

하절기 도시 유형별 복사특성 관측과 분석 - 대구광역시와 인근 4개 지역을 중심으로 -

Observation and Analysis of Radiation Characteristics According to the Type of City During the Summer Season - Focus on the Daegu Metropolitan City and the Surrounding Four Regions -

최동호*† · 이부용** · 정형세***
Choi Dong-Ho*† , Lee Bu-Yong** and Jeong Hyeong-Se***

(Received 17 February 2015 ; accepted 6 April 2015)

Abstract : The purpose of this study is to understand the characteristics of urban climate in several cities, from observing radiation according to wavelength band(UV, short and long wave radiation). Observation start from 5 May to 31 August 2013. The followings are the main results from this study. 1) In every observation area, greater amounts of short-wave radiation have been recorded in May compared to June. Even though the highest solar elevation occurs in June, May sees clearer days, which has attributed to the outcome. 2) The analysis concerning the correlation between ultraviolet radiation and shortwave radiation have revealed that regions closer to the Daegu area have stronger correspondence. 3) The time series of daily long-wave radiation shares a similar tendency with the time series of air temperature, and the maximum value was recorded at 14:00 and 15:00.

Key Words : 단파복사(Short-wave radiation), 자외복사(UV radiation), 장파복사(Long-wave radiation), 상관도 분석(Correlation analysis), 도시기후(Urban climate)

1. 서 론
도시기후는 그 지역 대기의 종합적인 상태가 반영되어 나타나는 현상으로 그 지역 고유의 환경요인에 따라 결정된다. 이에 대한 해석을 위해서는 관측을 통한 정량화와 객관화 그

*† 최동호(교신저자) : 대구가톨릭대학교 건축학부
E-mail : dhchoi2@cu.ac.kr, Tel : 053-850-2733

**이부용 : 대구가톨릭대학교 환경과학과

***정형세 : 대구가톨릭대학교 대학원 건축학과

*† Choi Dong-Ho(corresponding author) : Department of Architecture, Catholic University of Daegu.

E-mail : dhchoi2@cu.ac.kr, Tel : 053-850-2733

**Lee Bu-Yong : Department of Environmental Science, Catholic University of Daegu.






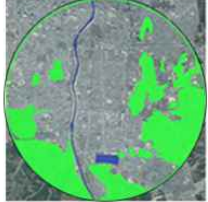







***Jeong Hyeong-Se : Department of Architecture, Graduate School, Catholic University of Daegu.

리고 분석이 필요하다. 이를 위해 지금까지는 주로 관측이 용이한 기온, 상대습도 그리고 단파복사 중심으로 관측과 연구가 이루어졌다. 그러나 도시기후에 대한 보다 정확한 이해를 위해서는 폭넓은 파장대별 복사환경 관측과 해석의 필요성이 기존 연구^{1),2)}에서 확인한 바 있어 이에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다. 이러한 최근의 연구사례^{3),4)}로 지역적 환경이 상이한 두 지역(도심과밀지역과 교외지역)을 대상으로 시각에 따른 분포특성을 파장대별로 분리하여 복사해석관점에서 파악한 연구가 있었으며, 이를 통해 서로 인접한 동일 영향권의 두 지역간 국지적인 기후특성을 확인할 수 있었다. 그러나 이러한 연구들은 인접 지역 두 도시만을 대상으로 한 연구로 거리가 떨어진 원격지의 여러 지역들에서 지역간 상관도와 도시기후 특징을 파악하고 비교한 연구 사례는 발표되지 않고 있다. 그래서

이들 지역의 기후 형성과 특성을 이해하고 현상을 파악하는 관점에서 파장대별 복사성분 관측을 바탕으로 한 도시들에 대한 해석연구는 매우 필요한 것으로 사료된다.

한편 관측현황을 살펴보면 국내의 경우 현재 관측 중인 복사요소는 단파복사 성분에 국한하여 관측되고 있을 뿐, 자외복사와 장파복사는 관측이 이루어지지 않고 있다. 그리고 지역간의 기상요소 비교연구에서 기온, 상대습도와 같이 일반적인 요소에 대해서는 연구가 이루어졌으나 단파, 자외, 장파복사와 같은 파장별 복사성분은 사실상 관측과 검토대상에서 제외되었다. 그러나 외국의 경우 단파복사와 자외복사를 관측하여 이들 요소간의 상관도를 분석한 연구⁴⁾ 등 다양한 복사관련 연구들이 발표된 바 있다. 따라서 본 연구에서는 선행 논문⁵⁾의 후속연구로써 대구광역시와 도시유형이 상이한 인근 4개 지역(전원, 전자, 역사문화, 철강)의

Table 1. Distribution of the green space around observation sites

항목	대구	하양	구미	경주	포항
성격	광역시(도심)	교외지역(전원)	전자산업	역사문화 관광도시	철강산업
위치	대구 수성구 황금동	경북 경산시 하양읍	경북 구미시 공단동	경북 경주시 북부동	경북 포항시 대도동
대구 중심	0 Km	18 Km	33 Km	54 Km	69 Km
관측 지점 전경					
항공 사진에서의 녹지면적					
	 녹지	 수변	 인공피복면		
	녹지: 야산 및 공원 등 수목으로 구성된 녹지면, 수변: 하천 및 저수지, 논, 밭으로 조성된 영역, 인공: 녹지·수변 이외의 영역 * 관측지에서 반경 3km로 설정하여 분석한 영상자료임.				

