

국내 주요도시의 운량데이터를 이용한 일사산출

유호천*, 이관호**, 박소희***

*울산대학교 건축학부(hcyoo@mail.ulsan.ac.kr), **울산과학대학 공간디자인학부(ghlee@mail.uc.ac.kr)

***울산대학교 건축학부 대학원(changjo07@hanmail.net)

Calculation of Solar radiation based on Cloud Data for Major cities of Korea

Yoo, Ho-Chun*, Lee, Kwan-Ho**, Park, So-Hee***

*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(changjo07@hanmail.net)

Abstract

Limited fossil fuels and unstable energy supply are considered as one of the critical problems in architecture requiring large amounts of energy. In order to this challenge, environment-friendly architecture design is required. Especially, Application of solar energy as a clean energy source and one kind of renewable energy.

Many sites however are mainly concentrated in the developed countries, and are scarcer within the developing world. Simple radiation estimation models using meteorologically observed input parameters are often used in the applications requiring rough estimations of solar radiation. In this paper, measurements of global solar radiation and cloud data hours in climatological locations in South Korea are used to develop an estimation in solar radiation. The results of measured data are compared with the results obtained from equations, internationally accepted correlations.

Keywords : 수평면일사량(Global solar horizontal irradiation), 태양고도(Solar altitude), 운량(Cloud amount)

기 호 설 명

I_G	: 수평면 전일사량
I_{cc}	: 맑은 날 수평면 일사량
I_D	: 산란 일사량
N, α	: 운량(Octa), 태양 고도
A, B, C, D	: 계수
R^2	: 결정계수

1. 서 론

에너지의 과도한 소비로 인한 환경오염 및 자원 부족 현상은 전 세계적인 문제점으로 대두되고 있다. 이에 재생에너지의 이용을 통해 이러한 문제점을 해결하려는 움직임이 일어나고 있다. 특히, 이 중에서도 가장 많은 연구가 이루어지고 있는 분야가 태양에너지

의 이용에 관한 것이다. 그러나 태양에너지에 대한 일사량 측정이 이루어지고 있는 지역은 매우 한정적이며, 국외에서도 이와 같은 편중현상에 대처하고자 일사 외의 기상데이터를 이용한 일사 산출에 관한 연구가 이루어지고 있다. 그러나 이를 국내에 그대로 적용하기에는 다소 무리가 있다. 따라서 본 연구에서는 일사량이 측정되고 있지 않는 지역의 일사량 데이터 산출을 위한 기초자료 마련을 위해, 운량데이터를 이용한 비교적 간단한 일사량 산출 모델을 적용하여 일사가 측정되고 있는 국내 주요도시의 일사량데이터를 산출하여 비교, 분석하고자 한다.

2. 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 Czeplak¹⁾는 구름에 대한 정보를 기초로 일사량을 산출하는 방정식을 공식화 하였다.

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

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

그리고 이것을 Gul et. al.²⁾과 Muneer, Gu³⁾은 각 지역의 조건에 맞도록 방정식을 발전시켰다. 이를 정리하면 다음과 같다.

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

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

2) Gul M, Muneer T, 「Models for obtaining solar radiation from other meteorological data」, Solar Energy, pp. 99-108, 1998

3) Muneer T, Gul M. 「Evaluation of sunshine and cloud cover based models for generating solar radiation data」. Energy Conversion Management, pp. 461-82, 2000

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

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

3. 일사산출을 위한 데이터

운량 및 태양고도 데이터를 이용한 일사 산출은 서울, 부산, 울산에 대상으로 하였으며 자세한 내용은 다음과 같다.

3.1 산출대상 지역

국내에 적용하기 적합한지 평가하기 위하여 일사 및 운량이 모두 측정되고 있는 서울과 부산지역을 대상으로 일사산출을 위한 계수 산정을 실시한다. 그리고 여기서 산정된 계수를 일사가 측정되지 않는 울산지역에 대입하여 지역 간 거리에 따른 계수 및 이에 따른 산출 값의 차이를 평가한다.

