

국내 태양광시스템 설치를 위한 수평면 전일사량과 운량 정밀조사

조덕기*, 강용혁*

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

A Detail Survey of Horizontal Global Radiation and Cloud Cover for the Installation of Solar Photovoltaic System in Korea

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

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

Abstract

Since the horizontal global radiation and cloud cover are a main factor for designing any solar photovoltaic system, it is necessary to evaluate its characteristics all over the country. The work presented here are the investigation of horizontal global radiation and cloud cover in Korea. The data utilized in the investigation consist of horizontal global radiation and cloud cover collected for 27 years(1982.12 ~ 2008.12) at measuring stations across the country. The analysis shows that the annual-average daily horizontal global radiation is 3.61 kWh/m^2 and the annual-average daily cloud cover is 5.1 in Korea. We also constructed the contour map of cloud cover in Korea by interpolating actually measured data across the country.

Keywords : 태양광시스템(Solar Photovoltaic System), 수평면 전일사량(Horizontal Global Radiation), 운량(Cloud Cover), 측정소(Measuring Station), 분포도(Contour Map)

1. 서론

태양에너지는 가장 확실한 미래의 대체 에너지원이다. 국내외적으로도 현재 광범위한 분야에 걸쳐 이를 활용하기 위한 연구사업이 활발하게 진행되고 있으며, 이미 여러 분야에서 그 경제성과 장래성이 입증되고 있다.

에너지자원이 절대 부족한 우리나라의 입장에서 에너지의존도를 경감시키고 안정된 국민경제를 이룩하기 위해 신재생에너지의 개발이 절대 필요하다. 그 중 우리나라에서 태양자원이 풍부하게 산재되어 있는 지역의 부존자원을 최대한 효율적으로 활용하기 위하여 대단위 태양광발전단지 건설과 태양광발전시스템을

투고일자 : 2010년 3월 11일, 심사일자 : 2010년 3월 30일, 게재확정일자 : 2010년 4월 28일
교신저자 : 조덕기(dokkijo@kier.re.kr)

대량보급을 유도하기 위해 본 연구의 수행이 절실히 요구된다.

태양광에너지 이용기술을 발전 보급시키기 위해서는 무엇보다도 이용하고자 하는 지역에 대한 정확한 일사자료가 필요하다. 우선 현재 태양광발전시스템 설치를 사용되고 있는 태양전지판은 넓은 면적에 입사하는 태양광선인 전일사량(Global Radiation)을 받아들여 이용하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 수평면 전일사량 자원이 풍부한 지점에 대한 발굴조사와 해당 지역의 운량 분석을 통하여 각 지역에 태양광시스템의 알맞은 경사각을 찾는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 측정네트워크의 구성 및 자료처리

2.1 측정네트워크 구성

수평면 전일사량 자원의 광역분포 상태를 정확히 알기 위해서는 반드시 측정네트워크를 구성하여야 하며, 각 측정지점은 서로 이상적인 거리간격을 유지하여야 한다. 본 연구사업은 이와 같은 점들을 고려하여 국내 일사량 측정을 위한 측정지간의 거리를 100 km로 설정하고, 표 1에서와 같이 전국 16개 주요지점을 측정 대상지역으로 선정하였다. 측정지 선정작업에 고려된 사항들은 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 측정지 상호간의 거리는 가능한 균등하게 유지하기 위하여 전국을 위도와 경도로 등분하여 측정지 분포를 고르게 하였으며, 가능한 내륙 및 해안 등 지역적 특수성에 따른 일사량 변동형태를 연구할 수 있도록 측정지 선정에 반영하였다.

둘째, 측정지는 시스템의 관리유지와 데이터수집이 용이하게 할 수 있도록 기상청의 협조를 얻어 해당지역 기상대와 대전지역 소재 한국에너지기술연구원을 측정지로 하였다.

셋째, 사업추진 경비를 고려하여 측정지를 16개소로 한정하였다. 넷째, 측정장치는 미국

Eppley사가 제작한 일사계(모델 PSP)와 미국 Vaisala사가 제작한 데이터수집장치(모델 570A)를 사용하였다. 그 외에 측정네트워크에 설치된 개개의 시스템에서 측정된 데이터를 전송매체인 기존 통신회선을 이용하여 통제소(key station)에서 수신할 수 있고, 또한 시스템을 제어할 수 있는 형태로 결합시켜 유기적으로 작동하게 하는 컴퓨터 통신망을 구성하였으며, 또한 시스템 가동에 필요한 전력을 자체 내에서 조달하고, 측정작업과 이에 따른 데이터의 자체 저장처리 문제를 스스로 해결할 수 있도록 측정의 자동화를 시도하였다.