도시기후특성을 단파, 자외, 장파복사의 복사 환경 중심으로 관측을 통해 지역간 거리에 따른 상관도 분포특성을 분석하고 그 결과를 정리하였다.

2. 관측 개요

2.1 관측장소와 관측환경

관측대상지역은 선행 논문⁵⁾의 관측지와 동일하게 대구광역시, 대구광역시 인근 교외지역(경산시 하양읍), 구미(전자산업도시), 경주(역사문화 관광도시), 포항(철강산업도시)의 총 5개 도시를 관측대상으로 하였다.

관측지역들의 환경특성을 알아보기 위해 Table 1과 같이 관측지점을 중심으로 반경 0.5~3.0km 이내의 영역을 녹지, 수변, 인공피복면으로 분류하여 그 각각에 대한 면적분포를 나타내었다. 반경 0.5km 이내에는 교외지역만이 녹지지역 40%, 인공 60%로 나타났고 나머지 관측지역들은 인공피복면 100%로써

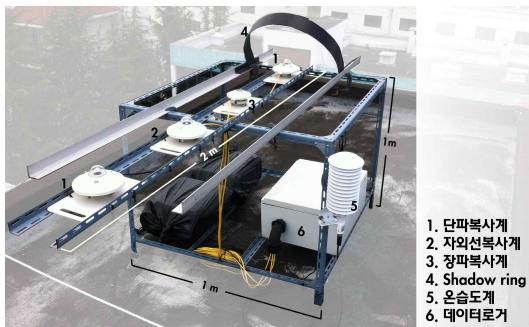


Fig. 1 Installation view of observation instruments

그 지역적인 환경특성의 차이를 명확히 확인할 수 있었다. 또한 이보다 반경이 커짐에 따라 인공피복면이 차지하는 비율이 교외지역(경산시 하양읍)에 비해 4개 관측지역 모두 상대적으로 줄어드는 경향이 있다. 다섯 개의 모

든 관측지역들에서 전체 영역에 대한 인공피복면적이 차지하는 비율은 하양 10.3~60%, 경주 22.1~100%, 구미 63.9~100%, 포항 65.2~100%, 대구 68.5~100%의 순으로 높게 나타났다.

Table 2. Composition of observation instruments

항목	모델명 / 제조사
	과장 범위
기온·상대습도	HMP45C - L34 / VAISALA
단파복사	CMP6 / Kipp & Zonen
	과장범위: 285 ~ 2,800 nm
산란복사	CMP6 / Kipp & Zonen Shadow Ring / 자체제작
	과장범위: 285 ~ 2,800 nm
장파복사	CGR3 / Kipp & Zonen
	과장범위: 4,500 ~ 42,000 nm
자외선 복사	CUV5 / Kipp & Zonen
	과장범위: 280 ~ 400 nm
기록장치	Data Logger : CR1000 Campbell Scientific

Table 3. The monthly average short-wave radiation [단위: MJ]

구분	대구	하양	경주	구미	포항
5월	20.63	20.81	20.63	21.57	20.31
6월	18.50	18.33	17.25	19.38	17.77
7월	17.98	16.95	18.61	17.21	18.26
8월	18.93	19.07	19.76	18.93	19.42
평균	19.01	18.79	19.06	19.27	18.94

2.2 관측요소와 관측장비 구성

활용된 관측장비의 제원과 설치전경을 Fig. 1과 Table 2에 각각 나타내었다. 관측요소의 항목은 기온, 상대습도, 장·단파복사, 산란복사, 자외복사(UV)로 하였으며 복사관측은 상공에서 지면으로 향하는 하향성분 중심으로 관측하였다. 선행 논문⁵⁾에서는 기온, 상대습도, 수증기압을 중심으로 도시 유형별 대기요소를 분석하였으며, 본 논문은 전편의 연구를

바탕으로 도시 유형별로 장파복사, 단파복사, 자외복사(UV) 등의 복사환경 중심으로 분석하였다.

2.3 관측자료 분석방법

관측은 1년 중 태양고도가 가장 높은 하지를 전후한 2013년 5월 1일부터 동년 8월 31일까지 123일 중 결측된 7일을 제외한 116일 동안의 데이터를 수집하였다.

본 논문의 시각 기준은 시계열의 경우만 24시간 자료를 사용하여 나타내었으며, 그 외의 분석에서는 단파복사가 있는 06:25시부터 18:24시까지의 자료를 분석하였다.

관측 데이터의 지역 간 비교에서는 동시 관측 분석기법(Analysis method of same-time data)과 기존의 연구⁶⁾에서 유효성이 확인된 순위별 분석기법(Analysis method of rank data)으로 분석하였다.