표 1. 산출대상 지역

지역	위도(N)	경도(E)	고도(m)	측정데이터	
				일사	운량
서울	37.34	126.58	85.5	○	○
부산	35.06	129.02	69.2	○	○
울산	35.33	129.19	31.5	×	○

3.2 산출 데이터

일사산출에는 기상청(KMA)에서 제공된 20년간(1986-2005)의 시간별 일사데이터를 사용하였으며, 본 연구에서는 미래 기후변화와의 비교를 위해 일사데이터는 MJ/m²를 W/m²로 환산하며, 10분법으로 제공되는 운량데이터는 8분법(Octa)로 환산하여 사용하였다.

4. 지역별 CRM의 계수 산출

4.1 운량에 따른 일사량의 변화

일사가 측정되고 있는 서울, 부산의 운량데이터를 이용한 일사산출을 위해 각 지역의 운량, 태양고도에 따른 계수를 산정한다. 다음 [그림 1, 2]는 서울지역 태양고도 및 운량에 따른 일사량의 변화이다.

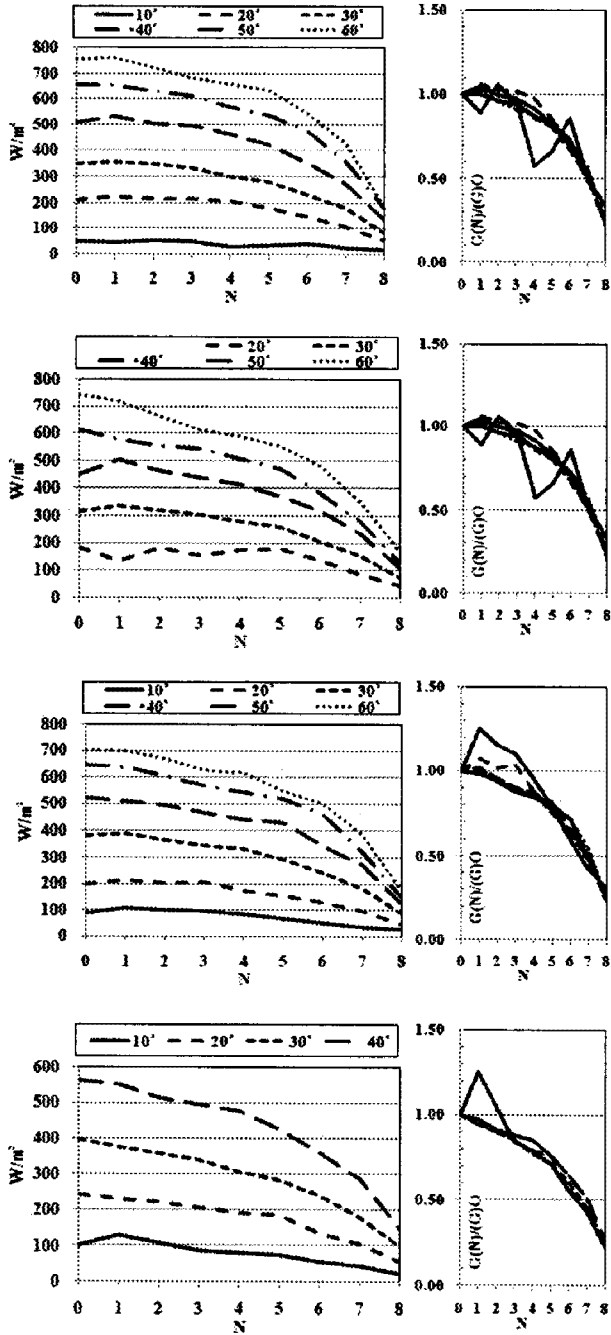


그림 1 태양고도 및 운량에 따른 일사량의 변화_서울 (위부터 봄-겨울)

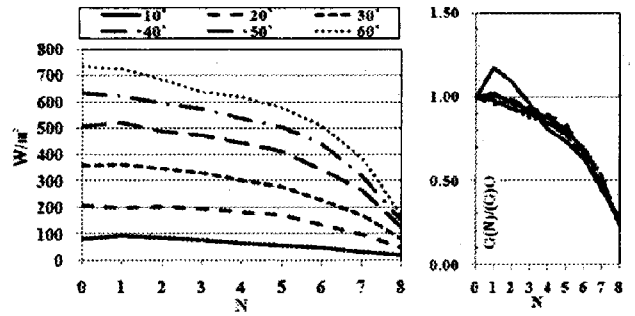


그림 2 태양고도 및 운량에 따른 일사량의 변화_서울 (1986-2005 평균)

구름이 없는 날의 일사에 대한 운량에 따른 일사의 변화량에 대한 비 $G(N)/G(0)$ 은 운량 $N=1$ octa에서 상승 후 $N=5$ octa까지 완만하게 감소되었다. 그리고 $N=8$ octa에서 약 0.25까지 떨어졌다.

