

국내 태양에너지 자원 데이터의 신뢰성 분석

조덕기*, 윤창열*, 김광득*, 강용혁*

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

Reliability Analysis of Solar Radiation Resources Data 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

The Korea Institute of Energy Research(KIER) has begun collecting horizontal global insolation data since May, 1982 at different locations. Because of a poor reliability of existing data, KIER's new data will be extensively used by the solar system users as well as by research institutes.

But the quality of solar insolation data is not always good. This reports on an attempt to identify systematic error in such data using clear-day analysis for data rehabilitation. Clear-day analysis is successful in uncovering solar insolation data of questionable quality.

It is not proven that rehabilitation process can improve the quality of data for daily or monthly means, but it is suggested that the method can be used to improve the quality of data for monthly means of several years for use in many applications of solar energy planning. Earlier studies finding a maximum ETR of about 0.80 are confirmed.

Keywords : 청명일 분석(Clear-day Analysis), 수평면 전일사량 (Horizontal Global Insolation)

1. 서 론

우리나라에서 태양에너지자원 실측연구사업은 날로 중요성을 더해가고 있는 태양에너지 이용기술이 국내에서도 하루 빨리 정착,

실용화 할 수 있도록 국내 태양에너지자원을 보다 과학적인 방법으로 정확하게 분석, 평가하기 위한 측정기술 및 분석기법의 개발에 주안점을 두고 추진하였다.

측정된 태양에너지자원, 즉 일사자료의 정

확도는 측정기기상의 오차나 관리자의 관측 과정에 의하여 좌우된다. 즉, 보다 정확도가 높은 데이터를 얻기 위해서는 측정기기 선정은 물론 유지관리에도 상당한 주의가 뒤따라야 하며, 또한 측정조건이 아무리 좋은 상태에서 얻은 데이터라 할지라도 신뢰도 유지를 위한 분석이 뒤따라야 비로소 활용 가능한 자료가 된다.

그러므로 일사자료에 대한 정확도 평가는 실측사업과 더불어 반드시 수행되어야 하며, 불확실한 자료들은 일정기준 기법 하에서 수정되어야 할 것이다.

2. 이론적 배경

일사율(extraterrestrial ratio : ETR)은 다음과 같이 정의된다.

$$ETR = \frac{I_{so}}{I_{sm}} \quad (1)$$

I_{sm} 은 관측지에서의 실 수평면일사량 관측치이며, I_{so} 는 관측지에서의 대기권밖 일사량 계산치이다.

위 식을 이용한 청명일사분석법에 의한 데이터 보정방법은 청명일을 기준으로 한 1일 ETR값을 일사조건이 상호 비슷한 측정지역들간 서로 비교하여 의심나는 측정지의 데이터를 비슷한 지역에 위치한 보다 질적수준이 높은 관측지에 대하여 표준화하는 방법이다. 즉, 해당지역의 ETR값이 비교되는 타지역들에 비해 계속해서 높거나 낮게 나타날 경우, 또는 갑자기 변화하는 측정기기의 고장이나 주변환경의 변화 등에 의해 데이터의 정확도에 문제가 있음을 의미한다.

또한, 청명일사분석법은 청명일을 기준으로 한 1일 ETR값을 측정지역들간의 데이터를 서로 비교해 봄으로써 이들 지역의 매연, 부유분진 및 배기가스 등에 의한 대기오염 상태를 역시 예측할 수 있다. 여기서 청명한 상태의 정의는 운량(sky cover)이 0 또는 0.1

이하인 경우로서 기상청이 발표한 지역별 기상자료에 의한다. 청명일 일사분석 계산방법은 청명일의 일조시간과 가조시간을 비교하는 한편, 운량에 따라 구름이 하늘을 완전히 덮은 상태를 운량 1로 보고 평균 1일 운량이 0 ~ 0.1 사이인 날의 일사량만을 계산한다. 표준화작업에 필요한 보정계수는 다음 식에 의해 산출할 수 있다.

$$K = \frac{M_c}{M} \quad (2)$$

M_c 는 도출된 표준 ETR값이며, M 은 부정확한 지역의 ETR값이다.

3. 실험결과 및 고찰

전국적인 실측데이터의 정확도 평가를 위하여 전국 16개 지역, 즉 춘천, 강릉, 서울, 원주, 서산, 청주, 대전, 포항, 대구, 전주, 광주, 부산, 목포, 제주, 진주, 영주를 대상으로 자료의 전산화가 완료된 '80.1 ~ 2005.12까지의 일사량 및 일사 관련 자료를 기초로 하여 청명일사분석법에 의해 측정데이터의 질적수준을 평가하였다.