3. 측정결과 및 고찰

3.1 단파복사

3.1.1 월별 단파복사와 시계열 분석

월별 단파복사 분석에서는 대구광역시의 남중시각(12:24)을 기준으로 오전과 오후 각각 6시간씩(06:25시~18:24시)을 분석시간으로 하여, 각 지역의 단파복사 월별 평균값을 Table 3에 나타내었다. 월별 단파복사는 모든 관측지에서 5월이 가장 높은 값을 나타내었으며, 이러한 결과는 5월이 대기 중의 수증기량이 가장 적어 맑은 날이 계속되기 때문으로 사료된다. 5월과 6월은 구미가 각각 21.6MJ, 19.4MJ로 가장 높게 나타났고, 5월에는 포항이 20.3MJ로 가장 낮은 값을 나타내었다.

한편 6월에는 경주가 17.3MJ로 가장 낮은 값을 나타내었다. 그리고 7월에는 경주가 18.6MJ로

관측지들 중에서 가장 높은 값을 나타내었으며, 구미가 17.2MJ로 가장 낮은 값을 나타냈다. 8월은 포항이 19.4MJ로 가장 높은 값을 나타냈고, 구미와 대구가 18.9MJ로 가장 낮은 값을 나타내었다. 이상의 결과를 종합하면 5월과 6월에는 구미가 관측지 중 가장 높은 값을 나타냈으나 7월과 8월은 가장 낮은 값을 나타내는 경향을 보였다. 월별 평균 단파복사량의 경우 구미(19.3MJ), 경주(19.1MJ), 대구(19.0MJ), 포항(18.9MJ), 하양(18.8MJ) 순으로 나타났다. 최대값을 나타낸 구미(19.3MJ)와 최소값을 나타낸 하양(18.8MJ)의 차이는 0.5MJ로 구미의 평균 복사값에 대해 2.5%에 해당되었다.

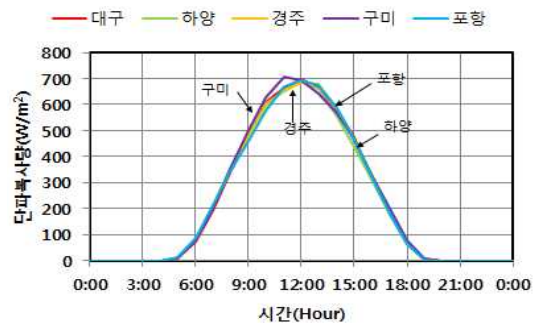


Fig. 2 The time series of short-wave radiation

한편, 지역별 단파복사의 시계열 분포(Fig. 2)를 살펴보면 모든 관측지에서 유사한 경향성을 띠는 것을 확인 할 수 있으며, 구미의 경우에만 11:00시를 기점으로 최고 단파복사값을 나타내었고, 나머지 4개 지역은 모두 12:00시에 최고 단파복사값을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 구미가 709.0W/m²로 가장 크게 나타났고 대구(696.1W/m²), 포항(691.7W/m²), 하양(689.9W/m²), 경주(684.9W/m²) 순으로 나타났다. 구미에서 1시간 이른 11:00시에 단파복사의 최고값을 나타낸 것에 대해서는 향후 추가적인 관측을 통한 검토가 필요한 것으로 사료된다.

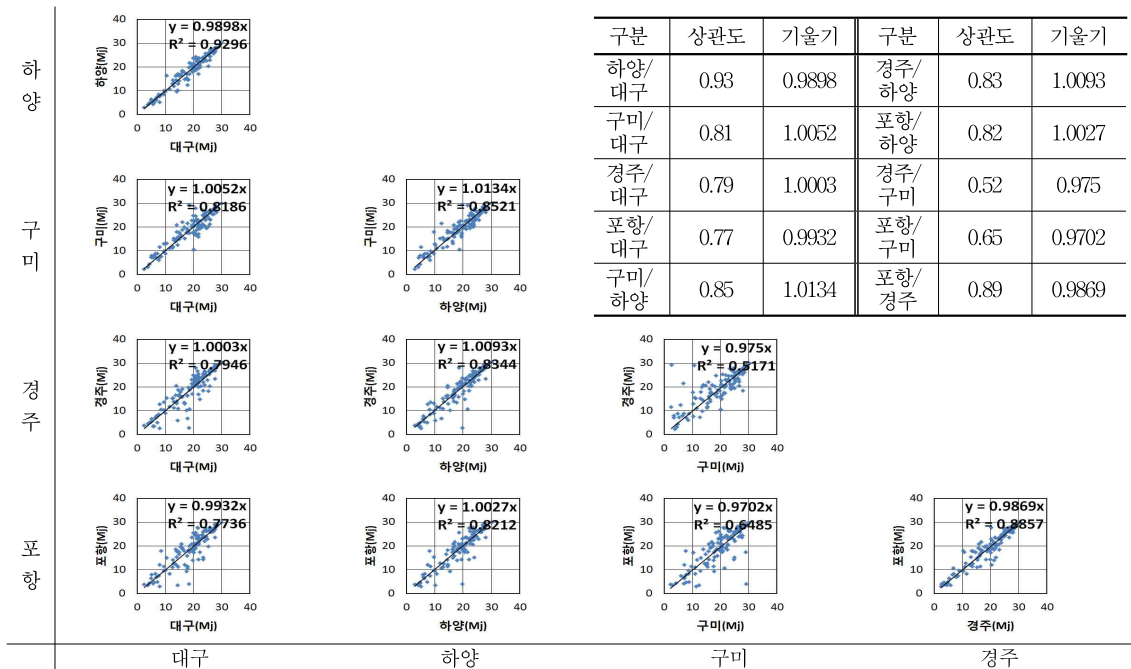


Fig. 3 Correlation of short-wave radiation(Analysis method of same-time data)

