

국내 일사량 자원 특성분석

*,**조 덕기¹⁾, 윤 창열²⁾, 김 광득³⁾, 강 용혁⁴⁾

A Characteristic Analysis of Solar Radiation Resources in Korea

Dok-ki Jo, Chang-Yeol Yun, Kwang-Deuk Kim, Young-Heak Kang

Abstract : Since the solar radiation is main input for sizing any solar photovoltaic system and solar thermal power system, 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 and direct normal insolation data since December 1992 at 16 different locations. Because of a poor reliability of existing data, KIER's new data will be extensively used by solar energy system users as well as by research institutes.

Among some significant results, the yearly averaged horizontal insolation was turned out 3.61 kWh/m²/day and the yearly mean 5.38 kWh/m²/day of the direct normal insolation was evaluated for clear days.

Key words : Solar Energy Resource (태양자원), Horizontal Global Radiation (수평면 전일사량)

1. 서 론

근래에 들어와서 태양에너지 시스템(태양열 및 태양광)의 이용이 날로 늘어나고 그에 따른 각종 시스템의 개발 및 최적화 사업이 활발해짐에 따라 적용지역에 대한 태양에너지자원 정보의 필요성이 한층 높아지고 있다. 즉, 시스템의 경제성 확보를 위한 최적화는 먼저 그 목적 에너지원인 태양에너지에 대한 정확한 자료가 확보되어야 성공할 수 있기 때문이다. 예를 들어, 건물의 열부하, 적정 집열면적, 태양전지 설치용량 등의 계산은 정확한 일사량 자료가 확보되어야 성공할 수 있다. 최근에는 태양열 발전 혹은 신물질 개발 기술과 관련하여 국내·외적으로 각광 받고 있는 초고온 태양에너지 시스템 기술의 개발은 기본적으로 직달일사량과 과장별 일사량에 의존한다는 점에서, 이에 관한 시스템 설계자료의 필요성이 증대하고 있으며, 집광식 고온집열시스템이나 고집광 PV시스템이 앞으로 국내에서 개발, 이용하기 위해서도 일사량 성분의 측정과 분석 연구사업이 절실히 요구된다. 그 동안 기초사업으로 수행해온 전국 수평면 전일사량의 측정사업의 목적이 국내 태양에너지 자원의 일반적인 평가에 있다면, 본 연구는 특정성분에 대한 보다 전문적인 평가와 분석을 통하여 첨단기술 개발분야에 실질적 활용자료를 제공하려는 데 목적이 있다.

2. 국내 수평면 전일사량 정밀조사

1982년 1월부터 2008년 12월까지 기간동안 당 연구원이 실시해 온 측정자료를 전일을 기준으로 분석한 결과 우리나라 주요 16개 전 지역에서 측정

된 태양광자원, 즉 수평면 전일사량은 연 평균치로 계산하였을 때, 전국이 하루에 3.61 kWh/m² 정도의 태양광에너지를 받고 있는 것으로 나타났다.

계절별 태양광자원의 수평면 전일사량 조건을 일년을 기준으로 분석하여 보면, 표 1에서 보는 바와 같이 태양광 조건이 가장 좋은 계절은 봄철과 여름철로 나타났으며, 연평균 일사량보다도 각각 25%, 20% 높게 나타났다. 반면에 가을철과 겨울철의 태양광 조건은 각각 12%, 33% 정도 상대적으로 낮게 나타났다.

또한, 분석결과 우리나라의 태양광 조건은 우리나라와 동일 위도 상에 있는 일본의 중부지방에서 1941년부터 1970년 기간동안 측정된 일사량과 거의 비슷한 수준임이 밝혀졌다. 동경을 비롯한 11개 측후소에서 30년간에 걸쳐 관측된 일사량 자료와 연구사업에서 얻은 자료가 양적으로 매우 흡사한 것은 같은 위도 상에 분포되는 태양광과 일치한다는 점에서 실측사업이 신뢰받을 수 있는 근거가 될 것이다.

