[논문] 한국태양에너지학회 논문집 *Vol.* 28, No. 4, 2008
Journal of the Korean Solar Energy Society *ISSN* 1598-6411

국내 주요도시의 운량데이터를 이용한 전일사 산출 및 비교

유호천*, 이관호**, 박소희***

*울산대학교 건축학부(*hcyoo@mail.ulsan.ac.kr*), **울산과학대학 공간디자인학부(*ghlee@mail.uc.ac.kr*),
***울산대학교 건축학부 대학원(*changjo07@hanmail.net*)

Analysis of Data and Calculation of Global Solar Radiation based on Cloud Data for Major Cities in 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(*khlee@mail.uc.ac.kr*),
****School of Architecture*, *Graduate School*, University of Ulsan(*changjo07@hanmail.net*)

Abstract

Estimation of typical solar radiation is very important for the calculations concerning many solar applications. But solar radiation measurements are not easily available because of the expensive measuring equipment and techniques required. Accordingly, for regions where no solar radiation is measured, solar radiation need to be estimated using other meteorological data. However, currently in Korea, there is no study on how to do this. In this paper, the global radiation of the six major cities in South Korea where the global radiation is measured using comparatively simple CRM model was calculated compared and analyzed. The comparison between the original coefficient and the site-fitted coefficient for these cities are as follows. Differences between the site-fitted coefficient and the original coefficient for six cities are small. Except for Gwangju, both calculations show strong correlation. In case of Seoul, the R^2(coefficient of determination) were 0.747 and 0.749. In case of Busan and Daegu the figures were 0.817, 0.819 and 0.820, 0.821 respectively. For Gwangju, these were 0.618 and 0.622, Thus, the site-fitted coefficients were slightly higher for these four cities. On the other hand, Daejeon and Incheon was reported 0.773, 0.772 and 0.785, 0.783, respectively.

*Key*words : 수평면일사량(*Global solar horizontal irradiation*), 태양고도(*Solar altitude*), 운량(*Cloud amount*), CRM(*Cloud Radiation Model*)

투고일자 : 2008년 05월 21일, 심사일자 : 2008년 05월 22일, 게재확정일자 : 2008년 07월 28일
교신저자 : 유호천(*hcyoo@mail.ulsan.ac..kr*)

기 호 설 명

I_G : 수평면 전일사량(W/㎡)
I_{GC} : 맑은 날 수평면 전일사량(W/㎡)
I_D : 산란 일사량(W/㎡)
N : 운량(Octa)
α : 태양 고도(degree)
A, B, C, D : 산출계수
R^2 : 결정계수

1. 서 론

태양에너지는 미래를 위한 대체에너지로 가장 주목받고 있다. 그 결과 국내외의 각 분야에 걸쳐 여러 가지 연구가 활발하게 진행 중이다. 태양에너지의 이용을 위해서는 각 지역에 대한 정확한 일사자료가 우선적으로 확보되어야 한다. 특히 건축물 에너지절약설계를 위한 건물 에너지 해석을 위한 프로그램의 사용 등 대체에너지 시스템의 건축물 적용이 확대되고 있는 시점에서 이의 정확한 효과분석을 위해 일사량 데이터의 마련은 선결조건이다.

그러나 일사량 측정은 선진국에 집중되어 있으며, 선진국 내에서도 일부지역에 편중되어 있는 실정이다.[1] 이와 같은 현상에 대응하고자 일사 외의 기상데이터를 이용한 일사 산출에 관한 연구가 이루어지고 있으며. 대표적으로 운량과 일조시간 데이터가 이용되고 있다. 국내의 경우 일사량은 22개 지점에서만 측정되고 있는 반면, 운량과 일사데이터의 경우 각각 42개, 79개 지점에서 측정되고 있다.

따라서 본 연구에서는 일사량이 측정되고 있지 않는 지역 및 누락된 일사데이터 산출을 위한 기초자료 마련을 위해, 일사산출을 위한 여러 가지 모델 중 운량데이터를 이용한 비교적 간단한 일사량 산출 모델을 적용하여 일사를 산출하고자 한다. 이를 위해, 각 지역별 운량 및 태양고도를 이용하여 산출계수를 산정하고, 이를 대입하여 일사가 측정되고 있는 6개 주요도시의 일사량데이터를 산출하여 실측값과 비교, 분석한다.