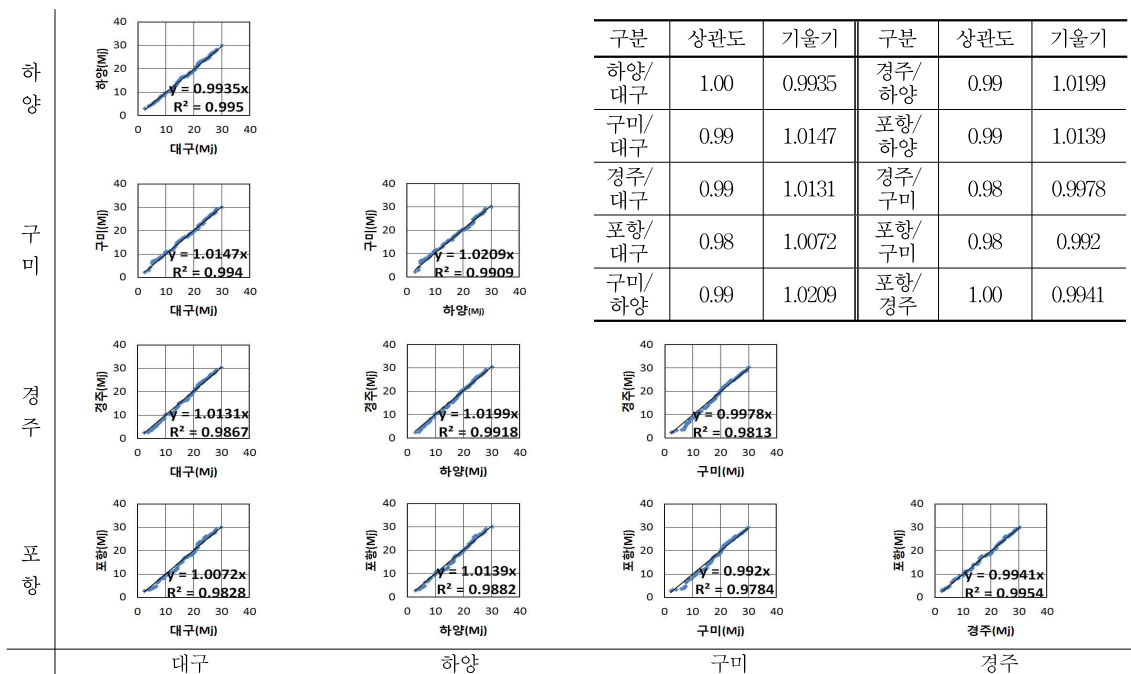


Fig. 4 Correlation of short-wave radiation(Analysis method of rank data)

3.1.2 단파복사 상관도 분석

한편, 분석방법에 따른 지역간 관계를 알아보기 위해 동시관측 분석기법(Fig. 3)과 순위별 분석기법(Fig. 4)으로 5개 관측지점에 대한 단파복사의 상관성을 분석하였다. 먼저, 동시관측 분석기법에서의 상관도 범위는 경주/구미가 가장 낮은 0.52이고 대구/하양이 0.93으로 가장 높게 나타났다. 그러나 두 지역간 거리가 가장 먼 포항/구미는 0.65로 경주/구미(0.52)보다는 높게 나타났다. 이러한 지역간의 상관도는 반드시 거리에 따라 선형적으로 감소하는 것이 아님을 확인할 수 있는 분석결과이다. 또한 동시관측 분석기법과 순위별 분석기법의 차이점을 살펴보면 상관도에서 앞서 분석한 동시관측 분석기법(0.52~0.93)보다 순위별 분석기법(0.98~1.00)적용시가 높게 나타나 지역간 비교에서 순위별 분석기법의 신뢰성이 현저히 높음을 확인할 수 있었다. 하지만 분석기법에 따른 각각의 상관식 기울기 값은 두 경우 0.9935~1.0209로 두 분석기법 간의 차이는 거의 없었다.

3.2 자외복사

3.2.1 월별 자외복사와 시계열 분석

월별 자외복사 분석에서는 대구광역시의 남중시각(12:24)을 기준으로 오전과 오후 각각 6시간씩(06:25시~18:24시)을 분석시간으로 하여 각 지역별 월별 평균값을 Table 4에 나타내었다. 각 관측지점에서의 월별 자외복사 변화폭은 경주(0.10MJ), 구미(0.07MJ), 포항(0.06MJ), 하양(0.05MJ), 대구(0.01MJ) 순으로 작게 나타났다. 또한 월별 평균 자외선복사량은 대구와 하양(0.88MJ), 구미(0.87MJ), 경주(0.85MJ), 포항(0.84MJ) 순으로 나타났다. 이러한 결과는 대기 중에 존재하는 미세입자와 수증기량에 대한 분석이 이루어져야 해석할 수 있을 것으로 사료된다.

