	3.50	4.37	4.69	4.35	3.25	3.6	3.53	3.03	2.06	1.73	3.24
	오차 (%)	0.51	0.36	-0.29	0.46	-0.21	1.38	1.23	-0.28	0.85	0.99	0.49	-0.58	0.31
원주	예측치	2.19	2.95	3.69	4.66	5.01	4.82	4.10	4.19	3.89	3.28	2.26	1.96	3.58
	실측치	2.11	2.88	3.63	4.58	5.00	4.83	3.97	4.15	3.76	3.19	2.20	1.89	3.52
	오차 (%)	3.79	2.43	1.65	1.75	0.20	-0.21	3.27	0.96	3.46	2.82	2.73	3.70	1.70
서산	예측치	2.30	3.16	3.97	4.90	5.29	5.00	4.08	4.37	4.02	3.44	2.35	1.99	3.74
	실측치	2.29	3.17	3.97	4.87	5.31	4.98	4.06	4.38	4.03	3.45	2.32	1.98	3.73
	오차 (%)	0.44	-0.32	0	0.62	-0.38	0.40	0.49	-0.23	-0.25	-0.29	1.29	0.51	0.27
청주	예측치	2.26	3.03	3.74	4.72	5.16	4.84	4.08	4.19	3.82	3.32	2.32	1.98	3.62
	실측치	2.25	3.06	3.73	4.68	5.16	4.79	4.07	4.17	3.80	3.32	2.29	1.94	3.61
	오차 (%)	0.44	-0.98	0.27	0.85	0	1.04	0.25	0.48	0.53	0	1.31	2.06	0.28
대전	예측치	2.26	3.12	3.90	4.85	5.13	4.77	4.22	4.37	3.85	3.40	2.39	2.05	3.69
	실측치	2.26	3.13	3.89	4.84	5.11	4.70	4.16	4.32	3.84	3.40	2.40	2.04	3.67
	오차 (%)	0	-0.32	0.26	0.21	0.39	1.49	1.44	1.16	0.26	0	-0.42	0.49	0.54
포항	예측치	2.44	3.16	3.79	4.76	5.08	4.69	4.20	4.16	3.49	3.28	2.59	2.30	3.66
	실측치	2.43	3.16	3.79	4.73	5.09	4.67	4.09	4.13	3.47	3.26	2.59	2.30	3.64
	오차 (%)	0.41	0	0	0.63	-0.20	0.43	2.69	0.73	0.58	0.61	0	0	0.55
대구	예측치	2.35	3.08	3.77	4.64	5.06	4.64	4.09	3.99	3.52	3.27	2.42	2.17	3.58
	실측치	2.31	3.05	3.84	4.7	5.05	4.65	4.07	3.98	3.55	3.26	2.43	2.16	3.59
	오차 (%)	1.73	0.98	-1.82	-1.28	0.20	-0.22	0.49	0.25	-0.85	0.31	-0.41	0.46	-0.28
전주	예측치	2.1	2.81	3.6	4.55	4.87	4.54	3.94	3.99	3.7	3.29	2.28	1.89	3.47
	실측치	2.1	2.82	3.6	4.57	4.89	4.53	3.93	4.01	3.68	3.29	2.27	1.88	3.46
	오차 (%)	0	-0.35	0	-0.44	-0.41	0.22	0.25	-0.5	0.54	0	0.44	0.53	0.29
광주	예측치	2.32	3.15	3.92	4.83	5.12	4.57	4.09	4.28	3.88	3.53	2.52	2.09	3.69
	실측치	2.31	3.13	3.92	4.81	5.13	4.60	4.10	4.28	3.90	3.54	2.53	2.1	3.69
	오차 (%)	0.43	0.64	0	0.42	-0.19	-0.65	-0.24	0	-0.51	-0.28	-0.4	-0.48	0
부산	예측치	2.52	3.15	3.77	4.64	4.93	4.55	4.15	4.35	3.58	3.38	2.64	2.35	3.67
	실측치	2.57	3.28	3.84	4.63	5.01	4.61	4.21	4.42	3.63	3.45	2.7	2.39	3.73
	오차 (%)	-1.95	-3.96	-1.82	0.22	-1.60	-1.30	-1.43	-1.58	-1.38	-2.03	-2.22	-1.67	-1.61
목포	예측치	2.29	3.16	4.07	4.99	5.33	4.88	4.51	4.92	4.16	3.73	2.62	2.08	3.9
	실측치	2.30	3.16	4.05	5.00	5.32	4.90	4.50	4.90	4.16	3.74	2.61	2.09	3.9
	오차 (%)	-0.43	0	0.49	-0.20	0.19	-0.41	0.22	0.41	0	-0.27	0.38	-0.48	0
제주	예측치	1.43	2.33	3.38	4.58	5.04	4.68	4.88	4.59	3.74	3.33	2.22	1.53	3.48
	실측치	1.44	2.35	3.40	4.54	5.03	4.68	4.92	4.60	3.74	3.33	2.23	1.50	3.48
	오차 (%)	-0.69	-0.85	-0.59	0.88	0.20	0	-0.81	-0.22	0	0	-0.45	2.00	0
진주	예측치	2.67	3.44	4.13	4.79	5.16	4.62	4.24	4.34	3.87	3.70	2.78	2.54	3.85
	실측치	2.68	3.42	4.11	4.88	5.14	4.61	4.28	4.34	3.85	3.68	2.79	2.51	3.86
	오차 (%)	-0.37	0.58	0.49	-1.84	0.39	0.22	-0.93	0	0.52	0.54	-0.36	1.20	-0.26
영주	예측치	2.32	3.04	3.65	4.63	5.08	4.75	4.24	3.81	3.97	3.26	2.30	2.08	3.59
	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 (%)	3.11	2.01	-3.95	-1.91	-1.55	-1.04	4.43	-7.07	5.03	-0.61	-2.54	0.97	-0.55
평균	예측치	2.24	3.02	3.77	4.70	5.06	4.71	4.13	4.20	3.77	3.34	2.39	2.04	3.61
	실측치	2.23	3.02	3.78	4.70	5.07	4.70	4.11	4.21	3.75	3.34	2.39	2.03	3.61
	오차 (%)	0.45	0	-0.26	0	-0.20	0.21	0.49	-0.24	0.53	0	0	0.49	0