우리나라 일사자료의 질적수준을 종합적으로 평가해보면 그림 1에서 보는바와 같이

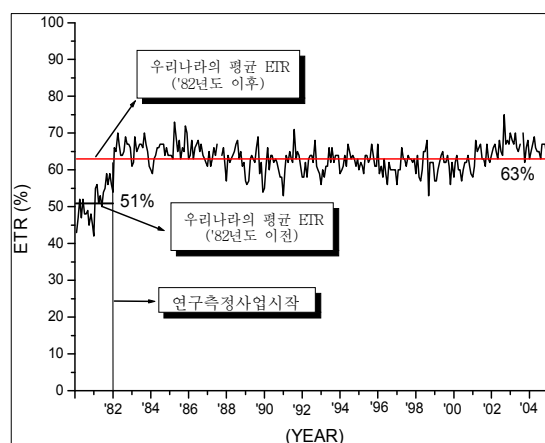


그림 1. 우리나라 전지역에 대한 연도별 월평균 ETR값

'82년도 이후의 연평균 ETR값이 0.53 ~ 0.75 범위인데 반해 '82년도 이전의 연평균 ETR값은 0.43 ~ 0.59 정도로 상대적으로 낮게 나타나 '82년도 이전자료의 질적수준이 측기의 노후와 교정오차, 그리고 전문인력 등의 부족으로 정확도가 상당히 불확실한 것으로 나타났다. 또한 '82년도 이후에 우리나라 전년도에 걸친 월평균 ETR값은 약 63% 수준에 이르고 있다.

반면에 '82년도 이전의 연평균 ETR값은 0.51 수준이었으나 '82년도 이후부터는 연평균 ETR값이 0.63으로 증가되었을 뿐만 아니라 그림 1의 그래프 상에서도 나타난바와 같이 곡선이 형태도 '81년도에 비해 '82년도 이후부터는 비교적 양호한 평탄한 상태를 유지하고 있다. 그러나 '88년도 말을 분기점으로 보이기 시작한 ETR값의 상대적인 저하현상의 직접적인 원인은 측정장비의 노후에 기인한 것으로 생각된다. 이에 따라 당 연구원은 그동안 전국 측정네트워크에 사용되었던 측정장비의 기대수명 기간인 10년이 경과함에 따라 '91년 5월에 전국 측정네트워크에 설치된 노후한 측정장비를 모두 교체하였으며, 그 이후부터는 그림에서도 나타난바와 같이 ETR값이 점차적으로 높게 나타나는 경향을 보였다. 이와 같은 결과로 미루어 보아 측정기기의 노후와 오차보정 등이 데이터의 질적관리 유지에 얼마나 중요한 것인가를 단적으로 보여주고 있는 것이다.

그림 1은 위도나 기후대 등이 유사한 지역끼리 4개씩 관측지를 구분하여 연도별로 월평균 ETR값을 서로 비교한 것으로 이 그림을 이용하여 우리나라 주요 16개 지역의 연도별 월평균 ETR값의 자료를 분석하여 보면, '82년도 자료 중에서 춘천지방의 경우는 다른 지역보다도 상당히 질적 수준에서 뒤떨어져 있었다고 할 수 있으며, 특히 '89 ~ '91년도 사이의 자료 중에서 장비노후로 인하여 서울, 청주, 부산, 대전지방 등에서 역시 일부 기간 동안 질적 수준에서 문제가 있었음을

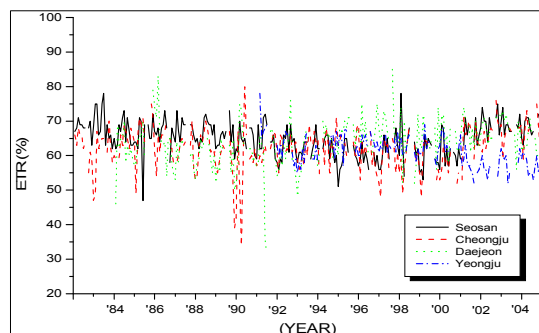
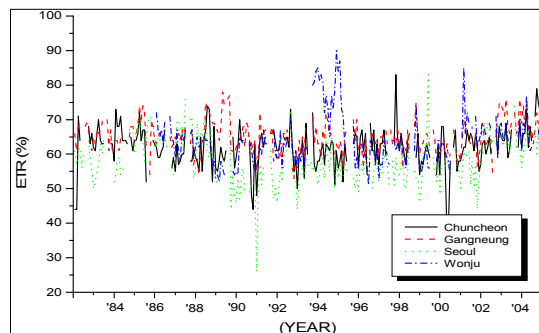
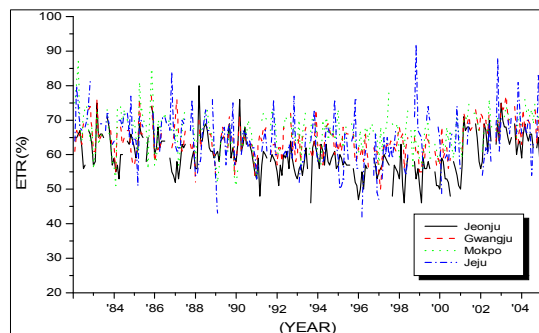
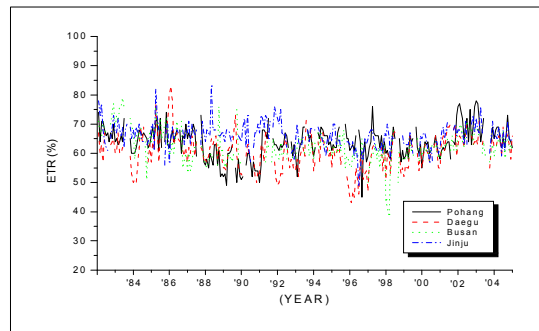


