

## 표준기상데이터의 일사량 데이터 비교 분석

유호천\*, 이관호\*\*, 강현구\*\*\*

\*울산대학교 건축학부(hcyoo@mail.ulsan.ac.kr), \*\*울산과학대학 공간디자인학부(ghlee@mail.uc.ac.kr),  
\*\*\*울산대학교 건축학부 대학원(hks1708@nate.com)

### Comparative analysis of the global solar horizontal irradiation in typical meteorological data

Yoo, Ho-Chun\* Lee, Kwan-Ho\*\* Kang, Hyun-Gu\*\*\*

\*School of Architecture, University of Ulsan(hcyoo@mail.ulsan.ac.kr),  
\*\*School of Space Design, Ulsan College(ghlee@mail.uc.ac.kr),  
\*\*\*School of Architecture Graduate School, University of Ulsan(hks1708@nate.com)

#### Abstract

The research on meteorological data in Korea has been carried out but without much consistency and has been limited to some areas only. Of relatively more importance has been the area in the utilization of the solar energy, however, the measurement of the global solar horizontal irradiation has been quite limited.

In the current study, the actually measured value of the global solar horizontal irradiation from the meteorological data and the theoretically calculated value of the global solar horizontal irradiation from the cloud amount will be analyzed comparatively. The method of analysis will employ the standard meteorological data drafted by the Korean Solar Energy Society, the standard meteorological data from the presently used simulation program and the corresponding results have been compared with the calculated value of the global solar horizontal irradiation from the cloud amount.

The results of comparing the values obtained from MBE(Mean Bias Error), RMSE(Root Mean Squares for Error), t-Statistic methods and those from each of the standard meteorological data show that the actually measured value of the meteorological data which have been converted into standard meteorological data with the help of the ISO TRY method give the monthly average value of the global solar horizontal irradiation.

These values compared with the monthly average value from the IWEC from the Department of Energy of the USA show that the value of the global solar horizontal irradiation in the USA is quite similar. In the case of the values obtained from calculation from the cloud amount, the weather data provided by TRNSYS, except only slight difference, which means that the actually measured values of the global solar horizontal irradiation are significant. This goes to show that in the case of Korea, the value of the global solar horizontal irradiation provided by the Korea Meteorological Administration is will be deemed correct.

Keywords : ISO TRY(ISO Test Reference Years), 일사(Solar radiation), 표준기상데이터(Typical meteorological data)

투고일자 : 2009년 11월 19일, 심사일자 : 2009년 11월 22일, 게재확정일자 : 2009년 12월 19일  
교신저자 : 유호천(hcyoo@mail.ulsan.ac.kr)



for Energy Calculations)를 기반으로 만든 데이터이다.

TRNSYS에서 제공 되고 있는 기상데이터는 TMY2기반으로 만들어진 데이터이며, DOE에서 제공하고 있는 표준기상데이터는 1992년 김두천님의 자료를 근간으로 대한설비공학회에서 작성한 기상데이터를 수정 보완하여 실무에서 사용하고 있는 기상데이터이다.

비교 분석 방법으로는 해당지역의 측정된 일사데이터를 월평균 값으로 나타내어 비교하는 방법과 일사량데이터가 없는 기상데이터의 경우 일사량데이터 산출을 위해, 운량을 이용하여 일사를 산출하고 월평균 값에 대한 비교 및 분석을 수행하고자 한다.

### 2.1 ISO TRY

국제기준인 prEN ISO15927-4<sup>1)</sup>는 냉난방 장치의 연간 에너지 요구량을 평가하기 위한 표준 방법(ISO TRY)을 1970년 중반 NCDC(미국 국립기상데이터 센터)에 의해 제안 되었다. 장기간의 기상관측 기록으로부터 기준 연도의 구성을 위한 방법을 규정하고 있으며, 이 방법은 덴마크식 선택법을 기초로 하고 있다. 시뮬레이션 프로그램에 직접 사용될 기상자료 파일을 구성하는 기상요소는 건구온도, 법선면 직달일사량, 수평면 확산 일사량, 절대습도, 상대습도, 노점온도, 수증기압, 풍속 등이 있다.

