

하계 그늘쉼터 유형별 장·단파복사 관측과 해석

백창현* · 최동호*** · 이부용*** · 이인규*

*대구가톨릭대학교 대학원 환경조경학과, 박사과정

**대구가톨릭대학교 건축공학과, 교수

***대구가톨릭대학교 환경과학과, 교수

Observation and Analysis of Long and Short-wave Radiation According to Types of Summer Shelters

Baek Chang-Hyeon* · Choi Dong-Ho*** · Lee Bu-Yong*** · Lee In-Gyu*

*Doctor's Course, Department. of Environmental Science and Landscape Architecture, Graduate School, Catholic University of Daegu

**Professor, Department. of Architectural Engineering, Catholic University of Daegu

***Professor, Department. of Environmental Science, Catholic University of Daegu

†Corresponding author: dhchoi2@cu.ac.kr

Abstract

In this study, we analyzed the relationship between five factors: long-wave radiation, short-wave radiation, cloudiness, SVF and summer shelters. In the previous study, we recognized the correlation between single building SVF and long-wave radiation. Furthermore, this study attempted to confirm the relationship at the summer shelter with high solar radiation blocking rate. The observations are as follows. ① Cooling in summer shelters was not the effect of temperature but the effect of radiation reduction due to short-wave radiation shielding. ② In the case of the canopy tent with low heat capacity, the long-wave radiation was observed to be 16.7% higher per hour than the comparison control point due to the increase in surface temperature. ③ The long-wave radiation increase rate was different according to SVF, but showed very similar pattern according to the material characteristics of the summer shelters. ④ Passive Cooling effect on the type of summer shelters are determined by the size of the total long and short-wave radiation at that point.

Keywords: 장파복사(Long-wave radiation), 단파복사(Short-wave radiation), 복사관측(Radiation observation), 운량(Cloudiness), SVF(Sky view factor)

1. 서론

현대의 도시는 건축물, 도로, 인공구조물이 과밀화되어 열 정체와 태양복사로 보행자레벨의 외부환경은 열적 불쾌감이 가중¹⁾되고 있다. 이러한 열적불쾌감을 객관적으로 나타내기 위하여 도시기후 연구²⁾에서 복사환경 관측연구가 증가하고 있는 추세이다. 특히 보행자 레벨에서의 외부 열환경은 복사수열 뿐 아니라 아스팔트, 콘크리트 등의 외피재료에 의한 열적 효과가 반영됨으로 이들 요소에 대한 관측은 도시기후 해석에 필수적인 과정으로 인식³⁾되고 있다.



Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.39, No.6, pp.127-135, December 2019
<https://doi.org/10.7836/kses.2019.39.6.127>

pISSN : 1598-6411
eISSN : 2508-3562

Received: 10 December 2019

Revised: 23 December 2019

Accepted: 26 December 2019

Copyright © Korean Solar Energy Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

이에 대한 선행연구⁴⁾로는 단일 구조물의 방위별 장파복사 특징 분석 연구가 수행되었고, 파고라와 같은 인공 구조물에 의한⁵⁾ 영향의 관점에서 열 쾌적성 연구가 이루어졌다. 최근 이러한 열 쾌적성 완화를 위하여 정부에서도 다양한 대책을 마련하고 있다. 그 예로 횡단보도 그늘막과 공원, 쉼터 등에서 다양한 일사차폐 요소를 이용하여 보행자의 쾌적감을 높이는 시설들을 보급하고 있다.

본 연구는 하절기 옥외구조물 및 수목 쉼터 등의 다양한 일사차폐 및 그늘 쉼터의 열환경을 관측하여 이들 그늘쉼터의 장·단파복사 특성을 정량적으로 파악하였고, 일사차폐 그늘쉼터별 서열완화 효과를 복사해석의 관점에서 진행하였다.