그림 1은 지난 24년 동안(1982~2008) 측정된 실측된 자료의 평균치를 가지고 근접지역간의 일사량을 거리에 따라 균등하게 배분하여 임의 지점의 태양광자원을 산출하는 전산시뮬레이션 기법으로 그린 전국적인 태양광자원, 즉 연평균 수평면 전일사량 분포 현황도이다. 그림에서 보는

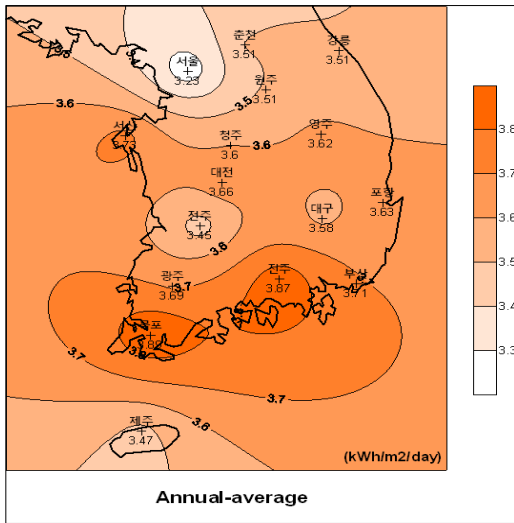


그림 1. 전국 연평균 1일 수평면 전일사량 자원분포도

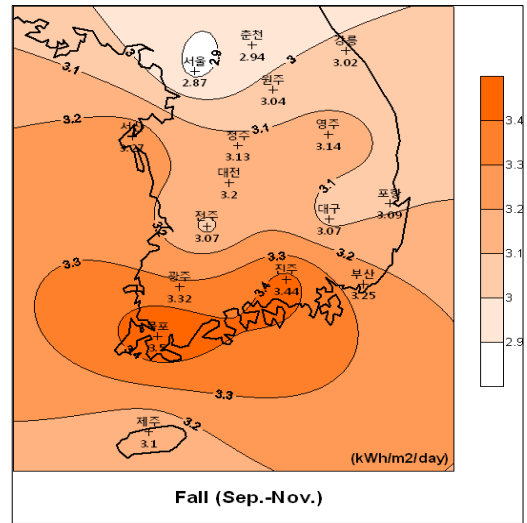


그림 4. 전국 가을철 일평균 수평면 전일사량 자원분포도

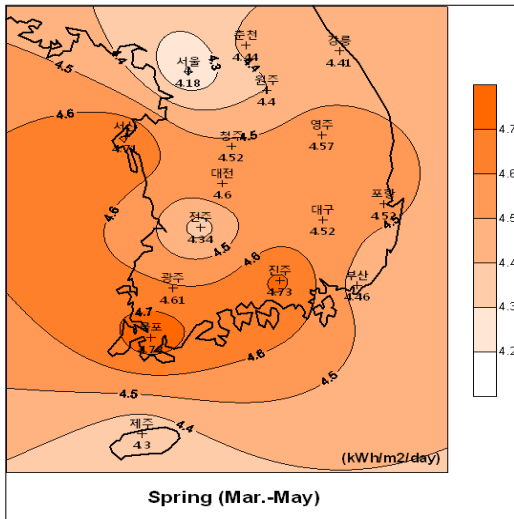


그림 2. 전국 봄철 일평균 수평면 전일사량 자원분포도

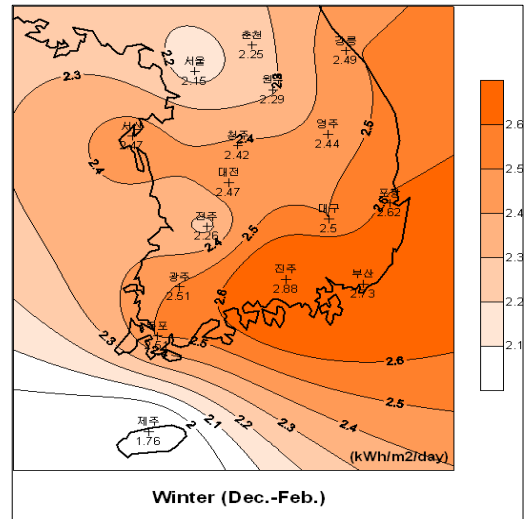


그림 5. 전국 겨울철 일평균 수평면 전일사량 자원분포도

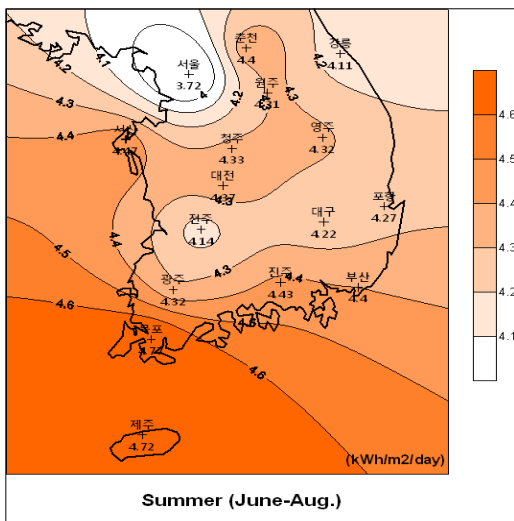


그림 3. 전국 여름철 일평균 수평면 전일사량 자원분포도

표 1. 계절별 1일 평균 수평면 전일사량의 비교
(단위 : kWh/m²/day)

국가	계절	봄	여름	가을	겨울	연평균	증감
한국	한국	4.50	4.34	3.16	2.43	3.61 (A)	
	A	1.25	1.20	0.88	0.67	1.00	
일본중부	일본중부	4.29	4.67	3.00	2.23	3.55 (B)	B/A=1.00