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

구름의 양(운량)은 하늘의 상태를 알려주기 위해 사용된다. 구름이 전혀 없는 청명한 상태는 0*octa*, 구름이 하늘을 완전히 덮은 상태를 8*octa*라 한다. *Kasten and* Czeplak[2]는 이러한 구름에 대한 정보를 기초로 일사량을 산출하는 방정식을 공식화 하였다.

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

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

그리고 이를 *Gul et. al.*[3]과 M*uneer*, *Gul*[4]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.

3. 일사산출을 위한 데이터

3.1 산출대상 지역

현재 운량은 본청(서울) 1개소를 비롯하여 총 42개소에서 측정되고 있으나, 일사의 경우 22개소에 불과한 실정이다. 본 논문에서는 서울 및 5개 광역시를 대상으로 운량을 이용하여 일사를 산출하여 실측값과 비교하고자 한다. 자세한 내용은 다음 [표 1]과 같다.

표 1. 산출대상 지역(original 지역 포함)

지역	위도 (°N)	경도 (°E)	고도 (m)	측정데이터	
				일사	운량
Hamburg	53.55	9.98	14	-	-
서울	37.34	126.58	85.5	○	○
부산	35.06	129.02	69.2	○	○
대구	35.53	128.37	57.8	○	○
대전	36.18	127.24	77.1	○	○
광주	35.08	126.55	70.9	○	○
인천	37.29	126.38	68.9	○	○

*고도 : 노장의 해발높이
(*Height of observation field above mean sea level*)

3.2 산출 데이터

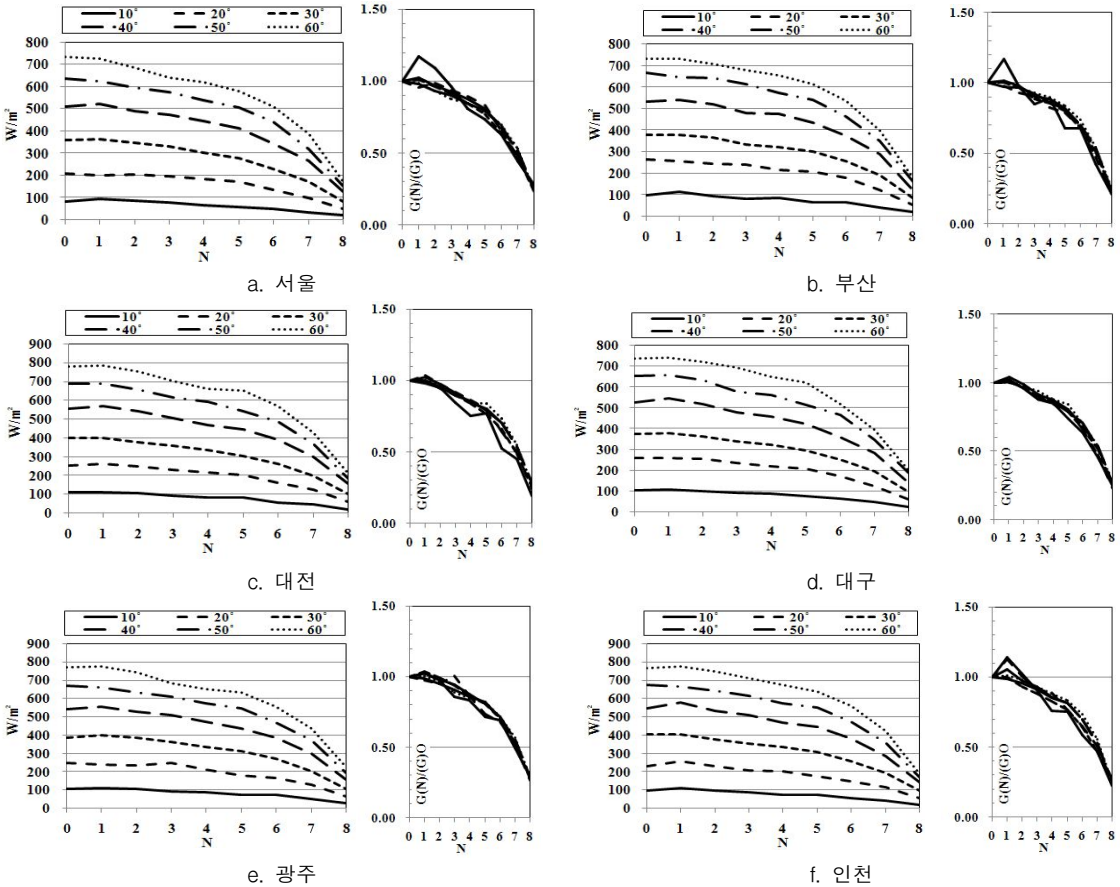
본 연구에서는 기상청(*KMA*)에서 제공된 20년간(1986-2005)의 운량 및 일사의 시간별 데이터를 사용하였다.