2.2 자료의 처리 및 분석

측정지에서 측정된 자료는 한국에너지기술연구원에서 전산 처리되고 있으며, 특히 자료처리를 위하여 운영하고 있는 전산프로그램은 미국 Vaisala사의 DPP프로그램(Data Retrieval and Process Program)으로 이를 통하여 시각별 직달일사량 자료를 데이터베이스로 재처리해서 저장하고, 이를 지속적으로 보완할 수 있도록 각종 분석용 프로그램을 개발하였다.

분석은 주로 양적비교 분석과 신뢰성 분석으로 구분하여 실시하였으며, 측정기간 동안

표 1. 전국 법선면 직달일사량 측정지 명세

지역명	지역번호	위도	경도	고도
춘천	101	37° 54'	127° 44'	74.0 m
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

에 얻은 각 지역의 자료를 월별 및 1일 평균 혹은 특정한 시간대별도 정리하여 분석하고, 그 결과를 통하여 지역 간의 수평면 전일사량 자원 현황과 운량 분석을 동시에 평가하고자 하였다.

분석대상은 전국 16개소에서 1982. 12 ~ 2008. 12 기간동안 측정된 27년간의 수평면 전일사량과 운량의 평균자료가 사용되었다. 여기서 운량은 하늘 전체를 10으로 하여 그에 상대적으로 덮인 구름의 양을 표시하며, 기상청이 발표한 지역별 기상자료에 근거하였다.

3. 분석결과

3.1 전국 수평면 전일사량 분포형태

1982년 1월부터 2008년 12월까지 기간 동안 한국에너지기술연구원이 실시해 온 측정자료를 전일을 기준으로 분석한 결과, 우리나라 주요 16개 전 지역에서 측정된 태양광자원, 즉 수평면 전일사량은 연 평균치로 계산하였을 때, 전국이 하루에 3.61 kWh/m² 정도의 태양광에너지를 받고 있는 것으로 나타났다. 우리나라의 계절별 태양광에너지 자원의 수평면 전일사량 조건을 일년을 기준으로 분석하여 보면, 표 2에서 보는바와 같이 태양광조건이 가장 좋은 계절은 봄철과 여름철로 나타났으며, 연평균 일사량보다도 각각 25%, 20% 높게 나타났다. 반면에 가을철과 겨울철의 태양광조건은 각각 12%, 33% 정도 상대적으로 낮게 나타났다.

그림 1은 지난 27년 동안(1982 ~ 2008) 측정된 실측된 자료의 평균치를 가지고 근접지역간의 일사량을 거리에 따라 균등하게 배분하여 임의의 지점의 태양광자원을 산출하는 전산 시뮬레이션 기법으로 그린 전국적인 지역은 수평면 전 태양광에너지 자원, 즉 연평균 수평면 전일사량 분포 현황도이다.

분포상의 특징을 연평균 태양광조건이 좋은 순으로 지역 대를 나누면, 중서부 남해안 지방과 태안반도 일대가 전국에서 가장 좋은 곳으로 나타났으며, 그 다음은 호남 및 김해평

야 일대, 중부이남 및 중부이북지방 순으로 나타났으며, 반면에 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.

표 2. 계절별 1일 평균 수평면 전일사량의 비교
(단위 : kWh/m²/day)

