

# 대구 도심과 인근 교외지역의 하절기 복사 성분 특성 연구

## Comparison and Analysis of Radiation Environment between Downtown and Suburban Area during Summer Season

최동호\*† · 이부용\*\* · 오호엽\*\*\*

Choi Dong-Ho\*† , Lee Bu-Yong\*\* and Oh Ho-Yeop\*\*\*

(Submit date : 2013. 12. 16., Judgment date : 2013. 12. 18., Publication decide date : 2014. 2. 18.)

**Abstract :** The objective of this study was to compare and analyze of radiation environment between downtown and suburban area by observation of short, diffuse and long-wave radiation during summer season. The followings are main results from this study. 1) The trends of long-wave radiation is increasing from May to August and the variation of daily range is decreased. It is confirmed that the temperature was closely relevant to long wave radiation. 2) During observation period, suburban area is higher than downtown the value of direct solar radiation. 3) There are much direct solar radiation in suburban area than downtown. But, it was measured much more horizontal solar radiation at the downtown area. From the this result, we can conclude that diffuse radiation play a important role at horizontal solar radiation.

**Key Words :** 단파복사(Short-wave radiation), 산란복사(Diffuse radiation), 직달일사(Direct solar radiation), 장파복사(Long-wave radiation), 도시복사환경(Urban radiation environment), 상관도분석(Correlation analysis)

	<b>기 호 설 명</b>		
		$\phi$	: 위도(Latitude)
		$\delta$	: 적위(Declination)
$\theta$	: 천정각(Zenith angle)	$\omega$	: 시간각(Hour angle)

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

\*\*이부용 : 대구가톨릭대학교 환경과학과

\*\*\*오호엽 : 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.

\*\*\*Oh Ho-Yeop : Department of Architecture, Graduate School, Catholic University of Daegu.

## 1. 서 론

기존의 도시 열환경 관련 관측연구는 기온관측데이터 중심의 해석 사례가 주류를 이루었고, 특히 복사효과가 탁월한 도시 열환경의 경우 이러한 기온 중심의 관측 연구만으로는 그 지배요인에 대한 근본적인 원인을 규명하는 데는 많은 어려움이 있었다. 이 같은 한계점을 극복하기 위해 최근의 도시 열환경 관측연구에서는 도시기온 형성의 주요 영향인자인 복사현상을 중심으로 한 연구 결과가 발표되기 시작하였다<sup>1,2)</sup>. 이러한 연구가 필요하게 된 것은 도시 지면을 덮고 있는 인공화 구조물, 주변의 고층건물과 도시 상부대기에서 방사되는 복사효과 등이 그 지역고유의 환경을 형성하기 때문이다. 외국의 경우 도시지역에 대한 연구로는 영국 런던에서 인공배열과 복사와의 관계에 대한 연구<sup>3)</sup>가 있었으며, 칠레의 산티아고에서는 도시 대기 질과 태양복사와의 관계에 대한 연구<sup>4)</sup>가 있었다. 한편 우리나라에서는 관측을 통한 도시의 복사효과를 해석한 관측연구는 아직 시작단계에 있으며, 국내에서 시도된 연구로는 광역도시 내에서 복수의 관측지점을 선정하여 도시대기의 수직적인 복사특성을 해석한 연구<sup>1)</sup>, 도심과 교외지역간의 복사환경 비교 관측을 통해 도시고유의 복사특성을 해석한 연구<sup>2)</sup> 등이 있다.

본 연구는 이들 연구의 후속연구로써 기존연구와의 차별화된 요소로 그 첫 번째는 복사성분으로써 기존의 장파복사, 단파복사(수평면일사량) 이외에 산란복사를 추가로 관측하여 직달일사 성분을 산출하였다. 두 번째로는 관측환경(장소)에 관한 것으로 기존의 연구가 주변의 고층건물로 둘러싸인 환경에서 관측이 이루어져 태양고도가 낮은 특정시간대에 이들 고층건물에 의한 일사차폐가 발생하여, 전천이 열린 환경에서의 전 시간대에 걸친 장·단파복사 데이터

사용에 제약이 있었다. 그래서 인접건물의 영향을 받지 않은 도시 상부대기고유의 하향복사효과를 파악하기 위해 주변에 일사차폐 장애물이 없는 열린 상태의 관측 장소를 선정하여 그에 따른 효과를 해석하고자 하였다. 본 연구에서는 하절기 대구지역의 도심과 인근 교외지역간의 비교 관측을 통해 도심의 복사특성을 해석하고자 하였다.

## 2. 관측 개요

### 2.1 관측장소와 관측환경

본 연구의 관측장소는 모두 두 곳으로 한곳은 대구광역시 중심부에 위치하고 인공요소가 지배적인 수성구 황금동의 도심과밀지역(황금초등학교)과, 다른 한곳은 전원지역의 환경특성을 띤 대구광역시 외곽에 위치한 교외지역(경산시 하양읍 대구가톨릭대학교)을 본 연구의 관측대상지점으로 선정하여 관측을 수행하였다(Fig.1).






Fig. 1 Location of observation sites

도심과밀지역의 관측지점 주변은 3층 이하의 저층 주택이 밀집되어 인공구조물의 밀도가 높은 지역적 특징을 나타내고 있다. 한편, 교외지역은 도심과밀지역에서 약 20km 북동쪽 외곽에 위치하고 주변은 논과 밭, 낮은 산,

하천 등의 자연적인 환경효과가 우세한 전원 지역의 특징이 나타나고 있다(Table 1).