다. 국내에서는 자외선에 대한 지역적인 관측 연구는 초기단계로 앞으로 계속해서 이에 대한 관측과 해석이 수반되어야 도시별 분포에 대한 원인규명이 가능할 것으로 사료된다.

Table 4. The monthly average UV radiation [단위: MJ]

구분	대구	하양	경주	구미	포항
5월	0.88	0.90	0.86	0.90	0.85
6월	0.87	0.88	0.79	0.88	0.81
7월	0.88	0.85	0.87	0.83	0.85
8월	0.88	0.90	0.89	0.88	0.87
평균	0.88	0.88	0.85	0.87	0.84

한편, 지역별 자외선의 시계열 분포(Fig. 5)를 살펴보면 일변화의 전체적인 변화의 패턴은 비슷한 것으로 확인되었다. 자외선복사의 최고값은 단파복사와 같이 12:00시와 13:00시 사이에 나타났으며 하양(33.3W/m²), 구미(33.0W/m²), 대구(32.8W/m²), 포항(31.8W/m²), 경주(31.5W/m²) 순으로 나타났다. 구미의 경우 12:00시에 최고값이 나타나 다른 관측지들에 비해 상대적 일찍 최고값에 도달한 것으로 관측되었으며 시각적으로는 차이가 있지만 단파복사(구미)와 유사한 패턴으로 나타내는 것으로 확인할 수 있다.

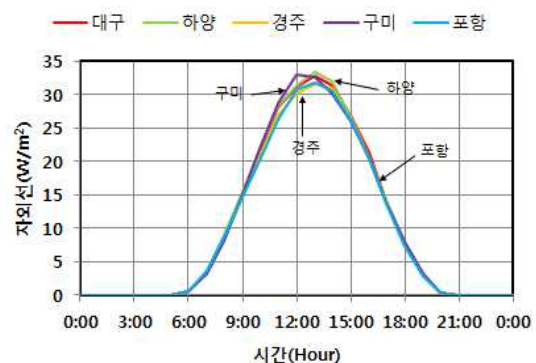


Fig. 5 The time series of UV radiation

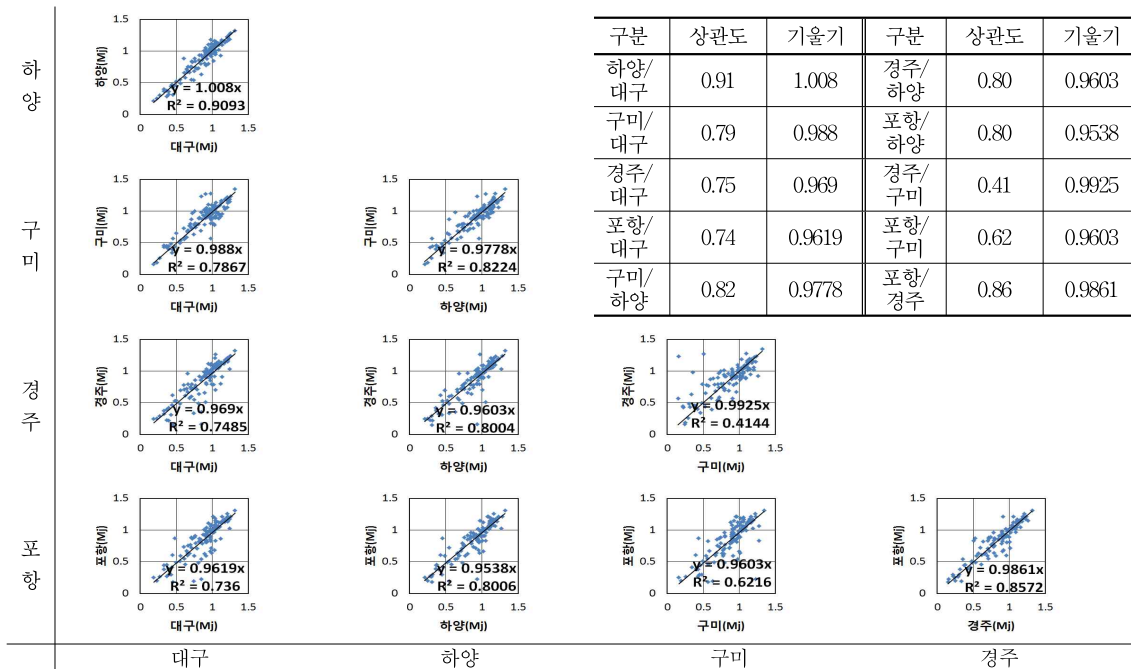


Fig. 6 Correlation of UV radiation(Analysis method of same-time data)