2. 연구방법

2.1 관측장소

본 연구의 관측지점은 경북 경산시 하양읍 소재 대구가톨릭대학교 교내 팔각정 인근 4개 지점(케노피 텐트(B), 팔각정(C), 소나무(E), 등나무(F)) 및 인근 조산천 교량하부 1개 지점(교량(D))을 선정하였다(Fig. 1). 비교

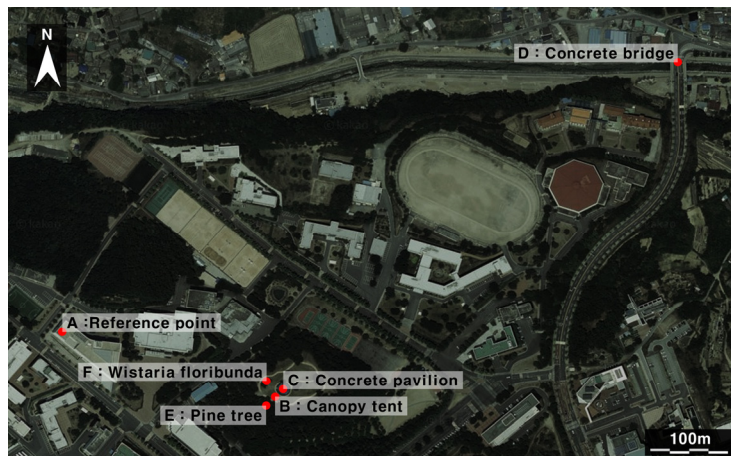


Fig. 1 Location of observation sites



(A) Reference Point



(B) Canopy tent



(C) Concrete pavilion



(D) Concrete bridge



(E) Pine tree



(F) Wistaria floribunda

Fig. 2 View of observation points

관측지점은 기존 연구와 동일하며 일사차폐 요소가 없는 종합강의동 옥상(비교기준점(A))이다. 각각의 관측지점 전경은 Fig. 2와 같다. 관측지점들은 팔각정을 중심으로 반경 약 650 m 이내에 모두 위치하고 있다.

2.2 그늘막의 종류와 관측

각 지점별 그늘막의 종류는 일상생활에서 흔히 볼 수 있는 신타로 구성하였으며, 콘크리트 그늘막 2개소(팔각정(C), 교량(D)), 수목 그늘막 2개소(소나무(E), 등나무(F)), 직물 그늘막 1개소(캐노피 텐트(B))로 선정하였다. 이러한 그늘막의 특징을 정량적으로 해석하기 위해 일사차폐가 없는 건물 옥상의 하늘이 열린 곳을 비교관측지점(A)으로 하였다. 각 지점별 관측요소는 장파복사, 단파복사, 기온, 상대습도 4가지로 구성하였으며, 관측장비의 종류 및 제원은 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Composition of observation instruments







Observation elements	Model / Manufacturer
Temperature· Relative Humidity	Wavelength range
	Sato / SK-L200TH II α
Short-wave radiation	Temperature : -15 ~ 65.0°C
	Relative Humidity : 10%RH ~ 99.9%RH
Long-wave radiation	CMP6 / Kipp & Zonen
	Wavelength Range: 285 ~ 2,800 nm
Cloudiness	CGR3 / Kipp & Zonen
	Wavelength Range: 4,500 ~ 42,000 nm
Data Logger	ACOS-2018 / A&D system
	Observation Range : 0 ~ 100%, Shooting Range : 180°, Usage Range : 140°
	CR1000 / Campbell Scientific

2.3 분석방법

본 연구는 2019년 7월 9일부터 8월 7일까지 30일간 각각의 일사차폐 그늘막 하부에서 하향 장·단파복사 관측을 실시하였다. 강수일을 제외한 일평균 20°C이상의 기온이 연속적으로 유지되는 2019년 7월 26일부터 8월 2일까지 8일간의 데이터를 분석하였다. 관측지점별 그늘막의 차폐율(하늘이 가려지는 비율)인 SVF (Sky View Factor)를 Table 2에 나타내었다. 또한 비교기준점(A)의 복사관측자료와 자동구름관측장비의 구름 관측자료(운량)를 비교분석에 활용하였다.