Table. 1 Distribution of the green space around observation sites

항 목	도심과밀지역	교외지역
위 치	황금초등학교	경북 경산시 하양읍 대구가톨릭대학교
공간녹지 분포율	0%	40%
항공사진에서의 녹지면적		
관측지점 전경		

※ 공간녹지분포율은 각 관측지점을 중심으로 반경 500m 이내의 영역에 있는 녹지면적의 비율을 정의

### 2.2 관측요소와 관측장비

관측요소는 모두 5가지로 기온, 상대습도, 장파복사, 단파복사, 산란복사이다. 단파복사와 산란복사는 대기의 투과도에 따라, 장파면으로 향하는 하향의 복사성분에 대해 관측하였다. 본 논문에서 직달일사 성분은 단파복사(수평면일사)와 산란복사의 관측 자료로부터 태양복사에 대해 수직면에 도달하는 에너지인 직달일사 성분을 산출하였다.

Table. 2 Composition of observation instruments

항목	관측기기
기온·상대습도	HMP45C - L34 / VAISALA
단파복사	CMP6 / Kipp & Zonen
산란복사	Shadow Ring(D:570mm, W:84mm, 검정무광), CMP6 / Kipp & Zonen
장파복사	CGR3 / Kipp & Zonen
기록장치	Data Logger : CR1000 Campbell Scientific

도심과밀지역과 교외지역에서의 기온, 상대습도, 장파복사, 단파복사, 산란복사 관측은 관측지점 지면으로부터 1.5m 높이에서 관측이 이루어졌으며, 관측에 사용된 측정기기의 상세제원은 Table 2에 나타내었다. 기온과 상대습도를 측정하는 온·습도센서는 신뢰성이 확보된 VAISALA사의 HMP45C-L34모델을 사용하였고, 복사장비 중 단파복사계는 기상청에서 관측에 활용하고 있는 공인장비인 Kipp&Zonen사의 CMP6모델(스펙트럼 범위: 285~2800 nm)을 사용하였다. 산란복사 관측에는 단파복사계와 동일한 장비를 사용하였고, 직달일사성분을 차단하기 위해 쉐도우 링(Shadow Ring, 직경 570 mm, 폭 84 mm, 검정무광)을 설치하여 측정하였다. 장파복사계와 데이터로거 또한 널리 사용되고 있는 CGR3모델(스펙트럼 범위: 4500~42000 nm)과 Campbell Scientific사의 CR1000 Data logger를 사용하였다. 또한 이들 복사계는 비교 관측을 통해 오차를 보정하여 신뢰성을 높였으며, 보정시 복사계 간의 관측오차는  $\pm 1\%$ 이하로 나타나 충분한 신뢰성이 있는 것으로 확인하였다.

### 2.3 복사관측자료 분석방법

관측은 2012년 5월 18일~8월 16일(총 91일간)까지 이루어졌으며, 본 논문의 관측데이터는 강수에 의한 영향을 배제하기 위하여 강수일(일강수량 4.5mm 이상)을 제외한 나머지 관측데이터 중심으로 분석하였다. 총 관측기간 중 강수일 17일을 제외한 74일 간의 데이터를 분석대상으로 하였으며, 매 시각 자료는 기상대의 데이터 분석방법과 동일하게 1분 간격으로 관측된 데이터를 합산하여 평균값(1시간 평균치)을 그 시각의 관측 값으로 하였다. 그리고 관측지점 주변 환경의 영향을 최소화하기 위하여 본 연구에서는 하루 관측

데이터 중 태양고도가 가장 높아 관측 자료가 안정적인 시간대인 10:00~14:00시 사이 4시간의 데이터만을 분석 자료로 활용함으로써 두 지점 간 복사환경의 객관적인 비교가 가능하도록 하였다.

### 2.4 직달일사의 산출

본 연구에서는 단파복사량(수평면일사량)과 산란복사량 관측 자료로부터 직달일사량을 산출하였다. 이때 태양의 고도를 구하기 위하여 식(1)을 사용하였다.

$$\cos \theta = \cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta \quad (1)$$

이 식으로부터 매 시각에 따른 태양의 천정각( $\cos \theta$ )을 구하여 식(2)의  $\cos \theta$  값, 단파복사량, 산란복사량을 대입하여 직달일사량을 산출하였다. 이때 태양의 천정각 계산은 매 1분 관측 자료의 시각으로부터 계산하여 1시간 자료로 산출하였다.

$$\text{단파복사(수평면일사)} = \text{직달일사} \times \cos \theta + \text{산란복사} \dots\dots\dots (2)$$

## 3. 관측결과 및 고찰

### 3.1 시계열 분석

시계열 분석은 관측지역의 복사량을 시간의 흐름에 따라 데이터를 분석하는 분석방법으로써 본 연구는 총 관측기간 동안의 데이터를 각 월별로 분리하여 분석하였다.