계절 구분	봄	여름	가을	겨울	연평균 (A)
전국	4.51	4.34	3.16	2.43	3.61
/A	1.25	1.20	0.88	0.67	1.00

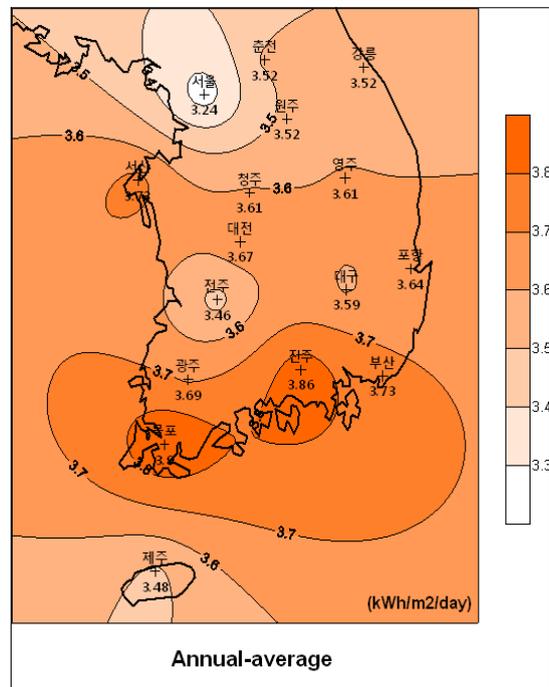


그림 1. 전국 연평균 1일 수평면 전일사량 자원분포도

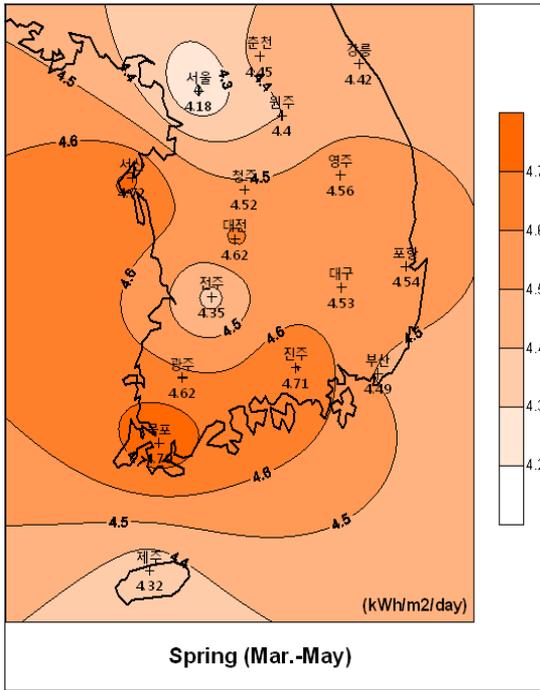


그림 2. 전국 봄철 일평균 수평면 전일사량 자원분포도

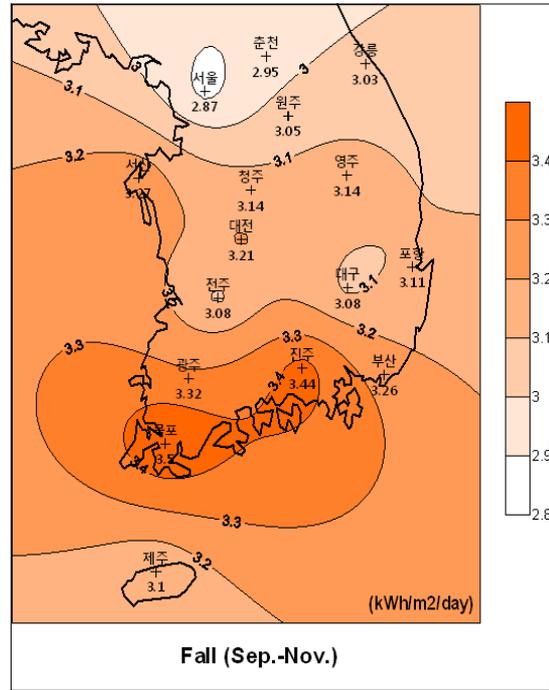


그림 4. 전국 가을철 일평균 수평면 전일사량 자원분포도

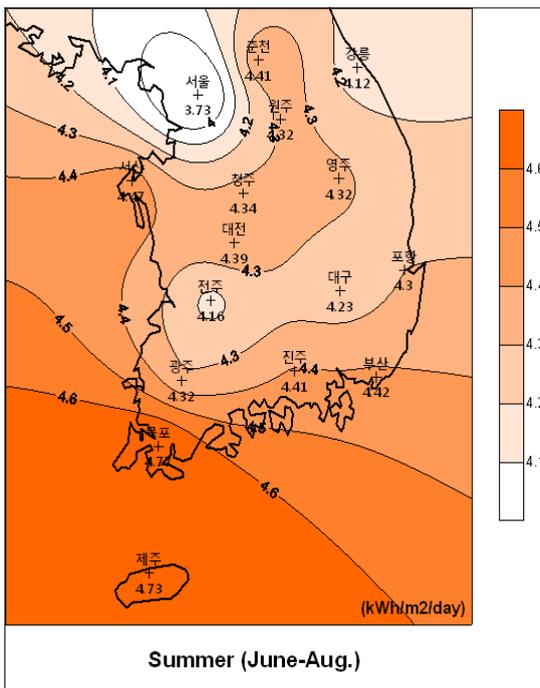


그림 3. 전국 여름철 일평균 수평면 전일사량 자원분포도

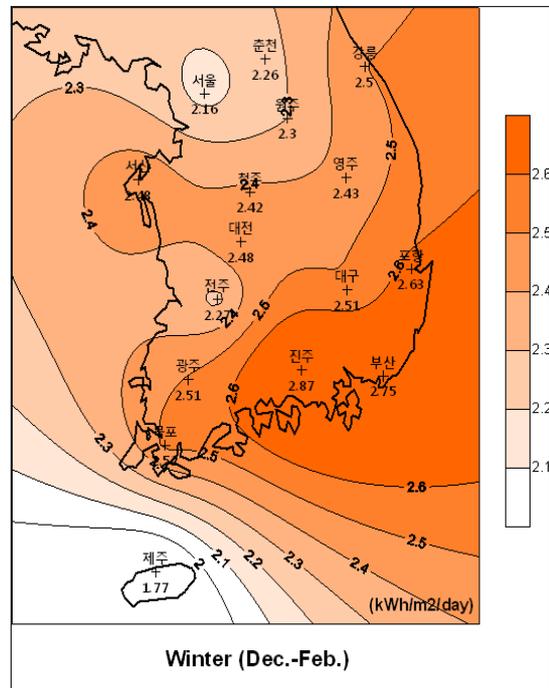


그림 5. 전국 겨울철 일평균 수평면 전일사량 자원분포도

3.2 전국 운량 분포형태

우리나라 주요 16개 지역에서 1982년 1월 ~ 2008년 12월 사이에 기상청에서 측정된 실측 자료를 토대로 전 기간에 걸친 운량을 분석하여 보면, 표 3에서 나타난바와 같이 전 지역에서의 연평균 1일 운량치는 5.1로 나타났다.

표 3. 계절별 운량 변동추이

(단위 : 1/10)

계절 구분	봄	여름	가을	겨울	연평균 (A)
전국	50	65	47	42	51
/A	0.98	1.27	0.92	0.82	1.00