매 1분 관측자료를 10분 평균하여 분석에 사용하였고, 구름데이터는 매 10분 관측자료를 활용하였다. 강수일 제외 분석일의 기준이 되는 강수데이터는 인근 경북 경산 하양에 위치한 AWS지점의 정보로 하였다.

Table 2 SVF (Sky view factor) for each point

Daegu Catholic University			
Observation sites			
Location	(A) Reference point	(B) Canopy tent	(C) Concrete pavilion
Upper direction Fisheye view			
SVF (%)	99	5	12
Location	(D) Concrete bridge	(E) Pine tree	(F) Wistaria floribunda
Upper direction Fisheye view			
SVF (%)	4	18	5

3. 관측결과 및 고찰

3.1 관측지점의 기온

Fig. 3은 분석기간 동안의 팔각정, 교량, 비교기준점의 기온을 나타낸 그래프이며, 운량을 이중축 그래프로 나타내었다. 기온의 일변화 패턴은 팔각정(C)과 교량지점(D)이 약 650 m 거리가 떨어져 있으나 유사하게 나타났다. 비교기준점(A)은 이들 두 지점에 비해 비슷하거나 3.5°C도 높게 나타나 전체적으로 기온차이는 크지 않음을 확인할 수 있었다. 그러나 하늘이 열린 비교기준점(A)에 비해 열용량이 큰 구조물인 팔각정(C)과 교량 하부(D)에서 체감적으로 시원하게 느끼는 것은 기온에 의한 것이 아닌 단파복사 차단에 의한 영향으로 해석되어 주간 의 열적 쾌적성은 단파복사가 지배요소임을 확인할 수 있었다.

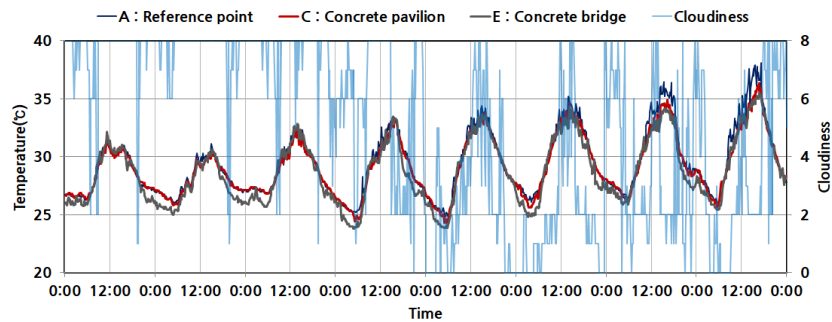


Fig. 3 Time series of long-wave radiation and cloudiness

3.2 단파복사의 시계열 분석

Fig. 4는 2019년 7월 26일부터 8월 2일까지 8일간의 관측결과를 나타낸 그래프이며, 그 값은 Table 3에 나타내었다. Fig. 4(a)는 비교기준점(A)이 포함된 그래프이고, (b)는 비교기준점(A)의 단파복사를 제외한 관측지점들의 단파복사 시계열 그래프이다. 주간시간대(06:00~18:00)의 단파복사 평균값은 비교기준점(A) 383.6 W/m², 캐노피 텐트(B) 71.9 W/m², 소나무(E) 57.8 W/m², 등나무(F) 35.8 W/m², 팔각정(C) 15.2 W/m², 교량(D)