#### (1) 단파복사

Table 3, Fig. 2~5에서 알 수 있는바와 같이 단파복사의 월별 누적일평균 일사량은 5월, 7월, 8월, 6월의 순으로 높게 나타났으며, 6월이 가장

Table. 3 Monthly short-wave radiation according to time and area

구분 (월)	일 누적			4시간누적		비율	
	도심 과밀 지역	교외 지역	차	도심 과밀 지역	교외지 역	도심 과밀 지역	교외 지역
5	22.29	21.86	0.43	10.74	10.82	48.2	49.5
6	19.56	18.64	0.92	9.04	8.99	46.2	48.2
7	20.90	20.49	0.41	9.90	9.66	47.4	47.1
8	19.65	19.08	0.57	9.24	9.16	47.1	48.0
계	20.60	20.02	0.58	9.73	9.66	47.2	48.2

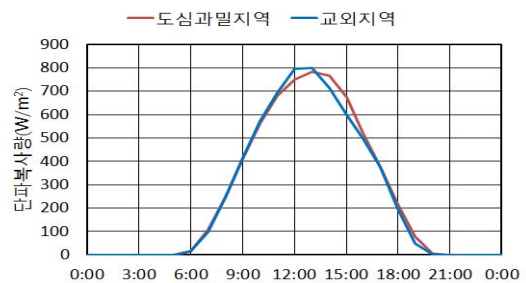


Fig. 2 Distribution of short-wave radiation(May)

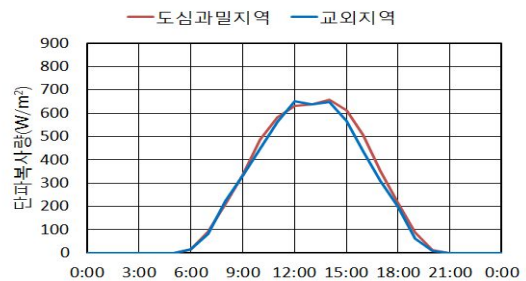


Fig. 3 Distribution of short-wave radiation(June)

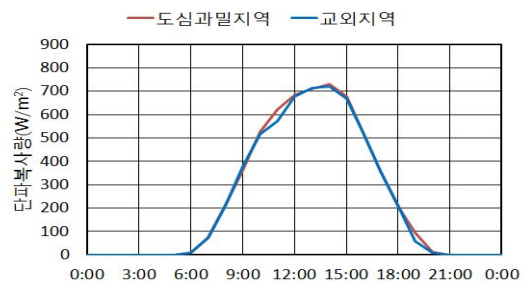


Fig. 4 Distribution of short-wave radiation(July)

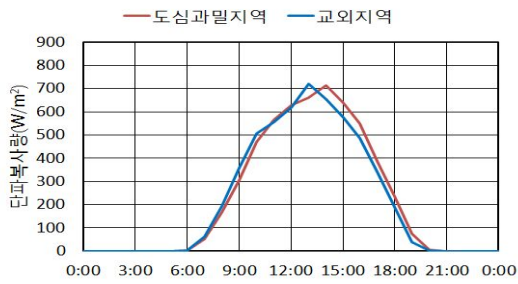


Fig. 5 Distribution of short-wave radiation(August)

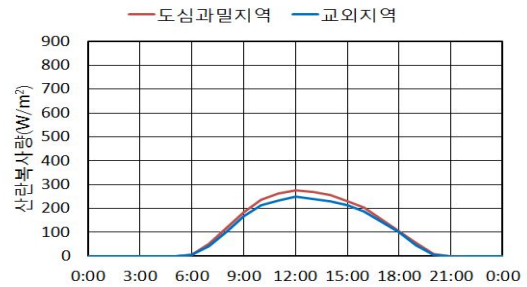


Fig. 8 Distribution of Diffuse radiation(July)

Table. 4 Monthly diffuse radiation according to time and area

구 분 (월)	일 누적			4시간누적		비율	
	도심 과밀 지역	교외 지역	차	도심 과밀 지역	교외 지역	도심 과밀 지역	교외 지역
5	7.28	7.27	0.01	3.14	3.19	43.2	43.9
6	9.55	9.05	0.50	4.22	4.07	44.2	45.0
7	8.69	7.85	0.84	3.82	3.43	44.0	43.7
8	7.92	7.39	0.53	3.69	3.49	46.6	47.2
계	8.36	7.89	0.47	3.72	3.55	44.5	45.0

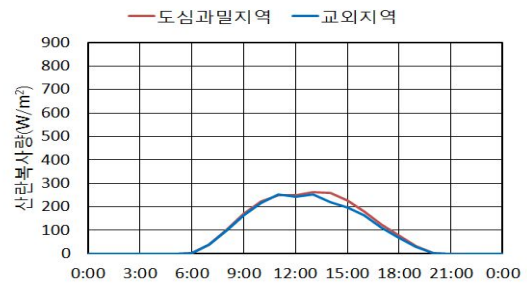


Fig. 9 Distribution of Diffuse radiation(August)

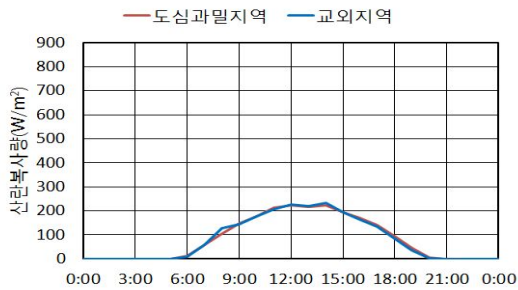


Fig. 6 Distribution of Diffuse radiation(May)

Table. 5 Monthly long-wave radiation according to time and area

구 분 (월)	일 누적			4시간누적		비율	
	도심 과밀 지역	교외 지역	차	도심 과밀 지역	교외 지역	도심 과밀 지역	교외 지역
5	31.51	32.34	0.83	5.26	5.47	16.7	16.9
6	34.68	35.04	0.36	5.77	5.88	16.6	16.8
7	38.04	38.24	0.20	6.23	6.34	16.4	16.6
8	38.30	38.64	0.34	6.36	6.45	16.6	16.7
계	35.63	36.07	0.43	5.91	6.04	16.6	16.8

