

# 국내 태양광자원의 경년변화

조덕기\*, 강용혁\*

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

## A Change of Yearly Solar Radiation Energy Resources in Korea

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

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

### Abstract

Since the solar energy resource is the main input for sizing any solar photovoltaic system and solar thermal power system, it is essential to utilize the solar radiation data as a application and development of solar energy system increase. 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 in Korea.

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. From the results, the yearly averaged horizontal global insolation was turned out 3.60 kWh/m<sup>2</sup>/day and a significant difference of horizontal global insolation is observed between 1982 ~ 1990 and 1991 ~ 1999, 2000 ~ 2008 through 16 different cities in Korea.

Keywords : 태양광시스템(Solar Photovoltaic System), 태양에너지 자원 (Solar Radiation Energy Resource), 수평면 전일사량(Horizontal Global Insolation)

### 1. 서 론

태양광에너지는 국내외 공통적 관심사로 부각되고 있는 환경문제와 더불어 멀지 않은 장래에 고갈될 석유 등 기존 화석자원에 대체하여 세계문명을 지탱해줄 에너지원으로 그 이용기술의 개발여부는 세계적으로 큰 관심을 끌고 있는 분야이다.

그러나 태양광에너지 이용기술을 발전 보급 시키기 위해서는 무엇보다도 이용하고자 하는 지역에 대한 정확한 일사자료가 필요하다.

근래에 들어와서 태양광에너지 시스템의 이용이 날로 늘어나고 그에 따른 각종 시스템의 개발 및 최적화 사업이 활발해 짐에 따라 적용지역에 대한 태양광자원 정보의 필요성이 한층 높아지고 있다.

투고일자: 2010년 3월 11일, 심사일자: 2010년 3월 15일, 게재확정일자: 2010년 4월 22일  
교신저자: 조덕기(dokkijo@kier.re.kr)

따라서 본 연구는 날로 중요성을 더해가고 있는 태양광에너지 이용기술이 국내에서도 하루 빨리 정착, 실용화 할 수 있도록 국내 태양광자원을 보다 과학적인 방법으로 정확하게 측정, 평가하는데 목표를 두었다.

## 2. 연구방법

전국의 태양광자원 광역분포 상태를 분석하기 위하여 서울을 비롯한 춘천, 강릉, 원주, 서산, 청주, 대전, 포항, 대구, 전주, 광주, 부산, 목포, 제주, 진주, 영주지역(전국 16개 지역)을 대상으로 경년변화분석과 분포현황분석으로 구분하여 국내 태양광자원의 전반적인 평가가 가능하도록 총량적 분석내용으로 다루었다.

## 3. 연구결과 및 고찰

### 3.1. 양적비교

표 1은 1982년 1월부터 2008년 12월까지 기간동안 측정자료를 연도별로 비교한 것이다. 분석결과에서 나타난바와 같이 우리나라 주요 16개 전 지역에서 측정된 태양광자원, 즉 수평면 전일사량은 연 평균치로 계산하였을 때, 전국이 하루에 3.61 kWh/m<sup>2</sup> 정도의 태양광에너지를 받는 것으로 나타났다. 또한 지난 27여년간 동안 가장 높게 나타난 일사치는 1982년 6월에 하루 5.67 kWh/m<sup>2</sup>로 나타났으며, 가장 낮게 나타난 일사치는 1989년 1월로 하루 1.61 kWh/m<sup>2</sup>로 나타났다. 이 중에서도 가장 연별 변화가 심했던 달은 여름철인 6월로 기록하였으며, 반면에 가장 안정된 연별 변화를 보였던 달은 겨울철인 12월로 나타났다.

한편, 우리나라의 태양광자원에 대한 월별 수평면 전일사량을 일 년을 기준으로 볼 때, 표 1에서 보는바와 같이 태양광조건이 가장 좋은 달은 봄철인 5월로 하루에 5.05 kWh/m<sup>2</sup>인 것으로 나타났으며, 가장 낮은 달은 겨울철인 12월로 하루에 2.04 kWh/m<sup>2</sup>로 나타났다.