### 2.2 IWEC

미국 냉난방공조학회(American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ASHRAE)가 미국국립기상센터(the National Climatic Data Center, Asheville. NC)의 자료를 이용하여 에너지 계산을 위한 국제 기상년 개발 프로젝트로 수행하였다. 이 프로젝트를 통한 자료는 2001년 3월에 완성되

어 북미를 포함한 세계 70개국의 227지역의 대표 기상년의 실시간 데이터를 포함하고 있다. 건구온도와 일사에 가중치가 편중되어 태양과 관련된 에너지 분석에는 효과 적이지만, 다른 기상요소들의 변수들은 보증 할 수 없기 때문에 풍력과 같은 재생에너지 성능 예측을 위한 시뮬레이션 프로그램에 적용하는 것은 정확한 결과 값을 예측 할 수 없다.

### 2.3 TMY2

TMY2의 표준기상데이터는 30년간의 데이터를 통해 각각의 대표월을 찾아 12개월을 조합하여 상정한다. 대표월의 선택은 TMY에서 사용된 Sandia 방법이 적용된다. 통계 처리 될 기상요소로는 TMY의 경우 최대, 최소, 평균 건구온도와 노점온도, 최대, 평균 풍속, 수평면전일사량의 총 9개의 기상항목이며, TMY2는 TMY의 기상항목에 법선면 직달일사량을 추가한 10개의 기상항목이다.

## 3. CRM(Cloud cover Radiation Model)에 의한 일사산출 방법

구름의 양(운량)은 하늘의 상태를 알려주기 위해 사용된다. 구름이 전혀 없는 청명한 상태는 0octa, 구름이 하늘을 완전히 덮은 상태를 8octa라 한다. Kasten and Czeplak<sup>2)</sup>는 구름에 대한 정보를 기초로 일사량을 산출하는 방정식을 공식화 하였다.

$$I_{CC} = 910 \sin \alpha - 30 \quad (1)$$

$$I_G = I_{CC}(1 - 0.75(N/8)^{3.4}) \quad (2)$$

그리고 이것을 Gul et. al.<sup>3)</sup>과 Muneer, Gul<sup>4)</sup>

1) International Standard ISO 15972-4, Hygrothermal performance of buildings-Calculation and presentation of climatic data-Part 4:Hourly data for assessing the annual energy use for heating and cooling, 2005

2) Fritz Kasten and Gerhard Czeplak, 「Solar and Terrestrial Radiation Dependent on the Amount and Type of Cloud」, Solar Energy, pp. 177-89, 1980

은 각 지역의 조건에 맞도록 방정식을 발전시켰다. 이를 정리하면 다음과 같다.

$$I_{GC} = A \sin \alpha - B \quad (3)$$

$$I_G = I_{GC}(1 - C(N/8)^D) \quad (4)$$

위의 식 (3)과 (4)에서 표기되어 있는 산출계수 A, B, C, D는 각 지역의 운량 및 태양고도를 통해 산출하여야 한다.

표 1. 산출대상 지역

지역	위도 (N)	경도 (E)	측정 데이터	
			일사	운량
서울	37.32	126.58	○	○
대전	36.19	127.25	○	○
대구	35.50	128.34	○	○
부산	35.05	129.01	○	○
인천	35.09	126.37	○	○
광주	35.09	126.54	○	○
울산	35.33	129.19	×	○
강릉	37.75	128.90	○	○

운량 및 태양고도 데이터를 이용한 일사산출은 한국태양에너지학회에서 제공한 표

준기상데이터 7개 지역(서울, 대전, 대구, 부산, 인천, 광주, 울산)중 일사가 측정된 6지역과 강릉의 데이터를 대상으로 하였다.