우리나라의 계절별 운량 조건을 일 년을 기준으로 분석하여 보면, 표 3에서 보는바와 같이 운량 조건이 가장 높은 계절은 여름철로 나타났으며, 연 평균치 운량보다도 봄철과 가을철, 그리고 겨울은 각각 2%, 8%, 18% 낮게 나타난 반면에 여름철의 운량 조건은 27% 정도 상대적으로 높게 나타났다.

월별로는 그림 6에서 보는바와 같이 7월에 운량치가 가장 높은 달로 나타났으며, 가장 적게 나타난 달은 12월로 나타나 우기철인 여름철이 한랭한 겨울철보다 운량치가 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

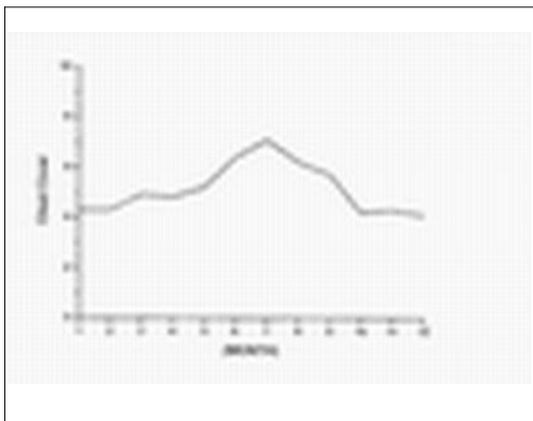


그림 6. 우리나라 주요 16개 지역 월별 연평균 1일 운량

분포상의 특징을 운량 조건이 적은 순으로 지역 대를 나누면, 그림 7에서 보는바와 같이 경상남북도 일대의 운량 조건이 전국에서 가장 낮은 곳으로 나타났으며, 그 다음은 영주-안동-상주분지-김해평야를 잇는 일원, 그리고 수도권 일대와 이천분지-논산평야-진주분지를 잇는 일원, 전라남도 및 강원북부 일대 순으로 나타났고, 기상변화가 심한 제주도지방은 전국에서 가장 높은 운량치를 기록하였다.

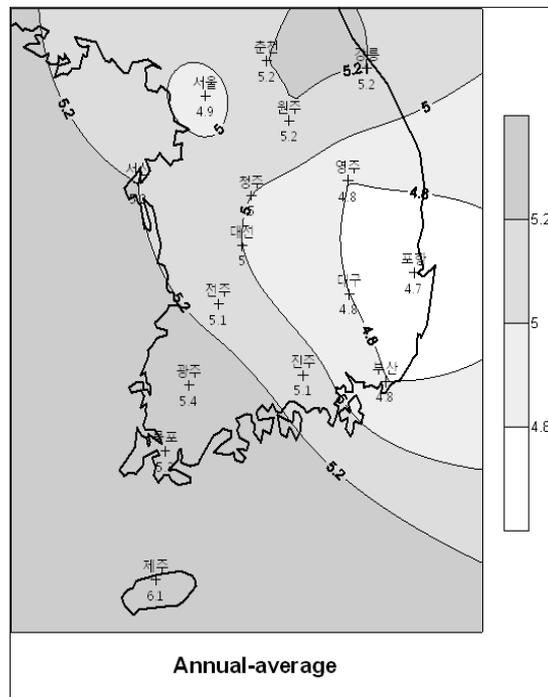


그림 7. 전국 연 평균 1일 운량 분포도 (1/10)