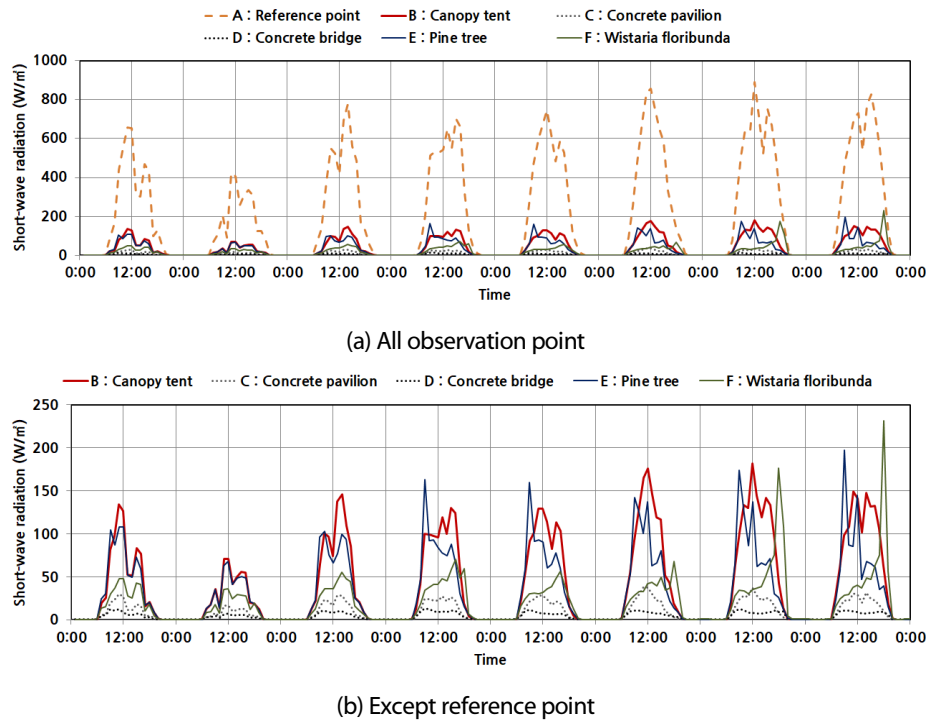


Fig. 4 Time series of short-wave radiation

Table 3 Short-wave radiation ratio (Unit : Mj)

	Short-wave radiation					
	A : Reference point	B : Canopy tent	C : Concrete pavilion	D : Concrete bridge	E : Pine tree	F : Wistaria floribunda
19-07-26	15.7	2.9	0.6	0.3	2.7	1.3
19-07-27	10.3	1.7	0.4	0.2	1.6	1.0
19-07-28	17.9	3.3	0.7	0.3	2.7	1.4
19-07-29	19.6	3.6	0.8	0.4	3.1	1.9
19-07-30	19.8	3.7	0.8	0.3	3.0	1.6
19-07-31	21.5	4.1	0.9	0.4	3.2	1.8
19-08-01	24.0	4.7	0.9	0.4	3.4	2.6
19-08-02	24.2	4.6	0.9	0.4	3.3	2.7
Ave.	19.1	3.6	0.8	0.4	2.9	1.8
Max	24.2	4.7	0.9	0.4	3.4	2.7
Min	10.3	1.7	0.4	0.2	1.6	1.0

(D) 6.8 W/m^2 의 순서이며, 소나무(E)와 등나무(F)와 같이 수목 그늘막의 경우 태양고도에 따라 잎들 사이로 일 시적인 단파복사가 투과 유입되어 비교적 높은 단파복사량이 관측되었다. 캐노피 텐트(B)의 그늘막 재질은 투과성이 높아 유입되는 단파복사량이 많으며, 비교기준점(A)의 단파복사 패턴과 가장 유사한 패턴이 나타났다. 교량(D)의 경우 하늘로부터 직접적인 단파복사 유입은 없었지만 측면으로부터 적은 산란복사량이 유입되어 관측된 것으로 사료된다.