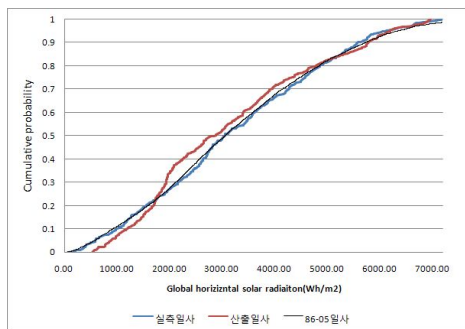
국내에 적용하기 적합한지 평가하기 위하여 일사 및 운량이 모두 측정되고 있는 서울, 대전, 대구, 부산, 인천, 광주지역을 대상으로 실시하였다. 그리고 표준기상데이터간의 일사량 비교를 위해 인천, 광주, 강릉 3개 지역을 대한민국 표준기상데이터(ISO TRY)와 미국 에너지국에서 제공한 데이터(IWEC)에서 제공한 데이터, TRNSYS에서 제공하고 있는 기상데이터(TMY2), DOE에서 제공하고 있는 기상데이터의 결과 값을 분석하였다.

일사산출의 표준기상데이터의 경우 기상청(KMA)에서 제공된 20년간(1986-2005)의 시간별 일사데이터를 사용하였으며, 본 연구에서 일사데이터는 MJ/m<sup>2</sup>를 Wh/m<sup>2</sup>로 환산하며, 10분법으로 제공되는 운량데이터는 8분법(Octa)로 환산하여 사용하였다.

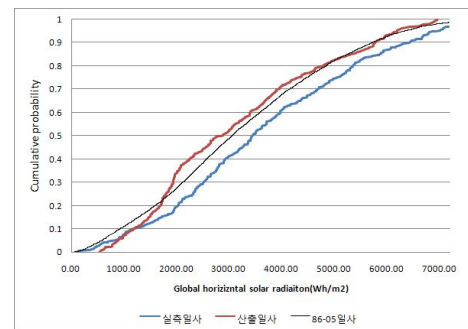
## 4. 일사량 데이터 비교 및 분석

### 4.1 실측일사량과 산출일사량

위의 과정을 통해 산출된 각 지역의 실제



서울



대전

- Gul M, Muneer T, 「Models for obtaining solar radiation from other meteorological data」, Solar Energy, pp. 99-108, 1998
- Muneer T, Gul M. 「Evaluation of sunshine and cloud cover based models for generating solar radiation data」. Energy Conversion Management, pp. 461-82, 2000

측정된 데이터와 산출계수를 대입한 산출된 일사데이터를 CRM (Cloud cover Radiation Model)에 의한 일사산출 방법을 이용하여 산출한 일사