	B	1.21	1.32	0.85	0.63	1.00	

바와 같이 우리나라의 수평면 전일사량의 연 평균치로 계산하였을 때, 전국이 하루에 3.61 kWh/m² 정도의 태양광에너지를 받고 있는 것으로 나타났다.

분포상의 특징을 연평균 태양광조건이 좋은 순으로 지역 대를 나누면, 중서부 남해안지방과 태안반도 일대가 전국에서 가장 좋은 곳으로 나타났으며, 그 다음은 호남 및 김해평야 일대, 중부 이남 및 중부이북지방 순으로 나타났으며, 반면

에 대기오염이 심각한 서울지방은 전국에서 가장 낮은 일사를 기록하였다.

또한, 우리나라의 태양광에너지 자원에 대한 계절별 일일 수평면 전일사량 분포특성은 그림 2 ~ 그림 5에서 나타난바와 같이 봄철과 가을철의 태양광조건은 대체로 내륙지방의 지역보다는 남해 및 서해안지방의 지역이 좋으며, 여름철은 수도권을 제외한 전국이 고른 분포를 나타낸 반면에, 겨울철은 남해 및 동해안 지방 일원 지역이 다른 지역들보다 상대적으로 높은 형태를 나타내었다.

3. 국내 법선면 직달일사량 정밀조사

우리나라 주요 16개 지역에서 '90. 12 ~ 2007. 12 사이에 1일 평균 운량값이 0, 또는 1 이하인 청명(淸明)한 날에 매 시간마다 측정된 실측자료를 토대로 전 기간에 걸친 법선면 직달일사량, 즉 태양과 법선방향의 법선면 직달일사량을 분석하여 보면, 표 2에서 나타난바와 같이 전 지역에서 청명한 날 하루에 연평균 5.38 kWh/m² 정도의 직달일사 에너지를 받고 있는 것으로 나타났다.