계절별로는 표 2에서와 같이 연중 여름철과 봄철의 태양광조건이 가장 좋으며, 가을철과 겨울철은 연 평균치에도 훨씬 못 미치는 낮은 수준인 것으로 나타났다. 연 평균치에 대한 계절별 태양광조건은 봄과 여름철은 각각 24%, 21% 높았으며, 가을과 겨울철은 12%, 33% 정도 상대적으로 낮았다.

### 3.2. 경년변화 분석

우리나라 주요 16개 전 지역에서 1982~2008년 기간동안 측정된 월평균 1일 수평면 전일사량을 1982~1990(A), 1991~1999(B), 2000~2008년(C) 기간사이에 측정된 평균자료로 구하여 경년변화(經年變化)를 분석하여 보면, 표 3에서 나타난 바와 같이 '82~'90년(A) 기간에 비해 '91~'99년(B)

표 1. 연도별에 따른 월별 연평균 1일 수평면 전일사량 (단위 : kWh/m<sup>2</sup>/day)

연도	월												전년
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1982	2.51	3.21	4.19	4.86	4.93	5.67	4.73	4.40	4.50	3.60	2.18	2.05	3.90
1983	2.28	3.07	3.67	4.29	5.16	5.30	3.79	4.36	3.49	3.12	2.43	2.23	3.60
1984	2.40	3.01	4.03	4.38	5.63	4.67	4.46	4.63	3.85	3.70	2.41	1.93	3.77
1985	2.52	2.70	3.78	4.71	4.81	4.42	4.64	4.53	3.34	3.00	2.22	2.18	3.57
1986	2.62	3.04	3.90	5.17	5.44	4.47	3.97	4.50	3.81	3.13	2.47	1.81	3.72
1987	2.35	2.91	3.54	4.64	5.32	5.36	3.59	3.60	4.21	3.12	2.28	2.15	3.59
1988	2.26	2.83	3.57	4.83	5.11	4.72	3.80	4.70	3.82	3.48	2.59	1.91	3.64
1989	1.61	2.56	3.66	4.87	5.17	4.69	4.11	4.39	3.30	3.31	2.03	1.80	3.46
1990	1.92	1.95	3.16	4.13	4.36	3.80	3.97	4.62	3.34	3.29	2.05	1.71	3.19
1991	2.15	2.87	3.45	4.97	5.19	4.62	3.38	4.33	3.68	3.8	2.60	1.75	3.57
1992	2.06	3.04	3.05	4.49	5.13	5.14	4.48	3.78	3.5	3.19	2.29	1.75	3.49
1993	2.01	2.90	3.73	4.65	4.95	4.14	3.76	3.32	4.07	3.53	1.89	1.98	3.41
1994	2.23	3.14	3.93	4.45	4.88	4.88	5.39	4.78	4.52	3.11	2.40	1.98	3.81
1995	2.43	3.22	3.53	4.84	4.93	4.80	3.94	4.15	3.62	3.27	2.67	2.01	3.62
1996	2.24	3.01	3.26	4.91	5.01	3.44	4.51	4.27	4.01	3.09	2.07	2.01	3.49
1997	2.20	3.03	3.87	4.62	4.43	5.06	4.08	4.40	3.99	3.50	2.09	1.73	3.58
1998	2.00	2.5	3.71	3.78	4.56	3.82	3.73	3.52	3.61	3.05	2.47	2.16	3.24
1999	2.32	2.94	3.17	4.40	5.07	4.74	3.85	3.62	3.24	2.88	2.40	2.11	3.40
2000	1.57	3.25	4.13	4.79	4.94	4.70	4.56	3.98	3.26	3.06	2.39	2.26	3.57
2001	2.22	2.92	4.01	5.18	5.20	4.23	4.50	4.63	4.30	3.13	2.73	2.28	3.78
2002	2.27	3.41	4.06	4.78	4.91	5.45	4.13	3.32	3.97	3.49	2.78	2.13	3.72
2003	2.47	2.92	3.73	4.27	4.95	4.51	3.51	3.61	3.56	3.70	2.22	2.24	3.47
2004	2.54	3.43	4.35	5.06	4.68	4.85	4.23	4.34	3.6	3.83	2.63	2.29	3.82
2005	2.52	3.07	4.37	5.23	5.75	5.06	4.21	4.08	3.51	3.34	2.77	2.36	3.86
2006	2.25	3.12	4.37	4.20	4.86	4.99	3.06	4.92	4.11	3.65	2.39	2.12	3.67
2007	2.36	3.16	3.61	4.95	5.53	4.90	4.03	4.14	2.97	3.43	2.77	1.88	3.64
2008	2.15	3.50	3.90	4.89	5.46	4.55	4.43	4.82	4.03	3.45	2.5	2.19	3.84
평균	2.24	3.01	3.77	4.68	5.05	4.70	4.11	4.21	3.75	3.34	2.4	2.04	3.61