3.3 장파복사의 시계열 분석

Fig. 5는 장파복사 시계열그래프이다. 주간시간대의 장파복사 평균값은 캐노피 텐트(B) 520.0 , 교량(D) 485.0 W/m^2 , 등나무(F) 483.5 W/m^2 , 팔각정(C) 480.5 W/m^2 , 소나무(E) 479.0 W/m^2 , 비교기준점(A) 445.5 W/m^2 의 순이다. 캐노피 텐트(B)의 경우 비교기준점(A)보다 16.7%나 높은 장파복사량이 관측되었다. 이와 같이 높은 장파복사량이 관측된 이유는 투과성이 높고 열용량이 작은 외피재료의 특성으로 표면온도가 상승되어, 재방사되는 장파복사량이 증가한 것으로 사료된다. 교량(D)의 경우 단파복사의 영향을 받지 않았음에도 주간 시간대는 다른 지점과 비슷한 수준의 장파복사가 관측되었다. 또한 야간시간대는 교량(D)과 팔각정(C)이 다른 지점보다 장파복사량이 높게 관측되었으며, 이것은 콘크리트 구조물의 높은 열용량 특성에 기인한 결과로 해석된다.

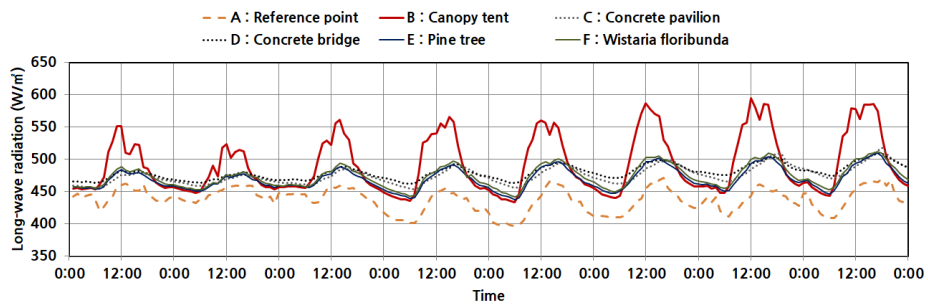


Fig. 5 Time series of long-wave radiation

3.4 그늘막의 유형별 장파복사 증가율

Fig. 6는 각 지점별 장파복사와 비교기준점(A)과의 시간대별 평균값의 차를 나타낸 그래프이고, 그 값은 Table 4에 나타내었다. 각 지점별 차이값의 패턴은 식물 그늘막(B)과 수목 그늘막(E, F), 콘크리트 그늘막(C, D) 총 3가지로 구분되며, 그늘막의 재료별 특성에 따라 매우 유사한 패턴을 나타내었다. 식물 그늘막은 일출 후 빛 투과성이 높은 재료의 특성으로 차이값이 크게 증가하였으며, 수목 그늘막 또한 일출 후 운량 및 기상조건에 따라 유동적이지만 전반적으로 차이값은 증가하였다. 그러나 콘크리트 그늘막은 일출 후 소폭 상승하였으나, 07:00 ~ 08:00시를 기점으로 다시 하향곡선을 나타내었으며, 야간시간대보다 적은 장파복사량이 관측되고

14:00 ~ 15:00시를 기점으로 다시 상향곡선을 나타내었다. 이는 열용량이 높은 콘크리트의 특성에 따른 결과로 해석된다.

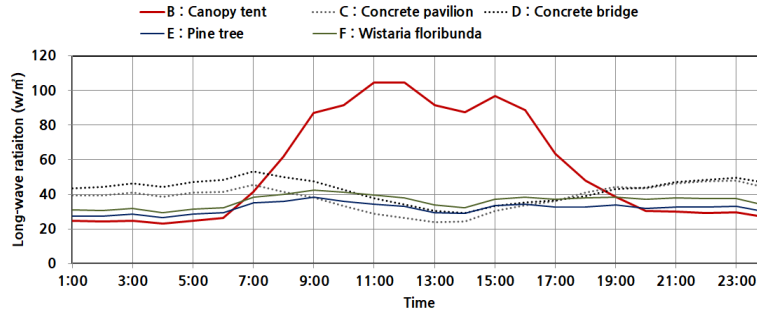


Fig. 6 Time series of long-wave radiation

Table 4 Long-wave radiation ratio (Unit : W/m²)