또한, 우리나라의 운량에 대한 계절별 분포 특성은 그림 8 ~ 그림 11에서 나타난바와 같이 봄철과 여름철의 운량 조건은 대체로 남원분지-진주분지를 잇는 일대와 강원도 지방이 높으며, 가을철은 중부이북 및 제주도를 포함하는 남해 중부지방을 제외하고는 전국이 고르게 낮은 분포를 나타낸 반면에, 겨울철은 서해안지방 일원 지역의 운량이 다른 지역들보다 상대적으로 높은 형태를 나타내었다.

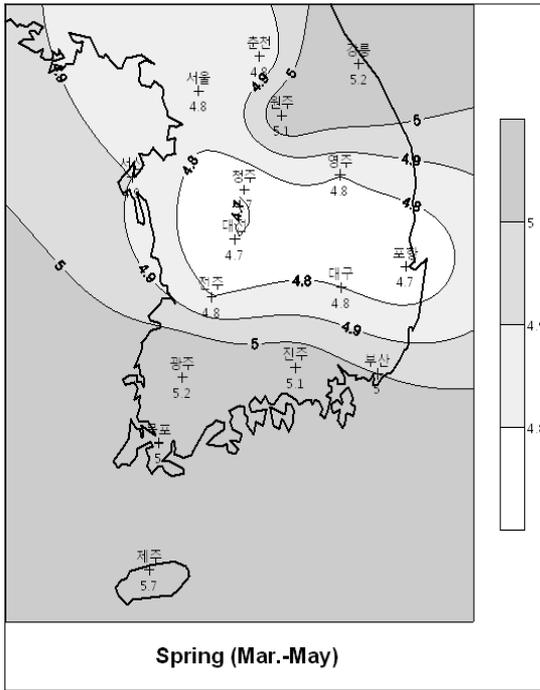


그림 8. 전국 봄철 일평균 운량 분포도 (1/10)

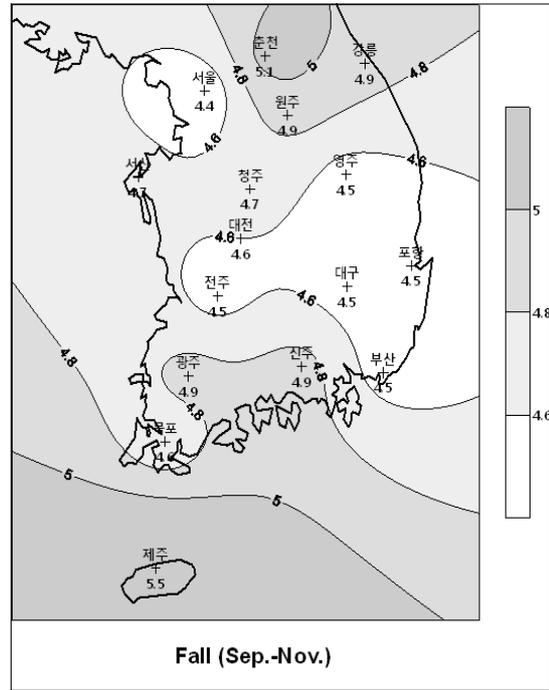


그림 10. 전국 가을철 일평균 운량 분포도 (1/10)

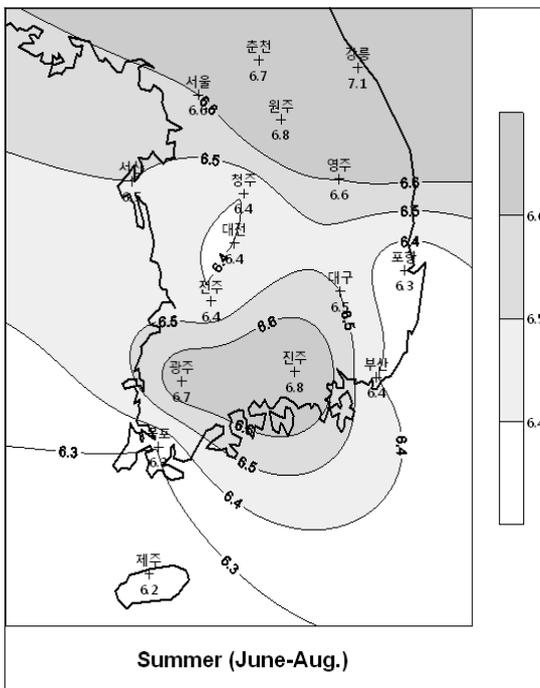


그림 9. 전국 여름철 일평균 운량 분포도 (1/10)