기간은 -2% 정도의 일사량 감소율을 보인 반

면에 2000~2008년(C) 기간은 +3% 정도의 일사량 증가율을 보였다.

계절별로는 표 3에서 보는바와 같이 '82~'90년(A) 기간에 비해 '89~'99년(B) 기간은 봄철과 여름철에 각각 -4%, -5% 정도 감소한 반면, 가을철과 겨울철은 거의 경년변화를 보이지 않았다. 또한 2000~2008년(C) 기간에서는 82~'90년(A) 기간에 비해 여름철을

표 2. 계절별 수평면 전일사량 변동추이  
(단위: kWh/m<sup>2</sup>/day).

구분	봄	여름	가을	겨울	연평균(A)
G('82-2008)	4.50	4.34	3.16	2.43	3.61
/A	1.24	1.21	0.88	0.67	1.00

표 3. 전국 주요 16개 전 지역에서 수평면 전일사량 연 평균치  
(단위: kWh/m<sup>2</sup>/day)

연도	계절					연평균
	봄	여름	가을	겨울	연평균	
'82-'90 (A)	4.49	4.44	3.11	2.37	3.60	
'91-'99 (B)	4.33	4.22	3.14	2.36	3.51	
'00-'08 (C)	4.67	4.36	3.24	2.55	3.70	
평균	4.50	4.34	3.16	2.43	3.61	
B/A	0.96	0.95	1.01	1.00	0.98	
C/A	1.04	0.98	1.04	1.08	1.03	

표 4. 전국 주요 지역에서의 수평면 전일사량 연 평균치  
(단위: kWh/m<sup>2</sup>/day)

지역	연도	'82-'90 (A)	'91-'99 (B)	'00-'08 (C)	'82-'08 연평균	B/A	C/A
춘천		3.43	3.47	3.66	3.52	1.01	1.07
강릉		3.53	3.46	3.57	3.52	0.98	1.01
서울		3.32	3.10	3.30	3.24	0.93	0.99
원주		3.45	3.42	3.66	3.52	0.99	1.06
서산		3.85	3.57	3.78	3.73	0.93	0.98
청주		3.62	3.46	3.74	3.61	0.96	1.03
대전		3.54	3.64	3.82	3.67	1.03	1.02
포항		3.54	3.63	3.81	3.64	1.03	1.08
대구		3.57	3.45	3.74	3.59	0.97	1.05
전주		3.54	3.23	3.63	3.46	0.91	1.03
광주		3.62	3.63	3.84	3.69	1.00	1.06
부산		3.74	3.56	3.88	3.73	0.95	1.04
목포		3.84	3.89	3.96	3.90	1.01	1.03
제주		3.49	3.31	3.64	3.48	0.95	1.04
진주		3.93	3.77	3.87	3.86	0.96	0.98
영주		3.82	3.61	3.42	3.61	0.95	0.90
평균		3.60	3.51	3.70	3.61	0.97	1.03

제외한 전 계절에서 봄철과 가을철은 공히

+4%, 겨울철은 +8% 정도 높게 나타나는 현상을 보였다.