다음 [그림 3]은 부산지역 태양고도 및 운량에 따른 계절별 변화이며, [그림 4]는 20년간(1986-2005)의 평균이다.

부산의 경우 $G(N)/G(0)$ 은 운량 $N=1$ octa에서 상승 후 $N=8$ octa에서 약 0.23까지 감소하여 서울과 유사한 변화를 보였다.

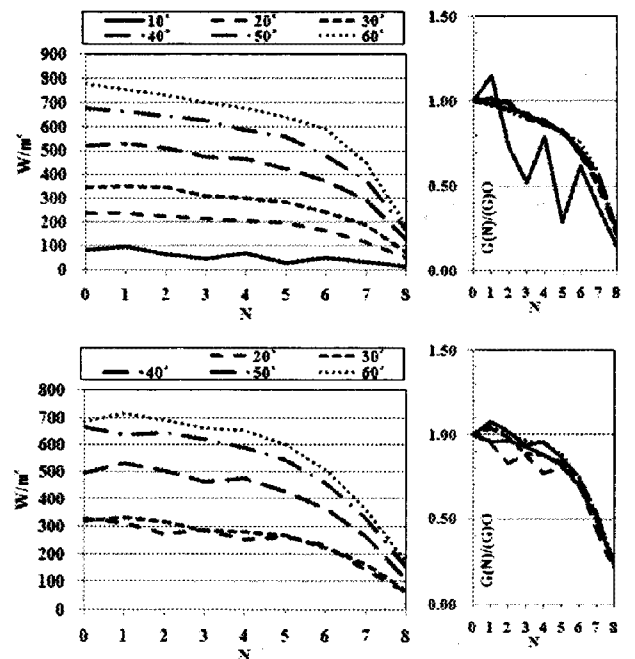


그림 3 태양고도 및 운량에 따른 일사량의 변화_부산 (위부터 봄-여름)

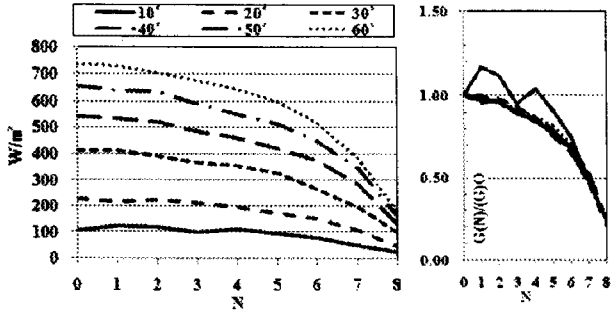


그림 3-1 태양고도 및 운량에 따른 일사량의 변화_부산 (위부터 가을-겨울)

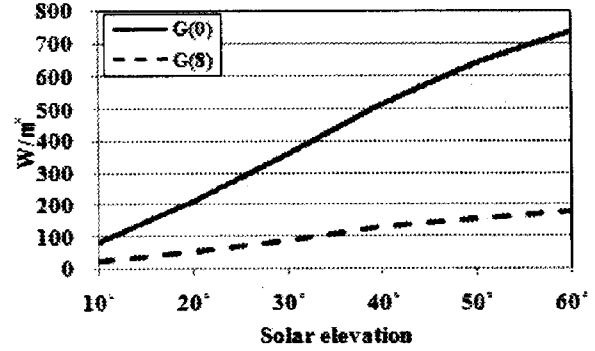
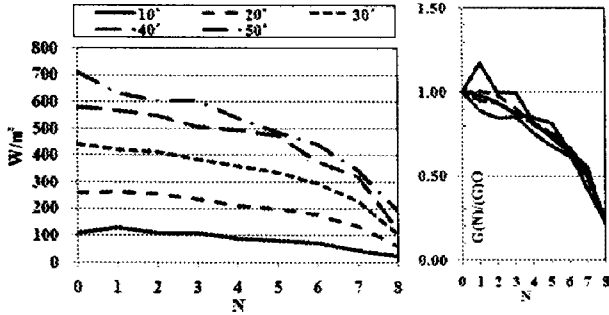


