

# 국내 태양광자원의 성분 및 파장별 분석에 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 Solar Radiation Analysis for Components and Classified Wavelength 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

Knowledge of the solar radiation components and classified wavelength data are essential for modeling many solar photovoltaic systems. This is particularly the case for applications that concentrate the incident energy to attain high photo-dynamic efficiency achievable only at the higher intensities. In order to estimate the performance of concentrating PV systems, it is necessary to know the intensity of the beam radiation, as only this components can be concentrated, and The new PV cell can generate electricity from ultraviolet and infrared light as well as visible light.

The Korea Institute of Energy Research(KIER) has began collecting solar radiation components data since January, 1988, and solar radiation classified wavelength data since November, 2008. KIER's solar radiation components and classified wavelength data will be extensively used by concentrating PV system users or designers as well as by research institutes.

It is essential to utilize the solar radiation data as application and development of solar energy system increase. Considerable efforts have been made constructing a standard data base system from measure data.

Keywords : 집광식 태양광발전시스템(concentrating photovoltaic system), 태양복사성분(solar radiation components), 파장별 태양복사(classified wavelength solar radiation)

### 1. 서 론

태양광자원의 일사량 성분을 구분하는 이유 중에 하나는 태양광자원이라는 측면에서 볼 때, 그 이용 방법상의 특징에서 찾아볼 수 있다.

우선 현재 흔히 쓰이고 있는 태양전지판 등과 같은 태양광시스템을 설치할 때는 파장 0.285 ~2.8  $\mu\text{m}$ 의 전일사량에 대한 상세한 자료가 요구되어지고 있는 반면에, 넓은 면적에 입사 되는 직달일사량을 한곳에 모아 사용하도록

투고일자 : 2012년 1월 2일, 심사일자 : 2012년 1월 13일, 게재확정일자 : 2012년 4월 17일  
교신저자 : 윤창열(yuncy@kier.re.kr)

설계된 집광형 태양광발전시스템등과 같은 기기의 설계나 효율을 예측하기 위해서는 직달 일사량에 대한 자료를, 그리고 수평면에 입사하는 직달일사량 중 지표면에 도달하지 않고 산란되는 일사량은 그린하우스 설계자료 등으로 이용되고 있다.

밴드별 일사량 중 적외선(IR)은 가시광선이나 자외선에 비해 강한 열작용을 가지고 있는 것이 특징이며, 이 때문에 열선이라고도 한다. 태양으로부터 공간으로 전달되는 복사열은 주로 적외선에 의한 것이다. 근적외 영역은 근적외 분광분석법으로 식품 등의 성분 분석에, 중간·원적외 영역은 적외선흡수 스펙트럼법으로 시료 성분의 동정, 확인에 활용되고 있다.

자외선(UV)은 환경적 측면에서 태양에너지를 이용해 오염된 물을 정화시킬 수 있다. 즉 오염된 물을 반도체 광촉매로 코팅한 유리관속으로 통과시키는 한편 태양열 집열기와 얇은 집광형 거울통이 태양빛을 모아 이 유리관에 쬐어주면, 이 때 자외선이 촉매에 비치어 오염된 물 속의 산소와 반응해서 산화제를 만들고, 화학 결합을 부수게 되며, 이 공정을 태양에너지 광촉매 해독장치라고 한다.

또한 국민건강적 측면에서 체내에서 비타민 D를 합성하고, 살균작용을 하는 등 이러한 역할을 하는 동시에 피부노화, 피부암, 건조, 피부염, 잔주름, 기미, 주근깨 등을 생기게도 한다. 자외선은 파장 길이에 따라 A, B, C의 3가지로 나뉘는데, 이 중 자외선 C밴드(UV-C)는 오존층에서 차단되고, A밴드 자외선(UV-A)와 B밴드 자외선(UV-B)가 피부에 영향을 미친다.

미국의 경우를 예로 들면, 성분 및 파장별 일사량의 측정을 위하여 국립 재생에너지연구소(NREL)를 중심으로 꾸준히 수행해 오고 있다. 그러나 우리나라의 경우는 이들 자료들을 수집하기 위한 측정설비와 기기가 거의 갖추어져 있지 않은 실정이다.

따라서, 보다 효과적으로 태양광에너지의 이용을 돕기 위해 수평면일사계, 일사차광대, 그리고 직달일사계 및 태양추적장치 등 종합적인 성분별 태양광 측정을 위한 관련 장비와 적외선, 자외선 측정센서를 확보하고, 전일사 및 직달과 산란일사 성분과 적외선, 자외선 등에 관한 실측분석 자료를 수집하여 태양광자원 이용을 위한 기초자료 등 다각적인 연구사업에 활용하고자 하였다.