한편, 우리나라 주요지역에 대한 지역별 수평면 전일사량의 연평균 경년변화를 살펴보면, 표 4와 그림 1에서 보는바와 같이 '82~'90년(A) 기간에 비해 '91~'99년(B) 기간은 춘천, 대전, 포항, 목포를 제외한 대부분의 지역에서 상당한 감소현상을 보였다. 그러나 82~'90년(A) 기간에 비해 2000~2008년(C) 기간은 서울, 서산, 진주, 영주를 제외한 대부분의

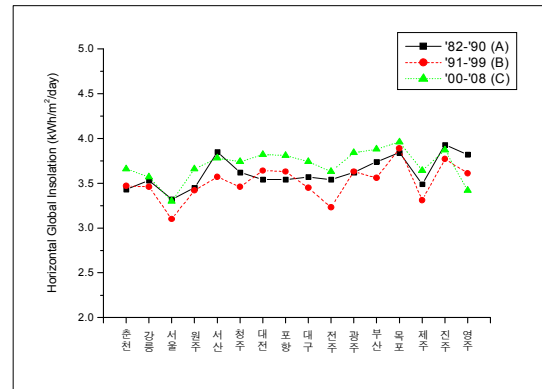


그림 1. 전국 주요 지역별에 따른 수평면 전일사량의 경년변화

지역은 높게 나타나는 경향을 보인 반면에 2000~2008년(C) 기간은 서울, 서산, 진주, 영주를 제외한 대부분의 지역에서 높게 나타나는 현상을 보였다.

### 3.3 전국 분포형태

그동안 27여년간에 우리나라 주요 16개 전 지역에서 1982~2008년 기간동안 측정된 월평균 1일 태양광자원 즉, 수평면 전일사량의 경년변화 분석결과를 각각 1982~1990(A), 1991~1999(B), 2000~2008년(C)과 전 기간인 1982~2008(D) 기간으로 나누어 전산시뮬레이션 기법에 의거 그림 2~그림 5에 나타내었다.

분포상의 특징을 태양광조건이 좋은 순으로 지역 대를 나누면, 우선 1982~1990년(A)

기간은 그림 2에서 보는바와 같이 전국이 하루에 3.60 kWh/m<sup>2</sup> 정도의 태양광에너지를 받고 있는 것으로 나타나고 있다. 이 중에서도 남해서부지방인 목포 일원과 남해중부지방인 진주 일원, 태안반도 일대의 일사조건이 전국에서 가장 좋은 곳으로 나타났으며, 그 다음은 남원분지와 영주 및 안동분지, 그리고 김해평야 일대, 중부이남 및 중부이북지방, 제주도 순으로 나타났고, 대기오염이 심각한 수도권 일원은 전국에서 가장 낮은 일사량을 기록하였다.

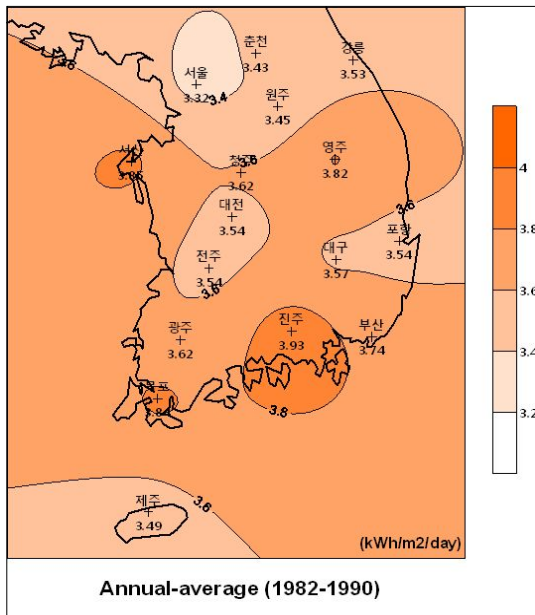


그림 2. 전국 연평균 1일 수평면 전일사량 자원분포도 (A)