그림 2. 우리나라 주요지역에 대한 연도별 월평균 ETR값

알 수 있다. 따라서 이들 지역을 측정기기의 고장이나 교정오차 등으로 인하여 자료의 보정이 반드시 요구되는 지역들로서 타지역과 면밀하게 검토되어 위도나 기후대 등이 유사한 지방의 표준자료와 비교하여 보정되어야 할 것이다.

4. 부정확한 측정자료의 보정

'80.1 ~ 2004.12기간 중에 발생한 몇몇 지역의 측정오차를 보정하기 위해서 실시한 재평가 결과를 소개하여 보면, 보정을 요하는 대상지역으로 나타난 관측지는 크게 원주, 부산, 춘천, 청주, 대구지역으로 나타났다

표 1. 자료보정을 요하는 지역의 보정결과

(단위 : kcal/m²/day)

지역		원주							
구분		'93.09	'93.10	'93.11	'93.12	'94.01	'94.02	'94.03	'94.04
보정계수 (K)		0.89	0.78	0.81	0.74	0.77	0.71	0.83	0.89
미보정치		4,625	3,918	2,084	2,064	2,370	3,303	4,218	4,782
보정치		4,116	3,056	1,688	1,527	1,825	2,345	3,501	4,256
강릉 (표준지역)		3,784	3,060	1,579	1,811	1,842	2,611	3,383	4,063

지역		원주							
구분		'94.05	'94.06	'94.07	'94.08	'94.09	'94.10	'94.11	'94.12
보정계수 (K)		0.94	0.95	0.98	0.86	-	0.77	0.70	0.73
미보정치		4,831	5,066	-	4,505	-	-	2,561	2,182
보정치		4,541	4,813	-	3,874	-	-	1,793	1,593
강릉 (표준지역)		4,479	4,367	4,460	4,035	3,531	2,487	1,930	1,796

지역		원주		
구분		'95.01	'95.02	'95.03
보정계수 (K)		0.74	0.85	0.79
미보정치		-	3,187	2,924
보정치		-	2,709	2,310
강릉 (표준지역)		2,257	2,501	2,802

지역		부산							
구분		'90.01	'90.02	'90.03	'90.04	'90.05	'90.06	'90.07	'90.08
보정계수 (K)		1.50	1.89	1.63	1.83	1.61	1.54	-	1.63
미보정치		1,722	903	1,971	2,199	2,384	2,065	2,375	2,853
보정치		2,583	1,707	3,213	4,024	3,806	3,180	-	4,650
진주 (표준지역)		2,258	1,972	3,165	3,989	4,007	3,759	4,101	4,829

지역		부산						
구분		'90.09	'90.10	'90.11	'90.12	'91.01	'91.02	'91.03
보정계수 (K)		1.81	2.03	2.00	2.03	2.21	2.12	2.16
미보정치		1,684	1,582	1,241	1,063	1,090	1,330	1,587
보정치		3,048	3,211	2,482	2,158	2,409	2,820	3,428
진주 (표준지역)		3,293	3,389	2,451	2,216	2,373	2,982	3,439

지역		춘천					
구분		'82.01	'82.02	'90.09	'90.10	'90.12	
보정계수 (K)		1.50	1.39	1.33	1.36	1.15	
미보정치		1,475	2,000	2,302	2,049	1,178	
보정치		2,213	2,822	3,061	2,787	1,355	
강릉 (표준지역)		2,118	2,468	2,561	2,721	1,675	

지역		청주					
구분		'89.11	'89.12	'90.03			
보정계수 (K)		1.51	1.48	1.91			
미보정치		1,380	1,186	1,551			
보정치		2,084	1,755	2,982			
서산 (표준지역)		1,906	1,661	3,011			