계절별로 분석하여 보면, 연중 여름철의 법선면 직달일사량 조건이 가장 좋은 것으로 나타났으며, 겨울철은 연 평균치에도 못 미치는 낮은 수준인 것으로 나타났다. 연 평균치에 대한 각 계절별 법선면 직달일사량의 비율은 봄철(3~5월)과 여름철(6~8월)이 각각 3%, 7% 높았고, 가을철(9~11월)과 겨울철(12~2월)은 각각 연 평균치에 비해 1%, 9% 정도 낮게 나타났으며, 같은 기간동안 한국에너지기술연구원서 측정된 수평면 전일사량의 계절별 변동추이 역시 법선면 직달일사량과 유사한 분포경향을 보였다.

또한, 수평면 전일사량에 대한 법선면 직달일사량의 비는 연중 겨울철이 154%로 가장 높게, 여름철이 87%로 가장 낮게 나타났다.

우리나라 주요 16개 지역에서 '90. 12 ~ 2007. 12 사이에 청명한 날 측정된 지역별 법선면 직달일사량의 연 평균치를 살펴보면, 같은 기간동안 실측된 자료의 평균치를 가지고 전산시뮬레이션 기법으로 그린 그림 6에서 나타난바와 같이 하루에 5.6 kWh/m² 이상의 법선면 직달일사량을 받는 비교적 큰 지역은 광주 일원의 남원분지 일대와 대전-청주를 잇는 대전분지, 그리고 역시 분지지대인 춘천과 원주, 영주, 포항을 잇는 일대임을 알 수 있으며, 그 중에서도 특히 대전지역은 하루에 6.0 kWh/m² 이상인 것으로 나타났다. 반면에 법선면 직달일사량이 비교적 낮은 하루에 4.4 ~ 5.0 kWh/m²인 지역은 수도권지역인 서울과 대도시 지역인 대구, 해안지역인 서산으로 나타났으며, 하루 4.0 kWh/m² 정도로 매우 작은 지역은 역시 해안지역인 목포로 나타났다.

계절별로 분포특징을 살펴보면, 그림 7~ 그림 9에서와 같이 봄철의 일사조건은 광주-대전-영주 지역 일원을 잇는 분지지대에서 높게 나타나고 있는 반면에, 대도시지역인 대구와 해안지역인 목포 일원은 전국에서 가장 낮게 나타나는 현상을 보였다.

여름철은 광주와 대전-청주-원주-춘천을 잇는 중부이북지방과 포항과 영주 분지 일원에서 가장

높게 나타났으며, 대도시지역인 서울과 부산, 대구, 그리고 해안지역인 서산, 목포지방에서 상대적으로 낮게 나타났다

또한, 가을철은 대전-청주-원주-춘천을 잇는 분지지대와 포항 일원의 경주분지 일대에서 비교적 타 지역에 비해서 높게 나타나고 있는 반면,

표 2. 계절별 법선면 직달일사량의 변동추이 (청명일 기준)
(단위 : kWh/m²/day)

구 분	계 절	봄	여름	가을	겨울	연평균 (A)
법선면 직달 일사량 (DIRN)		5.54	5.76	5.31	4.92	5.38
DIRN / A (%)		103	107	99	91	100
수평면 전일사량 (HOR)		5.86	6.57	4.16	3.19	4.95
HOR / A (%)		118	132	84	64	100
DIRN / HOR (%)		94	87	127	154	108