그림 5 태양고도가 일사에 미치는 영향_서울

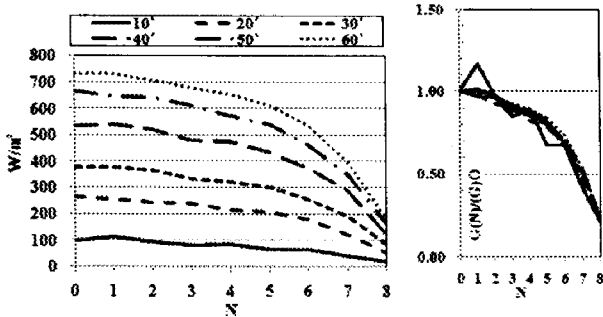
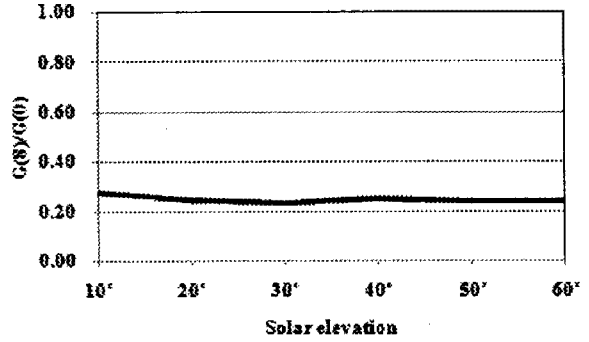


그림 4 태양고도 및 운량에 따른 일사량의 변화_부산 (1986-2005 평균)

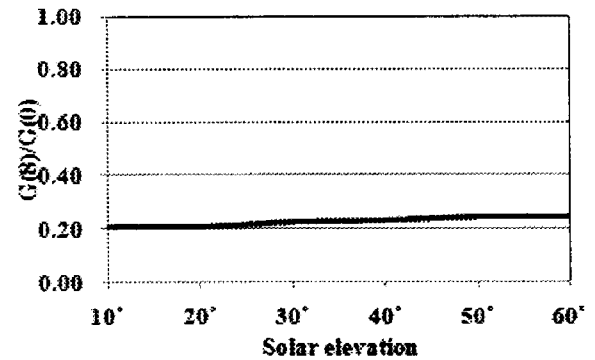
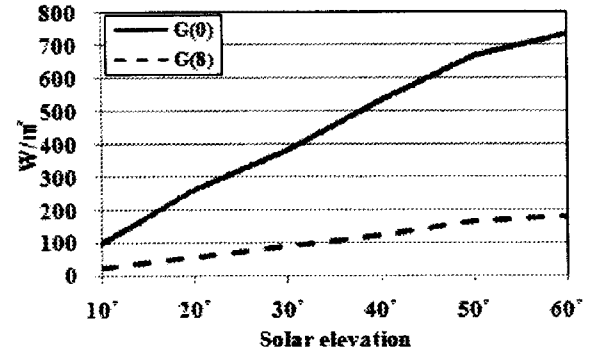


그림 6 태양고도가 일사에 미치는 영향_부산

4.2 태양고도에 따른 일사의 변화

태양고도에 따른 일사량의 변화를 검토하기 위해 운량이 N=1octa, 8octa 일 때 서울과 부산의 일사량 변화를 살펴보면 다음 [그림 5, 6]과 같다.

[그림 5, 6]과 같이 태양고도가 일사에 미치는 영향은 운량에 비해 미비한 것으로 나타났다. 구름이 없는 날(N=0octa)에는 맑은 날(N=8octa)에 비해 다소 큰 변화를 보였다.