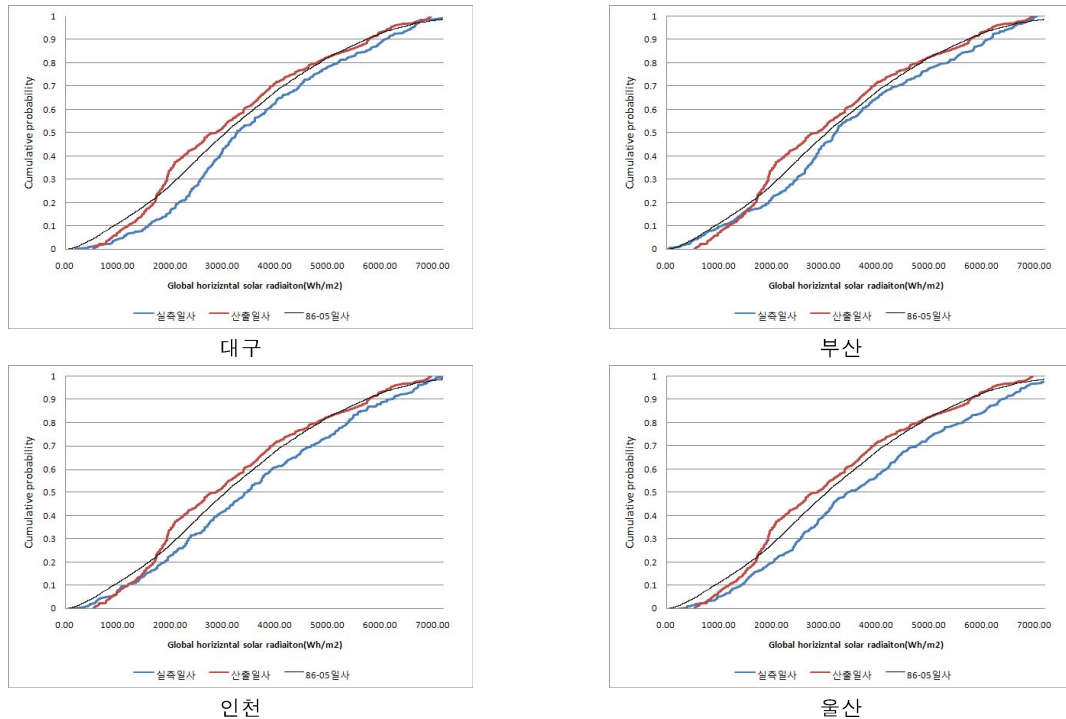


그림 2. 실측일사 및 산출일사의 CDF 비교

데이터를 비교해 보면 위의 [그림 2]와 같다.  
 총 20년간(86-05년)의 데이터를 함수로 나타내기 위해 총 통계기간의 모든 값을 오름차순으로 정리한 후 CFD 함수식을 이용하여 장기 누적 분포함수를 계산하였다.

$$\Phi(p, m, i) = \frac{K(i)}{N+1} \quad (5)$$

여기서,  $K(i)$  : 총 통계기간 데이터의 일평균  $i$  값 순위  
 $N$  : 총 통계기간의 데이터의 일수

총 통계기간의 데이터를 실측된 일사와 산출된 일사의 데이터의 비교를 위해 표준기상 데이터의 일사량 값을 오름차순으로 정리한 후 단기 누적분포함수를 계산하였다.

$$F(p, y, m, i) = \frac{J(i)}{n+1} \quad (6)$$

여기서,  $J(i)$  : 기상데이터의 일평균 일사량  $i$  값 순위  
 $n$  : 기상데이터의 일수

계산을 통해 나타난 6지역의 그래프는 다음과 같으며 6지역 모두 실제 측정 일사데이터와 운량을 통해 산출된 일사데이터의 단기 누적 분포함수가 20년간(86-05년)의 장기 누적분포함수에 근접하는 것을 알 수 있다.

이는 실제 측정된 일사데이터와 운량을 통해 산출된 일사데이터의 값이 서로 유사하게 나타나는 것을 알 수 있다.

실제 측정 일사데이터와 운량을 통해 산출된 일사데이터를 보다 정확한 비교를 위해 MBE(Mean Bias Error), RMSE(Root Mean Squares for Error), t-Statistic을 이용하여 검토하였다.

MBE는 계산되어진 데이터와 측정한 실제 데이터 간의 편차를 비교하기 위해서 상관관

계의 장기 성능에 관한 정보를 제공하고 있다. 따라서 장기적인 데이터를 비교하기엔 적합할 것으로 판단되며 가상 이상적인 값은 0이다.