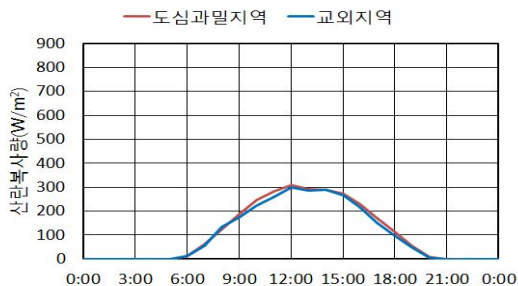


Fig. 7 Distribution of Diffuse radiation(June)

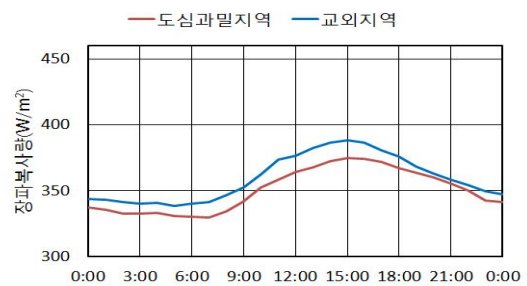


Fig. 10 Distribution of Long-wave radiation(May)



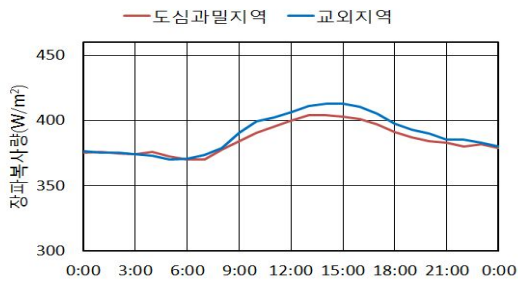


Fig. 11 Distribution of Long-wave radiation(June)

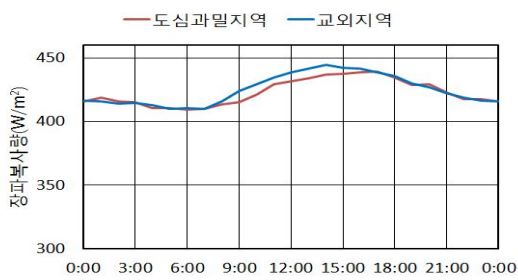


Fig. 12 Distribution of Long-wave radiation(July)

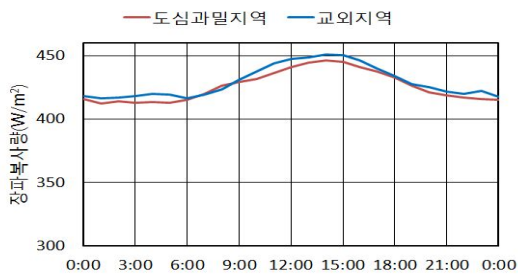


Fig. 13 Distribution of Long-wave radiation(August)

낮은 것은 강우 등 흐린 날이 많은 것에 따른 결과로 풀이된다. 도심과밀지역과 교외지역 간 차이가 0.92 MJ로 가장 크게 나타났으며, 7월이 0.41 MJ로 차이가 작게 나타났다. 그리고 전체 관측기간 동안의 평균은 0.58 MJ(2.8%)정도 도심과밀지역이 교외지역보다 높게 나타났다.

(2) 산란복사

Table 4, Fig. 6~9에서 알 수 있는바와 같

이 월별 산란복사의 월별 누적일평균 일사량은 6월(9.55 MJ), 7월(8.69 MJ), 8월(7.92 MJ), 5월(7.28 MJ)의 순으로 높게 나타나 단파복사량이 낮을수록 산란복사량이 높아지는 경향성을 확인할 수 있었다. 이러한 관측결과는 대전에서 관측한 기존연구<sup>5)</sup>에서도 본 연구와 같이 6월, 7월이 5월, 8월에 비해 높은 산란복사값을 나타내었다.

(3) 장파복사

Table 5, Fig. 10~13에서 알 수 있는바와 같이 장파복사는 5월에서 8월로 갈수록 전체적인 장파복사값은 계속해서 증가하는 경향과 장파복사의 일 변동범위는 점진적으로 감소하는 경향을 나타내어 장파복사는 단파복사와는 달리 기온과 밀접한 관련성이 있음을 확인할 수 있었다. 기존의 연구<sup>6)</sup>와 비교했을 때 장파복사는 도심과밀지역이 교외지역보다 높게 나타났으나 본 연구에서는 기존 연구와는 상이한 결과가 얻어졌다. 이는 고층건물이 인접해 있는 기존관측지점<sup>6)</sup>에서 보다 하늘이 열린 인근의 초등학교 옥상으로 이동한 영향의 결과로 해석되나, 이에 대해서는 추가적인 관측을 통해 확인할 계획이다.

3.2 시간대별 복사특성 분석

시간대별 복사특성 분석은 하루 관측데이터 중 태양고도가 가장 높아 주변의 인공요소의 영향이 적어 자료가 안정적인 시간대인 10:00~14:00시 사이 4시간 데이터만을 대상으로 분석을 실시하였고, 단파복사와 산란복사의 관측 자료로부터 직달일사 성분 산출이 가능하여 직달일사량을 같은 시간대 분석에 추가하였다.