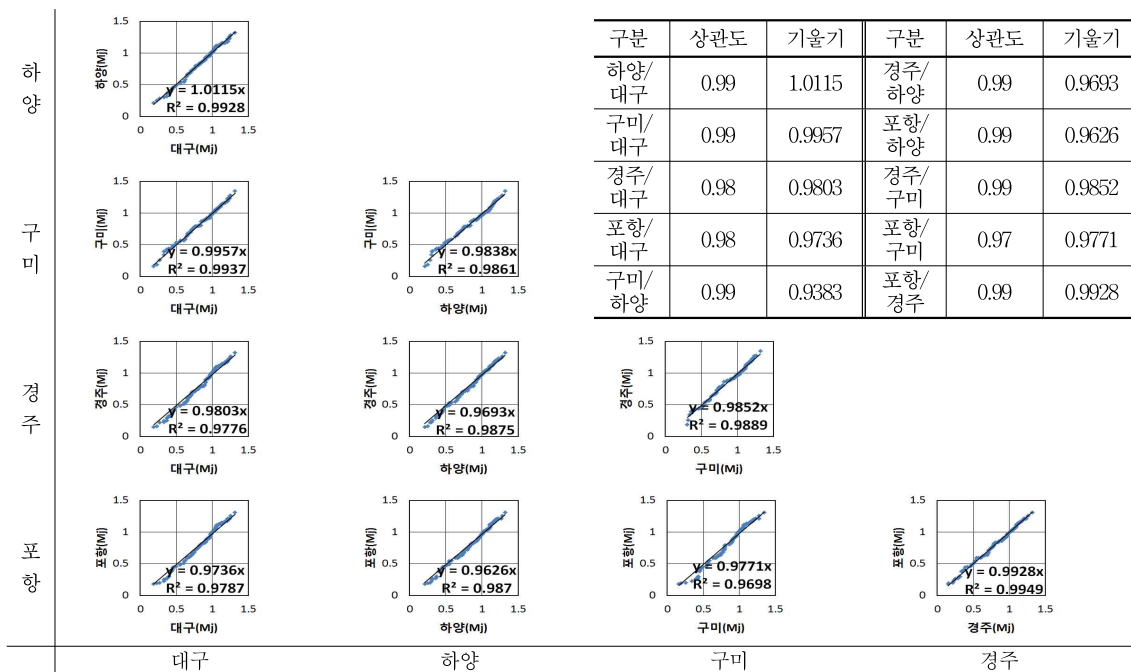


Fig. 7 Correlation of UV radiation(Analysis method of rank data)