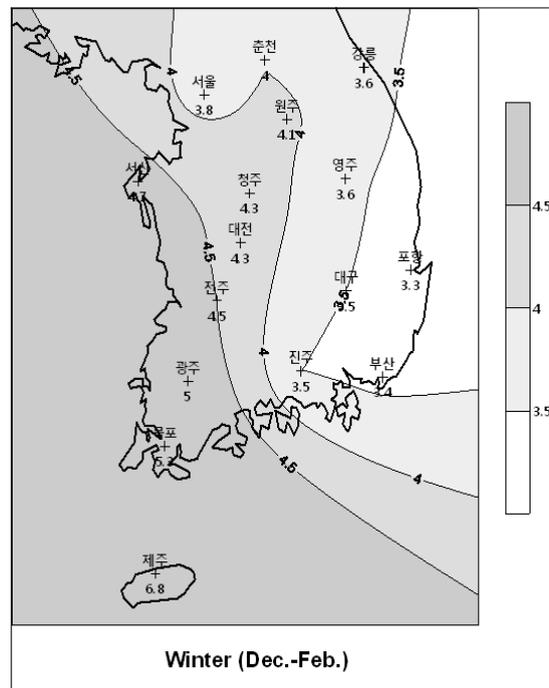


그림 11. 전국 겨울철 일평균 운량 분포도 (1/10)