본 연구는 우리나라에서 태양광자원 실측 연구사업은 날로 중요성을 더해가고 있는 태양광에너지 이용기술이 국내에서도 하루 빨리 정착, 실용화 할 수 있도록 국내 태양광자원을 보다 과학적인 방법으로 정확하게 분석, 평가하기 위한 측정기술 및 분석기법의 개발에 주안점을 두고 추진하였다.

## 2. 측정시스템 구성 및 데이터 처리

성분 및 파장별 측정실험을 위하여 성분과 장일사량 자동측정시스템이 위치한 대전지방(36° 22'N, 127° 22'E)에서 장기간 데이터를 측정 및 저장할 수 있는 데이터수집장치 등, 관련 부속기기를 설치하고 원거리 측정네트워크 구조의 컴퓨터 통신방식에 의한 성분일사량 자동 측정시스템 구성을 시도하였다. 이와 같이 설치된 시스템에 의하여 측정되는 데이터는 통제소에 설치된 데이터 프로세서의 원격제어에 의해 기존 랜통신 인터페이스를 통하여 원거리 전송되며, 전송된 데이터는 다시 데이터 파일로 구분하여 하드디스크에 저장시켜 각종 데이터의 분석 및 전산처리를 행할 수 있다. 또한, 통제소에서 전산 처리되고 있는 전산프로그램은 데이터 회수 및 처리용 프로그램으로 이를 통하여 시간별 일사량 자료를 전송 받아 데이터베이스로 재처리해서 저장하고, 데이터 품질관리시스템(DQ MS)을 이용하여 측정자료의 신뢰성을 재검토하여 이를 지속적으로 보완할 수 있도록 하였다.

표 1. 성분일사량 수집데이터의 종류 및 설치장비 명세

측정데이터	측기명	형식	비고
수평면 전일사량	수평면일사계	Kipp & Zonen CM11형 (0.31 ~ 2.8 μm)	1개
법선면 직달일사량	직달일사계	Kipp & Zonen CHI형 (0.2 ~ 4.0 μm)	1개
	태양자동추적장치	Kipp & Zonen 2AP-GD형	1셀
수평면 산란일사량	수평면일사계	Kipp & Zonen CM11형 (0.31 ~ 2.8 μm)	1개
	태양차폐장치	Kipp & Zonen 053705형	1개
법선면 전일사량	수평면일사계	Eppley PSP형 (0.285 ~ 2.8 μm)	1개
	태양자동추적장치	Kipp & Zonen 2AP-GD형	1셀
적외선일사량	적외선일사계	Kipp & Zonen CGR3형 (4.5 ~ 42.0 μm)	1개
자외선일사량	자외선복사계	Kipp & Zonen CUV4형 (0.3 ~ 0.385 μm)	1개
	A밴드 자외선복사계	Kipp & Zonen UVS-A-T형 (0.315 ~ 0.4 μm)	1개
	B밴드 자외선복사계	Kipp & Zonen UVS-B-T형 (0.28 ~ 0.315 μm)	1개
측정시스템	데이터수집장치	Campbell CR10X-2M형	1셀
	랜통신 인터페이스	Campbell NL-100형	1개
	전원공급기	Campbell PS100형	1개
	태양전지판	Campbell MSX10형	1개
	데이터프로세서	HP Pentium4형	1셀



그림 1. 성분 및 파장별 일사량 자동측정시스템 설치전경

그림 1에서 보는바와 같이 일사량 성분분석을 위하여 측정지에 설치된 태양추적장치 위에 수평면상의 전일사량을 측정하기 위하여 수평면일사계를 설치하였으며, 법선면상에서의 직달일사량과 전일사량을 측정하기 위하여 직달일사계와 수평면일사계를 설치하였다. 또한 수평면상의 산란일사량 측정을 위하여 태양차폐장치와 수평면 일사계를 설치하였다. 또한 파장별에 따른 일사량 강도분석을 위해 우선 적외선 측정을 위해 적외선 일사계를, 그리고 자외선 측정을 위해 자외선일사계, A밴드

드 자외선복사계, B밴드 자외선복사계를 설치하였다. 그리고 데이터수집장치와 관련 부대장치를 각각 설치하였다.

이에 대한 수집데이터의 종류 및 설치장비 명세는 표 1과 같다.