일사데이터는 MJ/㎡를 W/㎡로 환산하며, 10분법으로 제공되는 운량데이터는 8분법(*Octa*)으로 환산하여 사용하였다.

4. 지역별 CRM의 계수 산출

4.1 운량에 따른 일사량의 변화

일사가 측정되고 있는 서울 외 5개 지역의 태양고도(α) 및 운량(N:*octa*)에 따른 일사의 변화량에 대한 회귀방정식을 통해 식(4)의 계수C, *D*를 산정한다.



a. 서울 b. 부산 c. 대전 d. 대구 e. 광주 f. 인천

그림 1. 각 지역별 태양고도 및 운량에 따른 일사량의 변화(1986-2005 평균)

표 2. 각 지역별 태양고도 및 운량이 일사에 미치는 영향(20-yr, 1986-2005)

지역	운량(*octa*)	태양고도에 따른 일사량(W/㎡)					
		10°	20°	30°	40°	50°	60°
서울	0	79.80	208.64	360.41	510.84	637.97	734.08
	8	22.12	50.63	84.41	127.80	151.83	174.24
	G(8)/*G*(0)	0.28	0.24	0.23	0.25	0.24	0.24
부산	0	99.19	263.56	379.58	535.09	666.91	733.34
	8	20.55	54.58	86.34	122.05	162.73	179.19
	G(8)/*G*(0)	0.21	0.21	0.23	0.23	0.24	0.24
대전	0	109.89	253.01	398.37	555.14	688.10	779.67
	8	21.28	61.60	101.59	157.45	185.40	211.96
	G(8)/*G*(0)	0.19	0.24	0.26	0.28	0.27	0.27
대구	0	104.07	260.29	374.84	525.59	665.83	738.05
	8	25.82	60.43	94.71	141.57	174.76	200.60
	G(8)/*G*(0)	0.25	0.23	0.25	0.27	0.26	0.27
광주	0	108.29	246.11	387.95	541.21	670.42	771.47
	8	31.51	65.65	109.08	156.89	192.78	225.11
	G(8)/*G*(0)	0.29	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29
인천	0	97.23	229.46	403.19	549.22	674.95	765.47
	8	21.91	57.33	95.90	145.17	169.13	189.68
	G(8)/*G*(0)	0.23	0.25	0.24	0.26	0.25	0.25

표 3. 각 지역별 CRM 계수(original 지역 포함)

지역	A	B	C	D
Hamburg	910	30	0.75	3.4
서울	963	106	0.75	2.6
부산	930	64	0.77	2.9
대전	984	76	0.75	2.6
대구	928	64	0.74	2.7
광주	969	77	0.72	2.7
인천	988	89	0.75	2.5

위의 [그림 1]에서 운량에 따른 일사의 변화량에 대한 비 *G*(N)/*G*(0)은 운량 N=1*octa*에서 상승 후 N=5*octa*까지 완만하게 감소되었다. 그리고 N=8*octa*에서 약 0.23에서 0.28까지 감소하여 6개 지역에서 유사한 경향을 보였다. 따라서 태양고도에 따른 일사량의 차이는 있으나, 운량에 따른 감소율은 유사한 것으로 나타났다.