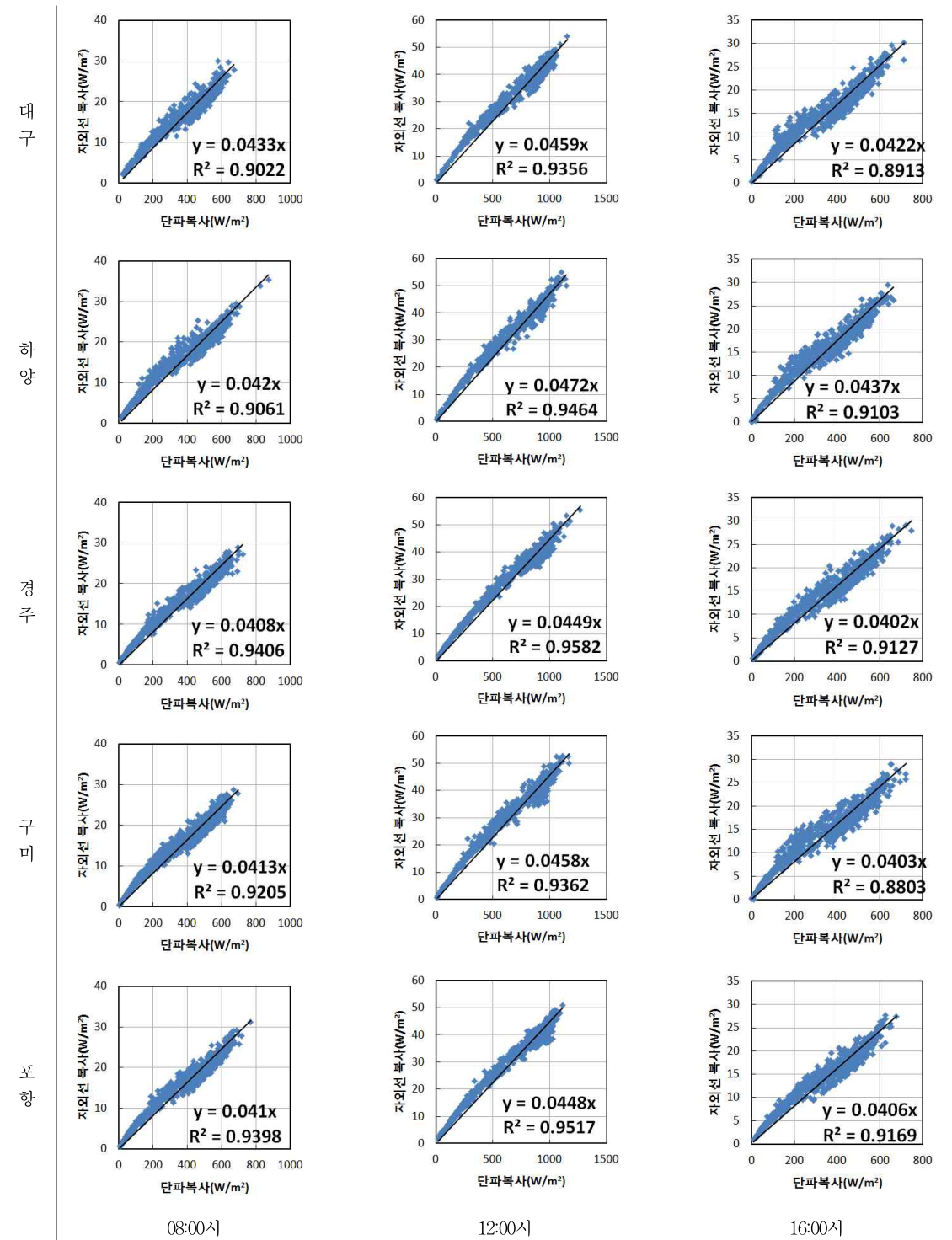


Fig. 8 The correlation between UV and short-wave radiation

3.2.2 자외복사의 지역간 상관도 분석

본 연구에서는 자외복사의 지역간 상관도를 동시관측 분석기법과 순위별 분석기법에 의해 분석하였다(Fig. 6, 7). 먼저, 동시관측 분석기법에서는 두 지역간 거리가 가장 먼 포항/구미는 0.62로 나타났으며, 거리가 가장 가까운 하양/대구는 0.91로 나타났다.

대구지역을 중심으로 한 상관성 해석에서도 거리가 가까울수록 상관성이 높게 나타나는 특징이 자외복사에서 나타나 대구에서 거리가 가장 멀리 떨어진 포항(0.74)이 구미(0.79)와 경주(0.75)에 비해 상대적으로 낮은 값을 나타내었다(Fig. 6). 이러한 거리가 증가함에 따라 상관도가 감소하는 상관도 분석결과에 대한 경향은 다른 지역에서도 동일하게 설명할 수 있었다.

순위별 분석기법의 경우 모든 지역간의 상관성 값의 범위는 0.97~0.99로 분석되었다. 이러한 결과에서 순위별 분석기법의 상관도(0.97~0.99)가 동시관측 분석기법에서의 상관도(0.41~0.91)보다 높은 상관도 값과 값의 분포범위가 현저히 좁게 나타나 지역간 비교에서는 보다 효과적인 분석기법으로 활용될 수 있을 것으로 해석된다. 하지만 상관식의 기울기 값은 0.9383~1.0115로 나타나 두 분석기법 간의 차이는 거의 없는 것을 확인하였다.

3.2.3 단파복사와 자외복사 상관도 분석

태양고도가 낮은 아침(08:00시)과 저녁(16:00시)에는 상관도가 낮고, 태양고도가 높은 정오(12:00시)에는 상관도가 높게 나타났다. 이렇게 정오에 높게 나타나는 것은 대기의 투과경로가 짧아져 결과적으로 자외복사량이 가시광선(단파복사)에 비해 감쇠가 상대적으로 적어 정오의 기울기 값이 아침, 저녁에 비해 커진 것으로 해

석된다.

한편, 시간에 따른 상관도 기울기 분석(Fig. 9)을 살펴보면, 태양고도가 현저히 낮은 일출 직후(07:00시 이전)와 일몰 직전(17:00시 이후)의 값은 절대치의 크기가 작아 분석에서 제외하였다. 오전에서 정오를 거쳐 오후로 진행함에 따라 값이 점차적으로 증가하였다 감소하는 가운데가 볼록한 형태를 나타내었다(Fig. 9). 이들 지역에서의 최고값이 나타나는 시각은 하양은 13시에, 포항은 11시에 최고값이 나타났으며, 나머지 지역은 12시에 최고값이 나타났다. 일교차 값은 0.02~0.03의 범위에 있으며, 또한 일출 후와 일몰 전의 상관도 기울기 값이 작은 것은 태양고도가 낮아 대기를 투과하는 경로가 길어질 때 자외복사가 가시광선(단파복사)에 비해 감소율이 커지는 것을 확인할 수 있다.

3.3 장파복사

3.3.1 월별 장파복사와 시계열 분석

각 지역의 월별 장파복사의 평균값을 Table 6에 나타내었다. 월별 장파복사는 5월에서 7월로 가면서 전 지역에서 증가하는 경향을 나타내었고 8월은 7월과 비슷한 값을 나타내었다. 5월의 최고값은 하양이 15.8MJ, 구미가 6월(17.7MJ), 7월(19.0MJ), 8월(19.0MJ) 모두 최고값을 나타내었다. 경주의 장파복사는 5월(15.4MJ), 6월(17.3MJ), 7월(18.7MJ), 8월(18.7MJ)로 나타나 전 관측기간 중 가장 작은 값을 유지하였으며, 이러한 원인에 대해서는 향후 추가 연구를 통해서 밝혀야 할 사항으로 사료된다. 월별 평균 장파복사량의 경우 구미가 17.8MJ로 가장 높게 나타났으며 하양(17.8MJ), 대구(17.7MJ), 포항(17.7MJ), 경주(17.5MJ) 순으로 나타났다. 이러한 순위는 반드시 인구가 많은 대도시에서 장파복사가 높게 형성된다는 기존의 연구¹⁾와는 차

이가 있는 관측결과이다.