5. CRM에 의한 일사 산출결과

5.1 측정 및 산출일사의 상관관계

위의 과정을 통해 산출된 각 지역의 산출계수를 대입한 산출일사(fitted calculated)와 Fritz Kasten에 의해 제안된(독일 Hamburg 지방(1964-1975))계수를 대입하여 산정된 본래의 산출계수(original calculated)를 대입할 경우의 산출일사를 측정된 일사(measured)와 비교해 보면 다음 [그림 7]과 같다.

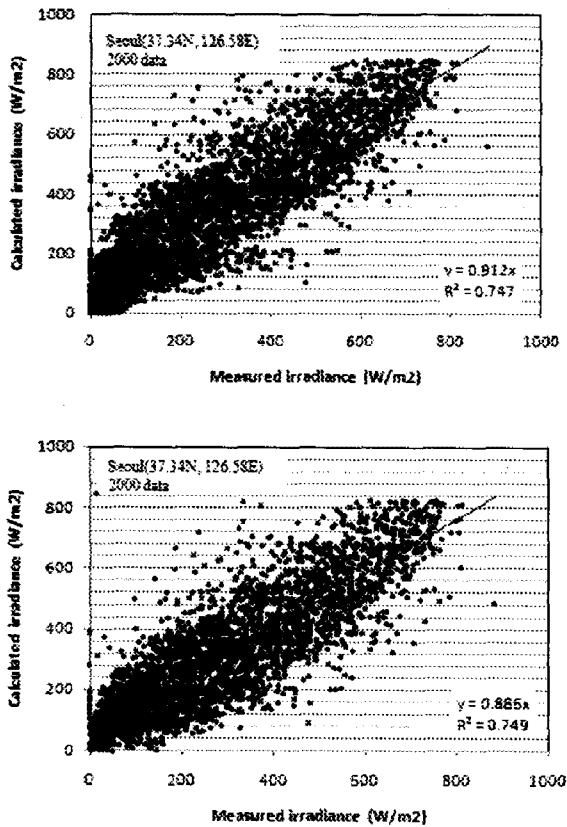


그림 7 측정일사와 산출일사(Original, Site-fitted)의 비교_서울

Original 계수에 비해 site-fitted의 경우 R^2 (coefficient of determination: 결정계수)의 값은 각각 0.747, 0.749로 나타나 두 경우 모두 측정 일사와 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 또한, 부산의 경우에는 각각 0.817, 0.819로 나타나 강한 상관관계가 있는 것으로

나타났다. 결론적으로 Original과 site-fitted 모두 측정 일사와 상관관계가 높은 것으로 나타났으므로, Original 값을 사용하여 일사를 산출하여도 큰 무리는 없을 것으로 판단된다.