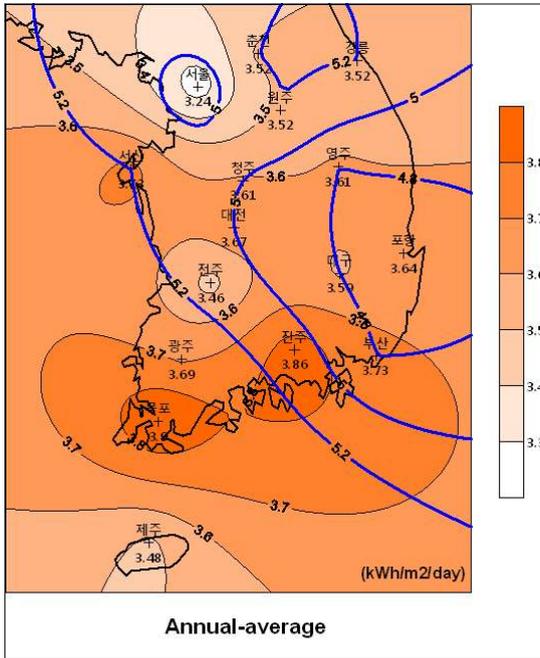


그림 12. 전국 연평균 수평면 전일사량과 운량과의 상관 분포도

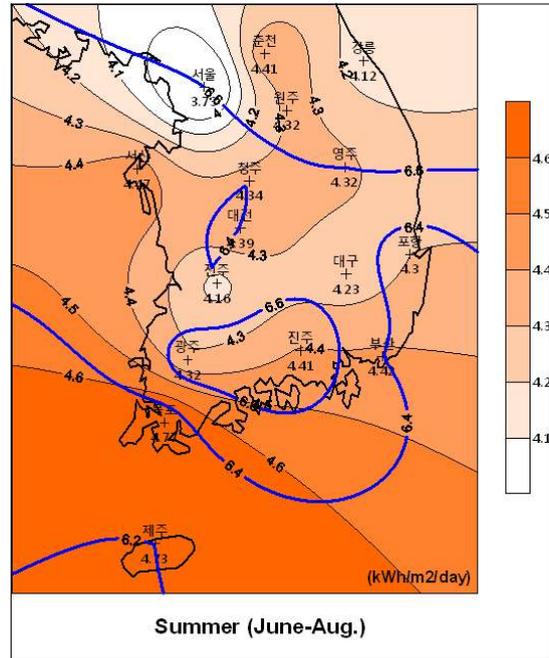


그림 14. 전국 여름철 수평면 전일사량과 운량과의 상관 분포도

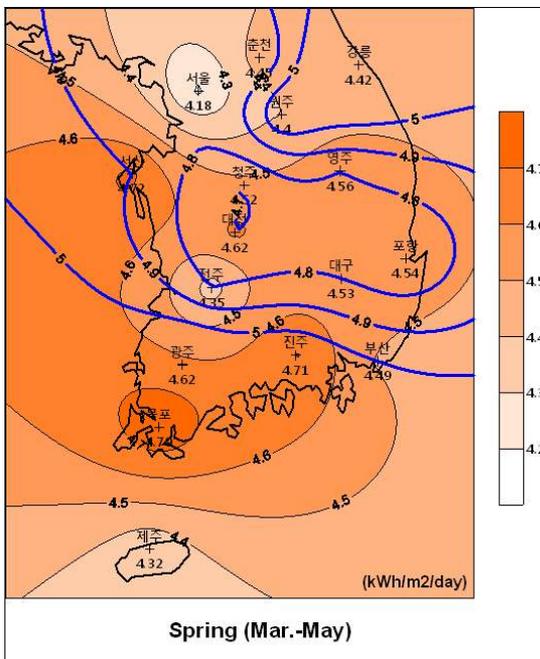


그림 13. 전국 봄철 수평면 전일사량과 운량과의 상관 분포도

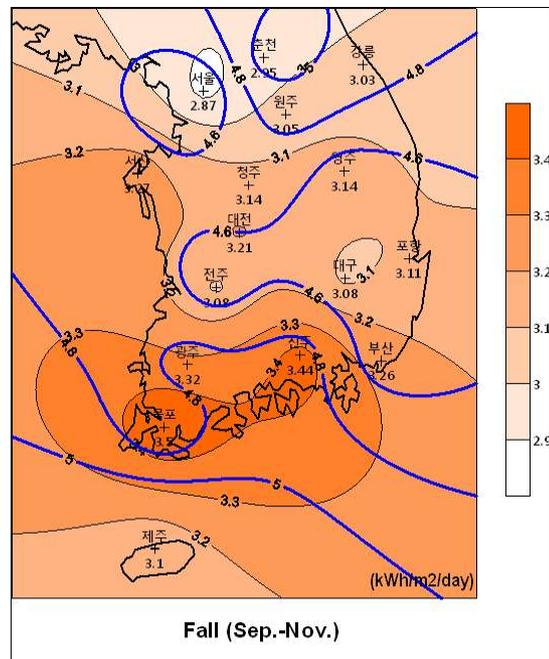


그림 15. 전국 가을철 수평면 전일사량과 운량과의 상관 분포도

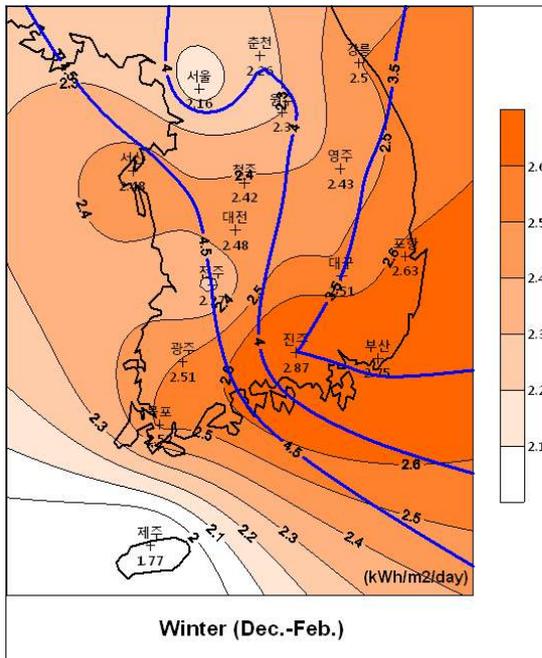


그림 16. 전국 겨울철 수평면 전일사량과 운량과의 상관 분포도

3.3 전국 수평면 전일사량과 운량과의 상관 분포

국내 태양광시스템 설치를 위한 최적지 선정을 위해 그동안 측정된 전년에 걸친 수평면 전일사량과 운량과의 상관관계를 분포도로 작성하여 분석해 보면, 그림 12에서 보는 바와 같이, 연평균 1일 운량치가 높은 6.0 이상이며, 수평면 전일사량이 낮은 지역은 기상변화가 심한 제주도 일원으로 나타난 반면에 남해 서부지방은 비교적 운량치가 높은 5.2 이상이었으나 전국에서 태양광조건이 가장 좋은 곳으로 나타났다.