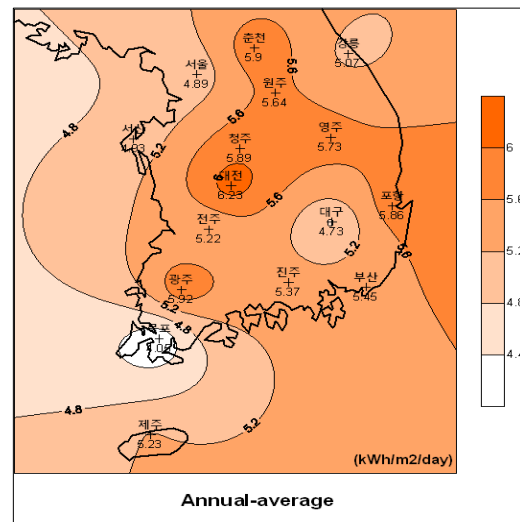


그림 6. 전국 연평균 1일 법선면 직달일사량 자원분포도

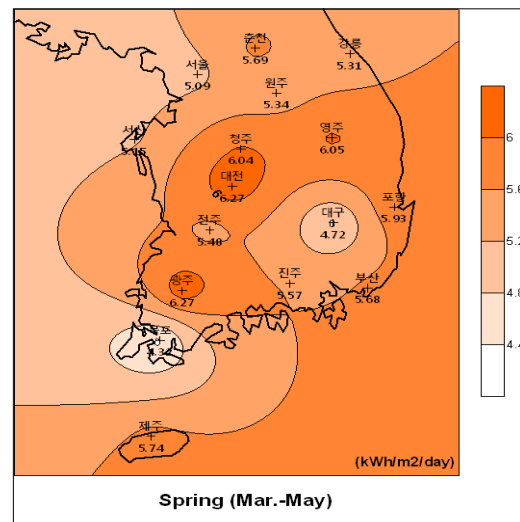


그림 7. 전국 봄철 연평균 1일 법선면 직달일사량 자원분포도

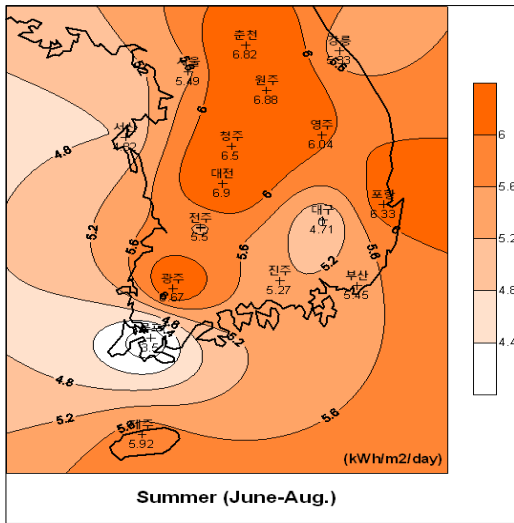


그림 8. 전국 여름철 연평균 1일 법선면 직달일사량 자원분포도

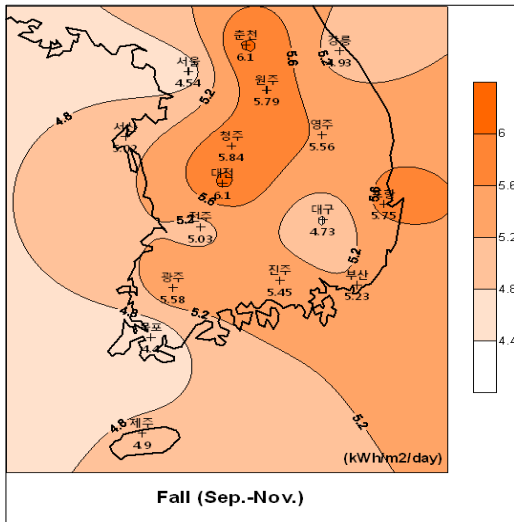


그림 8. 전국 가을철 연평균 1일 법선면 직달일사량 자원분포도

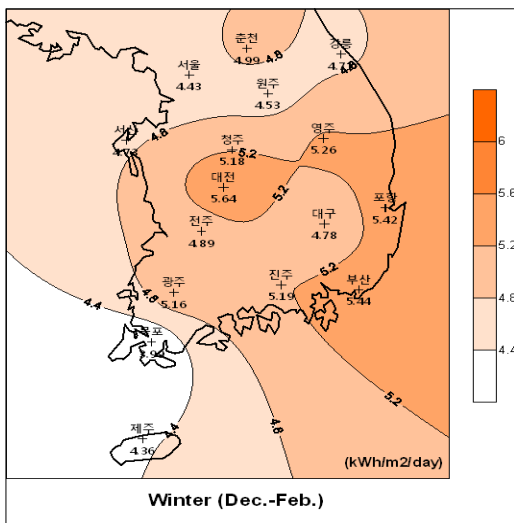


그림 9. 전국 겨울철 연평균 1일 법선면 직달일사량 자원분포도

대도시지역인 서울, 대구와 해안지역인 목포지방에서는 낮게 나타났다. 겨울철은 대전 및 영주분지와 부산-포항을 잇는 일원에서 비교적 높게 나타난 반면에, 서산-서울-원주-강릉을 잇는 일원은 낮게 나타났으며, 목포-계주를 잇는 일원은 전국에서 가장 낮게 나타났다. 또한 대부분의 서해안지역은 중부 내륙지방과 동해안지역에 비하여 낮게 나타나는 현상을 보였다. 이와 같이 이들 지역이 타 지역에 비해 낮게 나타나는 원인은 특히, 겨울철 도심난방으로 인한 스모그 현상과 겨울철의 계절풍이 이들 지역의 법선면 직달일사 조건에 상당한 영향을 미치고 있는 것으로 믿어진다.

6. 결 론

지금까지 수행해 온 국내 일사량 자원의 분석을 위하여 우선, 우리나라 주요 16개 지역에서 수평면 전일사량은 '82~2008, 그리고 법선면 직달일사량은 '92~2007 사이에 청명한 날 매 시간마다 측정된 실측자료를 토대로 전국 수평면 전일사량에 대한 실측평가 사업을 종합해 보면, 다음과 같은 결론을 얻게 된다.