지역		대구					
구분		'95.11	'95.12	'96.01	'96.02	'96.03	
보정계수 (K)		1.04	1.04	1.16	1.17	1.11	
미보정치		2,047	1,541	1,632	2,066	2,046	
보정치		2,129	1,603	1,893	2,417	2,026	
진주 (표준지역)		2,666	2,152	2,140	2,910	3,029	

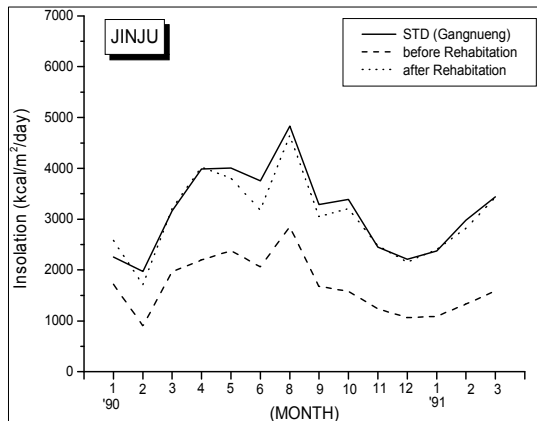
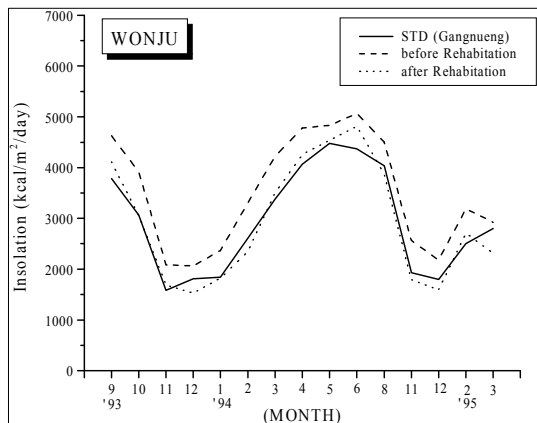


그림 3. 자료보정 전과 자료보정 후와의 비교

그림 2에서도 나타남바와 같이 보정대상 지역의 ETR값은 같은 기간 동안 표준지역으로 설정된 ETR값과는 서로 현저히 차이를 나타낼 뿐만 아니라 보정을 요하는 기간의 전후기간과도 서로 다르게 변동이 심한 상태임을 알 수 있다. 그러므로 이들 지역에 대한 측정자료의 보정은 불가피한 것으로 일부 보정을 요하는 지역에 대한 보정결과를 표 1과 그림 3에 제시하였다.

5. 결 론

지금까지 추진해온 청명일 일사분석법에 의한 전국 일사량자원 평가사업을 종합해 볼 때 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 전국적으로 ETR값이 큰 지역은 해안지역인 강릉, 서산, 목포지방으로 나타났으며, 적은 지역은 서울과 같은 대도시 지역과 공단지역이 위치한 전주지역 등으로 나타났다.

2) 우리나라의 전국 연평균 ('82.1~2004.12) ETR값은 0.63 내외로서 미국의 0.70 ~ 0.75에 비해 낮게 나타나고 있다.

3) 전국적으로 1988년도 말을 분기점으로 보이기 시작한 저하현상은 대기 중에 특정성분이 증가함에 따라 나타난 현상보다는 측정장비의 노후에 기인하였다.

4) '82년도 자료 중에서 춘천지방의 경우는 다른 지역보다도 상당히 질적수준에서 뒤떨어졌으며, 특히 '89 ~ '96년도 사이에 자료 중에서도 장비의 노후와 측정오류로 인하여 청주, 원주, 부산, 대구지역 등에서 역시 일부 기간동안 데이터 질적 수준에서 문제가 있었다.

그러나 측정분석 기간이 충분하지 못하였기 때문에 현재까지의 결과만을 가지고 우리나라의 전반적인 일사량자원의 정확도를 평가한다는 것은 아직 어려운 실정이며, 당분간은 일사량 측정사업과 더불어 계속적으로 일사량 변동형태에 따른 ETR분석과 동시에 '82년도 이전에 측정된 자료에 대한 비교분석 사업도 필요한 것으로 판단된다.

후 기

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

참고문헌

1. Randy Schechter & Jon T. Scott, Clear Hour Analysis and Solar Radiation Data Rehabilitation, Solar Energy Vol. 28, No. 6, 1992.
2. Duffie John A. and Beckman William A., Solar Engineering of Thermal Process, John Wiley & Sons, Inc., 1991.
3. 기상청, "기상년·월보", 1982 ~ 2004.