1991~1999년(B) 기간은 그림 3에서 보는 바와 같이 전국이 하루에 3.51 kWh/m<sup>2</sup> 정도의 태양광에너지를 받고 있는 것으로 나타나고 있다. 이 중에서도 나주평야 일대를 포함하는 남해중서부지방과 대전분지 일대, 그리고 안동 및 김해평야 일대의 일사조건이 전국에서 가장 좋은 곳으로 나타났으며, 그 다음은 중부이남 및 중부북부지방, 호남평야 일원, 제주도 순으로 나타났으며, 대기오염이

심각한 수도권 지역은 전국에서 가장 낮은 일사량을 기록하였다.

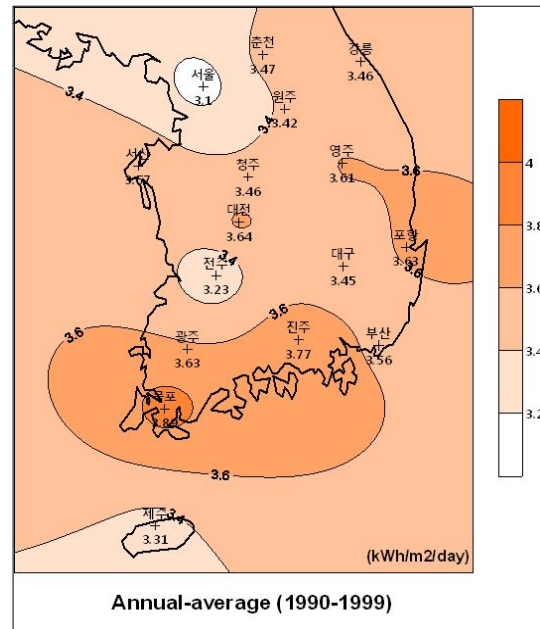


그림 3. 전국 연평균 1일 수평면 전일사량 자원분포도 (B)

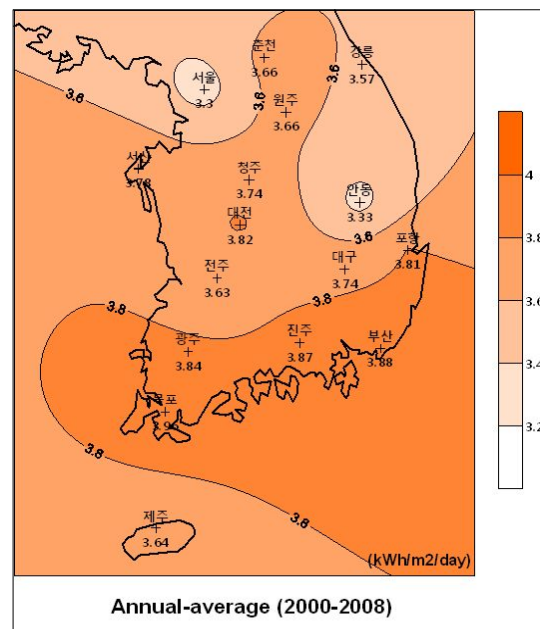


그림 4. 전국 연평균 1일 수평면 전일사량 자원분포도 (C)

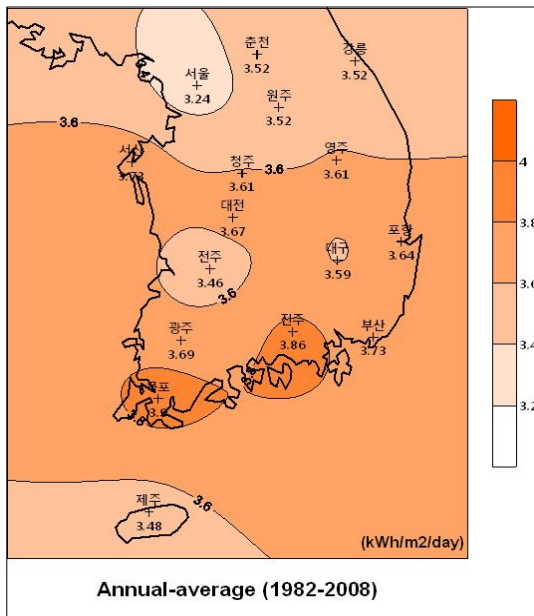


그림 5. 전국 연평균 1일 수평면 전일사량 자원분포도 (D)