(1) 단파복사

Table 6~9에서 보는 바와 같이 도심과밀지

역 단파복사량은 564 W/m<sup>2</sup>(8월 11:00시)에서 785 W/m<sup>2</sup>(5월 13:00시)의 범위에 있었으며 교외지역의 경우 554 W/m<sup>2</sup>(8월 11:00시)에서 799 W/m<sup>2</sup>(5월 13:00시)의 범위에 있어 두 지역 모두 동월 동시간대에 최저, 최고값을 나타내었다.

Table. 6 Radiation component by time(May) [W/m<sup>2</sup>]

관측 지점	항 목	11:00시	12:00시	13:00시	14:00시
도심 과밀 지역	수평면일사량	680	751	785	768
	산란복사	213	222	215	222
	직달일사	550	574	604	600
	장파복사량(하향)	358	364	368	373
	단파 / 장파 비율	1.90	2.06	2.13	2.06
	하향 총복사량	1,038	1,115	1,153	1,141
교외 지역	수평면일사량	695	797	799	715
	산란복사	206	227	220	233
	직달일사	577	619	615	531
	장파복사량(하향)	373	376	382	387
	단파 / 장파 비율	1.86	2.12	2.09	1.85
	하향 총복사량	1,068	1,173	1,181	1,102

Table. 7 Radiation component by time(June) [W/m<sup>2</sup>]

관측 지점	항 목	11:00시	12:00시	13:00시	14:00시
도심 과밀 지역	수평면일사량	582	632	639	657
	산란복사	281	310	291	290
	직달일사	344	340	361	392
	장파복사량(하향)	395	400	404	404
	단파 / 장파 비율	1.47	1.58	1.58	1.63
	하향 총복사량	977	1,032	1,043	1,061
교외 지역	수평면일사량	563	650	637	647
	산란복사	258	300	285	289
	직달일사	348	371	365	384
	장파복사량(하향)	402	407	411	413
	단파 / 장파 비율	1.40	1.60	1.55	1.57
	하향 총복사량	965	1,057	1,048	1,060

도심과밀지역의 하절기인 6, 7, 8월의 단파복사 최대값은 13:00시에 나타난 5월과는 달리 14:00시에 나타났다. 반면, 교외지역은 단파복사의 최대값이 5, 6, 7, 8월의 순으로 13:00, 12:00, 14:00, 13:00시로 도심과밀지역과는 다소 상이한 시각대

에 나타남을 확인할 수 있었다.

Table. 8 Radiation component by time(July) [W/m<sup>2</sup>]

관측 지점	항 목	11:00시	12:00시	13:00시	14:00시
도심 과밀 지역	수평면일사량	622	686	712	731
	산란복사	261	275	270	256
	직달일사	427	447	470	523
	장파복사량(하향)	429	431	434	437
	단파 / 장파 비율	1.45	1.59	1.64	1.67
	하향 총복사량	1,051	1,117	1,146	1,168
교외 지역	수평면일사량	571	676	715	722
	산란복사	233	250	240	231
	직달일사	400	463	505	538
	장파복사량(하향)	435	439	442	445
	단파 / 장파 비율	1.31	1.54	1.62	1.62
	하향 총복사량	1,006	1,115	1,157	1,167

Table. 9 Radiation component by time(August) [W/m<sup>2</sup>]

관측 지점	항 목	11:00시	12:00시	13:00시	14:00시
도심 과밀 지역	수평면일사량	564	629	662	712
	산란복사	250	251	264	260
	직달일사	385	423	438	512
	장파복사량(하향)	436	441	444	446
	단파 / 장파 비율	1.29	1.43	1.49	1.60
	하향 총복사량	1,000	1,070	1,106	1,158
교외 지역	수평면일사량	554	617	720	654
	산란복사	254	244	253	218
	직달일사	370	421	511	494
	장파복사량(하향)	444	447	449	451
	단파 / 장파 비율	1.25	1.38	1.60	1.45
	하향 총복사량	998	1,064	1,169	1,105

(2) 산란복사

Table 6~9에서 보는 바와 같이 도심과밀지역 산란복사량은 213 W/m<sup>2</sup>(5월 11:00시)에서 310 W/m<sup>2</sup>(6월 12:00시)의 범위에 있었으며 교외지역의 경우 206 W/m<sup>2</sup>(5월 11:00시)에서 300 W/m<sup>2</sup>(6월 12:00시)의 범위에 있어 두 지역 모두 동월 동시간대에 최저, 최고값을 나타내었다. 그리고 산란복사는 단파복사와는 달리 일 변화폭은 상대적으로 작게 나타났다. 도심과밀지역의 경우 5, 6, 7, 8월의 순으로 월별 일 변화폭

은 각각 9, 29, 19, 14 W/m<sup>2</sup>이며, 교외지역의 경우 각각 27, 42, 19, 36 W/m<sup>2</sup>으로 나타나 교외지역이 도심과밀지역보다 산란복사의 일 변화폭이 현저히 크게 나타남을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 상대적으로 교외지역이 도심과밀지역보다 구름 등의 대기상태 변화가 심하여 결국 산란복사 변화폭이 크게 된 것으로 해석된다.