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (H_{pred,i} - H_{obs,i})}{n} \quad (7)$$

여기서,  $H_{pred,i}$  : 측정되거나 계산되어진 기상 데이터의  $i$ 번째 값

$H_{obs,i}$  : 20년치 평균 기상데이터의  $i$ 번째 값

$n$  : 데이터의 양

RMSE는 오차 제곱의 평균의 제곱근으로 나타낸다. 이는 예측모형을 선택하거나 비교할 때 판단의 기준으로 사용되어지며 RMSE의 값이 최소가 되는 0이 되는 모형을 최적의 예측모형으로 선택되어진다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_{pred,i} - H_{obs,i})^2}{n}} \quad (8)$$

여기서,  $H_{pred,i}$  : 측정되거나 계산되어진 기상 데이터의  $i$ 번째 값

$H_{obs,i}$  : 20년치 평균 기상데이터의  $i$ 번째 값

$n$  : 데이터의 양

t-Statistic는 최근 일사량 실측치와 예측치의 효율적 오차분석을 위한 것으로 t값이 작을수록 적합 성능의 우수함을 나타낸다. t-Statistic 계산식은 기존 MBE와 RMSE를 동시에 포함하기 때문에 각각 계산 시 무시되었던 결과의 흠여짐 정도도 고려할 수 있는 장점이 있다.

$$t = \sqrt{\frac{(n-1)MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2}} \quad (9)$$

여기서,  $n$  : 데이터의 양

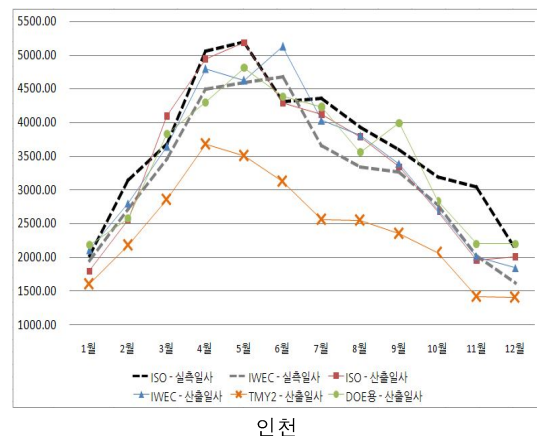
위의 방법에 의해 평가된 값은 다음의 [표 2]와 같다.

표 2. 일사데이터 비교

	서울		대전	
	실측일사	산출일사	실측일사	산출일사
MBE	0.028	-0.265	0.006	-0.876
RMSE	4.972	4.585	5.550	4.878
t-statistic	0.106	1.105	0.022	3.481
Good data	○		○	
	대구		부산	
	실측일사	산출일사	실측일사	산출일사
MBE	0.004	-0.126	-0.210	-0.826
RMSE	4.890	4.692	5.621	5.191
t-statistic	0.015	0.512	0.713	3.075
Good data	○		○	
	인천		광주	
	실측일사	산출일사	실측일사	산출일사
MBE	-0.011	-0.957	0.197	-0.718
RMSE	5.232	4.901	5.280	4.776
t-statistic	0.041	3.796	0.714	2.899
Good data	○		○	

6지역 모두 MBE는 실제 측정된 데이터의 분포의 범위가 20년간의 평균치에 유사하게 나타났으며 RMSE는 그 반대의 결과를 나타냈다. 두 지표를 취합하는 결과인 t-Statistic에서 실제 측정된 데이터가 산출된 데이터보다 다소 유사함을 보였다.

#### 4.2 표준기상데이터간의 일사량 비교



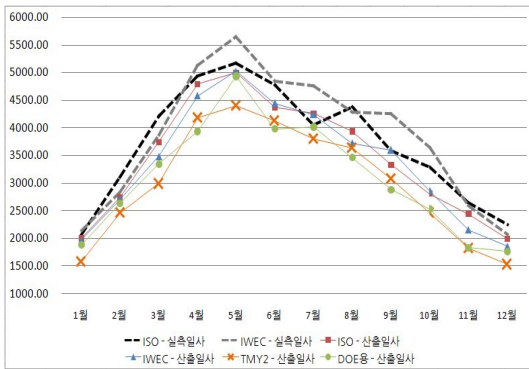
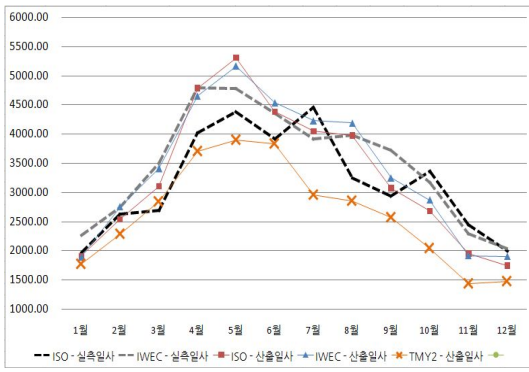