한편, 그림 13 ~ 그림 16은 계절별 수평면 전일사량과 운량과의 상관 분포특성을 나타낸 것으로 봄철은 운량치가 비교적 높은 5.0 이상이고 수평면 전일사량이 높은 지역으로는 남해 중서부지방 일원으로 나타났으며, 운량치가 타 계절에 비해 높은 여름철은 운량치가 6.2 ~ 6.3 사이이고 수평면 전일사량

이 높은 지역으로 남해 서부지방 일원으로 나타났다. 또한 가을철은 운량치가 4.8 ~ 5.0 사이이고 수평면 전일사량이 높은 지역으로 남해 중부지방 일원으로 나타났으며, 겨울철은 운량치가 낮은 3.5 이하인 경주분지-진주분지-김해평야를 잇는 일대가 수평면 전일사량이 높은 지역으로 나타난 반면에 운량치가 높은 6.0이상인 제주도는 수평면 전일사량이 가장 적은 지역으로 나타났다.

4. 결 론

우리나라 주요 16개 지역에서 1982년 1월 ~ 2008년 12월 사이에 전년에 걸쳐 매 시간마다 측정된 실측자료를 토대로 전국 수평면 전일사량과 기상청에서 관측된 운량에 대한 실측평가 사업을 종합해 보면, 다음과 같은 결론을 얻게 된다.

- (1) 우리나라 주요 16개 전 지역에서 측정된 태양광자원, 즉 수평면 전일사량은 연 평균치로 계산하였을 때, 전국이 하루에 3.61 kWh/m² 정도의 태양광에너지를 받고 있는 것으로 나타났다.
- (2) 분포상의 특징을 연평균 태양광조건이 좋은 순으로 지역 대를 나누면, 중서부 남해안 지방과 태안반도 일대가 전국에서 가장 좋은 곳으로 나타났으며, 그 다음은 호남 및 김해평야 일대, 중부이남 및 중부이북 지방 순으로 나타났으며, 반면에 대기오염이 심각한 서울지방은 전국에서 가장 낮은 일사를 기록하였다.
- (3) 우리나라 주요 16개 전 지역에서 기상청에서 측정된 전 지역에서의 연평균 1일 운량치는 5.1로 나타났으며, 월별로는 7월에 운량치가 가장 높은 달로, 가장 적게 나타난 달은 12월로 나타나 우기철인 여름철이 한랭한 겨울철보다 운량치가 상대적으로 높은 것으로 나타났다.
- (4) 분포상의 특징을 운량 조건이 적은 순으로

지역 대를 나누면, 경상남북도 일대의 운량 조건이 전국에서 가장 낮은 곳으로 나타났다으며, 그 다음은 영주-안동-상주분지-김해평야를 잇는 일원, 그리고 수도권 일대와 이천분지-논산평야-진주분지를 잇는 일원, 전라남도 및 강원북부 일대 순으로 나타났고, 기상변화가 심한 제주도지방은 전국에서 가장 높은 운량치를 기록하였다.

- (5) 국내 태양광시스템 설치를 위한 최적지 선정을 위해 그동안 측정된 전년에 걸친 수평면 전일사량과 운량과의 상관관계를 분포도로 작성하여 분석해 보면, 연평균 1일 운량치가 높은 6.0 이상이며, 수평면 전일사량이 낮은 지역은 기상변화가 심한 제주도 일원으로 나타났다. 반면에 남해 서부지방은 비교적 운량치가 높은 5.2 이상이었으나 전국에서 태양광조건이 가장 좋은 곳으로 나타났다.

그러나 많은 학자들은 일사량과 관련 기상 매개변수사이에 함수관계가 있을 것으로 간주하여 이들 간의 상관관계를 오래 전부터 연구하여 왔다. 이에 따라 여러 지역에 대한 장기적인 운량에 따른 일사량의 변동형태 등 각종 기후조건과의 연관성을 규명하여 우리나라 전 지역에 적합한 일사량과 운량과의 상관모형을 유추해 나갈 계획이다.

후 기

본 연구는 산업기술연구회 연구비지원으로 수행되었음(과제번호 : GP2009-0051).

참 고 문 헌

1. Duffie John A. and Beckman William A., Solar Engineering of Thermal Process, John Wiley & Sons, Inc., 1991.
2. Lunde P.J., Solar Thermal Engineering,

- John Wiley & Sons New York, 1980.
3. U.S. Department of Energy, Solar Rdiation Data Resources, Applications and Network Design, 1978.
4. 기상청, “기상년·월보”, 1982 ~ 2008.
5. 소선섭과 이천우, 기상관측법, 교무사, 1986.