### 3. 성분 및 파장별 일사량의 측정분석

#### 3.1 성분별 일사량 분석

측정실험을 위해 설치하여 운영 중에 있는 성분별 일사량 자동측정시스템에서 1988년 1월부터 1989년 7월까지, 그리고 1996년 1월부터 2010년 12월까지 약 16년 7개월간에 걸쳐 매 시간마다 측정된 실측자료를 토대로 전 기간에 걸친 1일 평균일사량을 성분별로 분석하여 보면, 표 2와 그림 2에서 나타난바와 같이

표 2. 성분별에 따른 일평균 일사량 비교

(단위 : kWh/m<sup>2</sup>/day)

수평면 전일사량 (HGLO)	구분	성분별 일사량	수평면 전일사량과의 비교
3.65	수평면 대기권밖 일사량 (EXTR)	8.10	2.22
	수평면 산란일사량 (HDIF)	1.61	0.44
	수평면 직달일사량 (HDIR)	2.04	0.56
	법선면 전일사량 (DIRG)	4.85	1.33
	법선면 직달일사량 (DIRN)	2.94	0.81

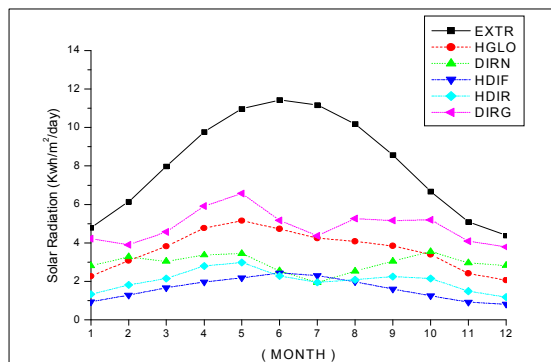


그림 2. 월별 일평균 성분별 일사량

표 3. 계절별에 따른 일평균 성분일사량

(단위 : kWh/m<sup>2</sup>/day)

구 분 \ 계 절	봄	여 름	가 을	겨 울	평 균
수평면 대기권밖 일사량 (EXTR)	9.57	10.93	6.78	5.11	8.10
수평면 전일사량 (HGLO)	4.58	4.35	3.22	2.47	3.65
수평면 산란일사량 (HDIF)	1.94	2.24	1.26	1.01	1.61
수평면 직달일사량 (HDIR)	2.64	2.11	1.96	1.44	2.04
법선면 전일사량 (DIRG)	5.68	4.93	4.82	3.97	4.85
법선면 직달일사량 (DIRN)	3.29	2.34	3.19	2.97	2.94
EXTR / HGLO (%)	209	251	211	206	222
HDIF / HGLO (%)	42	52	39	41	44
HDIR / HGLO (%)	58	49	61	58	56
DIRG / HGLO (%)	124	113	150	161	133
DIRN / HGLO (%)	72	54	99	120	81

표 4. 월별 일평균 성분별 일사량

(단위 : kWh/m<sup>2</sup>/day)

구 분 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	평균
수평면 대기권밖 일사량	4.80	6.14	7.98	9.77	10.97	11.43	11.17	10.18	8.57	6.67	5.09	4.39	8.10
수평면 전일사량	2.27	3.08	3.82	4.77	5.15	4.72	4.25	4.08	3.84	3.40	2.41	2.06	3.65
수평면 산란일사량	0.94	1.28	1.67	1.97	2.18	2.44	2.30	1.98	1.60	1.25	0.92	0.81	1.61
수평면 직달일사량	1.33	1.81	2.15	2.80	2.98	2.28	1.95	2.09	2.25	2.15	1.49	1.18	2.04
법선면 전일사량	4.22	3.90	4.57	5.91	6.57	5.17	4.37	5.26	5.16	5.20	4.09	3.79	4.85
법선면 직달일사량	2.81	3.27	3.04	3.37	3.45	2.54	1.94	2.53	3.05	3.55	2.96	2.82	2.94

수평면상에서 전일사량에 대한 대기권밖 일사량의 비는 2.22로 대기권밖 일사량의 45% 정도만이 지표면에 도달되는 것으로 나타나 65%는 지표면에 도달하는 과정에서 대기중에 흡수되는 것으로 나타났다

또한, 수평면상에서 전일사량에 대한 산란일사량의 비는 0.44로 나타나 상대적으로 직접 지표면에 도달한 직달일사량은 0.56으로 나타났다.

반면에 지표면에 도달하는 태양빛과 법선 방향의 직달일사량과 전일사량은 지표면에 입사하는 수평면 전일사량에 대해 법선면 직달

일사량은 0.81로 나타났으며, 법선면 전일사량은 1.33으로 매우 높은 편이었다.