그림 3. 운량을 이용하여 산출된 일사량값

위의 [그림 3]은 인천, 강릉, 광주의 3지역의 대한민국 표준기상데이터(ISO TRY), 미국 에너지국에서 제공한 데이터(IWEC), TRNSYS에서 제공하고 있는 표준기상데이터(TMY2), DOE에서 제공하고 있는 표준기상데이터이다. 에서 제공한 일사량 데이터들의 월평균값의 차이를 그래프로 나타낸 것이다.

비교 결과 실제 측정된 일사데이터의 경우 지역 모두 대한민국 표준기상데이터의 기상데이터 월평균 일사량 데이터 값이 미국 에너지국의 기상데이터 월평균 일사량값이 서로 유사한 것을 볼 수 있다.

인천의 경우 최대(11월) 약1000Wh/m<sup>2</sup> 정도의 차이를 보이며 강릉, 광주는 최대 각각 800Wh/m<sup>2</sup>(3월), 700Wh/m<sup>2</sup>(7월)의 차이를 보였다.

운량을 통해 산출된 일사데이터의 경우 모두 대한민국 표준기상데이터(ISO TRY), 미국 에너지국(IWEC)의 데이터, DOE에서 제공하는 데이터의 월평균 일사량 값이 유사한 값을 나타내었으나 TRNSYS에서 제공한 기상데이터(TMY2)의 경우에는 상대적으로 낮은 값을 나타냈다.

특히 인천의 경우에는 일사량 차이가 최대 1800Wh/m<sup>2</sup>(7월)이며 평균 1200Wh/m<sup>2</sup>의 차이로 두 데이터간의 차이가 상당히 크게 나는 것을 알 수 있었으며 강릉, 광주는 최대 1500Wh/m<sup>2</sup>(7월), 1230Wh/m<sup>2</sup>(3월)의 차이를 보였다.

표 3. 3개 지역 일사량 평균값

지역	년평균값		
	ISO 실측	IWEC 실측	ISO 산출
인천	3639.46	3216.36	3400.00
	IWEC 산출	TMY2 산출	DOE 산출
	3409.52	2444.35	3429.01
강릉	ISO 실측	IWEC 실측	ISO 산출
	3167.48	3460.17	3289.57
	IWEC 산출	TMY2 산출	DOE 산출
	3395.74	2634.56	×
광주	ISO 실측	IWEC 실측	ISO 산출
	3708.81	3840.41	3451.80
	IWEC 산출	TMY2 산출	DOE 산출
	3387.93	3006.10	3101.32

전반적으로 일사데이터는 대한민국 표준기상데이터(ISO TRY)값과 유사하게 나타났으며, 운량을 통해 산출된 일사데이터는 TRNSYS가 제공한 기상데이터(TMY2)값을 제외하고 모두 유사하게 나타났다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 국외에서 많은 연구가 이루어진 일사량데이터와 운량을 이용한 산출 방법을 국내에 적용해 봄으로써, 국내 일사에 대한 비교 및 분석을 해보았다.

MBE(Mean Bias Error), RMSE(Root Mean

Squares for Error), t-statistic의 비교 및 표준데이터간의 비교를 통한 결과를 정리하면 다음과 같다.