Table 6. The monthly average long-wave radiation
[단위: MJ]

구분	대구	하양	경주	구미	포항
5월	15.58	15.75	15.40	15.74	15.64
6월	17.46	17.57	17.26	17.69	17.30
7월	18.89	18.90	18.71	18.94	18.86
8월	18.86	18.88	18.72	18.95	18.90
평균	17.70	17.77	17.52	17.83	17.68

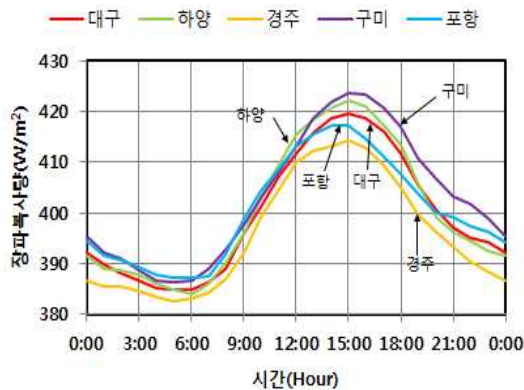


Fig. 10 The time series of long-wave radiation

한편, 지역별 장파복사의 시계열 분포(Fig.10)를 살펴보면 구미(423.7W/m², 15:00), 하양(422.3W/m², 15:00), 대구(419.6W/m², 15:00), 포항(417.2W/m², 14:00), 경주(414.4W/m², 15:00)의 순으로 나타나 모든 지역에서 태양복사량이 가장 많은 정오를 지난 14:00시와 15:00시에 최고 장파복사 값이 분포하여, 단파복사와 장파복사의 최고값 분포 시각에는 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

한편 장파복사 일변화 시계열은 기온의 일변화 시계열⁵⁾과 유사한 경향으로 최고값은 14:00시와 15:00시에 같이 나타났다. 관측대상지들의 장파복사 일변화 폭은 하양(38.2W/m²), 구미(37.3W/m²), 대구(34.9W/m²), 경주(31.7W/m²), 포

항(30.1W/m²) 순으로 나타났다.

4. 결 론

- (1) 모든 관측지에서 태양고도가 가장 높은 6월보다 상대적으로 맑은 날이 많은 5월의 월별 단파복사량이 가장 높게 나타났다.
- (2) 단파복사의 경우 구미의 경우에만 11:00시를 기점으로 최고 단파복사값을 나타내었고, 나머지 4개 지역(대구, 하양, 경주, 포항)은 모두 12:00시에 최고 단파복사값을 나타내는 것을 확인 할 수 있었다.
- (3) 자외복사의 최고값은 단파복사와 같이 12:00시와 13:00시 사이에 나타났으며 하양(33.3W/m²), 구미(33.0W/m²), 대구(32.7W/m²), 포항(31.8W/m²), 경주(31.5W/m²) 순으로 나타났으며, 자외복사 최고값의 평균은 32.5W/m²고 이때 단파복사의 평균값은 672.5W/m²로 자외복사는 단파복사의 4.8%로 나타났다.
- (4) 자외복사 상관도 분석결과는 대구지역을 중심으로 지역간 상관성 해석에서 거리가 가까울수록 상관도가 높게 나타나고 거리가 멀어질수록 그 상관도는 감소하는 것으로 분석되었으며, 이러한 결과는 단파복사에서도 확인할 수 있었다.
- (5) 시각별 단파복사 요소와 자외복사 요소의 상관도 분석결과, 일출 후와 일몰 전의 상관도 기울기 값이 작은 것은 태양고도가 낮아 대기를 투과하는 경로가 길어질 때 자외복사가 가시광선(단파복사)에 비해 감소율이 커지는 것으로 확인할 수 있다.
- (6) 장파복사 일변화 시계열은 기온의 일변화 시계열과 유사한 경향으로 최고값은 14:00시와 15:00시에 나타났다.

후 기

본 연구는 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(과제번호 : 2011-0023594)

아울러 본 연구 수행과정에서 관측에 도움을 주신 황금초등학교, 상대초등학교, 한국원자력환경공단, 세아아파트 관계자에게 감사의 뜻을 표합니다.

Area(II); Study on Correlation Analysis Method of Radiation Data, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 33, No. 4, 2013 pp. 101~110.

Reference

1. Choi. Dong-Ho, Lee. Bu-Yong, Oh Ho-Yeop, Long and Short Wave Radiation and Correlation Analysis Between Downtown and Suburban Area(I); Study on Correlation Analysis Method of Radiation Data, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 33, No. 4, 2013 pp. 94~100.
2. D.K.Jo, I.S.Chun, T.K.Lee, Y.H.Kang, C.M.Auh, A Study on the Analysis of Solar Radiation Components, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol.21 No.1, 2001, pp.43~49.
3. Choi. Dong-Ho, Lee. Bu-Yong, Jeong. Hyeong-Se, Analysis on Daily Variation Mechanism of Short - wave Radiation between Downtown and Suburban Area during Summer Season, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 34, No. 4, 2014 pp. 111~122.
4. S.M.Robaa, A study of ultraviolet solar radiation at Cairo urban, Solar energy, 77, 2004 pp. 251~259.
5. Choi. Dong-Ho, Lee. Bu-Yong, Jeong. Hyeong-se, Comparison of Meteorological Elements by Type of City during Summer Season, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 34, No. 6, 2014 pp. 111~122.
6. Choi. Dong-Ho, Lee. Bu-Yong, Oh Ho-Yeop, Long and Short Wave Radiation and Correlation Analysis Between Downtown and Suburban