계절별에 따른 1일 평균 일사량을 성분별로 살펴보면, 표 3에서 나타난바와 같이 수평면상에서 전일사량에 대한 산란일사량의 비는 여름철에 0.52로 산란일사 성분이 가장 많은 계절로 나타났으며, 가장 적게 나타난 계절은 가을철로 0.39로 나타났다. 반면에 수평면상에서 전일사량에 대한 직달일사량의 비는 가을철에 0.61로 직달일사 성분이 가장 많은 계절로, 가장 적은 계절은 여름철로 0.49로 나타났다.

또한, 지표면 수평면상의 전일사량에 대한 태양과 법선 방향의 직달일사량과 전일사량의 비는 겨울철에 법선면 직달일사량은 1.20으로, 법선면 전일사량은 1.61로 가장 높게 나타난 반면에 여름철에는 법선면 직달일사량은 0.54, 법선면 전일사량은 1.13으로 가장 적게 나타났다.

따라서, 다른 계절보다도 수평면상에서 전일사량에 대한 산란일사량은 우기철인 여름철에 높게 나타나고 있으며, 상대적으로 수평면상에서 전일사량에 대한 직달일사량은 가을철에, 그리고 수평면 전일사량에 대한 법선면상에서의 직달일사량과 전일사량은 한랭한 겨울철에 전반적으로 높게 나타나는 경향을 보였다.

참고로 대전지방에서 1988년 3월부터 1989년 8월까지, 그리고 1992년 1월부터 2010년 12월까지 약 20년 6개월간에 걸쳐 측정된 월별 연평균 1일 성분별 일사량 값을 표 4에 제시였다.

표 5. 파장별에 따른 일평균 일사량 비교  
(단위 : kWh/m<sup>2</sup>/day)

수평면 전일사량 (HGLO)	구 분	파장별 일사량	수평면 전일사량과의 비교
3.654	자외선 (UV)	0.175	0.048
	자외선 A밴드 (UV-A)	0.230	0.063
	자외선 B밴드 (UV-B)	0.006	0.002
	적외선 (IR)	8.052	2.204

### 3.2 파장별 복사량 분석

측정실험을 위해 설치하여 운영 중에 있는 파장별 복사사량 자동측정시스템에서 2008년 11월부터 2010년 12월까지 약 2년 2개월간에 걸쳐 매 시간마다 측정된 실측자료를 토대로 전 기간에 걸친 1일 평균일사량을 파장별로 분석하여 보면, 표 5와 그림 3에서 나타난바와 같이 수평면상에서 전일사량에 대한 자외선의 비는 0.0048로 나타났으며, 자외선 A밴드와 자외선 B밴드는 각각 0.063과 0.002로 나타나 수평면 전일사량의 약 6.5% 정도가 인체에 해로운 자외선 A밴드와 B밴드 영역으로 나타났다. 상대적으로 태양으로부터 공간으로 전달되는 복사열은 주로 적외선에 의한 것으로 직접 지표면에 도달한 적외선은 수평면 전일사량에 대해 2.204로 매우 높은 편이었다.

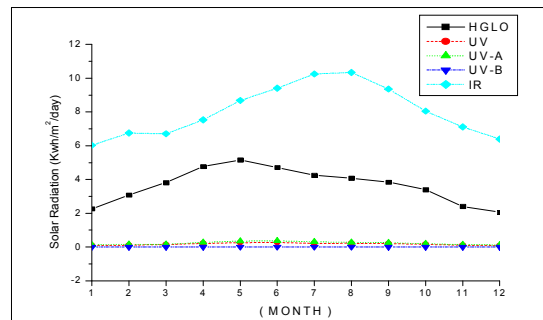


그림 3. 월별 일평균 파장별 일사량

표 6. 계절별에 따른 일평균 파장별일사량

(단위 : kWh/m<sup>2</sup>/day)

구 분 \ 계 절	봄	여 름	가 을	겨 울	평 균
수평면 전일사량 (HGLO)	4.580	4.350	3.217	2.470	3.654
자외선 (UV)	0.207	0.239	0.157	0.098	0.175
A밴드 자외선 (UV-A)	0.263	0.320	0.200	0.137	0.230
B밴드 자외선 (UV-B)	0.006	0.010	0.005	0.002	0.006
적외선 (IR)	7.640	10.000	8.173	6.393	8.052
UV / HGLO (%)	4.5	5.5	4.9	4.0	4.8
UV-A / HGLO (%)	5.7	7.4	6.2	5.5	6.3
UV-B / HGLO (%)	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2
IR / HGLO (%)	166.8	229.9	254.1	258.8	220.4

표 7. 월별 일평균 파장별 일사량

(단위 : kWh/m<sup>2</sup>/day)