* 오차(%) : [(예측치/실측치)-1]×100

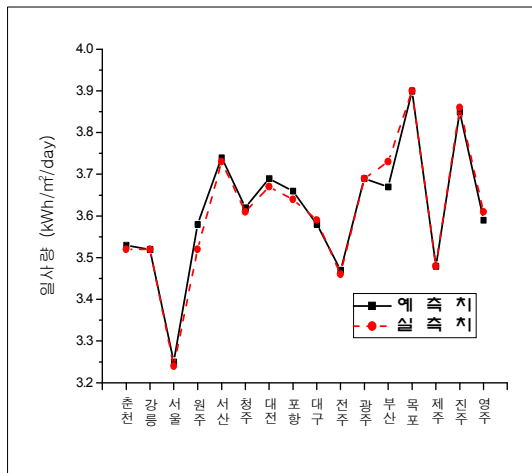


그림 2. 우리나라 주요 지역별 연평균 1일 수평면 전일 사량 예측치와 실측치

일사-운량에 의한 시뮬레이션 예측치와 실측치를 비교하여 보면, 우리나라 주요 16개 지역에서의 연평균 월별 오차가 $-0.26 \sim +0.53\%$ 범위로 나타나났으며, 지역별 연평균 오차는 $-1.61 \sim +1.7\%$ 범위로 나타나 실측치와 상당히 근접한 값을 나타내었다.

5. 결 론

본 논문에서는 우리나라 주요지역에서 최근에 걸쳐 측정된 일사량과 기상매개변수인 운량과의 상관관계를 도출하여 일사량 관측이 수행되지 않은 인접 지역들에 적용할 뿐만 아니라 현재 관측을 수행중인 지역에 대해서도 일사자료를 추정하여 태양광시스템 설치를 위한 해당지역의 일사량 예측과 측정자료의 질적수준을 평가하는데 이용하고자 하였다.

이에 대한 연구결과로서, 일사-운량에 의한 시뮬레이션 예측치와 실측치를 비교하여 보면 연평균 월별 오차가 $-0.26 \sim +0.53\%$ 범위로 나타나났으며, 지역별 연평균 오차는 $-1.61 \sim +1.7\%$ 범위로 나타나 실측치와 상당히 근접한 값을 나타내었다.

그러나, 앞으로는 본 연구를 바탕으로 일

사와 운량과의 관계뿐 만아니라 일조시간, 온도, 습도 등에 변화에 일사량의 변동형태 등 각종 기후 조건과의 관련성도 규명해 나아갈 계획이다.

후 기

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

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 ~ 2008.
4. Montgomery, Douglas C., Design and Analysis of Experimental (Third dition), John Wiley & Sons, Inc., 1981.