4.2 태양고도에 따른 일사량의 변화

태양고도 및 운량의 유무에 따른 일사량의 변화를 검토하기 위해 운량이 N=0*octa*, 8*octa* 일 때 각 지역의 일사량 변화를 살펴보면 위의 [표 2]와 같다. [표 2]와 같이 하늘이 구름으로 덮인 날(N=8*octa*)의 일사량은 구름 없는 청명한 날(N=0*octa*)의 약 25% 정도로 측정된다. 그러나 지역적으로는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

5. CRM에 의한 일사 산출결과

1980년 Fritz Kasten에 의해 최초 제안된 (독일 Hamburg 지역의(1964-1975))계수(*original coefficient*)[5]를 대입하여 산정한 산출 일사와 본 연구에서 각 지역별 태양고도 및 운량데이터를 통해 산정한 각 지역의 산출계수(*site-fitted coefficient*)[표 3]를 대입하여 산출한 일사를 실측된 일사(*measured data*)와 비교해 보면 다음 [그림 2,

3]과 같다. 서울의 경우 *Original* 계수에 의한 산출 일사와 *site-fitted* 계수의 대입에 따른 일사의 R^2(*coefficient of determination*: 결정계수) 값은 각각 0.747, 0.749로 나타나 두 경우 모두 서울의 실측 일사와 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 또한, 부산은 0.817, 0.819, 대전은 0.773, 0.772, 대구는 0.820, 0.821, 광주는 0.618, 0.622 그리고 인천은 각각 0.785, 0.783으로 나타나, *original*과 *site-fitted* 모두 실측 일사와 상관관계가 있거나, 높은 것으로 나타났다.