- 1) 우리나라의 수평면 전일사량을 전일 기준으로 연 평균치로 계산하였을 때, 전국이 하루에 3.61 kWh/m^2 정도 받고 있는 것으로 나타났다.
- 2) 분포상의 특징을 연평균 태양광조건이 좋은 순으로 지역 대를 나누면, 중서부 남해안지방과 태안반도 일대가 전국에서 가장 좋은 곳으로 나타났으며, 그 다음은 호남 및 김해평야 일대, 중부이남 및 중부이북지방 순으로 나타났으며, 반면에 대기오염이 심각한 서울지방은 전국에서 가장 낮은 일사를 기록하였다..
- 3) 또한 우리나라의 법선면 직달일사량을 청명일 기준으로 연 평균치로 계산하였을 때, 전 지역에서 하루에 연평균 5.38 kWh/m^2 정도를 받고 있는 것으로 확인되었다.
- 4) 하루에 5.6 kWh/m^2 이상의 법선면 직달일사량을 받는 비교적 큰 지역은 광주 일원의 남원분지 일대와 대전-청주를 잇는 대전분지, 그리고 역시 분지지대인 춘천과 원주, 영주, 포항을 잇는 일대임을 알 수 있으며, 그 중에서도 특히 대전지역은 하루에 6.0 kWh/m^2 이상인 것으로 나타났다. 반면에 법선면 직달일사량이 비교적 낮은 하루에 $4.4 \sim 5.0 \text{ kWh/m}^2$ 인 지역은 수도권지역인 서울과 대도시지역인 대구, 해안지역인 서산으로 나타났으며, 하루 4.0 kWh/m^2 정도로 매우 작은 지역은 역시 해안지역인 목포로 나타났다.

References

- [1] Duffie John A., and Beckman William A., Solar Engineering of Thermal Process, John Wiley & Sons, Inc., 1991, pp. 3-145.
- [2] Garg H.P., Treatise on Solar Energy, John Wiley & Sons, 1982, pp. 26-131.
- [3] 기상청, "기상년·월보", (1996-2008).