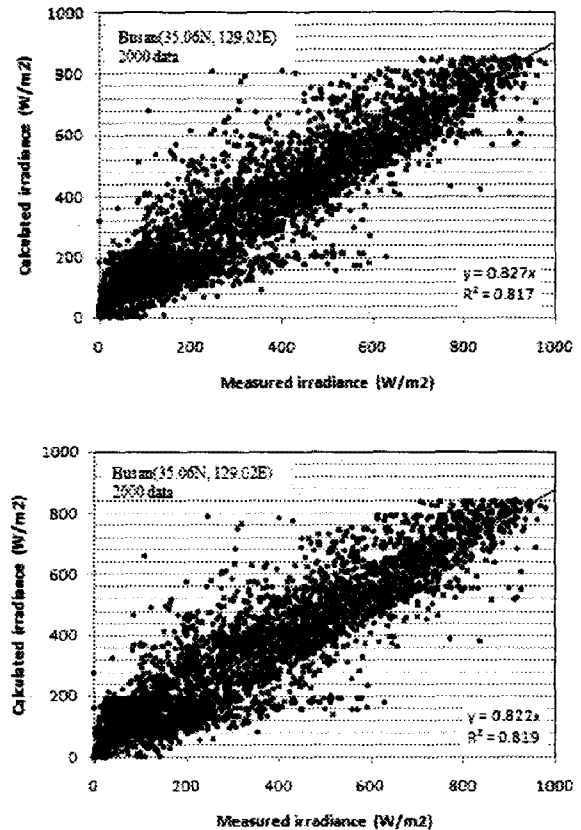


그림 8 측정일사와 산출일사(Original, Site-fitted)의 비교_부산

5.2 울산지역의 일사산출

서울과 부산지역을 대상으로 산정된 산출계수를 일사가 측정되지 않는 울산지역에 대입하여 일사를 산출한 결과 부산의 산출계수 대입 시 20년간 월평균 일사가 약 380W/m^2 높은 것으로 나타났다. 이는 울산과의 서울, 부산 간 거리에 따른 것으로 판단된다. 따라서 일사가 미측정 되는 지역의 일사 산출을 위한 산출계수는 그 지역의 위치 및 지형적 관계도 고려해야 할 것으로 사료된다.

그 결과는 다음 [그림 9]와 같다.

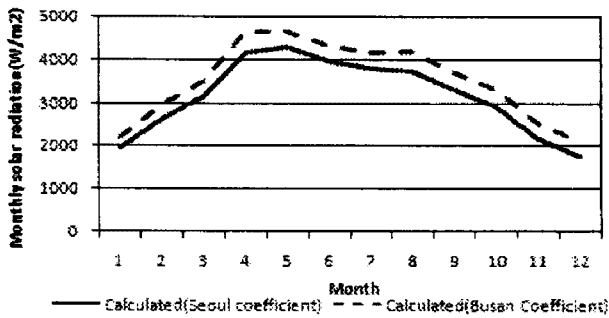


그림 9 서울, 부산의 산출계수를 이용한 울산의 일사

5. 결론

일사데이터는 그 필요성에도 불구하고 장비 및 기술의 부족으로 인해 많은 지역에서 측정되고 있지 않다. 따라서 국외에서 많은 연구가 이루어진 다양한 일사산출 방법을 국내에 적용해 봄으로써, 국내 일사산출에 적합한지에 대한 평가가 이루어져야 할 것이다. 이에 대한 결론은 다음과 같다.

- (1) 운량에 따른 일사량의 비는 $N=8\text{octa}$ 일 때 서울과 부산에서 약 0.25, 0.23으로 각각 나타나 일사량에 운량이 미치는 영향이 큰 반면, 태양고도가 일사에 미치는 영향은 운량의 영향에 비해 미비한 것으로 판단된다. 그러나 $N=0\text{octa}$ 와 8octa 의 차이만을 볼 때는 큰 것으로 나타났다.
- (2) 본 연구에서 산정된 산출계수를 대입한 서울, 부산지역의 산출일사(fitted calculated)와 Fritz Kasten에 의해 제안된(독일 Hamburg 지방(1964-1975)을 대상으로 산정된 본래의 산출계수(original calculated))계수를 대입한 산출 일사를 측정된 일사(measured)와 비교해 본 결과 두 지역에서 모두 상관관계가 있거나, 상관관계가 강한 것으로 나타났다.
- (3) 서울과 부산지역에서 산정된 산출계수를 일사 미측정 지역인 울산에 대입하여 일사를 산출한 결과 부산의 산출계수 대입 시 20년간의 월평균 일사가 약 380W/m^2 높은 것으로 나타났다. 따라서 일사가 미측정 되는 지역의 일사 산출을 위한 산출

계수는 그 지역의 위치 및 지형적 관계를 고려하여야 할 것으로 사료된다.

후 기

이 논문은 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, 「표준기상데이터 형식 분석 및 TRY 가중치 적용」, 한국태양에너지학회논문집, 27(4), pp. 154-165, 2007
4. 유호천 외, 「TRY 방법론에 의한 표준일사데이터 평가」, 한국생태환경건축학회논문집, 7(6), pp. 23-28, 2007
5. Fritz Kasten and Gerhard Czeplak, 「Solar and Terrestrial Radiation Dependent on the Amount and Type of Cloud」, Solar Energy, pp. 177-89, 1980
6. Moncef Krarti et al, 「Development of solar radiation models for tropical locations」, ASHRAE 2006
7. Gul M, Muneer T, 「Models for obtaining solar radiation from other meteorological data」, Solar Energy, pp. 99-108, 1998
8. Muneer T, Gul M. 「Evaluation of sunshine and cloud cover based models for generating solar radiation data」. Energy Conversion Management, pp. 461-82, 2000