표 5. 전국 주요지역의 월별 연평균 1일 수평면 전일사량 (1982-2008)

(단위 : kWh/m<sup>2</sup>/day)

지역	월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
춘천		2.62	3.27	3.00	2.93	3.38	2.59	2.32	2.32	2.88	2.75	2.75	2.67	2.79
강릉		3.06	3.02	2.65	2.61	2.49	2.13	1.66	1.72	2.35	2.67	2.68	2.86	2.49
서울		2.49	2.83	2.54	2.79	2.84	2.15	1.29	1.47	2.09	2.67	2.51	2.27	2.33
원주		2.39	2.82	2.67	2.84	2.68	2.35	2.11	2.02	2.94	3.13	2.63	2.51	2.59
서산		2.37	2.86	2.72	2.78	2.89	1.90	1.59	1.90	2.48	2.85	2.28	2.04	2.39
청주		2.78	3.30	3.02	3.27	3.29	2.32	2.07	2.13	2.99	3.28	2.67	2.61	2.81
대전		2.87	3.46	3.17	3.37	3.37	2.45	1.98	2.40	2.99	3.58	2.97	2.83	2.95
포항		3.47	3.44	2.91	3.16	3.43	2.67	1.99	2.49	2.51	3.11	3.33	3.44	2.99
대구		2.88	2.90	2.57	2.49	2.62	1.60	2.02	1.45	2.26	2.25	2.25	2.90	2.35
전주		2.51	2.76	3.00	2.95	2.84	1.97	1.93	2.11	2.76	2.75	2.36	2.47	2.53
광주		2.37	3.13	2.96	3.29	3.34	2.42	2.03	2.32	3.00	3.36	2.79	2.42	2.79
부산		3.72	3.51	2.81	2.94	2.80	2.39	2.28	2.65	2.42	3.09	3.28	3.63	2.96
목포		1.78	2.29	2.16	2.30	2.00	1.43	1.37	2.02	2.12	2.68	2.21	1.97	2.03
제주		0.85	1.84	2.15	2.60	2.86	2.27	3.01	2.62	2.43	2.59	1.88	1.04	2.18
전주		3.36	3.51	3.11	3.06	3.02	2.11	1.93	2.22	2.68	3.20	3.41	3.41	2.92
영주		3.10	3.48	2.95	3.25	3.05	2.28	1.54	1.76	2.63	3.33	3.13	3.20	2.81
평균		2.66	3.03	2.77	2.92	2.93	2.19	1.95	2.10	2.60	2.95	2.70	2.64	2.62

또한, 2000~2008(C) 기간은 그림 4에서 보는바와 같이 전국이 하루에 3.70 kWh/m<sup>2</sup> 정도의 태양광에너지를 받고 있는 것으로 나타나고 있다. 이 중에서도 나주평야-진주분지-경주분지를 잇는 일대와 목포-전주-부산

을 잇는 남해안지방, 그리고 대전분지 일대의 일사조건이 전국에서 가장 좋은 곳으로 나타났으며, 그 다음은 중부이남지방, 중부이북 및 산간지방, 제주도 일원, 영주 및 안동분지를 잇는 일원 순으로 나타났으며, 대기오염이 심각한 수도권 지역은 전국에서 가장 낮은 일사량을 기록하였다.

한편, 그림 2~그림 4을 포함하는 1982~2008년(D) 전 기간은 그림 5에서 보는바와 같이 전국이 하루에 3.61 kWh/m<sup>2</sup> 정도의 태양광에너지를 받고 있는 것으로 나타나고 있다. 이 중에서도 앞서 언급한 남해중서부지방이 전국에서 가장 좋은 곳으로 나타났으며, 그 다음은 중부이남지방, 중부이북 및 산간지방, 호남평야 일원 순으로 나타났으며, 대기오염이 심각한 수도권 지역은 전국에서 가장 낮은 일사량을 기록하였다.