### (3) 직달일사

Table 6~9에서 보는 바와 같이 태양의 고도가 높은 10:00~14:00시 사이의 매 시각 관측자료에서는 단파복사량(수평면일사량)보다 직달일사량이 항상 적게 나타났으며 산란복사량보다는 더 많은 값이 관측되었다. 그리고 5~8월의 전 관측기간에서 도심과밀지역보다는 교외지역의 직달일사값은 항상 높게 나타나 태양의 직달성분은 교외지역에서 좀 더 강한 것으로 사료된다. 월별 직달일사 성분은 단파복사와 마찬가지로 5월이 다른 6, 7, 8월에 비해 현저히 높은 것으로 나타났다.

### (4) 장파복사

Table 6~9에서 보는 바와 같이 장파복사는 다른 복사성분과 달리 시각에 따른 변화값이 상대적으로 적게 나타나는 특징을 볼 수 있었다. 그리고 단파복사와 마찬가지로 5월이 6, 7, 8월에 비해 장파복사의 시각에 따른 변동폭이 상대적으로 크게 나타났다.

### (5) 단파복사와 장파복사

Table 6~9에서 보는 바와 같이 장파복사에 대한 단파복사의 비율은 5, 6, 7, 8월 모두 교외지역보다 도심과밀지역이 높게 나타났으며, 그 비율은 도심과밀지역의 경우 5, 6, 7, 8월의 순으로 높게, 교외지역의 경우에는 5, 7, 6, 8월의

순으로 높게 나타났다. 두 관측지점에서 하향 총 복사량의 분포는 965~1,181 W/m<sup>2</sup>으로 나타났으며, 총 복사량 중 장파복사의 비율은 31.9~44.4% 사이에 있었다.

## 3.3 상관도 분석

본 연구의 관측기간인 5~8월까지 관측한 단파복사, 산란복사, 직달일사, 장파복사 특성을 분석한 결과에서 5월은 중간기(봄) 특성을, 6~8월은 하절기의 특성이 분석되었다. 특히 하절기의 대표적인 경향성이 8월에 나타나 본 논문의 상관도 분석에서는 중간기(봄)와 하절기의 특성을 각각 대변할 수 있는 5월과 8월을 대상으로 하였다.

### (1) 단파복사

먼저, Fig. 14에서 보는 바와 같이 5월의 도심과밀지역과 교외지역간의 상관도 분석에서는 전시간대의 단파복사 상관도가 R<sup>2</sup>=0.98, 태양고도가 높은 4시간 상관도는 R<sup>2</sup>=0.89로 나타나 참조시간대에 따라 상관도의 차이가 있음을 확인하였다.

반면, 8월의 경우 전시간대의 단파복사 상관도는 R<sup>2</sup>=0.92, 4시간 상관도는 R<sup>2</sup>=0.54로 파악되어 참조시간대에 따라 상관도에서 현격한 차이가 있었다.

이러한 값의 차이는 두 지역간의 낮 시간대 기상상태에 따른 결과로 해석되며, 5월의 경우 낮 시간대 두 지역간에는 기상상태의 차이가 적은 것으로 볼 수 있다. 한편, 8월의 경우 낮 시간대 두 지역간 기상상태에 큰 차이가 있음을 나타내는 것이다. 이것은 8월이 5월에 비해 낮 시간대 국지적인 기상현상이 서로 상이하어 두 지역간에 일사량 변동이 크게 되어 상관도가 R<sup>2</sup>=0.54로 매우 낮게 나타났다.