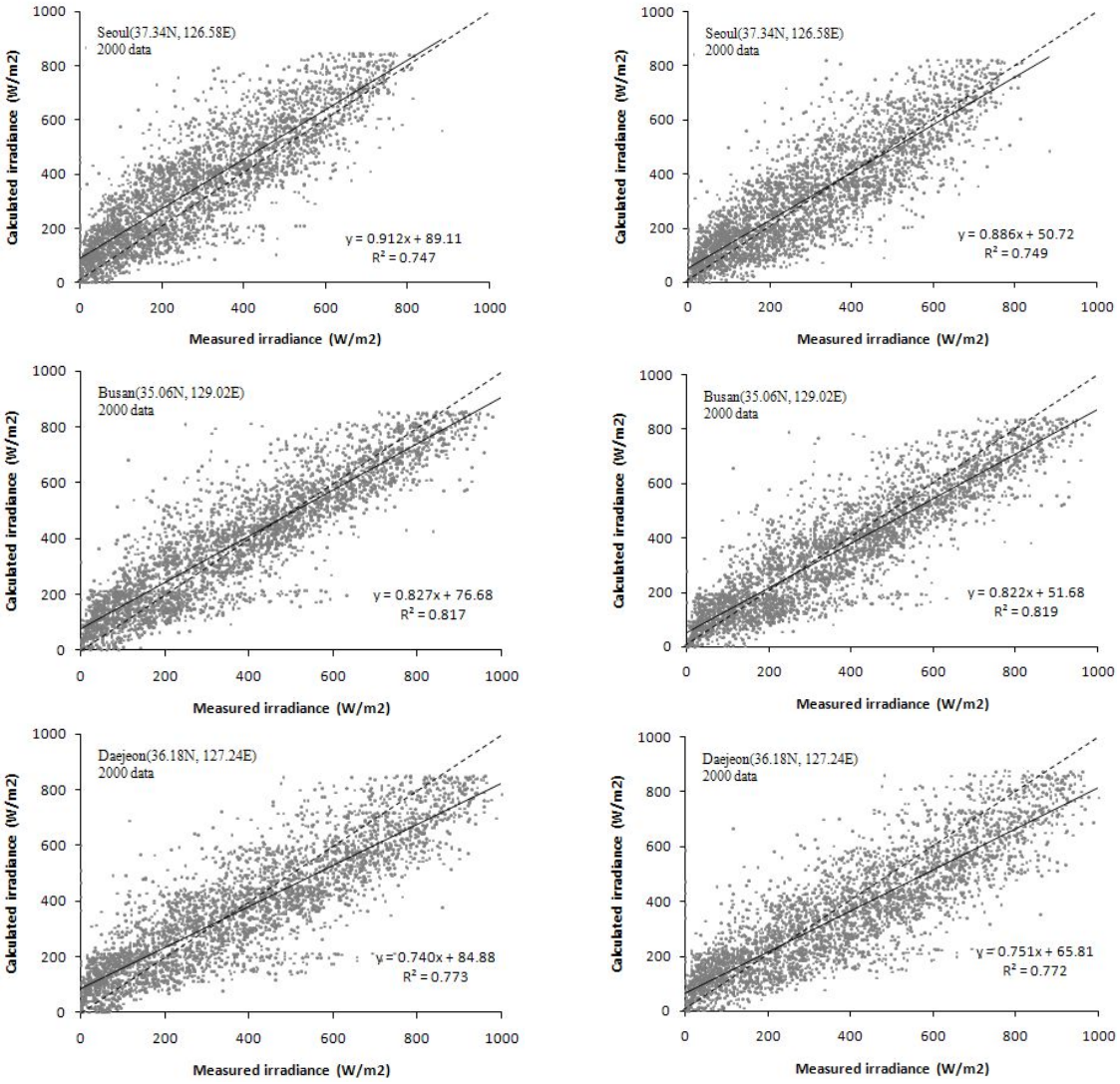


그림 2. 지역별 실측일사와 산출일사(좌:Original vs 우:Site-fitted)의 시간당 데이터 비교 (위부터:서울,부산,대전)_2000년

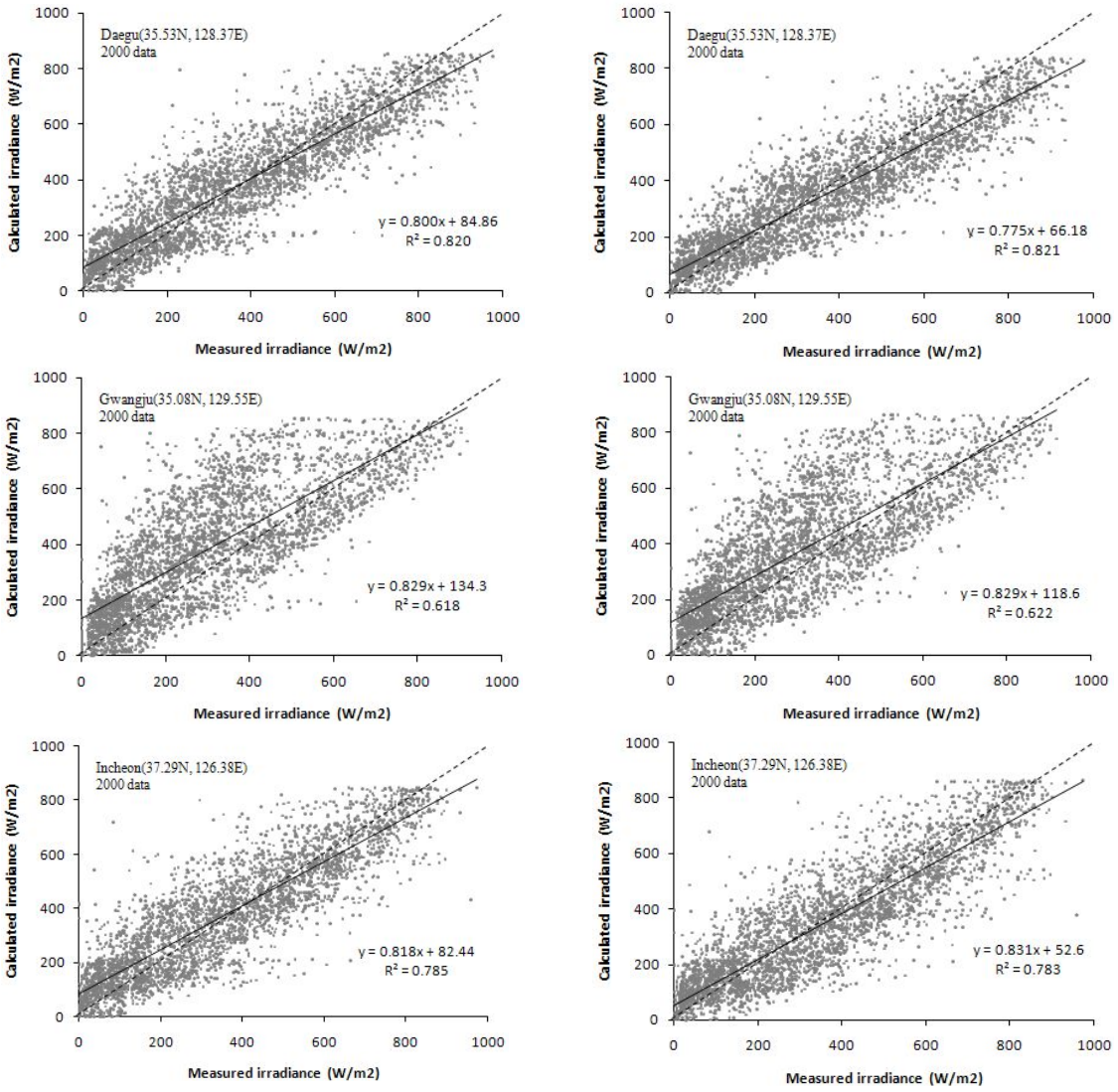


그림 3. 지역별 실측일사와 산출일사(좌:Original vs 우:Site-fitted)의 시간당 데이터 비교
(위부터:대구,광주,인천)_2000년