참고로 우리나라 주요지역에 대한 1982~2008년 기간동안의 각 연도에 따른 월별 일평균 수평면 전일사량 값을 표 5에 제시하였다. 이들 자료는 우리나라에서 추진되고 있는 태양광에너지 이용기술과 관련하여 각종 연구와 보급사업에 보다 활성화하기 위한 기준설계 자료의 대표 값으로 이용할 수 있으리라 생각된다.

#### 4. 결 론

지금까지 수행해 온 우리나라 주요 16개 지역에서 '82~2008년 기간사이에 매 시간마다 측정된 실측자료를 토대로 전국 수평면 전일사량에 대한 경년변화 평가를 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/m<sup>2</sup> 정도의 태양광에너지를 받고 있는 것으로 나타났으며, 연 평균치에 대한 계절별 태양광조건은 봄과 여름철은

각각 24%, 21% 높았으며, 가을과 겨울철은 12%, 33% 정도 상대적으로 낮았다.

- (2) 우리나라 주요 16개 전 지역에서 1982 ~ 2008년 기간동안 평균 자료로 구하여 경년변화를 분석하여 보면, '82~'90년(A) 기간에 비해 '91~'99년(B) 기간은 -2% 정도의 일사량 감소율을 보인 반면에 2000~2008년(C) 기간은 +3% 정도의 일사량 증가율을 보였다.
- (3) 우리나라 주요지역에 대한 지역별 수평면 전일사량의 연평균 경년변화를 살펴보면, '82~'90년(A) 기간에 비해 '91~'99년(B) 기간은 춘천, 대전, 포항, 목포를 제외한 대부분의 지역에서 상당한 감소현상을 보였다. 그러나 82~'90년(A) 기간에 비해 2000~2008년(C) 기간은 서울, 서산, 진주, 영주를 제외한 대부분의 지역은 높게 나타나는 경향을 보인 반면에 2000~2008년(C) 기간은 서울, 서산, 진주, 영주를 제외한 대부분의 지역에서 높게 나타나는 현상을 보였다.
- (4) 1982~2008년(D) 전 기간은 전국에서 남해중서부지방이 전국에서 가장 좋은 곳으로 나타났으며, 그 다음은 중부이남지방, 중부이북 및 산간지방, 호남평야 일원, 제주도 순으로 나타났으며, 대기오염이 심각한 수도권 지역은 전국에서 가장 낮은 일사량을 기록하였다.

그러나 이 논문에서 제외된 태양광자원을 측정하지 못하는 일부 특정지역에 대하여는 앞으로 인공위성 영상 등을 이용한 태양광자원 예측기법을 보다 적용하여 우리나라에서의 전반적인 태양광에너지 이용가능성에 대한 평가를 보다 정밀히 시도할 계획이다.

## 후 기

본 연구는 산업기술연구회 연구비지원으

로 수행되었음 (과제번호 : GP2009-0051).

## 참 고 문 헌

1. 기상청, "기상년·월보", 1982~2008.
2. Duffie John A. and Beckman William A., Solar Engineering of Thermal Process, John Wiley & Sons, Inc., 1991.
3. Edward E. Anderson, Fundamentals of Solar Energy Conversion, Addison Wesley, 1982.
4. 조덕기외, 인공위성을 이용한 동북아시아 지역의 태양광자원 정밀조사 한국태양에너지학회지, 제27권 제3호, 95~105, 2007.
5. 조덕기외, 태양광발전단지 건설을 위한 동아시아 지역의 태양광자원 정밀조사, 한국태양에너지학회지, 제26권 제1호, 1~11 2006.
6. 조덕기외, 국내 수평면 전일사량 자원의 분포특성 분석, 한국태양에너지학회지, 제 20 권 제 2호, 19~30, 2000.