6지역 모두 MBE는 실제 측정된 데이터의 분포의 범위가 20년간의 평균치에 유사하게 나타났으며 RMSE는 그 반대의 결과를 나타냈다. 두 지표를 취합하는 결과인 t-Statistic에서 실제 측정된 데이터가 산출된 데이터보다 다소 유사한 데이터로 보였다. 또한 실제 측정 일사데이터와 운량을 통해 산출된 일사데이터의 오차가 대구가 가장 적은 차이를 보이고, 인천이 가장 큰 차이를 보였다.

실제 측정된 일사데이터의 경우 지역 모두 대한민국 표준기상데이터의 기상데이터 월평균 일사량 데이터 값이 미국 에너지국의 기상데이터 월평균 일사량 값이 서로 유사한 것을 볼 수 있다. 인천의 경우 최대(11월) 약  $1000\text{Wh}/\text{m}^2$  정도의 차이를 보이며 강릉, 광주는 최대 각각  $800\text{Wh}/\text{m}^2$ (3월),  $700\text{Wh}/\text{m}^2$ (7월)의 차이를 보였다.

운량을 통해 산출된 일사데이터의 값의 경우 인천의 경우에는 일사량 차이가 최대  $1800\text{Wh}/\text{m}^2$ (7월)이며 평균  $1200\text{Wh}/\text{m}^2$ 의 차이로 두 데이터간의 차이가 상당히 크게 나는 것을 알 수 있었으며 강릉, 광주는 최대  $1500\text{Wh}/\text{m}^2$ (7월),  $1230\text{Wh}/\text{m}^2$ (3월)의 차이를 보였다.

전반적으로 일사데이터는 대한민국 표준기상데이터(ISO TRY)값과 유사하게 나타났으며, 운량을 통해 산출된 일사데이터는 TRNSYS가 제공한 기상데이터(TMY2)값을 제외하고 모두 유사하게 나타났다.

또한 운량을 통해 산출된 일사데이터의 경우 대한민국 표준기상데이터(ISO TRY)의 실 측정된 일사량의 값과 상당히 근사한 값을 가진다. 이는 대한민국 기상청(KMA)에서 제공된 일사량데이터가 비교적 정확하게 측정되었다고 판단된다.

본 연구에서는 실 측정된 일사량 값과 운량을 이용하여 산출한 일사량 값만을 비교로 삼

았으나 추후 연구에서는 일조시간을 이용하여 일사량 산출을 통한 비교 분석을 수행할 필요성이 있을 것으로 사료된다. 이러한 과정들을 통해 보다 신뢰성 높은 데이터 분석 및 비교 결과 값을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

## 후 기

본 연구는 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2007-000-10231-0)

## 참 고 문 헌

1. H.C.Yoo et al, 「Climate Change Test Reference Years for South Korea」, 6th Meeting of the CIB W108-Climate Change and The Built Environment, 2007
2. K.H. Lee, G.J. Levermore, 「Generation of typical weather data for future climate change for South Korea」, 6th Meeting of the CIB W108-Climate Change and The Built Environment, 2007
3. 유호천 외, 「TRY 방법론에 의한 표준일사데이터 평가」, 한국생태환경건축학회논문집, 7(6), pp. 23-28, 2007
4. 유호천 외, 「표준기상데이터 형식 분석 및 TRY 가중치 적용」, 한국태양에너지학회 논문집, 27(4), pp. 154-165, 2007
5. 윤종호, 「서울지역 실측일사량을 이용한 일사량 직산분리 모델의 정밀성 검증 연구」, 태양에너지학회논문집, 20(1), pp. 45-54, 2000
6. Fritz Kasten and Gerhard Czeplak, 「Solar and Terrestrial Radiation Dependent on the Amount and Type of Cloud」, Solar Energy, pp. 177-89, 1980
7. Moncef Krarti et al, 『Development of solar radiation models for tropical locations』, ASHRAE 2006