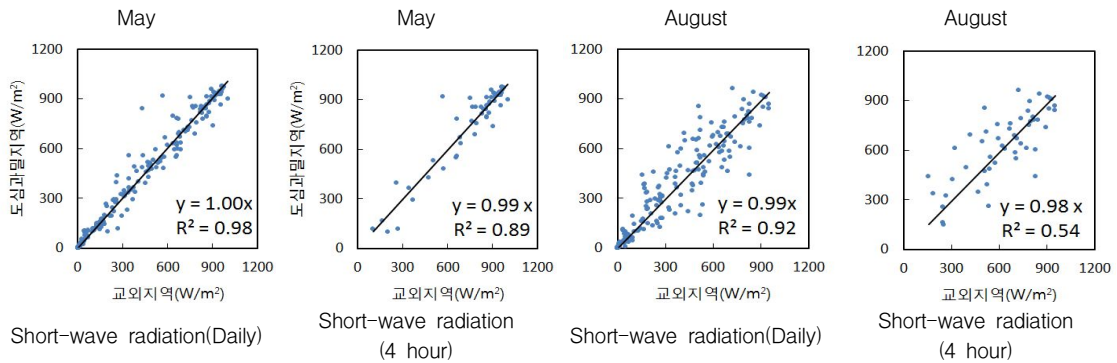


Fig. 14. Short-wave radiation correlation between downtown and suburban area

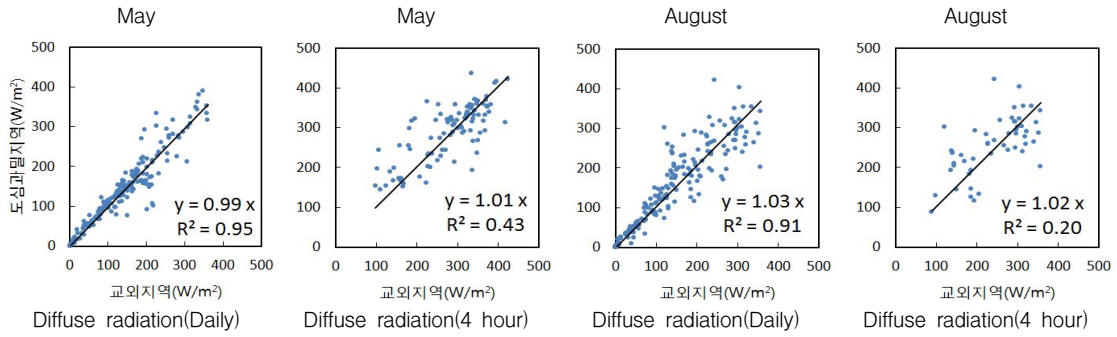


Fig. 15 Diffuse radiation correlation between downtown and suburban area

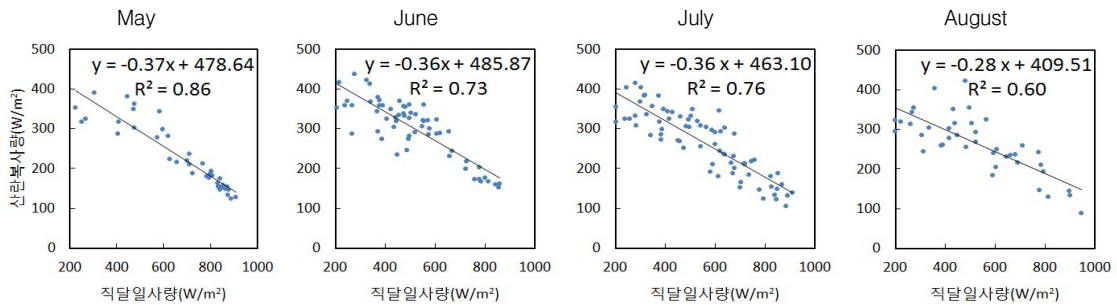


Fig. 16 Correlation between direct solar radiation and diffuse radiation at downtown

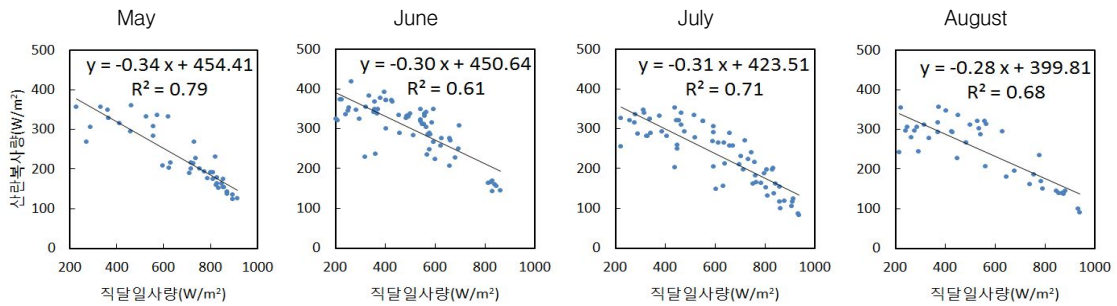


Fig. 17 Correlation between direct solar radiation and diffuse radiation at suburban

### (2) 산란복사

도심과밀지역과 교외지역간의 상관도를 분석한 결과 5월은 Fig. 15에서 나타난 바와 같이 전시간대의 산란복사 상관도가  $R^2=0.95$ , 태양 고도가 높은 4시간 상관도는  $R^2=0.81$ 로 나타나 단파복사와 마찬가지로 참조시간대에 따라 상관도에 영향이 있음을 확인하였다.

한편, 8월의 경우 전시간대의 산란복사 상관도는  $R^2=0.91$ , 4시간 상관도는  $R^2=0.20$ 으로 파악되어 낮 시간대 산란복사의 두 지역 간의 변화는 단파복사보다 더 큰 것으로 해석되었다.

이렇게 단파복사에 비해 산란복사의 상관도 값이 더 큰 차이를 보인 것에 대해 추후 지속적인 관측연구가 필요한 것으로 사료된다.

### (3) 산란복사와 직달일사

본 연구의 산란복사와 직달일사의 상관도 분석에서 직달일사값의 최저치는  $200 \text{ W/m}^2$  이하 분석을 하였으며, 상관도 분석에서는 10:00~14:00시 사이의 자료를 분석대상으로 하였다.

#### 1) 도심과밀지역

Fig. 16은 도심과밀지역의 산란복사와 직달일사를 월별로 분석한 상관도그래프이다. 5월에서 8월로 갈수록  $R^2$ 값은 0.86에서 0.60으로 감소하였다. 또한, 상관식의 기울기 값은 -0.37에서 -0.28로 증가하였다. 5월의 경우 직달일사 감소분에 대한 산란복사의 증가량은 8월에 비해 상대적으로 크게 나타나는 특징을 나타내었다. 8월의 경우 직달일사 변화에 대한 산란복사량의 변화는 크지 않을 뿐만 아니라 그 상관도도 낮게 분석되었다.

이것은 대기의 상태에 따른 결과로 해석될 수 있는 것으로 5월의 경우에는 대기의 상태가 복사에 대해서 일관된 조건을 유지하여 상관도가 높게 분석되었고, 8월의 경우에는 대기 중의 높은 수증기

량으로 다양한 형태의 구름이 만들어져 여러 가지 복잡한 복사경로에 따른 결과로 상관도 값이 낮아진 것으로 추정된다.