결론적으로, 대전과 인천지역을 제외한 나머지 4개 지역에서는 *site-fitted* 산출계수 대입 시 보다 개선된 결과 값을 산출할 수 있다.

그러나 *Kasten and Czeplak*에 의해 제안된 함부르크 지역의 *original* 산출계수를 적용할 경우에도 꽤 만족할만한 결과 값을 산출할 수 있는 것으로 나타났다.[3]

6. 결 론

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 평

가가 이루어져야 할 것이다. 이에 대한 결론은 다음과 같다.

(1) 운량에 따른 일사의 변화량에 대한 비 G(N)/G(0)은 운량 N=1octa에서 상승 후 N=5octa까지 완만하게 감소되었다. 그리고 N=8octa에서 약 0.23에서 0.28까지 감소하여 6개 지역에서 유사한 경향을 보였다. 따라서 태양고도에 따른 일사량의 차이는 있으나, 운량에 따른 감소율은 유사한 것으로 나타났다.
(2) 태양고도 및 운량의 유무에 따른 일사량의 변화를 검토하기 위해 운량이 N=0, 8octa일 때 각 지역의 일사량 변화를 살펴보면, 하늘이 구름으로 덮인(N=8octa) 날의 일사량은 구름 없는 청명한 날(N=0octa)의 약 25% 정도로 측정된다. 그러나 지역적으로는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.
(3) 1980년 Fritz Kasten에 의해 최초 제안된 독일 함부르크 지역의 계수(original coefficient)를 대입하여 산정한 산출 일사와 본 연구에서 각 지역별 태양고도 및 운량데이터를 통해 산정한 각 지역의 산출계수(site-fitted coefficient)를 대입하여 산출한 일사를 실측된 일사(measured data)와 비교해 본 결과 6개 지역에서 모두 상관관계가 있거나, 상관관계가 강한 것으로 나타났다.
특히, 6개 지역에 original 계수 대입시 꽤 만족할 만한 결과가 도출되었다.
(4) 본 연구를 통해 산출되어진 일사데이터는 손실된 일사데이터의 보완 및 일사가 측정되지 않는 지역의 일사산출을 통해 표준기상데이터 정립을 위한 기초자료로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

본 논문에서는 구름의 양에 의존한 비교적 간단한 계산식을 적용하여 각 지역의 일사를 산출하였다. 그러나 보다 정확한 일사 데이터의 산출을 위해 구름의 형태 및 각 층별 구름의 양에 따른 일사량의 변화를 고려할 필요가 있으므로, 추후 연구에서는 이를 고려한 일사의 산출이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

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. S Younes, Muneer T,「Improvements in solar radiation models based on cloud data」, Building Service Engineering Research Technology, pp. 41-54, 2006
2. Fritz Kasten and Gerhard Czeplak,「Solar and Terrestrial Radiation Dependent on the Amount and Type of Cloud」, Solar Energy, pp. 177-89, 1980
3. Gul M, Muneer T,「Models for obtaining solar radiation from other meteorological data」, Solar Energy, pp. 99-108, 1998
4. Muneer T, Gul M.「Evaluation of sunshine and cloud cover based models for generating solar radiation data」. Enery Conversion Management, pp. 461-82, 2000
5. Moncef Krarti et al,『Development of solar radiation models for tropical locations』, ASHRAE 2006
6. 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
7. 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
8. 유호천 외,「표준기상데이터 형식 분석 및 T

RY 가중치 적용」, 한국태양에너지학회논문집, 27(4), pp. 154-165, 2007
9. 유호천 외, 「TRY 방법론에 의한 표준일사데이터 평가」, 한국생태환경건축학회논문집, 7(6), pp. 23-28, 2007
10. 유호천 외, 「서울지역의 표준기상데이터 산출방법론 비교」, 한국태양에너지학회논문집, 28(2), pp. 10-18, 2008