	Long-wave radiation									
	B : Canopy tent		C : Concrete pavilion		D : Concrete bridge		E : Pine tree		F : Wistaria floribunda	
1:00	24.7	(5.8)	39.2	(9.1)	43.5	(10.1)	27.6	(6.4)	31.0	(7.2)
2:00	24.2	(5.6)	39.3	(9.2)	44.2	(10.3)	27.6	(6.4)	30.7	(7.2)
3:00	24.9	(5.9)	41.0	(9.7)	46.2	(10.9)	28.6	(6.7)	31.8	(7.5)
4:00	23.2	(5.5)	38.5	(9.1)	44.4	(10.4)	26.4	(6.2)	29.4	(6.9)
5:00	24.9	(5.9)	40.9	(9.7)	47.0	(11.2)	28.6	(6.8)	31.5	(7.5)
6:00	26.3	(6.3)	41.5	(9.9)	48.4	(11.6)	29.3	(7.0)	32.3	(7.7)
7:00	41.5	(10.0)	45.4	(10.9)	53.3	(12.8)	34.9	(8.4)	38.4	(9.3)
8:00	61.8	(14.7)	41.5	(9.8)	50.2	(11.9)	36.1	(8.6)	40.0	(9.5)
9:00	87.3	(20.4)	38.2	(8.9)	47.6	(11.1)	38.6	(9.0)	42.6	(9.9)
10:00	91.4	(20.9)	33.1	(7.6)	42.8	(9.8)	35.8	(8.2)	41.2	(9.4)
11:00	104.4	(23.4)	28.9	(6.5)	37.6	(8.4)	34.1	(7.7)	39.5	(8.9)
12:00	104.6	(23.1)	26.4	(5.8)	34.0	(7.5)	33.2	(7.3)	38.0	(8.4)
13:00	91.7	(20.0)	23.9	(5.2)	30.3	(6.6)	29.5	(6.4)	33.9	(7.4)
14:00	87.5	(19.0)	24.5	(5.3)	29.4	(6.4)	29.0	(6.3)	32.2	(7.0)
15:00	96.7	(21.1)	30.4	(6.6)	33.5	(7.3)	33.4	(7.3)	37.3	(8.1)
16:00	88.6	(19.3)	33.9	(7.4)	35.3	(7.7)	34.3	(7.5)	38.6	(8.4)
17:00	63.6	(13.9)	36.2	(7.9)	36.5	(8.0)	32.7	(7.2)	37.2	(8.2)
18:00	48.0	(10.6)	41.0	(9.1)	39.0	(8.6)	32.5	(7.2)	38.0	(8.4)
19:00	38.5	(8.7)	44.5	(10.0)	43.0	(9.7)	33.8	(7.6)	38.5	(8.7)
20:00	30.5	(6.9)	43.7	(9.9)	43.9	(10.0)	31.9	(7.2)	37.3	(8.5)
21:00	29.9	(6.9)	46.4	(10.7)	47.0	(10.8)	32.8	(7.6)	38.1	(8.8)
22:00	29.2	(6.8)	47.5	(11.0)	48.2	(11.2)	32.7	(7.6)	37.5	(8.7)
23:00	29.5	(6.9)	48.0	(11.2)	49.7	(11.6)	33.0	(7.7)	37.4	(8.7)
0:00	26.6	(6.2)	43.8	(10.2)	46.6	(10.8)	29.7	(6.9)	33.4	(7.8)
Ave.	54.1		38.2		42.6		31.9		36.1	
Max	104.6		48.0		53.3		38.6		42.6	
Min	23.2		23.9		29.4		26.4		29.4	

3.5 장·단파복사의 합

Fig. 7은 전체 기간에 대한 주간시간대(06:00~18:00)의 시각대별 평균 장파복사와 단파복사의 합을 나타낸 그래프이다. 관측지점으로 유입되는 단파복사와 그늘막 재료에 흡수되어 재방사되는 장파복사의 에너지의 합을 나타낸 그래프이다. 각 지점별 장·단파복사의 합은 비교기준점(A), 캐노피 텐트(B), 소나무(E), 팔각정(C), 등나무(F), 교량(D)의 순으로 분석되었으며, 이 값은 관측지점의 쾌적감을 나타내는 지표로 활용될 수 있다.