구 분 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	평균
수평면 전일사량	2.27	3.084	3.819	4.773	5.155	4.717	4.251	4.076	3.843	3.397	2.408	2.057	3.655
자외선	0.097	0.113	0.15	0.214	0.257	0.274	0.216	0.226	0.203	0.162	0.105	0.084	0.175
자외선 A밴드	0.13	0.16	0.16	0.28	0.35	0.37	0.31	0.28	0.26	0.2	0.14	0.12	0.23
자외선 B밴드	0.002	0.002	0.003	0.006	0.009	0.01	0.01	0.01	0.008	0.005	0.003	0.002	0.006
적외선	6.03	6.75	6.71	7.53	8.68	9.41	10.25	10.34	9.36	8.05	7.11	6.4	8.052

계절별에 따른 1일 평균 복사량을 파장별로 살펴보면, 표 6에서 나타난바와 같이 수평면상에서 전일사량에 대한 자외선 비는 여름철에 0.0055로 자외선 복사량이 가장 많은 계절로 나타났으며, 가장 적게 나타난 계절은 겨울철로 0.004로 나타났다. 또한 자외선 A밴드와 B밴드 역시 여름철에 복사량이 많은 계절로, 겨울철은 가장 적게 나타나는 계절로 나타나 자외선의 계절별 특성과 유사한 경향을 보였다.

반면에 수평면상에서 전일사량에 대한 적외선의 비는 겨울철에 2.588로 적외선 복사량이 가장 많은 계절로, 그리고 가장 적은 계절은 봄철로 1.668로 나타났다.

따라서, 다른 계절보다도 수평면상에서 전일사량에 대한 자외선 복사량은 여름철에 높게 나타나고 있으며, 상대적으로 수평면상에서 전일사량에 대한 적외선 복사량은 겨울철에 전반적으로 높게 나타나는 경향을 보였다.

참고로 대전지방에서 2008년 11월부터 2010년 12월까지 약 2년 2개월간에 걸쳐 측정된 월별 연평균 1일 파장별 복사량 값을 표 7에 제시였다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 전일사 및 직달과 산란일사 성분과 적외선, 자외선 등에 관한 실측분석 자료를 수집하여 태양광자원 이용을 위한 다각적인 연구사업에 활용하고자 하였다

대전지방에서 1일 평균일사량을 성분별로 분석한 결과, 수평면상에서 전일사량에 대한 대기권밖 일사량의 비는 2.22로 대기권밖 일사량의 45% 정도만이 지표면에 도달되는 것으로 나타났다. 또한 수평면상에서 전일사량에 대한 산란일사량의 비는 0.44로 나타났으며, 상대적으로 직접 지표면에 도달한 직달일사량은 0.56으로 나타났다. 반면에 지표면에 도달하는 태양빛과 법선 방향의 직달일사량과 전일사량은 수평면 전일사량에 대해 법선면 직달일사량은 0.81로 나타났으며, 법선면 전일사량은 1.33으로 매우 높은 편이었다.

또한, 대전지방에서 1일 평균일사량을 파장별로 분석하여 보면, 수평면상에서 전일사량에 대한 자외선의 비는 0.0048로 나타났으며, A밴드 자외선과 B밴드 자외선은 각각 0.063과 0.002로 나타나 수평면 전일사량의 약6.5% 정도가 인체에 해로운 자외선 A밴드와 B밴드 영역으로 나타났다. 상대적으로 태양으로부터 공간으로 전달되는 복사열은 주로 적외선에 의한 것으로 직접 지표면에 도달한 적외선은 수평면 전일사량에 대해 2.204로 매우 높은 편이었다

그러나 한정된 측정장소와 선진국에 비해 짧은 측정기간으로 인하여 현재까지 만의 결과만을 가지고, 우리나라의 전반적인 일사량 성분 및 파장별 평가는 아직 어려운 실정이다. 이에 따라 여러 지역에 대한 장기적인 일사량 성분 및 파장별 측정뿐만 아니라 앞으로는 이

를 토대로 하여 일사량 성분별 및 과장별 예측을 위한 우리나라 전 지역에 적합한 이론식을 유추해 나아가야 할 것이다.

### 후 기

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

### 참 고 문 헌

1. Japan Solar Energy Society, Solar Energy Utilization Handbook, pp. 1-49, (昭和 60).
2. Duffie John A. and Beckman William A., Solar Engineering of Thermal Process, John Wiley & Sons, Inc., (1991).
3. Lunde P.J., Solar Thermal Engineering, John Wiley & Sons New York, 1980.
4. 기상청, “기상년·월보”, (1988 ~ 2010).