#### 2) 교외지역

Fig. 17의 교외지역 월별 분석결과에서 월별 상관도 값은 도심과밀지역의 8월을 제외하고는 낮게 나타났다. 또한, 상관도 분석에서 구해진 추정식을 보면 8월의 경우에는 두 장소에서의 기울기값은 같게 나타났으나, 5, 6, 7월은 도심과밀지역에 비해 교외지역의 기울기는 크고 절편값은 적게 나타나 도심과밀지역에 비해 직달일사에 대한 산란복사의 변화 비율은 낮은 것으로 분석되었다. 이러한 분석에 대한 이유는 추후 지속적인 연구가 뒷받침 되어야할 것으로 사료된다. 이것을 달리 해석하면 교외지역은 앞서 분석한 도심과밀지역보다 산란복사에 대한 직달일사 변화의 정도가 심하고 그 경향성이 일관되지 않아 해석에 문제가 있는 것으로 판단되었다.

#### (4) 장파복사

Fig. 18은 5월과 8월의 장파복사를 4시간과 24시간 동안의 도심과밀지역과 교외지역간의 상관도를 나타낸 것이다. 5월의 경우 24시간 장파복사량의 상관도는  $R^2=0.88$ 로 단파복사  $R^2=0.98$ 에 비해 낮은 것으로 나타났으며, 4시간 상관도 역시 단파복사의  $R^2=0.89$ 보다 낮은  $R^2=0.74$ 로 나타났다. 8월의 상관도는  $R^2=0.74$ 로 24시간과 4시간 분석결과 모두 같은 값을 나타내어 시간에 따른 상관도의 변화는 나타나지 않았다.

## 4. 결 론

1. 본 연구에서 단파복사량(수평면일사량)과 산란복사량 관측 자료로 부터 산출한 직달일사량은 다양한 해석과 분석에 적용가능

- 함이 확인되었다.
2. 교외지역이 도심과밀지역보다 산란복사의 월별 일 변화폭이 현저히 크게 나타났다. 이러한 결과는 구름 등의 대기상태 변화가 도심과밀지역보다 교외지역이 상대적으로 많은 것으로 해석할 수 있다.
  3. 전 관측기간에서 도심과밀지역보다는 교외지역이 직달일사값은 항상 높게 나타나 태양의 직달성분은 교외지역에서 좀 더 강한 것으로 사료된다.
  4. 교외지역은 도심과밀지역에 비해 직달일사 성분은 많으나 산란복사성분이 적어 단파복사(수평면일사량)는 도심과밀지역에 비해 적게 나타나 산란복사성분이 단파복사(수평면일사량)의 양을 결정하는데 주요하게 작용하는 것으로 해석되었다.
  5. 장파복사는 5월에서 8월로 갈수록 증가하는 경향과 일 변동범위는 점진적으로 감소하는 경향을 나타내어 장파복사는 단파복사와 달리 기온변화와 밀접한 관련성이 있음을 확인하였다.
  6. 비교대상 두 지역간에 전시간, 4시간 단파복사 상관도에서 5월( $R^2=0.98$ 에서  $R^2=0.89$ )은 큰 차이가 없는 반면, 8월은 큰 차이가 나타나 5월에 비해 8월( $R^2=0.92$ 에서  $R^2=0.54$ )은 국지적인 기상현상이 빈번히 나타난 것으로 해석할 수 있다. 이러한 상관도 값을 활용하면 국지적인 기상현상을 객관화 하여 분석할 수 있다.
  7. 직달일사값은 단파복사와 마찬가지로 5월이 6, 7, 8월에 비해 현저히 높게 나타났다.
  8. 산란복사와 직달일사는 서로 반비례 관계임을 확인하였고, 상관도분석 결과 교외지역의 월별 상관도 값은 도심과밀지역의 8월을 제외하고는 낮게 나타났다. 5, 6, 7월 모

두 도심과밀지역에 비해 교외지역의 기울기는 크고 절편값은 적게 나타나 도심과밀지역에 비해 직달일사에 대한 산란복사의 변화 비율은 낮은 것으로 분석되었다.

## 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 관계자에게 감사의 뜻을 표합니다.

## 참 고 문 헌

1. Choi. Dong-Ho, Lee. Bu-Yong, Oh Ho-Yeop, Observation and Analysis of the Long and Short Wave Radiation According to Different Altitudes and Locations in Daegu During Summer, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 32, No. 4, 2012, pp. 71~81.
2. Choi. Dong-Ho, Lee. Bu-Yong, Long and Short Wave Radiation and Correlation Analysis Between Downtown and Suburban Area (I); Observation of the Long and Short Wave Radiation in Summer and Winter Season of Daegu, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 33, No. 4, 2013 pp. 94~100.
3. Ian G. Hamilton, Michael Davies, Philip Steadman, Andrew Stone, Ian Ridley, Stephen Evans, The Significance of the Anthropogenic Heat Emissions of London's Buildings: A Comparison against Captured Shortwave Solar Radiation, Building and Environment, 44, 2009, pp.807~817.
4. M.Margarita Préndez, M. EGIDO, C. TOMAS, J. SECO, A. CALVO and H. ROMERO, Correlation between Solar Radiation and Total Suspended Particulate Matter in Santiago, Chile—Preliminary

- Results, Atmospheric Environment, Vol. 29, 1995, pp.1543 ~ 1551.
5. Jo. Dok-Ki, Yun. Chang-Yeol, Kim. Kwang-Deuk, Kang. Young-Heack, A Study on the Solar Radiation Analysis for Components and Classified Wavelength in Korea, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 32, No. 2, 2011 pp. 35 ~ 41.
  6. Choi. Dong-Ho, Lee. Bu-Yong, Oh Ho-Yeop, Long and Short Wave Radiation and Correlation Analysis Between Downtown and Suburban 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.