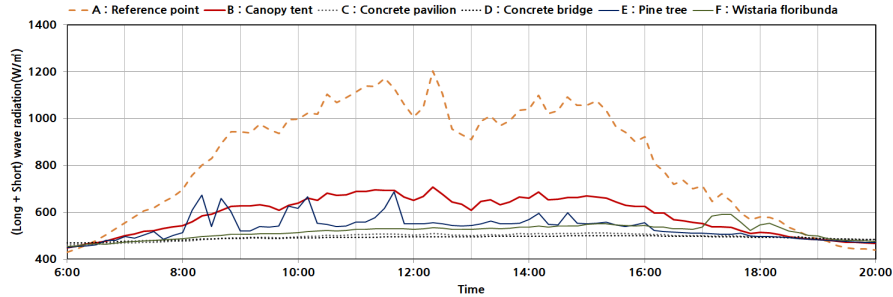


Fig. 7 Total long and short wave radiation

4. 결론

본 연구를 통해 2019년 하절기 옥외구조물 및 수목 쉼터에서 일사차폐에 따른 복사에너지의 분포 특성을 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 그늘막 하부에서 시원함을 체감할 수 있는 것은 기온에 의한 영향이 아니라 단파복사 차폐에 따른 복사량 감소의 효과임을 확인할 수 있었다.
- (2) 열용량이 낮은 캐노피 텐트(B)의 경우 표면온도가 상승하여 따른 효과로 비교기준점에 비해 시간당 평균 16.7% 정도 더 높은 장파복사량이 관측되었다.
- (3) 장파복사 증가율은 SVF에 따라 상이하지만 그늘막의 재료별 특성에 따라 매우 유사한 패턴을 나타냈었으며, 열용량이 큰 콘크리트의 경우 단파복사에 의한 영향이 가장 적은 것으로 나타났다.
- (4) 그늘쉼터의 유형에 따른 서열완화 효과는 그 지점에서의 장·단파복사량 총합의 크기에 의해 결정된다.
- (5) 이상의 결과를 통해 일사차폐 요소와 장·단파복사에 대한 영향을 확인하였으며, 향후 지속적인 연구가 이루어진다면 쾌적한 쉼터 조성을 위한 효율적인 구조형태와 재료구성에 대한 방향성을 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

후기

이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(과제번호 : 2017080052).

REFERENCES

1. Yoon, I. and Jeong, C. W., The Effect of the Thermal Radiation Interchange of the Long-wave and the Solar Radiation on Human Thermal Comfort in the Urban Canyon, Architectural Institute of Korea, Vol. 17, No. 6, pp. 21-30, 2001.
2. Nunez, M. and Oke, T. R., Long-wave Radiative Flux Divergence and Nocturnal Cooling of the Urban Atmosphere, Boundary-Layer Meteorology, Vol. 10, No. 2, pp. 121-135, 1976.
3. Choi, D. H. and Lee, B. Y., A Study of the Thermal Characteristics of Flooring Materials, Wood, Rock Aluminum through Observation of its Radiant Enviromrent in the Summer, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 28, No. 3, pp. 35-44, 2008.
4. Baek, C. H., Choi, D. H., Lee, B. Y., and Lee, I. G., The Observation and Interpretation of Long and Short Wave Radiation of the External Environment Surrounding a Single Building in the Summer. Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 39, No. 1, pp. 41-49, 2019.
5. Choi, D. H. and Lee, B. Y., Analysis of Passive Cooling Effect of Membrane Shading Structure and the Tree by Field Observations in the Summer, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 27, No. 4, pp. 137-146, 2007.